

2022 年平潭海峡大桥防撞系统维修保养工程

施 工 图 设 计

第一册 共一册

福建省高速技术咨询有限公司
二〇二二年四月

2022 年平潭海峡大桥防撞系统维修保养工程

施 工 图 设 计

技术负责人：

项目负责人：

部门负责人：

总工程师：

公司分管领导：

公司主管领导：

设计单位：福建省高速技术咨询有限公司

设计证书：公路行业（公路、交通工程）专业乙级 A135030817

设计时间：2022 年 04 月



工 程 设 计 资 质 证 书

证书编号：A135030817

有效期：至2022年04月01日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企业名称：福建省高速技术咨询有限公司

经济性质：有限责任公司（法人独资）

资质等级：公路行业（公路、交通工程）专业乙级。

可从事资质证书许可范围内相应的建设工程总承包业务以及项目管理和相关的技术与管理服务。*****

发证机关



2017年04月01日

No.AZ0090416

本册目录

序号	图表名称	图表编号	页数	页码
1	第一篇 总体设计	S-QL-I		
2	项目地理位置图	S-QL-I-01	1	
3	设计总说明	S-QL-I-02	11	
4	第二篇 桥涵工程	S-QL-II		
5	工程数量表	S-QL-II-01	1	
6	拦防系统总平面图	S-QL-II-02	1	
7	C区拦防系统图	S-QL-II-03	1	
8	拦截网平面图	S-QL-II-04	1	
9	拦绳结构图	S-QL-II-05	1	
10	自适应浮筒总布置图	S-QL-II-06	1	
11	浮筒剖面图（一）～（二）	S-QL-II-07	2	
12	涂装及牺牲阳极布置图	S-QL-II-08	1	
13				
14				
15				
16				
17				

序号	图表名称	图表编号	页数	页码
18	第三篇 预算文件			
19	预算编制说明		2	
20	总预算表	表 A.0.2-5	1	
21	人工、材料、机械台班数量汇总表	表 A.0.2-6	1	
22	建筑安装工程费计算表	表 A.0.2-7	1	
23	综合费率计算表	表 A.0.2-8	1	
24	综合费计算表	表 A.0.2-9	1	
25	专项费用计算表	表 A.0.2-11	1	
26	工程建设其他费计算表	表 A.0.2-13	1	
27	人工、材料、施工机械台班单价汇总表	表 A.0.2-14	1	
28	分项工程预算计算数据表	表 A.0.3-1	2	
29	分项工程预算表	表 A.0.3-2	13	
30				
31				
32				
33				
34				

第一篇 总体设计

项目地理位置图



目 录

1 项目概况	2
1.1 项目背景	2
1.2 项目情况	2
1.3 项目执行情况	2
1.4 项目审查意见执行情况	2
2 设计依据及采用的规范、标准	3
2.1 主要规范标准	3
2.2 主要技术标准	3
3 桥址区域自然条件	3
3.1 桥址地形与工程地质	3
3.2 气象概况	3
3.3 水文条件	4
3.4 海坛海峡地貌、地质	4
4 航运及防撞体系介绍	5
4.1 通航概况	5
4.2 防撞体系介绍	5
5 防撞系统维修	5
5.1 防撞系统维修方案	5
6 施工工艺及要求	7
6.1 钢结构防腐	7
6.2 施工要求	7
6.3 施工说明	8
6.4 日常检查、保养和维修	8
7 注意事项与建议	9
7.1 注意事项	9
7.2 建议	9
附件	10

设计总说明

1 项目概况

1.1 项目背景

平潭海峡水运交通繁忙，是我国中小型船舶南北航行的主要航路之一。每天不仅有大量的渔船等小型船舶穿梭于桥区，而且过往的千吨级以上船舶达 200 多艘。在大风浪气象期间，大量中小型船舶无法穿越台湾海峡大风浪区，均通过海潭海峡航行，海峡航行密度就更大。但在平潭海峡大桥桥区附近的航道较为复杂，大桥南侧附近有暗礁和沉船，使得北上航道呈 S 形通向大桥主通航孔，如操作不当，船舶甚易碰撞靠近通航孔的部位飞通航孔桥梁；如果驾驶员对航道不熟悉而操作失误、或船舶发生故障等时，船舶撞击平潭海峡大桥的风险将更高。为此，在平潭海峡大桥靠近航道的非通航区装设了船舶拦截设施，阻止船舶碰撞桥梁。

通航主桥通航孔（K2+923.5m~K3+483.5）为双孔单向航道，代表 5000 吨级海轮为标准，单孔通航净空为 123×38m。桥跨布置为 100+2×180+100m，全长 560m。上部结构采用 100+2×180+100m 变高度预应力混凝土连续刚构箱梁，下部结构采用钻孔桩基础。

西引桥区段全长 2100m，桥跨布置为 8×(4×50)+2×(5×50)，第 1~8 联采用 4×50 米等截面预应力混凝土连续箱梁桥，第 9~10 联采用 5×50 米等截面预应力混凝土连续箱梁桥。东引桥区段全长 840m，桥跨布置为 5×50+2×(4×50)+(3×50+40)，第 12 联采用 5×50 米等截面预应力混凝土连续箱梁桥，第 13~14 联采用 4×50 米等截面预应力混凝土连续箱梁桥，第 15 联采用 3×50+40 米等截面预应力混凝土连续箱梁桥。下部结构采用现浇墩身，带圆端的矩形承台，钻孔灌注桩基础。

1.2 项目情况

平潭海峡大桥引桥的水中桥墩之间均为非通航孔，防船撞设施本次维修养护不用考虑通航的要求。根据交通部的规定，大桥主通航孔两侧分别至少两个非通航孔桥墩要考虑装设防船舶撞击设施。原设计对大桥南北航道分析的成果，将大桥主通航孔附近东西引桥的南北两侧分成 A、B、C 和 D 四个区域（如图 1.1 所示）。

整个拦截系统（如图 1.2 所示）从 2012 年 11 月 B 区建成，2014 年 8 月 D 区建成，2015 年 9 月 A、C 区完工。2019 年 3 月完成 B、C 区钢锚链更换工程，2020 年平潭海峡大桥防撞系统 A、D 区完成改造提升。

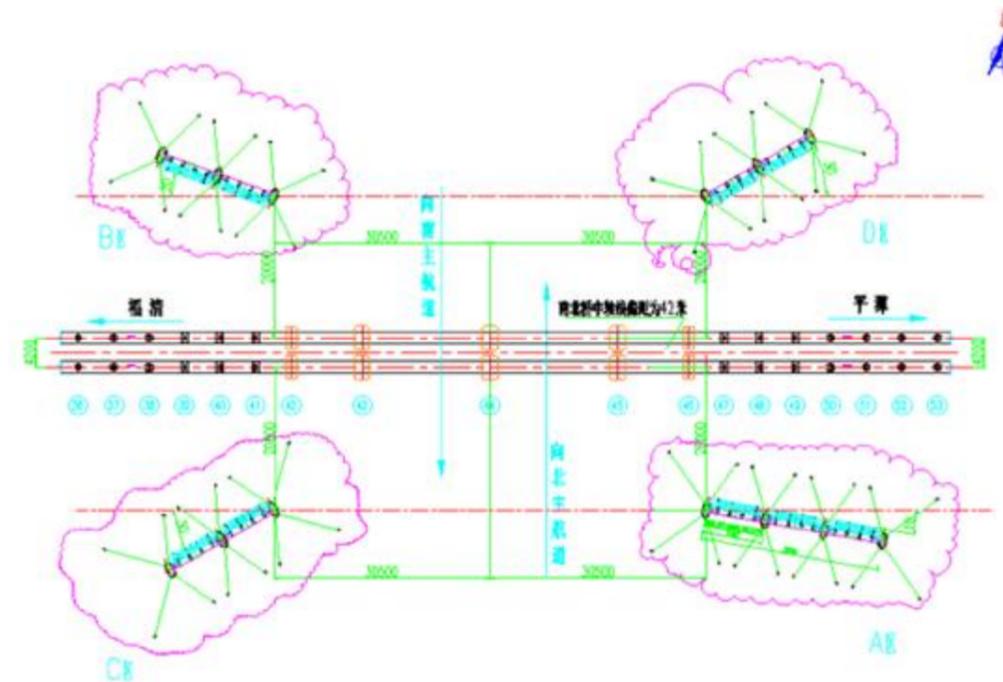


图 1.1 拦截系统布置图



图 1.2 拦截系统图

1.3 项目执行情况

该防撞系统使用状况一直良好，A、D 区的系统已经完成改造提升。本次受福泉公司委托后，福建省技术咨询有限公司立即组建项目小组，依据现场实际情况及原防撞系统设计文件对平潭海峡大桥防撞系统 C 区进行维修养护设计，于 2022 年 4 月 25 日完成平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程设计送审稿。

1.4 项目审查意见执行情况

1、设计文件应按原防撞系统（B、C 区）改造提升的设计方案执行。

【执行情况】：按专家意见执行，本设计项目所用方案均为原防撞系统（B、C 区）改造提升的设计方案。

2、防撞设施安装就位前应做好涂装保护措施，如有破损应及时修复。

【执行情况】：按专家意见执行，在 6.2 小节第 3 条有相应的措施。

2 设计依据及采用的规范、标准

2.1 主要规范标准

- ◆ 《航道整治工程技术规范》（JTS224-2016）；
- ◆ 《公路桥梁抗撞防撞设计规范》（JTG/T 3360-02-2020）；
- ◆ 《港口工程荷载规范》（JTJ215-98）(JTS 144-1-2010)；
- ◆ 《海港工程钢结构防腐技术规定》（JTJ230-89）（JTS 153-3-2007）；
- ◆ 《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 063-2007）；
- ◆ 《海船牺牲阳极、阴极保护设计和安装》（GB8841-88）（CB/T 3855-2013）；
- ◆ 《船体结构钢》（GB712-2000）；
- ◆ 《铝-锌-镉系合金牺牲阳极》（GB/T4948-2002）
- ◆ 《钢质船体结构焊接坡口型式及尺寸》（CB/T 3190-1997）（CB-T 3190-2019）；
- ◆ 《船用法兰连接尺寸和密封面》（GB/T 2501-1989）（GB/T 2501-2010）
- ◆ 《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）
- ◆ 《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50-2011）；
- ◆ 《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG F71-2006）；
- ◆ 《公路工程质量检验评定标准——第一册土建工程》（JTG F80/1-2017）；
- ◆ 《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》交公路发【2007】358号；
- ◆ 《公路养护安全作业规程》JTG H30-2015；
- ◆ 《公路工程混凝土结构防腐技术规范》（JTG/T B07-01-2006）；
- ◆ 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB 8923.1-2011）
- ◆ 《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722-2008）；
- ◆ 《建筑钢结构防腐技术规程》（JGJ/T 251-2011）；
- ◆ 《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》（GB/T 3857-2017）。
- ◆ 《平潭海峡大桥设计竣工图》
- ◆ 《平潭海峡大桥工程水文气象补充报告》，国家海洋局第二海洋研究所，2006年4月。
- ◆ 《平潭海峡大桥桥梁通航净空尺度和技术要求论证研究报告》
- ◆ 《平潭海峡大桥工程禁航区设直通航安全评估报告》，福建省航海学会，2010年；
- ◆ 原设计图纸、竣工图纸以及其他文件。

2.2 主要技术标准

1、水位

设计最高通航水位采用历史最高潮位 4.78m（黄零，下同）。最高通航水位为4.48m（黄海高程系统）。

2、通航净空尺度

桥下按通航 5000 吨级海轮为标准，通航净高不应小于 38m，通航净宽不应小于 123m（双孔单向），航迹线与桥位基本正交。

3、船撞设防标准

根据《平潭海峡大桥桥梁通航净空尺度和技术要求论证研究报告》的结论，确定采用 5000 吨级多用途船舶为达标船型（见下表 2.1），航速按大于 6 节小于 8 节考虑，即通过桥位的船舶速度不超过 4m/s。

表 2.1 通航代表船舶

船舶类型	船舶吨级 DWT (t)	总长 L(m)	型宽 B(m)	型深 H(m)	满载吃水 T(m)
多用途船	5000	125	18.5	10.5	7.4

3 桥址区域自然条件

3.1 桥址地形与工程地质

平潭岛又称、海坛岛，位于闽江口以南约 27km，是我国第五大岛，海坛海峡将其与大陆相隔，与大陆距离最近福清小山东约 3.4km。海坛海峡是一个至南北走向的狭长海峡，东南口、东北口分别与台湾海峡相连，南口接兴化湾，西北口接福清湾，海峡南北两头宽，中间窄。平潭海峡大桥横跨福清市小山东至平潭县娘宫之间的海坛海峡中部最窄处。

3.2 气象概况

平潭岛海区属典型的南亚热带海洋性季风气候，光照充足，热量丰富，终年气温较高，基本无霜冻，季风较明显，干湿季分明。根据平潭海洋站（N25° 28'、E119° 50'、距桥位约 20km），1980 年~2003 年的气象资料统计特征如下

1、风

多年平均风速为 9.0 mis，年平均风速最大为 10.1 m/s，出现于 1988 年，最小为 7.5 m/s，出现于 2002 年。多年月平均风速以 11 月的 11.4 m/s 为全年最大，而 10 月和 12 月的平均风速也分别达到 11.1 m/s 和 11.2 m/s，以 8 月的 6.7 m/s 为全年最小。最大风速、风向及出现时间：极大风速为 60.0m/s、风向 S，出现于 1985 年 8 月 24 日。

2、台风

平潭地区经常受台风袭击或影响。据 1980~2003 年共 24 年的统计:影响平潭的台风有 84 次,年平均为 3.5 次,其中严重影响(最大风速 \geq 11 级)的有 13 次,年平均为 0.5 次。年最多为 8 次,出现在 1990 年,1993 年和 2002 年没有出现影响平潭的台风,严重影响平潭的台风年最多为 2 次,出现在 1987 年。一年中从 4 月到 11 月间都有出现过有影响的台风,但 4 月、5 月、11 月出现次数较少,24 年间,4 月份只出现 1 次,5 月、11 月各出现 2 次。比较集中出现在 8 月、9 月份,每月平均为 0.7、0.8 次。

3、雾

多年平均雾日约 29 天,年最多雾日 48 天,出现于 1987 年,年最少雾日 7 天,出现于 2000 年。根据 1980 年 1 月~2002 年 12 月的资料统计,<1000m 能见度出现总次数为 649 次,持续时间 7665 小时 40 分钟,平均每次 11.8 小时。一年中除 9 月份没有出现小于 1000m 能见度情况外,其余月份均有出现,月最长持续时间 211.5 小时,出现在 1985 年 5 月。

3.3 水文条件

1、潮位

根据平潭海峡大桥工程海域附近 5 个不同测站 2004 年 2 月 17 日至 3 月 19 日一个月的实测资料进行调和分折,各站潮沙性质参数均小于 0.5,本海域潮型属正规半日潮。福建沿海潮波基本由北向南传入海坛海峡,海峡内各站的平均高低平潮出现时间相差不大(5 个站的高低平潮出现时间最多相差 6 分钟),基本上同涨同落。潮位的变化,高潮位从海峡口外向口内递增,即中间高、两端低,低潮位则相反,从海峡口外向口内递减,即中间低、两端高。

根据平潭海洋站 1960 年~2003 年的潮位实测资料统计出主要的潮位特征值,其中最高潮位为 780cm,最低潮位为-10cm,多年平均潮位为 377cm,如表 3.1。

表 3.1 平潭海洋站潮位特征值

项目	平潭海洋站	出现时间
最高潮位 (cm)	780	1969.9.27
最低潮位 (cm)	-10	1970.7.20
平均潮位 (cm)	377	
最大潮差 (cm)	669	1972.11.23
最小潮差 (cm)	106	
平均潮差 (cm)	424	
平均高潮差 (cm)	584	
平均低潮差 (cm)	160	
平均海潮差 (cm)	377	
基面	平潭海洋站潮零点	

在设计图中,标高系统采用 1956 年黄海高程系统,在该系统中平潭海洋站验潮零点的高程为

-357 厘米。

2、海流

在 2004 年 2 月国家海洋局第二海洋所桥址海域进行的海流观测资料分析,海峡海流为正规半日潮流。海峡内海流呈往复流形态,桥址轴线附近涨潮流主流向为 SSE 向,落潮流主流向为 NNW 向。大潮平均涨潮流历时为 6 小时 12 分,平均落潮流历时为 6 小时 18 分,涨落潮流历时相差不大,但在小潮期间,平均涨潮流历时为 5 小时 14 分,平均落潮流历时为 7 小时 16 分,平均落潮流历时明显大于平均涨潮流历时。

在桥址附近海域的潮波为前进波,最大涨潮流速出现在高平潮附近时刻,最大落潮流速出现在低平潮附近时刻,转流发生在半潮面附近时刻,而在海峡北口潮波为比较明显的驻波形式,即涨落潮流最大流速均出现在半潮面时段,而在海峡南口,潮波形式既有前进波形式,又具有驻波性质,变化较复杂。大潮流速大于小潮流速,大潮期间实测最大涨潮流速为 119cm/s,最大落潮流速 85cm/s;小潮期间桥址最大涨流速为 67cm/s,最大落潮流速为 61cm/s,涨潮流速大于落潮流速。流选的垂线分布为表层流速大于底层流速。

3、波浪

海坛海峡是南北向的狭长海峡,南口通兴化湾,北口通福清湾,东南口与东北口均通往台湾海峡。海峡南北两头宽,中间窄,岸域呈东西两侧分布,因此,桥址附近海域的波浪主要由小风区形成的风浪和由口门传入的涌浪叠加的混和浪。对平潭海洋站 2001 ~ 2003 年的波浪观测资料进行分向分级统计,各级浪向集中出现在 ESE、SE、SSE、S、SSW、SW 向这 6 个方位,其他方位极少出现,常浪向为 ESE 向,频率为 78%,次常浪向为 SSW、SW 向,频率为 14%。强浪向为 ESE 向,实测 $H_{1/10}$ 最大波高为 4.3m,周期 7.4 秒,年平均波高为 1.1m,平均周期为 5.4 秒。年最大波高多数年份在 5~7m,历史上出现 10m 以上波高有一次。 $H_{1/10}$ 波高在 0.1~0.6m 的占 22.5%,0.7~1.0m 的占 23%,1.1~1.5m 的占 22%,大于 1.6m 的占 31%。

桥址处于海峡的最狭窄处,视不同的地点可分别受到 SE、S 或 SSE 向外海涌浪的影响。根据国家海洋局第二海洋研究所 2004 年 2 月~5 月及 7 月~9 月在桥址附近(分流尾)的 6 个月短期波浪观测资料统计结果,桥址常浪向冬季为 NNE 向,频率为 25.78%,夏季为 SSE 向,频率为 12.36%;强浪向为 NNE 向,实测最大波高 H_{max} 为 2.81 m、 $H_{1/10}$ 最大波高为 2.11m。

3.4 海坛海峡地貌、地质

1、地貌

平潭海峡大桥横跨福清市小山东至平潭县娘宫之间的海坛海峡。海坛海峡呈近南北向狭长状,南东口与台湾海峡相连,北东口与东海相遇,西北向接福清湾,海峡南北两头宽中间窄,赤表尾,一沟屿一线以北海面开阔,宽达 10km 以上,两岸地形低平;赤表尾,一沟屿一线以南,至可门岛

一吉钩岛一线海面狭窄，宽约 3km，海峡中小岛屿、礁石分布众多，自北向南如沟屿、分流尾、北青屿、南青屿、大屿等，高程 10~20m，最高为大屿，海拔高程 45m。

2、地质

平潭大桥工程建设单位提供的资料表明，47#~51#桥墩位直的海底高程为-11米~-15米；39#~41#桥墩位直的海底高程为-23m~-25m。根据平潭大桥桥址处钻孔柱状图分析报告，47#~51#桥墩位置的海底地址结构：在岩层上部有 10m~21m 厚的含沙淤泥（或粉砂），和 10m~16m 厚的粘土（或粘土质粉砂）；39#~41#桥墩位置的海底地址结构：在岩层上部有 10~16m 厚的含沙淤泥（或粉砂），和 7m~17m 厚的粘土（或粘土质粉砂）。

4 航运及防撞体系介绍

4.1 通航概况

海坛海峡岛屿、礁石、浅津星罗棋布，是福建沿岸较复杂的海区之的岛屿间形成了多条航门水道。海坛海峡通过的船舶流量概况近年来随着福建省沿海经济的快速增长，沿海航运业得到迅猛发展，海坛海峡船舶密度明显增大，据不完全统计，目前每天航行于海坛海峡的大小船舶有 200 多艘，船舶吨位在 100 吨以下及 100~500 吨、500~3000 吨三个等级居多。大桥建设施工前，5000 吨级及以上（偶尔有不满载的万吨级）船舶在冬季大风季节为避开台湾海峡牛山海域的大风浪，均改道从海坛海峡通过。自 2007 年 12 月大桥开始施工建设以来，桥区已禁止 5000 吨级以上船舶通过。

由于在平潭海峡大桥上下游两侧附近水域中分别存在一个岛屿的地理条件，以及大桥的主桥设计为双孔单向通航，北上的船舶通过呈 S 形的航道走东边的通航孔，所以东引桥南侧的主通航孔附近桥墩最有可能受到船舶的撞击，该区域的 47#~51#桥墩南侧（A 区）在大桥建设期间已遭受到 4 次船舶撞击，是重点防护区域。南下的船舶通过西边的通航孔，虽然北面海域存在分流尾屿的遮挡，但西引桥北侧的主通航孔附近桥墩仍有可能受到南下船舶的撞击，该区域的 38#~41#桥墩北侧（B 区）在大桥建设期间已遭受到 1 次船舶撞击，也应是重点防护区域，但须保护的桥墩数可以适当减少。而北上航道中心线与西引桥第一个桥墩（41#桥墩）的距离约为 420 米，该区域的 38#~41#桥墩南侧（C 区）在大桥建设期间也已遭受到 1 次船舶撞击，由于北上 S 型航道的复杂性，造成 C 区受到船舶撞击的可能性增加，但在建立了良好的航道警示标志后，北上船舶撞击西引桥南侧（C 区）的可能性较小。南下航道中心线与东引桥第一个桥墩（46#桥墩）的距离约为 420 米，该区域的 46#~49#桥墩北侧（D 区）在大桥建设期间未遭受到船舶撞击，在大桥建设完成后，南下船舶撞击东引桥北侧（D 区）的可能性很小。

4.2 防撞体系介绍

自适应恒阻力船舶拦截设施是一非通航孔桥梁防船舶撞击的新技术。该拦截设施设置于非通航孔桥梁两侧，当偏离航道的船舶碰撞到拦截设施时，该设施将自动快速提升拦截网、包住船头，拦截网通过缆绳连接与恒阻力装置上，当船舶拖带拦截网向前移动时，恒阻力装置对拦截网将提供一个大致恒定的拖阻力阻碍船舶向前运动，消耗船舶动能，直至船舶停止运动。达到阻止船舶靠近大桥，保护大桥安全的目的。该技术已经得到实船撞击试验的验证（2012 年 12 月），实验表明该技术能有效、可靠地拦截偏航的船舶，如图 4.1 所示。



图4.1 拦截装置实船撞击实验

在过去四年多的时间里，船舶拦截设施至少 3 次拦截了过往偏航的船舶，拦截设施有效保护了大桥的营运安全，避免了船撞桥恶性事故的发生，起到了保护桥梁和船舶的作用。实践表明，不仅平潭海峡大桥装设防船撞设施、保护大桥安全、以及保护过往船只安全是十分必要的，而且已在使用的自适应恒阻力船舶拦截技术是有效、可靠的。

5 防撞系统维修

5.1 防撞系统维修方案

在风浪的作用下失衡，引起自适应浮筒间与系泊浮之间相互碰撞，造成自适应浮筒的损伤破裂，甚至进水沉没。因自适应浮筒尾部老化及受外力的撞击多次断落失衡，在风浪的冲击下自适应浮筒尾部与迪尼玛网裹在一起，磨损脱落，造成多次自适应浮筒相互碰撞损伤进水沉没，虽经打捞修复，但整个系泊浮体，油漆面大量脱落，锈迹斑斑，原有牺牲阳极已消耗殆尽，其中已有 1 个自适应浮筒尾部断落 2-3 米，整个拦截网已脱落破损严重，已失去拦截网之功能，大大增加了工程修复的难度和成本。如图 5.1、5.2、5.3、5.4、5.5、5.6、5.7 所示。



图 5.1 损坏后拦截系统的姿态



图 5.2 钢缆断落失衡自适应浮筒相互撞击破裂进水沉没、下沉状态



图 5.3 钢缆断落失衡迪尼玛拦截网系统



图 5.4 自适应浮筒锈迹斑斑



图 5.5 自适应浮筒尾部撞击断落



图 5.6 迪尼玛网脱落损坏严重



图 5.7 自适应浮筒损坏后修复

C 区拦防系统因多次风浪的冲击下尾部迪尼玛网裹在一起造成自适应浮筒相互碰撞，损伤破裂进水沉没，虽经打捞修复，但油漆面大量脱落，锈迹斑斑，牺牲阳极消耗殆尽，局部损伤破裂尾部断落，整个拦截网脱落破损严重。主要维修养护方案如下：

1、针对 C 区拦防系统，自适应浮筒碰撞破裂进水沉没的问题，对自适应浮筒增加填充了硬聚氨酯闭孔泡沫材料（见图 5.8），泡沫材料的密度为 10kg/m^3 ，闭孔率大于 92%。

2、针对 C 区拦防系统，造成自适应浮筒，油漆面大量脱落、锈迹斑斑，局部自适应浮筒损伤、破裂、尾部断落、牺牲阳极消耗殆尽的问题，自适应浮筒采用拆除转运、进厂、保养、修复、检查损伤破裂部位及时补漏、补焊、更换牺牲阳极、更换磨损卸扣销轴。

3、针对 C 区拦防系统，尾部迪尼玛网脱落破损严重（已失去拦截网之功能）的问题，更换尾部迪尼玛拦截网。

4、针对 C 区拦防系统全部更换完成后，对完整的 C 区拦防系统进行校核，恢复拦防系统常态，发挥其正常拦防之功能。

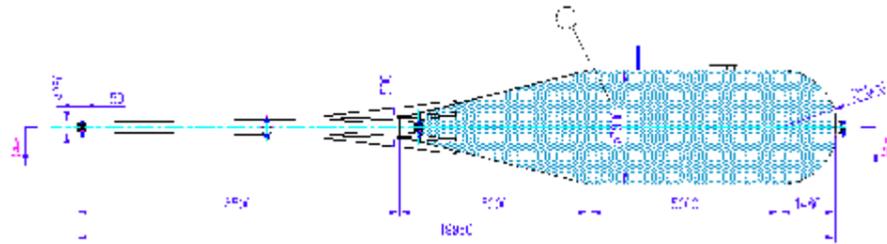


图5.8 自适应浮筒填充泡沫图

6 施工工艺及要求

6.1 钢结构防腐

该设施中的钢结构浮体要求 20 年免维修，此要求超过一般船舶很多倍，属于特别长的保护期，防腐设计无标准依据，但可以按计算设计。其防腐设计为：全部钢结构两表面用锌铝伪合金喷金属外加氟碳涂层的复合涂装体系，船体浸水部位在涂装体系外加牺牲阳极阴极保护。

1、涂装

采用锌铝伪合金喷金属外加氟碳涂层的复合涂装体系。锌铝伪合金喷金属外加氟碳涂层的复合体系见表6.1。

表6.1 锌铝伪合金喷金属外加氟碳涂层涂装要求

序号	涂装要求		设计值	参考标准
1	表面净化处理		无油、无污、干燥	TB/T1527 GB11373 GB8923 GB/T9793 GB/T9286 GB6463 Q/YQEQ 1-2005
2	喷砂除锈	表面清洁度	Sa2.5级	
		表面粗糙度	Rz35~70μm	
3	锌铝伪合金保护膜		120μm	
4	特种环氧密闭漆1道		不增加厚度	
5	环氧云铁（中间）漆1		80μm	
6	氟碳面漆2道		2×30μm	

备注：正常维护条件下，钢结构防腐年限不小于20年。

2、牺牲阳极阴极保护

系泊浮体：保护面积 = 浸水面积 × 1.1 = 240.4m²，选铝—锌—铜系合金牺牲阳极，型号AZI—口—C；规格（LxBxH）为320×220x200（mm）；质量39.8kg；每船布直32块；牺牲阳极的使用寿命为20.5年。

阳极在船体上的布直：根据该船吃水较浅（1.3m），面型宽较宽（10.0m），考虑到接近水线区的浸水钢板腐蚀较为严重，但也要考虑到船底区的保护，故阳极布直的原则既接近水线又能保护船底部位。纵向和横向分布为尽量平均布直，如表6.2所示。

表6.2 纵向和横向分布为尽量平均布直

阳极（A）编号	A1	A1	A1	A1	A1	A1
纵向水线高度（m）	0.2~0.3	0.2~0.3	0.2~0.3	0.2~0.3	0.2~0.3	0.2~0.3
横向肋位数	6 ^{1/2}	23	40 ^{1/2}	6 ^{1/2}	23	40
左右弦	左	左	左	右	右	右

自适应浮筒：总表面积是104 m²，浸水面积大约为总表面积的二分之一，约35m²，保护面积 = 浸水面积 × 1.1 = 38.5m²，为了使用寿命，与浮船一样，选铝—锌—铜系合金牺牲阳极，型号AZI—口—C；规格（LxBxH）为320×220x200（mm）；质量39.8kg；每浮筒布直2块；牺牲阳极的使用寿命为20.5年。阳极在浮筒上的布直：在浮筒底面中部。

6.2 施工要求

考虑到平潭海峡大桥的特殊地理位置，拦防系统是不可缺少的组成部分，是保证海峡大桥正常运行安全屏障。日常巡查、维护显得尤为重要，应列入常态化。施工、巡查应具备港航资质证书和海上施工实践经验的单位来实施。

1、全面详细地检查整个拦截系统（所有组件）的损坏情况，重点关注以下几个方面：

- 自适应浮筒：浮筒破损情况（漏水原因）、各个连接件的状况、牺牲阳极块的耗损及脱落情况，和浮筒漆面脱落部位等。
- 检查触发钢丝绳、平衡钢丝绳和提升钢丝绳损坏情况，包括连接件、销轴和卸扣。
- 检查高分子拦截网的状况，是否有磨损和打结。
- 检查系泊浮体的位置是否有移位，明确刮擦漆面的位置，同时检查系泊锚链的腐蚀情况。
- 检查系泊浮体的定位位置，确定是否发生移位情况。

2、修复工作主要从如下几个方面开展：

- 若牺牲阳极块的严重耗损及脱落情况，应更换、补充。
- 漏水的系泊浮体应尽快修复，保养，注意防腐必须按原设计要求进行，系泊浮体防腐漆面修复，高分子拦截网破损严重应更换复位及其它需要复原的部分。

3、涂装保护措施主要关注下几个方面：

- a、做好成品保护的组管理。在准备工作阶段，由项目施工领导，配合安装、劳务分包单位对施工进行统一协调。合理安排工序，加强配合，避免因工序不当或工种配合不当造成损坏。
- b、建立成品保护责任制，责任到人，派专人负责成品保护工作的监督管理。
- c、加强职工的质量和成品保护教育及成品保护人岗前教育，树立工人的配合及保护意识，建立各种保护临时交接制，做好各道工序有人负责。
- d、涂装层如有破损刚擦应在

6.3 施工说明

根据原防撞系统（B、C区）改造提升的设计方案，拦截网、系泊浮体、自适应浮筒、恒阻力器等均由工厂制好后，运抵工地，进行安装。首先在陆地上将拦截网与自适应浮筒连接，并将恒阻力器装配到系泊浮体上。

本船舶在拦截系统结构在海面上的安装施工，采用分件布直、组装的方法，首先系泊浮体定位系泊，待校正锚疏后，依次吊装布置自适应浮筒+拦截网，并与系泊浮体连接，随装配随调整，最后进行整体的安装校正固定。锚旋由钢筋混凝土制作成固定锚埋入海底约8米深。

系泊浮体及锚旋系统（采用DGPS）定位→系泊浮体进位（可采取抱A仓拖带）→抛锚船组完成锚的抛直和锚链、锚绳的布放→系泊浮体的位直和姿态控制校正；按设计位置要求依次完成所有系泊浮体的锚政。抛锚位直应准确，顺锚链方向的误差不大于5m，垂直于锚链方向的误差不大于2m。

1、布设锚链施工

固定锚施工完成后，固定锚将引出一根 $\phi 90$ 长15米的锚链，将所设计 $\phi 84$ 的锚链通过卸扣与之连接，抛锚船在布设锚链时沿锚链设计方向徐徐后退，从抛锚船上过渡到系泊浮体上与滑车组连接，用卷扬机对锚歧系统进行校准，保证系泊浮体位直及姿态，最后将锚链固定在固定座上。

2、自适应浮筒+拦截网布直安装

在两个系泊浮体间，吊装布置已经与拦截网连接好的四个自适应浮筒，按设计间距钢丝绳连接固定后，整体与系泊浮体连接，即将拦截网连接与恒阻力绳，然后进行拦阻系统的整体校正，使船舶拦阻系统保持设计要求的位直和姿态。

3、整体的安装扶正

系泊浮体位直及姿态的最终调整控制，当有偏差时采用锚链及拉索的预紧力校正，校正无误后立即回紧锚链和拉索。

4、定期维护

装置每年、或台风后进行一次检修。在台风过后要进行检修，并且装直每年要进行一次定期

检修。检查装置钢结构的表面防腐层是否损伤；装直是否发生移位，连接部分是否松弛等。如发现异常，应及时复位、维修。

6.4 日常检查、保养和维修

1、检查、保养和维修目的

对已建成的大桥引桥防船撞设施进行检查、保养和维修，使其处于良好的服役状态，确保其使用寿命。

2、检查、保养和维修原则

对设施状况进行例行和定期的检查，分析设施的技术状况，发现问题要采取有效、经济的技术措施，及时解决。保养和维修中所采用的材料、设备与工艺，应符合的相关规范要求，确保质量。检查、保养和维修均要填写检修日志，专人负责建立档案。

自适应恒阻力拦截船舶设施是长使用寿命结构，也是确保桥梁安全服役的重要设备，具有结构复杂、技术性强、易腐蚀等特点。

防撞装置的养护主要靠常规定期检修，服役10年后进行综合保养维修，拦截网和恒阻力机构中的副缆绳要更换；防撞装置的检修应由专职桥梁养护工程技术人员或经验丰富的海工技术人员负责。常规定期检测以目测为主，并可以配备如照相机、裂缝观测仪、探查工具及现场的辅助器材与设备等必要的量测仪器。综合保养维修应由相应资质的专业单位承担。

3、检查、保养和维修方式

每日在桥梁上常规观察每个区的拦截装置是否有出现异常，检查应配备望远镜、照相机等，并拍照记录留存，填写日巡查记录。每月常规近距离巡检一次，经历台风或发生碰撞后增加一次近距离巡检。巡检主要包括：

- （1）系泊浮体和自适应浮筒是否处于正常的工作状态，相对位置是否发生变化。若发现浮体移位时，通过调节锚链进行复位；
- （2）检查钢结构的表面防腐层，对损伤处应及时防腐补涂；
- （3）检查各个部分的部件，若发现锚链过度磨损应及时更换；
- （4）检查锚链与系泊浮体和自适应浮筒的连接，异常处要及时修复；
- （5）检查系泊浮体和自适应浮筒，发现漏水或变形是要送到工厂维修；
- （6）检查设施中的各种卸扣、破断环及套环是否产生裂纹，或变形，发现异常的，要及时更换；
- （7）检查装置附近的漂浮物，发现有大型漂浮物要及时清理；
- （8）填写检查维修记录。

防撞设施每年应进行一次例行检修，检修包括：

- (1) 近距离检查防撞装置的外观，并拍照记录，清除设施表面的海生物、垃圾和污染物等；
- (2) 去除系泊浮体、自适应浮筒和拦截网以及锚链等表面的铁锈和附着海生物；
- (3) 检查钢构件的表面有无刮痕，以及锈蚀，对损伤的防腐涂层进行修补，对腐蚀区域进行去锈防腐处理；
- (4) 检查平衡锚链是否锈蚀、破断，发现问题要及时更换；
- (5) 检查自适应浮筒的水密性，发现问题应及时查明渗漏水原因、并送到工厂维修；
- (6) 检查浮体和自适应浮筒是否受到漂浮物的冲击或其它原因导致的受损，如表面凹陷、变形应及时修复受损部位；
- (7) 检查缆索与系泊浮体和自适应浮筒的连接，出现异常处要及时修复；
- (8) 检查系泊浮体、自适应浮筒的姿态，发现姿态异常时，应及时进行复位；
- (9) 检查连接螺栓是否松动、脱落，发现问题应及时加固，更换连接螺栓；并细致检查螺栓孔内壁锈蚀情况，及时采取防腐措施；
- (10) 触发、平衡和提升钢缆是否受损、锈蚀，是否处于正常工作状态，发生锈蚀较严重时，要及时更换；
- (11) 磨损大于原直径1/8的锚链、卸扣和转环等连接件应调换；
- (12) 检查牺牲阳极块是否脱落，若耗损到原设计的1/8，也就是其质量大约仅剩5kg，需要更换；
- (13) 取系泊浮体上的挂片样品，测试拉伸强度：
 - ① 取PA66纤维绳编织的副缆绳两根挂片样品，在实验机上分别进行拉伸强度测试，若有一根副缆绳的抗拉吸能能力下降到25kJ以内，应更换所有的恒阻力装置中的副缆绳；
 - ② 取迪尼玛超高分子量高强度聚乙烯缆绳两根挂片样品，在实验机上分别进行拉伸强度测试，若有一根迪尼玛挂片样品的抗拉强力下降到70吨力以内，应更换所有的超高分子量高强度聚乙烯缆绳。
- (14) 填写检查维修记录。

自适应恒阻力拦截船舶设施维修工程管理：分为小修、中修和大修三种类型的维修工程，具体维修工程性质定义、修复技术要求及综合保养维修详见《平潭海峡大桥非通航孔桥梁防船撞设施—养护手册》。

7 注意事项与建议

7.1 注意事项

- 1、施工过程中加强对原结构的核查与监测。
- 2、在运营期内，应定期对系泊浮体、自适应浮筒等进行常规维护，检查其表面是否有划痕、

凹陷、破损，涂装是否有脱落，检查锚固螺栓有无锈蚀和松动，并对附着的杂物进行清理。

- 3、发生船舶碰撞桥梁的事故后，应立即对防撞系统进行现场检查评估，必要时进行更换。
- 4、施工过程中尽量减少对水源的影响，减少悬浮物。
- 5、施工过程中尽量减少对航道的影响，协同相关管理部门，保证通航船舶的安全。

7.2 建议

- 1、水上打桩作业人员必须遵守安全操作规程，严格执行施工组织设计和安全技术措施。
- 2、作业前应向当地海事局申办妥《水上水下施工作业许可证》。水上施工应设专用救生船，并有专人值班，各施工作业点应配备救生圈、救生衣等救生设备。
- 3、担任高处作业人员必须身体健康。凡发现工作人员有饮酒、精神不振时，禁止登高作业。在高处危险的临边作业，临空一面应装设安全网或防护栏杆，否则工作人员须使用安全带。安全带的挂钩或绳子应挂在结实牢固的构件上或专为挂安全带用的钢丝绳上。禁止挂在移动或不牢固的物件上。高处工作应一律使用工具袋。较大的工具应用绳拴在牢固的构件上，不准随便乱放，以防止从高空坠落发生事故。有关施工均应注意防火安全及人员劳动保护。
- 4、在施工中要杜绝破坏环境，防止有机物掉入河中造成污染，严禁向河中倾倒垃圾，保持原来的生态环境。要制定环保措施，严格遵守国家有关环境保护法令，认真检查、监督各项环保工作的落实。对职工进行环保知识教育，自觉遵守环保的各项规章制度，并接受当地政府及环保部门的监督。
- 5、施工前应制定出完整详细的施工组织计划。加固施工应由熟练的专门技术人员现场指导施工，监理人员旁站监督，并做好各项施工记录以存档备查。

附件

附件1 会议纪要

福建省福泉高速公路有限公司 会议纪要

〔2022〕29号

2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程 施工图设计审查会议纪要

2022年5月10日，福泉高速公路有限公司在福州组织召开2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计审查会。参加会议的有特邀专家及福建省福泉高速公路有限公司（以下简称“福泉公司”）、福建省高速技术咨询有限公司（以下简称“技术咨询公司”）等单位的相关人员。与会专家及代表认真听取了设计单位的施工图设计情况汇报，对设计文件进行了详细审查。现形成会议纪要如下：

一、2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计总体可行。

二、会议要求设计单位对照专家组意见补充完善设计内容（见专家组意见），认真消化吸收，并于2022年5月17日前提交施工图设计及预算文件。

- 附件：1. 2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计审查会签到表
2. 2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计审查会专家组意见

出席：陈永平 郭爱民 吴江鸿（专家）
林伟 卢申（福泉公司）
李文军（技术咨询公司）

记录：王鸿清

分送：福建省高速技术咨询有限公司。

福建省福泉高速公路有限公司办公室 2022年5月20日印发

- 2 -

- 1 -

附件2 施工图设计专家组审查意见

2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计审查会专家组意见

2022年05月10日，福泉管理公司在福州组织召开2022年平潭海峡大桥防撞系统维修养护工程施工图设计审查会，与会专家及参会人员认真听取了设计单位的汇报，对施工图设计进行了详细审查，意见如下：

一、2022年平潭海峡大桥防撞系统C区维修养护工程施工图设计总体可行。

二、建议及意见

1、设计文件应按原防撞系统（B、C区）改造提升的设计方案执行。

2、防撞设施安装就位前应做好涂装保护措施，如有破损应及时修复。

专家组：

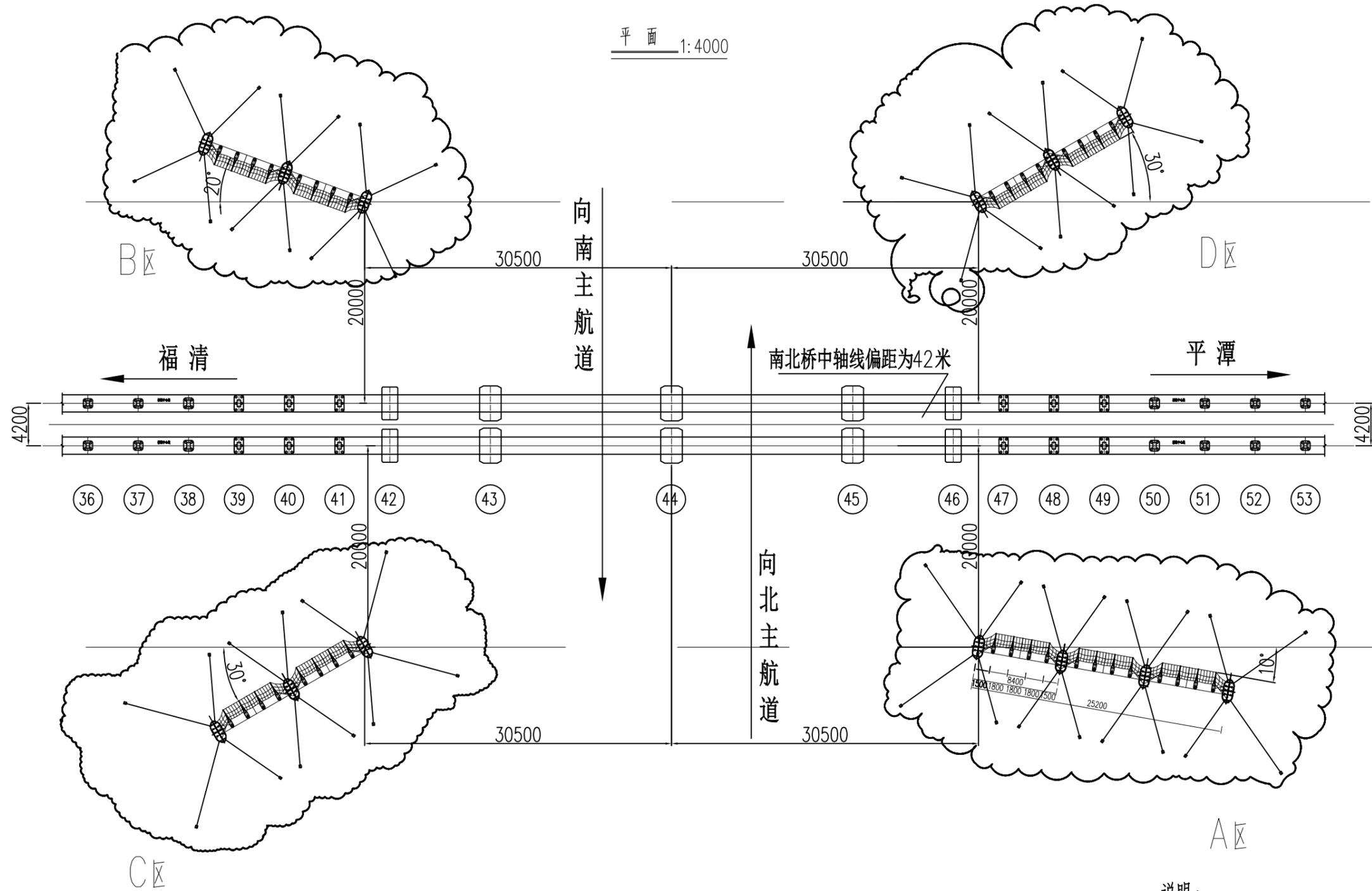
陈建 郭新

第二篇 桥涵工程

工程量汇总表

序号	代号	名称和规格	单位	数量	材料	备注
	C区					
1	GB/T 549-2008	挡锚链 AM3-42组合件	根	18	组合件	
2	ISO2415-2004	合金卸扣 S-DX55-2	个	36	组合件	
3		拆除销轴	个	36	组合件	
4		转换平行提升卸扣	副	12	组合件	
5		自适应浮筒保养	个	7		
6		自适应浮筒更换	个	1		
7	GB4948-2002	铝锌钢合金牺牲阳极AZI-0-C	个	16		
8		高强度迪尼玛纤维绳(UHW Φ42+2mm+PA66 Φ42)	米	330		
9		钢索具套环WT45	个	110		
10		吊船	艘*班	7		
11		辅助船只	艘*班	7		

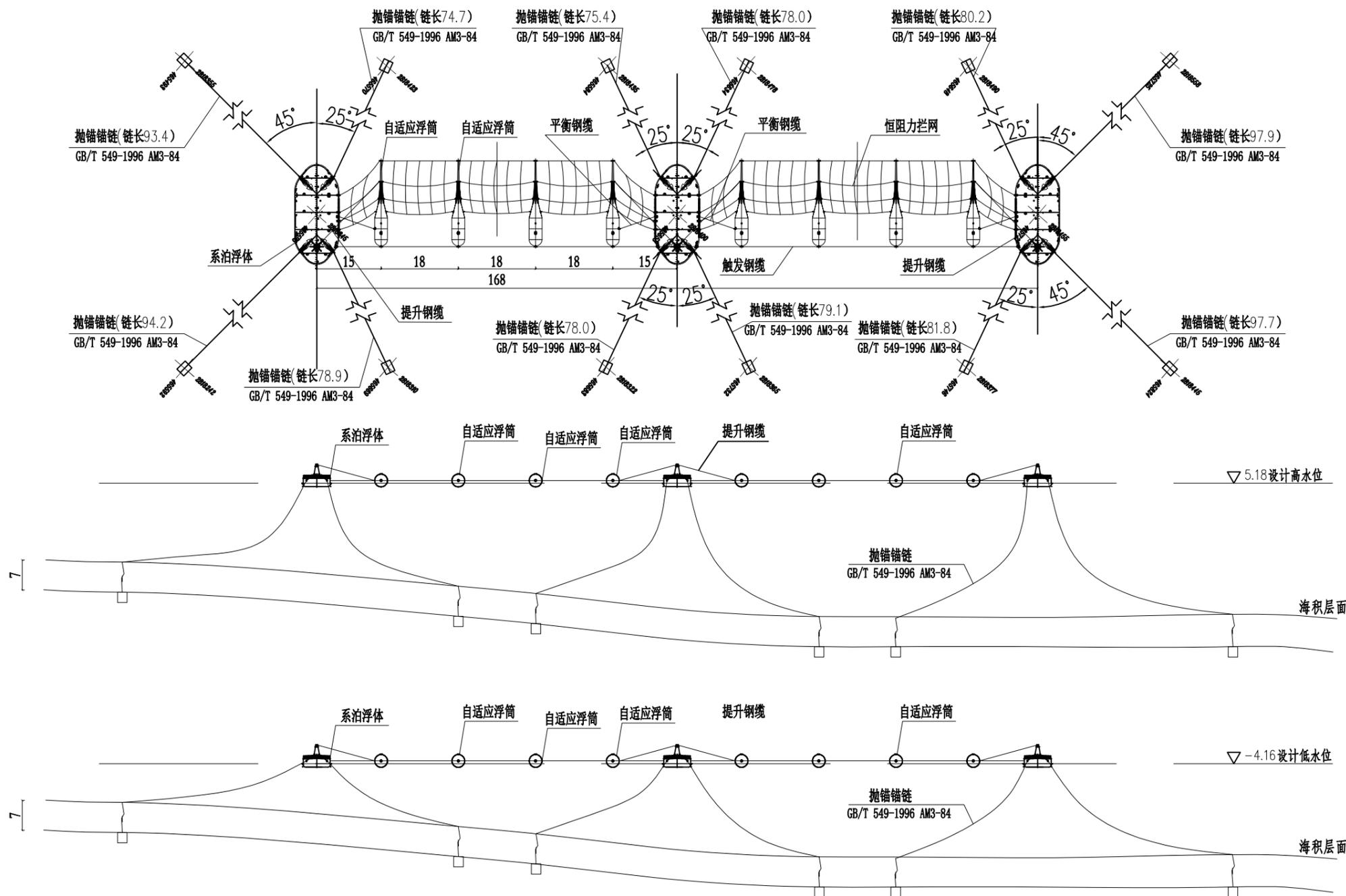
平潭海峡大桥引桥防船撞设施



说明：
1、本图尺寸除已标注的均以厘米为单位。

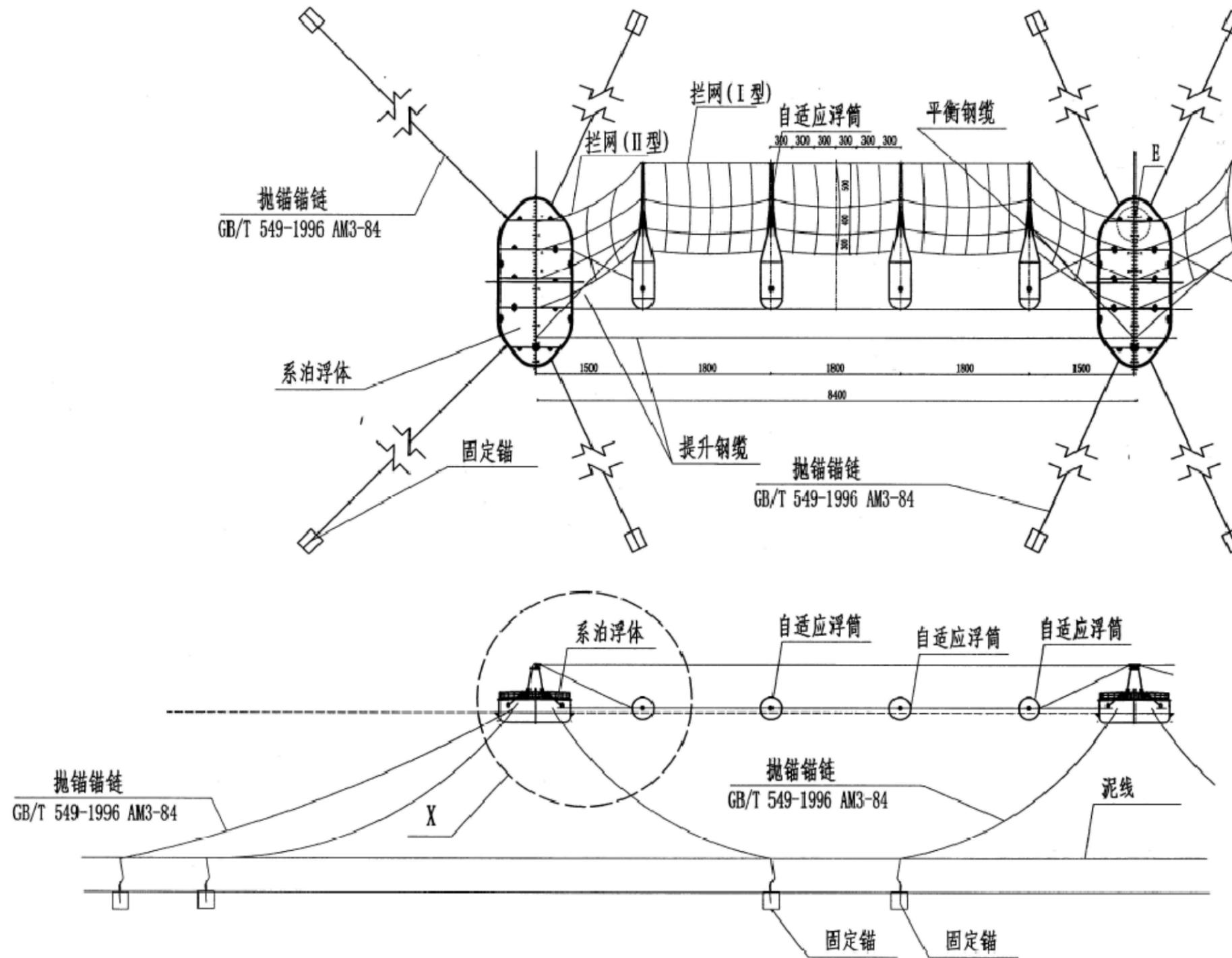
C 区拦防系统里程图

平面 1:1000



说明:

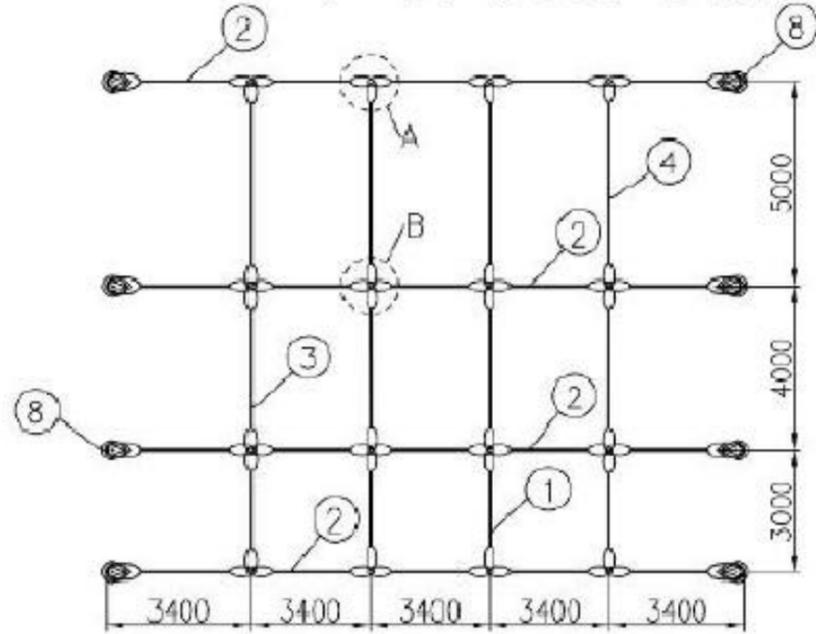
- 1、本图坐标系统: 1954北京坐标; 高程基准: 1956黄海高程系统;
- 2、图上标注的锚链长度是指从舷侧锚链筒口(锚唇)到锚位的长度;
- 3、本图坐标及尺寸均以米计。



说明:

1、本图尺寸均以厘米单位;

拦网 (I 型) 结构图



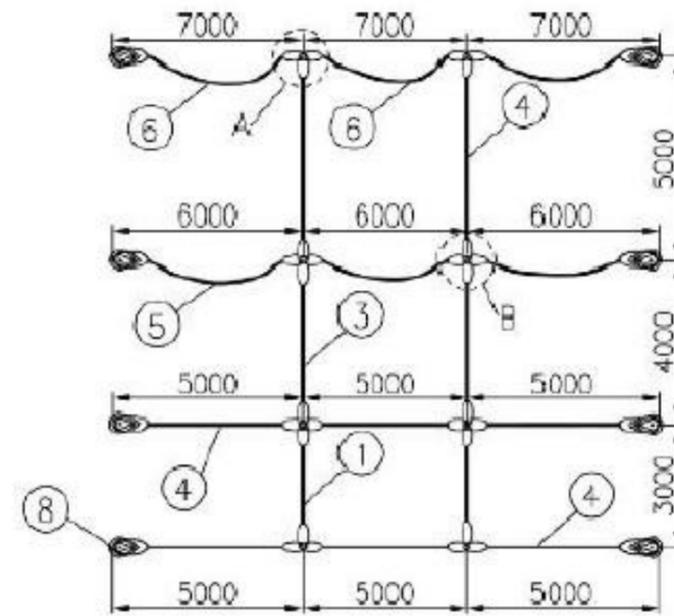
T字接头(A)



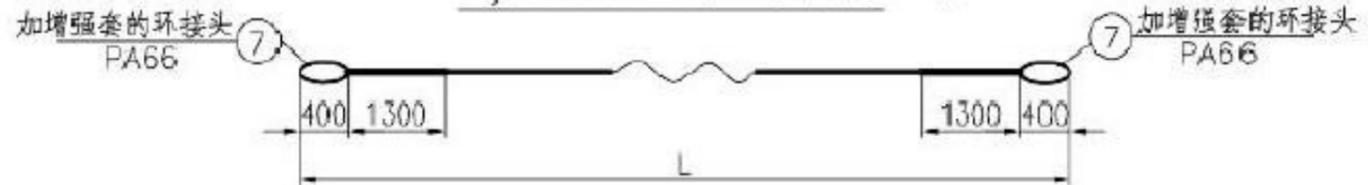
十字接头(B)



拦网 (II 型) 结构图

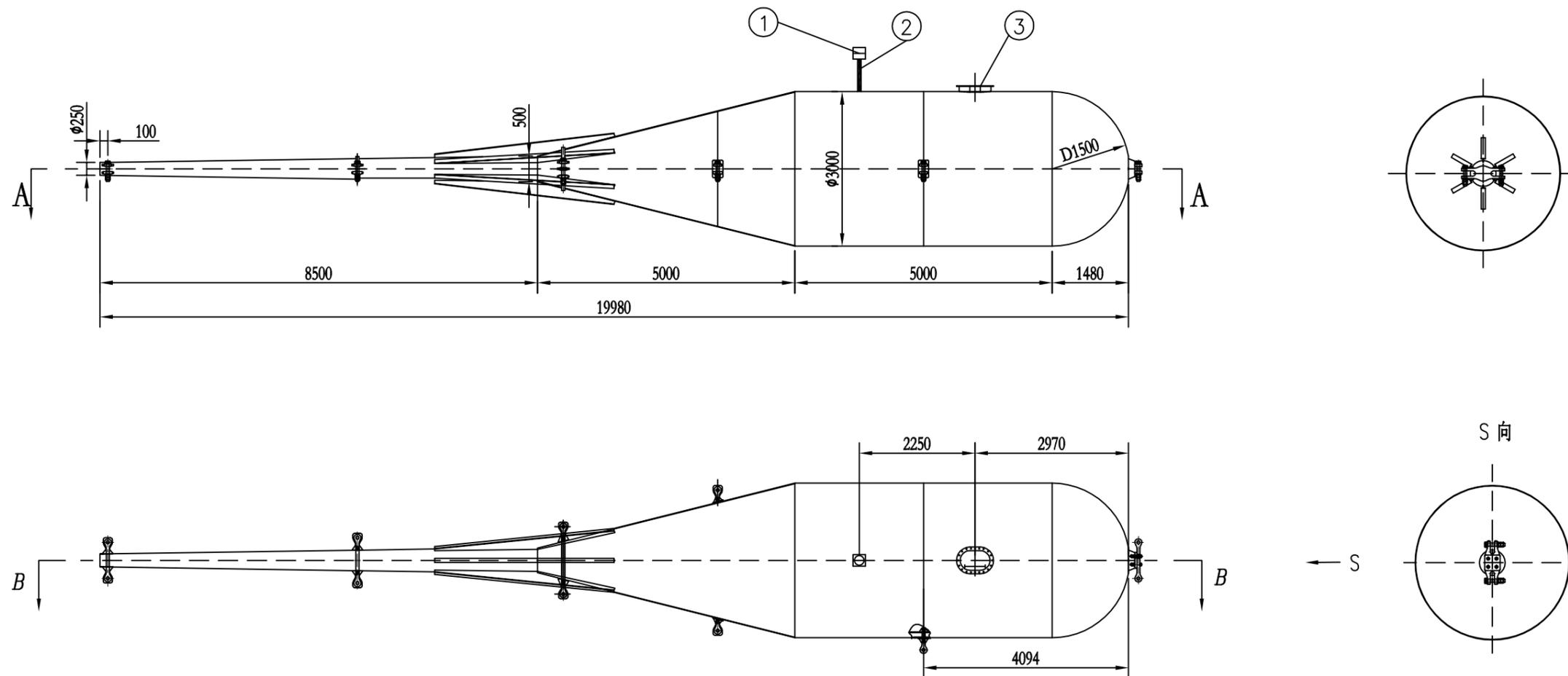


Dyneema 绳加工方法 (尺寸)



说明:

- 1、拦网采用十二股高强度聚乙烯复合编织绳幅为Dyneema，外层为厚2mm的服保护层。
- 2、T桥、十字交叉连接的概不小于100tonf，接头采用州的Dyneema绳捆扎成整体，在海浪作用下，确保不会有相对滑动的现象出现。
- 3、每个环接头都外套一个约1.2米长十二股PA66编织绳(Φ42)扩张而成的增强套。
- 4、索具套环采用热镀锌，镀锌量100~260g/时，镀锌层表面应平滑、完整、均匀和牢固。
- 5、列细栏中的零件数量是整个C区拦截系统的用量。
- 6.本图单位为mm.

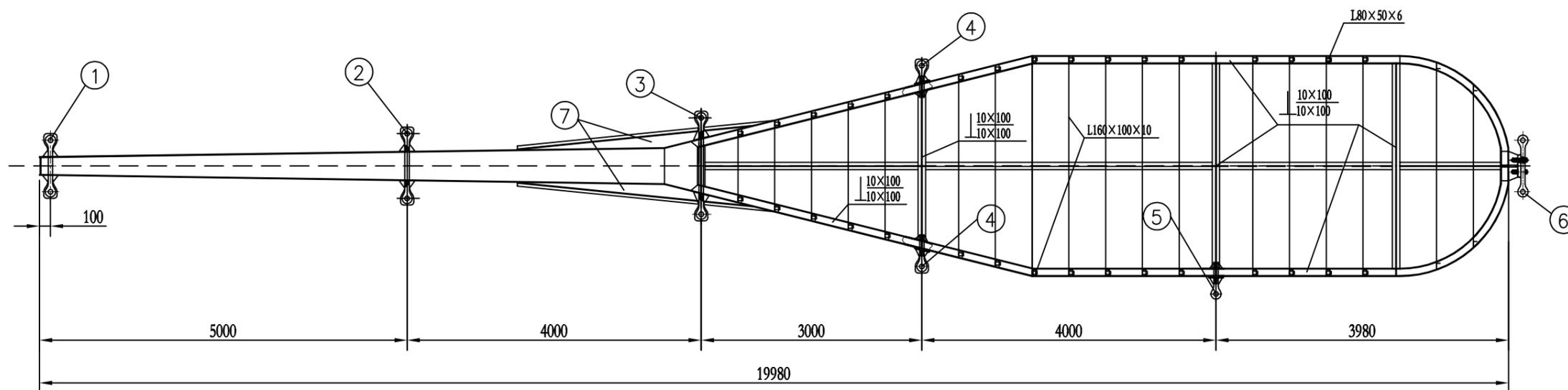


说明:

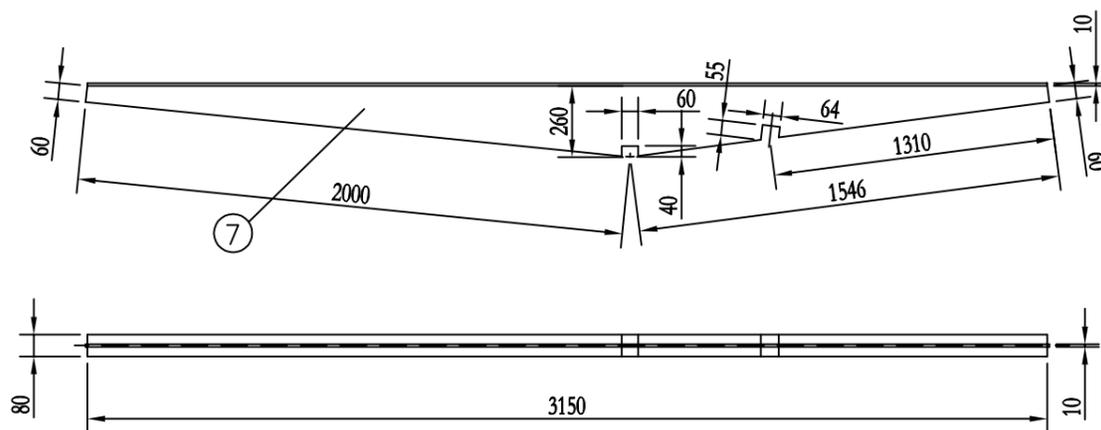
- 1、本图为两侧自适应浮筒布置图，中间自适应浮筒总体尺寸与此相同(连接件不同，具体见连接件详图)。
- 2、自适应浮筒在专业船厂制造，按照中国造船质量标准 CB/T 4000-2005 执行。
- 3、空气管头与空气管采用法兰连接，按照船用法兰连接尺寸和密封面(四进位)(GB/T 2501-2010)
- 4、明细栏为单个自适应浮筒的材料数量。
- 5、本图尺寸均以mm为单位。

序号	代号	名称和规格	数量	材料	重量 (kg)		附注
					单件	总计	
1	GB/T 3594-1994	空气管头 DS50G	1	组合件	6.32	6.32	
2	GB/T 3075-1987	空气管 $\phi 60 \times 760 \times 6.5$	1	镀锌无缝钢管	6.52	6.52	
3	GB/T 19-2001	人孔盖 B450X350-6	1	组合件	33.80	33.80	

A-A剖面图
1:75



7详图
1:25



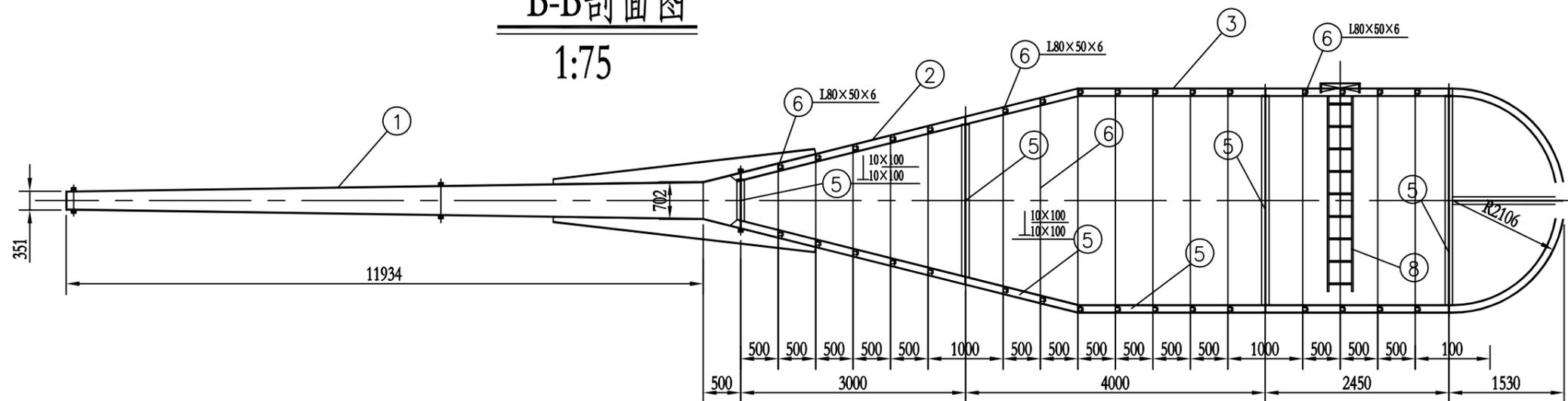
序号	代号	名称和规格	数量	材料	重量 (kg)		附注
					单件	总计	
1	JBT 8112-1999	L1号绳缆连接件	1	20Cr	50.30	50.30	
2	JBT 8112-1999	L2号绳缆连接件	1	20Cr	74.19	74.19	或选择其它满足标准规定的材料及力学性能的材料
3	JBT 8112-1999	L3号绳缆连接件	1	20Cr	71.65	71.65	
4	JBT 8112-1999	L4号绳缆连接件	2	20Cr	45.20	90.40	
5	JBT 8112-1999	L5号绳缆连接件	1	20Cr	44.00	44.00	材料
6	JBT 8112-1999	L6号绳缆连接件	1	20Cr	94.9	94.9	
7		T型加强筋 $\perp_{10}^{10} \times 80$	6	CCS-AH36	70.65	423.9	

说明:

- 1、相贯切口与补板按照CB 3182-1983标准执行。
- 2、除另有标注外，全部焊缝全部为双面连续焊或自动深熔焊。焊接坡口形式及尺寸按照CB/T 3190-2019标准执行。
- 3、焊接质量应满足中国造船质量标准 CB/T 4000-2005。
- 4、每个自适应浮筒均应进行水密性试验。
- 5、本图尺寸均以mm为单位。

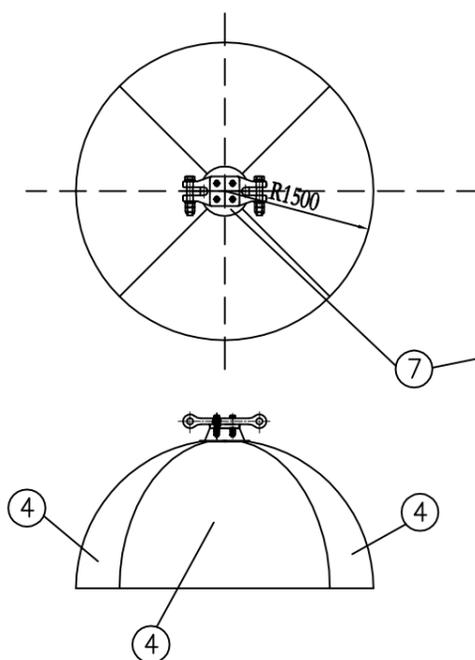
B-B剖面图

1:75



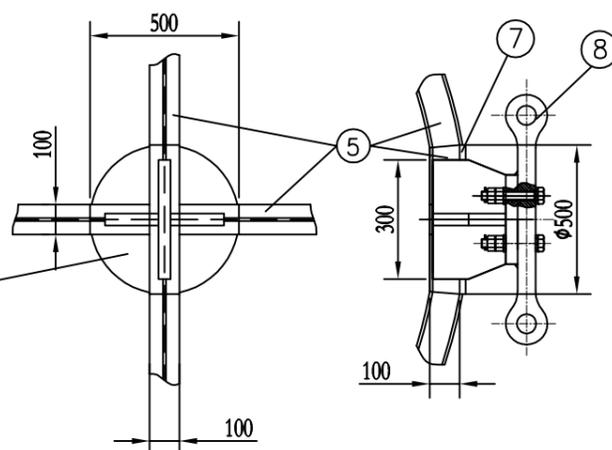
半球面顶部外侧详图

1:75



半球面顶部内侧详图

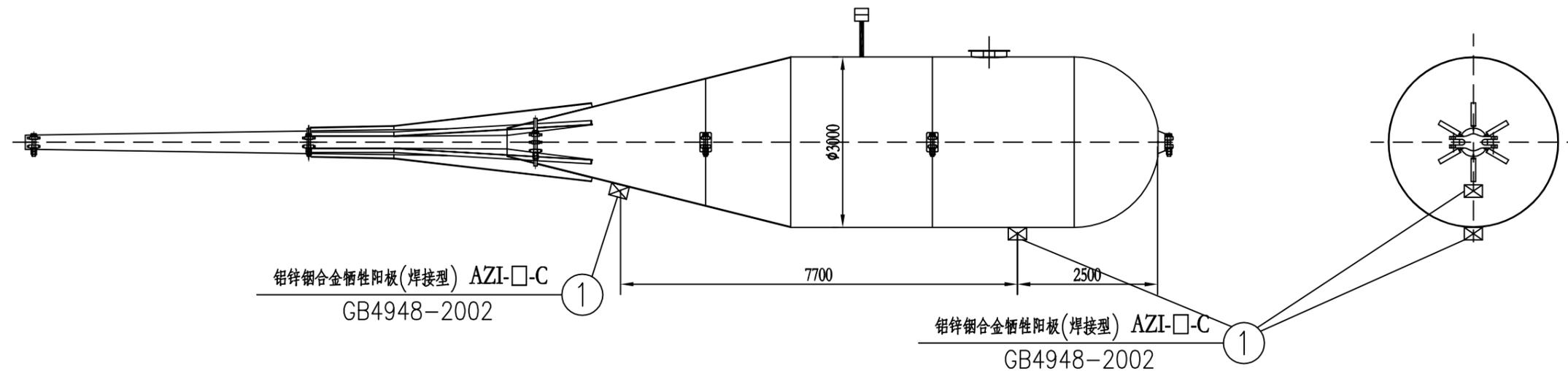
1:25



序号	代号	名称	数量
1		细锥管壁板 t=10	10.3 m
2		粗圆锥壁板 t=10	28.4 m
3		圆柱筒壁板 t=10	47.7 m ²
4		半球面壁板 t=10	14.1 m ²
5		纵桁 10x100 10x100	79.8 m
6		肋骨 L80x50x6	145.38
7		盖板 φ500x20	0.2 m ²
8	GB/T 73-1999	钢质直梯 C300x2600	1

说明:

- 除另有标注外,全部角焊缝采用双面连续焊或自动深熔焊。
焊接坡口形式及尺寸按照 CB/T 3190-2019标准执行。
- 本图尺寸均以mm为单位。



浮筒内、外表面防腐涂装要求

部位	工序	标准	道数	干膜厚度 μm 年限20年
浮筒内表面	表面处理	喷砂除锈sa2.5级		
	底漆	环氧富锌漆	1	80
	中间漆	环氧云铁厚浆漆	1	120
	小计		2	200
浮筒外表面	表面处理	喷砂除锈sa2.5级		
	底漆	无溶剂环氧漆	2	700
	中间漆	聚氨酯面漆	1	100
	小计		3	800

保护部位	阴极参数		牺牲阳极参数		
	保护面积 m^2	保护电流密度 mA/m^2	规格 长x宽x厚 mm	发生电流 $\text{mA}/\text{块}$	质量 kg
水线下浮体	240	15	320x220x200	648	39.8

序号	代号	名称和规格	数量	材料	重量 (kg)		附注
					单件	总计	
1	GB4948-2002	铝锌合金牺牲阳极AZI-□-C	2	组合件	39.8	79.6	焊接型

说明:

- 1、安装前锌板背面应涂二道防锈漆,牺牲阳极工作面要保持清洁,不得沾有油漆,油污。
- 2、牺牲阳极基体与铁芯之间接触电阻应小于 0.001Ω 。
- 3、牺牲阳极化学成份和电化学性能应符合标准GB4948-2002。
- 4、自适应浮筒外表面涂装的具体颜色色卡值为:德国劳尔-RAL色卡:KL-YE-12。
- 5、本图尺寸单位: mm。