DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260616

大吨位通航防撞钢套箱安装关键技术

李国亮
(中铁一局集团桥梁工程有限公司,重庆市 401121)

摘　要: 随着国家基础建设飞速发展,跨海、跨江、跨河湖工程施工逐渐增多,海港、江面、河湖的通航条件日趋复杂,对于屹立在海港、江面、河湖之上的桥梁墩台基础防撞保护俞为重要,以苍南巴曹跨海大桥主墩承台工程为实例,研究大吨位通航防撞钢套箱安装关键技术,通过改造既有海上施工作业钢平台、搭设拼装胎架、采用动静结合定位、正反牛腿支撑、多机协同吊装等技术创新措施,解决海上施工作业平台现场拼装、大吨位构件整体吊装下放、精准安装定位等难题,实现永临结合,提高施工效率、节约施工成本、保护桥梁墩台基础与通航安全,为同类环境下桥梁防撞钢套箱安装施工提供技术参考。

关键词: 跨海大桥;主墩承台;防撞钢套箱;现场拼装;整体吊装下放;安装定位
中图分类号: U445　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1009-7716(2026)11-0349-05

Key Techniques for Installation of Large-tonnage Navigation Anti-collision Steel Sleeve Box

LI Guoliang
(China Railway First Bureau Group Bridge Engineering Co., Ltd., Chongqing 401121, China)

Abstract: With the rapid development of national infrastructure construction, the construction of cross-sea, cross-river, cross-river and cross-lake projects is gradually increasing, and the navigation conditions of seaports, river surfaces, rivers and lakes are becoming increasingly complicated, which is important for the anti-collision protection of bridge pier base slab foundations standing on seaports, river surfaces, rivers and lakes. Taking the main pier base slab projects of Cangnan Bacao Cross-sea Bridge as an example, the key technologies for the installation of large-tonnage navigation anti-collision steel sleeve box are studied. By reconstructing the existing steel platforms for offshore construction, erecting assembled tire frames, adopting dynamic and static combination positioning, positive and negative corbels support, multi-machine collaborative hoisting and other technological innovation measures, the problems of on-site assembly of offshore construction platforms, overall hoisting and lowering of large-tonnage components, accurate installation and positioning, etc. are solved so as to realize the combination of permanent and temporary, improve construction efficiency, save construction costs, protect bridge pier and base slab foundations and navigation safety, providing technical reference for the installation and construction of bridge anti-collision steel casing containers in similar environments.

Keywords: cross-sea bridge; main pier base slab; anti-collision steel sleeve box; on-site assembly; overall hoisting and lowering; installation and positioning

0　引　言

近年来,我国跨海、跨江、跨河桥梁建设快速发展,桥梁水下基础施工技术不断进步,通航条件日趋复杂,桥梁墩台防撞保护愈发重要。防撞钢套箱兼具临时施工围堰与永久防撞设施功能,可实现永临结合,有效降低施工成本、缩短建设工期,已在大型桥梁工程中得到广泛应用。

目前,国内外学者对钢套箱施工技术已开展大量研究。文献[1-3]针对深水承台钢套箱的设计、拼装及下放工艺进行分析,提出了相应的质量控制措施;文献[4-6]聚焦大吨位防撞套箱吊装与定位技术,强调多机协同、精准测控的重要性;文献[7-9]对强潮差、复杂水文条件下钢套箱施工进行研究,形成了成套施工工法。但在实际工程中,大吨位钢套箱安装仍面临现场拼装空间受限、安装精度控制难、永临结构衔接差等突出问题,传统施工方法易出现定位偏差、工期延误等风险。

在此背景下,该文结合苍南巴曹跨海大桥为依

收稿日期:2026-06-02
作者简介:李国亮(1988—),男,学士,工程师,从事道路桥梁工程施工技术管理工作。

托，针对大吨位防撞钢套箱安装施工难题，开展安装技术研究与实践，形成一套防撞钢套箱胎架拼装、安装定位、吊装下放等全流程施工安装工艺，旨在为同类工程提供可复制的技术方案。

1　工程概况

苍南巴曹跨海大桥起点位于龙港新城友谊大道北侧，向南跨越渔港堤坝、巴曹渔港，终点接北岭山隧道。主墩承台为直径13.2 m圆形结构，配套防撞钢套箱侧壁宽1.2～1.6 m，顺桥向宽15.6 m、横桥向宽16.4 m，型深为6.3 m巨型双壁钢套箱，总重约130 t，兼具施工围堰与永久防撞功能。施工海域最大潮差7.3 m、最大风速32 m/s。受海上施工作业钢平台的限制，常规陆地作业平台大面积拼吊装无法开展，项目采用工厂分块预制、现场胎架拼装、整体吊装下放的施工方式。桥区受潮汐影响大，水流湍急、涌浪频发，再加航道边界限制导致作业空间狭小，施工受多重条件制约，安装过程需严格把控平面、高程与垂直度偏差，高标准保障施工安全、安装精度及通航与结构受力稳定。

2　防撞钢套箱安装重点难点

（1）受海上施工钢平台操作界面的限制，现场仅有拼装场地532 m²，分段大面积拼装局限性；分段胎架预拼后临时固定；最后一分段预合拢空间合理预留。

（2）防撞钢套箱在海上施工作业平台拼装完成后，在整体下放就位安装时达到设计轴线位置和顶面高程（即轴线位置顺时针旋转15.6°，设计顶面高程+5.8 m、设计底面高程-0.5 m）要求严格。

（3）大吨位防撞钢套箱整体吊装施工技术不成熟，施工经验少，施工难度大。

3　针对重难点采取技术创新措施

3.1　受限空间下大吨位钢套箱胎架拼装技术

改造现有海上施工的钢平台，即根据钢套箱施工空将承台部分（15.6 m×16.4 m）的钢平台拆除，重新利用25 t吊车配合振动锤插打钢管桩基础，搭设平台，并对四周剩余的钢平台进行加固，放样导向架位置与防撞钢套箱位置，插打防撞钢套箱导向架钢管桩。增设拼装胎架，采取分段在胎架上进行拼装，对已加工完成的8段防撞钢套箱按照S1~S8进行编码，拼装顺序为S1、S2—S7、S8—S5、S6—S3、S6进行分段拼装（见图1）。依据分段的收缩变形观测数据以及厂家预拼装的数据收集，在胎架精确把控合拢段的预留空间及位置，实现大吨位钢套箱在受限空间内高精度拼装。

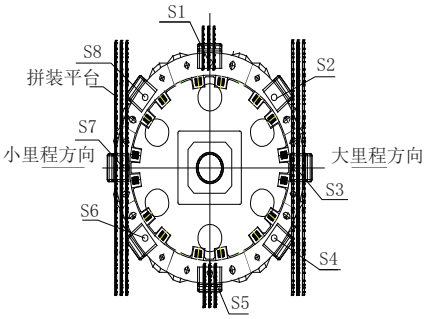


图1　分段拼装示意图

3.2　采用动静结合精准控制钢套箱安装定位技术

拼装下放采用动静结合定位技术，钢套箱下放至设计标高，定位采用正反牛腿相互支撑进行定位。即在钻孔桩钢护筒指定标高点焊接正牛腿，在钢套箱相应位置焊接反牛腿进行标高控制。拼装动态调整、下放静态锁定，结合正反牛腿精准咬合支撑，实现标高与平面位置一次到位，显著提升定位效率与精度。

3.3　大吨位构件多机协同安装控制技术

针对大吨位整体吊装施工，建立统一指挥、同频联动、同步起吊下放体系，解决大吨位构件吊装不同步、易变形、风险高的行业难题。采取总指挥一人，4台吊车司机配备同频道对讲机，观察员2人，巡查巡视5人，由具有高级吊装师证的高级技术人员担任吊装总指挥，统一调度、统一指挥。

4　大吨位防撞钢套箱安装关键技术

4.1　防撞钢套箱安装工艺流程

施工准备（防撞钢套箱分段加工）→测量放样→桩基施工钢平台改造→搭设防撞钢套箱拼装胎架→搭设临时钢围堰拼装胎架→安装临时钢围堰→分段拼装钢套箱→连接临时钢围堰与钢套箱→钢套箱底标高控制及导向架设置→整体下放钢套箱。

4.2　大吨位防撞钢套箱现场拼装技术

4.2.1　搭设钢套箱拼装胎架

搭设钢套箱拼装胎架，采用4个支撑点作为临时拼装固定点（见图2、图3）。垂直桥向支撑点底部采用2 cm厚钢板平铺平台上，在钢板上搭设三组6拼（18 m长）贝雷梁，贝雷梁上采用I25作为分配梁。顺桥向支撑点采用牛腿支撑+贝雷梁组合。垂直桥向

和顺桥向平台保持高度一致。

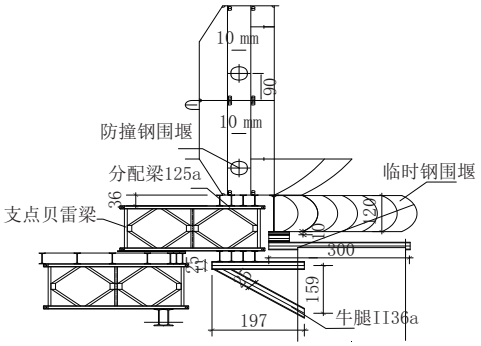


图2　顺桥向支撑点细部图(单位:mm)

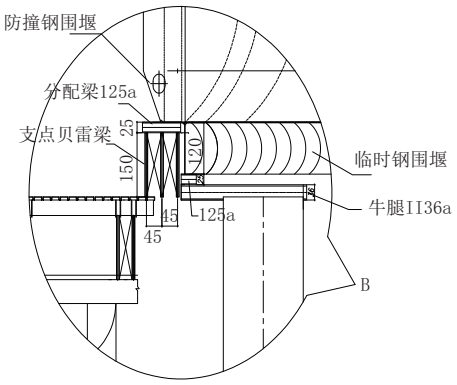


图3　垂直桥向支撑点细部图(单位:mm)

4.2.2　搭设临时钢围堰拼装胎架

搭设临时钢围堰拼装胎架,在靠近钢套箱侧的6个护筒上采用两层双拼II25a作为支撑点。双拼槽[ ]10作为调平层,见图4。

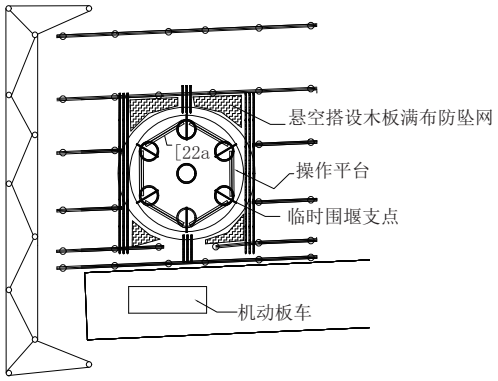


图4　临时钢围堰支撑示意图

4.2.2.1　临时钢围堰拼装

为了提前和缩短制作时间,钢围堰的制作在工厂进行,检查合格后运至现场起吊安装。临时钢围堰采用两台25 t吊车分片拼装,拼接缝必须满焊两遍,并检查有无夹碴,漏焊,孔眼等,做到不漏水。

4.2.2.2　防撞钢套箱拼装

为确保防撞钢套箱安装质量符合设计要求,将防撞钢套箱分8块分块吊装拼装,每块防撞钢套箱重约15 t(见图5、图6)。拼装按1/8块—1/4块—1/2块—1块的顺序拼装。由于受钢平台场地影响,根据现场实际情况,采用1台80 t吊车配合平板车将两个1/8块通过栈桥分别运至墩位处,采用两台100 t吊车在平台上拼装成1/4块,每块连接处采用高强螺栓连接。然后将1/4块起吊至防撞钢套箱临时支撑点处,每拼装成1/4块后,采用揽风绳将其固定。在防撞钢套箱内侧采用3根揽风绳与对应护筒相连接,外侧采用1根揽风绳与钢平台连接,揽风绳中间设有5 t倒链调节防撞钢套箱稳定性及垂直度。以此类推拼装成1整块。

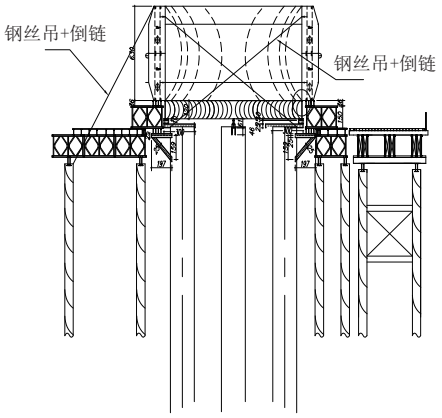


图5　防撞钢套箱拼装揽风图



图6　防撞钢套箱拼装图

4.3　动静结合精准控制钢套箱安装定位技术

为了控制防撞钢套箱下放垂直度和防撞钢套下放到底标高后不再下沉,在外侧6个钢护筒标高+0.5 m处采用2 cm厚的钢板焊接牛腿作为支撑点,在防撞钢套底部向上1.0 m处采用2 cm厚的钢板焊接牛腿作为反支撑点,两个牛腿支撑点必须保持同一垂直面上,防撞钢套下沉到位后,两个牛腿支撑点必须相吻合,保证防撞钢套不再下沉。

为保证防撞钢套下放过程中位置的准确,在6个钢护筒牛腿支撑点两侧焊接竖向钢管作为防撞钢套下沉的导向架(见图7、图8)。导向架与牛腿之间预留约3 cm间隙,保证防撞钢套下放过程中及下放到位后平面位置的准确。

4.4　大吨位构件多机协同安装控制技术

消能防撞钢套箱采用专业公司加工,分块加工。

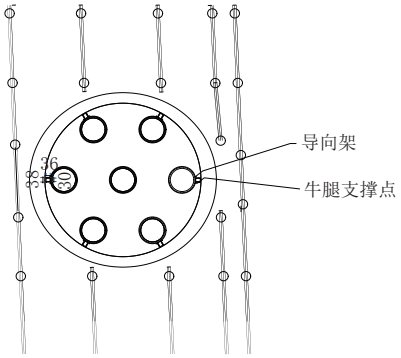


图 7　牛腿及导向架平面布置图

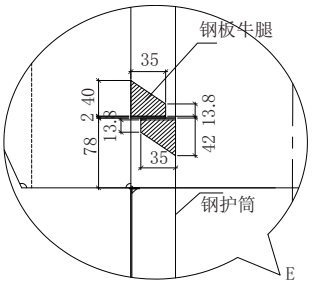


图 8　定位正反牛腿立面图

在施工现场进行拼装作业，拼装完成后进行整体下放。将防撞钢套箱与临时钢围堰拼装成整体后，合计总重 130 t。采用 4 台 100 t 吊车将防撞钢套箱与临时钢围堰整体吊起均匀下沉至标高处（见图 9 至图 11）。起吊后，拆除防撞钢套箱与临时钢围堰临时支撑点及揽风绳，使防撞钢套箱与临时钢围堰均匀下沉。钢套箱内海床的覆盖层内采取围堰内吸泥的方法使之下沉。用两台 ϕ250 cm 的吸泥机布置在钢套箱的中心附近同时对称吸泥，随钢套箱下沉深度的增加逐渐向刃脚方向移动。吸泥过程中由于吸泥机排水量大，用水泵向钢套箱内补水，并在钢套箱内外壁之间设立连通装置，以保持钢套箱内外水位差，防止内外水头差过大而引起刃脚翻砂。钢套箱下沉过程中，随时用全站仪/GPS 监控钢套箱顶面的 4 个点的平面位置和标高，发现偏位和倾斜及时纠正。

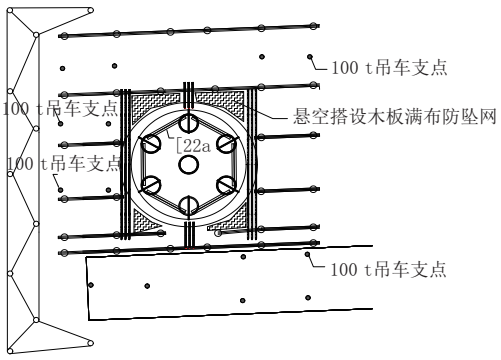


图 9　整体下放吊车站位布置图



图 10　现场吊车站位图

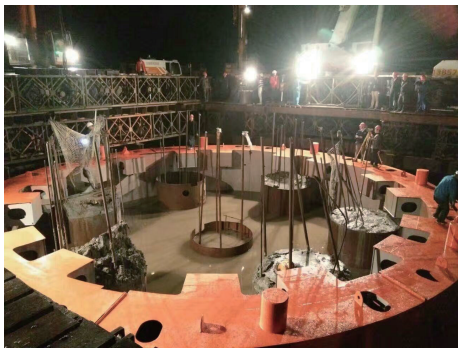


图 11　钢套箱安装完成图

5　实施效果与量化分析

本技术在苍南巴曹跨海大桥成功应用，实现钢套箱高精度安装，各项指标优于传统工艺，效果显著。

5.1　精度指标对比

对比传统施工工艺与本文优化技术的实测数据，统计各项指标优化提升效果如下：

平面偏差 12 ~ 15 mm≤5 mm，精度提升 67%；

高程偏差 8 ~ 10 mm≤3 mm，精度提 70%；

垂直度 1/200≤1/500，控制精度提升 150%。

5.2　工期与效益

（1）施工周期：较传统工艺工期缩短 30%。

（2）质量效果：钢套箱安装定位符合设计要求，止水一次成型，无渗漏；结构变形满足设计要求，后期维护成本降低 50%。

（3）安全与通航：全程无安全事故，吊装、下放作业快速完成，对航道通航影响时间缩短 40%。

6　结　语

巴曹跨海大桥顺利完成大吨位通航防撞钢套箱现场高精度的安装施工，成功攻克受限空间下胎架拼装、大吨位整体吊装、高精度定位等技术难题，实

现防撞钢套箱永临结合一体化应用，该技术适用于100～150 t级跨海桥梁防撞钢套箱施工，对受限空间下的大吨位构件安装具有推广价值，后续可结合BIM技术进一步优化吊装路径，提升施工可视化水平为公司及同行以后跨海、跨江等航道防撞钢套箱安装施工总结宝贵经验。

参考文献：

[1] 张晓元，宋世强，苏杰，等. 苏拉马都跨海大桥主桥钢套箱设计与施工[J]. 公路，2011(2)：141-142.

[2] 郑流强. 跨海大桥主墩承台有底钢套箱施工技术探讨[J]. 福建交通科技，2016(1)：114-115.

[3] 王涛，王昆锋. 哑铃型防撞钢套箱数值模拟及施工受力分析[J]. 冶金丛刊，2019，4(1)：126-127;130.

[4] 陈卫国，唐衡. 金塘大桥索塔墩1600 t防撞钢套箱安装施工技术[J]. 公路，2009(1)：126-127.

[5] 周坤，蒋俊辉，李旭东，等. 大连星海湾跨海大桥引桥设计——钢吊箱与钢套箱在浅水区施工方案比选[C]//第二十一届全国桥梁学术会议论文集(上册)，2014.

[6] 党权交. 舟岱跨海大桥主通航孔桥双层防撞钢套箱快速安装技术[J]. 施工技术，2021，50(11)：5-8.

[7] 刘华，唐斌华，李永重，等. 椒江二桥主墩防撞钢套箱施工技术[J]. 外公路，2012，32(2)：173-175.

[8] 张雪锋，叶以挺，吴刚，等. 某跨海大桥主墩承台防撞钢套箱设计与施工[J]. 中外公路，2019，39(6)：97-102.

[9] 包龙生，陶天阳，张远宝，等. 大体积桥墩防撞钢套箱施工仿真分析及关键技术[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版)，2019，35(6)：1051-1058.

[10] 吴锋，俞立新，时蓓玲. 杭州湾跨海大桥大型承台钢套箱施工过程受力分析[J]. 水运工程，2007(5)：93-97.

[11] 毛奎，王昌喜，左翼. 嘉鱼长江公路大桥南主塔桥墩深水钢套箱设计与施工[J]. 湖南交通科技，2018(2)：39-43.

[12] 贺新文，彭力军，刘晓东，等. 深水承台钢套箱结构设计与施工计算[J]. 中外公路，2004(5)：46-50.

[13] 项庆明，余昌平. 有底防撞钢套箱下放系统设计及施工[J]. 公路，2013，58(10)：102-109.

[14] 赵顺涛，潘军. 南京大胜关长江大桥6号主墩超大型钢套箱围堰下沉控制技术[J]. 世界桥梁，2008，36(3)：22-24.

[15] 李陆平，尤继勤，王吉连. 蔡家湾汉江特大桥深水基础钢套箱围堰施工技术[J]. 桥梁建设，2010，40(1)：59-62.

[16] 徐小祥. 钢套箱下沉施工控制技术[J]. 铁道建筑，2015，55(4)：22-26.

[17] 朵君泰. 跨海大桥5万吨级防撞钢套箱兼作围堰的永临结合设计[J]. 铁道建筑技术，2024(9)：67-71.

[18] 杨金龙，赵林，江群龙. 深水高桩系梁新型单壁钢吊箱围堰施工关键技术研究[J]. 中外公路，2024，44(6)：219-225.

(上接第308页)

[8] 黄靓，卢伟，虞业强，等. 一种桥梁钢销过盈配合安装装置：中国，CN202220797354.3[P].2022-07-15.

[9] 张勇. 重庆长寿长江二桥钢箱梁吊装关键技术[J]. 世界桥梁，2023，51(2)：34-38.

[10] 姚志安，唐茂林，刘健，等. 深中大桥钢箱梁吊装施工关键技术[J]. 世界桥梁，2025，55(3)：20-26.

[11] 柳佳希. 海中大桥工程中的钢箱梁安装施工技术[J]. 珠江水运，2025(6)：76-78.

[12] 崔一兵. 海洋环境下大跨度连续钢箱梁桥施工关键技术[J]. 世界桥梁，2025，53(2)：21-28.