

# 提升卵石路基拼宽总体合格率

南京交通工程有限公司品质路基 QC 小组

## 一、工程概况

南京至滁州高速公路江苏段位于南京市六合区境内，东接南京绕城高速，向西止于苏皖省界处，与来安至六合高速公路安徽段顺接，路线全长约 7.406km。全线采用双向六车道高速公路技术标准，设计时速 120km/h，路基宽度 34.5 米。

NC-A1 标起点桩号：K0+006.872，终点桩号：K3+180.000，全线长 3.173km，主要工点为程桥枢纽。原有道路卵石土路基范围：主线 K0+007—K1+246、D 匝道 DK0+800—DK1+900、AK0+000—AK0+379、AK0+439—AK0+717。本项目位置图如下所示：

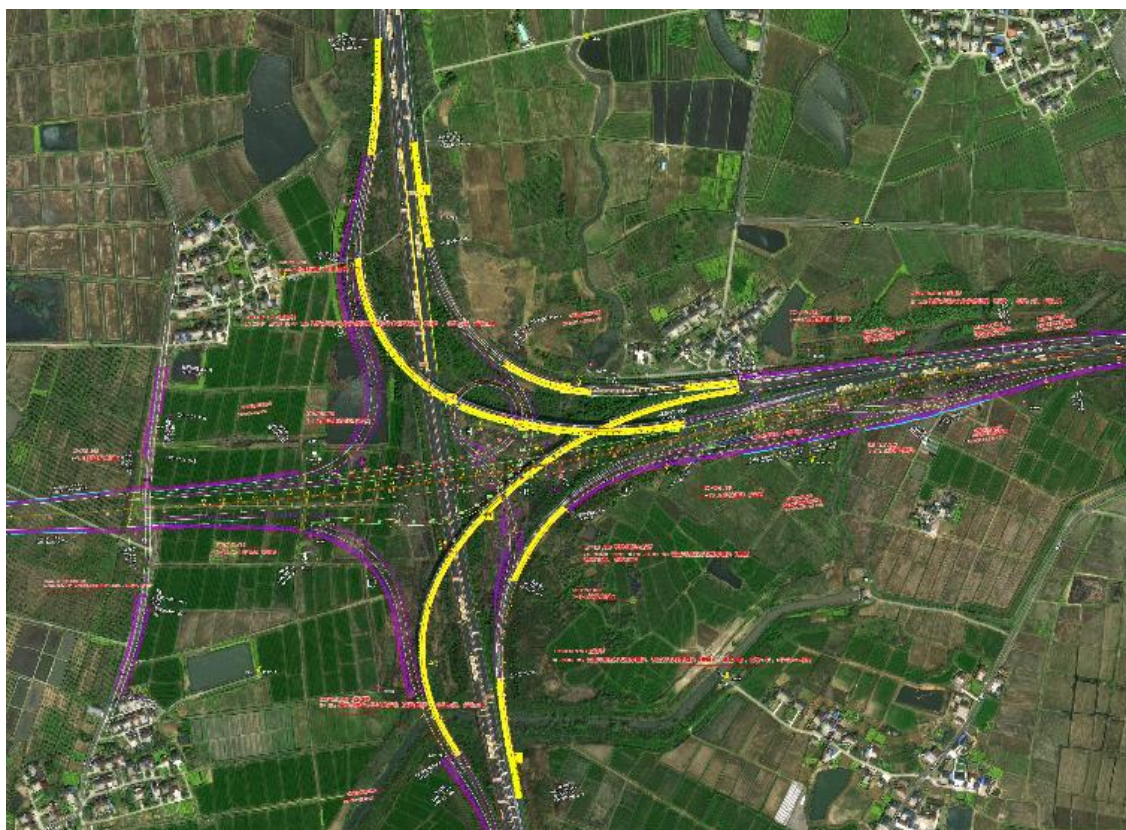


图 1.1 现场卵石路基拼宽位置图

二、QC 小组简介

QC 小组简介及人员组成见表 2-1。

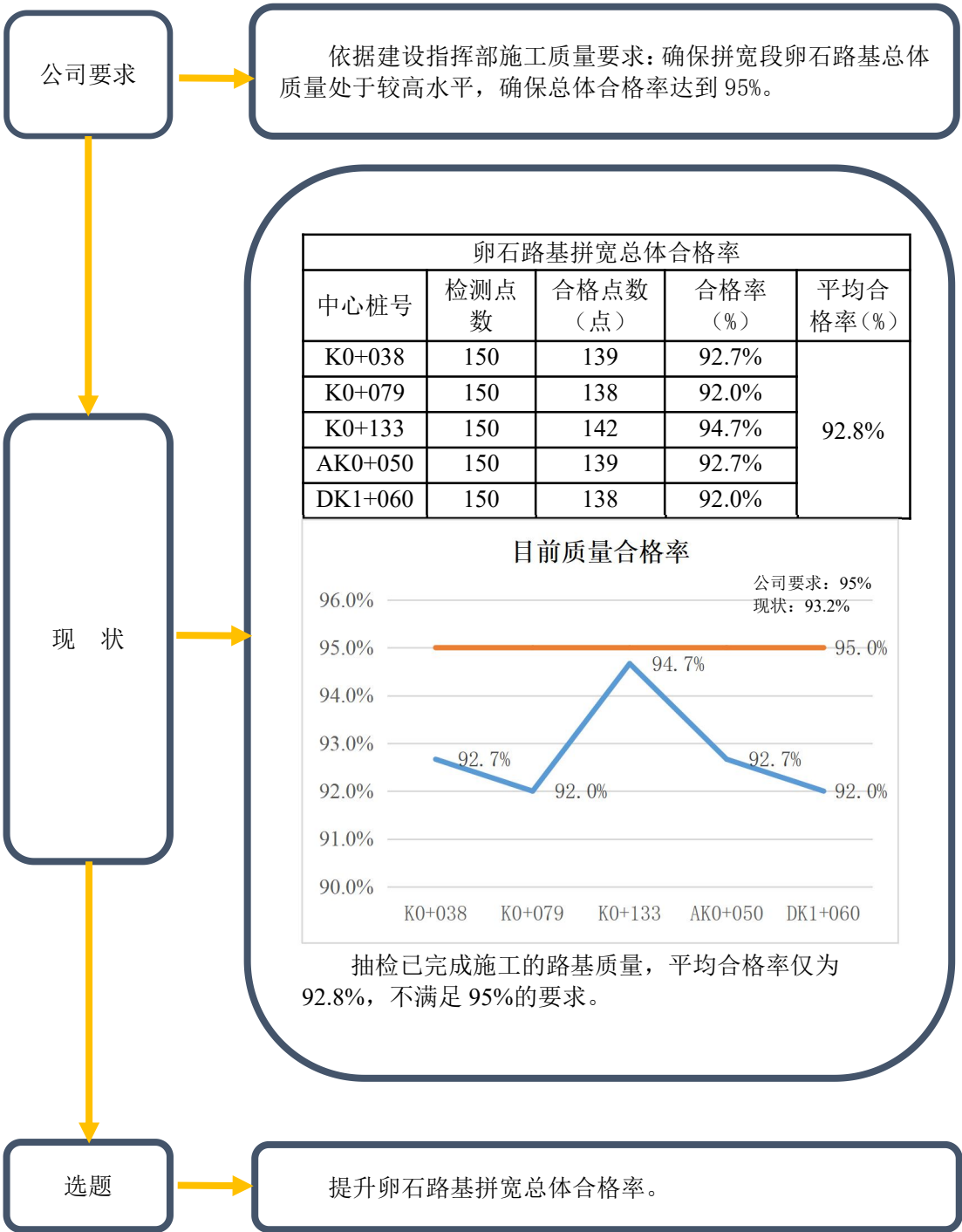
QC 小组简介及人员组成 表 2-1

|              |                |      |      |        |                |
|--------------|----------------|------|------|--------|----------------|
| 小组名称         | 品质路基 QC 小组     |      |      | 课题类型   | 问题解决型          |
| 成立时间         | 2023 年 4 月 1 日 |      |      | 注册号    | NJ-QC-2023-008 |
| 课题           | 提升卵石路基拼宽总体合格率  |      |      |        |                |
| 组长           | 许平             |      | 组内人数 | 10 人   |                |
| 活动时间         | 2023.4~2023.12 | 活动次数 | 10 次 | 出勤率    | 100%           |
| QC 小组成员概况一览表 |                |      |      |        |                |
| 姓 名          | 性别             | 年龄   | 学历   | 职称     | 小组分工           |
| 武加恒          | 男              | 40   | 本科   | 高级工程师  | 组长/总体负责        |
| 赵如飞          | 男              | 47   | 本科   | 正高级工程师 | 现场实施统筹         |
| 杨明           | 男              | 44   | 专科   | 正高级工程师 | 现场施工           |
| 彭云平          | 男              | 38   | 本科   | 高级工程师  | 技术指导           |
| 张维庆          | 男              | 39   | 本科   | 高级工程师  | 对策实施           |
| 彭启钢          | 男              | 47   | 本科   | 高级工程师  | 对策实施           |
| 许平           | 男              | 30   | 本科   | 工程师    | 对策实施           |
| 王登吉          | 男              | 38   | 专科   | 工程师    | 对策实施           |
| 何凌           | 男              | 36   | 本科   | 高级工程师  | 成果编制           |
| 朱炜           | 男              | 37   | 本科   | 高级工程师  | 成果编制           |

制表：许平

时间：2023 年 4 月 23 日

三、选择课题



制图：武加恒

日期：2023 年 4 月 25 日

四、现状调查

（一）现状调查分析

QC 小组成员对 K0+038、K0+079、K0+133、AK0+050、DK1+060 共 5 段拼宽路基进行了总体质量检测，通过压实度检测仪器、全站仪

和钢尺精等检测总体质量。

依据《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1—2017），拼宽路基总体质量检测指标包括压实度、纵断高程（mm）、中线偏位（mm）、宽度（mm）、横坡（%），允许偏差、检验数量和方法如下表所示：

拼宽路基总体实测项目允许偏差、方法 表 4-1

| 项次                                 | 检测项目     | 规定值或允许偏  | 检查方法和频率                       |
|------------------------------------|----------|----------|-------------------------------|
| 1                                  | 压实度（%）   | ≥96      | 密度法:每 200m 每压实层测 2 处          |
| 2                                  | 纵断高程（mm） | +10, -15 | 水准仪:中线位置每 200m 测 2 点          |
| 3                                  | 中线偏位（mm） | 50       | 全站仪:每 200m 测 2 点，弯道加 HY、YH 两点 |
| 4                                  | 宽度（mm）   | 大于设计要求   | 尺量:每 200m 测 4 点               |
| 5                                  | 横坡（%）    | ±0.3     | 水准仪:每 200m 测 2 个断面            |
| 备注：为开展 QC 小组活动，小组成员对现场施工段落提高了检测频率。 |          |          |                               |

制表：赵如飞

时间：2023 年 5 月 9 日

按照上述 5 项检测项目对 K0+038、K0+079、K0+133、AK0+050、DK1+060 共 5 处卵石路基拼宽总体质量进行检测，分析统计不合格点分布情况，查找不合格率高发指标，检查情况如下表所示：

卵石路基拼宽总体合格率检验批质量检验记录汇总表

表 4-2

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|--------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|        |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| K0+038 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 99.3%     | 95.7% | 96.1% | 95.9% | 97.8% | 96.5% | 98.0% | 94.2% | 97.4% | 99.4% | 150     | 139     | 92.7%  |
|        |        |          |           | 96.7%     | 97.0% | 95.0% | 98.9% | 95.1% | 99.1% | 95.5% | 99.2% | 97.2% | 97.6% |         |         |        |
|        |        |          |           | 96.7%     | 98.6% | 98.5% | 96.1% | 99.6% | 97.8% | 96.1% | 98.0% | 98.0% | 97.3% |         |         |        |
|        | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | 4         | -3    | 3     | -14   | 1     | 3     | -3    | -14   | 10    | 3     |         |         |        |
|        |        |          |           | -2        | 12    | 3     | -11   | 15    | 2     | 3     | -8    | 6     | 4     |         |         |        |
|        |        |          |           | 7         | 6     | -7    | 0     | -13   | -5    | 8     | -9    | 2     | 9     |         |         |        |
|        | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 6         | 29    | 37    | 16    | 21    | 39    | 47    | 13    | 41    | 7     |         |         |        |
|        |        |          |           | 47        | 3     | 12    | 16    | 49    | 41    | 51    | 12    | 34    | 13    |         |         |        |
|        |        |          |           | 34        | 37    | 47    | 45    | 12    | 16    | 47    | 26    | 31    | 10    |         |         |        |
|        | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 34        | 56    | 75    | -7    | 18    | 26    | 11    | 31    | 17    | 88    |         |         |        |
|        |        |          |           | -35       | 50    | 54    | 12    | -30   | -7    | 93    | 29    | 102   | 18    |         |         |        |
|        |        |          |           | -26       | 48    | 28    | -25   | 52    | 95    | 67    | -40   | -52   | -27   |         |         |        |
|        | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.2      | 0.2   | 0.0   | 0.3   | 0.2   | 0.0   | 0.1   | 0.1   | -0.1  | -0.2  |         |         |        |
|        |        |          |           | 0.4       | 0.0   | 0.2   | -0.1  | 0.0   | 0.2   | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.0   |         |         |        |
|        |        |          |           | 0.3       | -0.3  | 0.1   | 0.0   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.2   |         |         |        |

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|--------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|        |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| K0+079 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 95.3%     | 96.0% | 98.4% | 99.5% | 95.5% | 96.6% | 97.6% | 98.0% | 98.3% | 99.5% | 150     | 138     | 92.0%  |
|        |        |          |           | 97.5%     | 95.0% | 96.9% | 97.9% | 98.4% | 95.6% | 97.5% | 95.7% | 98.0% | 98.3% |         |         |        |
|        |        |          |           | 95.3%     | 96.1% | 97.8% | 99.8% | 95.9% | 96.1% | 96.7% | 98.9% | 97.0% | 95.6% |         |         |        |
|        | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | -4        | 2     | 12    | 4     | 7     | 7     | 7     | -10   | 2     | 8     |         |         |        |
|        |        |          |           | 7         | -4    | 7     | -4    | -2    | -8    | 9     | 8     | 7     | 0     |         |         |        |
|        |        |          |           | 6         | -1    | 7     | -3    | -3    | -2    | 6     | -3    | -14   | 8     |         |         |        |
|        | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 16        | 19    | 18    | 4     | 6     | 54    | 19    | 20    | 52    | 42    |         |         |        |
|        |        |          |           | 10        | 38    | 8     | 7     | 14    | 31    | 11    | 21    | 31    | 8     |         |         |        |
|        |        |          |           | 35        | 26    | 49    | 40    | 28    | 18    | 16    | 5     | 47    | 49    |         |         |        |
|        | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 26        | 54    | 87    | -24   | 12    | 70    | 38    | 51    | 79    | 76    |         |         |        |
|        |        |          |           | -19       | 57    | 76    | -23   | 14    | 61    | 110   | 5     | 33    | 74    |         |         |        |
|        |        |          |           | 69        | 34    | 72    | 47    | 71    | 71    | -11   | 33    | 12    | 16    |         |         |        |
|        | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | 0.1       | -0.2  | 0.2   | -0.2  | -0.1  | -0.4  | 0.2   | 0.3   | -0.1  | 0.0   |         |         |        |
|        |        |          |           | 0.1       | -0.2  | -0.2  | 0.1   | -0.1  | -0.2  | 0.0   | 0.1   | 0.2   | -0.3  |         |         |        |
|        |        |          |           | 0.2       | -0.1  | 0.3   | -0.1  | -0.3  | -0.2  | 0.1   | 0.2   | -0.1  | -0.1  |         |         |        |

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |           | 允许偏差值     | 实测偏差值 (mm) |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数 (点) | 合格点数 (点) | 合格率 (%) |
|--------|--------|-----------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|---------|
|        |        |           |           | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |          |          |         |
| K0+133 | 1      | 压实度 (%)   | ≥96       | 99.8%      | 95.2% | 96.0% | 96.3% | 99.8% | 97.9% | 98.7% | 97.1% | 98.7% | 97.5% | 150      | 142      | 94.7%   |
|        |        |           |           | 96.7%      | 97.2% | 97.4% | 95.5% | 99.7% | 99.2% | 96.2% | 96.6% | 99.2% | 98.1% |          |          |         |
|        |        |           |           | 97.6%      | 99.4% | 97.8% | 95.7% | 95.1% | 99.0% | 99.3% | 98.5% | 94.5% | 97.2% |          |          |         |
|        | 2      | 纵断高程 (mm) | +10, -15  | -5         | -11   | 7     | 12    | -7    | 1     | 2     | 0     | 2     | -8    |          |          |         |
|        |        |           |           | -8         | -13   | -5    | -5    | 8     | -7    | 4     | 2     | -2    | 4     |          |          |         |
|        |        |           |           | -1         | 8     | -12   | -14   | -6    | -5    | 7     | -1    | -14   | 0     |          |          |         |
|        | 3      | 中线偏位 (mm) | 50        | 21         | 28    | 45    | 39    | 45    | 0     | 25    | 32    | 40    | 20    |          |          |         |
|        |        |           |           | 52         | 1     | 36    | 6     | 38    | 2     | 32    | 33    | 7     | 17    |          |          |         |
|        |        |           |           | 14         | 7     | 26    | 50    | 3     | 38    | 28    | 6     | 3     | 23    |          |          |         |
|        | 4      | 宽度 (mm)   | +100, -50 | 61         | 58    | -10   | -22   | -4    | 35    | 99    | 39    | 61    | -20   |          |          |         |
|        |        |           |           | 20         | 32    | 78    | 72    | 79    | 64    | 1     | 35    | -2    | 59    |          |          |         |
|        |        |           |           | 36         | 35    | 81    | 47    | 24    | 38    | 74    | -4    | -9    | 74    |          |          |         |
|        | 5      | 横坡 (%)    | ±0.3      | 0.3        | 0.2   | 0.1   | 0.4   | -0.1  | 0.0   | -0.3  | 0.1   | 0.2   | -0.1  |          |          |         |
|        |        |           |           | -0.2       | 0.0   | 0.2   | -0.1  | -0.2  | 0.0   | 0.1   | 0.2   | -0.2  | -0.2  |          |          |         |
|        |        |           |           | 0.1        | 0.0   | 0.2   | 0.2   | -0.3  | -0.2  | 0.0   | 0.1   | 0.2   | 0.1   |          |          |         |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |           | 允许偏差值     | 实测偏差值 (mm) |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数 (点) | 合格点数 (点) | 合格率 (%) |
|---------|--------|-----------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|---------|
|         |        |           |           | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |          |          |         |
| AK0+050 | 1      | 压实度 (%)   | ≥96       | 96.7%      | 94.4% | 97.9% | 95.7% | 95.5% | 98.7% | 98.4% | 99.4% | 98.5% | 96.4% | 150      | 139      | 92.7    |
|         |        |           |           | 96.0%      | 98.3% | 96.2% | 95.9% | 97.9% | 97.7% | 96.6% | 95.1% | 99.8% | 99.8% |          |          |         |
|         |        |           |           | 97.7%      | 96.5% | 97.6% | 98.5% | 99.7% | 98.4% | 97.0% | 97.3% | 96.8% | 98.5% |          |          |         |
|         | 2      | 纵断高程 (mm) | +10, -15  | 2          | -14   | -1    | 5     | 9     | 8     | 7     | 13    | 13    | 10    |          |          |         |
|         |        |           |           | 2          | -14   | 4     | -5    | 1     | 4     | -9    | 1     | 3     | 4     |          |          |         |
|         |        |           |           | 6          | 0     | 4     | 4     | -2    | -7    | -7    | -14   | -1    | 8     |          |          |         |
|         | 3      | 中线偏位 (mm) | 50        | 20         | 49    | 41    | 38    | 28    | 16    | 49    | 17    | 39    | 30    |          |          |         |
|         |        |           |           | 27         | 53    | 41    | 45    | 10    | 24    | 30    | 26    | 31    | 36    |          |          |         |
|         |        |           |           | 43         | 32    | 28    | 22    | 7     | 38    | 15    | 48    | 19    | 43    |          |          |         |
|         | 4      | 宽度 (mm)   | +100, -50 | 68         | -7    | 31    | -43   | 68    | 102   | 5     | 14    | -28   | -46   |          |          |         |
|         |        |           |           | -30        | 55    | 19    | 59    | 38    | 60    | 33    | -38   | 40    | 93    |          |          |         |
|         |        |           |           | 25         | 93    | 31    | 49    | 87    | 76    | -42   | 32    | 48    | 10    |          |          |         |
|         | 5      | 横坡 (%)    | ±0.3      | 0.1        | -0.1  | 0.3   | -0.4  | 0.2   | -0.2  | 0.2   | -0.3  | 0.3   | 0.1   |          |          |         |
|         |        |           |           | 0.2        | -0.1  | 0.1   | -0.2  | 0.2   | -0.2  | -0.4  | -0.1  | -0.2  | 0.2   |          |          |         |
|         |        |           |           | 0.1        | -0.3  | 0.1   | -0.1  | -0.2  | 0.2   | -0.1  | -0.3  | 0.2   | -0.2  |          |          |         |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|---------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|         |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| DK1+060 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 96.4%     | 96.2% | 98.5% | 99.0% | 98.9% | 96.9% | 95.8% | 97.8% | 96.9% | 98.1% | 150     | 138     | 92.0%  |
|         |        |          |           | 96.6%     | 97.5% | 94.8% | 96.3% | 98.2% | 97.9% | 96.2% | 96.6% | 98.3% | 95.0% |         |         |        |
|         |        |          |           | 95.4%     | 95.9% | 94.2% | 99.2% | 98.7% | 99.5% | 98.5% | 99.7% | 95.6% | 97.6% |         |         |        |
|         | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | -12       | 6     | -11   | -15   | 6     | -13   | 8     | 13    | -4    | 5     |         |         |        |
|         |        |          |           | -3        | 10    | 0     | 1     | 0     | -2    | 10    | -9    | 7     | -1    |         |         |        |
|         |        |          |           | 7         | 7     | -8    | 5     | -1    | 9     | 7     | 7     | 6     | -13   |         |         |        |
|         | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 0         | 7     | 2     | 27    | 1     | 44    | 21    | 56    | 31    | 23    |         |         |        |
|         |        |          |           | 48        | 29    | 36    | 19    | 32    | 25    | 15    | 24    | 47    | 28    |         |         |        |
|         |        |          |           | 0         | 9     | 35    | 36    | 22    | 35    | 11    | 36    | 38    | 49    |         |         |        |
|         | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 2         | 59    | 87    | 18    | -17   | 70    | -2    | -24   | 4     | 12    |         |         |        |
|         |        |          |           | 36        | 23    | 25    | 32    | -30   | -8    | 57    | 102   | -50   | 10    |         |         |        |
|         |        |          |           | -9        | 76    | 93    | 23    | -15   | -16   | 37    | 101   | 46    | -39   |         |         |        |
|         | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.2      | 0.4   | 0.1   | -0.3  | 0.2   | -0.2  | 0.3   | -0.1  | 0.0   | -0.1  |         |         |        |
|         |        |          |           | -0.1      | 0.1   | 0.1   | 0.0   | -0.1  | -0.1  | 0.1   | 0.2   | -0.3  | 0.2   |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.1       | 0.2   | -0.1  | -0.3  | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.0   | -0.3  | 0.2   |         |         |        |

制表：赵如飞

时间：2023年6月15日

分别统计各指标的合格情况，如下表所示：

现状调查检测统计表 表 4-3

| 检测项目         | 中心桩号    | 检测点数<br>(点) | 合格点数<br>(点) | 不合格点数 (点) |    | 合格率<br>(%) |
|--------------|---------|-------------|-------------|-----------|----|------------|
| 压实度<br>(%)   | K0+038  | 30          | 24          | 6         | 31 | 80.0       |
|              | K0+079  | 30          | 22          | 8         |    | 73.3       |
|              | K0+133  | 30          | 25          | 5         |    | 83.3       |
|              | AK0+050 | 30          | 25          | 5         |    | 83.3       |
|              | DK1+060 | 30          | 23          | 7         |    | 76.7       |
| 纵断高程<br>(mm) | K0+038  | 30          | 29          | 1         | 5  | 96.7       |
|              | K0+079  | 30          | 30          | 0         |    | 100.0      |
|              | K0+133  | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | AK0+050 | 30          | 28          | 2         |    | 93.3       |
|              | DK1+060 | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
| 中线偏位<br>(mm) | K0+038  | 30          | 29          | 1         | 6  | 96.7       |
|              | K0+079  | 30          | 28          | 2         |    | 93.3       |
|              | K0+133  | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | AK0+050 | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | DK1+060 | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
| 宽度<br>(mm)   | K0+038  | 30          | 28          | 2         | 6  | 93.3       |
|              | K0+079  | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | K0+133  | 30          | 30          | 0         |    | 100.0      |
|              | AK0+050 | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | DK1+060 | 30          | 28          | 2         |    | 93.3       |
| 横坡 (%)       | K0+038  | 30          | 29          | 1         | 6  | 96.7       |
|              | K0+079  | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | K0+133  | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
|              | AK0+050 | 30          | 28          | 2         |    | 93.3       |
|              | DK1+060 | 30          | 29          | 1         |    | 96.7       |
| 汇总           |         | 750         | 696         | 54        |    | 92.8       |

制表：杨明 时间：2023 年 6 月 28 日

卵石路基拼宽总体质量问题调查表 表 4-4

| 序号 | 检测项目 | 不合格点数<br>(点) | 频率<br>(%) | 累计频率<br>(%) |
|----|------|--------------|-----------|-------------|
| 1  | 压实度  | 31           | 57.4%     | 57.4%       |
| 2  | 纵断高程 | 6            | 11.1%     | 68.5%       |
| 3  | 中线偏位 | 6            | 11.1%     | 79.6%       |
| 4  | 宽度   | 6            | 11.1%     | 90.7%       |
| 5  | 横坡   | 5            | 9.3%      | 100%        |

制表：杨明 时间：2023 年 7 月 1 日

根据上述调查表，绘制质量问题排列图，通过排列图发现主要问题。

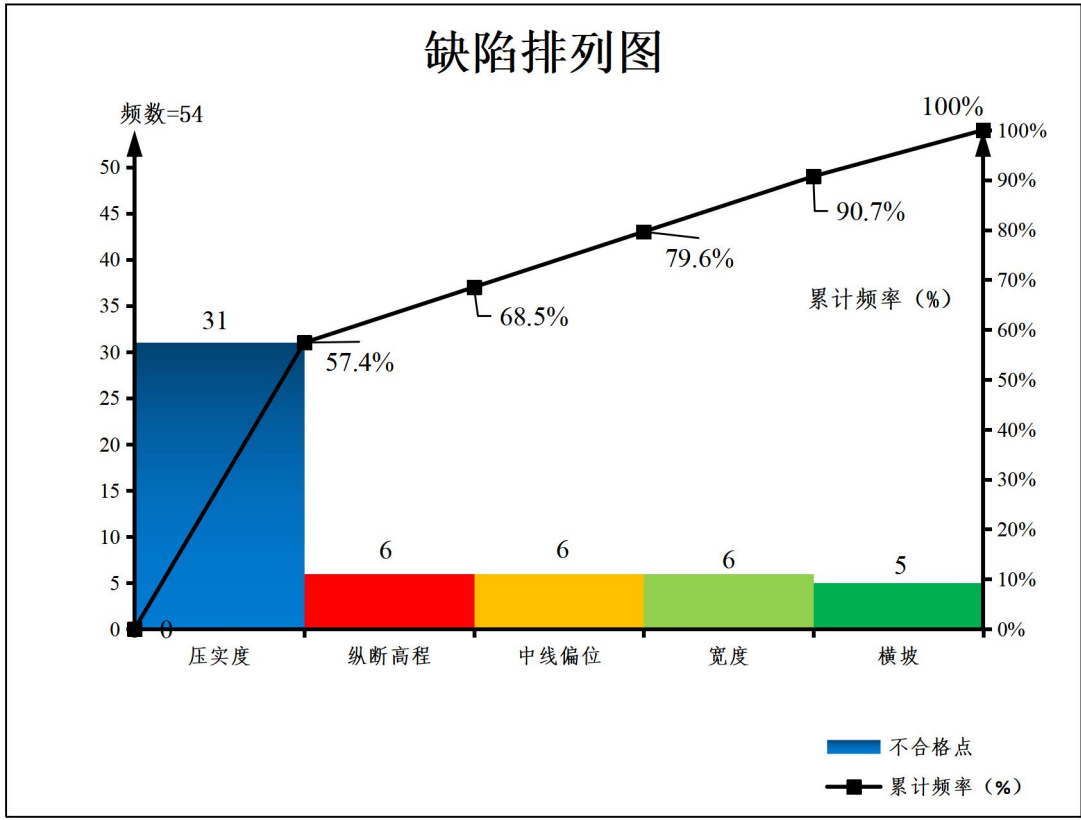


图 4.1 质量问题排列图

制图：杨明

时间：2023 年 7 月 5 日

通过排列图分析，压实度不合格点数占总不合格点数的频率为 57.4%，是主要症结所在。

## 五、设定目标

### （一） 上级考核指标

本项目建设指挥部要求卵石土总体合格率达到 95%。项目部经过研究决定在 95%的基础上进一步提升。

### （二） 同行业对比

小组成员调查了连淮高速改扩建工程，其规模和施工条件与本项目接近。检测统计该项目 K14+026、K16+122、K18+220、K19+710、K20+410、K22+600 共 6 个段落总体合格率情况，其卵石路基拼宽总

体合格率平均值为 95.5%。具体情况如下表所示：

同行业对比表 表 4-5

| 工程名称      | 卵石路基拼宽总体合格率（%） |         |         |         |         |         | 平均合格率（%） |
|-----------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|           | K14+029        | K15+265 | K16+413 | K19+260 | K22+520 | K23+372 |          |
| 连淮高速改扩建工程 | 96.1           | 95.3    | 96.1    | 95.2    | 95.2    | 95.2    | 95.5     |

制表：武加恒 制表时间：2023 年 7 月 13 日

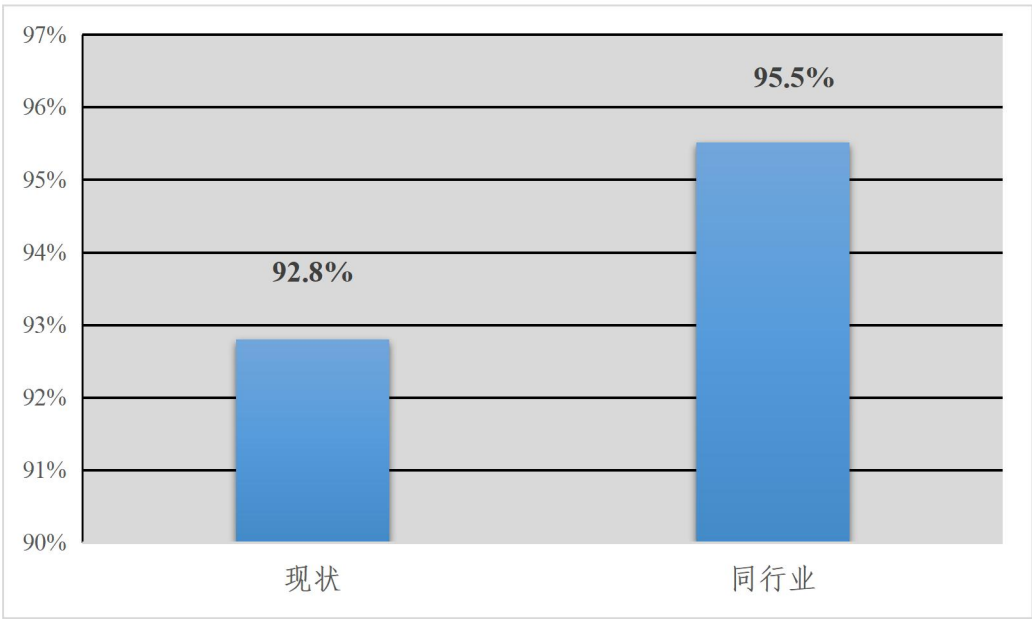


图 4.2 同行业卵石路基拼宽总体合格率对比图

制图：武加恒 日期：2023 年 7 月 14 日

通过统计分析发现，连淮高速改扩建工程的“压实度”不合格频率低于本项目，症结因素比较如下表所示：

症结因素比较表 表 4-6

| 项目        | 卵石路基拼宽总体合格率（%） | “关键症结” 不合格频率（%） |
|-----------|----------------|-----------------|
| 本项目       | 92.8           | 4.1%            |
| 连淮高速改扩建工程 | 95.5           | 0.8%            |

制表人：武加恒 制表时间：2023 年 7 月 20 日

（三） 测算分析

“压实度”不合格频率为 4.1%，如果将该症结因素也降低到 0.8%，

则本项目卵石路基拼宽总体合格率为  $92.8\% + (4.1\% - 0.8\%) = 96.1\%$ ，就能超过目标值 95%，接近连淮高速改扩建工程的合格率。

综合考虑本公司质量规定和同行业达到的合格率，QC 小组成员经过调研分析，将本次 QC 活动的目标定为：卵石路基拼宽总体合格率为 96%，目标值高于本项目要求。

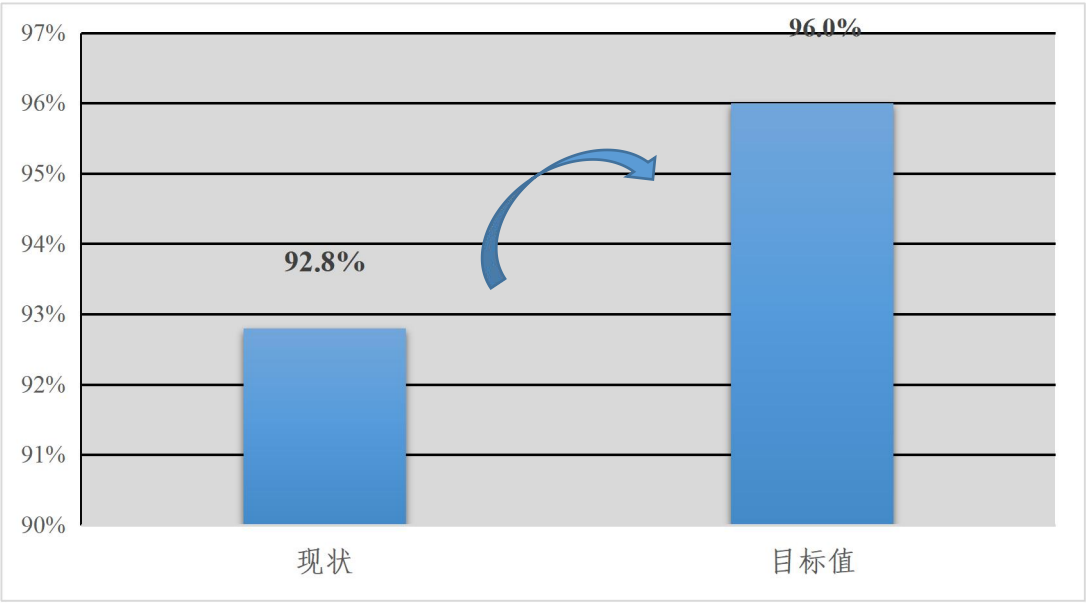


图 5.1 目标设定图

制图：武加恒

时间：2023 年 7 月 22 日

六、原因分析

QC 小组成员利用“头脑风暴法”，针对“压实度”不合格频率较高的问题，从“人、机、料、法、环”五个方面进行了研究分析，并绘制了因果分析图。

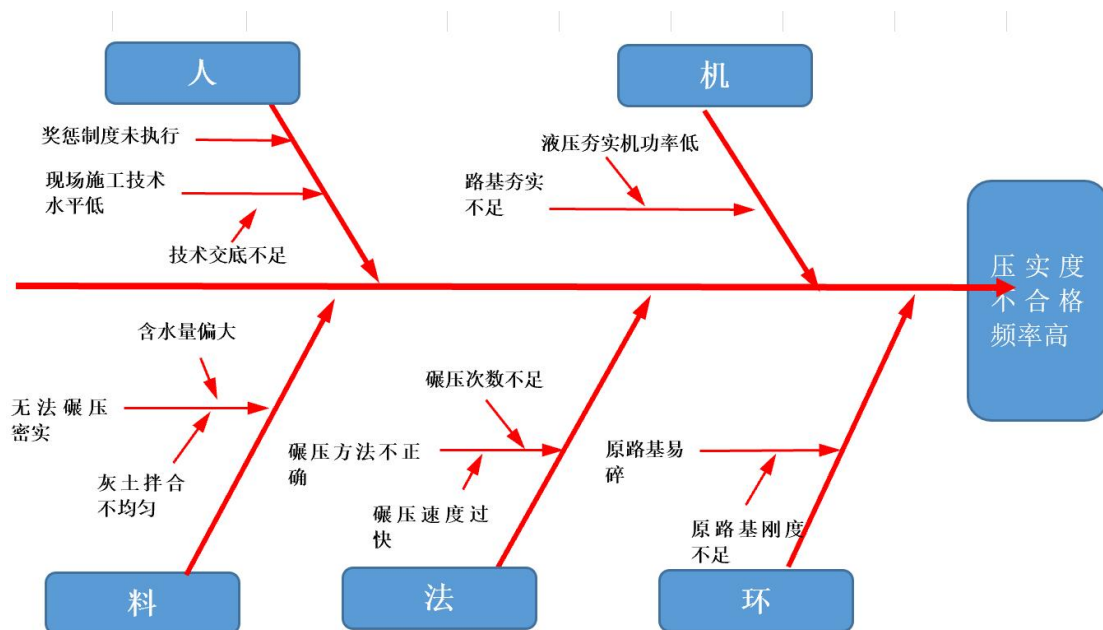


图 6.1 鱼刺图

制图：彭云平

时间：2023 年 7 月 27 日

## 七、确认要因

我们小组通过调查分析、现场检测，对以上八个末端因素进行了要因确认，详见下表。

末端因数确认计划表

表 7-1

| 序号 | 末端因素     | 确认方法       | 确认内容        | 影响程度                       | 负责人 | 完成时间      |
|----|----------|------------|-------------|----------------------------|-----|-----------|
| 1  | 技术交底不足   | 现场考核       | 考核是否合格      | 技术交底前后的压实度不合格频率有无变化        | 彭云平 | 2023.8.20 |
| 2  | 奖惩制度未执行  | 检查奖惩制度执行情况 | 奖惩制度是否执行    | 加强奖惩制度执行前后的压实度不合格频率有无变化    | 彭云平 | 2023.8.20 |
| 3  | 液压夯实机功率低 | 检查设备功率     | 液压夯实机功率是否偏低 | 对比液压夯实机功率是否偏低对压实度不合格频率有无影响 | 武加恒 | 2023.8.22 |

| 序号 | 末端因素    | 确认方法 | 确认内容            | 影响程度                    | 负责人 | 完成时间      |
|----|---------|------|-----------------|-------------------------|-----|-----------|
| 4  | 含水量偏大   | 现场试验 | 检查含水量是否满足施工范围要求 | 对比不同含水量对压实度不合格频率的影响     | 张维庆 | 2023.8.26 |
| 5  | 灰土拌合不均匀 | 现场检查 | 检查现场灰土拌合是否均匀    | 对比灰土拌合是否均匀对压实度不合格频率有无影响 | 彭启钢 | 2023.9.1  |
| 6  | 碾压次数不足  | 现场检查 | 检查碾压次数是否满足施工要求  | 对比不同碾压次数对压实度不合格频率有无影响   | 许平  | 2023.9.2  |
| 7  | 碾压速度过快  | 现场检查 | 检查碾压速度是否满足施工要求  | 对比不同碾压速度对压实度不合格频率有无影响   | 王登吉 | 2023.9.4  |
| 8  | 原路基刚度不足 | 现场检查 | 原路基刚度是否满足要求，无松散 | 对比不同刚度的路基对压实度不合格频率的影响   | 何凌  | 2023.9.6  |

制表：彭云平

时间：2023 年 9 月 8 日

要因确认 1：技术交底不足

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|------------|------|-------------|------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 影响程度    | 技术交底前后的压实度不合格频率有无变化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 确认内容    | 考核是否合格                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 确认方法    | 现场考核                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 确认时间    | 2023.8.18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 确认人  | 彭云平         |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 确认内容    | <p>（1）小组成员制作相关的视频教程，以直观的形式展示技术操作过程和要点。</p> <p>（2）对部分现场施工人员进行相关考核，90 分以上合格。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | <table><tr><td>姓名</td><td>得分</td><td>姓名</td><td>得分</td></tr><tr><td>张高</td><td>94</td><td>赵伟</td><td>93</td></tr><tr><td>张爱民</td><td>99</td><td>孙慧芳</td><td>91</td></tr><tr><td>李为先</td><td>93</td><td>刘铭</td><td>92</td></tr><tr><td>王志强</td><td>96</td><td>吴敏杰</td><td>90</td></tr></table>                                                                                                    |      |             | 姓名         | 得分   | 姓名          | 得分         | 张高     | 94 | 赵伟  | 93  | 张爱民 | 99  | 孙慧芳 | 91  | 李为先     | 93 | 刘铭  | 92  | 王志强 | 96  | 吴敏杰 | 90  |
|         | 姓名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 得分   | 姓名          | 得分         |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 张高                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 94   | 赵伟          | 93         |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 张爱民                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 99   | 孙慧芳         | 91         |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 李为先                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 93   | 刘铭          | 92         |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 王志强                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 96   | 吴敏杰         | 90         |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | <p>（4）症结影响程度检查</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | <table><tr><td>制度状态</td><td>路基编号</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均不合格频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">原有技术交底</td><td>1#</td><td>4.4</td><td rowspan="3">4.1</td></tr><tr><td>2#</td><td>4.3</td></tr><tr><td>3#</td><td>3.7</td></tr><tr><td rowspan="3">加强技术交底后</td><td>4#</td><td>4.2</td><td rowspan="3">4.0</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.2</td></tr><tr><td>6#</td><td>3.7</td></tr></table> |      |             | 制度状态       | 路基编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 原有技术交底 | 1# | 4.4 | 4.1 | 2#  | 4.3 | 3#  | 3.7 | 加强技术交底后 | 4# | 4.2 | 4.0 | 5#  | 4.2 | 6#  | 3.7 |
|         | 制度状态                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 路基编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 原有技术交底  | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.4  | 4.1         |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.3  |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3.7  |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 加强技术交底后 | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.2  | 4.0         |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.2  |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3.7  |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 确认结果    | 加强技术交底前后压实度不合格频率无明显变化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |
| 要因确认    | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |             |            |      |             |            |        |    |     |     |     |     |     |     |         |    |     |     |     |     |     |     |

要因确认 2：奖惩制度未执行

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|--------|--------|-------------|------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|---|----|----|---|
| 影响程度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 加强奖惩制度执行前后的压实度不合格频率有无变化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 奖惩制度是否执行                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 确认方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 检查奖惩制度执行情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 确认时间                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2023.8.19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 确认人         | 彭云平        |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>（1）检查执行情况</p> <p>小组成员收集与奖惩制度相关的数据，奖励和处罚的数量、类型、时间等，进行统计和分析，以评估制度的执行效果。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <table><tr><td>日期</td><td>奖/惩</td><td>总数量（个）</td><td>执行率（%）</td><td>备注</td></tr><tr><td rowspan="2">7 月</td><td>奖</td><td>21</td><td>95</td><td>/</td></tr><tr><td>惩</td><td>18</td><td>96</td><td>/</td></tr><tr><td rowspan="2">8 月</td><td>奖</td><td>9</td><td>96</td><td>/</td></tr><tr><td>惩</td><td>12</td><td>95</td><td>/</td></tr></table> |             |            |        | 日期     | 奖/惩         | 总数量（个）     | 执行率（%） | 备注  | 7 月 | 奖   | 21  | 95  | /   | 惩   | 18  | 96 | /   | 8 月 | 奖  | 9   | 96 | /   | 惩 | 12 | 95 | / |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 奖/惩         | 总数量（个）     | 执行率（%） | 备注     |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 奖           | 21         | 95     | /      |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 惩           | 18         | 96     | /      |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 奖           | 9          | 96     | /      |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 惩           | 12         | 95     | /      |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>通过上表发现执行率处于较高水平，达到 95%。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>（2）症结影响程度检查</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>小组成员使用 2 个不同奖惩执行率的小组进行了对比，影响如下表所示：</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| <table><tr><td>组别</td><td>执行率（%）</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均不合格频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">1 组</td><td>100</td><td>3.8</td><td rowspan="3">4.2</td></tr><tr><td>100</td><td>4.4</td></tr><tr><td>100</td><td>4.4</td></tr><tr><td rowspan="3">2 组</td><td>95</td><td>4.2</td><td rowspan="3">4.1</td></tr><tr><td>96</td><td>4.1</td></tr><tr><td>96</td><td>4.1</td></tr></table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |            | 组别     | 执行率（%） | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 1 组    | 100 | 3.8 | 4.2 | 100 | 4.4 | 100 | 4.4 | 2 组 | 95 | 4.2 | 4.1 | 96 | 4.1 | 96 | 4.1 |   |    |    |   |
| 组别                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 执行率（%）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 1 组                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3.8         | 4.2        |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4.4         |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4.4         |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 2 组                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 95                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.2         | 4.1        |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 96                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.1         |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 96                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.1         |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 确认结果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 本项目执行率较高，该因素对压实度不合格频率无明显影响。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |
| 要因确认                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |            |        |        |             |            |        |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |    |     |   |    |    |   |

要因确认 3：液压夯实机功率低

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|------|-------------|------------|------|----|------|------|----|------|------|-----|-------|------|-------|-----|------|-------|----|-----|
| 影响程度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 对比液压夯实机功率是否偏低对压实度不合格频率有无影响                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 液压夯实机功率是否偏低                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 确认方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 检查设备功率                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 确认时间                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2023.8.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 确认人         | 武加恒        |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (1) 小组成员对液压夯实机功率进行了检查，如下表所示。                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <table><tr><td>设备编号</td><td>检查项目</td><td>检查结果</td><td>备注</td></tr><tr><td rowspan="2">1#</td><td>额定功率</td><td>35kW</td><td></td></tr><tr><td>冲击能量</td><td>35kJ</td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">2#</td><td>额定功率</td><td>30 kW</td><td></td></tr><tr><td>冲击能量</td><td>30 kJ</td><td></td></tr></table> |             |            | 设备编号 | 检查项目        | 检查结果       | 备注   | 1# | 额定功率 | 35kW |    | 冲击能量 | 35kJ |     | 2#    | 额定功率 | 30 kW |     | 冲击能量 | 30 kJ |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 设备编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 检查项目        | 检查结果       | 备注   |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 额定功率        | 35kW       |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 冲击能量        | 35kJ       |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 额定功率        | 30 kW      |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 冲击能量        | 30 kJ      |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 本项目采用的是中型高速液压夯实机，满足施工要求。                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | (2) 症结影响程度检查                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 小组成员分别选取不同功率的夯实机进行施工，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| <table><tr><td>设备</td><td>路段编号</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均不合格频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">35kW</td><td>1#</td><td>4.5</td><td rowspan="3">4.3</td></tr><tr><td>2#</td><td>4.5</td></tr><tr><td>3#</td><td>4.0</td></tr><tr><td rowspan="3">30 kW</td><td>4#</td><td>4.3</td><td rowspan="3">4.3</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.2</td></tr><tr><td>6#</td><td>4.5</td></tr></table> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             | 设备         | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 35kW | 1# | 4.5  | 4.3  | 2# | 4.5  | 3#   | 4.0 | 30 kW | 4#   | 4.3   | 4.3 | 5#   | 4.2   | 6# | 4.5 |
| 设备                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 路段编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 35kW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.5         | 4.3        |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.5         |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.0         |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 30 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.3         | 4.3        |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.2         |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.5         |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 确认结果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 本项目夯实机满足施工需求，该因素对压实度不合格频率无明显影响                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |
| 要因确认                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |            |      |             |            |      |    |      |      |    |      |      |     |       |      |       |     |      |       |    |     |

要因确认 4：含水量偏大

| 影响程度  | 对比不同含水量对压实度不合格频率的影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|------------|------|-------------|------------|-------|-----------------|------|-----|----|------|----|-----|-------|----|-----|------|----|-----|------|-----|----|------|----|
| 确认内容  | 检查含水量是否满足施工范围要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 确认方法  | 现场试验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 确认时间  | 2023.8.26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 确认人             | 杨明          |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 确认内容  | <p>（1）质量检查</p> <p>小组成员对现场含水量进行抽样检测，检查情况如下表所示：</p> <table><tr><th>样品编号</th><th>技术要求</th><th>检测结果（%）</th><th>判定</th></tr><tr><td>1#</td><td rowspan="6">含水率：<br/>19%~23%</td><td>19.8</td><td>合格</td></tr><tr><td>2#</td><td>20.6</td><td>合格</td></tr><tr><td>3#</td><td>21.5</td><td>合格</td></tr><tr><td>4#</td><td>22.6</td><td>合格</td></tr><tr><td>5#</td><td>21.4</td><td>合格</td></tr><tr><td>6#</td><td>20.3</td><td>合格</td></tr></table>                   |                 |             | 样品编号       | 技术要求 | 检测结果（%）     | 判定         | 1#    | 含水率：<br>19%~23% | 19.8 | 合格  | 2# | 20.6 | 合格 | 3#  | 21.5  | 合格 | 4#  | 22.6 | 合格 | 5#  | 21.4 | 合格  | 6# | 20.3 | 合格 |
|       | 样品编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 技术要求            | 检测结果（%）     | 判定         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 含水率：<br>19%~23% | 19.8        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 20.6        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 21.5        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 22.6        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 21.4        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 | 20.3        | 合格         |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | <p>（2）症结影响程度检查</p> <p>小组成员分别用不同含水率进行验证，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：</p> <table><tr><th>含水率情况</th><th>路段编号</th><th>压实度不合格频率（%）</th><th>平均不合格频率（%）</th></tr><tr><td rowspan="3">22.3%</td><td>1#</td><td>3.7</td><td rowspan="3">4.0</td></tr><tr><td>2#</td><td>3.9</td></tr><tr><td>3#</td><td>4.4</td></tr><tr><td rowspan="3">19.5%</td><td>4#</td><td>4.4</td><td rowspan="3">4.2</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.1</td></tr><tr><td>6#</td><td>4.1</td></tr></table> |                 |             | 含水率情况      | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 22.3% | 1#              | 3.7  | 4.0 | 2# | 3.9  | 3# | 4.4 | 19.5% | 4# | 4.4 | 4.2  | 5# | 4.1 | 6#   | 4.1 |    |      |    |
|       | 含水率情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 路段编号            | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 22.3% | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3.7             | 4.0         |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3.9             |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.4             |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 19.5% | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.4             | 4.2         |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.1             |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.1             |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 确认结果  | 本项目含水率满足施工需求，该因素对压实度不合格频率无明显影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |
| 要因确认  | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |             |            |      |             |            |       |                 |      |     |    |      |    |     |       |    |     |      |    |     |      |     |    |      |    |

要因确认 5：灰土拌合不均匀

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|------|-------------|------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|
| 影响程度 | 对比检查吊安时是否安排专人指挥压实度有无变化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认内容 | 检查现场灰土拌合是否均匀                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认方法 | 现场检查                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认时间 | 2023.8.30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 确认人      | 彭启钢         |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认内容 | <p>（1）检查灰土拌合情况</p> <p>小组成员检查了施工日志，检查情况如下表所示：</p> <table><tr><td>日期</td><td>是否均匀</td></tr><tr><td>2013.7.12</td><td>均匀</td></tr><tr><td>2013.7.25</td><td>不均匀，局部分层</td></tr><tr><td>2013.7.30</td><td>不均匀，部分结块</td></tr><tr><td>2013.8.12</td><td>不均匀，局部分层</td></tr><tr><td>2013.8.22</td><td>均匀</td></tr></table>                                                                                                                                          |          |             | 日期         | 是否均匀 | 2013.7.12   | 均匀         | 2013.7.25 | 不均匀，局部分层 | 2013.7.30 | 不均匀，部分结块 | 2013.8.12 | 不均匀，局部分层 | 2013.8.22 | 均匀  |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 是否均匀     |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 2013.7.12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 均匀       |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 2013.7.25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 不均匀，局部分层 |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 2013.7.30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 不均匀，部分结块 |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 2013.8.12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 不均匀，局部分层 |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 2013.8.22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 均匀       |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | <p>（2）症结影响程度检查</p> <p>小组成员分别拌合均匀与不均匀进行施工，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：</p> <table><tr><td>拌合情况</td><td>路段编号</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均不合格频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">均匀</td><td>1#</td><td>1.1</td><td rowspan="3">0.9</td></tr><tr><td>2#</td><td>0.8</td></tr><tr><td>3#</td><td>0.8</td></tr><tr><td rowspan="3">不均匀</td><td>4#</td><td>3.7</td><td rowspan="3">4.0</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.4</td></tr><tr><td>6#</td><td>3.9</td></tr></table> |          |             | 拌合情况       | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 均匀        | 1#       | 1.1       | 0.9      | 2#        | 0.8      | 3#        | 0.8 | 不均匀 | 4# | 3.7 | 4.0 | 5# | 4.4 | 6# | 3.9 |
|      | 拌合情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 路段编号     | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 均匀                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1#       | 1.1         | 0.9        |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 2#   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.8      |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 3#   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.8      |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 不均匀  | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3.7      | 4.0         |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4.4      |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3.9      |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认结果 | 拌合是否均匀对压实度不合格频率有明显影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |
| 要因确认 | 是                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |             |            |      |             |            |           |          |           |          |           |          |           |     |     |    |     |     |    |     |    |     |

要因确认 6：碾压次数不足

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|------------|------|-------------|------------|---------|------|-----|------|----|------|----|------|--------|------|-----|------|----|-----|----|-----|
| 影响程度   | 对比不同碾压次数对压实度不合格频率有无影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 确认内容   | 检查碾压次数是否满足施工要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 确认方法   | 现场检查                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 确认时间   | 2023.9.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 确认人     | 许平          |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 确认内容   | <p>（1）小组成员对施工日志进行检查，压路机记录仪进行了检查了不同编号的路段碾压次数，检查结果如下表所示：</p> <table><tr><td>路段编号</td><td>技术要求</td><td>检查结果</td></tr><tr><td>1#</td><td rowspan="6">按施工方案要求</td><td>符合要求</td></tr><tr><td>2#</td><td>符合要求</td></tr><tr><td>3#</td><td>符合要求</td></tr><tr><td>4#</td><td>符合要求</td></tr><tr><td>5#</td><td>符合要求</td></tr><tr><td>6#</td><td>符合要求</td></tr></table>                                                                                                        |         |             | 路段编号       | 技术要求 | 检查结果        | 1#         | 按施工方案要求 | 符合要求 | 2#  | 符合要求 | 3# | 符合要求 | 4# | 符合要求 | 5#     | 符合要求 | 6#  | 符合要求 |    |     |    |     |
|        | 路段编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 技术要求    | 检查结果        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 按施工方案要求 | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 符合要求        |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | <p>（2）症结影响程度检查</p> <p>小组成员分别对不同碾压次数的路段进行验证，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：</p> <table><tr><td>碾压次数</td><td>路段编号</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均不合格频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">正常碾压次数</td><td>1#</td><td>4.0</td><td rowspan="3">4.0</td></tr><tr><td>2#</td><td>4.3</td></tr><tr><td>3#</td><td>3.8</td></tr><tr><td rowspan="3">增加碾压次数</td><td>4#</td><td>3.8</td><td rowspan="3">4.2</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.4</td></tr><tr><td>6#</td><td>4.4</td></tr></table> |         |             | 碾压次数       | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 正常碾压次数  | 1#   | 4.0 | 4.0  | 2# | 4.3  | 3# | 3.8  | 增加碾压次数 | 4#   | 3.8 | 4.2  | 5# | 4.4 | 6# | 4.4 |
|        | 碾压次数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 路段编号    | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 正常碾压次数 | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.0     | 4.0         |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.3     |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3.8     |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 增加碾压次数 | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3.8     | 4.2         |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.4     |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.4     |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 确认结果   | 本项目碾压次数符合施工要求，对压实度不合格频率无明显影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |
| 要因确认   | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |             |            |      |             |            |         |      |     |      |    |      |    |      |        |      |     |      |    |     |    |     |

要因确认 7：碾压速度过快

| 影响程度   | 对比不同碾压速度对压实度不合格频率有无影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|------|-------------|------------|----------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|--------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|
| 确认内容   | 检查碾压速度是否满足施工要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 确认方法   | 现场检查                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 确认时间   | 2023.9.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 确认人      | 王登吉         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 确认内容   | <p>（1）小组成员对施工日志进行检查，压路机记录仪进行了检查了不同编号的路段碾压速度，检查结果如下表所示：</p> <table><tr><th>路段编号</th><th>技术要求</th><th>检查结果（km/h）</th></tr><tr><td>1#</td><td rowspan="6">1-3 km/h</td><td>2.1</td></tr><tr><td>2#</td><td>1.8</td></tr><tr><td>3#</td><td>2.2</td></tr><tr><td>4#</td><td>2.6</td></tr><tr><td>5#</td><td>1.9</td></tr><tr><td>6#</td><td>2.0</td></tr></table>                                                                                                       |          |             | 路段编号       | 技术要求 | 检查结果（km/h）  | 1#         | 1-3 km/h | 2.1 | 2#  | 1.8 | 3# | 2.2 | 4# | 2.6 | 5#     | 1.9 | 6#  | 2.0 |    |     |    |     |
|        | 路段编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 技术要求     | 检查结果（km/h）  |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1-3 km/h | 2.1         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | 1.8         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | 2.2         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | 2.6         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | 1.9         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | 2.0         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | <p>（2）症结影响程度检查</p> <p>小组成员分别对不同碾压速度的路段进行验证，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：</p> <table><tr><th>碾压速度</th><th>路段编号</th><th>压实度不合格频率（%）</th><th>平均不合格频率（%）</th></tr><tr><td rowspan="3">1 km/h</td><td>1#</td><td>4.0</td><td rowspan="3">4.0</td></tr><tr><td>2#</td><td>4.1</td></tr><tr><td>3#</td><td>3.8</td></tr><tr><td rowspan="3">3 km/h</td><td>4#</td><td>3.8</td><td rowspan="3">4.1</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.0</td></tr><tr><td>6#</td><td>4.4</td></tr></table> |          |             | 碾压速度       | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） | 1 km/h   | 1#  | 4.0 | 4.0 | 2# | 4.1 | 3# | 3.8 | 3 km/h | 4#  | 3.8 | 4.1 | 5# | 4.0 | 6# | 4.4 |
|        | 碾压速度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 路段编号     | 压实度不合格频率（%） | 平均不合格频率（%） |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 1 km/h | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.0      | 4.0         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.1      |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3.8      |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 3 km/h | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3.8      | 4.1         |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.0      |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
|        | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4.4      |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 确认结果   | 本项目碾压速度符合施工要求，对压实度不合格频率无明显影响                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |
| 要因确认   | 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |             |            |      |             |            |          |     |     |     |    |     |    |     |        |     |     |     |    |     |    |     |

要因确认 8：原路基刚度不足

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------|-------------|-----------|------|----|-----|-----|----|-----|----|-----|---------|----|-----|-----|----|-----|----|-----|
| 影响程度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 对比不同刚度的路基对压实度不合格频率的影响                                                                                                                                                                                                                                                         |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 原路基刚度是否满足要求，无松散                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 调查分析                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认时间                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2023.9.6                                                                                                                                                                                                                                                                      | 确认人         | 何凌        |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | (1) 小组成员检查原路基刚度情况，具体如下表所示：                                                                                                                                                                                                                                                    |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <table><tr><td>路段编号</td><td>原路基状态</td><td>备注</td></tr><tr><td>1#</td><td>易碎</td><td rowspan="6"></td></tr><tr><td>2#</td><td>易碎</td></tr><tr><td>3#</td><td>易碎</td></tr><tr><td>4#</td><td>易碎</td></tr><tr><td>5#</td><td>易碎</td></tr><tr><td>6#</td><td>易碎</td></tr></table> |             |           | 路段编号 | 原路基状态       | 备注        | 1#   | 易碎 |     | 2#  | 易碎 | 3#  | 易碎 | 4#  | 易碎      | 5# | 易碎  | 6#  | 易碎 |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 路段编号                                                                                                                                                                                                                                                                          | 原路基状态       | 备注        |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 易碎          |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 原有卵石土路基刚度较差，松散、易碎。                                                                                                                                                                                                                                                            |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| (2) 症结影响程度检查                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 小组成员选取刚度较大与易碎两个路段进行施工，对比压实度不合格频率的变化，如下表所示：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| <table><tr><td>原路基状况</td><td>路段编号</td><td>压实度不合格频率（%）</td><td>平均缺陷频率（%）</td></tr><tr><td rowspan="3">刚度较大</td><td>1#</td><td>2.4</td><td rowspan="3">2.2</td></tr><tr><td>2#</td><td>2.2</td></tr><tr><td>3#</td><td>2.2</td></tr><tr><td rowspan="3">刚度较小，易碎</td><td>4#</td><td>4.3</td><td rowspan="3">4.4</td></tr><tr><td>5#</td><td>4.5</td></tr><tr><td>6#</td><td>4.4</td></tr></table> |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             | 原路基状况     | 路段编号 | 压实度不合格频率（%） | 平均缺陷频率（%） | 刚度较大 | 1# | 2.4 | 2.2 | 2# | 2.2 | 3# | 2.2 | 刚度较小，易碎 | 4# | 4.3 | 4.4 | 5# | 4.5 | 6# | 4.4 |
| 原路基状况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 路段编号                                                                                                                                                                                                                                                                          | 压实度不合格频率（%） | 平均缺陷频率（%） |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 刚度较大                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2.4         | 2.2       |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2.2         |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2.2         |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 刚度较小，易碎                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4.3         | 4.4       |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4.5         |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6#                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4.4         |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 确认结果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 通过检查数据对比，刚度较大路段较与易碎路段施工，压实度不合格频率明显降低                                                                                                                                                                                                                                          |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |
| 要因确认                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 是                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |           |      |             |           |      |    |     |     |    |     |    |     |         |    |     |     |    |     |    |     |

从要因确认表可以看出，灰土拌合不均匀，原路基刚度不足两个问题是影响压实度不合格频率的原因。

## 八、制定对策

小组成员采用“5W1H”的方法针对确定的要因制订了相应的对策。

对策表 表 8-1

| 序号 | 要因      | 对策<br>(what)  | 目标<br>(why)    | 措 施<br>(how)                   | 地点<br>(where) | 完成时<br>间<br>(when) | 负责人<br>(who) |
|----|---------|---------------|----------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| 1  | 灰土拌合不均匀 | 通过改变工艺使灰土拌合充分 | 均匀率为不小于95%     | 1、采用集中备料、闷料；<br>2、加强拌合时质量控制。   | 施工现场          | 2023.9.11          | 张维庆          |
| 2  | 原路基刚度不足 | 碾压原拼接路段增加刚度   | 原路基刚度不足率不大于10% | 1、挖除破损严重段落，回填新灰土；<br>2、增铺土工格栅。 | 施工现场          | 2023.9.14          | 许平           |

制表：许平 时间：2023 年 9 月 9 日

## 九、实施对策

### （一） 实施 1：针对“灰土拌合不均匀”的要因

2023 年 9 月 11 日，小组成员张维庆在施工现场进行了 2 项对策实施。

#### 1、采用集中备料、闷料

石灰土采用集中厂拌法进行施工。要求试验室对进场石灰进行检测，石灰达到Ⅲ级以上标准方可投入使用。石灰集中拌合站设在宽敞且临近水源处按每吨石灰消解需要用水量 500~800kg 进行加水(采用饮用水，不得使用污水)消解、焖料，使用前 710 天内充分消解，消解后的石灰应保持一定的湿度，不得产生扬尘，也不可过湿手握成团，消解后的熟石灰过 10mm 筛后应尽快使用，并测定其等级、含水量，通过试验计算其堆积密度。将消解后的石灰(若存放时尽量缩短存放

时间)堆放成高堆并用篷布和土覆盖，防止石灰出现水化现象，影响石灰改良的强度，并应注意排水。



图 9.1 消解后的石灰图

制图：张维庆

日期：2023 年 9 月 9 日

## 2、加强拌合时质量控制

根据设计图纸要求，石灰土采用厂拌法。为了保证石灰土的拌合质量，严格控制石灰土的石灰剂量及最佳含水量，本标段石灰土路基全部采用灰土拌合站集中厂拌。原材料检验合格后，严格按照试验室批复的石灰土配合比生产石灰土，当原材料发生变化时，必须重新申报灰土配合比。出场前，由工地试验室对灰土的含水量、灰剂量(采用 EDTA 消耗量的检测方法)进行自检，检验合格后向监理报检，由监理抽检合格后才能出场。

另外，在拌和灰土时应根据混合料的含水量及时调整加水量，并考虑灰土在拌合及运输中水分损失，使之比最佳含水量高 1-2%，拌好的混合料要尽快运至施工现场摊铺，随拌随用。

效果检查：

小组成员对现场施工质量进行了检查，检查情况如下表所示：

拌合均匀检查表

表 9-1

| 路段编号 | 技术要求        | 检查结果（%） | 均匀率（%） |
|------|-------------|---------|--------|
| 1#   | 均匀率为不小于 95% | 96      | 97     |
| 2#   |             | 98      |        |
| 3#   |             | 97      |        |
| 4#   |             | 96      |        |
| 5#   |             | 96      |        |
| 6#   |             | 97      |        |

制图：张维庆

日期：2023 年 9 月 10 日

效果评价：通过采取以上有效措施，有效提高了石灰的拌合均匀程度，提高施工质量和效率。超过了目标值，目标值实现。

（二） 实施 2：针对“原路基刚度不足”的要因

2023 年 9 月 14 日，小组成员许平在施工现场进行了 2 项对策实施。

- 1、挖除破损严重段落，回填新灰土
- （1）现场准备：清理施工现场，设置警示标志，确保施工安全。

（2）破损段落标识：确定需要挖除的破损严重段落，进行标记。

（3）挖除破损段落：使用适当的工具和设备，如挖掘机等，将破损段落的路基挖除。避免过度挖除或挖除不足。考虑施工对周边环境的影响，如建筑物、地下设施等，采取必要的保护措施。

（4）基础处理：检查挖除后的基础状况，如有无软弱土层、地下管线等问题，并采取相应的处理措施。妥善处理挖除过程中的排水问题，避免积水对路基造成进一步损害

（5）新灰土材料准备：准备符合要求的新灰土材料，确保材料质量。

（6）回填新灰土：将新灰土均匀地填入挖除的段落，分层填筑并压实。

（7）压实度检测：使用专业设备检测回填后的压实度，确保达

到设计要求。

（8）平整度修整：对回填后的路面进行平整度修整，确保路面平整。

（9）养护：根据需要，对回填区域进行养护，保证新灰土的强度。



图 9.2 原路基挖除图

制图：许平

日期：2023 年 9 月 15 日

## 2、增铺土工格栅

土工格栅可以提供额外的稳定性和承载能力，防止路基的沉降和变形。步骤如下：

（1）路基准备：确保原有路基和新路基的表面平整、干燥，清除任何杂物和障碍物。

（2）铺设土工格栅：将土工格栅展开并铺设在原有路基和新路基的连接处，确保格栅与路基表面紧密贴合。

（3）固定土工格栅：使用合适的方法固定土工格栅，如钉子、土钉或土工带等，以防止格栅移动或卷曲。

（4）填土：在土工格栅上填充新的路基材料，填土或碎石等，按照规定的厚度和密实度进行填筑。

（5）压实：使用压实机械设备对填土进行压实，确保路基的稳定性和承载能力。

（6）检查和验收：对施工后的路基进行检查，确保土工格栅的铺设和固定质量符合要求。

增铺土工格栅可以有效地增强路基的整体性能，减少沉降和变形的风险。在施工过程中，要严格按照设计要求和相关规范进行操作，确保施工质量。

效果检查：

在改进后一段时间，小组成员检查了现场原路基刚度不足段落情况。检查情况如下表所示：

| 检查结果汇总表 |                    |         | 表 9-2  |
|---------|--------------------|---------|--------|
| 路段编号    | 检查项目               | 检查结果（%） | 不足率（%） |
| 1#      | 原路基刚度不足率不大于<br>10% | 2       | 1      |
| 2#      |                    | 0       |        |
| 3#      |                    | 2       |        |
| 4#      |                    | 0       |        |
| 5#      |                    | 1       |        |
| 6#      |                    | 1       |        |

制表：许平

时间：2023 年 9 月 19 日

效果评价：依据检查结果，原路基刚度不足段落不足率 1%，小于 10%的目标值，目标值实现。

十、效果检查

（一） 目标检查

QC 小组成员成功的完成了全部对策措施，通过验证后均实现了目标。小组成员对优化后工艺施工的卵石路基拼宽总体合格率进行了检测，检查情况如下表所示：

卵石路基拼宽总体合格率检验批质量检验记录汇总表

表 10-1

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|--------|--------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|        |        |          |           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| K0+122 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 96.5% | 99.2% | 96.0% | 98.7% | 98.5% | 97.9% | 97.7% | 98.1% | 99.1% | 99.5% | 150     | 144     | 96.0   |
|        |        |          |           | 99.6% | 99.1% | 99.8% | 97.8% | 98.3% | 95.8% | 97.3% | 96.7% | 96.6% | 96.8% |         |         |        |
|        |        |          |           | 99.3% | 98.6% | 98.1% | 97.2% | 97.7% | 97.1% | 97.5% | 99.6% | 99.1% | 97.6% |         |         |        |
|        | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | -7    | 13    | -8    | 5     | 4     | 6     | -7    | -2    | -10   | 5     |         |         |        |
|        |        |          |           | -2    | 14    | -5    | -1    | -12   | 1     | -2    | 4     | 1     | 1     |         |         |        |
|        |        |          |           | -9    | 4     | -6    | 4     | 4     | 0     | 15    | 3     | 3     | 4     |         |         |        |
|        | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 41    | 5     | 14    | 17    | 12    | 5     | 34    | 22    | 40    | 28    |         |         |        |
|        |        |          |           | 3     | 45    | 34    | 27    | 8     | 18    | 19    | 6     | 43    | 6     |         |         |        |
|        |        |          |           | 24    | 43    | 4     | 30    | 29    | 42    | 18    | 3     | 36    | 15    |         |         |        |
|        | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | -39   | 102   | 72    | -10   | 75    | -25   | 25    | 66    | 98    | 59    |         |         |        |
|        |        |          |           | 42    | 76    | -39   | 75    | -15   | 78    | 23    | 76    | -49   | 27    |         |         |        |
|        |        |          |           | 3     | 42    | -50   | 94    | 21    | 44    | 11    | 36    | 72    | 4     |         |         |        |
|        | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | 0.2   | -0.1  | 0.2   | -0.1  | -0.2  | -0.1  | 0.2   | 0.0   | 0.3   | -0.3  |         |         |        |
|        |        |          |           | -0.2  | -0.1  | -0.2  | 0.0   | 0.1   | 0.4   | 0.3   | -0.1  | 0.1   | 0.0   |         |         |        |
|        |        |          |           | -0.1  | 0.3   | -0.1  | -0.3  | 0.1   | 0.4   | 0.2   | -0.1  | 0.0   | -0.1  |         |         |        |

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|--------|--------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|        |        |          |           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| K0+187 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 96.3% | 99.1% | 98.5% | 99.6% | 97.9% | 98.3% | 96.0% | 97.6% | 97.1% | 99.3% | 150     | 146     | 97.3   |
|        |        |          |           | 96.6% | 98.5% | 98.3% | 97.1% | 96.6% | 99.6% | 98.7% | 97.7% | 97.3% | 98.1% |         |         |        |
|        |        |          |           | 98.2% | 99.1% | 99.7% | 97.6% | 98.3% | 99.3% | 95.2% | 97.7% | 97.9% | 96.9% |         |         |        |
|        | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | 14    | -8    | 8     | -13   | -1    | 7     | 6     | -12   | 5     | -1    |         |         |        |
|        |        |          |           | 5     | 8     | -12   | -8    | 8     | -13   | -10   | 6     | 10    | -7    |         |         |        |
|        |        |          |           | 14    | 0     | 8     | -14   | -7    | -11   | 2     | 5     | -10   | 8     |         |         |        |
|        | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 40    | 8     | 5     | 33    | 18    | 26    | 33    | 23    | 33    | 39    |         |         |        |
|        |        |          |           | 49    | 30    | 46    | 5     | 6     | 30    | 2     | 1     | 26    | 40    |         |         |        |
|        |        |          |           | 47    | 36    | 48    | 12    | 51    | 14    | 44    | 44    | 44    | 1     |         |         |        |
|        | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 67    | -28   | 22    | 48    | 6     | 47    | -1    | 102   | -29   | 54    |         |         |        |
|        |        |          |           | 63    | 70    | -11   | 29    | 62    | 38    | 0     | 52    | 39    | -48   |         |         |        |
|        |        |          |           | 59    | 12    | 26    | 41    | 33    | 70    | 47    | -16   | 92    | 15    |         |         |        |
|        | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.3  | 0.2   | -0.1  | 0.2   | 0.0   | -0.2  | -0.2  | 0.2   | -0.3  | -0.2  |         |         |        |
|        |        |          |           | -0.1  | 0.2   | 0.2   | 0.1   | 0.3   | 0.2   | 0.0   | 0.1   | -0.1  | 0.1   |         |         |        |
|        |        |          |           | -0.2  | 0.2   | -0.3  | -0.1  | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.2   | -0.3  | 0.3   |         |         |        |

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|--------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|        |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| K1+000 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 99.5%     | 97.7% | 95.2% | 95.1% | 98.6% | 96.6% | 98.5% | 99.3% | 97.8% | 98.9% | 150     | 144     | 96.0   |
|        |        |          |           | 96.7%     | 99.1% | 99.7% | 98.5% | 96.4% | 99.0% | 98.5% | 98.0% | 97.6% | 96.7% |         |         |        |
|        |        |          |           | 97.3%     | 99.0% | 96.7% | 99.3% | 97.1% | 96.3% | 97.8% | 96.1% | 98.2% | 99.4% |         |         |        |
|        | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | 5         | -13   | 5     | -3    | 4     | -7    | -13   | 7     | -2    | -9    |         |         |        |
|        |        |          |           | 2         | -12   | 6     | 7     | 5     | 4     | 5     | -10   | -12   | 3     |         |         |        |
|        |        |          |           | 9         | -1    | 6     | 2     | -6    | -11   | -13   | 0     | 7     | 3     |         |         |        |
|        | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 7         | 36    | 26    | 49    | 9     | 52    | 40    | 15    | 30    | 4     |         |         |        |
|        |        |          |           | 32        | 43    | 39    | 37    | 30    | 13    | 30    | 9     | 19    | 35    |         |         |        |
|        |        |          |           | 25        | 8     | 47    | 0     | 36    | 9     | 45    | 12    | 37    | 2     |         |         |        |
|        | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 65        | 72    | -21   | -36   | 24    | 79    | -13   | 6     | -49   | 101   |         |         |        |
|        |        |          |           | 15        | 34    | 32    | -51   | 71    | 73    | -38   | 41    | 45    | 54    |         |         |        |
|        |        |          |           | 52        | -1    | 72    | -14   | 30    | -34   | 99    | 77    | 62    | 68    |         |         |        |
|        | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.1      | -0.1  | -0.3  | 0.3   | -0.4  | -0.1  | -0.2  | 0.1   | -0.1  | 0.2   |         |         |        |
|        |        |          |           | -0.1      | 0.0   | 0.2   | 0.2   | -0.2  | 0.0   | 0.1   | 0.3   | -0.2  | 0.1   |         |         |        |
|        |        |          |           | 0.2       | 0.1   | 0.1   | -0.3  | -0.3  | 0.2   | -0.3  | 0.1   | 0.2   | -0.2  |         |         |        |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|---------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|         |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| AK0+090 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 97.5%     | 95.2% | 98.8% | 96.0% | 96.2% | 98.7% | 97.9% | 96.6% | 98.9% | 97.2% | 150     | 144     | 96.0   |
|         |        |          |           | 97.9%     | 99.9% | 97.2% | 97.8% | 97.9% | 96.7% | 96.2% | 97.3% | 98.8% | 97.8% |         |         |        |
|         |        |          |           | 96.2%     | 96.1% | 97.3% | 98.4% | 99.3% | 96.7% | 96.6% | 99.6% | 97.7% | 96.5% |         |         |        |
|         | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | 0         | -14   | -1    | -4    | -13   | -2    | 3     | 13    | -11   | 6     |         |         |        |
|         |        |          |           | -1        | 1     | 5     | 8     | 6     | -13   | 1     | -1    | 8     | -7    |         |         |        |
|         |        |          |           | -4        | -5    | 3     | 9     | 8     | 9     | 3     | 2     | 1     | -5    |         |         |        |
|         | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 3         | 38    | 17    | 26    | 4     | 42    | 49    | 33    | 48    | 0     |         |         |        |
|         |        |          |           | 32        | 31    | 14    | 52    | 54    | 29    | 49    | 42    | 34    | 47    |         |         |        |
|         |        |          |           | 22        | 48    | 41    | 36    | 35    | 15    | 19    | 12    | 15    | 47    |         |         |        |
|         | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | -16       | -46   | 12    | -15   | 30    | -14   | 100   | 96    | 6     | -36   |         |         |        |
|         |        |          |           | 93        | 30    | 105   | 72    | 48    | 70    | 83    | 25    | 34    | -39   |         |         |        |
|         |        |          |           | 55        | 49    | 17    | 83    | -14   | 22    | -25   | -25   | 43    | -31   |         |         |        |
|         | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.1      | -0.2  | 0.2   | -0.2  | -0.1  | 0.0   | -0.3  | 0.1   | 0.0   | -0.2  |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.1       | 0.2   | 0.4   | 0.1   | 0.3   | 0.0   | -0.3  | -0.1  | 0.0   | -0.3  |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.2       | -0.2  | 0.1   | 0.3   | -0.1  | 0.3   | 0.2   | 0.2   | 0.0   | -0.1  |         |         |        |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|---------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|         |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| DK1+510 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 98.0%     | 98.9% | 97.5% | 97.1% | 97.8% | 98.5% | 95.0% | 97.4% | 97.8% | 99.2% | 150     | 145     | 96.7%  |
|         |        |          |           | 98.4%     | 98.2% | 98.7% | 96.7% | 98.2% | 99.4% | 99.4% | 98.9% | 97.6% | 96.3% |         |         |        |
|         |        |          |           | 99.3%     | 96.7% | 96.9% | 96.2% | 99.7% | 96.5% | 97.5% | 96.8% | 97.0% | 96.9% |         |         |        |
|         | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | -2        | 4     | 4     | -11   | -4    | -5    | -6    | 0     | 13    | 10    |         |         |        |
|         |        |          |           | 9         | 2     | -12   | 3     | -12   | -5    | -11   | -10   | -7    | -1    |         |         |        |
|         |        |          |           | -3        | 6     | 11    | 3     | 0     | -6    | -8    | -7    | 0     | -7    |         |         |        |
|         | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 24        | 8     | 55    | 39    | 41    | 55    | 35    | 10    | 0     | 22    |         |         |        |
|         |        |          |           | 43        | 10    | 37    | 17    | 0     | 45    | 37    | 50    | 6     | 8     |         |         |        |
|         |        |          |           | 34        | 12    | 47    | 16    | 49    | 20    | 37    | 37    | 6     | 8     |         |         |        |
|         | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | -17       | 48    | 52    | 31    | 102   | 88    | 7     | 83    | 56    | -15   |         |         |        |
|         |        |          |           | -34       | 35    | -34   | -25   | -23   | 82    | -20   | 47    | 60    | -43   |         |         |        |
|         |        |          |           | 10        | 24    | 86    | 34    | 10    | 1     | 86    | 11    | 71    | 89    |         |         |        |
|         | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | 0.1       | -0.4  | 0.0   | -0.1  | -0.2  | 0.2   | -0.2  | 0.2   | -0.2  | 0.3   |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.2       | -0.1  | 0.2   | -0.1  | 0.2   | 0.3   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | -0.1  |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.1       | -0.2  | 0.2   | -0.1  | 0.2   | -0.1  | 0.3   | -0.2  | 0.1   | 0.0   |         |         |        |

制表：杨明

时间：2023 年 9 月 21 日

调查检测统计表

表 10-2

| 检测项目         | 中心桩号    | 检测点数<br>(点) | 合格点数<br>(点) | 不合格点数<br>(点) |   | 合格率<br>(%) |
|--------------|---------|-------------|-------------|--------------|---|------------|
| 压实度<br>(%)   | K0+122  | 30          | 29          | 1            | 6 | 96.7       |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 28          | 2            |   | 93.3       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
| 纵断高程<br>(mm) | K0+122  | 30          | 28          | 2            | 6 | 93.3       |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 30          | 0            |   | 100.0      |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 28          | 2            |   | 93.3       |
| 中线偏位<br>(mm) | K0+122  | 30          | 30          | 0            | 6 | 100.0      |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 28          | 2            |   | 93.3       |
|              | DK1+510 | 30          | 28          | 2            |   | 93.3       |
| 宽度(mm)       | K0+122  | 30          | 29          | 1            | 6 | 96.7       |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 28          | 2            |   | 93.3       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
| 横坡 (%)       | K0+122  | 30          | 28          | 2            | 5 | 93.3       |
|              | K0+187  | 30          | 30          | 0            |   | 100.0      |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 29          | 1            |   | 96.7       |
| 汇总           |         | 750         | 721         | 29           |   | 96.1       |

制表：杨明

时间：2023 年 9 月 23 日

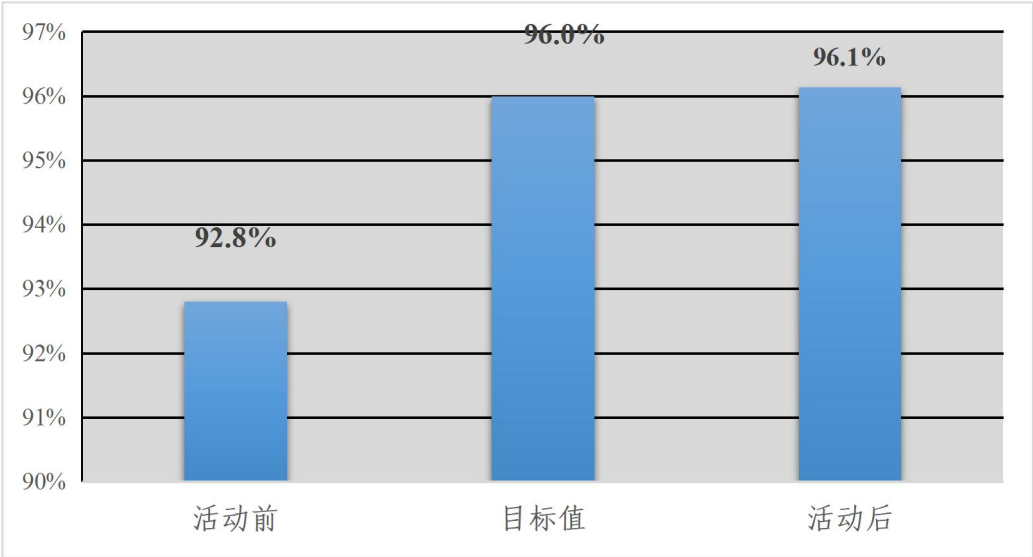


图 10.1 QC 小组活动效果图

制图：朱炜时间：2023 年 9 月 25 日

从本次检查结果来看，合格率 96.1%，小组目标实现。

（二） 症结检查

QC 小组成员对存在的缺陷问题进行了统计，统计汇总如下表所示：

路基拼宽总体质量问题调查表表 10-3

| 序号 | 检测项目      | 不合格点数<br>(点) | 频率<br>(%) | 累计频率<br>(%) |
|----|-----------|--------------|-----------|-------------|
| 1  | 中线偏位 (mm) | 6            | 20.7      | 20.7        |
| 2  | 纵断高程 (mm) | 6            | 20.7      | 41.4        |
| 3  | 宽度 (mm)   | 6            | 20.7      | 62.1        |
| 4  | 横坡 (%)    | 6            | 20.7      | 82.8        |
| 5  | 压实度 (%)   | 5            | 17.2      | 100         |

制表：朱炜时间：2023 年 10 月 5 日

依据质量问题调查表中的数据绘制排列图。对比活动前后数据发现，活动后压实度不合格频率由 57.4%降低至 17.2%，症结得到了改善。

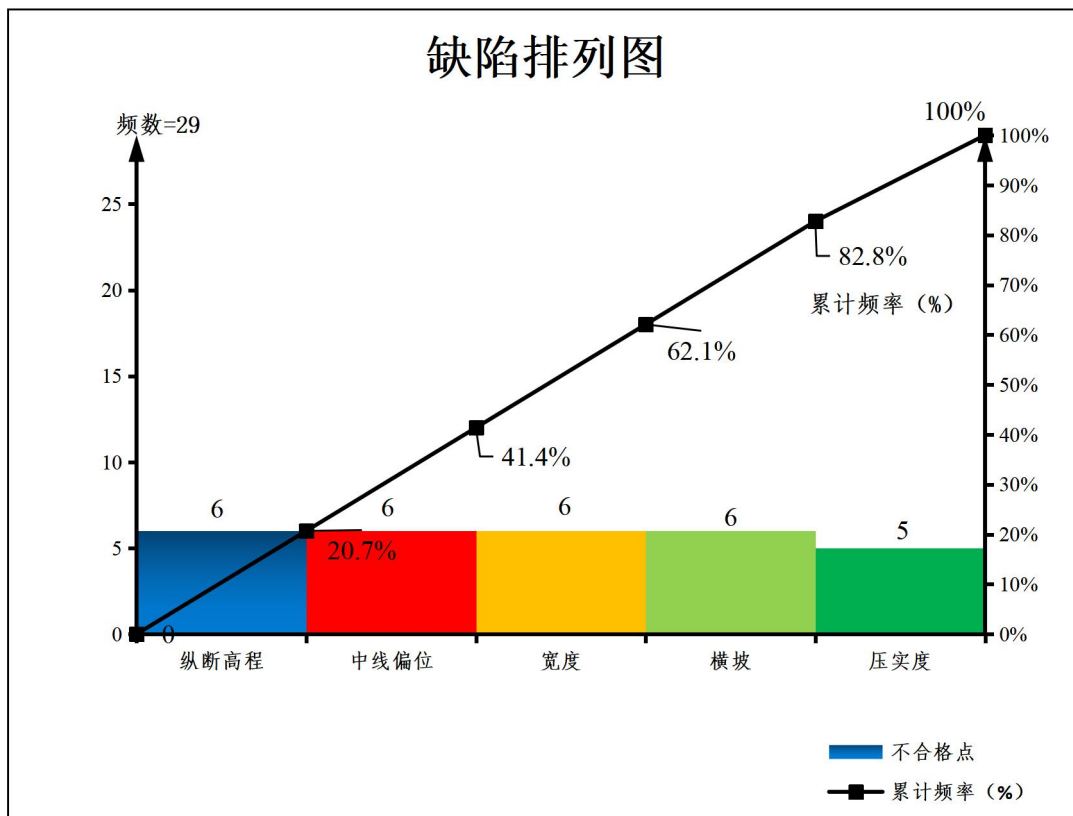


图 10.2 活动后质量问题排列图

制图：杨明

日期：2023 年 10 月 7 日

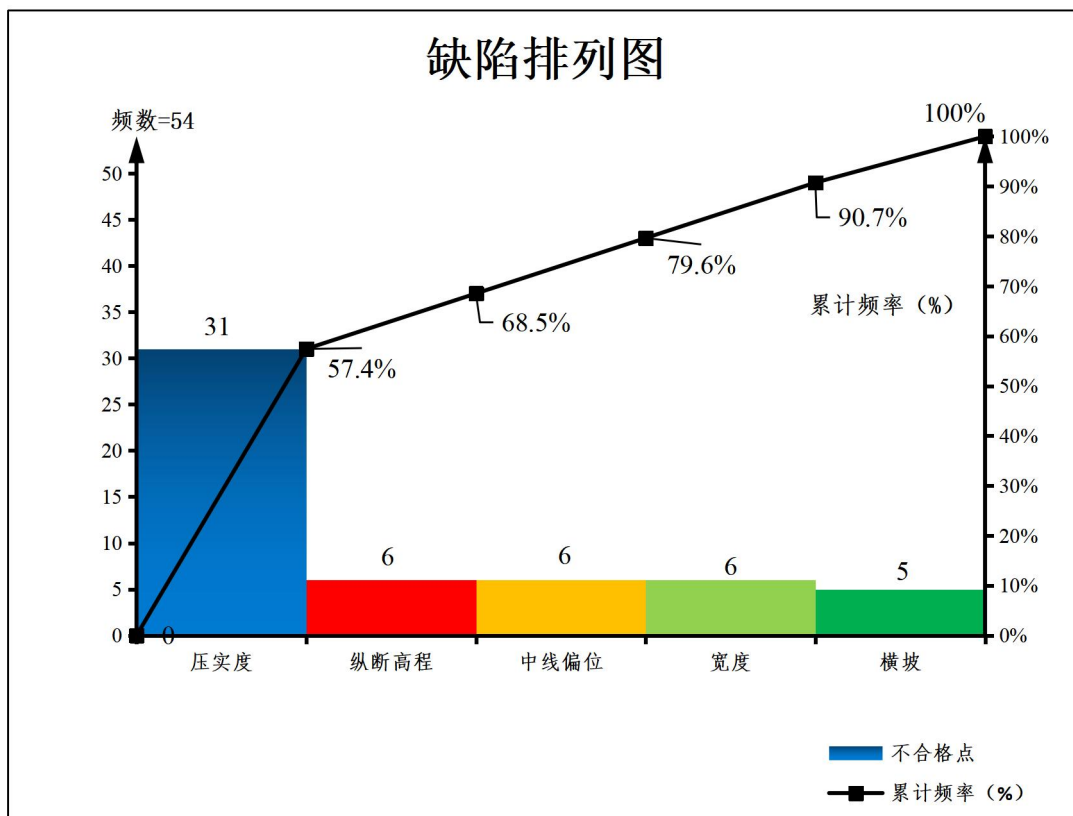


图 10.3 活动前质量问题排列图

制图：杨明

日期：2023 年 10 月 7 日

（三）经济效益

小组成员结合本项目实际工程量测算，共节约成本 12.3 万元，如下图所示：

经济效益测算表 表 10-4

| 序号 | 内容        |     | 计算过程       | 节约总价    |
|----|-----------|-----|------------|---------|
| 1  | 节省工日 32 个 | 人工费 | 32*400*12  | 15.3 万元 |
| 2  | QC 活动经费   |     | 经费支出约 3 万元 | -3 万元   |
| 3  | 合计        |     |            | 12.3 万元 |

制表人：彭启钢

制表时间：2023 年 10 月 18 日

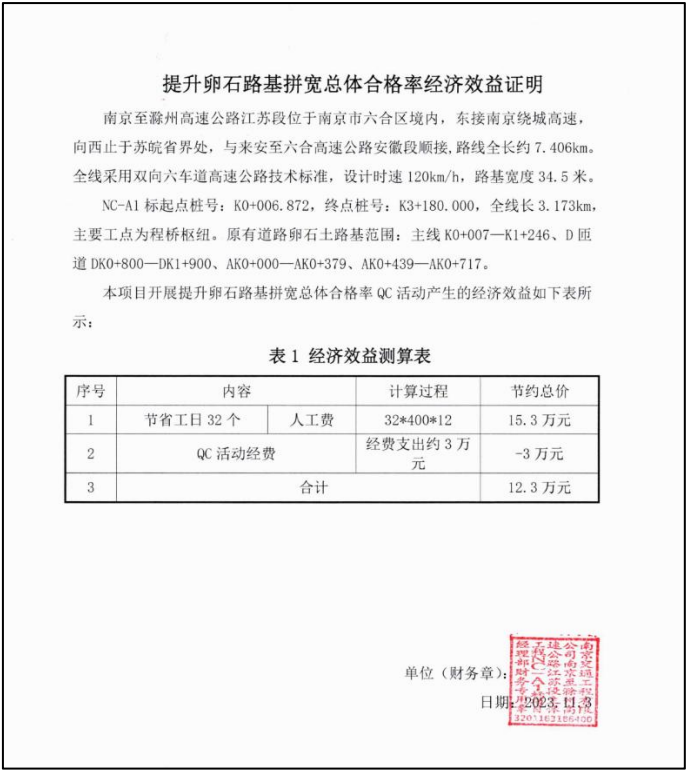


图 10.4 活动期间经济效益证明

制图：彭启钢

日期：2023 年 10 月 30 日

十一、巩固措施

（一）培训与知识分享：组织培训，加强对卵石土路基拼接技术的理解和掌握。同时，鼓励成员之间分享经验和知识，提高整个团队的技术水平。

（二） 制定详细的标准作业程序：包括施工步骤、质量控制点和验收标准等。确保每个施工环节都按照标准进行，以保证路基拼接的质量和稳定性。收集和分析施工过程中的数据，总结经验教训。根据数据反馈，不断优化施工方案和工艺，提高工程质量和效率。修订了《卵石路基拼宽专项施工方案》，并报公司主管部门批准且同意，主要修订章节如下表所示：

巩固措施表 表 11-1

| 文件名        | 章节          | 内容                                                                                                                                                                                            | 实施日期       |
|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 卵石路基拼宽施工方案 | 4.5 拌合质量控制  | 在拌和灰土时应根据混合料的含水量及时调整加水量，并考虑灰土在拌合及运输中水分损失，使之比最佳含水量高 1-2%，拌好的混合料要尽快运至施工现场摊铺，随拌随用。                                                                                                               | 2023.11.11 |
|            | 4.12 土工格栅铺设 | （1）路基准备：确保原有路基和新路基的表面平整、干燥，清除任何杂物和障碍物。<br>（2）铺设土工格栅：将土工格栅展开并铺设在原有路基和新路基的连接处，确保格栅与路基表面紧密贴合。<br>（3）固定土工格栅：使用合适的方法固定土工格栅，如钉子、土钉或土工带等，以防止格栅移动或卷曲。<br>（4）填土：在土工格栅上填充新的路基材料，填土或碎石等，按照规定的厚度和密实度进行填筑。 |            |

制表人：彭云平

制表时间：2023 年 11 月 11 日



图 11.1 审批后的专项施工方案

制图：杨明

日期：2023 年 11 月 1 日

（三） 将巩固措施纳入小组的日常工作中，形成持续改进的文化。不断寻找提升质量和效率的机会，推动 QC 小组的发展和进步。

#### （四） 巩固期验证

小组成员在巩固期内开展了不定期检测，巩固期的卵石路基拼宽总体合格率有了进一步的提升，检测详情如下表所示：

卵石路基拼宽总体合格率检验批质量检验记录汇总表

表 11-2

| 中心桩号   | 允许偏差项目 |           | 允许偏差值     | 实测偏差值 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数 (点) | 合格点数 (点) | 合格率 (%) |
|--------|--------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|---------|
|        |        |           |           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |          |          |         |
| K1+113 | 1      | 压实度 (%)   | ≥96       | 98.3% | 95.8% | 97.6% | 97.1% | 99.2% | 98.0% | 98.8% | 97.7% | 98.9% | 97.5% | 150      | 145      | 96.7    |
|        |        |           |           | 98.6% | 98.7% | 99.8% | 98.9% | 96.9% | 96.2% | 98.3% | 99.9% | 96.2% | 98.2% |          |          |         |
|        |        |           |           | 96.1% | 99.5% | 97.7% | 97.3% | 97.8% | 97.9% | 98.9% | 96.8% | 97.0% | 96.4% |          |          |         |
|        | 2      | 纵断高程 (mm) | +10, -15  | -14   | 0     | 10    | -1    | -11   | 1     | 4     | 14    | -11   | -10   |          |          |         |
|        |        |           |           | -9    | 4     | 4     | 6     | -9    | 3     | 7     | -1    | 9     | -13   |          |          |         |
|        |        |           |           | -12   | -2    | 9     | -8    | -10   | -4    | -14   | 6     | -8    | 5     |          |          |         |
|        | 3      | 中线偏位 (mm) | 50        | 32    | 30    | 37    | 10    | 17    | 1     | 18    | 26    | 42    | 27    |          |          |         |
|        |        |           |           | 19    | 43    | 25    | 5     | 31    | 40    | 21    | 29    | 42    | 3     |          |          |         |
|        |        |           |           | 10    | 8     | 17    | 50    | 23    | 46    | 33    | 52    | 15    | 23    |          |          |         |
|        | 4      | 宽度 (mm)   | +100, -50 | 53    | -33   | 9     | 23    | -47   | 90    | 23    | 99    | 5     | 53    |          |          |         |
|        |        |           |           | 47    | 58    | 86    | 83    | 62    | -45   | -31   | 60    | -31   | 58    |          |          |         |
|        |        |           |           | 25    | 28    | 11    | -18   | -16   | -16   | 46    | 97    | 39    | 66    |          |          |         |
|        | 5      | 横坡 (%)    | ±0.3      | -0.2  | 0.2   | 0.4   | 0.1   | -0.4  | 0.1   | 0.0   | 0.1   | 0.0   | 0.1   |          |          |         |
|        |        |           |           | 0.0   | -0.1  | 0.2   | 0.0   | 0.2   | 0.0   | -0.1  | 0.1   | -0.2  | -0.1  |          |          |         |
|        |        |           |           | 0.0   | -0.2  | -0.1  | 0.1   | 0.1   | -0.2  | 0.0   | 0.0   | -0.1  | 0.2   |          |          |         |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |           | 允许偏差值     | 实测偏差值 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数 (点) | 合格点数 (点) | 合格率 (%) |
|---------|--------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|---------|
|         |        |           |           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |          |          |         |
| AK0+300 | 1      | 压实度 (%)   | ≥96       | 98.1% | 99.4% | 99.8% | 96.2% | 97.8% | 97.9% | 96.6% | 97.9% | 96.6% | 98.6% | 150      | 146      | 97.3    |
|         |        |           |           | 97.7% | 97.8% | 96.1% | 97.7% | 97.1% | 97.2% | 96.3% | 97.3% | 97.5% | 98.2% |          |          |         |
|         |        |           |           | 98.2% | 97.1% | 98.4% | 97.9% | 96.3% | 97.1% | 96.3% | 99.8% | 96.6% | 97.7% |          |          |         |
|         | 2      | 纵断高程 (mm) | +10, -15  | 9     | -5    | 8     | -15   | 6     | 13    | -11   | 3     | -14   | 7     |          |          |         |
|         |        |           |           | 1     | 4     | -13   | 10    | 7     | -7    | 2     | -9    | -7    | -1    |          |          |         |
|         |        |           |           | -3    | -6    | 4     | -12   | -4    | -5    | 1     | 1     | -8    | -10   |          |          |         |
|         | 3      | 中线偏位 (mm) | 50        | 9     | 23    | 13    | 4     | 9     | 11    | 8     | 23    | 33    | 47    |          |          |         |
|         |        |           |           | 7     | 20    | 16    | 37    | 23    | 23    | 11    | 32    | 48    | 21    |          |          |         |
|         |        |           |           | 55    | 18    | 15    | 27    | 45    | 14    | 9     | 26    | 49    | 4     |          |          |         |
|         | 4      | 宽度 (mm)   | +100, -50 | -44   | 103   | 18    | 65    | -25   | 18    | 28    | 75    | 40    | 95    |          |          |         |
|         |        |           |           | 5     | 62    | -31   | 62    | -2    | 60    | -36   | 80    | 38    | -46   |          |          |         |
|         |        |           |           | 67    | 57    | -29   | 81    | -10   | 7     | 84    | 85    | -40   | -36   |          |          |         |
|         | 5      | 横坡 (%)    | ±0.3      | 0.1   | 0.5   | -0.5  | 0.0   | 0.1   | 0.2   | 0.2   | 0.1   | -0.3  | 0.1   |          |          |         |
|         |        |           |           | 0.1   | 0.2   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | -0.2  | 0.3   | 0.1   | 0.2   | -0.2  |          |          |         |
|         |        |           |           | 0.2   | 0.2   | 0.2   | -0.3  | -0.2  | 0.0   | 0.2   | -0.1  | 0.0   | -0.1  |          |          |         |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|---------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|         |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |         |         |        |
| AK0+400 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 96.2%     | 96.3% | 98.4% | 98.6% | 94.5% | 99.3% | 96.1% | 99.4% | 96.7% | 96.9% | 150     | 144     | 96.0   |
|         |        |          |           | 99.3%     | 96.1% | 97.2% | 98.2% | 98.1% | 96.2% | 97.3% | 96.7% | 99.2% | 99.5% |         |         |        |
|         |        |          |           | 99.5%     | 97.6% | 99.9% | 99.8% | 98.7% | 96.8% | 96.5% | 98.8% | 99.8% | 98.8% |         |         |        |
|         | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | -13       | 4     | 2     | 6     | -13   | 0     | 9     | -13   | 2     | 4     |         |         |        |
|         |        |          |           | -14       | 13    | 2     | -1    | 1     | 10    | -14   | 6     | -12   | -13   |         |         |        |
|         |        |          |           | 1         | 8     | 1     | -11   | 1     | -6    | 9     | -7    | -3    | 2     |         |         |        |
|         | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 12        | 45    | 2     | 32    | 40    | 34    | 2     | 44    | 43    | 36    |         |         |        |
|         |        |          |           | 30        | 23    | 20    | 9     | 23    | 37    | 19    | 58    | 28    | 39    |         |         |        |
|         |        |          |           | 31        | 18    | 4     | 17    | 24    | 28    | 30    | 14    | 1     | 8     |         |         |        |
|         | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 47        | 28    | 0     | 107   | -3    | 21    | 77    | -20   | -38   | -28   |         |         |        |
|         |        |          |           | 89        | 25    | 99    | -37   | 49    | 111   | 94    | 3     | 8     | 34    |         |         |        |
|         |        |          |           | 64        | -34   | 7     | -21   | 0     | 82    | 13    | -23   | 17    | 17    |         |         |        |
|         | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | 0.2       | 0.0   | -0.4  | -0.1  | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | -0.2  | 0.3   |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.1       | -0.3  | 0.2   | -0.1  | 0.0   | -0.1  | 0.0   | -0.2  | 0.0   | -0.2  |         |         |        |
|         |        |          |           | -0.1      | 0.1   | 0.0   | 0.0   | 0.3   | -0.1  | -0.1  | 0.0   | 0.1   | 0.0   |         |         |        |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |           | 允许偏差值     | 实测偏差值 (mm) |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 检测点数 (点) | 合格点数 (点) | 合格率 (%) |
|---------|--------|-----------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|---------|
|         |        |           |           | 1          | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |          |          |         |
| DK0+950 | 1      | 压实度 (%)   | ≥96       | 99.7%      | 97.9% | 97.1% | 94.9% | 97.2% | 97.7% | 97.3% | 96.7% | 97.9% | 97.6% | 150      | 143      | 95.3    |
|         |        |           |           | 96.7%      | 96.8% | 96.9% | 97.0% | 98.0% | 96.4% | 98.0% | 97.8% | 99.5% | 96.9% |          |          |         |
|         |        |           |           | 96.3%      | 96.6% | 96.3% | 97.8% | 98.8% | 98.5% | 97.3% | 97.8% | 98.2% | 98.9% |          |          |         |
|         | 2      | 纵断高程 (mm) | +10, -15  | 8          | -14   | -12   | 3     | 12    | -15   | 8     | 7     | 9     | 8     |          |          |         |
|         |        |           |           | -10        | 6     | 2     | -11   | -5    | 14    | -14   | 1     | 10    | 1     |          |          |         |
|         |        |           |           | 5          | 2     | -6    | 11    | 15    | -1    | 1     | -13   | -4    | -13   |          |          |         |
|         | 3      | 中线偏位 (mm) | 50        | 24         | 0     | 5     | 21    | 45    | 14    | 38    | 32    | 38    | 28    |          |          |         |
|         |        |           |           | 55         | 40    | 47    | 15    | 27    | 12    | 29    | 37    | 47    | 49    |          |          |         |
|         |        |           |           | 18         | 43    | 19    | 16    | 1     | 22    | 13    | 45    | 20    | 8     |          |          |         |
|         | 4      | 宽度 (mm)   | +100, -50 | 2          | 39    | -21   | 62    | 54    | -55   | -13   | 53    | -27   | -20   |          |          |         |
|         |        |           |           | -9         | -15   | -15   | 63    | -18   | -36   | -3    | 9     | 35    | 31    |          |          |         |
|         |        |           |           | -26        | 91    | 58    | 4     | 23    | 99    | 38    | 44    | 45    | 93    |          |          |         |
|         | 5      | 横坡 (%)    | ±0.3      | 0.4        | 0.3   | 0.1   | -0.2  | 0.2   | 0.4   | -0.1  | -0.1  | -0.2  | 0.0   |          |          |         |
|         |        |           |           | -0.3       | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.2   | 0.1   | 0.3   | -0.1  |          |          |         |
|         |        |           |           | -0.2       | -0.1  | 0.2   | -0.1  | -0.2  | -0.1  | 0.0   | -0.1  | -0.2  | -0.2  |          |          |         |

| 中心桩号    | 允许偏差项目 |          | 允许偏差值     | 实测偏差值（mm） |       |       |       |       |       |       |       |        |       | 检测点数（点） | 合格点数（点） | 合格率（%） |
|---------|--------|----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|--------|
|         |        |          |           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9      | 10    |         |         |        |
| DK1+620 | 1      | 压实度（%）   | ≥96       | 98.8%     | 98.2% | 99.9% | 98.1% | 97.5% | 98.6% | 99.4% | 98.5% | 98.5%  | 99.2% | 150     | 146     | 97.3%  |
|         |        |          |           | 96.7%     | 96.8% | 98.2% | 99.6% | 96.4% | 96.9% | 97.4% | 98.6% | 99.3%  | 98.6% |         |         |        |
|         |        |          |           | 96.3%     | 96.9% | 98.9% | 99.5% | 96.2% | 99.5% | 99.7% | 97.7% | 100.0% | 98.2% |         |         |        |
|         | 2      | 纵断高程（mm） | +10, -15  | 1         | 4     | 1     | 8     | 10    | -4    | 7     | -13   | -12    | -8    |         |         |        |
|         |        |          |           | -1        | 1     | -7    | -15   | -11   | 11    | -5    | -1    | -12    | 3     |         |         |        |
|         |        |          |           | -13       | 2     | 2     | 8     | 4     | 1     | -12   | 7     | 3      | 6     |         |         |        |
|         | 3      | 中线偏位（mm） | 50        | 30        | 8     | 22    | 1     | 5     | 48    | 13    | 9     | 1      | 7     |         |         |        |
|         |        |          |           | 6         | 13    | 34    | 53    | 19    | 39    | 41    | 5     | 38     | 8     |         |         |        |
|         |        |          |           | 12        | 9     | 34    | 30    | 3     | 49    | 19    | 48    | 15     | 3     |         |         |        |
|         | 4      | 宽度（mm）   | +100, -50 | 12        | 82    | 24    | 54    | -4    | -32   | 93    | 41    | -45    | 6     |         |         |        |
|         |        |          |           | 5         | 118   | 22    | -18   | 13    | 10    | 70    | 119   | -22    | 22    |         |         |        |
|         |        |          |           | 0         | 52    | 10    | 98    | 92    | 29    | 17    | -25   | 1      | 78    |         |         |        |
|         | 5      | 横坡（%）    | ±0.3      | -0.1      | -0.2  | 0.2   | -0.2  | -0.2  | -0.1  | 0.1   | 0.1   | 0.1    | 0.2   |         |         |        |
|         |        |          |           | 0.0       | -0.3  | 0.2   | -0.2  | -0.2  | 0.1   | 0.2   | -0.1  | 0.0    | 0.2   |         |         |        |
|         |        |          |           | -0.2      | -0.2  | 0.2   | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | -0.2  | -0.3   | -0.3  |         |         |        |

制表：杨明

时间：2023 年 12 月 5 日

调查检测统计表

表 12-3

| 检测项目         | 中心桩号    | 检测点数<br>(点) | 合格点数<br>(点) | 不合格点数<br>(点) | 合格率<br>(%) |
|--------------|---------|-------------|-------------|--------------|------------|
| 压实度<br>(%)   | K0+122  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | K0+187  | 30          | 30          | 0            | 100.0      |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 30          | 0            | 100.0      |
| 纵断高程<br>(mm) | K0+122  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | K0+187  | 30          | 30          | 0            | 100.0      |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
|              | DK1+510 | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
| 中线偏位<br>(mm) | K0+122  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
| 宽度(mm)       | K0+122  | 30          | 30          | 0            | 100.0      |
|              | K0+187  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | K1+000  | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
|              | AK0+090 | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | DK1+510 | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
| 横坡(%)        | K0+122  | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
|              | K0+187  | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
|              | K1+000  | 30          | 29          | 1            | 96.7       |
|              | AK0+090 | 30          | 28          | 2            | 93.3       |
|              | DK1+510 | 30          | 30          | 0            | 100.0      |
| 汇总           |         | 750         | 724         | 26           | 96.5       |

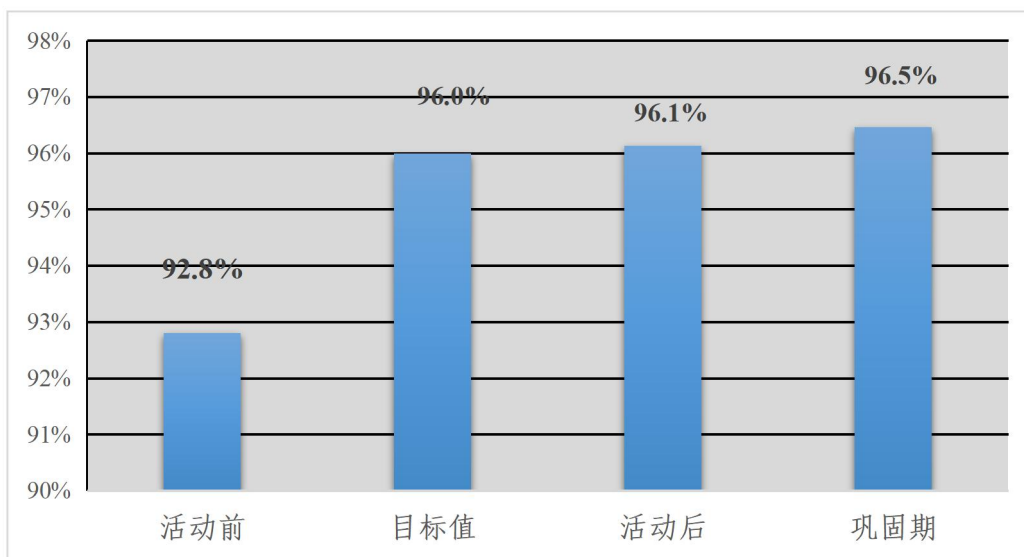


图 11.1 巩固期活动效果对比图

制图：武加恒

日期：2023 年 12 月 8 日

## 十二、总结及今后打算

### （一）总结

#### 1、专业技术

在 QC 活动中，对施工工艺进行优化，如改进路基填筑方法、调整压实参数等。同时，选择适合卵石土的拼接材料，如高性能土工材料等，提升拼接质量。此外，加强施工过程中的质量控制，如严格执行检测标准、及时处理质量问题等。通过方法如下：

（1）问题识别：明确卵石土路基拼接施工中存在的问题，如拼接不牢固、沉降不均等。

（2）数据收集：收集相关数据，包括地质条件、施工工艺、材料性能等，以便进行分析。

（3）原因分析：运用 QC 工具，如鱼骨图、头脑风暴等，分析问题产生的原因。

（4）制定措施：根据原因分析结果，制定针对性的改进措施，如优化施工工艺、选用合适的材料等。

（5）实施措施：按照制定的措施进行施工，并对实施过程进行

监控和记录。

（6）效果检查：对改进后的施工技术进行效果检查，比较改进前后的质量指标，如拼接强度、沉降量等。

（7）经验总结：总结成功经验和教训，将有效的措施纳入施工标准和规范。

（8）持续改进：不断寻找进一步提升的机会，持续改进施工技术，以适应不同工程条件和要求。

通过 QC 活动的不断推进，逐步提升卵石土路基拼接施工技术，确保路基的稳定性和可靠性。

## 2、管理方法

通过本次开展 QC 活动，提升了本项目的施工管理能力。具体如下：

（1）前期规划与准备：在施工前，进行详细的现场勘察和规划。确定路基拼接的位置和范围，评估土壤条件和地基稳定性。制定施工方案和质量控制计划，明确施工工艺和标准。

（2）原材料质量控制：对卵石土的质量进行严格把控。选择粒径合适、级配良好的灰土，并进行质量检测。确保原材料符合设计要求，避免使用劣质材料。

（3）施工工艺优化：注重施工工艺的优化和规范化。例如，控制填土厚度和压实度，采用合适的压实设备和方法，确保路基的密实性和稳定性。注意拼接处的处理，如设置合适的接头和过渡段。

（4）质量检测与监督：建立完善的质量检测体系，定期进行质量检查和监测。包括对路基的高程、压实度等进行检测，及时发现问题并采取纠正措施。加强对施工过程的监督，确保施工操作符合规范。

（5）人员培训与管理：对施工人员进行专业培训，提高技能水

平和质量意识。明确责任分工，建立有效的沟通机制，确保施工人员严格按照要求进行操作。

（6）设备维护与管理：定期对施工设备进行维护和检查，保证设备的正常运行和性能。及时维修或更换损坏的设备，确保施工的连续性和效率。

（7）数据记录与分析：建立详细的施工数据记录体系，包括施工日期、工艺参数、质量检测结果等。通过数据分析，总结经验教训，发现问题的规律和趋势，为持续改进提供依据。

（8）后期维护与跟踪：施工完成后，进行定期的维护和跟踪。检查路基的稳定性和使用情况，及时处理可能出现的问题。与相关部门保持沟通，确保路基的长期质量和安全性。

3、综合素质提升

通过本次 QC 小组活动，小组成员的质量意识、解决问题的能力、技术水平、个人能力、QC 知识五个方面较活动之前均有提升，自我评价如下表所示：

活动前后自我评价表 表 12-1

| 项目      | 自我评价   |        |
|---------|--------|--------|
|         | 活动前（分） | 活动后（分） |
| 质量意识    | 4.0    | 4.5    |
| 解决问题的能力 | 4.5    | 5.0    |
| 技术水平    | 3.5    | 5.0    |
| 个人能力    | 4.0    | 5.0    |
| QC 知识   | 4.0    | 4.5    |

制表：许平 时间：2023 年 12 月 28 日

（二） 今后打算

小组成员进一步完善质量管理体系，将 QC 小组的工作纳入到整个质量管理体系中。确保质量管理的系统性和持续性。拟定的下一课题是《提升钢盖梁安装合格率》。