

苏北运河超高分子量聚乙烯 大型浮鼓的研制

苏北航务管理处扬州航务中心“航标灯”QC小组

表 1-1 QC 小组成员表

小组名称	“航标灯”QC小组				
课题名称	苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制				
活动时间	2023.7-2024.1			活动频率	3次/月
课题类型	创新型	小组人数	8人	参加率	100%
成立时间	2015.1	注册时间	2015.1	注册号	QC-2015-扬州航道管
序号	姓名	职务	技能等级	文化程度	组内分工
1	窦雪松	主任	高级工程师	本科	组织策划
2	吴天迪	副主任	高级工程师	本科	组织实施
3	梁传宇	技术员	技术员	本科	对策实施
4	何坤	技术员	技术员	本科	对策实施
5	田飞雨	技术员	技术员	本科	对策实施
6	石磊	技术员	工程师	研究生	对策实施
7	孙珂珂	副主任	技术员	研究生	资料整理
8	邱雪婷	副主任	技术员	本科	宣传

制表：梁传宇

时间：2023年7月

表 1-2 小组活动计划表

活动阶段		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
P	选择课题	■						
	设定目标		■					
	提出方案		■					
	确定方案		■					
	制定对策			■				
D	对策实施			■	■	■		
C	效果检查					■	■	
A	标准化							■
	总结计划							■

制表：吴天迪

时间：2023年7月

一、 选择课题

1.1 课题背景

京杭运河历史悠久，是我国内河水运主通道“一纵三横”总体布局的重要组成部分，也是我省干线航道网规划“二纵五横”中的第一纵。京杭运河徐扬段为徐州至扬州段，北自徐州蔺家坝船闸（不含蔺家坝船闸），南至京杭运河与长江交汇处，专属京杭运河苏北航务管理处专门管理，全长约 404 公里，沿线设有 10 个通航梯级（自北向南分别为解台、刘山、皂河、宿迁、刘老涧、泗阳、淮阴、淮安、邵伯和施桥船闸）。邵伯船闸作为运河沿线 10 个通航梯级中的一级，近年来，邵伯船闸下游的邵伯湖湖区船舶数量持续保持高位，船舶数

量众多。

航道养护管理现代化对航标管理及维护手段提出更高要求，必须要有适应要求的新材料浮鼓。苏北运河作为“黄金水道”，年货运量超 3 亿吨，对区域经济发展有着不可替代的作用，航标为“黄金水道”起到重要助导航作用，因此减少浮鼓的养护成本十分重要。



图 1-1 目前钢制浮鼓现状

目前运河上现有浮鼓多是钢制，存在诸多问题：

容易老化、腐蚀：钢材料在水中，长期受水汽及水中漂浮物影响，极易腐蚀、老化，需要定期进行除锈处理。

不耐撞击：钢制浮鼓受撞击后，易发生结构变形、损坏，维修费用较高。

维护成本高：钢制浮鼓需定期进行油漆修补以保持观感质量好，涉及环保和水污染的状况也亟需得到改变。

近年来国家提出生态优先、绿色发展理念，推进生态文明建设，钢质航标除锈、油漆将逐步被淘汰。



图 1-2 生锈的钢制浮鼓

1.2 明确课题需求

为改变现有钢制浮鼓频繁保养的缺点，同时满足锚地停靠船舶的使用要求，小组希望研制一种新型材料的浮鼓改变现有钢制浮鼓维护成本高的问题。

小组最终确定课题：《苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制》。

1.3 广泛借鉴

为了节省人力财力，小组成员在网络搜索平台检索“超高分子量聚乙烯大型浮鼓”进行查新工作，未找到相关可借鉴项目，分开检索“超高分子量聚乙烯”、“航标”等关键字，发现有不少期刊论文可供借鉴，其中《超高分子量聚乙烯材料在航标中的研究与应用》、《超高分子量聚乙烯在航标上的应用》、《浅谈物联网一体化智能航标灯在闽江干流航道中的应用》中提到的内容符合我单位自身实际情况。

1.3.1 网络借鉴



图 1-3 查新检索结果

超高分子量聚乙烯在航标上的应用

(宁波航标处 林永银)

超高分子量聚乙烯是一种可以与钢材媲美的新型材料，其在航标上的应用特别是在浮标上的应用更能显示出其优越的特性。本文试图从超高分子量聚乙烯材料的性能以及浮标的使用环境等方面来分析超高分子量聚乙烯浮标在浮标上应用的可行性和优越性。

一、超高分子量聚乙烯材料基本性能

超高分子量聚乙烯是由乙烯、丁二烯单体在钕系催化剂的作用下聚合而成的粘均分子量大于 200 万的热固性聚合物（工程塑料）。这种聚合物自六十年代问世以来，由于其优异的耐磨性、耐腐蚀、抗老化、高强度、高韧性、重量轻而受到科技界广泛重视。但由于其难以加工的特性限制了它的开发和应用，直到上世纪七十年代末才由发达国家如日本、美国、德国等国家研究机构开始研究并逐渐得到应用，如在防弹复合钢甲、飞机、潜水艇、导弹、防弹衣、登陆艇、飞船、人造卫星、头盔、机器零部件、泥浆泵等领域的应用，而我国在超高分子量聚乙烯材料的研制及应用方面远远落后于发达国家。

图 1-4 借鉴检索结果 1

浅谈物联网一体化智能航标灯在闽江干流航道中的应用

陈欢

(长江武汉航道工程局 湖北武汉 430014)

【摘要】本文介绍了互联网卡一体化智能航标灯的技术和特点,充分利用电子技术、智能电池技术、太阳能光伏技术、大功率LED技术及无线遥测遥控技术的最新成果,对航标灯及其太阳能充电电路关键技术参数进行自动采集,通过RF无线方式将采集到的参数传输到物联网NB-IOT通讯终端,由物联网NB-IOT传输到航运监控室,整个过程全自动,免维护。依托闽江干流马尾罗星塔—水口航道整治工程航标工程的建设,推广应用互联网卡一体化智能航标灯后,改变了该航段航标灯维护管理状况,提升了闽江航运服务水平。

【关键词】航标灯;互联网卡一体化;智能电池;LED技术;无线遥测遥控

图 1-5 借鉴检索结果 2

超高分子量聚乙烯材料在航标中的研究与应用

叶应明¹, 施洪标², 毛睿³, 陈先海⁴

(1 湖南省益阳航道事务中心, 湖南 益阳 413001; 2 广东省东莞航道事务中心东莞航标与测绘所, 广东 东莞 523000; 3 黑龙江省航务局, 黑龙江 哈尔滨 15000; 4 湖北蓝宇航标股份有限公司, 湖北 荆州 434000)

摘要: 本文通过分析国内现有航标材料的现状, 研究对超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 材料的改性, 使其配方、工艺及结构、性能满足各种航标的需要, 通过在航道上的应用与实践, 认为超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 航标将是后期助航标志制造研究的发展方向。

关键词: 超高分子量聚乙烯; 材料改性; 标体

中图分类号: U644.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0061—04

航道主要依靠配布航标, 标示航道的方向、界限及碍航物, 向航行船舶揭示有关航道信息要素。因此航标又称为船舶的守护神, 是船舶航行的眼睛。船舶航行时, 白天根据航标的形状、颜色, 夜间根据航标灯的灯质来辨别航行方向。因此, 航标的形状、颜色对白天

其制作航标的工艺是钢质一般采用喷漆或表面贴反光膜工艺、铝质采用烤漆工艺、玻璃钢采用模铸工艺、高分子量聚乙烯材料采用滚塑工艺。其中, 钢质航标市场占有率高达 90% 以上, 铝质与 LLPE 航标等非金属航标市场占有率不大于 10%。而玻璃钢材质的航标因其早期

图 1-6 借鉴检索结果 3

表 1-3 借鉴表 1

借鉴论文	超高分子量聚乙烯材料在航标中的研究与应用
论文内容	本文通过分析国内现有航标材料的现状, 研究对超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 材料的改性, 使其配方、工艺及结构、性能满足各种航标的需要, 通过在航道上的应用与实践, 认为超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 航标将是后期助航标志制造研究的发展方向。
借鉴点	由于航标使用环境的特殊性, 助航领域的产品普遍的要求就是耐腐蚀、抗老化以及具有优良的抗冲击、耐磨损性能。UHMWPE 使用 10 年以上不变形、老化, 维护成本极低, 材料生态、环保。
启发	超高分子量聚乙烯材料可以作为大型浮鼓的主要材料。

制表人: 梁传宇

制表时间: 2023 年 7 月

表 1-4 借鉴表 2

借鉴论文	超高分子量聚乙烯在航标上的应用																																																												
论文内容	超高分子量聚乙烯是一种可以与钢材媲美的新型材料，其在航标上的应用特别是在浮标上的应用更能显示出其优越的特性。本文从超高分子量聚乙烯材料的性能以及浮标的使用环境等方面来分析超高分子量聚乙烯浮标在浮标上应用的可行性和优越性。																																																												
借鉴点	<p>超高分子量聚乙烯、高中密度聚乙烯、钢材性能指标比较：</p> <table border="1" data-bbox="483 788 1294 1308"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项 目</th> <th>超高分子量聚乙烯工程塑料技术指标</th> <th>高密度聚乙烯工程塑料技术指标</th> <th>钢材技术指标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>相对密度</td> <td>0.939~0.945</td> <td>0.95</td> <td>7.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>冲击强度</td> <td>不断</td> <td>40~70KJ / m²</td> <td>不断</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>拉伸断裂强度</td> <td>≥40 Mpa</td> <td><25Mpa</td> <td>550 Mpa</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>拉伸断裂伸长率</td> <td>≥450%</td> <td>>270%</td> <td>≥20%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>热变形温度</td> <td>95℃</td> <td>78℃</td> <td>1230℃</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>脆化温度</td> <td><-137℃</td> <td>-140~-100℃</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>熔点</td> <td>135~137℃</td> <td>131~137℃</td> <td>1340℃</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>洛氏硬度</td> <td>R38</td> <td>R35</td> <td>R45</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>耐环境应力开裂</td> <td>>4000 / h</td> <td><2000 / h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>吸水率</td> <td><0.01</td> <td><0.01</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>熔体流动指数</td> <td>0 克 / 10min</td> <td>8~12 克 / 10min</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>超高分子量聚乙烯材料对比钢质材料更耐撞击，不易腐蚀，维护成本低，可以作为浮鼓制作的重要依据。</p>	序号	项 目	超高分子量聚乙烯工程塑料技术指标	高密度聚乙烯工程塑料技术指标	钢材技术指标	1	相对密度	0.939~0.945	0.95	7.8	2	冲击强度	不断	40~70KJ / m ²	不断	3	拉伸断裂强度	≥40 Mpa	<25Mpa	550 Mpa	4	拉伸断裂伸长率	≥450%	>270%	≥20%	5	热变形温度	95℃	78℃	1230℃	6	脆化温度	<-137℃	-140~-100℃		7	熔点	135~137℃	131~137℃	1340℃	6	洛氏硬度	R38	R35	R45	7	耐环境应力开裂	>4000 / h	<2000 / h		8	吸水率	<0.01	<0.01		9	熔体流动指数	0 克 / 10min	8~12 克 / 10min	
序号	项 目	超高分子量聚乙烯工程塑料技术指标	高密度聚乙烯工程塑料技术指标	钢材技术指标																																																									
1	相对密度	0.939~0.945	0.95	7.8																																																									
2	冲击强度	不断	40~70KJ / m ²	不断																																																									
3	拉伸断裂强度	≥40 Mpa	<25Mpa	550 Mpa																																																									
4	拉伸断裂伸长率	≥450%	>270%	≥20%																																																									
5	热变形温度	95℃	78℃	1230℃																																																									
6	脆化温度	<-137℃	-140~-100℃																																																										
7	熔点	135~137℃	131~137℃	1340℃																																																									
6	洛氏硬度	R38	R35	R45																																																									
7	耐环境应力开裂	>4000 / h	<2000 / h																																																										
8	吸水率	<0.01	<0.01																																																										
9	熔体流动指数	0 克 / 10min	8~12 克 / 10min																																																										
启发	超高分子量聚乙烯材料大型浮鼓可以满足使用要求。																																																												

制表人：吴天迪

制表时间：2023 年 7 月

表 1-5 借鉴表 3

借鉴论文	物联网一体化智能航标灯在闽江干流航道中的应用	
论文内容	<p>联网卡一体化智能航标灯的技术和特点，充分利用电子技术、智能电池技术、太阳能光伏技术、大功率 LED 技术及无线遥测遥控技术的最新成果，对航标灯及其太阳能充电电路关键技术参数进行自动采集，通过 RF 无线方式将采集到的参数传输到物联网 NB-IOT 通讯终端，由物联网 NB-IOT 传输到航运监控室，整个过程全自动，免维护。</p>	
借鉴点	用这种新型航标灯，每月可减少一半维护巡航次数，相应地减少维护人员数量，每月节约柴油费等约 2000 元。	
	太阳能自充电系统、EMS 系统的使用	减少 1/2 的蓄电池使用数；减少 1/2 的巡查次数
	遥测遥控系统的使用	故障反应时间从两天减少到 10min
	无线传感网络的使用，一体化灯器的结构	平均无故障工作时间增加 1 倍
启发	浮鼓配备灯器可选用一体化航标灯器	

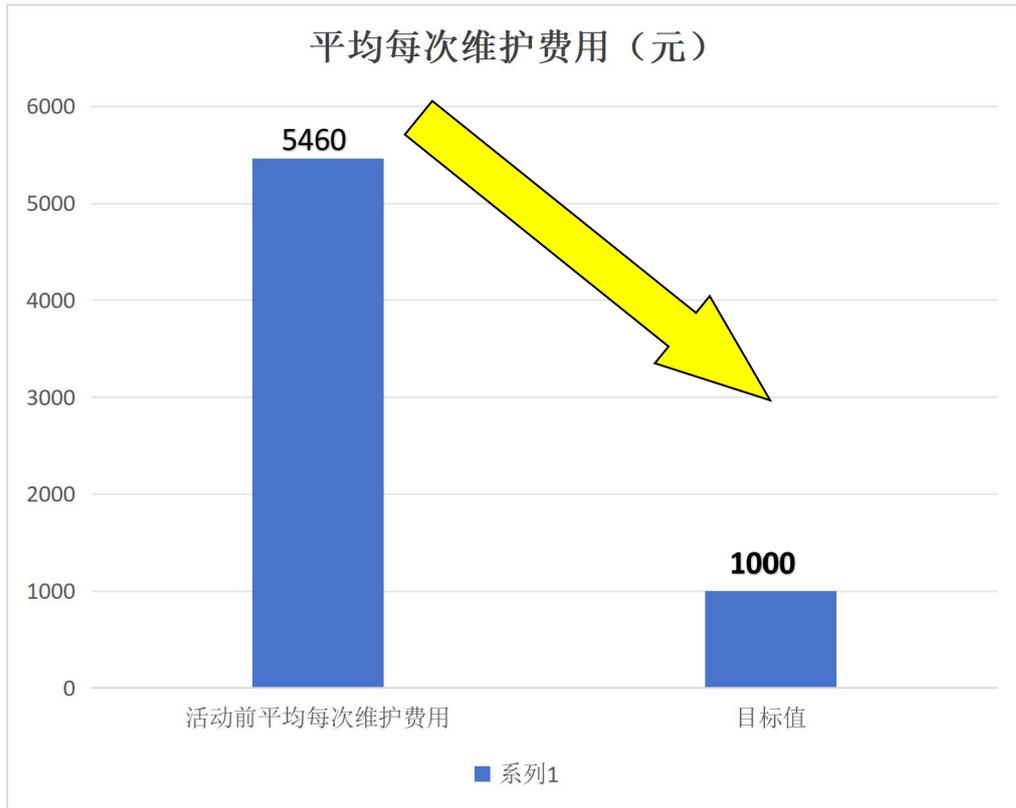
制表人：石磊

制表时间：2023 年 7 月

二、 设定目标及目标可行性论证

2.1 设定目标

目标：每次维护费用 1000 元以内。



2.2 目标可行性论证

2.2.1 依据借鉴的数据进行论证

根据借鉴资料，超高分子量聚乙烯材料能使用 10 年以上不变形、老化、褪色，且其拉伸断裂伸长率 $\geq 450\%$ ，吸水率 < 0.01 ，耐撞击性强，使用寿命长，能显著降低养护成本。因此研究苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓来达到降低养护成本的目的是可行的。

2.2.2 依据事实和数据，进行定量分析和判断

目前使用的钢制浮鼓维护费用：

序号	日期	维修原因	维修项目（元）				费用（元）
			油漆	除锈	人工	吊装	
1	2023年7月	1号浮鼓腐蚀严重	2000	1000	1500	1000	5500
2	2023年7月	3号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	5100
			1800	1000	1300	1000	

3	2023年8月	4号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	6100
			2300	1100	1700	1000	
4	2023年8月	4号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	5300
			1800	1000	1500	1000	
5	2023年9月	5号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	5300
			1900	1000	1400	1000	
平均值							5460

由于超高分子量聚乙烯材料浮鼓免除锈、油漆，预计维护成本应为：

序号	日期	维修原因	维修项目（元）				费用（元）
			油漆	除锈	人工	吊装	
1	2023年7月	1号浮鼓腐蚀严重	0	0	450	450	900
2	2023年7月	3号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	1000
			0	0	500	500	
3	2023年8月	4号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	1000
			0	0	350	650	
4	2023年8月	4号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	1000
			0	0	450	550	
5	2023年9月	5号浮鼓腐蚀严重	油漆	除锈	人工	吊装	900
			0	0	400	500	
平均值							960

通过对比可以发现，采用超高分子量聚乙烯浮鼓维护成本显著降低。

三、 提出方案并确定最佳方案

3.1 总体方案的选择

3.1.1 根据借鉴思路确定总体方案

通过借鉴，为了快速实现目标，小组成员发散思维、积极思考，确定了苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制。

为进一步理清浮鼓结构各方面的逻辑关系，小组成员采用头脑风暴形式开展活动，围绕课题目标和总体方案提出了各种不同的分级方案，并用树状图整理归纳。

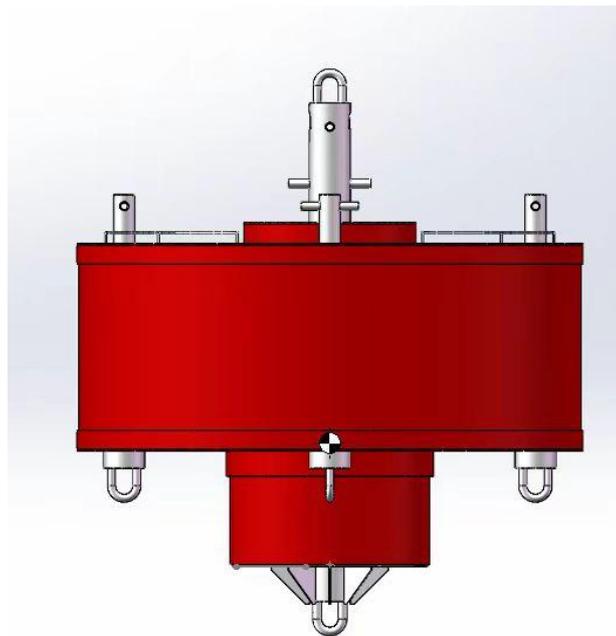


图 3-1 浮鼓示意图

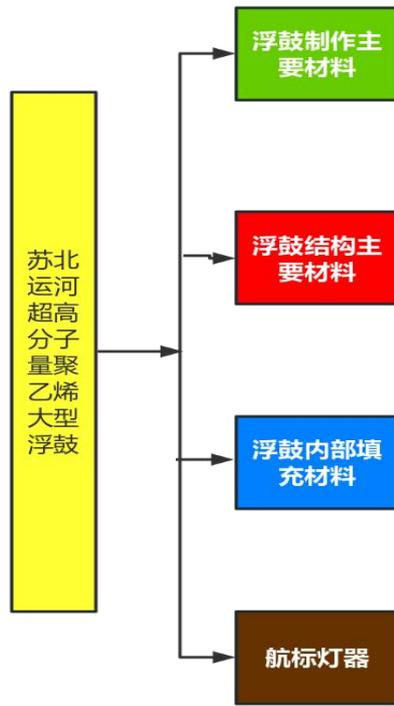


图 3-2 总体方案图

3.2 分级方案选择

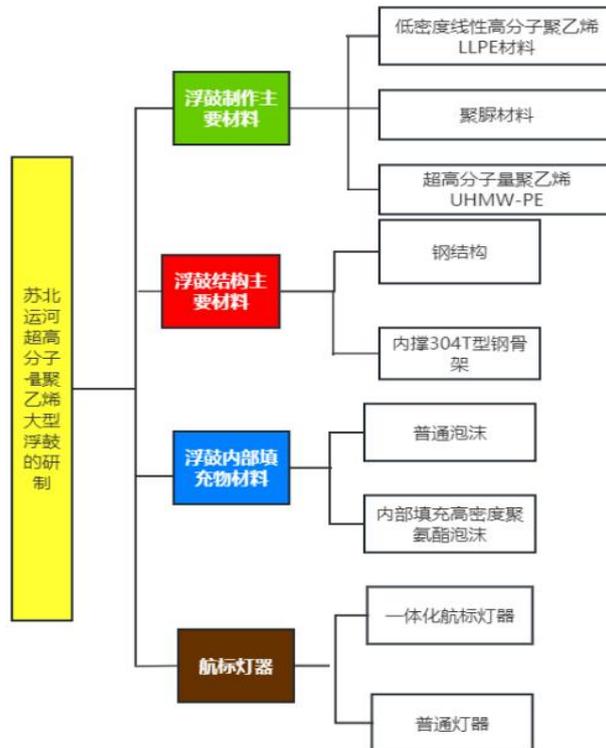


图 3-3 方案设计树图

通过上网查阅资料和与蓝宇航标公司相关技术人员沟通，目前能相对满足抗撞击需求的浮鼓材料主要有低密度线性高分子聚乙烯 LLPE 材料、聚脲材料、超高分子量聚乙烯材料三种：

表 3-1 浮鼓制作主要材料对照表

类型	低密度线性高分子聚乙烯 LLPE 材料	聚脲材料	超高分子量聚乙烯 UHMW-PE 材料 (板厚 15mm)
分子量	30 万	2 万	350 万
抗撞击	30-60kj/m ²	<120kj/m ²	>160kj/m ²
记忆功能 (受撞击后自行恢复)	无	无	有
环保性	表面容易粉化污染环境	不分解不污染环境	不分解不污染环境
润滑性	容易结生水生物	不结生水生物	不结生水生物
维护频率	2-3 次/年	1-2 次/年	1-2 年/次
成本分析	约 200 万	约 300 万	约 250 万
结论	不采用	不采用	采用

制表人：梁传宇

制表时间：2023 年 8 月

小组成员通过市场调研发现，目前市场上使用较多的硬度相对较强的两种钢材分别为 304 不锈钢和 Q235 钢：

表 3-2 浮鼓内部结构主要材料对照表

类型	不锈钢 (12#槽钢)	Q235
成分	属奥氏体不锈钢、主要成分合金	碳素结构钢、主要成分 Fe
强度和钢度	优，洛氏硬度 ≤92HRB	差，洛氏硬度 HRB30-80 之间
防锈能力	优，≥10 年	差，≤5 年
环保	不分解不污染环境	表面容易生锈污染环境
屈服极限	高，≥310MPa	低，≤235MPa

结论	不采用	采用
----	-----	----

制表人：吴天迪

制表时间：2023年8月

304不锈钢属于奥氏体不锈钢，主要组成成分为合金，无磁性(磁铁不能吸附)，作为一种用途广泛的钢，具有良好的耐蚀性、耐热性，低温强度和机械特性；冲压、弯曲等热加工性好，无热处理硬化现象（使用温度-196℃~800℃）。

Q235普通碳素结构钢又称作A3板。主要成分为Fe, 屈服值235MPa左右。并会随着材质的厚度的增加而使其屈服值减小。

不锈钢由于加入了较多的合金元素，其强度和刚度都有所提高，要优于Q235。

对于浮鼓内部填充材料，小组成员通过与相关航标厂沟通，发现高密度聚氨酯泡沫能满足闭孔率高从而达到不吸水的效果：

表 3-3 浮鼓内部填充材料对照表

项目	高密度聚氨酯泡沫	普通颗粒泡沫
环保	不分解不污染环境	表面容易粉化污染环境
内部发泡体	密度高，有弹性、硬度高、撞击后不散，不缩泡	密度低、无弹性、无硬度，撞击后松散，缩泡
密度	50kg/m ³	20kg/m ³
弹性	弹性高	无弹性
硬度	硬度高	硬度低
缩泡性	不易缩泡	易缩泡
使用寿命	最长可使用 15 年以上	2 年褪色严重
吸水率	闭孔率>95%，不吸水	闭孔率≤90%，易吸水
结论	采用	不采用

制表人：梁传宇

制表时间：2023年8月

目前市场上使用较多的是普通 155 型号的航标灯，本次选用太阳能一体化遥测遥控航标灯（型号 155）能接入省网，便于遥控遥测，从而达到减少每月巡航频次，减少养护成本的目的。

表 3-4 航标灯器对照表

项目	太阳能一体化遥测遥控航标灯（型号 155）	普通航标灯（型号 155）
环保	太阳能转化为电能，无需外部电源，降低了能源消耗和维护成本（1.5 瓦）	能耗高（4 瓦）
助航效果	LED 光源、高效节能、寿命长、亮度高	耗电高、亮度低
维护成本	结构紧凑美观，体积小、重量轻，免维护	体积大、重量重、维护成本高（每月维护两次）
助航安全	遥测遥控终端能够控制和查询航标灯各部件的工作状态	工作状态需靠现场观察
现场安装	安装简单方便	安装麻烦、耗时耗力
使用性能	续航能力 30 天	续航能力 15 天
监管效率	30 天/次	20 天/次
结论	采用	不采用

制表人：何坤

制表时间：2023 年 8 月

3.3 确定最佳方案

通过综合分析、评价、比选，小组成员一致认为使用超高分子量聚乙烯（UHMW-PE材料）主要材料、钢结构、内部发泡体填充物、一体化航标灯器制作超高分子量聚乙烯大型浮鼓整体方案技术可行、经济合理性更具有优势，并绘制了实施方案实施流程图。

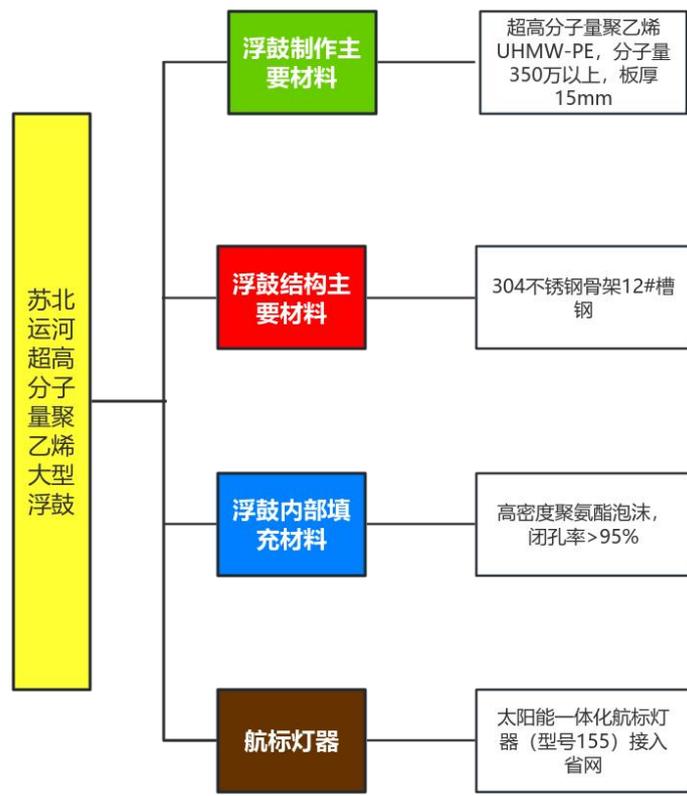


图 3-3 实施流程图

四、 制定对策

根据确定的最佳方案，我们制定了以下对策表：

表 4-1 对策表

序号	对策	目标	措施	负责人	完成时间	地点
1	图纸设计	根据图纸实现苏北运河超高分子量聚乙烯浮鼓的加工、制作	设计浮鼓外形及内部图纸	窦雪松	2023 年 9 月	扬州

2	选用 350 万分子量的超高分子量聚乙烯材料（板厚 15mm）	抗撞击性 > 160kJ/m ²	采用 ASTM 测验法, 对超高分子量聚乙烯板材进行多次的理化实验。 1、添加硼物质助剂 3.5% 2、添加石墨的助剂 2.5% 3、添加紫外线吸收剂 4.5% 4、添加抗氧化剂 5.5%等提高原材料性能, 使抗撞击性提高。	窦雪松	2023 年 9 月	荆州
3	浮鼓内部支撑采用 304T 型 12#槽钢骨架	提高浮鼓的抗撞击性能, 2000 吨位船舶 12 海里每小时正面撞击, 浮鼓完好无损坏、无形变。	1、通过建模作不同方向的模拟撞击测试, 根据测试的结果, 采用 6*130 的 304 不锈钢。 2、在结构比较薄弱的地方加 8*200*200 三角筋, 贴近浮鼓内壁受力部分采用 12*120 的槽钢同时骨架采用圆滑过渡, 保证骨架受力均匀, 做到快速消能。	梁传宇	2023 年 10 月	荆州
4	浮鼓内部填充采用高密度聚氨酯泡沫（闭孔率 95%以上）	发泡体闭孔率 95%以上, 不吸水	1、采用闭孔发泡材料, A 料+B 料混合比为 1:1.2。 2、填充温度 35 摄氏度, 降温采用水循环。 3、流量控制在 100KG/H, 在	吴天迪	2023 年 10 月	荆州

			发泡过程中采用分层发泡，2公分为一层。			
5	选用太阳能一体化遥测遥控航标灯器（型号155）能接入省网	提高监管效率、降低出航维护次数由20天/次降低到30天/次	1、市场采购一体化遥测遥控航标灯器 2、核对采购灯器，所购置灯器电池采用锂电池，电池容量高，重量轻，太阳能板能安装在灯器下端周围，配置遥测终端，能采用5G卡连接网络。	何坤	2023年11月	扬州
6	浮鼓的总装与调试	浮鼓按图纸加工完成	按照图纸将浮鼓组装完成	梁传宇	2023年11月	荆州

制表人：梁传宇

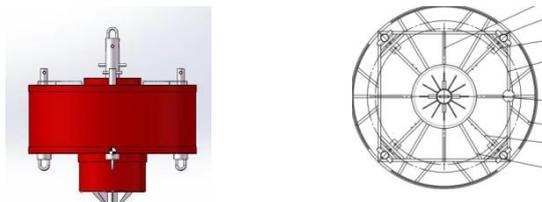
制表时间：2023年9月

五、 实施对策

5.1 图纸设计

表 5-1 对策实施表 1

实施项目	图纸设计
时间	2023.9
地点	扬州
人员	窦雪松、吴天迪、梁传宇、石磊、田飞雨、何坤、孙珂珂
实施过程	根据《内河助航标志》（GB 5863-2022）及《内河航标技术规范》（JTS/T 181-1-2020）对浮鼓进行设计。

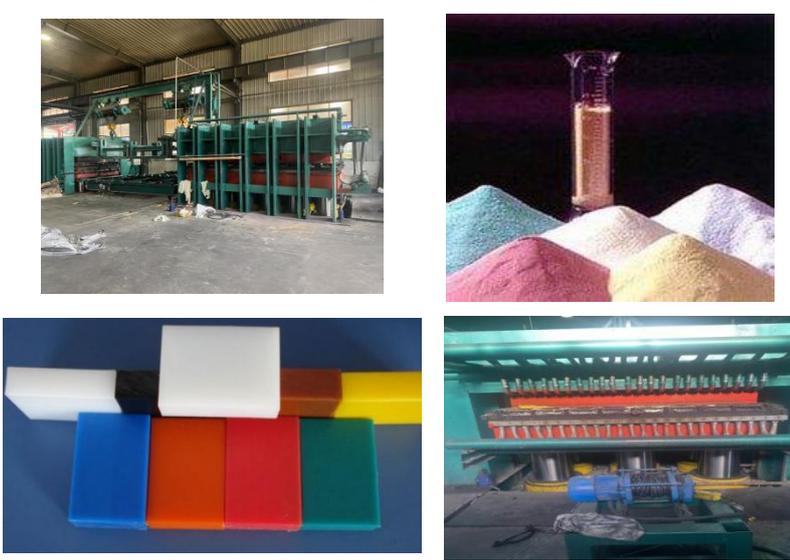
<p>实施目标检查</p>	<p>根据图纸进行建模，该图纸可指导下一步浮鼓的研制、生产。</p> 
---------------	---

制表人：梁传宇

制表时间：2023 年 9 月

5.2 选用 350 万分子量的超高分子量聚乙烯材料

表 5-2 对策实施表 2

<p>实施项目</p>	<p>选用 350 万分子量的超高分子量聚乙烯材料</p>
<p>时间</p>	<p>2023. 9</p>
<p>地点</p>	<p>荆州</p>
<p>人员</p>	<p>窦雪松、吴天迪、梁传宇、石磊</p>
<p>实施过程</p>	<p>配方配比，设备磨具设计制造</p>  <p>采用 ASTM 测验法, 对超高分子量聚乙烯板材进行多次的理化实验, 添加硼物质助剂 3.5%、石墨的助剂 2.5%、紫外线吸收剂 4.5%、抗氧化剂 5.5%。</p>

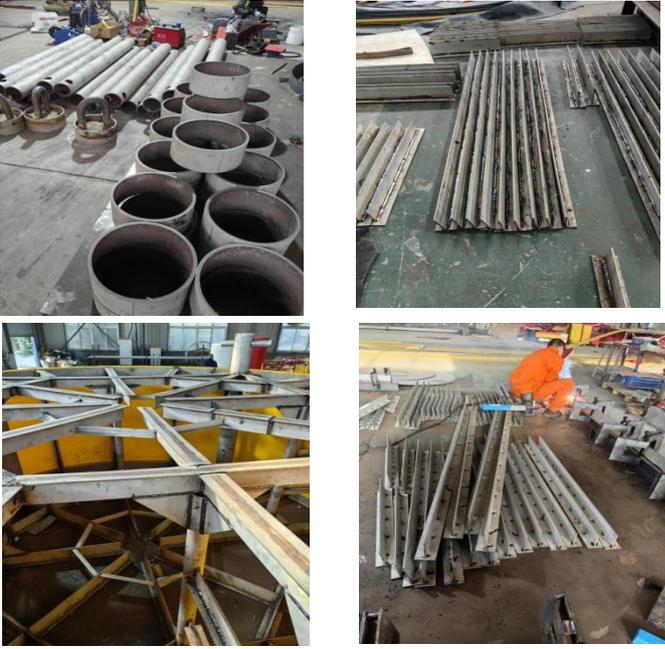
实施目标检查	助剂按比列添加，混合均匀修饰了超高分子聚乙烯材料表面结构，增强了板材的耐撞击性。通过检测发现抗撞击性 $>160\text{kJ}/\text{m}^2$ ，同时通过实验室氙灯老化试验，板材使用寿命 15 年以上。
--------	---

制表人：吴天迪

制表时间：2023 年 9 月

5.3 浮鼓内部支撑采用 304T 型钢骨架

表 5-3 对策实施表 3

实施项目	浮鼓内部支撑采用 304T 型 12#槽钢骨架
时间	2023. 10
地点	荆州
人员	窦雪松、吴天迪、梁传宇
实施过程	<p>采用 6*130 的 304 不锈钢，在结构比较薄弱的地方加 8*200*200 三角筋，贴近浮鼓内壁受力部分采用 12*120 的槽钢同时骨架采用圆滑过渡，保证骨架受力均匀，做到快速消能。</p> 

<p>实施目标检查</p>	<p>内部支撑位 304T 型 12#槽钢骨架，在 2000 吨位船舶 12 海里每小时正面撞击下，浮鼓完好无损坏、无形变。</p> 
---------------	---

制表人：梁传宇

制表时间：2023 年 10 月

5.4 浮鼓内部填充采用高密度聚氨酯泡沫

表 5-4 对策实施表 4

<p>实施项目</p>	<p>浮鼓内部填充采用高密度聚氨酯泡沫</p>
<p>时间</p>	<p>2023. 10</p>
<p>地点</p>	<p>荆州</p>
<p>人员</p>	<p>窦雪松、吴天迪、梁传宇、田飞雨</p>
<p>实施过程</p>	<p>调节温度、配比进行发泡填充</p> 

	采用闭孔发泡材料，A料+B料混合比为1:1.2，温度35摄氏度，降温采用水循环，流量控制100KG/H，在发泡过程中采用分层发泡，2公分为一层。
实施目标检查	通过控制温度及流量，发泡体发泡温度、发泡均匀、无漏充，闭孔率95%以上，充填完毕实际称重达到发泡重量。

制表人：田飞雨

制表时间：2023年10月

5.5 选用一体化航标灯器

表 5-5 对策实施表 5

实施项目	选用太阳能一体化遥测遥控航标灯器
时间	2023.11
地点	扬州
人员	石磊、何坤、田飞雨
实施过程	<p>购置太阳能一体化遥测遥控航标灯</p> 

实施目标检查	经现场测试，设备精度高，安装方便，电池容量及整体总量满足使用要求，降低出航维护次数由 20 天/次降低到 30 天/次，同时可以进行遥控遥测。
--------	---

制表人：何坤

制表时间：2023 年 11 月

5.6 浮鼓的总装与调试

表 5-6 对策实施表 6

实施项目	浮鼓的总装与调试
时间	2023. 11
地点	荆州
人员	窦雪松、梁传宇、石磊
实施过程	<p>按照图纸将浮鼓拼装完成</p> 

实施目标检查	经现场测量，浮鼓安装符合图纸要求  
--------	--

制表人：石磊

制表时间：2023 年 11

六、效果检查

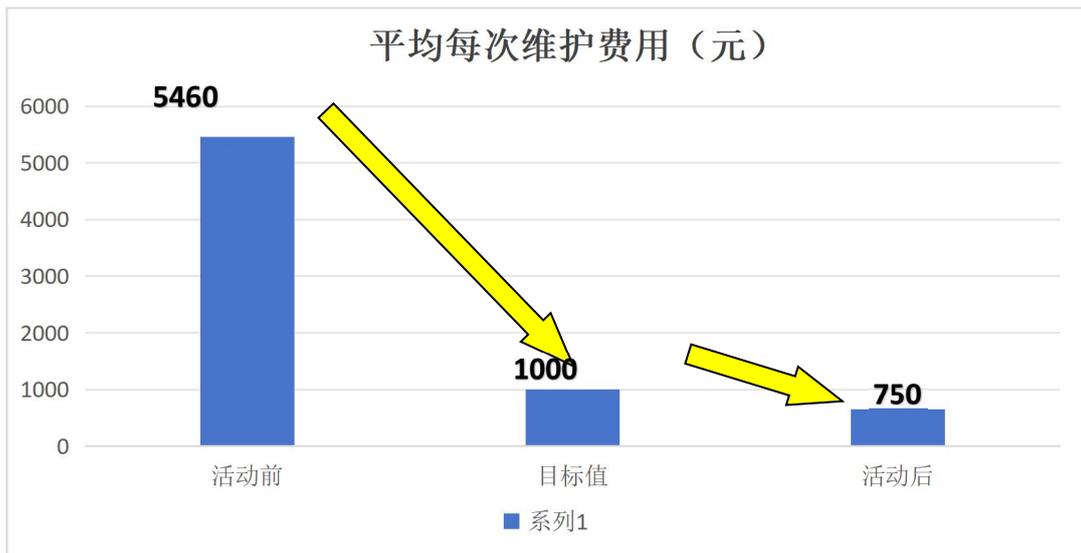
6.1 目标检查

对策实施后，我们在使用过程中发现超高分子量聚乙烯大型浮鼓能够保持标体完好，色泽鲜明，无需维护，改变了以往钢制浮鼓要定期保养维护的缺点，降低了养护成本，减少了巡航次数，达到了预期效果，完成了预期目标。且直径 4 米的大型浮鼓是国内内河航道首例，具有极大的创新和参考价值。



图 6-1 抛设后的超高分子量聚乙烯大型浮鼓

序号	日期	原因	维修项目（元）				费用（元）
			油漆	除锈	人工	吊装	
1	2023年11月10日	1号浮鼓鼓体清洁	0	0	500	400	900
2	2023年11月20日	2号浮鼓鼓体清洁	0	0	250	350	600
3	2023年12月2日	3号浮鼓鼓体清洁	0	0	350	450	800
4	2023年12月23日	4号浮鼓鼓体清洁	0	0	450	500	900
5	2024年1月5日	5号浮鼓鼓体清洁	0	0	250	350	600
6	2024年1月7日	6号浮鼓鼓体清洁	0	0	350	350	700
平均值							750



低于预期目标 1000 元，成功达到预期目标。

6.2 经济效益

超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制不仅实现了材料创新，体现了绿色、环保、少维护的特点，同时起到保障航道的畅通和服务船员及航运的发展，它不仅具有直接经济效益，而且还有显著的社会效益，降低了养护成本，完成了小组活动目标。

活动后：

(1) 每个浮鼓油漆、除锈维护成本约 0 元。

(2) 每个浮鼓人工约 $(500+250+350+450+250+350) / 6=350$ 元。

(3) 每个浮鼓吊装约 $(400+350+450+500+350+350) / 6=400$ 元。

平均每个浮鼓维护成本为750元，对比活动前的5460元，节约成本为 $5460-750=4710$ 元。

活动期间共制作8个浮鼓，共计节约 $4710*8=37680$ 元。

七、 标准化

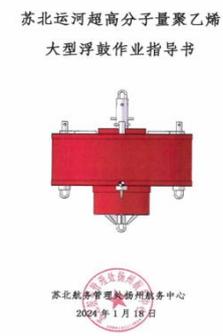
超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制可以帮助航道养护单位节约大量的人工成本及机械设备台班费用，优化资源配置，提升工作效率，对于更好服务航行船舶，确保航道安全畅通有着积极意义。

7.1 推广应用价值评价

苏北航务管理处对本次成果进行了推广应用价值评价：本成果特有的抗碰撞、耐摩擦（摩擦系数低）、耐腐蚀、无寄生等特性的运用，及其变形、硬化、融合等制造技术可转化为很多产品，能够广泛运用于交通、通讯、能源、工程机械、航空、军事等领域。如：船闸闸室墙、靠船墩、海（水）上平台、海（水）上灯桩、港口、码头、桥梁、公路护栏、机械耐磨件等，市场价值前景同样可以期待。



7.2 作业指导书及发明专利申报

<p>标准化措施</p>	<p>措施一：编制《苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓作业指导书》</p>	<p>苏北运河超高分子量聚乙烯 大型浮鼓作业指导书</p> 								
	<p>措施二：积极进行发明专利申报</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; font-size: 8px;">一种用于高分子量聚乙烯的泡沫球在回转机</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">发明人</td> <td style="width: 60%; font-size: 8px;">熊雪松 刘大强 李刚 吴天清 邵小静 邵仕超 蔡志强 姜丹 谢毅斌 毛新强</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">发明</td> <td style="font-size: 8px;">第一发明人身份证 420106197411162818</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="font-size: 8px;">湖北蓝宇新材料股份有限公司 苏北航务管理处扬州航务中心</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: 8px;"> <p>申请人对上述专利申请文件确认无误，同意将上述专利申请文件提交到国家知识产权局。</p> <p>申请人（签字）：  熊雪松 联系人电话：83188668</p> <p>专利申请人（盖章）：  日期：2024年3月15日</p> </div> <p style="font-size: 8px;">填表说明： 1. 每件专利的发明人建议写3-5人，仅第一发明人需要提供身份证号码； 2. 若同一批次申请专利数量超过3件时，不允許所有专利至今有1个发明人且发明人为同一人的情况，第一发明人的年龄建议在22-60岁之间； 3. 专利申请文件必须按照表格信息填写完整，打印后由填表人签字，专利申请人盖章或签字，之后按照扫描发送给我司客服人员。</p>	一种用于高分子量聚乙烯的泡沫球在回转机	发明人	熊雪松 刘大强 李刚 吴天清 邵小静 邵仕超 蔡志强 姜丹 谢毅斌 毛新强		发明	第一发明人身份证 420106197411162818		
一种用于高分子量聚乙烯的泡沫球在回转机	发明人	熊雪松 刘大强 李刚 吴天清 邵小静 邵仕超 蔡志强 姜丹 谢毅斌 毛新强								
	发明	第一发明人身份证 420106197411162818								
		湖北蓝宇新材料股份有限公司 苏北航务管理处扬州航务中心								

	<p>措施三：将本次 QC 小组文件材料整理装册并归档。档案内容：邵伯船闸下游邵伯湖待闸锚地专项工程</p>	
--	--	---

八、总结和下一步打算

8.1.1 专业技术总结

通过超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制，小组对于浮鼓的超高分子量聚乙烯材料、内部结构骨架、内部填充材料和一体化航标灯器有了基础认知和理解，增强了小组成员的专业技能水平，使得小组成员在苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制操作中得心应手，夯实了技术能力，为航道畅通提供了坚实的保障。

8.1.2 管理方法总结

依托苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制，小组将精益管理思想与航标养护融合，规避了浮鼓使用使用寿命短、不耐撞击等问题，保证了超高分子量聚乙烯大型浮鼓的耐久性与实用性。

8.1.3 综合素质总结

依托苏北运河超高分子量聚乙烯大型浮鼓的研制，小组提升了应对突发情况的能力，成功达成了预期目标要求，且小组成员的 QC 知识、质量意识、热情和干劲创新精神、技术水平、团队精神有了不断地提升与进步。

8.2 创新特色与不足

(1) 小组成员通过活动开展，不断提高创新实践能力。同时，在活动中不仅提高个体自身的操作水平，也能不断增进团队协作能力，达到预期的活动效果。

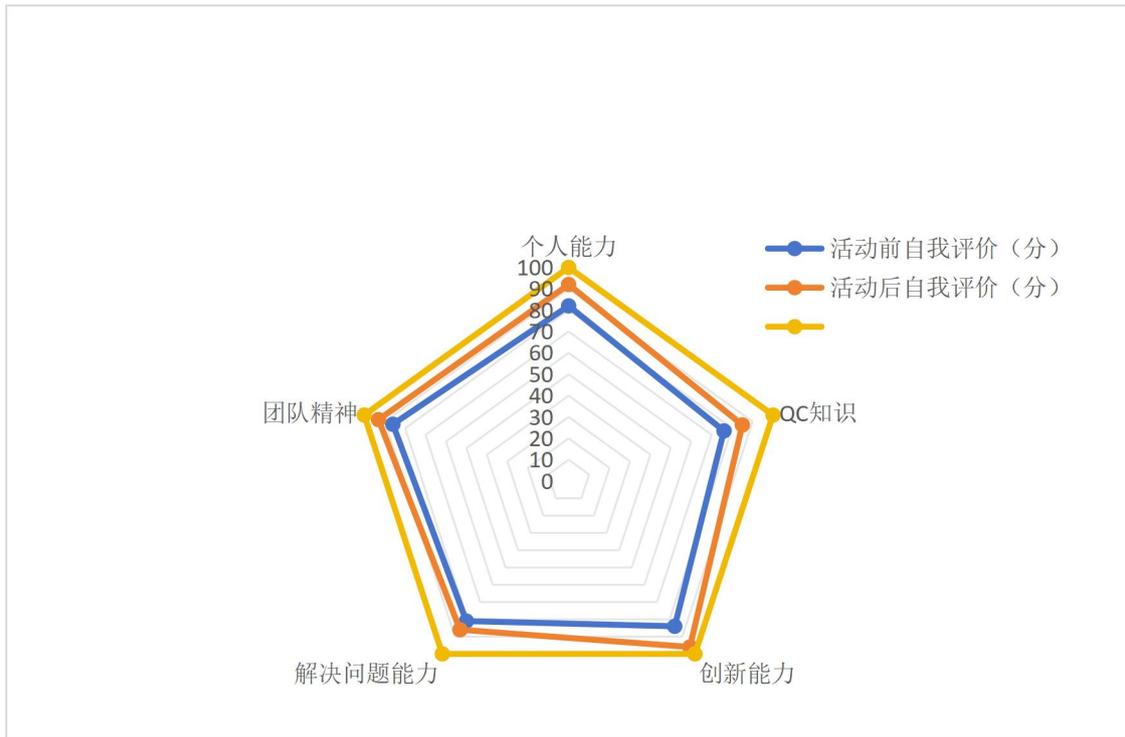
(2) 活动的成功，实现了降低浮鼓养护成本的目标，保证航道

的畅通。

(3) 今后的工作中，我们将根据行业要求，解决技术难题，提升小组的科研能力和创新能力，将新技术进行完善和推广，不断向航道养护管理标准化、现代化迈进。

表 8-1 自我评价

项目	自我评分（分）		备注
	活动前	活动后	
个人能力	82	92	
QC 知识	76	85	
创新能力	84	96	
解决问题能力	81	86	
团队精神	86	93	



制图：梁传宇

时间：2024. 1. 31

8.3 主要创新点

(1) 高环保性

颜色为材料本身颜色，是进口的环保颜料（德国巴斯夫），对环

境无污染，航标材料达到饮用水卫生标准，对水质无污染。改变了以往钢质浮标需刷油漆的状况，更加高效、环保。

（2）免维护、抗老化

浮鼓颜色为材料本身颜色，15年不会褪色，不需涂漆，节省了涂漆的人力、物力。标体具有极强的自润滑性，标体不粘连任何水生物，不需铲除水生物。

（3）耐撞击、抗冲击耐撕裂

浮体具有很高的弹性和硬度，内部具有特制钢塑复合骨架，被撞击后迅速吸收撞击能量，恢复原形，不会变形；整体浮标为超高分子量聚乙烯材质，质量轻，被撞击后迅速移位，化解撞击力；浮标柔韧性强抗拉伸，极难撕裂，冲击强度是现有塑料中的最高值，即使在零下100℃-70℃可最大限度地保障浮体的安全。

（4）高润滑性

标体自身具有极强的自润滑性，摩擦系数很低，任何物体从表面摩擦或撞击过程中，摩擦面极其光滑，减小了摩擦力降低了摩擦损害。

（5）寿命长

标体耐腐蚀性极强，化学稳定性极高，30年不会分解，同时不会对河水产生污染。加入抗氧化、抗紫外线助剂后标体极耐紫外线照射，数十年也不会老化，机械性能不改变。

（6）采用了国内领先的最新材料和工艺一是内部填充材料，正在申请发明专利，二是超高分子量材料成型采用了国内领先的热熔工艺。

8.4 下一步打算

今后的工作中，我们将继续围绕攻关、开拓创新、提高质量、安全生产为核心开展QC活动，小组下阶段课题为《服务区船舶污染物接收设备研制》。