

重庆港主城港区登船桥下部钢结构与顶部现浇纵横梁施工技术研究

唐磊

中交二航局第二工程有限公司, 重庆 400000

[摘要]在重庆港寸滩码头由货运向客运功能转型改造工程中,登船桥下部钢结构施工以及顶部现浇纵横梁的施工质量是本次项目的关键控制要点。工程存在现浇梁作业空间受限、水位变幅大(最大落差33.4m)、既有码头改造施工难度高等难点。基于此,将围绕工程的实际情况,对登船桥下部钢结构的制作、安装工艺以及顶部现浇纵横梁配套设施技术进行系统性的分析,在此基础上提出施工方案优化策略,加强质量管控,从而确保施工安全,提高工程的质量,以供参考。

[关键词]重庆港;登船桥;下部钢结构;现浇纵横梁;施工技术;货改客改造

DOI: 10.33142/ect.v4i3.19423

中图分类号: U45

文献标识码: A

Research on the Construction Technology of the Lower Steel Structure and Top Cast-in-place Longitudinal and Transverse Beams of the Boarding Bridge in the Main City Port Area of Chongqing Port

TANG Lei

China Communications 2nd Navigational Bureau 2nd Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: In the transformation and renovation project of Chongqing Port Cuntan Terminal from freight to passenger transportation, the construction quality of the steel structure under the boarding bridge and the cast-in-place longitudinal and transverse beams on the top are the key control points of this project. The project has difficulties such as limited working space for cast-in-place beams, large water level fluctuations (maximum drop of 33.4m), and high construction difficulty in the renovation of existing docks. Based on the actual situation of the project, a systematic analysis is conducted on the production and installation process of the lower steel structure of the boarding bridge, as well as the supporting facilities technology of the top cast-in-place longitudinal and transverse beams. On this basis, construction plan optimization strategies are proposed to strengthen quality control, ensure construction safety, and improve the quality of the project for reference.

Keywords: Chongqing Port; boarding bridge; lower steel structure; cast-in-place longitudinal and transverse beams; construction technology; goods to customers transformation

引言

国际邮轮母港建设需求随着邮轮产业的发展呈现出日益增长的趋势,对登船桥的技术与质量要求也不断提高。重庆港主城港区寸滩码头作为国内水位落差最大的直立式港口,拟打造国际一流邮轮母港,在整个改造工程中4座登船桥是关键环节。登船桥框架结构主要由下部钢结构与顶部现浇纵横梁构成,两者的施工质量对整体结构性能以及安全稳定性有着直接的影响。该工程存在水位落差大、施工作业空间受限、地质条件复杂等难点,在施工过程中,常规施工技术难以满足现场的需求。基于此,本文研究充分围绕工程的实际情况深入探讨施工方案、技术措施以及实施成效,为同类工程提供技术参考。

1 工程概况

1.1 项目总体概况

寸滩港位于重庆市朝天门下游约5公里的长江左岸,区位优势优越。寸滩港占用岸线长度约1.4公里,现为国内水位落差最大的集装箱货运直立式港口,港口长769m,宽30m,最大水位落差达到33.4m,集装箱港口泊位7个,

下河公路式商品汽车滚装泊位2个,长度669m。



图1 施工区域图

本工程将对原寸滩码头实施货运转客运的功能性改造(原货运码头最大为5000t级),建设一座高品质、国际一流、标志性建筑的国际邮轮母港码头。将寸滩港直立式集装箱码头改造升级为4个570客位豪华邮轮泊位,设计通过能力157万人次/年;将顺岸斜坡滚装码头改造升级为2个500客位两江游船泊位(兼顾1艘豪华邮轮泊位,不在本次招标范围),设计通过能力151万人次/年。相应

配套建设登离船系统以及配套设施。登船桥作为登离船系统的核心组成部分，共计 4 座，分别为登船桥 A、B、C、D，共计 4 处，登船桥处需将现有码头面拆除 30×11.2m 缺口，并设置前沿搁置钢结构框架，以满足登船桥搁置及运行要求。

1.2 施工环境与条件

本工程施工环境具有显著的内河港口特点：①水文条件：长江寸滩段水位季节性变化明显，最大水位落差达 33.4m；②气象条件：施工区域属于亚热带季风气候，夏季高温多雨，冬季温和湿润，暴雨、台风等恶劣天气可能影响施工进度与安全；③现场条件：施工区域位于原有码头改造地段，施工空间受限，且需兼顾原有码头部分区域的正常运营；④高空作业条件：登船桥框架施工标高从 191.5m 至 204.95m，且存在临边、临水作业，安全风险突出。

1.3 施工重难点分析及对策

结合本工程登船桥框架结构特点及施工环境条件，明确了施工过程中的两大核心重难点，提出针对性的解决对策，详见表 1。

2 关键施工技术研究及实施

2.1 桩基接长施工技术

前期已完成桩基础施工，桩顶标高为 191.5m，本次需将桩基接长至设计顶标高 204.95m，接长高度为 13.45m。

2.1.1 施工准备

桩基接长前，首先清除桩顶浮浆、杂物及松动混凝土，采用人工凿毛处理，确保桩顶混凝土表面粗糙。同时，检查桩基垂直度、混凝土强度，确认符合设计要求后，方可进行接长施工。此外，准备好接长所需的钢筋、模板、混凝土等材料，对施工人员进行技术交底，明确施工工艺与质量控制要点。

2.1.2 钢筋绑扎与连接

桩基接长部分钢筋采用与原有桩基相同规格的 HRB400E 级钢筋，钢筋长度根据接长高度确定，采用机械连接方式与原有桩基钢筋连接。钢筋绑扎过程中，严格控制钢筋间距、保护层厚度。同时，在钢筋外侧设置定位箍，确保钢筋垂直度与位置准确性。

2.1.3 模板安装

模板采用定型钢模，模板安装前进行除锈、涂刷脱模剂，采用人工配合起重设备进行，安装过程中调整模板垂直度，采用对拉螺栓固定模板，避免浇筑过程中出现漏浆、模板变形等问题。模板安装完成后，进行标高复核，确保桩顶标高符合设计要求（204.95m）。

2.1.4 混凝土浇筑与养护

桩基接长混凝土采用 C30 微膨胀混凝土，采用泵车进行浇筑，浇筑过程中分层浇筑，每层浇筑高度不超过 50cm，采用插入式振捣器进行振捣，确保混凝土密实。混凝土浇筑完成后，及时进行覆盖保湿养护，采用土工布覆盖，洒水养护，养护时间不少于 14d。

2.2 下部钢结构框架施工技术

下部钢结构框架由平联、附属结构组成，采用 Q355B 型钢加工制作，施工过程中需严格控制各环节质量。

2.2.1 钢构件加工与检测

下部钢结构采用 Q355B 钢材，钢材进场时需要检查出厂合格证以及相关质量证明文件，抽样检测钢材的抗拉强度、屈服强度等力学性能指标，检验合格后方可进行加工。钢材进场后应分类堆放，堆置高度不宜超过 2m。对于锈蚀的钢材，需进行除锈处理，除锈等级达到 Sa2.5 级，并涂刷底漆。

钢结构加工制作采用工厂化加工，现场拼装的方式，严格控制构件的下料精度，采用数控火焰切割设备进行下料。构件坡口加工采用机械加工方式，坡口表面无毛刺、裂纹等缺陷。采用二氧化碳气体保护焊，确保焊缝无气孔、夹渣等缺陷。同时，对构件进行除锈处理，及时涂刷两道环氧富锌底漆（干膜厚度≥80μm），一道环氧云铁中间漆（干膜厚度≥60μm），确保钢结构防腐性能。

2.2.2 钢构件运输与吊装

钢构件运输采用平板车，运输过程中根据钢构件的形状、重量进行合理摆放，采用钢丝绳、卡扣等进行固定。根据钢构件重量与安装高度选用合适的起重设备，吊装过程中，采用溜绳控制钢构件姿态，采用全站仪进行实时定位，确保钢构件安装位置、标高、垂直度符合设计要求。吊装就位后，及时进行临时固定。

表 1 施工重难点分析及对策一览表

序号	重难点分析	对策
1	现浇墩台为大尺寸整体现浇结构，构件排架跨度大（最大跨度 11.2m），施工过程中支架受力复杂，易出现沉降、变形，施工安全风险高，且影响现浇梁施工质量	（1）采用牛腿+型钢支架的施工工艺，利用原有桩基设置牛腿作为支架支撑点，选用型钢搭设支架体系；（2）搭设安全梯笼作为作业人员上下通道；（3）支架搭设完成后，采用砂袋分级堆载预压，预压荷载为设计荷载的 1.1 倍，消除支架非弹性变形，监测沉降数据；（4）支架搭设过程中，严格控制立杆间距、横杆步距，设置剪刀撑
2	活动登船桥框架施工存在高空、临边、临水作业，作业高度高、施工空间受限，且长江水位变化大，易发生高空坠落、物体打击、溺水等安全事故，安全风险高	（1）针对高空、临边、临水作业区域，搭设型钢操作平台，设置防护栏杆、安全网，作业过程中作业人员必须正确佩戴安全防护用品；（2）施工过程中实行项目部管理人员跟班作业制度；（3）施工前对原有码头结构进行检测，合理规划起重作业区域与路线，选用合适的起重设备；（4）建立水文监测机制，实时掌握长江水位变化，提前做好设备防护与人员撤离准备；（5）对作业人员进行专项安全培训与技术交底

2.2.3 钢结构安装与连接

钢结构安装按照“先平联、后附属”的顺序进行，安装过程中严格控制各构件的安装精度，相邻构件连接采用高强度螺栓连接，螺栓连接前对螺栓孔进行清理，确保螺栓孔无杂物、无毛刺，螺栓安装时采用扭矩扳手进行紧固，紧固扭矩符合设计要求，确保连接牢固。同时，采用超声波检测法检测焊缝内部质量，确保焊缝无裂纹、气孔等缺陷。

2.3 顶部现浇纵横梁施工技术

顶部现浇纵横梁采用 C30 混凝土，属于大尺寸整体现浇结构，采用牛腿+型钢支架法施工，具体技术要点如下。

2.3.1 支架搭设与预压

支架采用牛腿+型钢支架体系，牛腿设置在原有桩基顶部，采用 Q355B 型钢制作，牛腿与桩基采用螺栓连接。型钢支架采用工字钢、槽钢搭设，立杆间距、横杆步距严格按照施工方案执行，立杆底部设置垫板，顶部设置可调托撑，支架搭设过程中设置纵向、横向剪刀撑。

堆载预压荷载为设计荷载的 1.1 倍，预压材料采用砂袋，分层堆载，每级堆载完成后，静置 24h，监测支架沉降量。预压过程中，设置多个沉降观测点，实时记录沉降数据，当连续 24h 沉降量小于 2mm 时，视为支架沉降稳定，消除支架非弹性变形。

2.3.2 模板安装

模板采用底模竹胶板、侧模定型钢模，模板安装前进行除锈、涂刷脱模剂。底模铺设在支架可调托撑上，铺设过程中严格控制底模标高、平整度，底模接缝采用密封胶密封。侧模安装采用对拉螺栓固定，调整侧模垂直度，确保侧模与底模连接严密，模板安装完成后，进行标高、平整度、垂直度复核，偏差控制在规范允许范围内。

2.3.3 钢筋绑扎

钢筋在加工厂加工制作，根据设计图纸进行下料、弯曲，加工完成后运输至现场进行绑扎。严格控制钢筋规格、间距、保护层厚度，钢筋连接采用焊接或机械连接，连接接头需错开布置，符合规范要求。钢筋绑扎过程中，设置钢筋支撑、垫块，防止钢筋移位、变形。

2.3.4 大体积混凝土浇筑与温控措施

顶部现浇纵横梁浇筑过程中易产生温度裂缝，因此需采取有效的温控措施。混凝土采用商品混凝土，由专业搅拌站供应，浇筑前控制混凝土出机温度不超过 30℃，运输过程中采取保温措施，减少温度损失。

温控措施主要包括：①选用低热型混凝土配合比，掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料，减少水泥用量，降低混凝土水化热；②混凝土浇筑完成后，及时进行覆盖保湿，采用土工布+塑料薄膜覆盖，洒水养护；③在混凝土内部设置测温点，当温差超过规定值时，采取覆盖保温或洒水降温措施，防止混凝土产生裂缝。

3 施工质量与安全控制措施

3.1 施工质量控制措施

为确保登船桥框架结构施工质量，建立健全质量管理体系，实行“三检制”（自检、互检、专检），具体措施如下：

（1）材料质量控制：严格控制钢筋、混凝土等原材料的质量，进场时进行质量检测，严禁使用不合格材料。同时，加强材料储存管理，避免材料受潮、变质、损坏。

（2）施工工艺控制：严格按照施工方案与技术交底要求进行施工，重点控制桩基接长垂直度、钢结构安装精度、现浇梁模板标高、混凝土浇筑质量。

（3）质量检测控制：对桩基接长混凝土强度、钢结构焊缝质量等进行抽样检测，对检测不合格的部位，及时进行整改，整改完成后重新检测，直至合格。

（4）沉降与变形监测：在施工过程中，围绕工程项目的具体情况设置沉降观测点与变形观测点，实时监测桩基、钢结构框架及现浇梁的沉降与变形情况，记录观测数据，当沉降或变形超过规定值时，及时采取措施进行处理，确保结构稳定性。

3.2 施工安全控制措施

在高空、临边、临水作业区域，搭设防护栏杆、安全网，设置警示标志，作业人员必须正确佩戴安全帽、安全带、防滑鞋等安全防护用品。起重作业时，严格遵守起重作业操作规程，避免超载作业。施工现场临时用电采用 TN-S 接零保护系统，设置总配电箱、分配电箱、开关箱，避免漏电事故发生。建立气象监测机制，实时掌握恶劣天气信息，提前做好防范措施，确保人员与设备安全，对所有作业人员进行专项安全培训，明确施工过程中的安全风险与防范措施。

4 施工效果与验证

严格按照上述施工技术与控制措施执行，桩基接长混凝土强度、钢结构安装精度、焊缝、防腐涂层、顶部现浇纵横梁混凝土强度及外观等均达标合格。进度上，优化工序、同步施工、严控周期，按时完成核心任务，保障整体进度。安全上，严格落实措施，未发生安全事故，实现“零事故”目标，关键环节安全可控。现场监测表明，桩基沉降、钢结构变形、现浇纵横梁状况良好，结构稳定，满足运行要求，验证了施工技术可行可靠。

5 结论与展望

针对现浇纵横梁大跨度、高安全风险的问题，采用牛腿+型钢支架法施工，并进行支架堆载预压，能够提高支架稳定性，确保现浇梁施工质量与安全。桩基接长采用微膨胀混凝土，配合机械连接钢筋、定型钢模施工，确保桩基承载力满足设计要求。下部钢结构采用工厂化加工、现场吊装安装，配合全站仪实时定位，能够提高框架结构稳定性。另外，通过搭设防护设施、加强安全培训、建立恶劣天气应对机制等措施，能够有效防范安全事故发生。未

来,登船桥结构安装中可融入 BIM 技术、机器人焊接等智能化施工技术,研究新型环保、高效的防腐材料,提高施工效率与精度,延长登船桥钢结构的使用寿命。

[参考文献]

- [1]潘勇.桥涵工程钢筋集中加工标准化施工质量管理[J].建材与装饰,2018,14(45):248-249.
- [2]王新涛.桥梁桩基在复杂岩溶地段的施工技术[J].中国建材科技,2017,26(5):128-129.
- [3]张雪娟.水工大体积混凝土中低热水泥的应用研究[J].黑龙江水利科技,2023,51(11):105-108.
- [4]刘松.大体积混凝土水工工程施工中的温控措施探讨[J].水上安全,2023(13):194-196.
- [5]马富强,符昌胜,李海波.坝基垫层混凝土开裂原因及对策[J].长江工程职业技术学院学报,2023,40(2):18-22.
- [6]刘燕茹.水工结构中微膨胀混凝土后浇带防裂技术的应用[J].建材发展导向,2023,21(23):11-14.
- [7]崔红波,朱文帅.水闸底板基础大体积混凝土施工及质量控制[J].现代农业科技,2025(13):140-142.

作者简介:唐磊(1981.3—),单位名称:中交二航局第二工程有限公司,毕业学校:重庆交通大学。