

便携式航道标志牌板面作业平台的研制

昆山市港航事业发展中心昆山港航 QC 小组

一、小组概况

表 1 QC 小组简介表

小组名称：昆山港航 QC 小组						
课题名称：便携式航道标志牌板面作业平台的研制						
成立时间：2023 年 7 月				完成时间：2024 年 2 月		
注册时间：2023 年 7 月				注册编号：SZGH-2023-01		
课题类型：创新型				QC 知识培训：20 小时/人		
活动次数：10				活动参与率：100%		
小组成员	姓名	性别	年龄	文化程度	职称、岗位	组内分工
组长	王结实	男	39	研究生	主任	全面负责
副组长	于海超	女	35	本科	高工、副主任	协调
组员	何洪	男	47	本科	科长	技术策划
	汤志荣	男	48	本科	工程师、科长	对策制定
	朱超群	男	34	本科	科长	实施记录
	朱彦亮	男	41	本科	工程师、科长	资料整理
	焦明慧	女	38	研究生	副科长	资料整理
	孟宁	男	30	本科	助理工程师、副科长	对策实施 成果编制
	王芬	女	26	研究生	科员	资料整理

制表：孟宁 时间：2023 年 7 月 12 日

表 2 QC 小组活动计划表

阶段	步骤	时间：2023 年 7 月-2024 年 2 月							
		23 年 7 月	23 年 8 月	23 年 9 月	23 年 10 月	23 年 11 月	23 年 12 月	24 年 1 月	24 年 2 月
P	选择课题	→							
		⇒							
	设定目标 及目标可行性论证		→						
			⇒						
	提出方案 并确定最佳方案			→					
				⇒					
	制定对策				→				
					⇒				
D	对策实施					→			
						⇒			
C	效果检查						→		
							⇒		
A	标准化							→	
								⇒	
	总结和下一步打算								→
									⇒

→ 计划活动时间 ⇒ 实际活动时间

制表人：孟宁 时间：2023 年 7 月 12 日

二、选择课题

（一）提出需求

需求	提高标牌版面作业效率及施工安全性。				
需求描述	目前大多数航道标志牌设置的所在位置临近航道边坡，不具备陆上机械施工条件，通常采用浮吊船在水上配合工人进行作业，导致航道标志牌版面的施工成本远远大于陆上操作的施工成本。同时，船舶经过时产生的波浪会对施工船产生扰动，整个过程耗时费力、难度较大、效率较低，且存在一定的安全隐患。 因此，需要一种标牌版面作业平台来替代现用工法，减少对浮吊船的依赖，缩短施工时间，提高施工效率，节省人机成本，提高施工安全性。 				
需求调查	实地现场测量、数据统计				
调查时间	2023 年 7 月	调查地点	巴城杨林塘	调查人	孟宁
调查内容	1.航道标志牌版面反光膜更换作业相关参数梳理 航道标志牌尺寸：4500cm*220cm。 版面更换高度：约 6 米。 需要设备：浮吊船舶 1 艘（配合工人施工时拿放材料及工具）、巡逻艇 1 艘、安全绳、铲子、吊带、吊篮、软包钢丝绳、卸扣、警示灯、救生圈、救生衣。 作业人员：浮吊船工作人员 2 人，巡逻艇工作人员 2 人，现场安全员 1 人，作业指挥 1 人，安装作业 1 人。 2.流程及时间梳理 为不影响航道正常通航，需要巡逻艇配合浮吊船在施工一侧迎船方向设置安全警戒区，现场安全员负责施工区域安全，指挥人员负责监督指挥，安装作业人员进入吊篮施工。 作业流程如下：				

	浮吊船到达现场平均时间 120分钟 ↓ 设置安全警戒区域 15.8分钟 ↓ 施工前后吊篮的拆装 (作业人员准备防护用具) 69.7分钟 (10.5分钟) ↓ 铲除旧版面及更换新版面 155.9分钟 ↓ 作业人员解除防护用具 8.6分钟 ↓ 解除安全警戒区域 6.9分钟 制图：孟宁 时间：：2023年7月20日
调查结论	航道标志牌版面更换作业平均耗时为 376.9 分钟

（二）借鉴启发

小组通过收集《桥梁桥墩吊围栏平台》相关资料，归纳借鉴要点如下：

类 目	借鉴内容	借鉴点	不同点	
			借鉴成果	本成果
工作 原理	通过搭建一个简易的支架平台方便作业人员施工。	将两个钩挂架之间通过悬挑站板用 U 型连接固定，既增加结构稳定性，也为作业人员提供作业空间，避免直接悬空作业	在桥墩上打固定支撑支架	用活动扣杆扣在标牌横杆上固定安装作业平台
工作 要求	提高工作效率、提高安全性	稳定	安装繁琐	安装便捷

借鉴图片		实验图片	
启发	将两个钩挂架之间通过悬挑站板用 U 型连接固定，既增加结构稳定性，也为作业人员提供作业空间，避免直接悬空作业。		

（三）确定课题：

通过集体讨论，小组认为现有标志牌版面反光膜更换采用浮吊船吊篮施工，此种作业方式流程复杂、耗时长、难度大、较危险，迫切需要一种装置来改变工作现状，而设计便携式航道标志牌板面作业平台，可以在施工作业时方便拆卸，减少对浮吊船的依赖，缩短施工时间，提高施工效率，节省人机成本，提高施工安全性。在借鉴桥梁桥墩吊围栏平台的原理后，小组最终确定课题为：《便携式航道标志牌板面作业平台的研制》。

三、设定目标及目标可行性论证

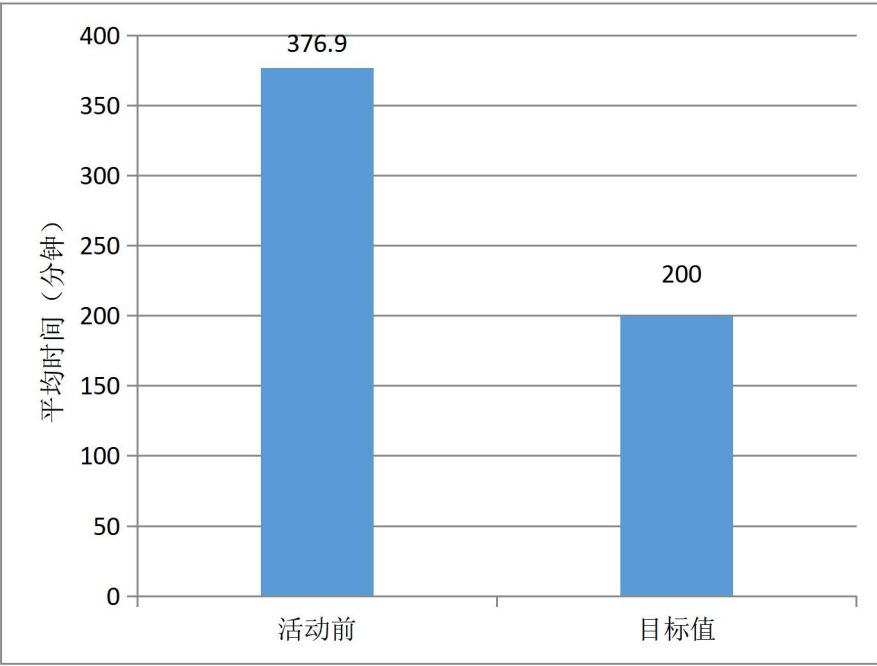
（一）设定目标

1、定性目标

将现采用浮吊船配合施工的方法，改为通过采用“便携式航道标志牌板面作业平台”配合施工，弃用浮吊船，只需工人携带本平台至施工现场组装后即可施工，从而提高施工质量、效率及安全性。

2、定量目标

将原先采用浮吊船配合施工更换标志牌板面反光膜的 376.9 分钟/块降低到采用本平台配合施工更换标志牌板面反光膜的 200 分钟/块以内。柱状图如下：



(二) 目标可行性论证

1、技术分析

表 3.1 节省时间分析

	流程	节省内容
节省环节	浮吊船到达施工现场 平均时间	此流程直接弃用浮吊船配合施工，直接缩减时间。
	设置安全警戒区域	缩小警戒区域及弃用巡逻艇。直接缩减时间。
	施工前后吊篮的拆装	此流程直接弃用吊篮配合施工，直接缩减时间。
	作业人员准备防护用具	时间相对固定。
	铲除旧版面及更换新版面	此流程借助本平台，提高了作业效率，缩减了施工时间。
	作业人员解除防护用具	时间相对固定。
	解除安全警戒区域	缩小警戒区域及弃用巡逻艇。直接缩减时间。
节省时间	用方管组成的便携式航道标志牌版面作业平台，利用汽车运至现场后，即可快速组装后开始施工，可以节省浮吊船配合施工的时间。初步计算可由原先累计 376.9 分钟减少为 190 分钟左右，节省 186.9 分钟。分析如下：	

	浮吊船到达现场平均时间 120分钟	车辆到达现场平均时间 21.5分钟 节省98.5分
	设置安全警戒区域 15.8分钟	无需设置安全警戒区域 0分钟 节省15.8分
	施工前后吊篮的拆装 (作业人员准备防护用具) 69.7分钟 (10.5分钟)	作业平台的拆装 (作业人员准备防护用具) 58.1分钟 (10.5分钟) 节省11.6分
	铲除旧版面及更换新版面 155.9分钟	铲除旧版面及更换新版面 104.3分钟 节省51.6分
	作业人员解除防护用具 8.6分钟	作业人员解除防护用具 8.6分钟
	解除安全警戒区域 6.9分钟	未设置安全警戒区域 0分钟 节省6.9分
	浮吊船配合施工	作业平台配合施工
分析结论	从以上分析可以看到，将传统浮吊船施工的 376.9 分钟降低到使用便携式航道标志牌板面作业平台后的 192.5 分钟，满足 200 分钟以内的预定目标。	

2、安全性分析

站板强度验算：站板采用方形钢管焊接而成，上面铺设防滑网垫。经计算，其自重标准值为 0.3kN/m（永久荷载），作业人员及其携带的工具自重标准值为 2.6kN（可变荷载）。永久荷载分项系数取 1.15，可变荷载分项系数取 1.35，计算得到作用于站板钢管最大弯矩 $M=4.8\text{kNm}$ ，最大剪力 $V=5.0\text{kN}$ 。经计算，承重钢管底部最大拉应力为 $195.1\text{MPa}<215\text{MPa}$ ，最大剪应力 $54.3\text{MPa}<125\text{MPa}$ 。在上述荷载条件下，站板强度满足使用要求。同时，站板在地面低空位置已完成安全性测试，由下图可以看出，可承受 4 人约 300 公斤的重量，正常施工操作时承受荷载仅为 1 名工人及工具材料，安全性足以满足要求。



图3 站板强度试验图

3、人力资源分析

小组成员中有高工 1 人，工程师 2 人，助理工程师 1 人，航标员 1 人，其他人员 4 名，具备开展课题研究、自行研发产品的能力。

4、资金保证

港航中心申请创新项目立项后，下拨专项研发资金 10000 元，以解决项目开发所需的资金问题。

四、提出方案并确定最佳方案

（一）提出总方案

1、装置设想

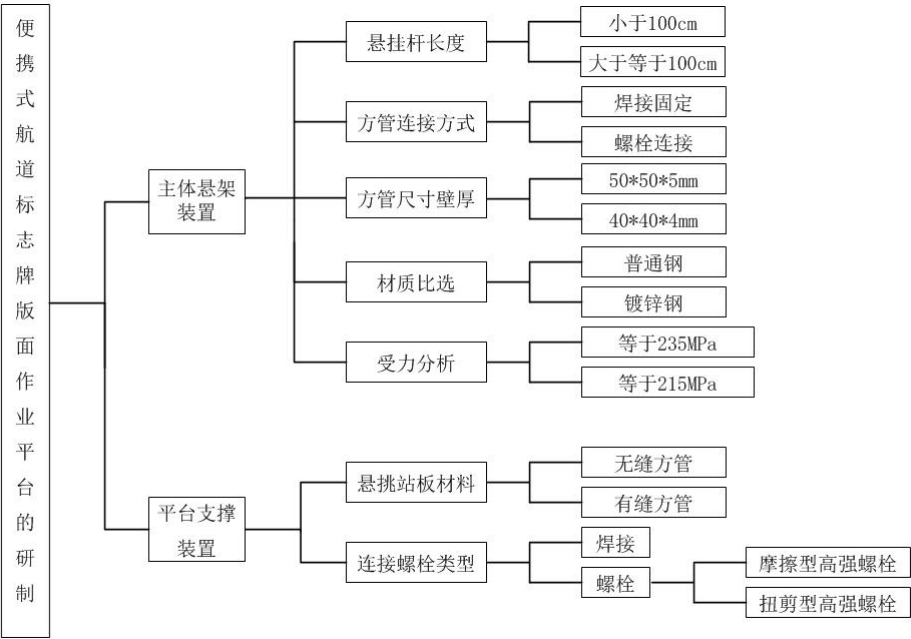
小组成员借鉴原理，通过头脑风暴，提出本研究装置的初步设想：

装置组成	由钩挂架、悬挂杆、扣杆和站板组成。
固定方式	扣杆直接钩挂在交通标志牌的横杆上，钩挂架与扣杆通过高强螺栓连接，悬挑站板直接架立在钩挂架上
工作原理	通过第一支杆钩挂在标志牌横杆上，使装置荷载加载于标志牌横杆上，完成力的转换。
工作条件	扣杆至少需要 2 个
安装步骤	两人站立在地面上，手持悬挂杆站立于人字梯上，使得第一支杆越过交通标志牌并钩挂在信息板上，同时保证扣杆的受力杆置于交通标牌的信息板与横杆之间。安装完毕后，人员可以通过脚扣攀登至站板上进行施工，为施工人员提供了操作平台。

安装时间	20 分钟
设想图	

（二）方案细化分解

小组针对提出的方案，对装置各部位组成进行了方案分解：



制图：孟宁 日期：2023 年 9 月 4 日

1、主体悬架装置的选择

表 4.1.1 悬挂杆长度的选择

选择长度	悬杆长度选择 200cm，100cm				
方案需求	满足现有交通标志牌横杆间距				
可选方案	杆长 200cm，杆长 100cm				
选择依据	现有交通标志牌横杆间距主要在 50cm~80cm 之间，杆长 100cm 能满足施工要求				
备选方案	方案 1，杆长 100cm			方案 2，杆长 200cm	
性能分析	能满足施工要求，安装方便			能满足施工要求，安装不便	
安装耗时	试验次数 1 2 3 4 5 6 7 8 合计 平均	1m 安装耗时 (秒)	试验次数 1 2 3 4 5 6 7 8 合计 平均	2m 安装耗时 (秒)	
		90		111	
		94		115	
		89		124	
		86		116	
		95		125	
		99		123	
		91		113	
		88		119	
		732		946	
		91.5		118.25	
		结论：使用 1m 长度的悬杆平均耗时 91.5 秒，安装便捷			结论：使用 2m 长度的悬杆平均耗时 118.25 秒，安装不便
	不同悬杆长度安装耗时对比 140 120 100 80 60 40 20 0 安装时间 (s) 90 111 94 115 89 124 86 116 95 125 99 123 91 113 88 119 1 2 3 4 5 6 7 8 1m长度 2m长度				

价格	40 元/根	80 元/根
综合分析	安装方便，同比价格低	安装方便，同比价格高
结论	采用	不采用

表 4.1.2 方管连接方式的选择

选择连接方式	焊接固定、螺栓连接				
方案需求	将方管连接组成悬架，满足施工荷载的需求				
可选方案	焊接固定、螺栓连接				
选择依据	连接牢固、维护便捷				
备选方案	方案 1：焊接固定			方案 2：螺栓连接	
综合分析	连接强度高、牢固，维护方便			连接强度一般，维护麻烦	
性能试验			试验次数	焊接性能	螺栓固定性能
			1	合格	合格
			2	合格	不合格
			3	合格	合格
			4	合格	不合格
			5	合格	合格
			6	合格	不合格
			7	合格	合格
			8	合格	合格
结论：焊接性能合格率 100%，螺栓固定性能合格率 62.5%					
价格	5 元/连接点			25 元/连接点	
结论	采用			不采用	

表 4.1.3 方管尺寸壁厚的选择

选择方管尺寸	50mm*50mm 壁厚 5mm、40mm*40mm 壁厚 4mm
方案需求	有较好的稳定性、抗弯性能好

可选方案	50mm*50mm 壁厚 5mm、40mm*40mm 壁厚 4mm																																			
选择依据	稳定性好、抗弯性能强																																			
备选方案	方案 1：50mm*50mm 壁厚 5mm		方案 2：40mm*40mm 壁厚 4mm																																	
综合分析	支架结构更牢固，稳定；承压能力大，不易弯折		支架结构牢固，组装时相对轻松一些；承压能力一般																																	
强度性能	<table><tr><th>试验次数</th><th>50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)</th><th>40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>21</td><td>26</td></tr><tr><td>2</td><td>22</td><td>29</td></tr><tr><td>3</td><td>19</td><td>27</td></tr><tr><td>4</td><td>19</td><td>27</td></tr><tr><td>5</td><td>18</td><td>28</td></tr><tr><td>6</td><td>24</td><td>30</td></tr><tr><td>7</td><td>24</td><td>29</td></tr><tr><td>8</td><td>17</td><td>26</td></tr><tr><td>合计</td><td>164</td><td>222</td></tr><tr><td>平均</td><td>20.5</td><td>27.75</td></tr></table>	试验次数	50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)	40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)	1	21	26	2	22	29	3	19	27	4	19	27	5	18	28	6	24	30	7	24	29	8	17	26	合计	164	222	平均	20.5	27.75	结论：采用设计荷载进行压载试验，50mm*50mm 壁厚 5mm 的方管平均形变量为 20.5mm，40mm*40mm 壁厚 4mm 的方管平均形变量为 27.75mm。	
		试验次数	50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)	40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)																																
		1	21	26																																
		2	22	29																																
		3	19	27																																
		4	19	27																																
		5	18	28																																
		6	24	30																																
		7	24	29																																
		8	17	26																																
		合计	164	222																																
		平均	20.5	27.75																																
	压载试验形变量对比 <table><tr><th>试验次数</th><th>50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)</th><th>40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>21</td><td>26</td></tr><tr><td>2</td><td>22</td><td>29</td></tr><tr><td>3</td><td>19</td><td>27</td></tr><tr><td>4</td><td>19</td><td>27</td></tr><tr><td>5</td><td>18</td><td>28</td></tr><tr><td>6</td><td>24</td><td>30</td></tr><tr><td>7</td><td>24</td><td>29</td></tr><tr><td>8</td><td>17</td><td>26</td></tr></table>		试验次数	50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)	40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)	1	21	26	2	22	29	3	19	27	4	19	27	5	18	28	6	24	30	7	24	29	8	17	26							
试验次数	50mm*50mm 壁厚 5mm 形变量(mm)	40mm*40mm 壁厚 4mm 形变量(mm)																																		
1	21	26																																		
2	22	29																																		
3	19	27																																		
4	19	27																																		
5	18	28																																		
6	24	30																																		
7	24	29																																		
8	17	26																																		
■ 50mm*50mm壁厚5mm 形变量(mm) ■ 40mm*40mm壁厚4mm 形变量(mm)																																				

 价格 | 40 元/根 | 33 元/根 |

结论	采用	不采用
----	----	-----

表 4.1.4 主体悬架材质的选择

选择主体材质	普通钢、镀锌钢	
方案需求	需要耐腐蚀性好、使用寿命长的材料	
可选方案	普通钢、镀锌钢	
选择依据	耐腐蚀性好、使用寿命长	
备选方案	方案一：普通钢	方案二：镀锌钢
综合分析	表面会有一些氧化铁皮、锈斑、油渍等不良物质；在野外使用 2 年左右会锈蚀严重，强度严重降低	表面镀有一层锌保护膜，保护钢板不受腐蚀、氧化等自然因素的影响；正常使用超过 10 年
价格	38 元/根	40 元/根
结论	不采用	采用

表 4.1.5 主体悬架受力分析

受力分析	235MPa,215MPa	
方案需求	满足最大荷载、价格便宜	
可选方案	235MPa,215MPa	
选择依据	满足最大荷载	
备选方案	方案一：235MPa	方案二：215MPa
综合分析	满足承载要求，但强度偏大；价格贵	满足承载要求；价格便宜
价格	50 元/根	40 元/根
结论	不采用	采用

2、平台支撑装置的选择

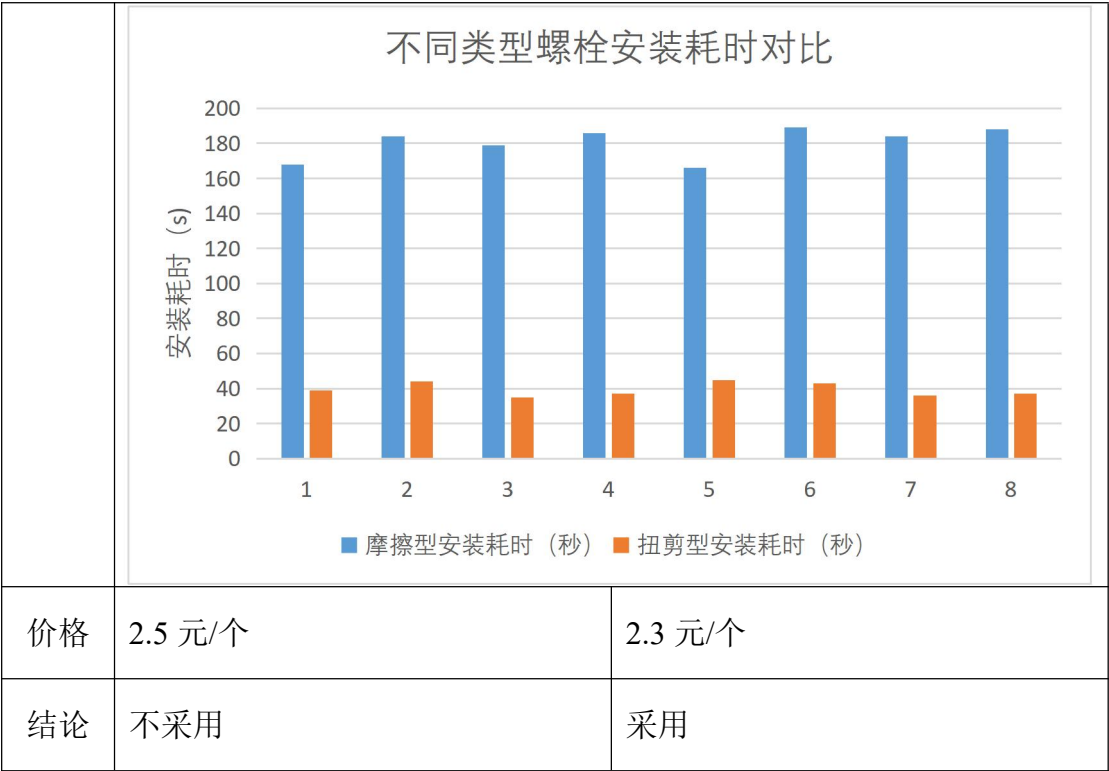
表 4.2.1 悬挑站板材质的选择

选择站板材质	无缝方管、有缝方管																													
方案需求	具有较高的抗拉性能和压力承受性能																													
可选方案	无缝方管、有缝方管																													
选择依据	抗拉强度高，承受压力大																													
备选方案	方案一： 无缝方管	方案二：有缝方管																												
综合分析	高强度，耐冲压，承受压力性能高	抗拉强度一般，承受压力性能一般																												
强度性能		试验次数	无缝钢管形变量(mm)	有缝方管形变量(mm)																										
		1	18	23																										
		2	23	26																										
		3	22	22																										
		4	19	25																										
		5	18	27																										
		6	23	22																										
		7	19	27																										
		8	21	22																										
		合计	163	194																										
		平均	20.375	24.25																										
	结论：采用设计荷载进行抗拉试验，无缝方管平均形变量为 20.375mm，有缝方管平均形变量为 24.25mm。																													
	抗拉试验形变量对比 <table><tr><th>试验次数</th><th>无缝钢管形变量(mm)</th><th>有缝方管形变量(mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>18</td><td>23</td></tr><tr><td>2</td><td>23</td><td>26</td></tr><tr><td>3</td><td>22</td><td>22</td></tr><tr><td>4</td><td>19</td><td>25</td></tr><tr><td>5</td><td>18</td><td>27</td></tr><tr><td>6</td><td>23</td><td>22</td></tr><tr><td>7</td><td>19</td><td>27</td></tr><tr><td>8</td><td>21</td><td>22</td></tr></table>				试验次数	无缝钢管形变量(mm)	有缝方管形变量(mm)	1	18	23	2	23	26	3	22	22	4	19	25	5	18	27	6	23	22	7	19	27	8	21
试验次数	无缝钢管形变量(mm)	有缝方管形变量(mm)																												
1	18	23																												
2	23	26																												
3	22	22																												
4	19	25																												
5	18	27																												
6	23	22																												
7	19	27																												
8	21	22																												

价格	40 元/米	35 元/米
结论	采用	不采用

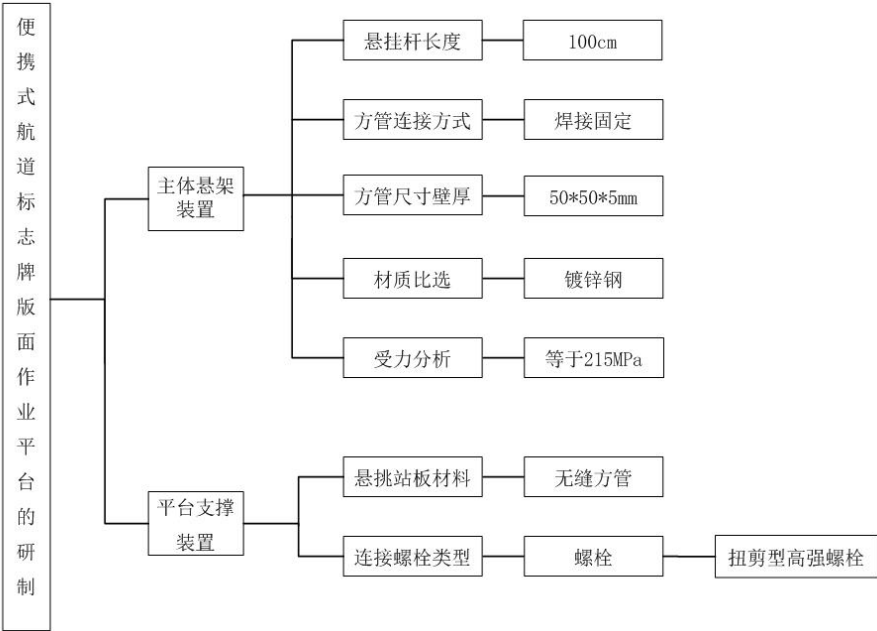
表 4.2.2 U 型连接件与横杆连接螺栓类型的选择

选择连接类型	摩擦型高强螺栓、扭剪型高强螺栓			
方案需求	安装容易、性能参数高			
可选方案	摩擦型高强螺栓、扭剪型高强螺栓			
选择依据	安装容易、性能参数高			
备选方案	方案一：摩擦型高强螺栓		方案二：扭剪型高强螺栓	
综合分析	扭力扳手安装，安装效果不可控；10.9 级 M24 螺栓抗拉强度为 1000Mpa；价格贵		专用电动扳手，拧掉尾部梅花卡头即可，安装效果可控；10.9 级 M24 螺栓抗拉强度为 1000Mpa；价格便宜	
安装耗时	试验次数	摩擦型安装耗时（秒）	试验次数	扭剪型安装耗时（秒）
	1	168	1	39
	2	184	2	44
	3	179	3	35
	4	186	4	37
	5	166	5	45
	6	189	6	43
	7	184	7	36
	8	188	8	37
	合计	1444	合计	316
	平均	180.5	平均	39.5
	结论：使用摩擦型高强螺栓单个平均耗时 180.5 秒，安装不便捷		结论：使用扭剪型高强螺栓平均耗时 39.5 秒，安装便捷	



（三）确定最佳方案

小组通过对构思方案进行层层细分和研究分析，结合详实的试验数据，最终确定了便携式航道标志牌板面作业平台的最佳方案：



制图：孟宁 日期：2023 年 9 月 28 日

五、制定对策

表 5 对策表

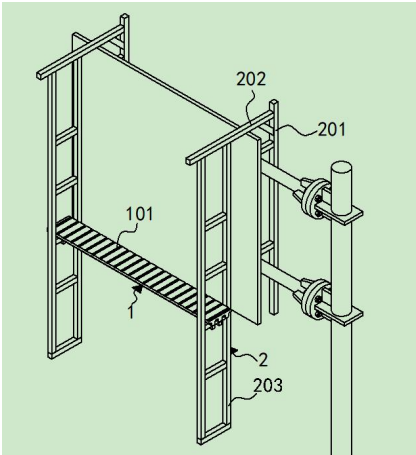
序	对策	目标	措施	地点	时间	负	检
---	----	----	----	----	----	---	---

号						责人	查人
1	悬挂杆长度	按照提前标牌的图纸来确定支架装置大小，并在钢管焊接固定处标记预留连接长度，精度要求为0.1cm	1.绘制支架装置图纸； 2.定制方管；	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪
2	方管连接方式	将各个制备好的钢管按照设计图纸进行焊接固定，精度要求为0.1cm	1.将钢管焊接固定位置标记； 2.将钢管进行焊接固定。 3.检查钢管焊接处是否稳定并加固。	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪
3	主体悬架装置：方管尺寸壁厚	对采购的方管尺寸壁厚进行对比	测量出方管尺寸壁厚	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪
4	主体悬架装置：材质比选	普通钢与镀锌钢进行对比	镀锌钢更适用于室外	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪
5	主体悬架装置：受力分析	悬臂杆件强度符合施工要求	悬臂杆件强度验算：作用于悬臂杆件上的荷载主要包括标志牌及结构自重、风荷载、施工荷载等。经计算，标志牌及结构自重为4.5kN，风荷载为9.8kN，施工荷载为4.8kN，永久荷载分项系数取1.15，可变荷载分项系数取1.35，选取最不利悬臂杆根部截面进行验算，悬臂杆件所承受的最大弯矩 $M=30.9kNm$ ，最大剪力 $V=8.8kN$ 。经计算，承重钢管底部	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪

			最大拉应力为204.5MPa<215MPa，最大剪应力78.9MPa<125MPa。在上述荷载条件下，悬臂杆强度满足使用要求。				
6	平台支撑装置：悬挑站板材料	确定悬挑站板的长度，考虑到悬挑站板上的防滑问题，其上构造必须有防滑纹。	1.在钩挂架合适位置安装并固定。	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪
7	平台支撑装置：连接螺栓类型	购入扭剪型高强螺栓，以备实际安装时使用	1.联系厂家购入螺栓； 2.检验U型安装架与悬挑站板等的固定效果。	五金市场、标牌养护工作室	2023年7月	汤志荣	何洪

六、对策实施

（一）悬挂杆长度

目标	根据标牌结构型式，制作便携式航道标志牌板面作业平台，并在钢管焊接固定处标记预留连接长度，精度要求为 0.1cm
实施过程	绘制支架装置图纸→联系厂家定制钢管→测量尺寸
实施效果检查	1.绘制钢管方型架图纸；  2.联系厂家定制钢管；  检查结果：经实测，单片悬架由长度 200cm2 根、100cm1 根、41cm7 根的方管组成，误差在 5%以内，满足实验要求。

制表：孟宁 日期：2023 年 11 月 6 日

（二）方管连接方式

目标	将各个制备好的钢管按照设计图纸进行焊接固定，精度要求为 0.1cm
实施过程	将钢管重合位置标记开孔→将钢管进行固定连接→检查钢管连接处是否稳定并加固。
实施效果检查	1.将钢管焊接固定位置标记； 2.将钢管进行焊接固定。 3.检查钢管焊接处是否稳定并加固。   检查结果：经检验，钢管组成的支架可靠固定，满足实验要求。

制表：孟宁

日期：2023 年 11 月 8 日

（三）确定钢管壁厚

目标	对采购的方管尺寸壁厚进行对比
实施过程	测量出方管尺寸壁厚
实施效果检查	测量钢管尺寸和厚度。 

制表：孟宁

日期：2023 年 11 月 13 日

（四）确定主体装置材质

目标	镀锌钢更适用于室外															
实施过程	普通钢与镀锌钢进行防腐对比 <table><tr><th colspan="3">镀锌钢与普通钢锈蚀过程对比表</th></tr><tr><th>分期 \ 名称</th><th>镀锌钢</th><th>普通钢</th></tr><tr><td>初期（2-3 年）</td><td>开始出现小锈点</td><td>锈点比较疏松</td></tr><tr><td>中期（3-5 年）</td><td>锈水较少，锈点较小且厚密</td><td>锈水较多，锈点较大而稀疏；锈柱、泪痕较严重，工件底部有发黑迹象</td></tr><tr><td>后期（5-8 年）</td><td>形成清晰致密的锈核层，锈点之间紧密粘连成保护层，用手擦几乎不掉锈，偏向暗黑色</td><td>掉锈是较多，甚至整块锈皮剥落、锈穿，偏向红褐色或黄褐色</td></tr></table>	镀锌钢与普通钢锈蚀过程对比表			分期 \ 名称	镀锌钢	普通钢	初期（2-3 年）	开始出现小锈点	锈点比较疏松	中期（3-5 年）	锈水较少，锈点较小且厚密	锈水较多，锈点较大而稀疏；锈柱、泪痕较严重，工件底部有发黑迹象	后期（5-8 年）	形成清晰致密的锈核层，锈点之间紧密粘连成保护层，用手擦几乎不掉锈，偏向暗黑色	掉锈是较多，甚至整块锈皮剥落、锈穿，偏向红褐色或黄褐色
镀锌钢与普通钢锈蚀过程对比表																
分期 \ 名称	镀锌钢	普通钢														
初期（2-3 年）	开始出现小锈点	锈点比较疏松														
中期（3-5 年）	锈水较少，锈点较小且厚密	锈水较多，锈点较大而稀疏；锈柱、泪痕较严重，工件底部有发黑迹象														
后期（5-8 年）	形成清晰致密的锈核层，锈点之间紧密粘连成保护层，用手擦几乎不掉锈，偏向暗黑色	掉锈是较多，甚至整块锈皮剥落、锈穿，偏向红褐色或黄褐色														
实施效果检查	镀锌钢管耐久性更好															

制表：孟宁 日期：2023 年 11 月 14 日

（五）受力分析

目标	悬臂杆件强度符合施工要求
实施过程	悬臂杆件强度验算：作用于悬臂杆件上的荷载主要包括标志牌及结构自重、风荷载、施工荷载等。经计算，标志牌及结构自重为 4.5kN，风荷载为 9.8kN，施工荷载为 4.8kN，永久荷载分项系数取 1.15，可变荷载分项系数取 1.35，选取最不利悬臂杆根部截面进行验算，悬臂杆件所承受的最大弯矩 $M=30.9\text{kNm}$，最大剪力 $V=8.8\text{kN}$。经计算，承重钢管底部最大拉应力为 $204.5\text{MPa}<215\text{MPa}$，最大剪应力 $78.9\text{MPa}<125\text{MPa}$。在上述荷载条件下，悬臂杆强度满足使用要求。
实施效果检查	站板强度试验图 

制表：孟宁 日期：2023 年 11 月 17 日

（六）制备悬挑站板并与主体支架组合

目标	确定悬挑站板的长度，考虑到悬挑站板上的防滑问题，其上构造必须有防滑网片。
实施过程	在钩挂架寻找合适位置安装。
实施效果检查	在钩挂架合适位置安装并固定。  检查结果：经实测，单个悬挑站板由长度为 250cm2 根、30cm16 根的方管、防滑网片、锁扣组成，满足实验要求。

制表：孟宁 日期：2023 年 11 月 20 日

（七）准备扭剪型高强螺栓

目标	购入扭剪型高强螺栓，以备实际安装时使用。
实施过程	联系厂家购入螺栓→检验 U 型连接件与悬挑站板的固定效果。
实施效果检查	1.联系厂家购入螺栓； 2.检验 U 型安装架与方形底板的固定效果。 

制表：孟宁 日期：2023 年 11 月 22 日

七、效果检查

（一）目标检查

小组在苏浏线航道利用便携式航道标志牌板面作业平台，对标志牌版面试更换，并对相关数据进行了统计分析。



制图人：孟宁 制图时间：2023 年 12 月 6 日

（二）社会效益

1.提高作业安全性

通过便携式航道标志牌板面作业平台，使版面维修作业难度降低，平台拆装便捷，结构轻盈稳定，降低作业人员及过往船舶的安全隐患。

2.保障应急处置效率

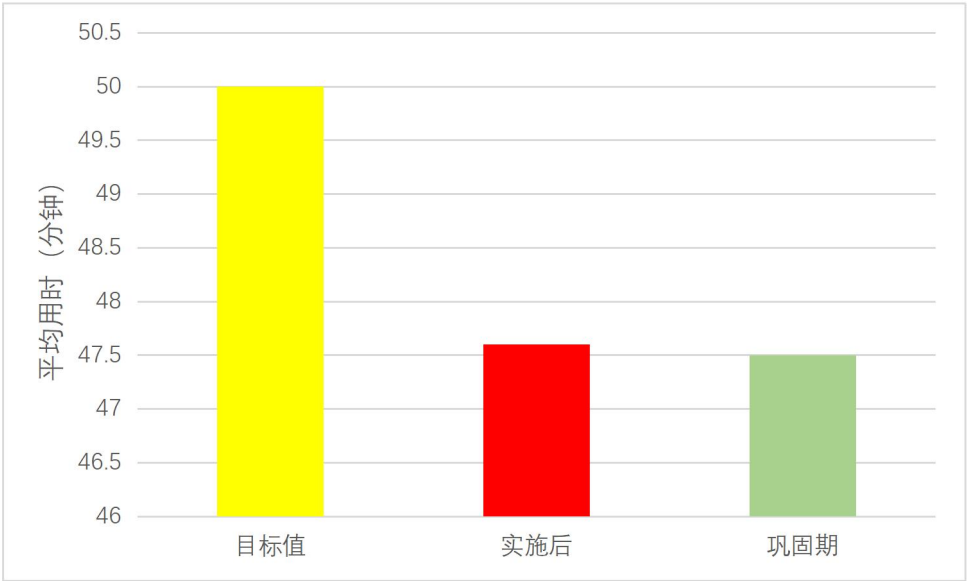
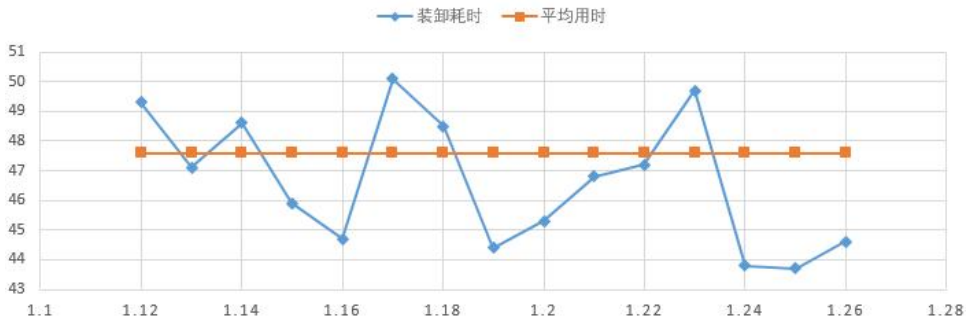
便携式航道标志牌板面作业平台安装迅速，操作简便，提高了标志牌更换的及时性，在应急处突情况中减少故障时间，保证了水路畅通。

八、标准化

推广价值	小组对该便携式航道标志牌板面作业平台推广使用进行了评价，一致认为可以根据需要在日后航道标牌养护工作中进行推广。																		
资料归档	把研制成功后的便携式航道标志牌板面作业平台的设计资料整理归档，经相关部门批准应用到现场工作中。																		
形成制度	便携式航道标志牌板面作业平台研制完成后，小组制定了《便携式航道标志牌板面作业平台》作业指导书，港航中心印发通知在后续标牌养护工程中使用。 便携式航道标志牌板面作业平台 施工作业指导书 编制人：昆山港航QC小组 昆山港航事业发展中心 二零二四年一月 目录 1、施工准备.....1 2、材料选择.....3 3、加工尺寸选择.....6 4、加工注意事项.....8 5、试拼装.....9 6、施工现场安装.....12 7、安全注意事项.....15 8、其他.....17																		
执行跟踪	小组对该处养排中心全员进行了《便携式航道标志牌板面作业平台操作作业指导书》的培训，并在2024年1月12日至1月26日期间进行了检查，情况如下： 表 2023年10月、11月标准化执行跟踪情况 <table><tr><th>标牌序号</th><th>日期</th><th>拆装耗时/分钟</th></tr><tr><td>1</td><td>1.12</td><td>49.3</td></tr><tr><td>2</td><td>1.13</td><td>47.1</td></tr><tr><td>3</td><td>1.14</td><td>48.6</td></tr><tr><td>4</td><td>1.15</td><td>45.9</td></tr><tr><td>5</td><td>1.16</td><td>44.7</td></tr></table>	标牌序号	日期	拆装耗时/分钟	1	1.12	49.3	2	1.13	47.1	3	1.14	48.6	4	1.15	45.9	5	1.16	44.7
标牌序号	日期	拆装耗时/分钟																	
1	1.12	49.3																	
2	1.13	47.1																	
3	1.14	48.6																	
4	1.15	45.9																	
5	1.16	44.7																	

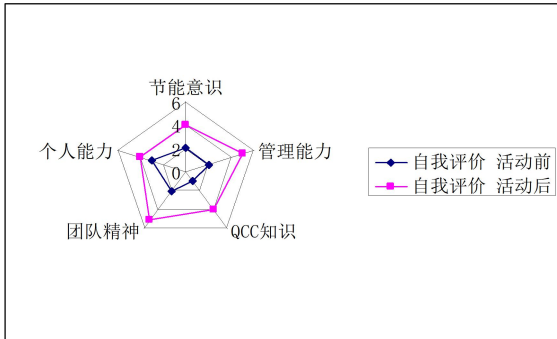
6	1.17	50.1
7	1.18	48.5
8	1.19	44.4
9	1.20	45.3
10	1.21	46.8
11	1.22	47.2
12	1.23	49.7
13	1.24	43.8
14	1.25	43.7
15	1.26	44.6
平均耗时		47.6

标准化执行跟踪情况折线图



巩固期结果：通过巩固期验证，便携式航道标志牌板面作业平台拆装便捷，相关构件无生锈腐蚀等现象，同时随着员工对本装置的熟练使用，操作平台拆装费时在实施值的基础上每月仍有下降，工作效率仍有提升空间。

九、总结与下一步打算

(一) 总结 回首此次活动，小组通过成功研制便携式航道标志牌板面作业平台，创造性的解决了日常工作面临的实际问题，提升了施工作业人员工作效率，在专业技术、管理技术、人员素质方面得到了提升，为小组今后工作中解决问题积累了宝贵经验。																			
创新回顾	通过此次 QC 研究不仅可以解决生产和管理过程中的问题，而且可以通过质量管理活动，提高组员质量管理意识与操作技能，使大家能较好掌握质量管理和解决质量问题的方法，促进工作效率再提高。																		
专业技术	1. 软件方面：小组主力成员能熟练掌握和使用各种软件进行制图、制表。 2. 技术储备：熟悉管材的各种分类、规格、技术参数等知识，并能根据课题要求，对其进行选型。																		
管理方法	小组成员通过学习，掌握了各种管理工具和方法，树图分解方案，运用直方图和过程能力指数进行方案比选，直方图验证数据稳定性，正交试验寻求最佳组合，多路径可实现方案，对管理工具能做到恰当、正确的运用。																		
人员素质	通过团队协作，激发了小组成员的积极性和创造性，增进了小组成员之间的交流和了解，提升了小组的凝聚力和战斗力，几位核心小组成员完成了从理论知识向工作实践技术技能的转变。 自我评价雷达图 <table><caption>小组综合能力评分表</caption><tr><th></th><th>安全意识</th><th>管理能力</th><th>QC 知识</th><th>团队精神</th><th>个人能力</th></tr><tr><td>活动前</td><td>2 分</td><td>2 分</td><td>1 分</td><td>2 分</td><td>3 分</td></tr><tr><td>活动后</td><td>4 分</td><td>5 分</td><td>4 分</td><td>5 分</td><td>4 分</td></tr></table>		安全意识	管理能力	QC 知识	团队精神	个人能力	活动前	2 分	2 分	1 分	2 分	3 分	活动后	4 分	5 分	4 分	5 分	4 分
	安全意识	管理能力	QC 知识	团队精神	个人能力														
活动前	2 分	2 分	1 分	2 分	3 分														
活动后	4 分	5 分	4 分	5 分	4 分														
(二) 今后打算 2025 年，我小组计划将《U 型护岸板装安装辅助定位装置的研制》作为下一课题，继续开展 QC 活动。																			