



高大船闸闸室墙体快速施工技术

赵宪良

(中交天航南方交通建设有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 结合船闸工程实例, 针对闸室墙体高大、支模困难、混凝土难入仓的问题, 进行了混凝土结构质量控制、模板支立、混凝土入仓方式的研究。采用墙体混凝土结构分层浇注、移动式架体模板支撑架支立模板、混凝土经转向管入仓等方法, 在安全、可靠、快速施工的同时, 提高混凝土结构工程质量、缩短工期、降低成本, 提高工程效益。为高大混凝土墙体结构施工和质量控制提供参考。

关键词: 船闸; 高大墙体; 快速施工; 安全

中图分类号: U 641.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0123-06

Rapid construction technology for high lock chamber wall of ship lock

ZHAO Xian-liang

(CCCC TDC Southern Communication Construction Co. Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: By investigating an actual ship lock project, this paper focuses on the quality control of concrete structures, formwork erection, and concrete warehousing methods to solve the problems of the high lock chamber wall, difficult formwork erection, and difficult concrete warehousing. By adopting the methods of layered pouring of concrete wall structures, formwork erection by a formwork support frame with a mobile frame body, and concrete warehousing through the bogie pipe, the paper improves the engineering quality of concrete structures, shortens the construction period, reduces the cost, and promotes the engineering benefit on the premise of safe, reliable, and rapid construction. This paper can provide a reference for the construction and quality control of high concrete wall structures.

Keywords: ship lock; high wall; rapid construction; safety

1 工程概况

某船闸工程闸室整体为坞式结构, 总长度 234 m, 沿长度方向每隔 15.6 m 分段设沉降-伸缩缝。闸室墙口宽 23.2 m, 净宽 23.0 m, 迎水面布置 10 cm 厚钢护木。闸室墙顶高程 41.86 m, 胸墙顶高程 42.81 m, 底板厚 2.8 m, 闸室墙底宽 3.8 m。

2 闸室墙施工特点

闸室墙高 12.66 m (不含胸墙)、单节长度 15.6 m, 模板高大、支立难度大。墙身迎水面垂直度要求前倾为零, 后倾为 $H/1\ 000$ 且不大于

15 mm; 墙顶前沿线位置为 10 mm、平整度要求迎水面为 10 mm, 相邻段错台允许偏差 5 mm^[1]。墙身迎水面外观质量要求高。

闸室墙身(不含胸墙)为大体积混凝土, 单节混凝土浇注方量为 780 m³。对其连续浇注工艺的严谨性、合理性、规范性以及混凝土本身质量均要求较高。

闸室墙顶口宽度为 0.9 m, 混凝土入仓困难, 特别是要求在高空长距离连续布料时, 需要专门设计。

闸室墙有 15 个结构段, 墙体对称, 便于单节两侧同步浇注以及组织流水施工。

收稿日期: 2022-07-11

作者简介: 赵宪良(1975—), 男, 高级工程师, 从事港口及航道施工管理工作。

3 施工方案

3.1 整体思路

针对闸室墙体结构数量多、可形成流水作业的情况，采用滑模施工工艺确保施工流水作业，工作饱和、有序。针对墙体一次性浇注混凝土方量大，易产生裂缝、砂斑、砂线的问题，采用降低混凝土浇注施工难度以及降低产生大体积混凝土通病^[2]的可行性措施、技术和工艺，确保了墙

体混凝土构件线型顺直、光洁、平整。

3.2 细化、措施

3.2.1 模板支立

采用移动支架滑模工艺，首先搭设支架，其次将分片模板拼接成一体后在支架上架设模板，最后经过一次模板吊装，达到整体移动模板的目的。与传统方案的成本、工效比较见表 1。

表 1 工艺成本比较

工艺类别	人工工效/ (日·段 ⁻¹)	人员数量/ 人次	人员工作时间/ 月	工日/ 元	人工成本/ 万元	机械数量	机械月租/ 万元	台班/ 万元	机械成本/ 万元	支架成本/ 万元	工期 处罚/ (万元·月 ⁻¹)	修复 占比/ %	备注
传统吊机	21	20	10.5	200	126	1	10.5	2.5	26.3	0	30	>5	模板修复按 50%更新
移动支架	7	8	3.5	200	17	1	0.5	2.5	1.3	120	-	1	-
差值	-	-	-	-	109	-	-	-	25.0	-120	-	-	-

3.2.2 混凝土浇注

针对闸室墙方量大、倒角斜面易出现混凝土通病的特点，将闸室墙体分 2 层浇注，倒角部位单独浇注，倒角在底板施工完成后即可开展，见图 1。不同于传统施工采用“倒角+直立墙身”一

次性浇注的工艺^[3]，需底板完成 50%以上、连成整体之后拼装支架与模板，等待时间长。直立墙体采用整体模板支架，而常规分片吊装模板工艺拼装的工作量大、工期长。

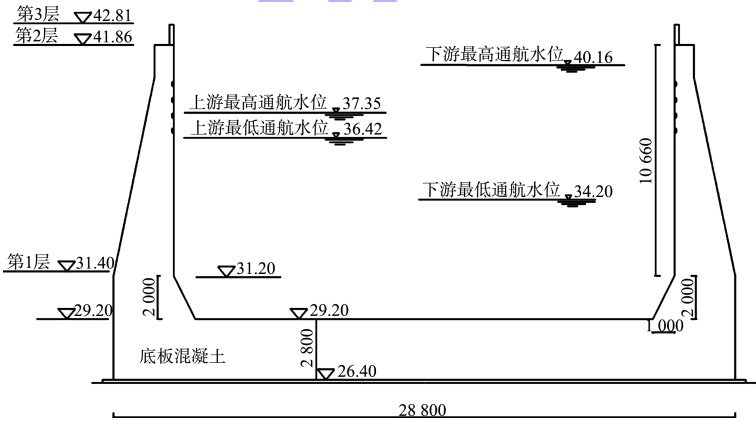


图 1 闸室墙分层浇注（高程：m；尺寸：mm）

3.2.3 墙体整体线型和外观质量控制

针对既往墙体线型、外观质量存在的问题，

进行原因及措施分析，见表 2。

表 2 混凝土外观质量问题及解决措施

问题	原因	解决措施
线型不顺直	1)模板加固不牢，模板悬空缺乏较牢固的支撑；2)模板本身刚度不足；3)模板未按设计要求调整到位；4)模板本身不平整或使用不当导致变形	1)确保模板支架具有足够的强度、刚度和稳定性；2)模板设计时，适当增大模板的刚度；3)设置模板连固、微调措施；4)模板的加工制作严格按照设计图进行，加工的模板板面平整，板间接缝严密、不漏浆，并加强使用过程中的维护
混凝土外观质量控制	混凝土的原材料、拌制、输送、浇注及养护影响混凝土的内在质量和外观质量	优化配合比、降低水化热，加强混凝土原材料、拌制、运输、浇注的控制，做好大体积混凝土施工、温控、成品保护等措施，减少通病缺陷

4 施工工艺

4.1 倒角施工

1)底板施工后开始倒角施工，模板支立在底板顶面操作，模板拼接、混凝土入仓均可采用常规工艺。做好倒角上下面分缝凿毛处理可降低出

现裂缝的概率，即使有裂缝，也仅限于倒角部位、不会向上延伸至闸室墙顶形成连贯裂缝。

2)迎水面(斜面)采用 $\delta 6$ mm 钢板制作的定型钢模粘贴模板布工艺，钢管围图以及对拉螺栓加固，见图 2。

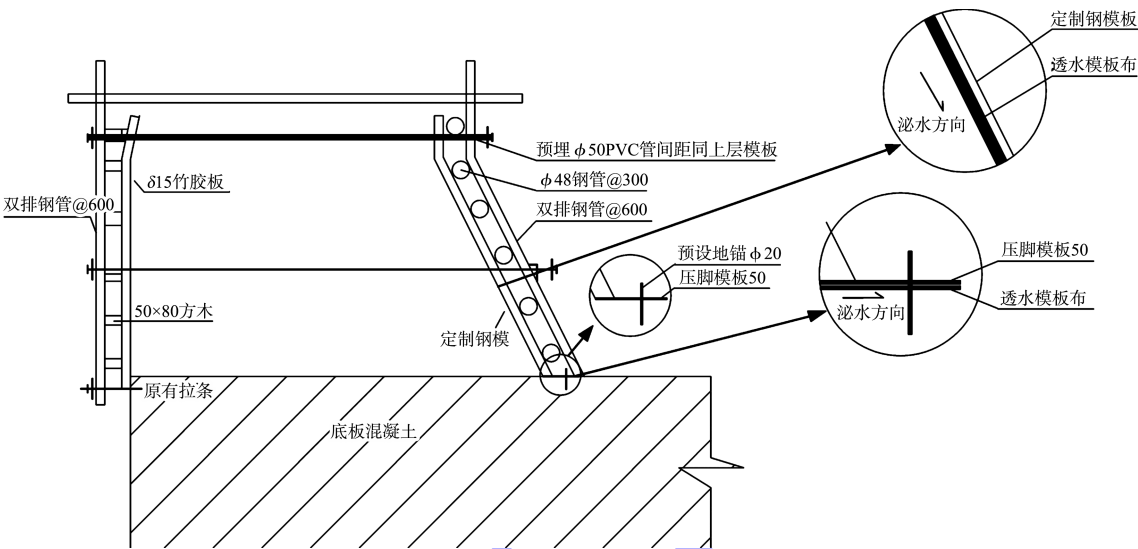


图 2 闸室倒角模板 (单位: mm)

3)粘贴透水模板布后，混凝土中的气泡以及部分游离的水分由混凝土内部向表面迁移，通过模板布中间层排出。①可以有效减少构件表面混凝土的气泡，使混凝土更加致密，有效减少砂斑、砂线；②通过其保水作用，减少细微裂缝的产生；③使构件表面形成一层富含水化硅酸钙的致密硬化层，提高混凝土表面硬度、耐磨性、抗裂强度、抗冻性以及构件的耐久性。

贝雷桁架组拼而成，每 2 排为 1 组，共由 10 排 5 组贝雷架组成，再用 [20 连接成一个整体，见图 3。支架的设计经验算具有足够的强度、刚度和稳定性^[5]。

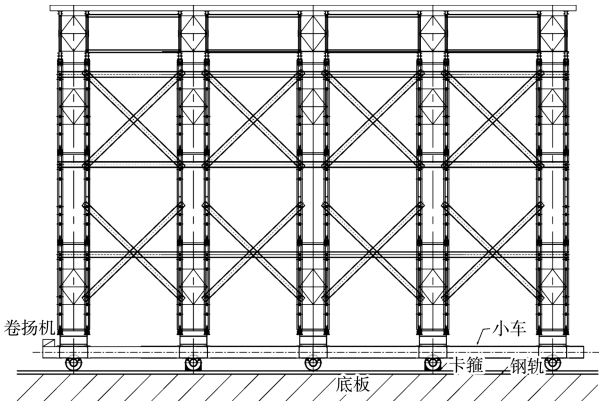


图 3 移动支架

4.2 墙体施工

4.2.1 墙体模板

采用大片钢模板，内侧模板采用 $\delta 8$ mm 钢板制作，分块模板调整至符合要求后进行整体焊接，经检验、验算墙体模板的平整度、刚度满足施工要求^[4]，围图采用型钢和小桁架。

4.2.2 墙体模板支架

模板支架由车轮装置、车架、支腿、横梁及连接件等组成。车轮装置采用双轮缘火车轮 ($r=25$ cm, 每侧安装 5 对)，行走用钢轨铺设在底板上。行车架由 I 40 纵、横梁组成，支腿和横梁由

4.2.3 模板安装

支架通过台车端部的卷扬机牵引(地锚)到位后，用夹轨器或卡箍固定、防止架体移动。

架体固定后、依托支架立柱架设模板。在底板上侧设模板控制线，经模板顶端设置的挂点悬

挂 1 kg 垂球、吊垂线，对正后通过测量垂线与模板间的间距控制模板的垂直度、预倾度，模板顶

口通过全站仪测放坐标校核，通过垂直或斜向倒链牵引、倒放，调整模板直至准确位置，见图 4。

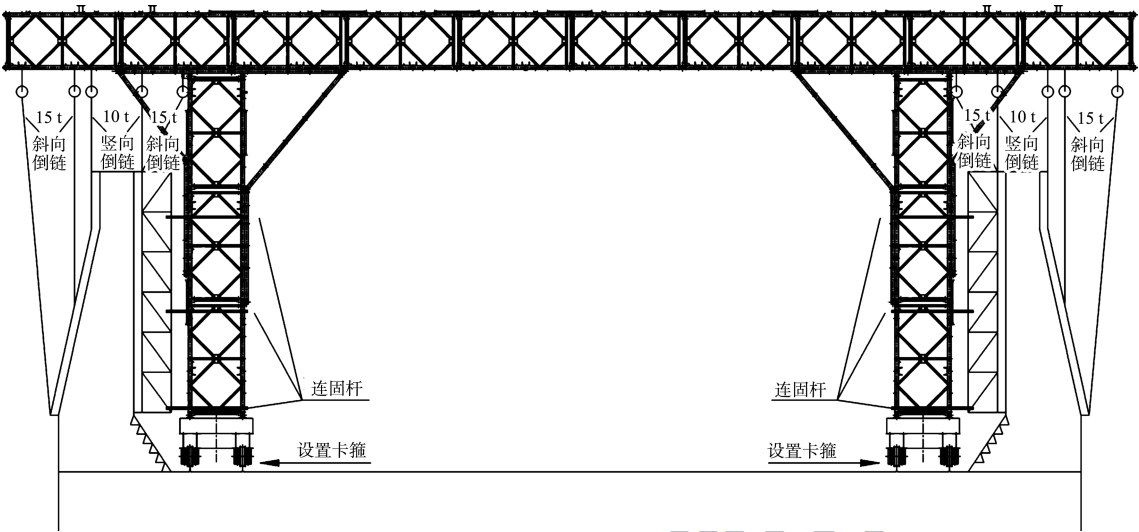


图 4 闸室墙模板支设

模板调整到位后，紧固好对穿拉条，通过连固杆将模板固接；放开垂直(竖向)倒链使模板与支架间减少冗余连接、减少架体受力和混凝土浇注过程中对架体、模板的扰动。

墙体成型后，通过斜向倒链牵拉，使模板离开墙面，卷扬机牵引支架至下一结构段进行模板施工。

4.2.4 墙体混凝土入仓设计

混凝土经两侧支架支腿位置的地泵泵送至支架顶部，经转向管和串筒入模。

1) 转向管结构由上节管(漏斗段)、中节管(直线段)、下节管(弧线段)和转柄 4 部分组成，见图 5。

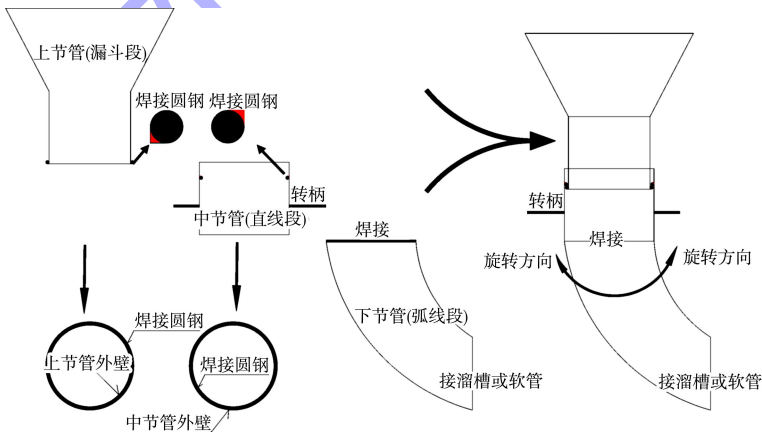


图 5 转向管设计

管的直径依照泵送管的 1.2~1.5 倍设计，先在上节管底部圈焊 $\phi 6$ mm(或 8 mm)盘圆，中节管较上节管直径大 20 mm；然后用中节管从上节管底部套入，再在中节管上口圈焊 $\phi 6$ mm(或 8 mm)盘圆，完成后通过圈焊的盘圆，上、中节管连接成一体；最后在中节管上焊接弧线管，同时焊接

转柄把手，管体连接完成。

2) 混凝土泵送时，通过泵管的出料口进入转向管，经转向管下方的溜槽进入不同位置的串筒，当须向另一侧串筒送料时，转动手柄即可实现出料方向的转变。如此重复转动、多点布料，完成浇注。

3)设计优点。①管件制作简单：管材可利用薄皮钢板卷制、圆钢为普通钢材；②管件轻便、安装简便，不需起重设备辅助；③转向灵活、可满足不同方向的需求，转向操作方便、不需要额外辅助；④节省制作、施工过程中的成本(不需重复拆、接管)。见图 6、7。

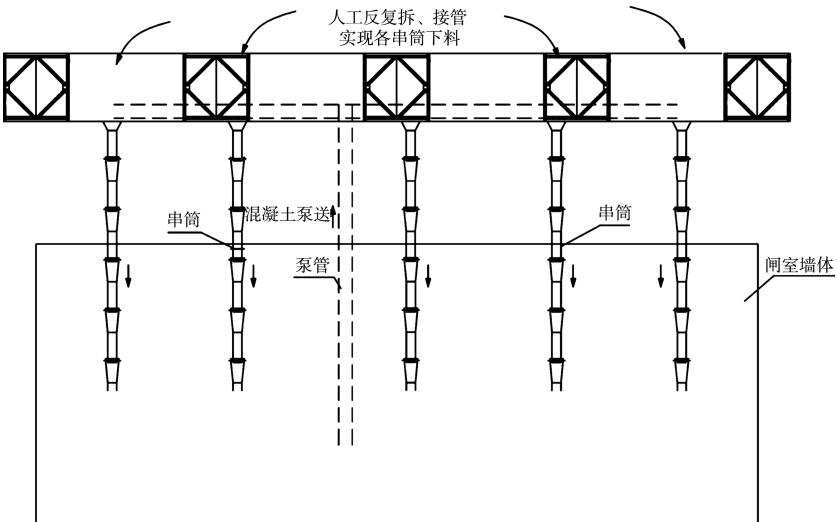
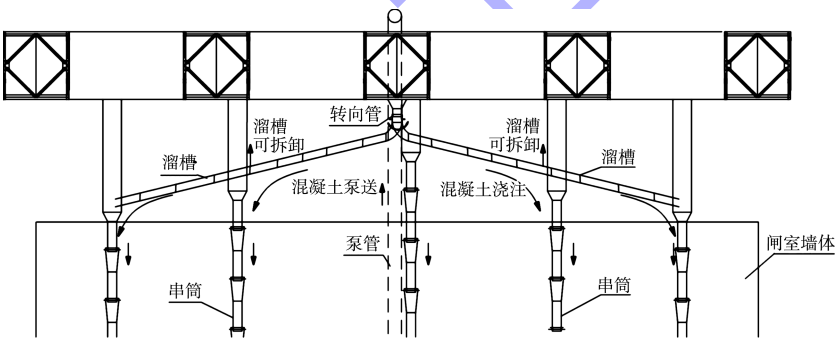
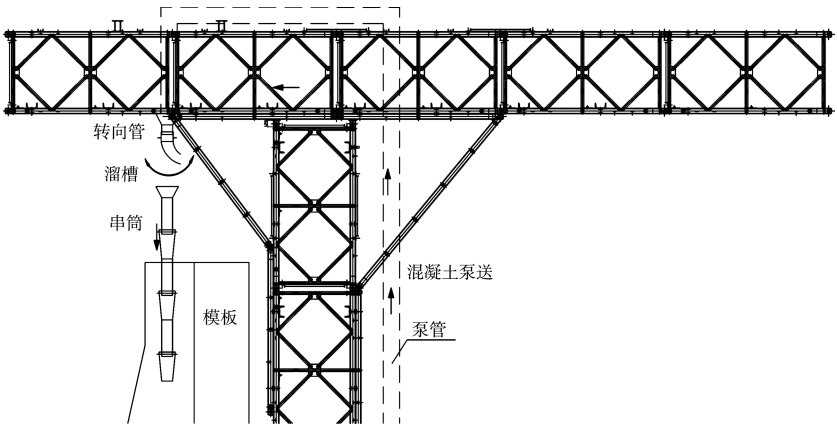


图 6 优化改进前的串筒工艺



a) 纵剖面



b) 横剖面

图 7 优化改进后的串筒工艺

4.3 实施效果

- 1) 闸室墙体混凝土整体外观质量外光内实、平整、线型顺畅、无裂缝、无砂斑砂线、无色差、冷缝。
- 2) 模板安拆简单、时间短，拼接便捷、安全、流畅。
- 3) 混凝土泵送入仓控制灵活、易操作，两侧同时对称实施、受力合理。
- 3) 墙体结构施工流水节奏性强，单节施工节拍 5~7 d，由上一施工段转入下一施工段整体流转便捷、顺畅。

5 结语

- 1) 通过移动模架法有效地解决了高大模板的调校、加固以及便捷支拆的问题。依托支架保证墙体垂直度，确保墙体高大模板的稳定性和施工安全。施工顺畅和工序连贯使得工效提高，节约工期和成本。
- 2) 通过加设倒角混凝土模板布，基本杜绝了砂斑砂线、细小裂缝以及气泡的出现；优化混凝土配合比设计、增加矿粉，有利于改善混凝土和易性、降低混凝土水化热；针对性的养护措施确

- 保了混凝土的外观质量；混凝土表面光滑、致密，强度、耐久性均得到提高。
- 3) 通过对混凝土入仓的转向筒设计，提高混凝土入仓效率，避免混凝土离散，使窄小混凝土构件断面的混凝土浇注施工更加便捷。
- 4) 通过工程实例收集施工相关技术数据，结果显示方法科学、可行、易操作。为高大混凝土独立构件模板和混凝土施工提供可借鉴经验。

参考文献：

[1] 中交第一航务工程局有限公司, 福建交通基本建设工程质量监督检测站. 水运工程质量检验标准: JTS 257—2008[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

[2] 李芬芬. 大体积混凝土表面质量通病的防治[J]. 海岸工程, 2004, 23(3): 27-30.

[3] 陈贤达, 元永勋. 移动模架法在船闸整体式闸室墙体一次成型施工中的设计和应用[C]// 中国交通建设股份有限公司现场技术交流会. 北京: [出版者不详], 2012.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 组合钢模板技术规范: GB 50214—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

[5] 中国标准出版社. 起重机设计规范: GB/T 3811—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

(本文编辑 赵娟)

(上接第 98 页)

- 3) 通过对比分析两种造型的外观效果、经济效益，两者均能很好地展示造型效果，与运河文化相得益彰。造型模板观感更优，单次造价高，但造型模板可循环利用，长远角度更经济。劈离块更环保、经济。两种新型护岸造型在沿江沿河的城市河道整治、人文景观设计等领域均有较大的推广前景。

参考文献：

[1] 王一航, 张金凤, 张娜, 等. 生态护岸在水利工程中的研究及应用进展[J]. 水道港口, 2020, 41(2): 210-217, 230.

[2] 胡红文, 陈江, 张晓明. 京杭大运河: 保护第一生态优先[J]. 浙江林业, 2019(8): 20-21.

[3] 潘美元, 李俊娜, 尹崇清. 护岸设计原则和类型综述[J]. 中国水运(学术版), 2006(11): 108-110.

[4] 林卫烈. 生态护岸类型研究[J]. 能源与环境, 2016(3): 15-16.

[5] 洪晶晶, 李晓燕, 金彬彬, 等. 浅谈某限制性航道工程生态景观护岸的设计[J]. 中国水运, 2019(2): 54-55.

[6] 夏春蕾, 张磊, 于丰, 等. 造型混凝土用聚氨酯模板材料性能研究[J]. 市政技术, 2019, 37(2): 245-249.

[7] 刘双. 景观工程中装饰混凝土应用分析[J]. 混凝土世界, 2018(1): 50-53.

[8] 陈志强, 步海兵, 钱惠军. 内河航道护岸混凝土劈离砌块复合护面结构研究[J]. 水运工程, 2007(1): 75-79.

(本文编辑 王璁)