

三峡升船机塔柱混凝土施工测量技术

罗琛,晏春波

(中国葛洲坝集团股份有限公司测绘工程院,湖北宜昌 443002)

[摘要] 针对三峡垂直升船机高薄壁塔柱结构混凝土形体及内置埋件施工精度指标要求,对三峡升船机塔柱混凝土及内置埋件施工测量中的平面、高程基准传递及埋件定位测量方法进行了研究。分别将天顶仪投点、电磁波测距及中心带照准标志的圆柱螺帽型定位装置施工测量技术运用于混凝土结构尺寸控制测量以及内置埋件定位测量。通过对实测数据的统计与分析,证明三峡升船机塔柱混凝土施工测量技术方案具有可靠性和可行性。

[关键词] 施工测量;天顶仪投点;电磁波测距;套管空间定位测量;三峡升船机

[中图分类号] U642 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)09-0097-05

1 前言

三峡升船机是永久通航设施,为齿轮齿条爬升式垂直升船机,其过船规模为3 000吨级,最大提升高度为113 m。升船机由上游引航道、上闸首、船厢室段、下闸首和下游引航道组成,其中50.00~196.00 m高程为船厢室段塔柱承重结构,塔柱由墙—筒体—墙—筒体—墙组成,每侧的墙与筒体之间由纵向联系梁连接,各自对称布置在升船机中心线两侧,左右侧塔柱在顶部196.00 m高程处由7根横梁和两个平台连接,与上下闸首净距为1 m。左右侧塔柱之间的距离为25.8 m,即升船机船厢室的宽度,墙体厚为1~2 m。塔柱结构的墙体薄、结构埋件多,对质量和形状尺寸要求极其严格,施工强度大,精度要求高,测量控制难度大,因此塔柱混凝土浇筑阶段的施工测量工作(主要包括混凝土结构尺寸测量和内置埋件定位测量)显得尤为重要。

2 施工测量特性

2.1 精度指标

2.1.1 塔柱混凝土

依据三峡升船机设计要求,塔柱结构施工测量允许误差见表1。

表1 塔柱结构施工测量允许误差
Table 1 Construction survey permissible error on tower structure

项目	允许误差	mm
		常规测量允许误差
基础放线	±10	±20
轴线竖向投测	每层 ±3	±5
	塔柱主轴线	±10 ±20
施工层放线	细部轴线	±2 ±20
	剪力墙、梁、柱边线	±3 ±20

2.1.2 内置埋件

随塔柱混凝土浇筑同步穿插安排埋设的内置埋件主要为预应力套管,主要精度指标为:套管的高程及水平偏差均不大于±4 mm;同一根套管两端中心的高度差不大于±1 mm;同一列套管同侧端口的相对位置偏差不大于±3 mm;同一行套管同侧管端口中心的相对位置偏差不大于±2 mm;一期混凝土浇筑后套管的位置偏差不大于±5 mm。

2.2 施工技术特点及难点

施工技术的特点主要有:提升高度大,船厢与混凝土建筑物结合密切,混凝土施工精度要求高;作业场地狭窄,通视差,实施常规测量的条件不佳。

施工技术的难点主要有:将混凝土的精度指标

[收稿日期] 2013-06-28

[作者简介] 罗琛(1971—),男,湖南衡阳市人,高级工程师,主要从事工程测量、安全监测等研究与实践工作;E-mail:358172514@qq.com

数量级从常规混凝土的 ± 20 mm调整到现有的 $\pm(2\sim 10)$ mm。

3 施工测量技术研究

3.1 平面基准传递法

在塔柱混凝土施工过程中,每到一个施工高程面,都需要将平面基准传递到位,以便埋件定位、模板定位使用。平面基准传递常规方法为全站仪极坐标法,而三峡升船机因其高而窄小且通视差的特点,采用了天顶仪投点平面基准传递法^[1,2]。

3.1.1 方法定义

1)全站仪极坐标法就是将全站仪架设在一个已知的平面基准点上,后视另一个已知平面基准点,直接测量施工高程面上埋件定位、模板定位点的坐标。

2)天顶仪投点平面基准传递法就是将标称精度为 $1/200\ 000$ 的激光天顶仪架设在已知平面基准点上,垂直往上将埋件定位、模板定位点的基准值直接传递到施工高程面。

3.1.2 精度分析

1)全站仪极坐标法精度分析。依据三峡升船机实际条件,取平面基准传递的极限距离为 300 m,考虑照准误差 0.5 mm,则传递的点位中误差最大不超过 ± 2.6 mm。

2)天顶仪投点平面基准传递法精度分析。以 150 m高度计算,投测误差为 ± 0.75 mm,考虑仪器对中误差 ± 0.2 mm、接受光靶读数误差 ± 0.3 mm、不可预计误差 ± 0.5 mm和已知平面基准点误差,其投测平面基准点点位最终误差小于 ± 2 mm。

3.1.3 天顶仪投点平面基准传递法精度验证

为验证天顶仪投点平面基准传递法的实际精度,在高差分别为 52.34 m、 70 m、 102 m的3种情况下进行试验,利用全站仪极坐标法测量了天顶仪架站位置与接收靶位置的坐标,其坐标偏差都在 ± 1.0 mm以内,说明激光天顶仪投点精度高而可靠。

3.1.4 天顶仪投点平面基准传递法的优点

1)精度高。天顶仪投点平面基准传递法主要依靠激光源发射激光束到接受光靶直接进行读数测量,避免了多次照准棱镜带来的照准误差,比全站仪极坐标法测量精度高。

2)操作简单便捷。天顶仪投点平面基准传递法只需通过脚架直接架设在投点轮廓控制点上,进行测量,不需设置任何仪器参数、测站数据和后视方向,避免了因设置参数而带来的错误。与全站仪

极坐标法相比较,作业步骤少,作业过程时间短,提高了工作效率。

3)能更好地解决隐蔽部位的测量。三峡升船机因其地形条件无法布设更多的控制网点来满足每个部位的测量。同时因其设计形状和施工先后顺序,部分施工部位无法通过全站仪进行测量或通过全站仪测量也满足不了施工精度要求。故在这些部位的平面基准的传递只能采用激光天顶仪架设在 50 m底板上进行投点测量。

3.2 高程基准传递法

三峡升船机属于高建筑物,其内置埋件的高程基准传递比较重要。 70.00 m高程以下可以直接用水准仪或全站仪进行高程基准传递, 70.00 m高程以上因其高差大无法通过几何水准或全站仪测量方法进行高程基准传递。高程基准传递的常规方法为钢尺传递法。因为钢尺传递法效率低且精度难以保证,所以三峡升船机采用了电磁波测距传递法^[3,4]。

3.2.1 方法定义

1)钢尺传递法就是利用经检定过的 30 m或 50 m的钢尺和水准仪进行高程传递的方法。该方法的步骤为a.将钢尺竖直悬挂在需要传递高程的部位,钢尺的底部悬吊 $10\sim 20$ kg的重锤,在钢尺的顶部和底部分别架设水准仪。b.底部水准仪进行已知高程接测获得该水准仪的视线高。c.顶部和底部水准仪同时进行钢尺读数测量,并记下当时测量温度,顶部和底部读数之差为高差,利用钢尺尺长改正公式对高差进行尺长和温度改正,改正后的高差与底部水准仪视线高之和为顶部水准仪视线高。d.利用顶部水准仪将高程基准引测到周围的墙体上作为现场作业的高程基准或直接利用顶部水准仪进行现场高程测量。

2)电磁波测距传递法就是利用全站仪的测距进行高程基准传递的方法。该方法的步骤为a.将全站仪架设在需要传递高程部位的正下方,利用已知高程基准点接测全站仪视线高的地方。b.在需要高程基准的部位焊接一块用于接收测距光源靶的钢板,钢板位于全站仪的正上方。c.在钢板上放置棱镜,全站仪竖直向上照准棱镜,测量距离,此距离为全站仪与钢板之间的高差,高差与全站仪视线高之和为钢板高程。d.架设水准仪,将钢板上的高程接测到墙体上,作为现场作业的高程基准。

3.2.2 精度分析

1)钢尺传递法精度分析。钢尺传递法误差主

要有水准仪接测视线高误差和水准仪对钢尺进行读数的读数误差。水准仪接测视线高误差由对点误差和读数误差组成,对点误差一般不大于0.2 mm;读数误差与水准仪的放大倍率和测量距离有关,以普通水准仪放大倍率24倍计算,在20 m范围内读数误差小于0.2 mm。因此,水准仪接测视线高误差应小于0.3 mm。水准仪对钢尺进行读数的读数误差以钢尺距离5 m、普通水准仪放大倍率24倍计算,其误差小于0.1 mm。故钢尺传递法误差小于0.32 mm。但钢尺传递法中所用的钢尺一般采用悬垂法进行检定,在水平面悬垂状态下进行,而不是在垂直面铅垂状态下进行,用悬垂状态下检定的钢尺尺长改正公式来计算铅垂状态下尺长带来的误差非常大。故实际作业中钢尺传递高程的误差达到2~3 mm。

2)电磁波测距传递法精度分析。电磁波测距传递法误差主要有全站仪接测视线高误差、测距误差和水准仪接测高误差。测距标称精度为 $(1+1\times 10^{-6}\times D)$ mm的全站仪按接测视线高距离20 m、传递高度50 m及放大倍率30倍计算,电磁波测距传递法误差小于1.1 mm。因其误差实际包含了测距系统误差1 mm,为了避免此误差带来的影响,确保相对精度,作业时采用同一仪器进行高程传递,其实际误差小于0.27 mm。

3.2.3 电磁波测距法精度验证

为验证电磁波测距传递法的可行性,在高差为34.60 m和134.50 m的高程面上,采用几何水准测量方法进行了比对试验,两种方法测量的高差之差都为0.1 mm,证明利用电磁波测距精度高,方法可行。

3.2.4 电磁波测距法的优点

1)精度高。在精度分析中知道钢尺传递高程因为要利用悬垂状态下检定的钢尺尺长改正公式来计算铅垂状态下尺长(高差),带来的误差非常大,最大达到3 mm,而电磁波测距绝对误差一般可控制在1.2 mm以内,相对精度可以控制在0.3 mm以内。

2)传递高程无局限性。钢尺传递法局限性比较大,现今市场能购置的钢尺最长为50 m,当传递高程超过50.00 m就不能实施,必须分段进行,这样势必带来更大的误差。而电磁波测距传递法不受传递高程限制,不管传递高程的高低,都可以一次性传递到位,减少了分段传递的误差。

3)操作简单,作业效率高。电磁波测距只需进

行距离测量即可,操作全站仪简单方便,需要的测量人员也少,且速度快,一次传递只需2人耗时15 min即可完成。而钢尺传递一次需4人耗时40 min才能完成高程传递。

3.3 内置埋件定位

塔柱混凝土中埋设的金属结构埋件主要为空心圆形PVC套管,其测量内容为PVC套管中心位置偏差。有两种常规测量方法:一是在圆形套管上等分四点,分别测量出四点的坐标,通过四点的坐标计算出圆形套管中心坐标实际值,与设计值比对获得其偏差;二是在圆形套管上等分四点,每对称两点张拉一根1 mm的细软线,直接测量两根细软线交点的实际坐标值,与设计值比对获得其偏差。这两种测量方法的缺点:一是测点多,效率低;二是测量精度难以保证。为此,根据空心圆形套管内外径尺寸,设计一种中心带照准标志的圆柱螺帽型的定位装置(见图1),既能确保精度,又能提高工作效率。



图1 中心带照准标志的圆柱螺帽型定位装置

Fig.1 Cylindrical nut type positioning device with a sighting mark in center

测量时,将加工好的定位装置套入需要定位测量的PVC套管中,采用高精度全站仪照准定位装置中心反射片,直接测量出定位装置中心的三维空间坐标值 (X, Y, H) ,即为PVC套管截面中心三维空间坐标值。

为验证其可行性,利用施工现场已安装好的PVC套管,采用两种不同的测量手段进行PVC套管截面中心位置测量。一种是采用在PVC套管上精确等分四点,分别测量出四点的坐标,通过四点的坐标计算出PVC套管截面中心坐标实际值的方法;另一种是采用定位装置直接进行截面中心位置测量的方法。两种测量方法的差值都在0.2 mm以内,证明采用定位装置进行截面中心定位测量的方法是可行的。

4 施工测量技术实施

4.1 混凝土结构尺寸测量

4.1.1 测量方法

混凝土施工过程中,主要控制其垂直度偏差、截面尺寸偏差和轴线偏差,因三者之间存在几何数学关系,控制其中的两项就能达到整体控制,故选择控制垂直度偏差和截面尺寸偏差。而混凝土浇筑精度是通过模板安装精度来体现的,因此在实际测量中只进行模板安装垂直度及截面尺寸偏差调整以及验收测量。

垂直度偏差测量有3种方法:一是直接利用全站仪极坐标法进行模板初调;二是利用天顶仪投点平面基准传递法进行模板终调;三是利用检定过的小钢尺对仓面混凝土另一侧模板进行垂直度偏差调整,以调整加固好的一侧模板内边线为基准线,根据设计偏差值实时对另一侧模板进行精确调整。

截面尺寸偏差测量分两步进行 a. 在已经加固好的混凝土墙体两侧模板内边线用红油漆两两对应作好标记,一块模板至少两个点。b. 利用检定过的小钢尺对作好标记两两对应点进行精密量测距离,与设计的墙体宽度相比获得截面尺寸偏差,判断偏差值是否符合设计要求。

4.1.2 数据统计与分析

现将1#筒体和7轴剪力墙的部分验收模板数据进行统计,结果如表2所示。

表2 验收模板数据统计表

Table 2 Data table for acceptance template

实测轴线或边线与设计偏差值/mm	偏差值点数占总验收点数的百分比/%		
	1#筒体	左7轴剪力墙	右7轴剪力墙
≤±1	43	30	38
±1~±2	29	24	30
±2~±3	27	24	38
>3	1	0	0

从表2中可以看出,99%以上的验收模板点偏差都满足精度要求,确保了各墙体的垂直度和截面尺寸,只有极少数点因模板本身加工原因无法调整到设计要求偏差范围内,但这些点主要分布在楼梯间,不影响升船机以后的运行。

4.2 内置埋件定位测量

4.2.1 测量方法

套管空间定位测量采用了以下两种方法。

方法一:a.在控制网节点上架设高精度全站仪。b.将加工好的定位装置套入需要定位测量的一期埋件套管中。c.将高精度全站仪照准定位装置上的反射片,直接测量出套管中心的三维坐标(X, Y, H),计算三维空间坐标值与设计值的差值。d.根据差值调整套管,直至满足设计要求。

方法二:a.对应套管理设位置,在升船机底板上埋设投测控制点,在高于底板1.5m的已浇筑混凝土的墙体上刻制2~3个高程控制点,采用高精度全站仪精确测定投测控制点的三维坐标。b.对应套管理设位置,在已浇筑仓面混凝土面上各埋设两块钢板,将激光天顶仪架设在底板投测控制点上,采用天顶仪将投测控制点引测至钢板上,点位用十字丝标注,套管的左右侧或前后向各投测两个平面点,四点组成了套管平面位置调整基准。c.采用光电测距高程基准传递法将高程引测到钢板上,用红油漆标注,套管的左右侧或前后向各投测两个高程点,四点组成了套管高程调整基准。d.将定位装置套入需要定位测量的埋件套管中,利用已投测在钢板上的基准点,实测计算套管中心的三维坐标(X, Y, H)与设计值的差值。e.根据差值指导工人调整套管,直至满足技术要求。

第一种测量方法运用在低高程仓面部位;第二种测量方法运用在高高程仓面和受地形、施工条件及视线局限影响无法进行常规测量的部位。

4.2.2 数据统计与分析

对1#筒体齿条埋件套管的部分砼浇筑前、砼浇筑后测量数据进行了统计,结果见表3、表4。

表3 1#筒体齿条套管偏差值统计表

Table 3 Deviation statistics of 1# cylinder rack casing

套管中心与设计偏差值/mm	偏差值点数占总验收点数的百分比/%					
	X方向		Y方向		H方向	
	砼浇筑前	砼浇筑后	砼浇筑前	砼浇筑后	砼浇筑前	砼浇筑后
0~2	86.1	81.4	85.4	80.0	85.4	80.0
2~4	13.9	16.8	14.6	17.5	14.6	17.9
4~5	0.0	1.8	0.0	2.5	0.0	2.1
>5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表4 1#筒体螺母柱套管偏差值统计表
Table 4 Deviation statistics of 1 # cylinder
nut rod casing

套管中心 与设计偏 差值/mm	偏差值点数占总验收点数的百分比/%					
	X方向		Y方向		H方向	
	砼浇 筑前	砼浇 筑后	砼浇 筑前	砼浇 筑后	砼浇 筑前	砼浇 筑后
0~2	73.0	22.3	77.0	19.3	72.3	18.4
2~4	27.0	66.4	23.0	70.9	27.3	73.2
4~5	0.0	11.4	0.0	9.8	0.0	8.4
>5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

从表3、表4中可以分析出:齿条、螺母柱一期埋件套管在砼浇筑前和砼浇筑后其套管截面中心偏差值都满足要求,依据制定的一期套管埋件测量方法和混凝土浇筑方法完全能够将单根套管空间位置及每组套管相对空间位置关系控制在技术要求范围内。

5 结语

本文结合三峡升船机高薄壁塔柱结构混凝土

施工的特点,研究和运用了区别于水工建筑物常规混凝土施工的测量方法来实施升船机塔柱混凝土的施工测量,通过对砼浇筑前和砼浇筑后的相关测量数据进行分析,验证了所采用的测量方法的可靠性和可行性,证明其能满足设计精度要求。本文所提出的混凝土施工测量技术方案对以后相关工程混凝土施工测量技术的改进和提高具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 李青岳,陈永奇.工程测量学[M].3版.北京:测绘出版社,2008.
- [2] 吴子安,吴栋材.水利工程测量[M].北京:测绘出版社,1990.
- [3] 国家能源局.DL/T 5173—2012 水电水利工程施工测量规范[S].北京:中国电力出版社,2012.
- [4] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB 50026—2007 工程测量规范[S].北京:中国计划出版社,2007.

Construction survey technology on concrete construction of Three Gorges Project ship lift tower

Luo Chen, Yan Chunbo

(China Gezhouba Group Surveying & Mapping Engineering Institute, Yichang, Hubei 443002, China)

[Abstract] Three Gorges Project vertical ship lift is high-walled tower structure. According to the precision requirements of construction for concrete body and built-in embedded parts, the plane, elevation datum transmission and positioning measurement methods for embedded parts in construction survey of concrete and built-in embedded parts of Three Gorges Project ship lift tower were studied. The construction survey technologies, including zenith telescope planar cast point, electromagnetic distance measuring and cylindrical nut type positioning device with a sighting mark in center are applied to size-control measurement for concrete structure and positioning measurement for built-in embedded parts respectively. Through the statistical analysis on the measured data, the construction survey technology solutions for concrete construction of Three Gorges Project ship lift tower are proved to be reliable and feasible.

[Key words] construction survey; zenith telescope cast point; electromagnetic distance measuring; spatial positioning measurement for casing; Three Gorges Project ship lift