

三峡升船机船厢室施工程序研究

曾 明

(中国葛洲坝集团股份有限公司三峡分公司,湖北宜昌 443002)

[摘要] 针对三峡升船机船厢室平衡重和船厢荷载的施加顺序对塔柱埋件结构部位变形的影响,对船厢室的施工顺序和设备安装顺序方案进行了研究,解决了船厢和平衡重荷载的施加顺序对螺母柱、齿条和纵向导向变位影响的施工技术难题。根据对塔柱结构进行的仿真计算结果,分析了船厢与平衡重荷载施加顺序分别对螺母柱、齿条、纵向导向部位横河向、顺河向和竖向变形的影响,通过对施工程序优化提出了合理的升船机船厢室的施工程序以及施工总进度计划安排。该施工程序能够使螺母柱、齿条、纵向导向、船厢结构与塔柱在各工况下的位移满足安全要求,并且基于该施工程序的施工进度满足升船机试运行要求。工程实践证明了本文所建立的三峡升船机船厢室施工程序的合理性与科学性,确保了三峡升船机船厢室的顺利施工,保障了升船机的安全运行,可为类似升船机船厢室的施工提供参考。

[关键词] 施工程序;船厢室;升船机;三峡工程

[中图分类号] TU745 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)09-0040-05

1 前言

三峡工程升船机是当今世界上规模最大的升船机,采用齿轮齿条爬升—长螺母柱短螺杆安全机构的结构型式,具有船厢与塔柱结构变形协调性要求高、塔柱混凝土施工精度要求高、船厢机构埋件和船厢设备施工安装精度要求高、不同的施工过程对埋件精度和设备安装影响大等特点与要求。

船厢室段是升船机船厢垂直升降的区域,由塔柱和顶部机房、船厢及机械设备、平衡重系统等部分组成。船厢室段塔柱结构由“墙—筒体—墙—筒体—墙”组成,长为119 m,每侧宽为16 m,每侧的墙与筒体之间由纵向联系梁连接,对称布置在升船机中心线两侧,左、右侧塔柱在顶部高程196.00 m处由7根横梁和两个平台连接。驱动系统齿条和安全机构螺母柱均安装在塔柱筒体部分凹槽内的墙壁上。左、右侧塔柱内各设有8个用于容纳平衡重组升降运行的平衡重井^[1]。

齿条、螺母柱、纵横向导向是保障升船机安全可靠运行的重要装置,也是承船厢与塔柱之间在不

同条件下的支撑点。上述支撑点通过施工复杂的精细埋件结构将塔柱与船厢相连,随塔柱变形而产生相应的变位^[2]。因船厢及平衡重荷载对螺母柱、齿条和纵向导向变位有较大影响,而这些部位的相对变位又与船厢和平衡重荷载的施加顺序密切相关,因此不合理的施工顺序将会对升船机的正常运行产生不利影响。

本文根据中国水利水电科学研究院的仿真计算分析结果,通过分析先挂平衡重和船厢与后挂平衡重和船厢两种工况下螺母柱、齿条、纵向导向部位横河向、顺河向和竖向位移变化情况,研究出了合理的施工和设备安装顺序方案,并通过优化施工程序编制出合理的施工总进度,以期为三峡升船机船厢室的施工提供指导,确保三峡升船机船厢室的施工安全并满足升船机试运行要求。

2 总体施工程序研究

2.1 前期施工程序

塔柱结构浇筑至高程196.00 m后便可进行螺母柱、齿条、纵导向轨等二期埋件安装及二期混凝土浇筑。

[收稿日期] 2013-06-20

[作者简介] 曾 明(1955—),男,湖北宜昌市人,教授级高级工程师,主要从事水利水电施工研究工作;E-mail:gzengming@163.com

1)塔柱结构混凝土及一期埋件施工至高程196.00 m(包括平衡重导轨宽槽施工)→齿条、螺母柱二期埋件、纵向导轨安装及二期混凝土施工→齿条、螺母柱安装→齿条、螺母柱预应力张拉。

2)4个塔柱筒体结构优先并同时浇筑上升,塔柱筒体结构高差不大于6 m,筒体内板、梁及筒体外剪力墙、纵向联系梁随后跟进施工,相应部位混凝土滞后筒体混凝土至少1个月施工。

3)塔柱浇筑至高程196.00 m且横向联系梁已浇筑完成后,开始齿条、螺母柱二期混凝土施工及二期埋件安装、纵导向轨二期混凝土及纵导向轨安装。

4)齿条、螺母柱二期混凝土及埋件施工完成后,进行齿条、螺母柱安装及间隙灌浆。

2.2 塔柱结构仿真变形分析

根据中国水利水电科学研究院的仿真计算分析工作^[3,4],分别研究了先挂平衡重和船厢与后挂平衡重和船厢对塔柱埋件结构部位变形的影响。计算结果选取184.00 m、160.00 m、123.00 m、84.00 m和58.00 m高程作为典型点,以金属结构安装时刻为位移计算的起点。

2.2.1 横河向

先挂平衡重和船厢与后挂平衡重和船厢两种工况下螺母柱、齿条、纵向导向部位横河向位移包络值如图1~图3所示。以金属结构安装时刻为起点,先挂平衡重和船厢时,螺母柱的横河向位移包络值为-0.24~0.27 cm,齿条的横河向位移包络值为-0.18~0.21 cm,纵向导向的横河向位移包络值为-0.14~0.12 cm;后挂平衡重和船厢时,螺母柱的横河向位移包络值为-0.57~0.21 cm,齿条的横河向位移包络值为-0.50~0.10 cm,纵向导向的横河向位移包络值为-0.42~0.17 cm。先挂后挂两种工况下84 m以上高程的螺母柱、齿条、纵向导向等部位横河向位移差异较大,后挂平衡重和船厢引起左右两侧塔柱向外侧臃出,其最大差值分别为0.34 cm、0.32 cm、0.37 cm,位于110.00~160.00 m高程。

2.2.2 顺河向

先挂平衡重和船厢与后挂平衡重和船厢两种工况下螺母柱、齿条部位顺河向位移过程线分别如图4、图5所示。由位移过程线可以看出平衡重、船厢荷载先挂与后挂对塔柱顺河向位移影响不大。

2.2.3 竖向

先挂平衡重和船厢与后挂平衡重和船厢两种工况下螺母柱、齿条、纵向导向部位竖向位移包络

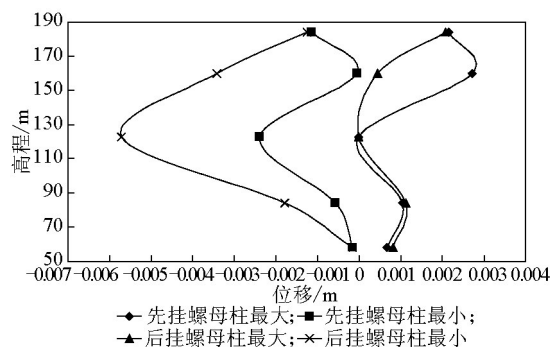


图1 先挂工况与后挂工况螺母柱部位横河向位移包络图

Fig.1 Envelope diagram of the nut displacement in the direction across the river under hang condition and after hanging condition

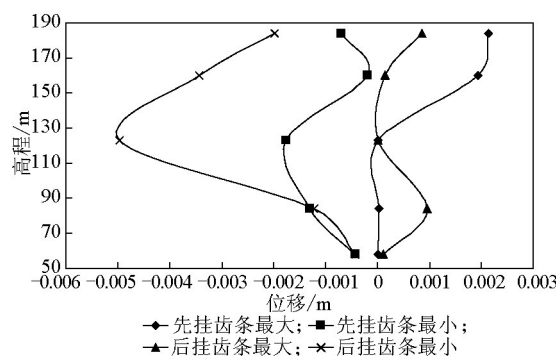


图2 先挂工况与后挂工况齿条部位横河向位移包络图

Fig.2 Hang condition linked to working conditions and the rear part of the rack to the displacement envelope Yokogawa

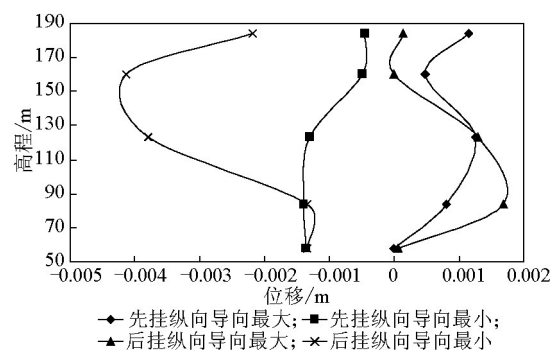


图3 先挂工况与后挂工况纵向导向部位横河向位移包络图

Fig.3 Envelope diagram of the vertical guide displacement in the direction across the river under hang condition and after hanging condition

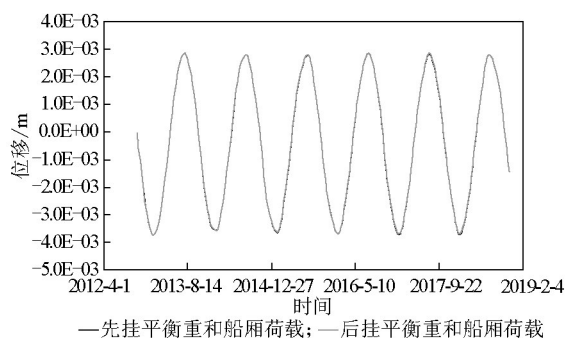


图4 先挂工况与后挂工况螺母柱部位
顺河向位移过程线

Fig.4 Envelope diagram of the nut displacement
in the direction along the river under hang
condition and after hanging condition

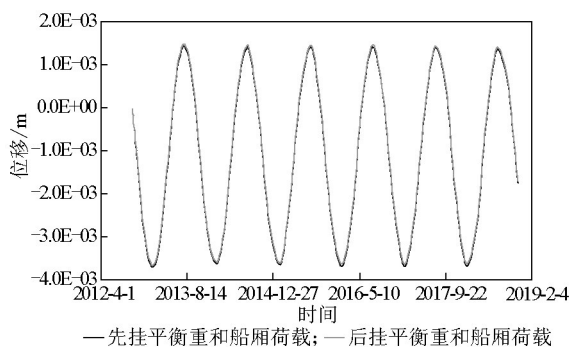


图5 先挂工况与后挂工况齿条部位
顺河向位移过程线

Fig.5 Hydrograph of the rack displacement in
the direction along the river under hang
condition and after hanging condition

值如图6~图8所示。以金属结构安装时刻为起点,先挂平衡重和船厢时,螺母柱的竖向位移包络值为 $-1.90 \sim 1.02$ cm,齿条的竖向位移包络值为 $-1.96 \sim 1.18$ cm,纵向导向的竖向位移包络值为 $-2.02 \sim 1.21$ cm;后挂平衡重和船厢时,螺母柱的竖向位移包络值为 $-2.12 \sim 1.02$ cm,齿条的竖向位移包络值为 $-2.15 \sim 1.18$ cm,纵向导向的竖向位移包络值为 $-2.33 \sim 1.21$ cm。因此,先挂、后挂两种工况下84 m以上高程的螺母柱、齿条、纵向导向等部位竖向位移有一定差异,后挂平衡重和船厢引起塔柱下沉,其最大差值分别为0.29 cm、0.24 cm和0.41 cm,位于184.00 m高程。

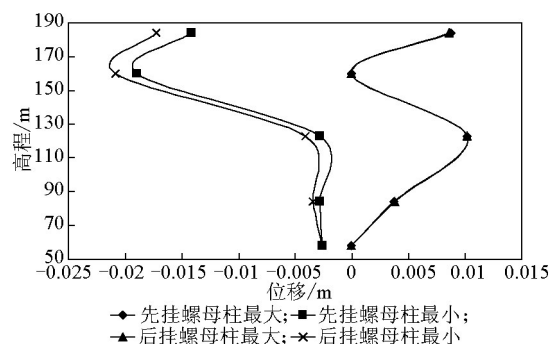


图6 先挂工况与后挂工况螺母柱部位
竖向位移包络图

Fig.6 Envelope diagram of the nut displacement
in the vertical direction under hang
condition and after hanging condition

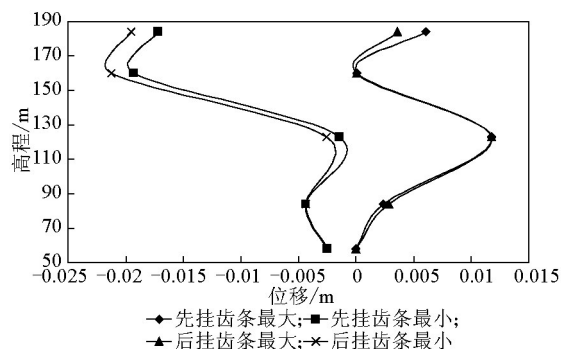


图7 先挂工况与后挂工况齿条部位
竖向位移包络图

Fig.7 Envelope diagram of the rack displacement
in the vertical direction under hang
condition and after hanging condition

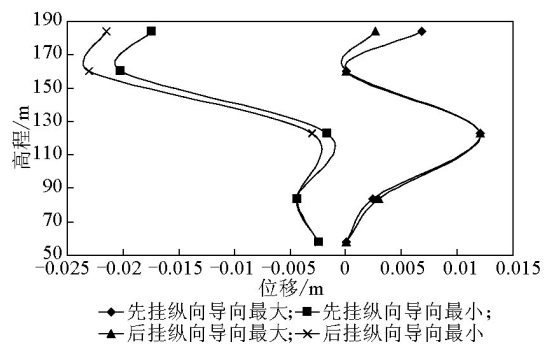


图8 先挂工况与后挂工况纵向导向部位
竖向位移包络图

Fig.8 Envelope diagram of the vertical guide
displacement in the vertical direction
under hang condition and after hanging
condition

2.2.4 结果分析

根据中国水利水电科学研究院的仿真计算分析,后挂平衡重和船厢时,由平衡重和船厢荷载产生的变形需要叠加到螺母柱等部位的变形中去,因此,先挂、后挂两种工况下 84.00 m 以上高程的螺母柱、齿条、纵向导向等部位横河向位移有一定差异,后挂平衡重和船厢引起左右两侧塔柱向外侧臃出,其最大差值分别为 0.34 cm、0.32 cm 和 0.37 cm,位于 110.00 ~ 160.00 m 高程。

平衡重与船厢的先挂与后挂对塔柱顺河向位移影响不大。

先挂、后挂两种工况下 84.00 m 以上高程的螺母柱、齿条、纵向导向等部位竖向位移有一定差异,后挂平衡重与船厢引起塔柱下沉,其最大差值分别为 0.29 cm、0.24 cm 和 0.41 cm,位于高程 184.00 m 处。

2.3 调整后的施工程序

根据上述仿真计算分析,为减少塔柱变形对齿条和螺母柱安装精度的影响,确保升船机安全可靠运行,对三峡升船机齿条、螺母柱施工程序进行了如下重大调整。

较高高程的齿条、螺母柱及其二期埋件在塔柱承受全部船厢结构及其设备、水和平衡重的荷载之后进行安装。即:塔柱承重结构高程 196.00 m 横向联系未形成前,齿条、螺母柱二期埋件开始安装和浇筑二期砼,完成量不超过 1/2 总高度;齿条和螺母柱开始安装、灌浆和预应力钢筋张拉施工,完成量不超

过 1/3 总高度。塔柱承受全部船厢结构以及设备、水和平衡重的荷载之后,完成余下齿条、螺母柱及其二期埋件的施工,然后再进行升船机无水和有水调试。

总体施工程序为:塔柱结构混凝土及一期埋件施工,高程 110.00 m 以下齿条、螺母柱及其二期埋件施工、纵导向轨道安装及二期混凝土施工→顶部桥机轨道及桥机安装、屋架安装→临时桥机、船厢结构及设备安装、平衡重挂装及船厢加载施工→高程 110.00 m 以上齿条、螺母柱及其二期埋件施工→无水调试、有水调试、试运行。

3 优化后总体施工进度分析

3.1 先加载方案低高程螺母柱二期埋件安装高度

根据仿真计算分析,塔柱加载后,螺母柱、齿条、纵导向处的横河向最大变形值分别为 3.4 mm、3.2 mm 和 3.7 mm,最大变形部位发生在高程 123.00 ~ 160.00 m。综合考虑低高程采用 300 t 履带吊吊装,根据其起重特性,其吊装高度约 60.00 m。因此,塔柱加载前,螺母柱等二期埋件按安装至高程 110.00 m 左右控制,螺母柱等安装至高程 100.00 m 左右。

3.2 施工程序调整后的关键线路工期及施工进度分析

根据后续调整施工程序的基本原则和各主要施工项目工期分析,以 2010 年年底三峡升船机实际施工形象为起点,确定三峡升船机剩余工程主要施工项目施工程序(见图 9)。

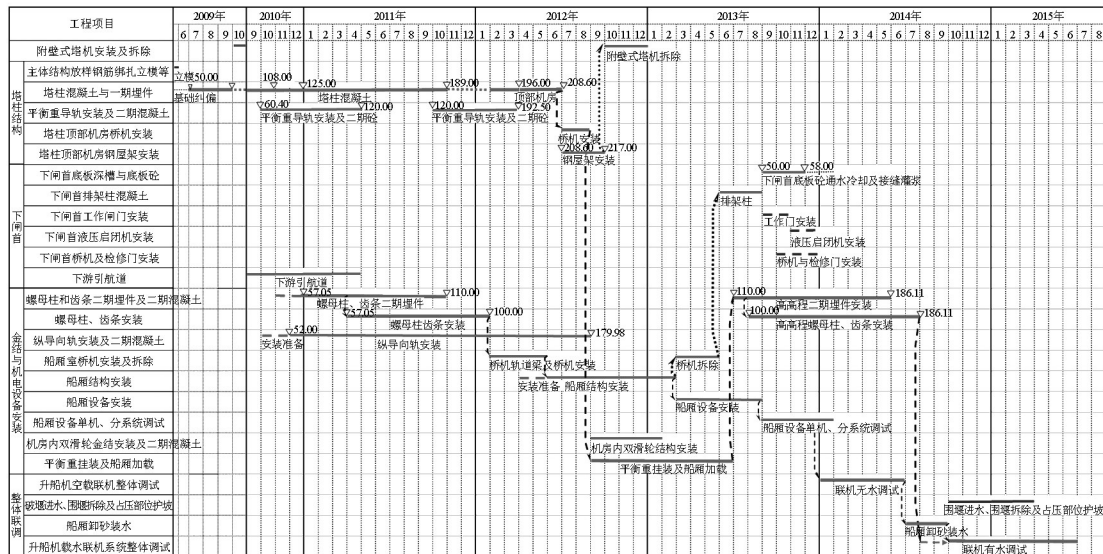


图 9 三峡升船机剩余工程主要施工项目施工程序图

Fig.9 Construction of Three Gorges Project ship lift remaining works mainly construction program graph

从图9可看出,三峡升船机剩余工程控制性关键线路为:塔柱及顶部机房土建施工→顶部桥机及屋架安装→高高程螺母柱/齿条二期埋件→高高程螺母柱/齿条安装→无水调试→有水调试→试运行。

低高程螺母柱/齿条及其二期埋件安装、船厢结构及设备安装、平衡重挂装等为非关键线路,但其自由时差仅两个月。

4 结语

1)从设计理念而言,施工期间塔柱变形的不利影响将通过螺母柱、齿条和纵向导向的安装、灌浆来消除,机构的变形适应值将只负责解决螺母柱、齿条和纵向导向安装完成之后的运行期荷载下的变形。

2)考察施工期变形,设计进度条件下,最大竖向位移小于2.5 cm,最大横河向和顺河向位移均小于1 cm,可以通过埋件的安装将这一位移的不利影响消除。

3)先挂平衡重与船厢荷载时,螺母柱、齿条、纵向导向、船厢结构与塔柱相应部位的相对横向位移减小14 mm,分别由24~34 mm减小为10~20 mm。

4)塔柱加载后,螺母柱、齿条、纵导向处最大变形部位发生在高程123.00~160.00 m。综合考虑低高程吊装手段问题,螺母柱等二期埋件按安装至高程110.00 m左右控制,螺母柱等安装至高程100.00 m左右。

5)船厢室施工程序调整后,采取的施工方案合理,施工进度可以满足升船机试运行要求。

参考文献

- [1] 朱虹,邓润兴.三峡升船机总体布置设计[J].人民长江,2009,40(27):48-50.
- [2] 中国水利水电科学研究院.长江三峡水利枢纽升船机安全可靠评估报告(第一分册)[R].2007.
- [3] 长江勘测设计研究院,中国水利水电科学研究院,长江科学院.三峡升船机塔柱施工仿真研究与结构计算分析工作大纲[R].2007.
- [4] 中国水利水电科学研究院.三峡升船机塔柱结构施工全过程仿真分析研究(中间成果)[R].2008.

Construction procedure study of ship chamber of Three Gorges Project ship lift

Zeng Ming

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

[Abstract] Aiming at the impact of load imposed order of balance weight and ship compartments on the the deformation of pillar and built-in structure parts, the construction order of ship compartments chamber and equipment installation sequence scheme are studied, which Solved the technical problems that the impact of load imposed order of balance weight and ship compartments on the the deformation of nut column, rack, and vertical direction displacement. According to the simulation results of pillar structure, the impact of the ship chamber and balance weight loading sequence to the nut, rack and vertical guide displacement in the direction across the river, along the river and vertical is analyzed. Reasonable ship lift ship compartments chamber construction procedure and construction schedule arrangement are set by optimizing the construction procedures. The construction procedures can make nut, rack, vertical direction, the structure of the ship compartments and pillar under various operating conditions on the displacement meet the safety requirements. And the procedures based on the construction progress of the construction can meet the requirements of ship lift commissioning. Engineering practice proved that chamber construction procedures of Three Gorges Project lift ship established in this paper are reasonable and scientific which ensure the smooth construction of ship chamber of Three Gorges Project lift ship and guarantee the safe operation of ship lift. these construction procedures can provide a reference for similiar project.

[Key words] construction procedure; ship chamber; ship lift; Three Gorges Project