**[类 型]**市政基础设施

**[关键词]**自浮式防撞设施，节段组装，拼装合拢，自浮式封闭稳定系统，自动调节撞击高度

桥梁新型混杂纤维自浮式船撞防护装置施工技术

JWC2021-142

中国建筑一局（集团）有限公司

王斓、姜涌、朱鹏飞、胡建宾、陈俐光

**1.成果简介**

**1.1技术背景**

水路运输作为综合运输体系的重要组成部分，近年来在我国也得到长足的发展，通航船舶趋于大型化、快速化和高密度化。在我国通航水域桥梁结构越来越多，而通航密度不断提高的背景下，船—桥矛盾必将日益突出，发生恶性船撞桥事故的可能性也将越来越高。因此对通航密度大且通航要求高的桥梁设置必要的防撞装置，且进行防撞装置性能与优化研究是十分必要的。

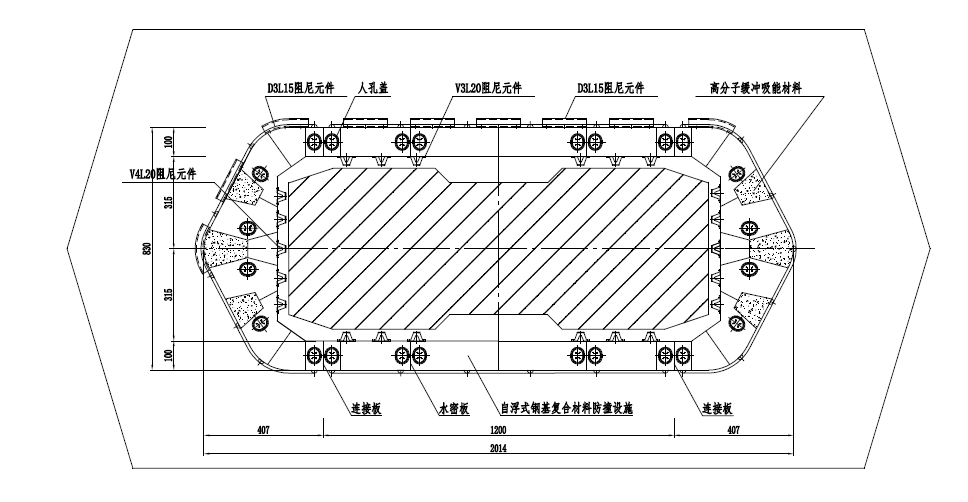
**1.2适用范围**

适用于通航水域的水中桥墩自浮式防撞装置安装施工。

**2.技术内容**

**2.1关键技术**

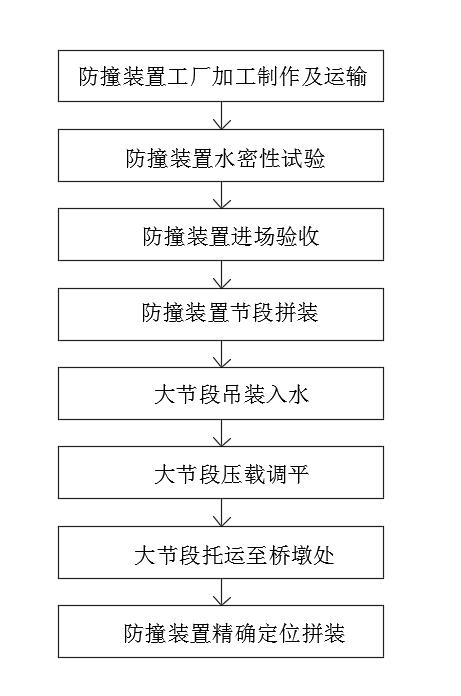
防撞装置在工厂加工制作完成，经过预拼装合格后，将防撞材料运输至施工现场，进行材料验收，在桥岸将防撞设施单个节段组成成1/2大节段（以下均称为大节段）后，将其用浮吊船和汽车吊相互配合吊入河流中，通过水泵向舱室内部注入压载水进行调平，让大节段处于自浮式稳定状态，利用浮吊船定位，使得大节段其 “凹”形中线与桥墩中轴线对齐，利用拖轮定位+顶推靠近的方式使大节段移至桥墩，两大节段精准定位后，进行整体拼装，形成完整封闭的自浮式复合材料防撞设施系统。



**图1 新型混杂纤维复合材料船撞防护装置平面图**

**2.2施工工艺流程**

具体施工流程如图1.1所示。



**图2 施工工艺流程图**

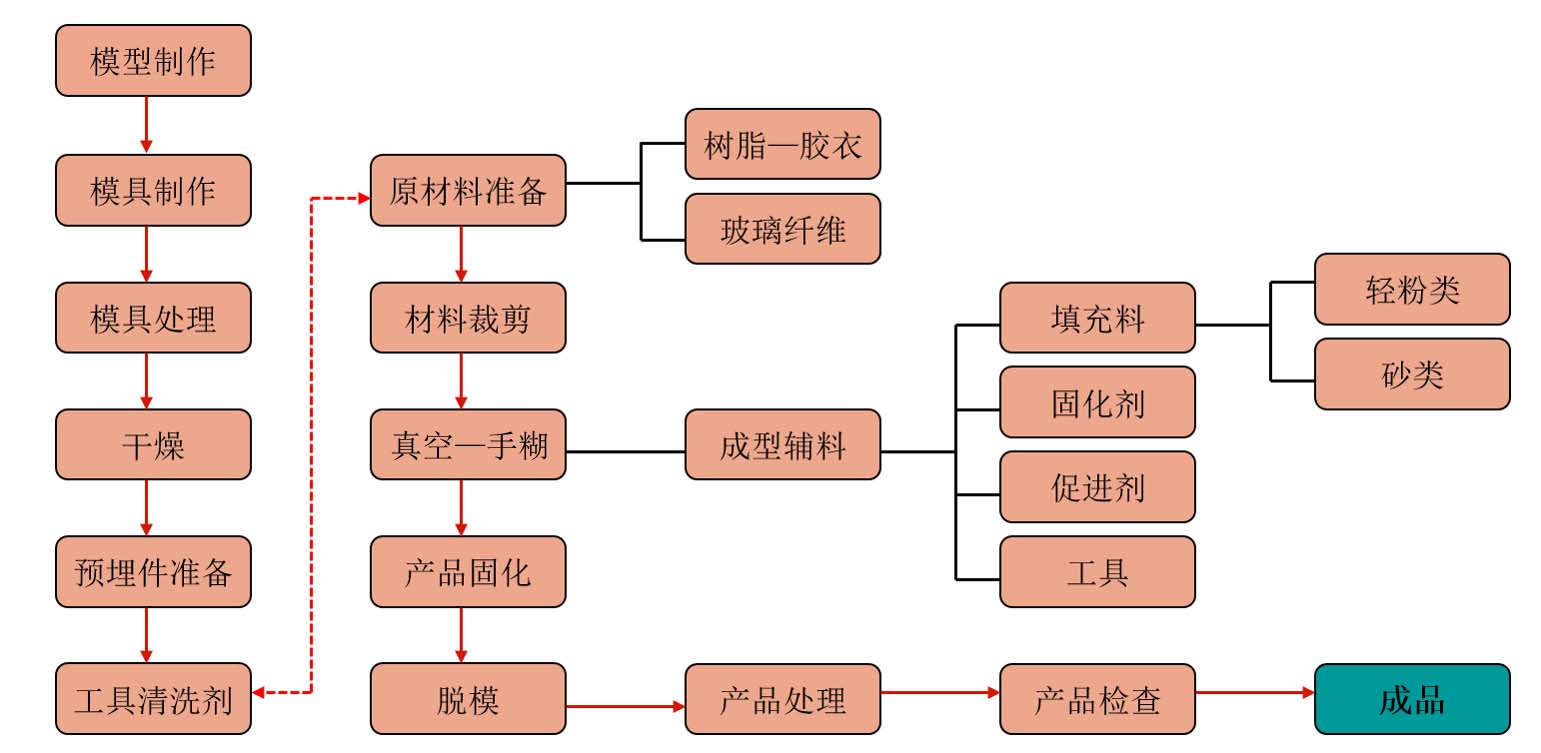
**2.3施工操作要点**

（1）防撞装置工厂加工制作及运输

1）钢结构加工

防撞设施钢结构采用Q235钢材，主要施工工序为：材质复验→放样→下料→零件加工→板梁单元制作→钢结构胎架制作→分段制作与组拼→装置预拼完成后，需对焊缝进行焊接检查。

2）复合材料制作



**图3 复合材料制作工艺流程图**

①产品制作准备工作

对钢质主体表面进行清理，核对钢质主体具完好无缺陷后，开始施工。

②喷涂过渡树脂

在钢质主体外表面喷涂一层过渡树脂，喷涂的树脂在钢质主体面上厚薄要均匀，覆盖钢质主体外表面的每一个角落.不可积胶，厚度为0.3毫米左右，胶衣面不能有其它杂物。涂刷完成后待自然固化或用60℃温度烤干，凝胶时间在30-50分钟为宜，25℃钴水比例为0.8-1.3%，固化剂比例为1.2-2%。（以下涉及到胶衣固化剂、促进剂、环境温度等标准的，均以此项为参考）。

③复合材料制作成型

复合材料由树脂和纤维布通过真空导入工艺而成。

真空导入工艺，在钢质主体外表面上铺“干”增强材料（玻璃纤维，碳纤维，夹心材料等），然后铺真空袋，并抽出体系中的真空，在钢质主体型腔中形成一个负压，利用真空产生的压力把不饱和树脂通过预铺的管路压入纤维层中，让树脂浸润增强材料最后充满整个模具，制品固化后，揭去真空袋材料，得到所需的制品。

A.待过渡树脂凝胶后手感软而不粘时，先检查钢质主体面上过渡树脂是否全面凝固，能否满足真空导入定型要求。

B.铺设纤维布，纤维制作顺序：30g毡\*1--300#毡\*2--04布\*2—轴向毡\*2--06布\*2--450#毡\*1--轴向毡\*1—06布\*1--02布\*1；先将纤维丝适量的放在凹凸转折上，按照纤维制作顺序铺层，搭接重叠位置需将纤维边缘粹丝化30㎜-60㎜之间，可使用树脂喷雾胶喷涂，使纤维铺层粘接稳固，便可进行下一步操作。

C．增强边位。在产品需要增强的部位铺上06布和短切毡，特殊需要时，应采用毛边对接的方式，直至设计要求的厚度。每一层必须压实，不能有空泡。

D．真空倒流加压，进行抽真空作业。

3）质量验收

玻璃钢衬里施工的全过程中均应进行质量检查，发现问题应立即进行修整，合格后方可继续施工。高分子涂层边缘整洁、光滑、无分层现象，拐角处过渡要圆滑，表面应平整、光滑、不允许有浸渍不良、树脂结节、固化不良、凹凸不平、起泡、裂纹、脱层、缺角、掉棱等缺陷，所有部位用目测应符合下列规定：

①气泡：耐蚀层表面允许最大气泡直径为5mm，每平方米直径不大于5mm的气泡少于三个时，可不予修补，否则应将气泡划破修补。

②裂纹：耐蚀层表面得有深度0.5mm以上的裂纹，中间增强层不得有2mm以上的裂纹。

③凹凸（或皱纹）：耐蚀层表面应光滑平整，增强层的凹凸部分厚度应不大于厚度的20％。

④返白：耐蚀层不应有返白区，增强层返白区域最大直径为50mm。

4）防撞设施运输

复合材料防撞设施在工厂分段制造完成后进行预拼装，检查无误后运输至现场进行组装；采用陆运运到项目施工地。

运输线路进行认真勘察，保证运输构件安全、准时到达施工现场。根据现场安装实际情况，合理安排从制作厂到安装现场及临时停放点的防撞设施节段运输，以便按安装顺序运输构件。防撞设施节段运输时绑扎必须牢固，防止松动。节段构件在运输车上的支点、两端伸出的长度及绑扎方法均能保证构件不产生变形、不损伤表面且保证运输安全。根据现场安装实际情况合理安排防撞设施运送位置。

（2）防撞装置水密性试验

本设施制作生产中所采用的是焊接工艺规程，在进场前，必须对防撞设施的水密舱按照设计要求进行水密性试验。考虑到现场的条件和工期的要求，采用煤油渗透试验方式检查焊缝抗渗性。试验前，检验部分不允许刷油漆和搪水泥，需要试验的箱体表面和焊缝必须打扫清洁，对采用煤油渗透试验的，尚需对检视面刷一层石灰浆（晾干），以便观察，通过看石灰浆是否被浸透变色来检查焊缝是否有穿透性小孔。试验中，如发现有水流或渗水（渗油）现象时，需进行修补，修补后必须重新试验。

（3）防撞装置进场验收

防撞设施施工之前必须对其进行检查及验收：检查外表面复合材料是否有破损，发现破损，及时修复；检查防撞设施分段外观尺度；检查防撞设施平整度；质检及验收文件是否齐全。

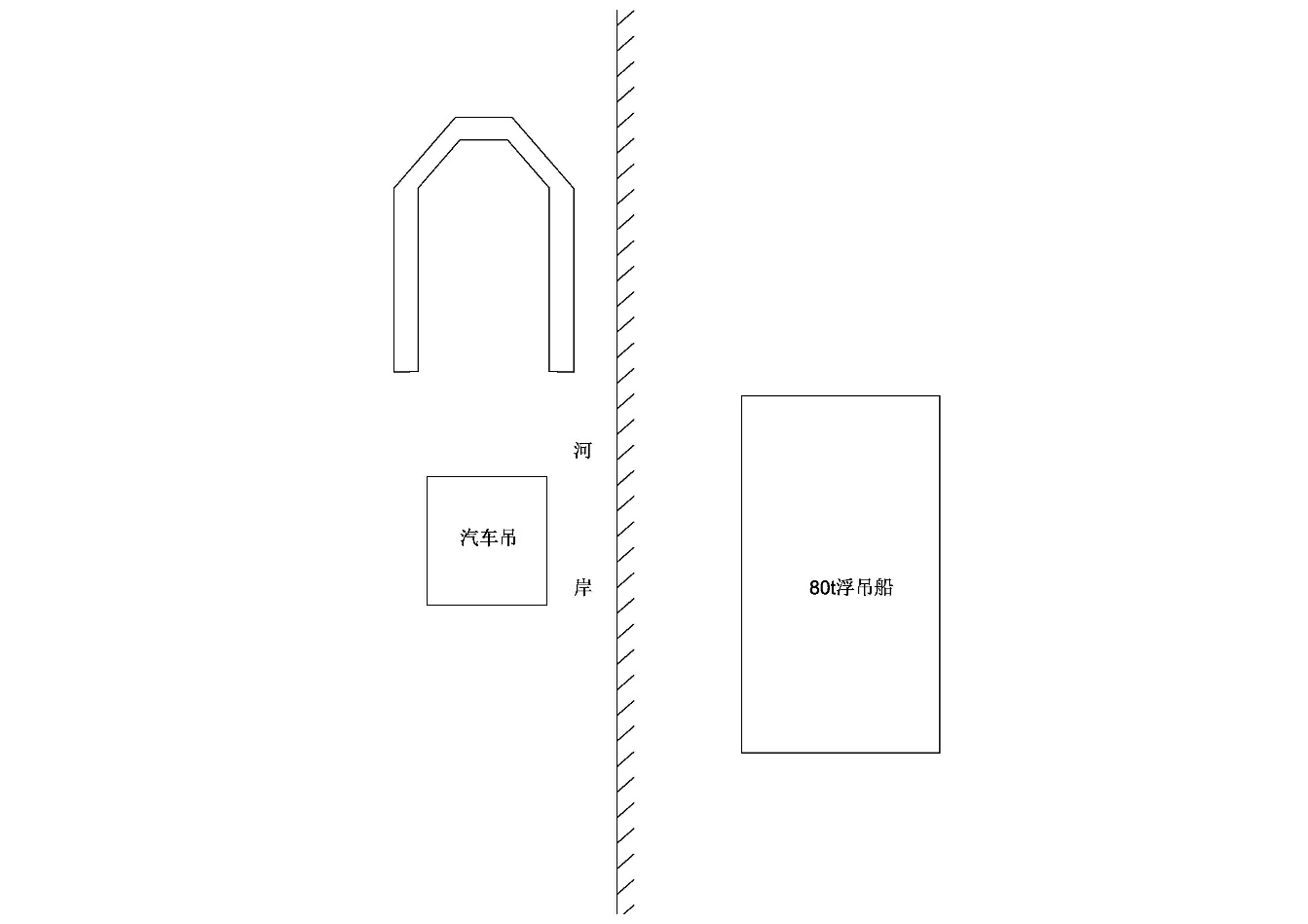
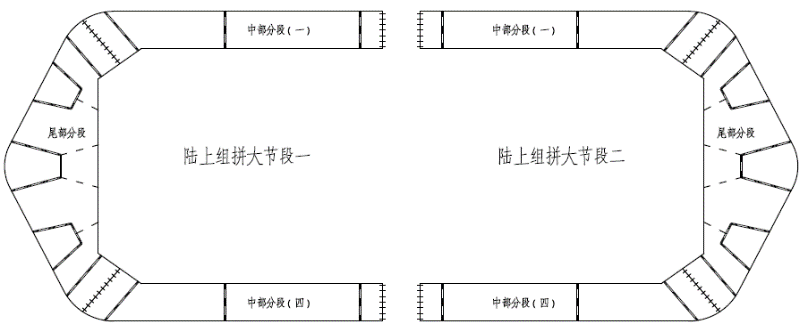
新型混杂纤维自浮式船撞防护装置单个节段总长偏差≤±10mm，总宽偏差≤±10mm，型深偏差≤±5mm，面板、底板、壁板不平整度均≤±3mm。

（4）防撞装置节段拼装

安装施工前，先进行桥墩的实际外形尺寸差的测量，并作为后续施工准备依据。现场施工尽量选择在晴天、风力较小的天气进行安装施工；施工时桥位处水流速度不宜高于2.5m/s。

预先在桥位附近码头水域将防撞设施单个节段通过螺栓连接进行拼装，组装出半个防撞设施，以便对接成整个防撞设施。

单个节段重量为0.5t-2t，采用50t汽车吊装，中部分段有3个吊点，尾部分段有6个吊点，人工配合多个吊点进行拼装。其中将中部一、四节段和尾部节段拼接成一个大节段，中部二、三节段和首部节段拼接成另一个大节段，两个单元体的相对位移尽量控制在“0”，确保锁口顺利衔接，最后将螺栓插入螺，如图4所示。

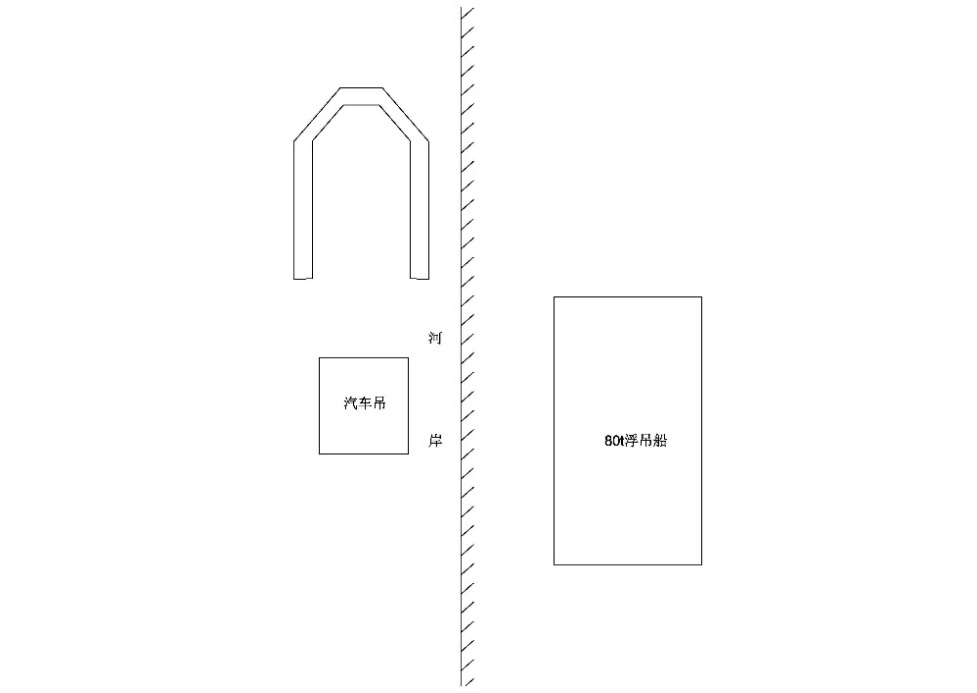
 

**图4-1组装过程的吊装站位图**  **图4-2大节段拼装示意图**

（5）大节段吊装入水

大节段入水前需观察水面情况，若出现大风天气、水面波浪过大、流速过大时，需停止施工，禁止在退水或涨水期间入水。

各个大节段拼接完成后，大节段重量为6t，采用80t浮吊吊装，浮吊作为现场工作船，人工配合多吊点进行下放，为保证每根钢丝绳均匀受力，起吊钢丝绳下端用夹子连接，以便调整其长度。起吊钢丝绳调整好后，浮吊将其整体吊起，下放过程中期间需缓慢进行，严格控制其倾斜、扭转、偏移。避免因下放速度过快导致防撞主体振幅过大而产生结构变形。大节段入水调平后重量控制在10t以内。新型混杂纤维自浮式船撞防护装置将在浮力的作用下漂浮在水面，此时处于非均匀吃水状态。



**图5 双机抬吊的站位图**

（6）大节段压载调平

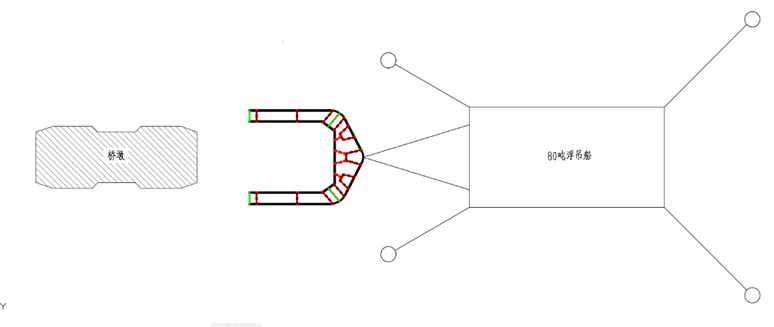
大节段水中调平采用水泵向浮箱内部注入压载水进行调平，注水期间需精准测量，技术人员注意使用全站仪和水准仪进行监控，严格控制防撞设施的垂直度。

调整大节段的吃水和大节段纵、横向的平稳及安全的稳心高度，平整度不大于3mm；避免压载不平衡，导致防撞设施主体结构的变形，引起过大的弯曲力矩与剪切力。注入压载水时需注意水量不能过多，注入的压载水体积不能多于舱室内部空间的2/3。

注入压载水调平后处于吃水平衡状态，防撞主体吃水深度控制在0.5m-1.2m以内。

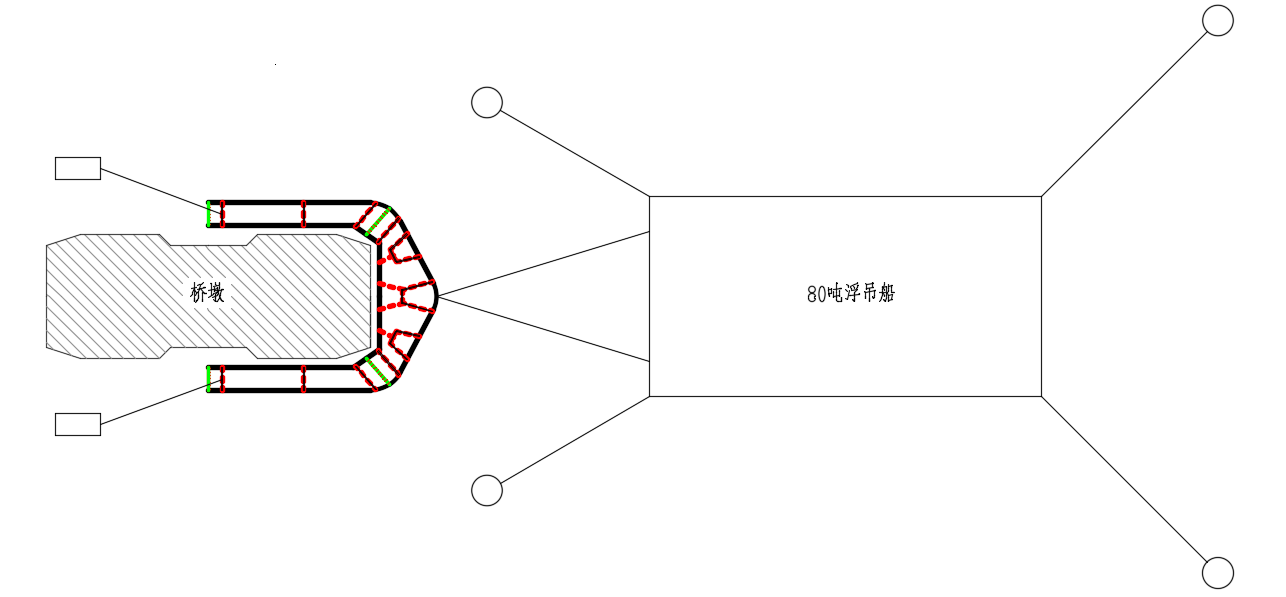
（7）大节段托运至桥墩处

浮吊船开到桥墩上游船和桥墩中轴线一致，沿桥墩左前方两边45度方向抛20米锚链，尾部沿后方两边30度抛40米锚链；用浮吊船吊起防撞主体至桥墩正前方位置，使其 “凹”形中线与桥墩中轴线对齐，如图6所示。



**图6 固定大节段**

浮吊船移走，达到下一浮体安装地点。用两辆拖轮分别固定防撞设施上、下侧，防撞主体正面用顶推船顶推靠进，两侧用拖船进行辅助拖拉定位，在拖轮拖动时，两艘拖轮速度和方向需一致，保证防撞设施的平衡性。



**图7 拖轮拖动防撞设施示意图**

（8）防撞装置精确定位拼装

大节段定位拼装前需观察水面情况，若出现大风天气、水面波浪过大、流速过大时，需停止施工，水位需比水中承台顶标高高出3m，将防撞设施大节段围绕桥墩固定，并进行另一大节段的拼装、入水及定位，调节两大节段整体平衡，将之实现对接。对接时，技术人员使用全站仪和水准仪进行监控，两个单元体如有高低、错位、晃动等，通过加载压载水调节整体平衡，加载压载水的过程中，须控制注水速度和水量，应缓慢注水，注水期间配合测量实时监控两个单元体的相对位移，加载压载水完成后，两个单元体的相对位移尽量控制在“0”，确保锁口顺利衔接，最后将螺栓插入螺孔，拧紧螺栓后便拼接成一个完整封闭的自浮式复合材料防撞设施系统。



**图8 钢基加工 图9 钢基加工完成**



**图10 材料进场吊装 图11 节段拼装**

**图12 单个大节段入水定位 图13 左右大节段压载调平**

**图14 大节段精准合拢 图15 单个防撞设施安装完成（1）**

**图1.2-9单个防撞设施安装完成（2） 图1.2-10桥梁防撞设施安装完成**



**图1.2-11防撞设施安装完成整体效果**

**3.应用效果**

衡阳市东洲湘江大桥工程和汕头市汕北大道（凤东路）龙湖段工程外砂河特大桥新型混杂纤维自浮式船撞防护装置采用本技术施工。分节段组装，重量轻，安装运输方便。充分利用自浮式防撞设施的特点，使之形成自稳定系统，进行节段组装和合拢组装，加快了施工进度，提高了施工效率。本技术与传统施工方法相比，在衡阳市东洲湘江大桥工程应用中节约工期9天，节约成本43.3万元，在汕头市汕北大道（凤东路）龙湖段工程外砂河特大桥中节约工期18天，节约成本83.8万元。

**4.推广应用前景**

在施工中经过多次测试，防撞装置可以通过自身形变对船体的产生外推力，使船舶偏离原航行方向并沿着防撞装置外围滑走，在保护桥梁免受损伤的同时，降低船舶的损伤，现已经掌握成套技术，并得以优化和推广，技术已经发展成熟，具有较强的可靠性和操作性。且在岸上进行防撞装置节段拼装，施工过程中，不影响航道的使用，且在施工中不产生噪音和粉尘，绿色环保，具有广阔的应用前景和推广应用价值。