

三峡升船机塔柱横梁混凝土施工技术

余 英

(中国葛洲坝集团股份有限公司,湖北宜昌 443002)

[摘要] 三峡升船机船厢室段塔柱承重结构的横梁混凝土浇筑施工难度大、复杂性高、无成熟技术可供参考。本文结合三峡升船机塔柱横梁混凝土浇筑的结构特点以及施工特性,总结了三峡升船机续建工程顶部横梁混凝土的施工技术,即采用分层、分块浇筑的办法,通过科学计算后进行合理的施工机械布置和浇筑施工管理,以保证塔柱横梁混凝土的施工质量。通过对贝雷架支撑系统的监测结果分析可知,贝雷架支撑系统的应力变形、挠度变形以及排架变形均满足施工承载要求,筒体位移亦满足技术要求,贝雷架支撑系统稳定、安全。三峡升船机塔柱横梁混凝土施工实践证明本技术方案的有效性与可靠性,亦可为类似工程的施工组织设计与现场实施工作提供一定的参考。

[关键词] 升船机;横梁;混凝土;施工缝;浇筑分层;三峡工程

[中图分类号] TV332 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)09-0027-06

1 前言

三峡升船机 50.00~196.00 m 高程之间为船厢室段塔柱承重结构。三峡升船机船厢室段塔柱结构顶部由两个平台和 7 根横梁形成塔柱的横向联系,其中两个平台部位各有两根横梁和两根纵梁,两根横梁之间布置了 5 根次梁。在横梁两端沿流向各布置了 1 根基础梁将 11 根横梁连成整体。横梁一端设计有宽槽后浇带,另一端设有竖向施工缝。纵梁尺寸为 19.1 m×1.5 m×7.25 m(跨度×宽度×高度),横梁最大尺寸为 25.8 m×2 m×2.75 m×7.15 m(跨度×宽度×中部高度×两侧高度)。三峡升船机顶部横梁梁系结构如图 1 所示。

三峡升船机塔柱横梁混凝土结构的结构设计非常复杂,对施工质量要求非常高,因而研究塔柱横梁混凝土的施工技术具有重要的现实意义。本文结合三峡升船机塔柱横梁混凝土浇筑的结构特点以及施工特性,介绍了三峡升船机续建工程顶部横梁混凝土的施工技术,并对贝雷架支撑系统进行了安全监测。

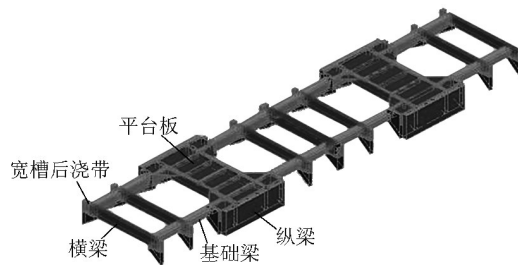


图 1 升船机顶部横梁梁系结构图

Fig.1 Beam structures at the top of the ship lift

2 塔柱横梁混凝土施工特性

2.1 塔柱横梁混凝土结构特点

塔柱横梁跨度大、高度大,横梁与基础梁、纵梁、观光平台(中控室)形成纵横交错的框架整体梁系结构。升船机运行时,该梁系结构是一个整体的承重支撑传力结构。塔柱横梁混凝土的结构设计非常复杂、对施工质量要求非常高。

2.2 塔柱横梁混凝土施工特性

1)塔柱横梁混凝土施工受到施工设备布置、浇筑强度、浇筑方法等诸多因素的限制,同时塔柱横梁

[收稿日期] 2013-07-02

[作者简介] 余 英(1972—),男,安徽太湖县人,教授级高级工程师,主要从事水电施工技术研究及管理工作;E-mail:yy@cggc.cn

混凝土施工应在尽量减少变形、内应力以及裂缝的前提下保证梁系结构的整体性,因而合理设置分缝、分层、分块是梁系结构施工实施工作的关键^[1]。

2)为保证混凝土浇筑的连续、顺畅、不中断,需要采用一些特殊的施工技术措施,采用的这些技术手段是保证梁系结构施工质量的重要措施。

3)采用合理的浇筑设备配置、任务分工安排布置方案以及正确的梁体下部混凝土浇筑振捣方法是保证梁系结构施工质量的重要措施^[2]。

3 塔柱横梁混凝土浇筑技术

3.1 横梁浇筑分层

为减小施工荷载和入仓强度,在满足设计条件下,将纵梁分为两层:第一层与横梁牛腿部分一起浇筑;第二层与横梁、基础梁一起浇筑;观光平台(中控)板及次梁部分预留,待横梁、纵梁浇筑完成再施工。横梁结构及分层如图2所示。

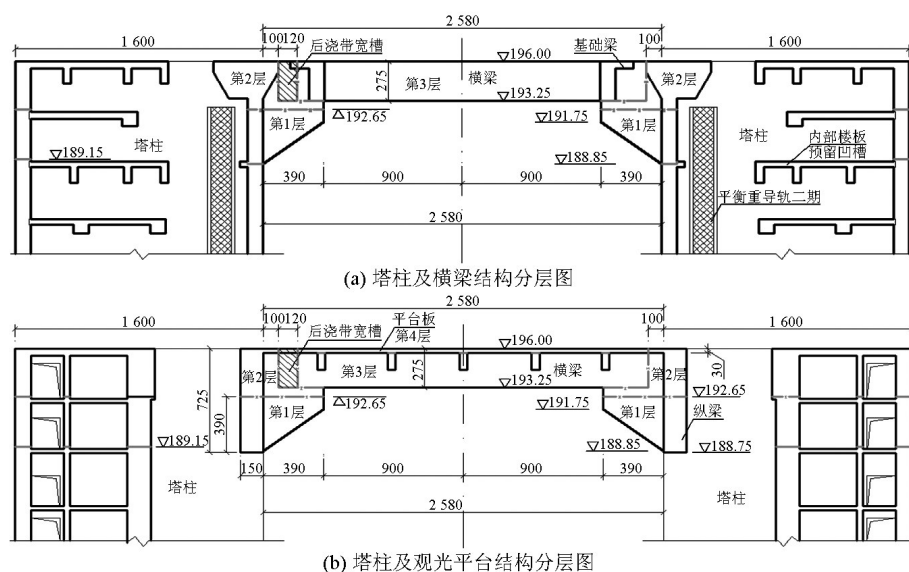


图2 横梁结构及分层图(高程单位为“m”,其余单位为“cm”)

Fig.2 Structure graph and layered graph for beam (the elevation unit is “m”, the rest unit is “cm”)

3.2 横梁浇筑分块

由上述分析可知,横梁梁系结构是一个整体的承重支撑传力结构,结构设计非常复杂、对施工质量要求非常高。原设计方案要求11根横梁与基础梁、纵梁、平台板通仓一起浇筑。经综合考虑现场施工设备布置、浇筑强度、浇筑方法以及需要减小混凝土变形、内应力、裂缝等因素,将梁系结构分为3块浇筑。

横梁梁系结构从平台板处次梁部位设施工缝,将横梁梁系结构分为3块分别单独浇筑,而平台板及次梁则预留于后期浇筑。其中上游块和下游块的单块浇筑体积约为342 m³,浇筑面积约为122 m²;中间块浇筑体积约为700 m³,浇筑面积约为256 m²;单个平台板次梁浇筑体积以及板浇筑体积约为97 m³。横梁结构浇筑如图3所示。

3.3 横梁结构浇筑体积

横梁梁系浇筑体积见表1。

表1 横梁梁系浇筑体积统计表

Table 1 Pouring amount of cross beam system

名称	类型/(m×m×m)	数量	单根体积/m ³	总体积/m ³
跨航槽横梁	24.6×1×2.75	10	68	680
跨航槽横梁	24.6×2×2.75	1	136	136
小横梁	4×1×2.75	8	11	88
基础梁	8.6×1×2.75	16	30	480
小计	—	—	—	1384
平台板、次梁	—	2	97	194
合计	—	—	—	1578

3.4 浇筑设备布置

塔柱横梁混凝土的浇筑设备布置为:在上闸首两侧各布置两台F0/23B型移动式塔机;在船厢室段两侧各布置4台C7030型附臂式塔机,同时在船厢室段每侧各布置一个38 m臂长的布料杆和一个32 m

臂长的布料杆,塔机和布料杆基本能覆盖全部的横梁范围。按照施工实际情况,单台布料杆入仓强度

约为 $22\text{ m}^3/\text{h}$,单台建塔入仓强度约为 $5\text{ m}^3/\text{h}$ 。4台布料杆分别配置两台高压泵机和两台中压泵机。

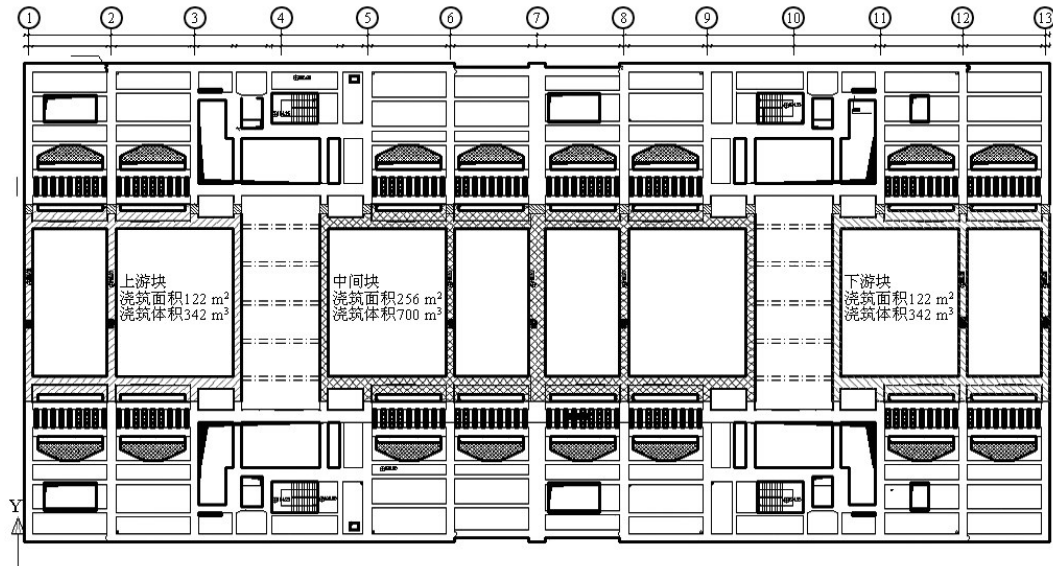


图3 横梁结构浇筑分块图

Fig.3 Pouring block diagram of beam structure

3.5 上游块和下游块浇筑施工

1) 浇筑设备。上游块和下游块单仓浇筑时均采用两台布料杆配两台泵机(左右各1台)进行入仓浇筑。上游块浇筑时,泵机布置在上闸首 185.00 m

高程平台,配置两台中压泵机;下游块浇筑时,泵机布置在船厢室段两侧 84.50 m 高程平台,配置两台高压泵机。横梁上下游块浇筑设备布置如图4所示。

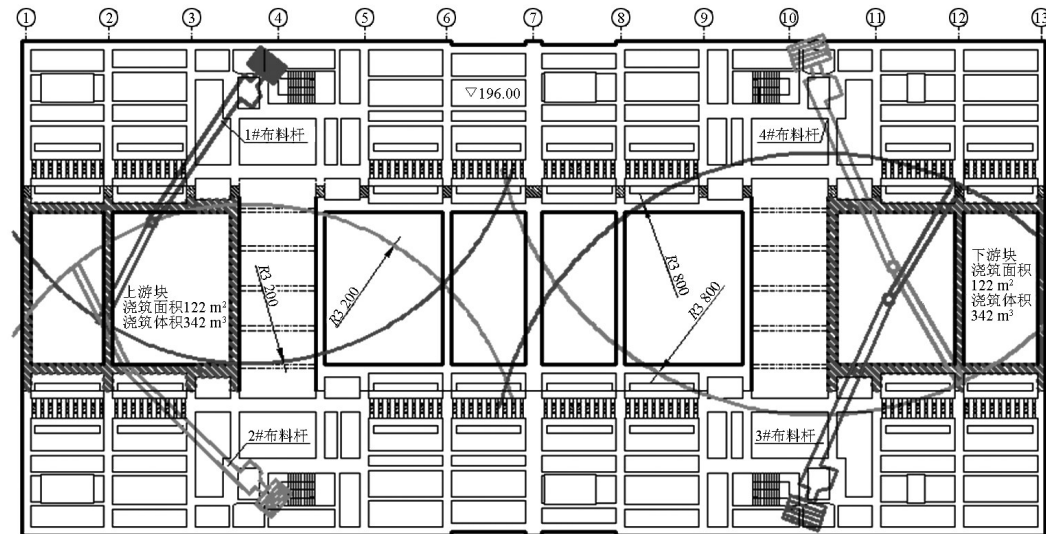


图4 横梁上下游块浇筑设备布置图(高程单位为“m”,其余单位为“cm”)

Fig.4 Pouring equipment layout for upstream and downstream blocks of beam (the elevation unit is “m”, the rest unit is “cm”)

2)浇筑方法。混凝土采取平铺法浇筑,考虑到塔柱横梁梁系钢筋布置密集,采用一级配、坍落度为18~20 cm的混凝土,并配备长柄振捣棒插入梁底混凝土中进行振捣作业。混凝土的坏层厚度为45 cm或50 cm,浇筑仓内共分6个坏层,每个浇筑仓由下游向上游开仓,左侧、右侧的两台布料杆进行对称浇筑。

3)浇筑强度分析。浇筑仓单仓浇筑体积约为342 m³,每个浇筑仓共分6个坏层,每个坏层混凝土体积约为57 m³,左侧、右侧的两台布料杆同时浇筑,单台布料杆入仓能力为22 m³/h,可保证约1.5 h就可将坏层覆盖,达到混凝土的浇筑强度要求。

3.6 中间块浇筑施工

1)浇筑设备。由现场施工浇筑设备布置情况

可知,横梁梁系结构中间块浇筑区域处于4台布料杆布料区域相互交叉结合的部位。为保证中间块的浇筑强度满足要求,同时合理配置浇筑资源,减少混凝土浇筑设备之间相互干扰的问题,中间块采用4台布料杆加两台建筑塔机挂2 m³吊罐进行入仓联合浇筑。横梁中间块浇筑设备布置如图5所示。

为保证浇筑过程的连续、顺畅、不中断,上游侧布料杆配置两台中压泵机,配置的泵机布置在上闸首185.00 m平台处;下游侧布料杆配置两台高压泵机,配置的泵机布置在船厢室段两侧84.50 m平台处,并同时配备两台建筑塔机作为应急手段进行补充浇筑。

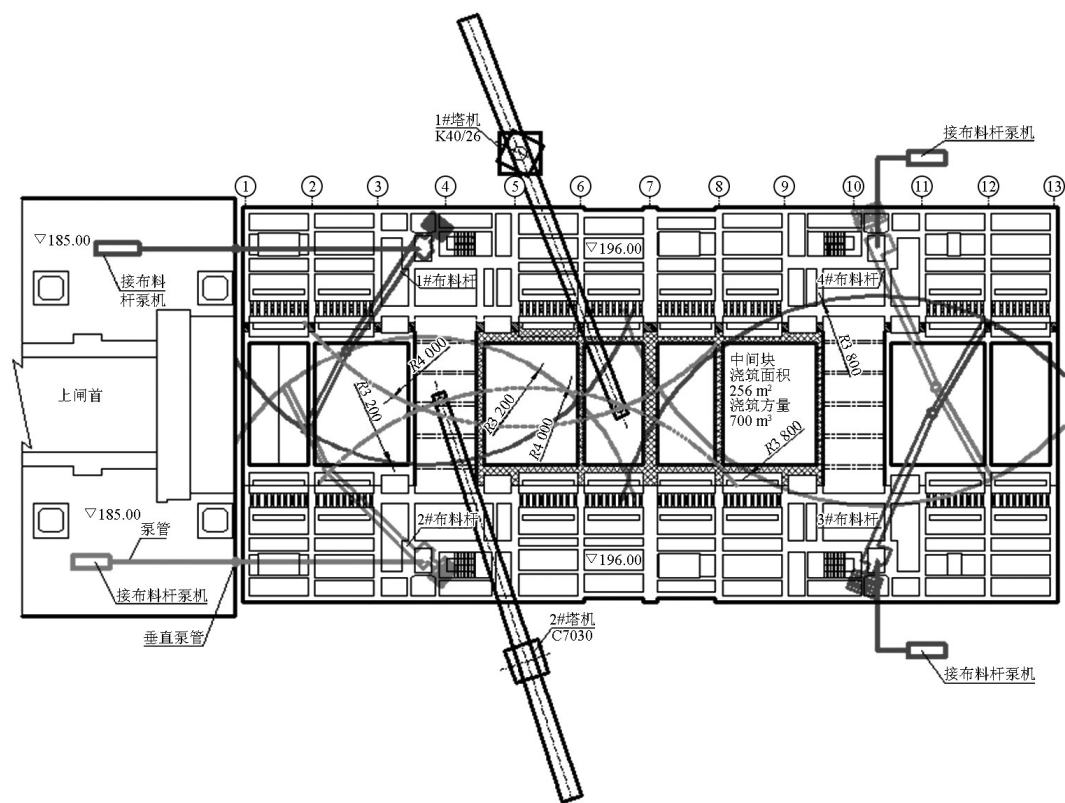


图5 横梁中间块浇筑设备布置图(高程单位为“m”,其余单位为“cm”)

Fig.5 Pouring equipment layout for intermediate block of beams (the elevation unit is “m”, the rest unit is “cm”)

2)浇筑方法。对中间块进行浇筑时,混凝土从仓面上下游侧同时进行开仓浇筑,浇筑时避免出现泵机和建筑塔机浇筑时布料杆不能到达的盲区部位。混凝土全部采用搅拌车运输,坍落度为18~20 cm,采取平铺法浇筑,混凝土坏层厚度为45 cm或50 cm,浇筑仓内共分6个坏层进行浇筑。

3)浇筑强度分析。中间块的浇筑体积约为

700 m³,共分为6个坏层,每个坏层的混凝土体积约为167 m³,根据混凝土浇筑坏层必须在4 h以内覆盖的强度要求,每小时需至少浇筑42 m³的混凝土。泵机和建筑塔机的布料杆盲区最大部位位于5轴、6轴右侧横梁基础梁处,该处盲区面积约为24 m²,为单台建筑塔机浇筑,该处每个坏层的浇筑体积约为24 m²×0.5 m=12 m³,单台建筑塔机的入仓能力为

5 m³/h,可以在 2.5 h 内将坯层覆盖,满足入仓强度要求。除盲区外,相邻布料杆的浇筑区域约为 100 m²,单个坯层的浇筑体积约为 50 m³,按照单台布料杆入仓能力为 22 m³/h 计算,也可在约 2.5 h 内将坯层覆盖,因此布料杆与建筑塔机的联合浇筑强度能协调一致。本仓采用 4 台布料杆以及两台建筑塔机一起

浇筑即可满足浇筑强度要求。

3.7 贝雷架支撑系统安全监测

1)监测结果。在横梁混凝土进行浇筑时,选取横梁上游块、下游块以及中间块对应的轴 2、轴 12、轴 7 的横梁贝雷架支撑系统进行混凝土浇筑监测,监测结果见表 2。

表 2 三峡升船机横梁贝雷架、排架、筒体监测结果统计表

Table 2 Monitoring results table for Bailey racks, shelving, cylinder of Three Gorges Project ship lift beam

项目	贝雷架杆件轴向应力值/MPa “+为拉应力,-为压应力”				贝雷架挠度值/mm “+表示向下游”		贝雷架自振 频率/Hz		排架 垂直度/mm	筒体 位移 /mm	支座及高 强螺栓/mm
	上弦杆	下弦杆	斜腹杆	竖腹杆	竖向 挠度值	侧弯 变化值	竖向	横向			
允许值	—	—	—	—	+64.5	+12.9	—	—	—	20	无变形
原型试验测值	-58.3	+36.9	-79.3	-55.0	+54.5	+5	4.59	0.68	11.2	—	—
HL2测值	-43.3	+38.1	-49.0	-43.3	+29.9	+1.7	6.4	1.8	9.1	17.7/2	0.08
HL12测值	-23.8	+17.9	-28.8	-51.2	+25.1	+1.1	6.4	0.8	5.5	17.8/2	0.1
HL7测值	-25.8	+38.9	-56.2	-69.4	+28.7	+4.1	6.4	0.8	5.0	32.9/2	0.05

注:HL代表横梁

2)监测结果分析。a. 由监测结果与监测数据限值的比较可知,混凝土浇筑过程中,贝雷架的挠度值、侧弯值、自振频率、排架垂直度均比允许出现值小。b. 混凝土浇筑过程中,贝雷架支座系统部分百分表监测出现了微小的位移量变化。其中,HL2 贝雷架左侧支座高强螺栓监测出 0.08 mm 的位移变化;HL7 贝雷架支座局部部位监测出 0.05 mm 的位移变化;HL12 贝雷架支座局部部位监测出 0.1 mm 的位移变化。c. 根据各贝雷架支座的监测数据分析可知,出现位移量变化的监测点只是少数。根据对称原则,相对应的监测点并未出现位移量变化,同时出现的位移量是非线性变化和可逆的,因而我们认为支座及高强螺栓的变形属于弹性变形,监测位移量主要是由振动引起的。d. 监测数据表明,贝雷架杆件的应力变形、挠度变形以及排架变形均满足安全要求,筒体位移满足设计要求,贝雷架支撑系统稳定、安全,本文所采取的技术方案是可靠的。

室段塔柱承重结构。塔柱横梁梁系采用贝雷架支撑方案施工,在水工建筑工程中没有可以借鉴的施工技术方案,目前塔柱横梁梁系混凝土已全部浇筑完成,贝雷架安全顺利拆除。施工过程中,由监测结果可知,贝雷架支撑系统的应力变形、挠度变形以及排架变形均满足施工承载要求,筒体位移满足设计要求,贝雷架支撑系统稳定、安全,因而本文所采取的技术方案是可靠的。本文所提出的关于塔柱横梁混凝土施工的相关施工技术方案对今后国内外类似工程的施工具有一定的参考借鉴价值。

参考文献

- [1] 中水东北勘测设计研究有限责任公司. SL 303 水利水电工程施工组织设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 中国长江三峡开发总公司. DL/T 5144 水工混凝土施工规范[S]. 北京:中国电力出版社,2002.

4 结语

三峡升船机 50.00 ~ 196.00 m 高程之间为船厢

Concrete construction technology on tower beam of Three Gorges Project ship lift

Yu Ying

(China Gezhouba Group Co., Ltd., Yichang, Hubei 443002, China)

[Abstract] The concrete construction of the beam concrete of tower load-bearing structure in Three Gorges Project ship lift is difficult, with high-complexity and no mature technology available for reference. In this paper, combined with the structural features and construction characteristics of concrete pouring in tower beam of the Three Gorges Project ship lift, the concrete construction technology for continued construction of the Three Gorges Project ship lift top beam is summarized, which uses hierarchical, block pouring approaches. Through scientific computing, reasonable construction machinery layout and construction management are made out to ensure the quality of concrete construction for tower beam. The monitoring results analysis on Bailey shelf support system indicate that, the stress deformation, deflection and bent deformation of Bailey shelf support system meet the construction load requirements. The cylinder displacement also meet the technical requirements, thus Bailey shelf support system is stable and secure. The concrete construction practices of Three Gorges Project ship lift tower beam certify the effectiveness and reliability of the technical solutions. And it also provides a reference for the construction organization design and on-site implementation of similar projects.

[Key words] ship lift; beam; concrete; construction joints; pouring stratification; Three Gorges Project

(上接21页)

Construction technology of tower column of Three Gorges Project ship lift

Zhou Jianhua

(China Gezhouba Group Co., Ltd. Three Gorges Company, Yichang, Hubei 443002)

[Abstract] This paper firstly describes the whole construction program of the tower column. Then the important and difficult construction problems have been analyzed, such as the precision control of civil structure, the precision control of metal structures and its embedded parts, concrete temperature control and crack prevention, and safety control. At the same time, the construction surveying control technique, the temperature control and crack prevention technique of thin wall concrete, high precision concrete continuous and rapid construction technique, metal structure construction technique, and the construction technique of high altitude and large span beam structure have been made a systemic summary. The application of those construction techniques meets the requirement of high precision construction of the tower column and ensures its smooth construction. Meanwhile, these construction techniques lay a solid foundation for the construction of similar projects.

[Key words] ship lift; tower column; construction techniques; Three Gorges Project