



离岸式高桩码头混凝土浇筑工艺

汤凤春, 赵洪力

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 针对离岸码头混凝土浇筑水上施工存在施工难度大、受天气和海况影响大、施工进度及成本难以控制等难点, 某30万吨级原油码头工程通过使用小型特制设备、混凝土地泵、混凝土泵车及多功能船等船机设备, 实现一系列水陆结合的水上混凝土浇筑工艺的组合, 并将部分混凝土浇筑由传统的水上船机作业转为陆上作业, 提高施工效率, 降低施工难度, 节约施工成本, 并保证了施工安全和工程质量。

关键词: 离岸; 高桩码头; 水上混凝土浇筑; 工艺组合; 特制设备

中图分类号: U 656. 1+13

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)10-0245-03

Concrete pouring technique of offshore high-pile wharf

TANG Feng-chun, ZHAO Hong-li

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: In view of the difficulties in construction, weather and sea conditions, as well as construction progress and cost control during concrete pouring on water for the offshore terminal, we use small special equipment, concrete pumps, concrete pump trucks and multi-functional boats to realize a series of water and land combination of water concrete pouring process, and transfer part of the concrete pouring from traditional water boat operation to land operation in a 300,000-ton crude oil terminal project to improve the construction efficiency, reduce construction difficulties, save construction costs, and meanwhile ensure construction safety and project quality.

Keywords: offshore; high-pile wharf; concrete pouring on water; process combination; special equipment

近年来, 港口建设逐渐向离岸化、深水化、大型化发展^[1], 离岸码头水上混凝土施工难度不断增加。传统的离岸码头水上混凝土浇筑多采用混凝土搅拌船的水上混凝土浇筑工艺^[2], 不能较好地解决水上混凝土作业点多、面宽的经济性问题; 采用固定灰罐的方驳运输水上混凝土^[3]和自卸汽车或翻斗车陆上运输混凝土又无法较好地保证混凝土的质量, 且引桥通道没有足够的施工作业面; 传统的工艺已很难保证水上管廊支架混凝土浇筑施工的安全和进度要求。本工程通过一系列水上混凝土浇筑工艺的组合应用, 降低水上混凝土的施工难度, 保证施工安全和质量, 控制施

工成本。

1 工程概况

工程位于湛江市东海岛, 建设1座30万吨级原油码头及相应配套设施。码头采用蝶形布置, 泊位长440 m, 为钢管桩结构的高桩码头。码头由1座工作平台、2座靠船墩、6座系缆墩组成, 设计底高程为-24.2 m, 设计顶高程为8.5 m; 引桥全长1326 m, 宽12 m(行车通道宽3 m), 为PHC桩的高桩梁板结构, 引桥顶面高程为9.50 m, 排架间距为8.0 m(图1)。混凝土浇筑工艺见表1。

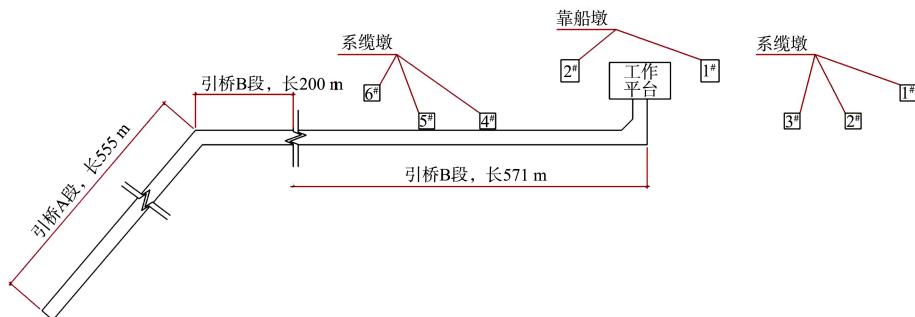


图 1 码头平面布置

表 1 混凝土浇筑工艺

工艺名称	工艺介绍	船机设备	适用部位
地泵接力陆上浇筑混凝土	引桥上使用地泵接力浇筑混凝土	2 台混凝土地泵, 理论输送距离分别为 550 m 和 350 m	引桥 A、B 段前 200 m 横梁、固定墩、面层
多功能船水上浇筑混凝土	多功船运输混凝土, 多功船上的履带吊和吊罐卸料方式浇筑混凝土	2 台 600 t 方驳; 2 台 75 t 履带吊	1#~3#系缆墩、1# 和 2#靠船墩
地泵接力结合多功能船的水陆结合浇筑混凝土	陆上: 罐车运输混凝土, 通过卸料平台将混凝土卸至小罐车, 小罐车运输混凝土, 引桥上使用地泵接力浇筑混凝土; 水上: 多功船运输混凝土, 多功船上的履带吊和吊罐卸料方式浇筑混凝土	特制 3 m ³ 小罐车; 2 台混凝土地泵理论输送距离分别为 550 m 和 350 m; 1 台 600 t 方驳; 1 台 75 t 履带吊	引桥 B 段后 571 m 梁、固定墩、面层、4#~6#系缆墩
特制小型泵车浇筑混凝土	罐车运输混凝土, 通过卸料平台将混凝土卸至小罐车, 小罐车运输混凝土, 引桥上使用地泵接力浇筑混凝土	特制 3 m ³ 小罐车; 特制 28 m 小泵车	管廊支架
泵车结合多功船的水陆结合浇筑混凝土	陆上: 罐车运输混凝土, 通过卸料平台将混凝土卸至小罐车, 小罐车运输混凝土, 引桥上使用地泵接力浇筑混凝土; 水上: 多功船运输混凝土, 多功船上的履带吊和吊罐卸料方式浇筑混凝土	特制 3 m ³ 小罐车; 混凝土泵车; 1 台 600 t 方驳; 1 台 75 t 履带吊	工作平台

2 混凝土施工工艺

根据自然条件及施工经验, 雷州半岛 6—10 月为雷暴及台风多发季节, 而 11 月至次年 1 月受东北季风影响较大。如果完全依靠水上运输混凝土, 则施工效率较低, 难以保证水上混凝土施工的连续性。本工程水上混凝土施工总量约 2.3 万 m³, 码头工作平台单次最大混凝土浇筑量为 1 400 m³。根据总体计划安排, 码头主体工程施工期为 2018 年 3 月—2019 年 1 月。经过对工期、海况和天气等环境条件及工程特点、船机设备等资源组织、施工成本等综合分析, 采用一系列水陆结合的施工工艺浇筑水上混凝土, 并且根据施工部位变化动态调整浇筑工艺。

2.1 地泵接力混凝土浇筑工艺

引桥长 1 326 m, 宽 12 m(行车通道宽 3 m)。引桥施工线路长, 桥面狭窄, 故借用临时架设的人行钢便桥作为地泵管通道, 采用理论输送距离

分别为 550 m 和 350 m 的 2 台混凝土地泵接力浇筑引桥 A 段和 B 段前 200 m 横梁、固定墩和面层混凝土。

当施工部位超出接力地泵输送的最远距离 755 m 时, 地泵逐渐向前调整推进, 采用特制 3 m³ 混凝土搅拌罐车配合运输混凝土, 通过运输能力及最大运距计算, 本工程配置 4 台 3 m³ 混凝土搅拌罐车。

2.2 多功能船水上浇筑工艺

码头墩台混凝土的施工难点: 1) 墩台施工远离陆域, 混凝土水运和陆运输时间都较长; 2) 单次混凝土浇筑方量大, 达到 1 400 m³; 3) 水上混凝土浇筑受天气和海况影响大; 4) 混凝土分块、分层浇筑控制难度大。

靠船墩、1#~3#系缆墩远离码头工作平台和引桥, 只能采用多功能船水上浇筑混凝土的施工工艺。多功能船由固定混凝土搅拌罐和履带吊车的 600 t 平板方驳组成^[4], 兼具运输施工材料(含混

混凝土)和起重功能, 其中 1 艘设置 3 个混凝土搅拌罐, 总容量 48 m^3 (3 个容量 16 m^3), 呈“品”字形布置, 并配备 1 台 75 t 履带吊车; 另 1 艘设置 2 个混凝土搅拌罐, 总承容量 24 m^3 (容量 16 和 8 m^3), 呈前后布置, 并配备 1 台 75 t 履带吊车。使用钢架将搅拌罐和履带吊车固定在方驳上, 并进行受力和船舶稳定性验算。在多功能船到达指定位置抛锚(或带缆)驻位后, 使用固定在方驳上的 75 t 履带吊车吊运容量 2.5 m^3 吊罐卸料方式浇筑混凝土(图 2)。



图 2 多功能船水上吊罐浇筑系统墩墩混凝土

为充分提高船舶使用率, 减少其他船舶配置数量, 在混凝土浇筑的间歇期, 使用多功能船进行水上承重系统、钢模板的装拆作业及钢筋等施工材料运输和装卸作业。

2.3 特制小型泵车浇筑工艺

水上管廊支架混凝土浇筑难度较大的主要原因: 1)管廊支架高度较高, 距水面高 $8.9\sim23.1 \text{ m}$; 2)施工作业面狭小, 引桥横梁之间为镂空结构, 管廊支架的施工作业面宽度只有 2 m (引桥横梁的宽度); 3)施工通道狭窄且唯一, 引桥行车通道净宽只有 3 m 。

经论证, 水上吊罐浇筑混凝土工艺施工安全难以保证, 并且受天气、海况影响较大, 不能保证管廊支架的施工进度; 常规的混凝土搅拌罐车和泵车无法通行和驻位在 3 m 宽的引桥行车通道上, 且引桥可承受的最大通行荷载为 250 kN , 也不能满足施工条件; 地泵浇筑混凝土施工工艺难度更大, 方案可行性较差。因此, 本工程使用特制 3 m^3 搅拌罐车运输混凝土, 采用臂长 28 m 的小型混凝土泵车泵送(自重力约 200 kN , 满足引桥通道荷载要求, 支腿最大长度按排架距离 6.8 m 定

制)浇筑管廊支架混凝土的施工工艺。

2.4 泵车结合多功能船的水陆结合浇筑工艺

工作平台混凝土总量 4011.25 m^3 , 共分 3 层浇筑, 单层混凝土浇筑最大量为 1400 m^3 , 采用单一的混凝土运输方式无法满足混凝土供应速度。因此, 采用水陆结合的施工工艺浇筑工作平台混凝土。水上采用多功能船配吊罐浇筑; 陆上采用 4 台 3 m^3 混凝土搅拌罐车运输, 泵车浇筑。

经过施工方案论证和混凝土浇筑效率分析, 水上混凝土浇筑效率平均为 $13 \text{ m}^3/\text{h}$, 日浇筑 312 m^3 ; 陆上混凝土运输效率为 $15 \text{ m}^3/\text{h}$, 日浇筑 360 m^3 。经推算, 浇筑 1400 m^3 混凝土需要 50.1 h , 混凝土浇筑实际时间为 52 h , 与理论推算基本一致, 说明施工方案可行。

工作平台大体积混凝土施工^[5]措施: 1)混凝土浇筑连续作业 50 h , 施工前充分考虑天气、海况等因素可能造成混凝土施工不连续, 确保施工安全和混凝土施工的连续性; 2)夜间混凝土浇筑速度较慢, 施工中须确保充足的照明, 通过采取合理分块、分层, 调整混凝土初凝时间, 保证混凝土接茬能有效搭接, 保证混凝土施工质量; 3)在施工前, 认真检查施工机具和设备的完好性; 在施工过程中, 保证各级人员到岗, 以备处理突发情况; 4)对施工方案的安全性、合理性及可行性进行论证, 对特制设备(小型混凝土罐车和小型混凝土泵车)进行承载力核算。

3 结语

1)与传统的混凝土浇筑工艺相比, 使用特制小型混凝土搅拌车运输, 较好地保证了混凝土的质量。

2)使用特制小型混凝土泵车浇筑, 不但解决了管廊支架施工场地受限和水上混凝土高空作业的施工难题, 还确保了管架混凝土的施工安全。

3)使用特制小型混凝土设备将部分混凝土由水上运输改为陆上运输, 减少天气、海况等自然条件对水上混凝土浇筑的影响, 保证码头主体工程的施工期。