

提高预应力方桩端板一次焊接合格率

中交第三航务工程局有限公司江苏分公司盐城海螺码头 QC 小组

一、工程概况

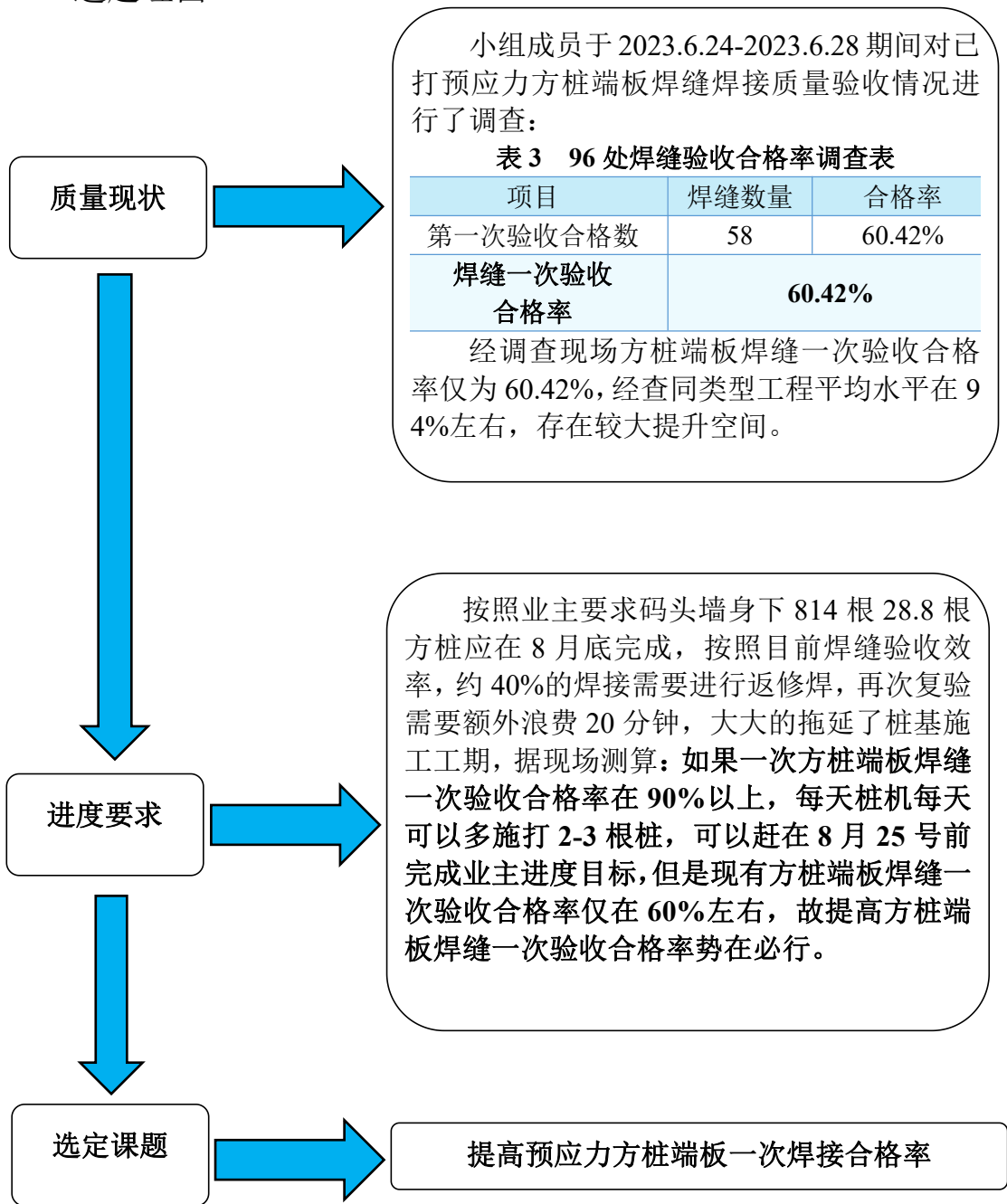
盐城内河港市区港区江苏八菱海螺水泥有限公司搬迁码头工程位于盐城市亭湖区，新洋港裁弯区西湾东岸，施打桩基为边 600mmYZ H-600-B 预制方桩。方桩施打长度为 28.8-36m，采用两~三节焊接而成，方桩端板焊接采用 CO₂ 气保焊，焊缝等级为三级，采用超声波探伤检测焊缝。端板焊接完毕应请监理工程师进行焊缝外观检测，验收标准为《GB 50205-2020 钢结构工程施工质量验收标准》。

表 1 焊缝外观质量检测要求

检验项目	焊缝质量等级		
	一级	二级	三级
裂纹	不允许	不允许	不允许
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 长度不限
咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 连续长度 $\leq 100\text{mm}$, 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限
电弧擦伤	不允许	不允许	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许	不允许	每 50mm 长度焊缝内允许存在直径 $< 0.4t$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔 2 个, 孔距应 ≥ 6 倍孔径
表面夹渣	不允许	不允许	深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$
注: t 为接头较薄件母材厚度; 当出现不合格时应按照本标准 7.11 返修焊章节进行处理			

三、选择课题

选题理由



四、现状调查

在选定课题“提高预应力方桩端板一次焊接合格率”后，小组成员刘星宇、徐光余、孙德利、伏孟延、陈秋同等对现场进行了为期 7 天（2023. 6. 29—2023. 7. 5）的数据采集，再此期间方桩一共施打 316 根，端板焊缝 632 处，其中一次验收合格 386 处，预应力方桩连接

端板一次焊接合格率为 61.08%，针对本次采集的数据我们进行了多角度分析。

（一） 角度一：施工地点不同

现场方桩端板焊接施工地点主要分布在码头南北两侧，南北两侧均各布置两台桩桩机进行桩基施工。对此小组成员孙德利建议可从施工地点不同进行调查分析，并与组员陈秋同对现场 632 处焊缝验收情况进行了跟踪调查以及分析。

表 4 南北侧方桩端板一次焊接合格率对比表

地点	一次焊接合格数量	验收焊缝数量	一次焊接合格率
南侧/处	204	332	61.58%
北侧/处	182	300	60.83%
合计	386	632	61.08%

根上表，可以看出施工地点不同对于连接端板一次焊接验收合格并无较大影响

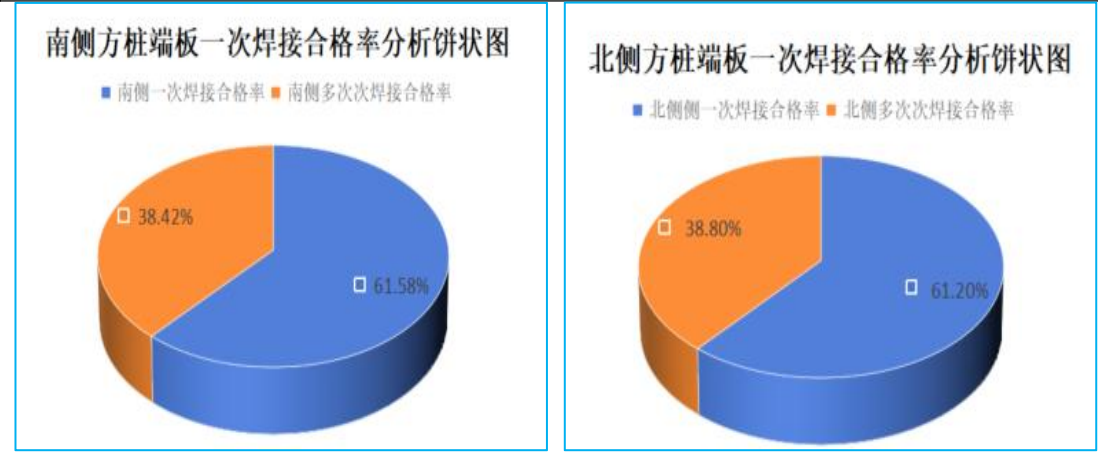


图 2 南/北侧方桩端板一次焊接合格率分析饼分图

制表/图人：孙德利

制表/图时间：2023 年 7 月 5 日

根据南北侧方桩端板一次焊接合格率对比饼分图可以直观看到南侧 61.58%和北侧 60.83%基本一致，施工地点不同对于连接端板一次焊接验收合格并无较大影响。

（二） 角度二：施工时间不同

现场方桩施工工期较为紧张，故端板焊接作业会持续到夜间 10 点。对此小组成员伏孟延建议可从施工地点不同进行调查分析。

表 5 早晚方桩端板一次焊接合格率对比表

施工时间	一次焊接合格	焊缝数量	一次焊接合格率
白天	290	474	61.18%
夜晚	96	158	60.76%
合计	386	632	61.08%

根上表,可以看出施工时间不同对于连接端板一次焊接验收合格并无较大影响

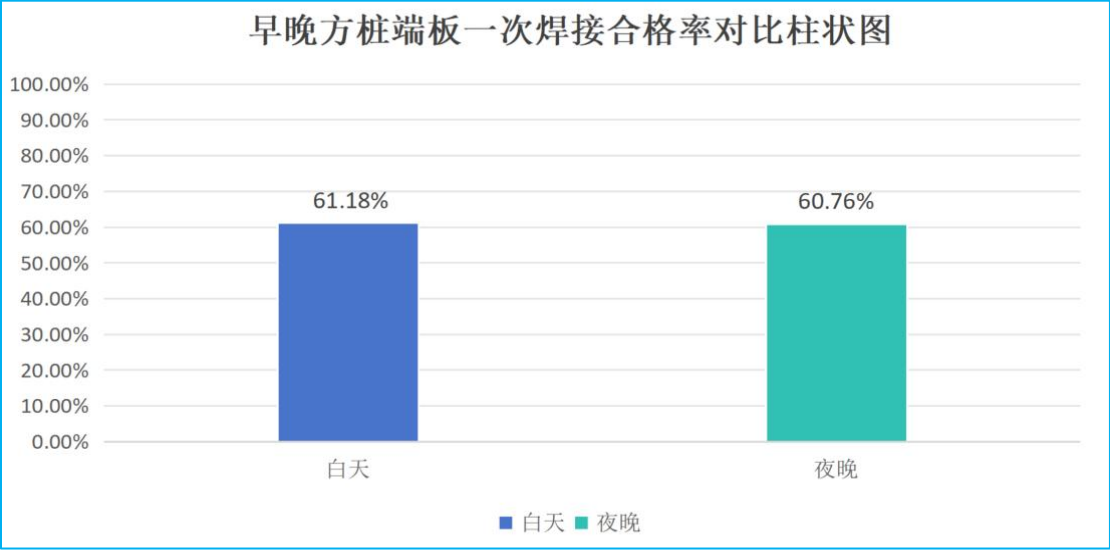


图 3 早晚方桩端板一次焊接合格率对比柱状图

制表/图人：伏孟延

制表/图时间：2023 年 7 月 5 日

根据早晚方桩端板一次焊接合格率对比柱状图可以直观看看到施工时间即白天焊接与晚上焊接对焊接一次验收合格率基本无差别。

（三） 角度三：施工班组不同

现场方桩施工共有 4 个施工班组。对此小组成员李苗建议可从施

工班组不同进行调查分析。

表 6 不同队伍方桩端板一次焊接合格率对比表

施工班组	一次焊接合格	焊缝数量	一次焊接合格率
1#班组	141	231	61.04%
2#班组	96	157	61.15%
3#班组	75	123	60.98%
4#班组	74	121	61.16%
合计	386	632	61.08%

根上表，可以看出施工队伍不同对于连接端板一次焊接验收合格并无较大影响

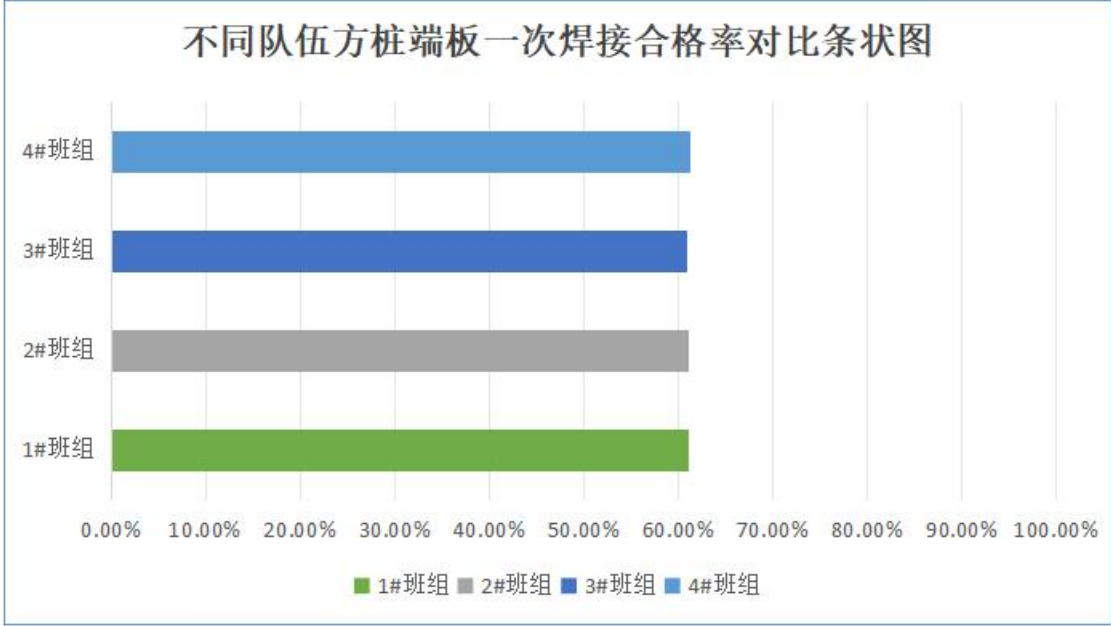


图 4 不同队伍方桩端板一次焊接合格率对比条状图

制表/图人：李苗

制表/图时间：2023 年 7 月 5 日

根据不同队伍方桩端板一次焊接合格率对比条状图可以直观看
到不同施工班组焊接一次验收合格率基本无差别。

（四） 角度四：焊接一次性不通过的原因不同

组员刘星宇提出既然在施工地点、时间、队伍上分析不来有用的
情报，不如逆向思考，从方桩端板一次焊接不合格原因上考虑。

表 7 焊接一次性不通过的原因分析表

序号	不通过原因	频数（处）	累积频数（处）	频率（%）	累积频率（%）
1	未焊满	137	137	55.69%	55.69%
2	表面夹渣	81	218	32.93%	88.62%
3	咬边	12	230	4.88%	93.50%
4	根部收缩	8	238	3.25%	96.75%
5	接头不良	5	243	2.03%	98.78%
6	其他原因	3	246	1.22%	100.00%
合计		246	/	100%	/

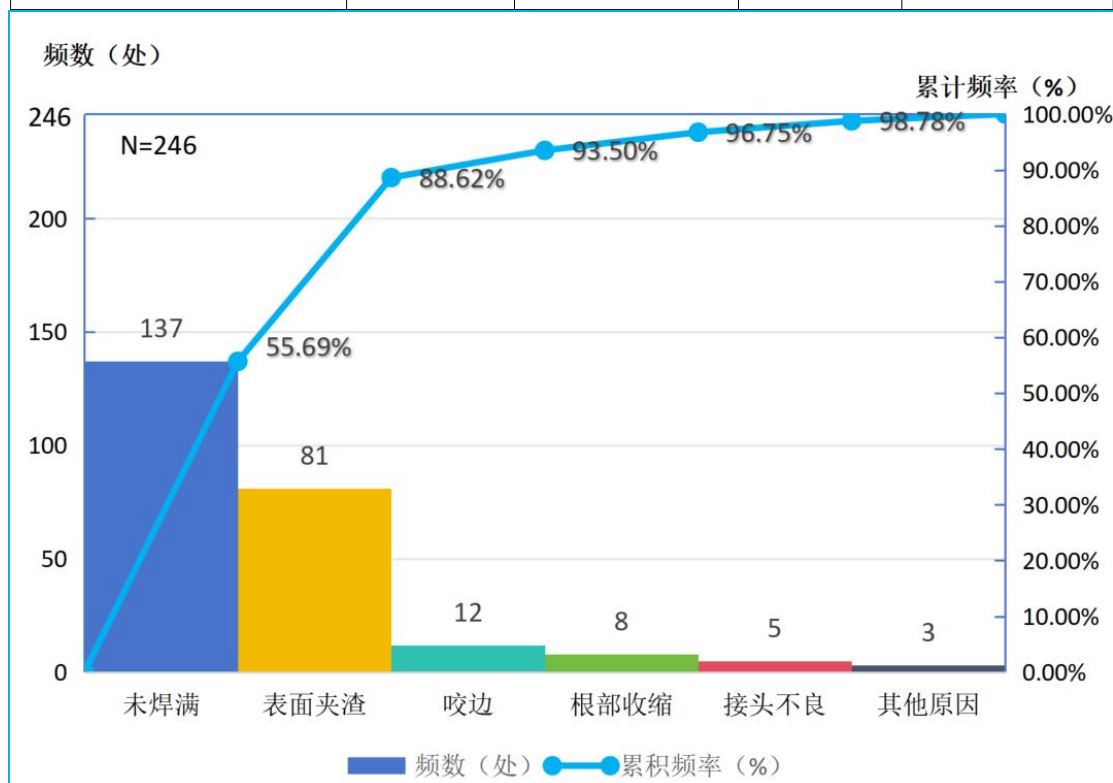


图 5 焊接一次性不通过的原因排列图

制表人：刘星宇

制表时间：2023 年 7 月 5 日

根据焊接一次性不通过的原因排列图可以看出“未焊满”和“表面夹渣”累计频率达 88.62%，为关键少数项，是影响预应力方桩连

接端板一次焊接合格率的症结所在。

五、设定目标

经过小组开会讨论并结合项目领导、业主及监理多方意见，我们将本次 QC 活动目标定为“将提高预应力方桩端板一次焊接合格率提升至 93%以上”。

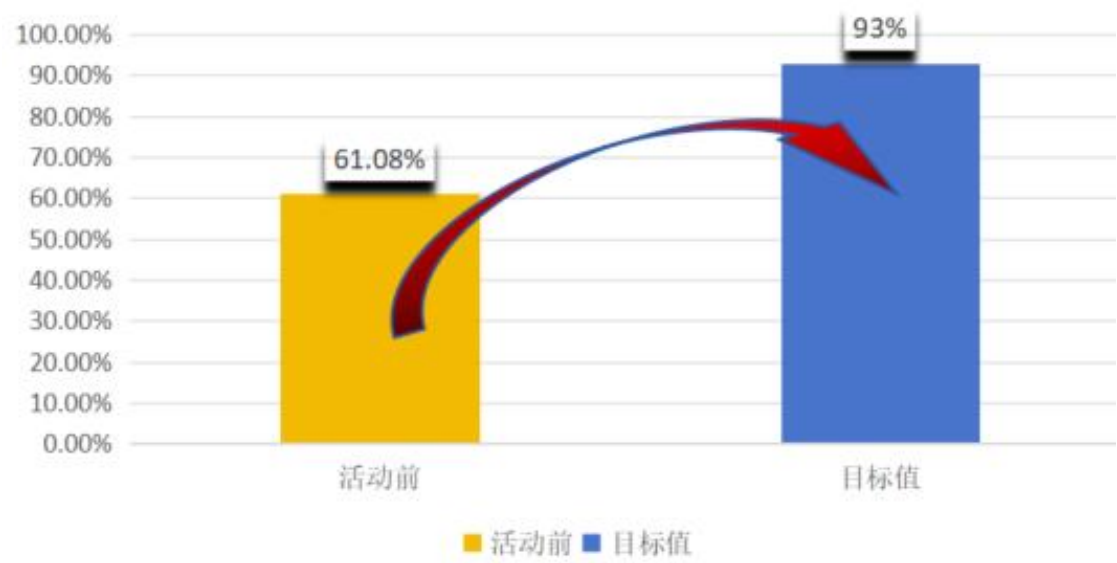


图 6 焊接一次性不通过的原因排列图

制图人：刘星宇

制表时间：2023 年 7 月 5 日

目标设定依据：

- （1）公司以及项目部领导对本工程非常重视，在资金、技术、人员方面给予了大力支持，极大调动了小组积极性；
- （2）行业内类似工程一次焊接合格率在 94%左右，本公司在宿迁港三期码头工程中一次焊接合格率在 96%左右，有类似工程经验可参考；
- （3）项目部主要骨干具有丰富的工作经验，QC 小组成员由年轻大学生和具有多年工作经验的技术人员组成，具备创新能力，QC 小组成员具备不同的施工和专业背景，能够从多角度、全方位、全过程

考虑问题。

（4）本课题针对性非常强，通过严抓过程控制，在施工现场整改，后续改进空间大，可以达到预期的效果，只要能将“未焊满”和“表面夹渣”两项症结解决 95%，即可让预应力方桩端板一次焊接合格率提升至 $61.08\% + (1 - 61.08\%) \times 88.62\% \times 95\% = 93.85\%$ 以上。

六、原因分析

目标确定后，为找到原因，QC 小组成员以座谈会的形式，畅所欲言、集思广益，采用“头脑风暴法”从人、机、料、法、环、测六个方面对预应力方桩连接端板焊接过程中产生“未焊满”和“表面夹渣”的影响因素进行了详细分析和总结，并绘制出了关联图。

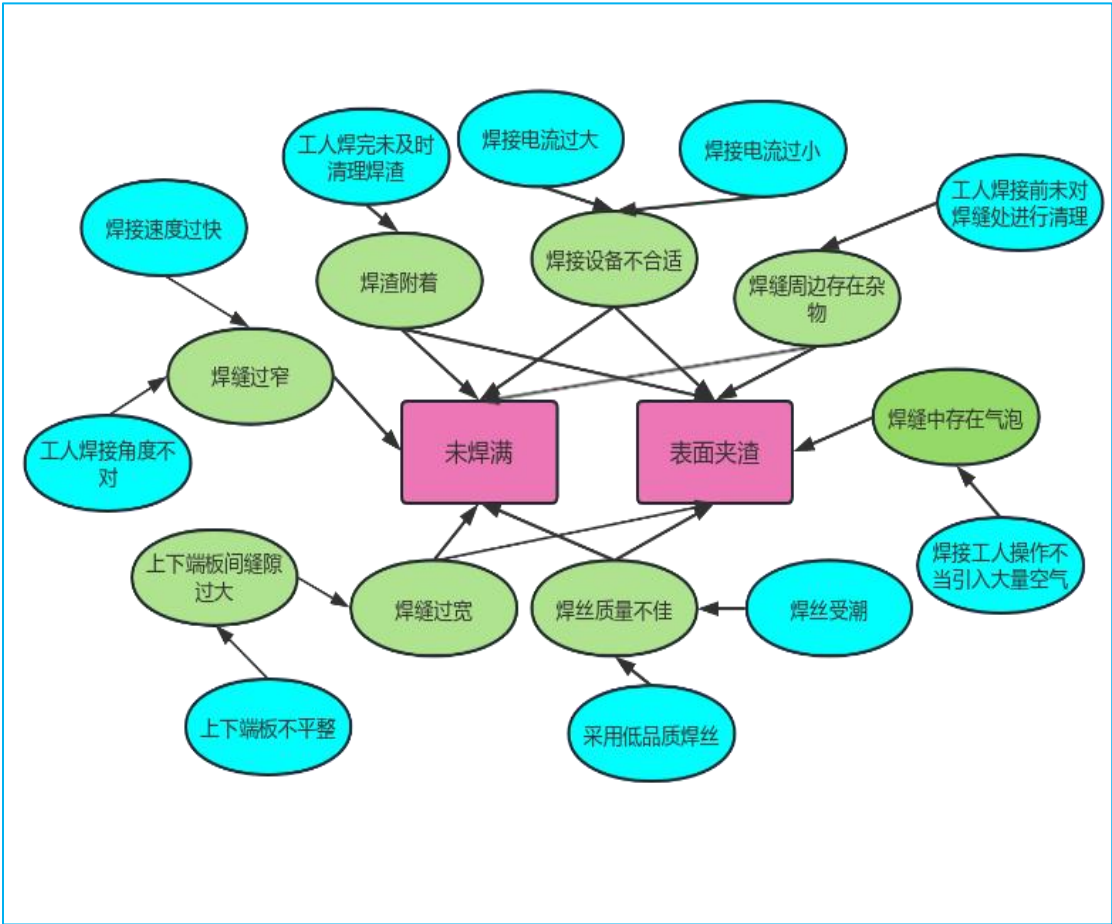


图 7 预应力方桩连接端板一次焊接合格率低关联图

制图人：刘瑞卿

制图时间：2023 年 7 月 6 日

七、确定主要原因

（一） 制定要因确定计划

根据前期的讨论分析，针对沉桩偏位较大的问题，我们共找到了10条末端因素，并制定了以下要因确定计划表。

表 8 要因确定计划

序号	末端原因	确认内容	确认方法	负责人	完成时间
1	焊接电流过大	焊接电流过大对症结的影响程度	现场试验	孙德利	2023. 7. 8
2	焊接电流过小	焊接电流过小对症结的影响程度	现场试验	孙德利	2023. 7. 8
3	工人焊接前未对焊缝处进行清理	工人焊接前未对焊缝处进行清理对症结的影响程度	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 9
4	焊接工人操作不当引入大量空气	焊接工人操作不当引入大量空气对症结的影响程度	现场调查、现场试验、现场测量	高新鹏	2023. 7. 11
5	焊丝受潮	焊丝受潮对症结的影响程度	现场调查、现场试验	徐光余	2023. 7. 12
6	采用低品质焊丝	采用低品质焊丝对症结的影响程度	现场调查、现场试验	徐光余	2023. 7. 12
7	焊接速度过快	焊接速度过快对症结的影响程度	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 14
8	工人焊接角度不对	工人焊接角度不对对症结的影响程度	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 18
9	上下端板不平整	上下端板不平整对症结的影响程度	现场调查、现场试验	高新鹏	2023. 7. 20
10	工人焊完未及时清理焊渣	工人焊完未及时清理焊渣对症结的影响程度	现场调查、现场试验	刘星宇	2023. 7. 24

制表人：刘星宇

制表时间：2023 年 7 月 6 日

(二) 确定主要因素

表 9 要因确定表 1					
要因确认一	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
焊接电流过大	现场试验	焊接电流过大对症结的影响程度	孙德利	2023. 7. 8	非要因
确 认 过 程	方桩端板焊接采用 CO2 气保焊，焊接电流设计要求在 100-120A。为验证电流过大对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员孙德利在 2023. 7. 7-2023. 7. 8 之间，让现场 1#班组采用较大电流（120A）进行焊接，其 3#、4#班组采用正常电流（110A）焊接，进行对比试验，具体情况如下： 				
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	120A	20	4	3	1
	110A	41	9	5	2
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性不 通过频率/%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	120A	40%	20%	15%	5%
	110A	39%	22%	12%	5%
	对比差值	/	-2%	+3%	/
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出电流过大对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 3%左右，对症结影响较小。					
结 论	焊接电流过大为非要因				

制表/图人：孙德利

制表/图时间：2023 年 7 月 8 日

表 10 要因确定表 2					
要因确认二	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
焊接电流过小	现场试验	焊接电流过小对症结的影响程度	孙德利	2023. 7. 8	非要因
确 认 过 程	为验证电流过小对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员孙德利在 2023. 7. 7-2023. 7. 8 之间，让现场 2#班组采用较小电流（100A）进行焊接，其 3#、4#班组采用正常电流（110A）焊接，进行对比试验，具体情况如下： 				
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	100A	22	5	3	1
	110A	43	9	5	4
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性 不通过频率 /%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	100A	41%	23%	14%	5%
	110A	42%	21%	12%	9%
	对比差值	/	2%	2%	/
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出电流过小对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 1%左右，对症结影响较小。					
结 论	焊接电流过小为非要因				
制表/图人：孙德利			制表/图时间：2023 年 7 月 8 日		

表 11 要因确定表 3					
要因确认三	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
工人焊接前未对焊缝处进行清理	现场调查、现场试验、现场测量	工人焊接前未对焊缝处进行清理对症结的影响程度	刘星宇	2023. 7. 9	要因
确认过程	为验证工人焊接前未对焊缝处进行清理对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员刘星宇在 2023. 7. 8-2023. 7. 9 之间，要求 1#、2#施工班组每次焊接前进行端板清理，对 3#、4#施工班未做要求，具体情况如下：				
					
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组焊接总数/处	未焊满出现频数/处	表面夹渣出现频数/处	其他原因出现频数/处
	清理	39	3	1	2
	未清理	40	9	5	1
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性不通过频率/%	未焊满出现频率/%	表面夹渣出现频率/%	其他原因出现频率/%
	清理	15%	8%	3%	5%
	未清理	38%	23%	13%	3%
	对比差值	/	-15%	-10%	/
	影响程度判断：通过开展对比试验可以看出工人焊接前未对焊缝处进行清理对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 10%~15%，对症结影响较大。				
结论	工人焊接前未对焊缝处进行清理为要因				

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 7 月 9 日

表 12 要因确定表 4					
要因确认四	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
焊接工人操作不当引入大量空气	现场调查、现场试验、现场测量	焊接工人操作不当引入大量空气对症结的影响程度	高新鹏	2023. 7. 1 1	非要因
确 认 过 程	为验证焊接工人操作不当引入大量空气对“表面夹渣”的影响程度，组员高新鹏在 2023. 7. 9-2023. 7. 11 之间，委托具有多年焊接经验的专监对四个班组进行了专项教学，具体情况如下：				
					
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	教学前	47	10	6	2
	教学后	48	9	7	2
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性 不通过频率/%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	教学前	38%	21%	13%	4%
	教学后	38%	19%	15%	4%
	对比差值	/	3%	-2%	/
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出焊接工人操作不当引入大量空气对“表面夹渣”的影响程度在 1%，对症结影响较小。					
结 论	工人焊接前未对焊缝处进行清理为非要因				

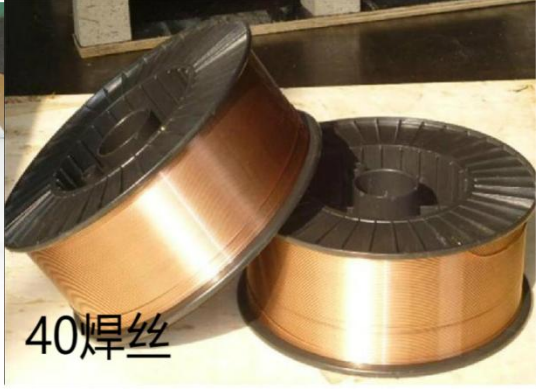
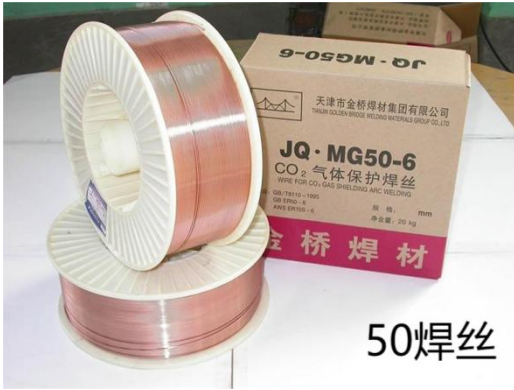
制表/图人：高新鹏

制表/图时间：2023 年 7 月 11 日

表 13 要因确定表 5					
要因确认五	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
焊丝受潮	现场调查、现场试验	焊丝受潮对症结的影响程度	徐光余	2023. 7. 1 2	非要因
确 认 过 程	为验证焊丝受潮对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员徐光余在2023. 7. 10-2023. 7. 12 之间，要求 1#施工班组采用经过干燥处理的焊丝进行焊接，2#班组不做要求，具体情况如下：				
					
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	处理后	48	10	6	2
	处理前	52	11	6	2
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性 不通过频率/%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	处理后	38%	21%	13%	4%
	处理前	37%	21%	12%	4%
	对比差值	/	0	1%	/
	影响程度判断：通过开展对比试验可以看出焊丝受潮对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 1%左右，对症结影响较小。				
结 论	焊丝受潮为非要因				

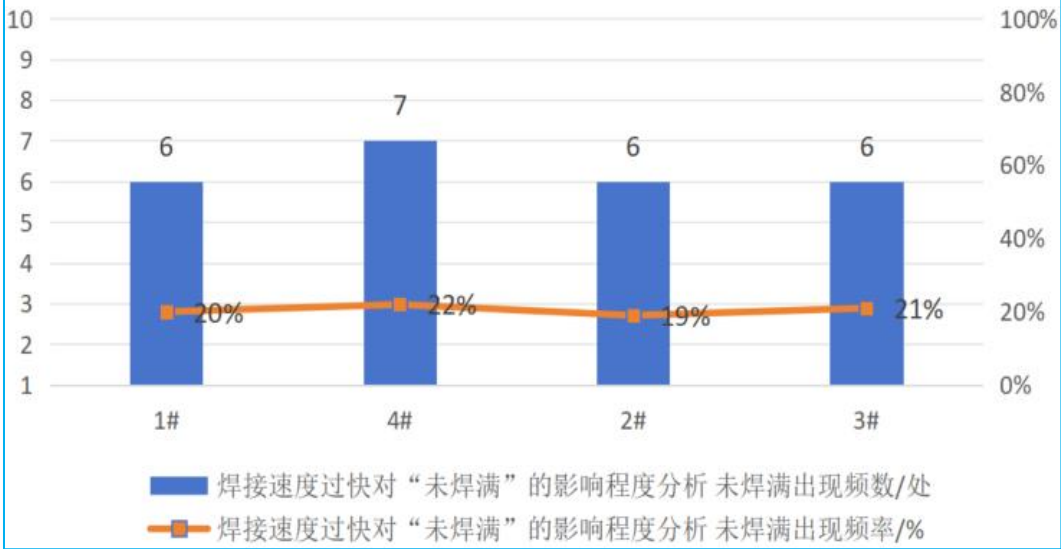
制表/图人：徐光余

制表/图时间：2023 年 7 月 12 日

表 14 要因确定表 6					
要因确认六	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
采用低品质焊丝	现场调查、现场试验	采用低品质焊丝对症状的影响程度	徐光余	2023. 7. 1 2	非要因
确 认 过 程	为验证采用低品质焊丝对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员徐光余在 2023. 7. 10-2023. 7. 12 之间，要求 3#施工班组采用 50 焊丝（40 及 40 以上焊丝均符合方案要求）进行焊接，4#班组采用 40 焊丝（低品质）进行焊接，具体情况如下：				
					
	焊接一次性不通过的原因分析				
	对比项目	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	ER50 焊丝	53	12	8	1
	ER40 焊丝	46	9	7	1
	对症结影响程度分析				
	对比项目	焊接一次性 不通过频率 /%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	ER50 焊丝	40%	23%	15%	2%
	ER40 焊丝	37%	20%	15%	2%
	对比差值	/	3%	0	/
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出采用低品质焊丝对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 3%左右，对症结影响较小。					
结 论	采用低品质焊丝为非要因				

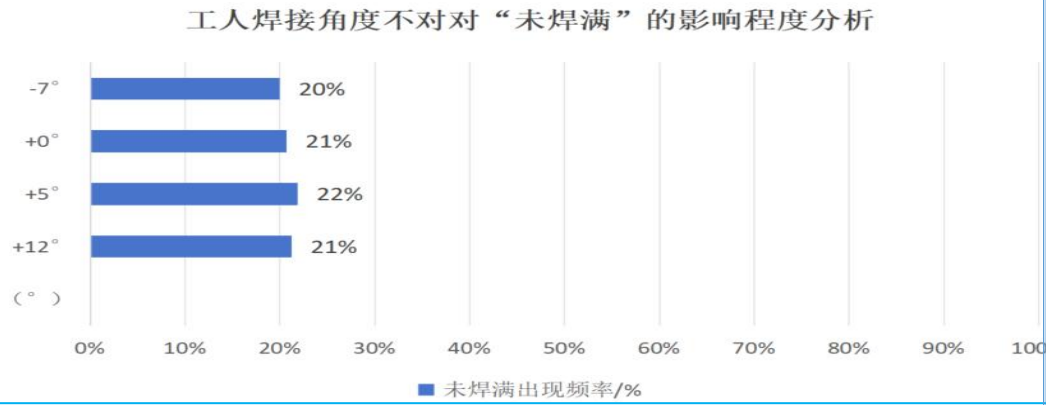
制表/图人：徐光余

制表/图时间：2023 年 7 月 12 日

表 15 要因确定表 7					
要因确认七	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
焊接速度过快	现场调查、现场试验、现场测量	焊接速度过快对症结的影响程度	刘星宇	2023. 7. 14	非要因
确认过程	为验证采用焊接速度过快对“未焊满”的影响程度，组员刘星宇在 2023. 7. 10-2023. 7. 14 之间，分别调查了焊接速度较快（约 27 分钟）的 1#、4#班组和焊接速度较慢（约 35 分钟）的 2#、3#班组的焊缝验收情况：				
	焊接速度过快对“未焊满”的影响程度分析				
	班组	对比班组焊接总数/处	未焊满出现频数/处	其他原因出现频数/处	未焊满出现频率/%
	1#	30	6	5	20%
	4#	32	7	6	22%
	2#	32	6	6	19%
	3#	29	6	5	21%
	差值				3%
					
	影响程度判断：通过开展对比试验可以看出焊接速度过快对“未焊满”的影响程度在 3%左右，对症结影响较小。				
结论	焊接速度过快为非要因				

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 7 月 14 日

表 16 要因确定表 8					
要因确认八	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
工人焊接角度不对	现场调查、现场试验、现场测量	工人焊接角度不对对症结的影响程度	刘星宇	2023. 7. 18	非要因
确认过程	为验证采用工人焊接角度不对对“未焊满”的影响程度，组员刘星宇在 2023. 7. 15-2023. 7. 18 之间，分别调查了四个施工班组的焊接角度以及对应出现焊缝一次验收不通过的情况：				
	工人焊接角度不对对“未焊满”的影响程度分析				
	班组	焊接角度 (°)	对比班组焊接总数/处	未焊满出现频数/处	其他原因出现频数/处
	1#	+12°	33	7	5
	4#	+5°	32	7	5
	2#	+0°	29	6	5
	3#	-7°	35	7	6
	差值				2%
	注：组焊接角度以焊缝平面为 0°，平面向上角度为正值，向下为负值				
	工人焊接角度不对对“未焊满”的影响程度分析				
结论					
	影响程度判断：通过开展对比试验可以看出工人焊接角度不对对“未焊满”的影响程度在 2%左右，对症结影响较小。				
结论	工人焊接角度不对为非要因				

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 7 月 18 日

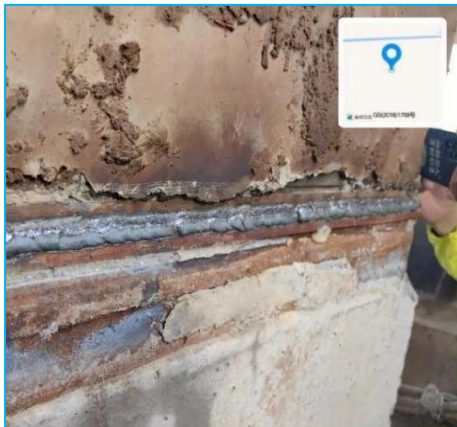
表 17 要因确定表 9

要因确认 九	确认方式	确认内容	确认人	确认时间	结论
上下端板 不平整	现场调查、现场 试验	上下端板不平整对症 结的影响程度	高新鹏	2023. 7. 2 0	要因

确 认 过 程	为验证上下端板不平整对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员高新鹏在 2023. 7. 18-2023. 7. 20 之间，要求 1#、2#施工班组凿平端头方桩凸出部位，保证上下端板间缝隙为 0-5mm 之间；3#、4#班组不处理，端板间缝隙在>5mm 进行焊接，同时记录两者出现未焊满、表面夹渣的情况：				
					
	焊接一次性不通过的原因分析				
	上下端板 间缝隙	对比班组 焊接总数/处	未焊满 出现频数/处	表面夹渣 出现频数/处	其他原因 出现频数/处
	0-5mm	46	10	5	2
	>5mm	49	4	2	1
	对症结影响程度分析				
	上下端板 间缝隙	焊接一次性 不通过频率/%	未焊满 出现频率/%	表面夹渣 出现频率/%	其他原因 出现频率/%
	0-5mm	37%	22%	11%	4%
	>5mm	14%	8%	4%	2%
	对比差值	/	14%	7%	/
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出上下端板不平整对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 7%~14%，对症结影响较大。					
结 论	上下端板不平整为要因				

制表/图人：高新鹏

制表/图时间：2023 年 7 月 20 日

表 18 要因确定表 10						
要因确认 十	确认方式	确认内容		确认人	确认时间	结论
工人焊完 未及时清 理焊渣	现场调查、现 场试验	工人焊完未及时清理 焊渣对症结的影响程 度		刘星宇	2023. 7. 2 4	非要因
确 认 过 程	为验证工人焊完未及时清理焊渣对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度，组员刘星宇在 2023. 7. 20-2023. 7. 24 之间，分别调查了 1#2#班组（有专人进行焊后清渣）和 3#4#班组（无专人清渣）对应出现“未焊满”和“表面夹渣”：					
						
	焊后清渣		焊后不清渣			
	工人焊完未及时清理焊渣对“未焊满”的影响程度分析					
	班 组	是否 清渣	对比班组焊 接总数/处	未焊满出 现频数/处	表面夹渣出 现频数/处	未焊满出 现频率/%
1#	是	40	8	5	20%	13%
2#		36	8	4	23%	11%
3#	否	35	7	5	20%	13%
4#		38	9	4	23%	11%
差值					3%	2%
影响程度判断：通过开展对比试验可以看出工人焊完未及时清理焊渣对“未焊满”和“表面夹渣”的影响程度在 3%左右，对症结影响较小。						
结 论	工人焊完未及时清理焊渣为非要因					

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 7 月 24 日

（三） 主要因素汇总

根据前期的调查分析、现场测量及试验，我们确定了以下要因结果汇总表。

表 19 要因结果汇总表					
序号	末端原因	确认方法	负责人	完成时间	是否要因
1	焊接电流过大	现场试验	孙德利	2023. 7. 8	非要因
2	焊接电流过小	现场试验	孙德利	2023. 7. 8	非要因
3	工人焊接前未对焊缝处进行清理	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 9	要因
4	焊接工人操作不当引入大量空气	现场调查、现场试验、现场测量	高新鹏	2023. 7. 1 1	非要因
5	焊丝受潮	现场调查、现场试验	徐光余	2023. 7. 1 2	非要因
6	采用低品质焊丝	现场调查、现场试验	徐光余	2023. 7. 1 2	非要因
7	焊接速度过快	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 1 4	非要因
8	工人焊接角度不对	现场调查、现场试验、现场测量	刘星宇	2023. 7. 1 8	非要因
9	上下端板不平整	现场调查、现场试验	高新鹏	2023. 7. 2 0	要因
10	工人焊完未及时清理焊渣	现场调查、现场试验	刘星宇	2023. 7. 2 4	非要因

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 7 月 24 日

八、制定对策

小组成员对得出的原因进行分析、调查与试验，确定两条主要原因。我们针对两条主要原因按照“5W1H”原则逐条制定对策如下：

表 20 预应力方桩连接端板一次焊接合格率提升对策表

序号	要因	What	Why	How	Where	When	Who
		对策	目标	措施	地点	完成时间	负责人
1	工人焊接前未对焊缝处进行清理	制定奖惩制度，安排专人监督焊接前清理，同时宣贯其重要性	焊接前 100%进行焊缝清理	1、调研滨海三期施工经验，制定监督机制，现场施工员采取定期与抽检的形式督促施工班组焊前清理，要求工人焊接前 100%对焊缝处清理。 2、对一次合格率低的队伍进座谈会，宣贯清理端板重要性	1#、2#桩机所在南侧	2023. 8. 3	刘星宇
2	上下端板不平整	先从方桩制作上保证上下端板平整；对于已存在的采取人工凿平	将端板焊缝间距控制在 5mm 以内	3、方桩制作时，在桩端钢板的空心位置安装 2 公分厚圆形垫板、成型后拆除，消除了中间混凝土凸起造成的连接钢板缝隙 4、方桩焊接前对中间混凝土凸起处进行人工找平处理，确保上下端板贴合紧密。	3#、4#桩机所在南侧	2023. 8. 3	高新鹏

制表人：刘星宇

制表时间：2023 年 7 月 26 日

九、对策实施

（一）对策实施一：制定奖惩制度，安排专人监督焊接前清理，同时宣贯其重要性。

1、项目部发文制定《预应力方桩连接端板一次焊接合格率提升奖励办法》，对四个施工班组进行每天考核，连续4天考核最后一名的队伍，对其采取“停工一天，参观学习优秀队伍”的措施；同时选派组员孙德利、刘星宇两人定期检查四个施工班组焊接清理情况，组员高新鹏采取不定期抽查等方式检查施工班组落实情况。双管齐下助力提高预应力方桩端板一次焊接合格率。



图8 项目部制定并下发奖励办法

制表人：刘星宇

制表时间：2023年7月26日

2、项目部于2023年7月26日召开焊接施工要点座谈会，向各施工班组传达施工焊接要点以及焊前清理的重要性



图9 对策实施一照片

制表人：刘星宇

制表时间：2023年7月26日

对策实施一效果检查：

在以上两条措施实施后，组员刘星宇对 1#、2#施工班组在 2023. 7. 27-2023. 8. 3 期间焊接情况进行了详细的跟踪调查：

表 21 1#、2#施工班组焊前清理情况分析		
项目	频数/处	频率/%
焊前清理	280	100%
焊前不清理	0	0
合计	280	/
对策实施后做到焊前 100%清理焊缝，达到了对策目标		

对策实施一有效

（二）对策实施二：先从方桩制作上保证上下端板平整；对于已存在的采取人工凿平。

项目部于 2023 年 7 月 26 日与预制场商量，在桩端钢板的空心位置安装 2 公分厚圆形垫板、成型后拆除，消除了中间混凝土凸起造成的连接钢板缝隙。

同时对于不平的端头部位可采取凿平混凝土以及填塞钢板的方式保证焊接质量。



图 10 对策实施二照片

制表人：高新鹏

制表时间：2023 年 7 月 26 日

对策实施二效果检查：

表 22 3#、4#施工班组端板间隙大小分析		
项目	频数/处	频率/%
0-5mm	300	100%
>5mm	0	0
合计	300	/
对策实施后方桩端板间隙均小于 5mm，达到了对策目标		

对策实施二有效

十、效果检查

在两个要因针对性对策实施有效后，为验证其效果，小组成员在 2023. 7. 30-2023. 8. 8 期间进行了现场调查，九天内，打设方桩 307 根，验收端板焊缝 750 处，其中一次验收合格 715 处，预应力方桩连接端板一次焊接合格率为 95. 31% $\geq$ 目标值 93%，满足本次 QC 活动目标的 93%，

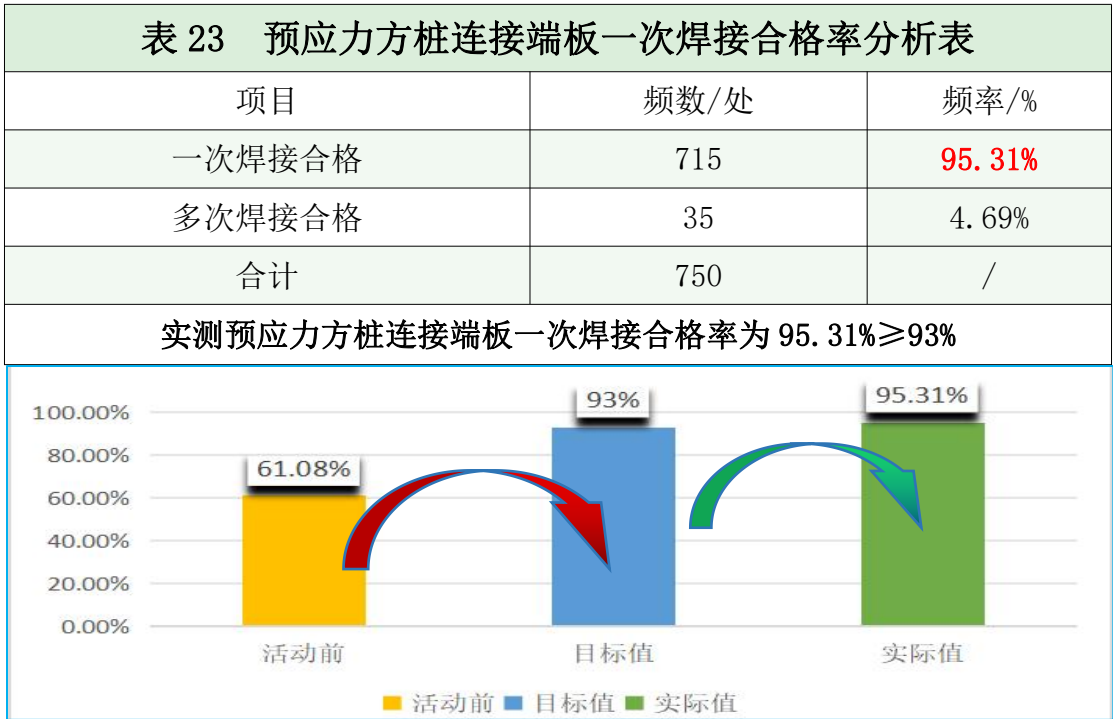


图 11 活动前后预应力方桩连接端板一次焊接合格率对比图

为了解“未焊满”和“表面夹渣”两项症结得到有效解决，对表 10-1 预应力方桩连接端板一次焊接合格率分析表中出现的 35 处焊缝未能一次验收合格的原因进行深层次分析。

表 24 35 处焊缝焊接一次性不通过的原因分析表

序号	不通过原因	频数（处）	累积频数（处）	频率（%）	累积频率（%）
1	根部收缩	13	13	37.14%	37.14%
2	接头不良	9	22	25.71%	62.86%
3	咬边	6	28	17.14%	80.00%
4	未焊满	3	31	8.57%	88.57%
5	表面夹渣	2	33	5.71%	94.29%
6	其他原因	2	35	5.71%	100.00%
	合计	35		100	/

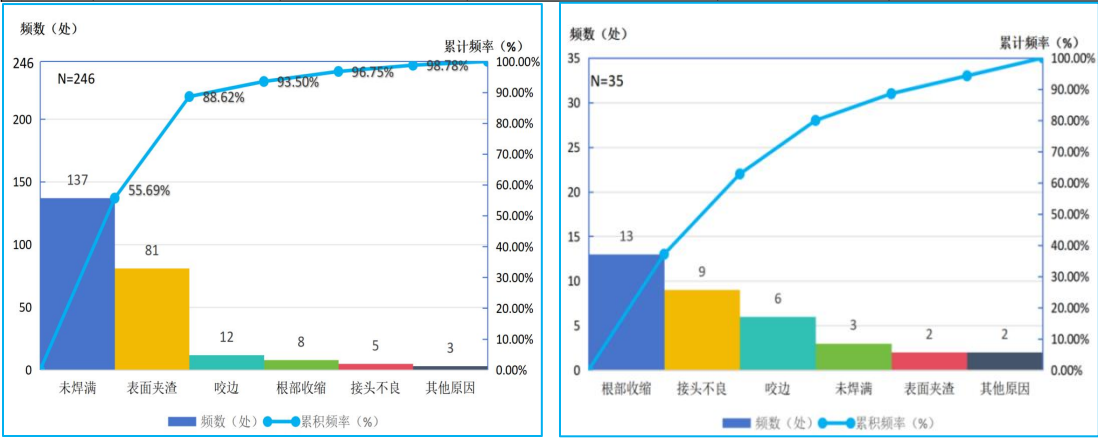


图 12 焊缝焊接一次性不通过的原因分析排列图(左活动前右活动后)

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 8 月 8 日

通过表 23、图 10 可以看出对策实施后九天预应力方桩连接端板一次焊接合格率达到 95.31%；通过表 24、图 11，可以看出“未焊满”和“表面夹渣”仅占 8.57%、5.71%已不再关键少数项，症结得到了有效解决，总体来看本次 QC 小组活动达到了本次活动目标——将预应力方桩连接端板一次焊接合格率提升至 93%以上。

十一、制定巩固措施

(一) 编制作业指导书

为进一步巩固和推广所取得的成果，我们 QC 小组将预应力方桩连接端板焊接施工工序、施工控制要点、质量要求等等作了详细的总结，形成项目级《预应力方桩连接端板焊接作业指导书》，并报给项目总工、项目经理审批和发布实施。

表 25 作业指导书及相关措施表

条款	采取措施	备注
3.3.1	1、接桩前，对连接部位上的浮锈、油污等杂质必须清理干净，保证连接部件清洁。	形成巩固措施： 《预应力方桩连接端板焊接作业指导书》 形成时间：2023.10.10
3.3.2	2、下节桩顶经锤击后的变形部分应割除，以保证顺利接桩。	中交第三航务工程局有限公司文件 盐城内河港市区港区江苏八菱海螺水泥有限公司搬迁码头工程项目经理部 三航盐城海螺码头综发[2023]92号 签发人：刘星宇 关于下发项目部《实心预应力方桩连接端板焊接作业指导书》的通知 项目部各部门、桩基班组： 为进一步巩固和推广所取得的成果，盐城海螺码头 QC 小组将实心预应力方桩连接端板焊接施工工序、施工控制要点、质量要求等等作了详细的总结，形成项目级《实心预应力方桩连接端板焊接作业指导书》，现下发给各部门、各桩基班组，请按照该办法切实落实好焊接质量管理工作，提升一次焊接合格率。 附件 1：《实心预应力方桩连接端板焊接作业指导书》 中交第三航务工程局有限公司盐城内河港市区港区 江苏八菱海螺水泥有限公司搬迁码头工程项目经理部 2023 年 08 月 10 日 三航盐城海螺码头项目部综合部 2023 年 08 月 10 日印发
3.3.3	3、上下节桩焊接时应严格校正垂直度，对口的间隙应按设计要求不得大于 5mm。	
3.3.4	4、上下桩接触面不密实，可用不超过 5mm 的钢片嵌填，达到饱满为止，并点焊牢固	
3.3.5	5、焊接应对称进行，应用多层焊，钢管桩各层焊缝的接头应错开，焊渣应清除。	
3.3.6	6、焊丝应烘干且符合设计及规范要求	
3.3.7	7、焊接应有防寒、防雨，防风等措施，宜加装挡风板。	

制图/表人：刘星宇

制图时间：2023 年 8 月 10 日

（二）持续跟踪

为保证本次 QC 活动带来的功效提升能够一直保持，我们小组分派组员刘星宇持续跟踪调查本分项工程。下面展示相关照片以及后续施工情况。



焊缝合格报验



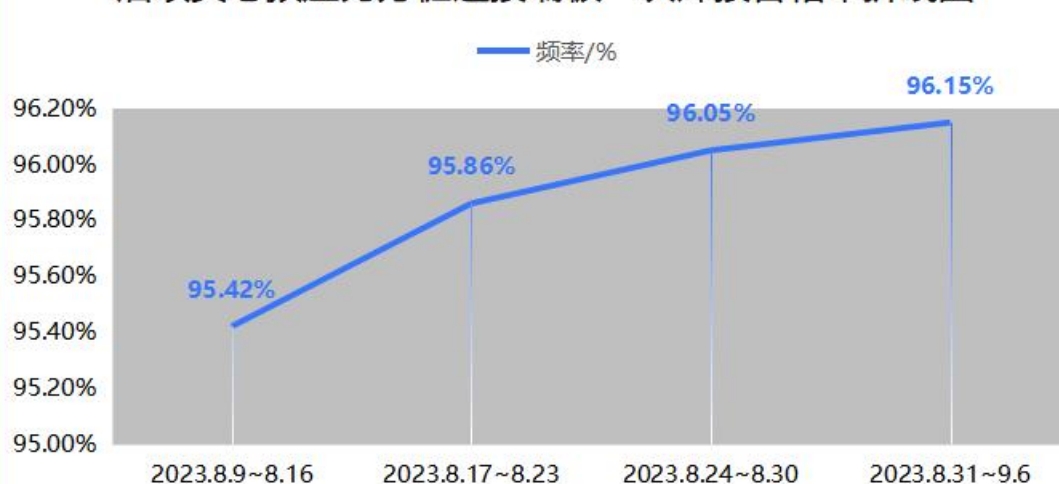
夜间施工

表 26 后续预应力方桩连接端板一次焊接合格率分析表

日期	一次焊接合格频数/处	多一次焊接合格频数/处	合计/处	频率/%
2023.8.9~8.16	532	26	558	95.42%
2023.8.17~8.23	548	24	572	95.86%
2023.8.24~8.30	460	19	479	96.05%
2023.8.31~9.6	352	14	366	96.15%

后续预应力方桩连接端板一次焊接合格率均达到 93%，并呈现上升趋势

后续实心预应力方桩连接端板一次焊接合格率折线图



制图/表人：刘星宇

制图/表时间：2023 年 9 月 6 日

十二、总结和下一步打算

（一） 总结

► 在专业技术方面：

本次活动结束后，小组成员将方桩端板焊接的施工要点编制成了作业指导书——《预应力方桩连接端板焊接作业指导书》为以后的同类施工提供借鉴。

► 在管理技术方面：

1、小成员采用科学的 PDCA 循环程序来开展工作。

2、应用关联图从多角度寻找预应力方桩连接端板一次焊接合格率影响因素，并用现场试验、测量、调查分析等方法用大量的数据与事实来说明问题，最终找到主要原因。

3、科学合理的来制定对策，按照措施一步步达成对策目标；较为全面的掌握 QC 程序知识，能够但是缺少过程中图、表的丰富性表达，部分原因分析不全面，我小组将整个过程的管理技术的成长与不足总结如下表。

表 27 QC 小组活动前后自我总结

序号	活动内容	自我认可的成长	存在的不足	今后努力的方向
1	选择课题	直接阐明安装现状与上级要求的差距，简洁明了	选题理由角度单一	从多角度充分说明问题的急迫性
2	现状调查	首次分层检查出差距后，继续从其他角度继续分层	课题数据分层还需进一步优化	对课题的现状数据分层可以尝试交叉分层法
3	设定目标	设定目标经过客观计算	设定目标依据不足	全面找寻目标设定依据
4	原因分析	正确应用统计工具	部分原因分析逻辑牵强	提高小组成员积极性，共同分析
5	确定主因	正确应用统计工具、图片、表格、数据详实	确认过程不够深入	收集数据要展现出差距的表达

表 27 QC 小组活动前后自我总结				
序号	活动内容	自我认可的成长	存在的不足	今后努力的方向
6	制定对策	对策目标可测量可检查	措施不够具体	选择可操作性强的措施
7	对策实施	与对策表逐条对应	缺少过程中图、表的丰富性表达	及时收集操作过程中的图片与数据
8	效果检查	与现状检查数据呼应、前后有对比性	统计工具应用简单	加强统计工具应用的学习
9	制定巩固措施	作业指导书总结认真全面，审批齐全	巩固期数据不够详实	巩固期数据取点要有代表性

➤ 在综合素质方面：

- 1、整个活动过程中我们运用了数据与图表结合的形式层次清晰。
- 2、我们对比了活动前后的验收数据，更好的衡量了我们的目标效果。
- 3、从雷达图可以看出活动前后 QC 小组在质量意识与改进意上比较薄弱，我们小组不少组员是第一次开展问题解决型的活动，所以在问题解决型的 QC 知识掌握上还有待提升，期待经过本次的学习我们小组在下次活动中应在这方面有所突破。

表 28 综合素质评价表

序号	评价内容	活动前	活动后
1	问题分析能力	7.5	9.0
2	QC 知识	7.6	9.1
3	质量意识	8.0	9.3
4	团队协作精神	8.3	9.5
5	作业技术水平	7.6	8.9
6	工作热情和干劲	8.8	9.3

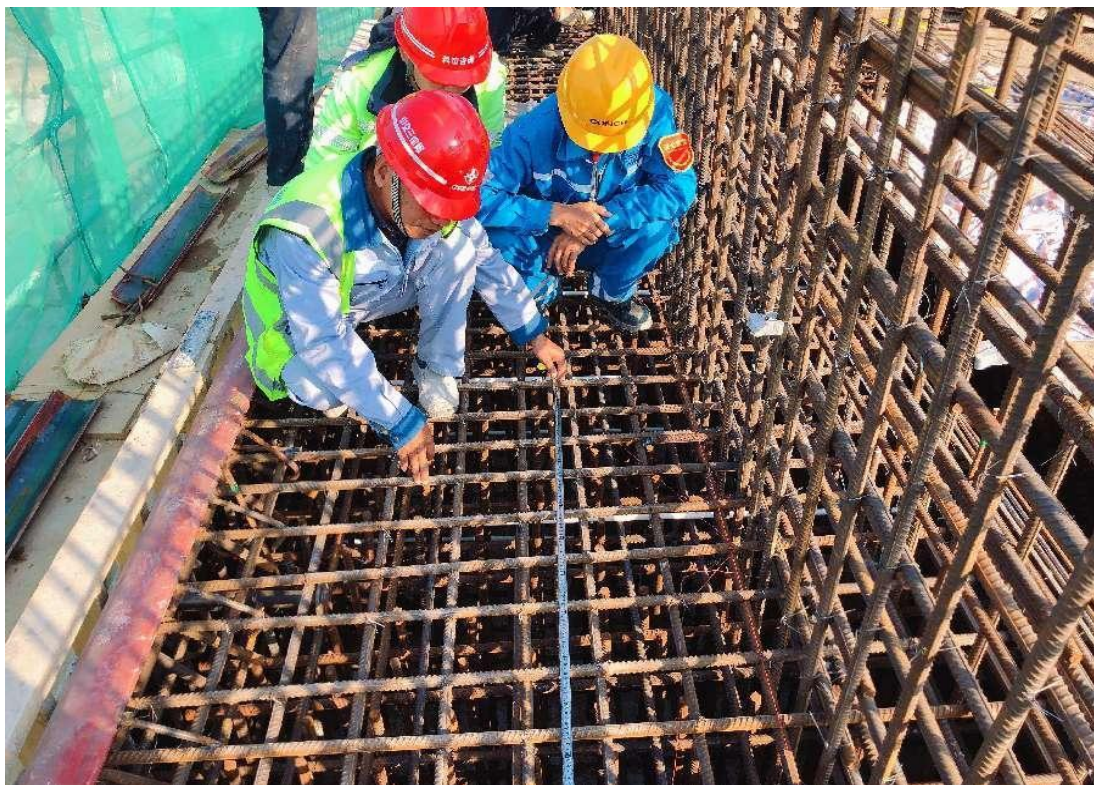


图 14 压顶混凝土钢筋绑扎验收图

制表/图人：刘星宇

制表/图时间：2023 年 9 月 20 日