

通过设计牵引管控和技术创新优化赋能设计企业 牵头海外码头总承包业务

刘俊生¹, 王鹏飞¹, 朱文彬², 朱俊²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

摘要: 海外现汇码头总承包工程具有管理要求国际化、技术方案综合、报批流程复杂、设计采购施工一体化程度高、实施工期紧等特点。国内设计企业积极“走出去”牵头海外码头总承包业务, 要充分发挥自身技术优势, 牢牢把握技术和设计在总承包工程全周期中的核心作用, 着力做好设计牵引管控和技术创新优化, 最终实现成本节约、工序优化、工期缩短和质量改善。本文以巴基斯坦某自动化集装箱码头堆场与房建工程为依托, 详细阐述、系统总结工程实施过程中设计牵引管控和技术创新优化的理念思路, 供设计企业开展海外码头总承包业务时参考。

关键词: 海外总承包; 设计企业; 设计采购施工一体化; 设计牵引管控; 技术创新优化

中图分类号: U692 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 02—0048—04

设计采购施工/交钥匙(EPC/Turnkey)工程总承包模式是海外现汇码头工程的常用模式之一, 该模式下的设计(Engineering)负责工程实施的整体统筹, 包含可行性研究、风险分析、设计筹划及管控、设备选型及供应商比选、分包策划等。EPC模式对承包商的技术能力提出了更高要求, 以技术见长的设计企业牵头海外码头总承包工程, 既能获得广阔的发展空间, 也将面临全新的挑战。

设计企业牵头海外码头总承包工程, 要牢牢把握

设计在总承包工程中的核心作用, 在策划、启动和实施过程中做好设计牵引管控, 彰显设计企业牵头引领的正向价值。本文以巴基斯坦某自动化集装箱堆场与房建工程为实例, 系统阐述总结设计企业牵头现汇海外码头总承包工程的理念与思路。

1 工程背景介绍

巴基斯坦某自动化集装箱堆场与房建二期工程位于巴基斯坦卡拉奇港, 是南亚地区首个自动化专业集

4.6 施工作业与波流环境之间的相互影响及对策

拟建工程位于椒江河口北岸、老鼠屿附近, 海域外围有众多岛屿掩护, 避风条件良好, 仅在台风期间风浪较大, 因此施工作业期间应注意防台。拟建工程水域涨落潮均为往复流, 流向基本与岸线走向一致, 潮流仅对临时栈桥(施工平台)的结构强度和稳定性有一定影响, 因此, 临时栈桥(施工平台)的设计和搭建应充分考虑潮流的不利影响, 以策安全。

5 结论

综上所述, 在施工期内只要保证加强与周边工程设施负责单位的沟通协调, 台州海螺水泥专用码头防撞设施的建设实施与过往船舶、码头生产运营、附近渔业码头及船厂之间的相互不利影响均可克服或降至最低限

度。施工单位应在充分踏勘调研的基础上, 根据周边水域环境编制详尽可行的施工组织计划及方案, 并加强现场监督管理, 做好警戒措施, 即可最大限度地避免意外事故发生。

参考文献:

[1] 易义礼. 施工水域通航安全风险识别与防控研究[D]. 辽宁: 大连海事大学, 2019年.

[2] 曹彩虹. 水工作业涉及的通航安全问题及对策[J]. 中国水运, 2010, (08): 22-23.

装箱深水码头工程。工程陆域总面积约 32 万平方米，二期扩建完成后码头的总体年设计吞吐量将达到 310 万 TEU。工程主要包括道路、堆场、给排水、消防、电气（含飞轮储能发电机组（孤岛电站））、通信控制、铁路、房建、冷藏箱架、自动化 eRTG 滑触线及磁钉安装等项次的采购与施工，其中管网综合、铁路、飞轮储能发电机组等系统性复杂的分项工程设计由承包商独立完成。工程平面位置见图 1，工程鸟瞰图见图 2。

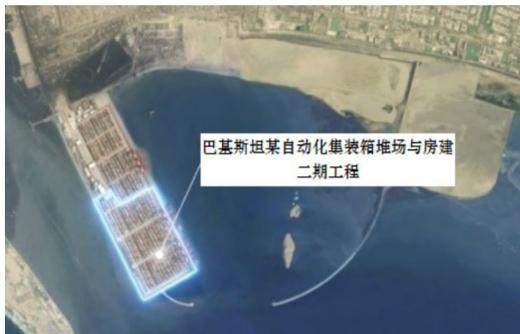


图 1 工程平面位置

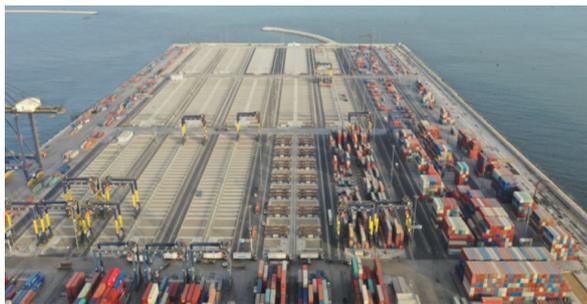


图 2 工程鸟瞰图（摄于 2021 年 7 月）

本工程由国内水运设计企业以总承建商的角色，组建总承包商项目部（以下简称“项目部”）负责具体实施。本工程具有综合性强、设计项次多、管理及技术要求高、实施工期紧、分块交付压力大和属地化强等特点，对承包商的资源调配、进度把控、技术管理、工序衔接等提出了较高要求。

2 设计牵引管控

2.1 提前介入，主动作为

本工程分为若干个相对独立的区块并分别规定有交付时间，第一批区块需在开工后 8 个月内完成交付，这要求承包商要在短期内完成工程前期筹备、资源调配、技术文件报批等重点工作，时间紧任务重。面对该情况，项目部充分发挥设计企业的技术优势，超前策划、提前介入、主动作为，在项目合同谈判期即调配了充分的技

术资源，建立前后方联动的技术筹备团队体系，高效完成了技术报批及文控体系搭建、关键技术文件筹划、提交物台账及报批计划编制等工作，顺利在开工后 2 个月内完成关键技术文件报批，为后续工程“大干快上”创造了基础条件。

2.2 积极优化设计施工方案，提出更优解

受制于现场条件、原材料供应等不确定因素，工程实施阶段往往会遇到困难施工项。相较于投入大量成本应对难以控制的外部问题，通过积极优化设计施工方案，提出更优解，避免受制在具体实施层面，往往是更加高效的解决方式。

本工程集卡主干道路面设计采用沥青混合料面层—水泥稳定碎石基层（沥青—水稳）结构。由于水稳材料对运输、铺设时间有着较高要求，需自建水稳拌合站，而水稳站搭建所需的时间和费用成本较高。同时考虑到当地原材料供应不稳定的属地条件，水稳的施工质量、进度亦难以把控。为此，项目部积极推动采用其他材料代替水稳。

在替代材料选择上，项目部充分发挥设计技术力量作用，通过比选混凝土、沥青结合料、级配粒料等材料，综合判断适用性、成本、属地原材料供应、质量控制等因素，确定选用级配粒料作为水稳替代材料；通过创新铺面设计计算方法，优化级配粒料层厚度，得到较为经济、合理的设计断面^[1]。

通过设计牵引，积极优化设计施工方案，快速确定并顺利推动路面结构调整，避免施工受到原材料供应不稳定等因素的潜在影响，确保工程进度、质量风险可控；同时，结合现场可实施性，选取合适的压实度、CBR 等质量控制标准，在技术源头上管控施工质量，取得了良好的工程效果。

2.3 立足工程思维，紧抓质量管控本质要求

海外总承包工程质量要求严格，咨工常根据各规范中最高标准对完工项次进行验收。设计企业作为总承包商，不仅要牢牢把握质量底线，熟知质量控制的具体要求，也要时刻以工程师思维深入理解各质量参数背后的理论和依据。在遇到具体争议时，要以质量为本质去分析问题，从而去更好地解决问题、消除争议。

本工程对沥青施工质量把控严格。对沥青混合料，咨工基于美沥青协会手册 MS-2^[2] 要求沥青饱和度 VFA 需达到 65%—75%，并根据巴高速公路管理局（NHA）

规范^[3]要求粉胶比为1-1.5。码头集卡主干道某路段实测VFA为55%-60%左右,粉胶比小于1,咨工据此不予验收。

为解决争议,项目部就相关指标进行深入研究。对沥青饱和度VFA,其大小取决于矿料间隙率VMA和空隙率Pa,计算公式为:

$$VFA=100\times\frac{VMA-P_a}{VMA} \quad (1)$$

为确保混合料中有足够空间容纳沥青和空隙,矿料间隙率不能低于规定的最小值,该最小值VM_{Amin}与矿料的最大公称粒径有关。对沥青磨耗层和基层,参照《公路沥青路面施工技术规范》^[4]和MS-2,确定VM_{Amin}分别为14和12。

码头集卡主干道属重载道路,为确保混合料表面不会因长期受重载而产生车辙,需要控制混合料中的沥青含量。低沥青含量下混合料空隙率Pa较大,这将导致VFA下降。相较于VFA,VMA是影响质量的关键指标。根据对混合料的实测结果,VMA满足要求。

另一方面,根据配合比试验,要达到65%-75%的VFA要求,所用沥青占比将会超过测得的最佳沥青含量(沥青磨耗层为4.18%,沥青基层为3.61%)0.5%以上。考虑到工程所在地处热带地区,增加沥青含量会让沥青混合物柔软,并导致路面泛油(bleeding),反而不利于工程质量。

针对粉胶比,MS-2要求需控制该比例在0.6-1.2范围内,以保证沥青混合料的和易性。按照NHA采用过高的粉胶比会导致产生大量细小裂缝。对原材料的取样结果显示粉胶比在0.6-1.2范围内,满足要求。

综合以上,项目部对咨工要求提出异议,指出片面追求单一指标反而会影响整体质量(抗车辙能力下降、路面泛油、不利于混合料和易性等)。通过紧抓质量本质,最终顺利调整相关不合理验收指标,保证现场施工不受影响。

2.4 分包设计管理

专业设计分包受于自身角色限制,往往更多关注其设计的规范符合性、安全性、管理性,但对方案的可实施性、经济性和适用性关注不足。设计企业作为总承包商,要站在整体工程的角度,向设计分包精准传递现场情况及各方诉求,确保其设计满足工程需要。同时,设计企业可充分发挥技术优势,分析业主要求、工程特点,提出有针对性的技术方案,指导设计分包在设计过

程中吸收落实。

本工程的铁路设计由专业铁路设计院承担。项目部基于对码头铁路装卸线的理解,在诸如道床结构、道岔选型、钢轨曲线段接头方式、铁路排水、线路闭塞、信号制式等方面对设计分包提出了因地制宜的技术方案和调整意见,在满足业主核心功能的前提下,有针对性地开展设计优化,确保设计质量可靠、成本可控。

对专业设计分包的管控是海外码头总承包工程的核心内容,也是体现设计牵引管控的关键环节。设计企业要充分发挥好自身技术优势,在满足业主功能需求的主要前提下,通过有效的设计管控创造价值。

3 技术创新优化

3.1 推动中国标准、技术、产品和相关配套走出去

项目部在工程实施过程中,积极推广中国标准、引进中国技术,并带动采购中国产品和相关配套。在最初针对承包商负责设计建造的飞能储能式孤岛电站及铁路分项工程的方案沟通环节中,项目部便提出了采用中国标准、技术和产品的中国方案。在铁路设计过程中,除轨道信号确实需要采取当地制式外,其余所有的道床设计、计算方法等均采用中国标准进行;在工程采购环节上,除砂石料、沥青混凝土和钢筋等主要地材为当地采购外,电气高低压柜、变压器、储能式孤岛电站、通信控制、铁路、自动化eRTG滑触线等成套设备均采用中国产品和相关配套。通过技术创新引领,成功推动中国标准、技术、产品和相关配套走出去,有效保证了工程质量和实施进度,取得了良好的工程效果。

3.2 采用BIM数字化手段,提高工程实施品质

在本工程实施过程中,项目部充分发挥设计院技术优势,采用BIM技术手段,克服了自动化集装箱码头地下管网系统复杂、管线密集、相互干扰大,施工项次繁杂,分区块交工等困难,成功快速搭建起堆场结构及管网整体模型。

工程原设计中的各专业管线冲突严重,而BIM技术的应用有效代替了以往效率低下的人工排查模式,极大提高了管网综合设计的效率。通过应用BIM技术优化方案,在设计时充分考虑现场可实施性,将施工阶段问题前置,合理安排施工顺序,减少潜在返工风险,通过提高设计品质达到节约工期、降低建设成本的目的。

采用BIM数字化手段,加快设计报批步伐,将原

计划 8 个月的设计报批工作压缩至 2 个月内完成，为工程快速启动奠定基础；管网综合设计过程中，检查碰撞点 325 个，并通过可视化手段，提前解决各类冲突问题；施工过程中，利用 BIM 平台合理安排施工顺序，确保现场不出现管网返工情况。

3.3 走进科技前沿领域，研究应用发电机（孤岛电站）飞轮储能技术

当地市电供应不稳，业主采用主要由中速柴油机组组成的自建电站供应码头用电。由于大机设备负载波动大，常规中速机组难以克服和响应，码头的正常运营受到一定影响。为此业主要求增设经特别设计的发电机组应对负载波动。

如何提高孤岛电站对负荷波动的应对能力是一个在世界范围内都鲜有有效解决方案的前端问题，具有极高的技术含量与难度。项目部在投标阶段即对此展开科技研发立项，经过充分的技术论证，决定采用国际先进的飞轮储能技术，确保电力供应安全可靠、稳定运行，满足业主运营需求。经过几轮专项技术讨论，业主认可了我方方案。

通过正确选用合适的高速柴油发电机组，并增设飞轮提高机组转动惯量，确保机组在设计突加负荷下稳定运行，降低输出电压和频率的变化率，提升供电质量。该发电机组的设计、安装、调试工作顺利通过国际咨询公司必维（Bureau Veritas）的系统审核，并成功开展了与一期发电机组的并网测试和联合试运营，现已顺利交付业主，运行状态良好。

飞轮储能技术的专项科技研发突破了码头孤岛电站应对较大波动用电负荷的核心技术，可有效提升码头应对负荷波动的能力，提升燃油效率，具有良好的经济性、可靠性和示范效应，对在供电不稳地区建设的码头工程具有显著的推广价值和应用前景。

3.4 充分开展各项技术优化，改善工程质量

项目部以技术为牵引，以方便业主运营为基本出发点，引导多方面的技术优化，达到提质增效的管控目标。

业主原电气管线设计复杂，在 eRTG 滑触线、箱式变电站附近设置了大量井室，线路杂、弯折多，同时箱变并未设计有满足电缆接入空间需求的相应基础。工程伊始，项目部针对原电气设计进行深入研究，论证相关设备对高低压电的接入需求，将电气管线截弯取直，取

消多余井室，优化管网布置（见图 3），并重新开展箱变基础设计。该技术优化大幅减少电缆弯折次数，取消多余高低压井室，改善箱变电缆的接入性，提高了工程质量，加快了工程进度。

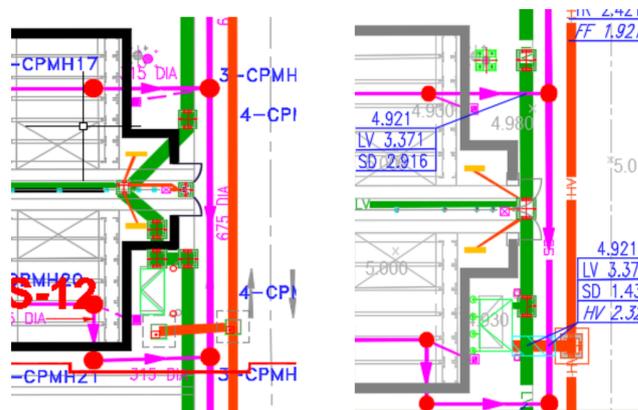


图 3 管网优化（部分，左图为业主原设计，右图为调整优化后管线及井室布置）

4 总结

设计企业牵头海外现汇码头总承包业务，要最大化发挥技术优势，牢牢把握技术和设计在总承包工程全周期中的核心作用。本工程项目团队通过提前介入、主动作为，从技术高度做加法、抓本质，以工程思维为项目把好技术关，进而有效开展设计牵引管控；通过科技创新、把握技术亮点，推动中国标准、技术走出去，实现 BIM 技术、发电机飞轮储能技术落地，并充分开展各项技术优化，实现真正意义上的技术创新引领。工程自开工以来相继取得 2 个月完成关键技术文件报批、提前 1 个月完成首个节点区块交付、疫情挑战下平稳交付后续区块的系列重要里程碑。扎实做好设计牵引管控和技术创新优化，彰显了设计企业牵头引领海外码头总承包业务的核心技术优势和正向价值。

参考文献：

- [1] 王鹏飞, 田渊, 蔡伟. 沥青一级配粒料铺面在境外欠发达地区港口上的应用 [J]. 水运工程, 2022.
- [2] Asphalt Institute. MS-2 Asphalt Mix Design Methods [M]. Lexington: Asphalt Institute, 2015.
- [3] SAMPAK International (Pvt) Ltd. National Highway Authority General Specifications [S]. National Highway Authority, 1998.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 公路沥青路面施工技术规范: JTG F40—2004 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.