

水电站水轮发电机尾水管安装过程中 测量方法探讨

刘丹源¹, 刘 钢²

(1. 湖北汉江王甫洲水力发电有限责任公司, 湖北 老河口 441800;

2. 汉江集团恒通机械公司, 湖北 老河口 441800)

On Methods of Measurement During Installation of Hydropower Station Hydrogenerator Tail Pipes

LIU Dan-yuan, LIU Gang

摘要:尾水管作为水轮发电机组的重要组成部分,其安装精度要求较高。尾水管结构尺寸大,施工均在高空中进行。验收测量的方法有很多,但根据尾水管为圆形的结构特点,利用圆的性质并用全站仪进行测量,可以满足作业安全可靠、效率高的要求。结合王甫洲电厂的实际情况,探讨在尾水管安装验收过程中的测量方法。

关键词:尾水管;安装;探讨

王甫洲水电站采用的是灯泡贯流式水轮发电机组,单机容量2.725万千瓦。水轮机直径为7.2m,机组尾水管(或称锥管)进水口的直径为7.784m,出水口直径为10.944m。安装时,质量控制有三个重要的指标:管口法兰最大与最小直径差;管中心安装高程;法兰面的垂直度和平面度。贯流式水轮发电机的尾水管结构尺寸大,安装要在高空中进行,测量工作有很大难度,测量过程中不仅存在危险且测量精度也难以保证。因此,我们根据现场的情况采用全站仪进行验收测量,实践证明该方法测量精度能满足施工要求。

在王甫洲水电站四个机组的尾水管安装过程中,为方便运输和吊装,先将尾水管分成6节12片,待尾水管运抵施工现场后,采取分节吊入的方法进行安装。

下面以管中心横坐标 $Y = 77.20$ m,高程为 $H = 69.23$ m的3#机尾水管为例,介绍安装验收中的测量方法及体会。

一、测量控制网的选用

施工前期,枢纽布置有Ⅱ等平面和高程控制点。这些控制点分布在王甫洲水利枢纽工地,形成网络,为当时施工测量提供了方便。但随着工程的进展,这些布置在厂外(以围堰为界分内外)的控制点已

不能满足施工的需要。为此,我们委托长江委水文水资源勘测局又在厂内加密了能控制整个混凝土工程施工面的Ⅲ等控制点,形成施工用的平面坐标和高程控制网。

安装测量时,统一选用长江委水文水资源勘测局测量的成果(《王甫洲电厂施工区观测土墩控制成果表》)中提供的位于坝轴线上游的“厂前”(Ⅲ等)和位于坝轴线下游的“左Ⅱ”(Ⅲ等)控制点。鉴于电厂区施工时采用了统一的控制网,因此未从厂外的控制点向厂区内导引,这样做是为了消除锥管安装过程中因控制网引用不同而产生的测量误差。

二、锥管验收的测量方法与计算原理

分别在能通视锥管进水口和出水口的“厂前”和“左Ⅱ”控制桩上作单测站,用全站仪对锥管进口的法兰进行测量。如图1所示,将高程相同的点测放在管口上,这样的点在同一平面的管口上只有两个,然后再分别测量出这两个点的 X 和 Y 坐标,根据平面几何原理,即能确定管口中心的坐标 $Y_{中心}$ 。同样,如果将 Y 坐标相同的点测放到管口上,这样的点在管口上也只有两个,然后分别测量出这两点的高程 H ,即能确定管口中心点的高程 $H_{中心}$ 。

$$Y_{中心} = (Y_1 + Y_2) / 2 \quad (1)$$

式中, $Y_{中心}$ 为尾水中心点横坐标; Y_1, Y_2 为尾水管法

兰面测点高程。

$$H_{\text{中心}} = (H_1 + H_2) / 2 \quad (2)$$

式中, $H_{\text{中心}}$ 为尾水管中心点高程; H_1, H_2 为尾水管法兰面测点横坐标。

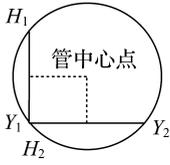


图 1

管口法兰最大与最小直径差的检测方法为:在管口上选择两个相互垂直的直径,如图 2 所示,即 $Y-Y'$ 和 $H-H'$ 。测出这两个直径在管口上的四个端点,即能计算出管口法兰的最大与最小直径差(为了准确起见,若条件允许则对这样相互垂直的直径

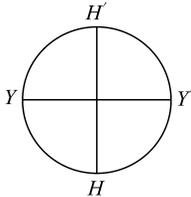


图 2

测点应多选几组,测算出直径后,进行法兰的最大与最小直径差的比较)。

另外,对管口上所测出的各点 X 坐标和进出口中心点进行分析,并结合现场垂球吊线的方法,即可对管口安装里程、法兰面垂直度和平面度进行检测。其他一般检测项目的测量方法与计算原理,这里不再赘述。

三、排除综合系统误差以修正锥管原始测量成果

由于测量仪器本身存在系统误差,其结果必然影响锥管验收测量的精度。因此在对锥管测量验收的过程中,我们对所使用的全站仪的测量方法进行了检查和校核。

具体方法是以“左 II”为测站,测出“厂前”和“3#机组轴线上游控制桩”的坐标和高程,将其与长江委水文水资源勘测局提供的成果进行比较,然后计算出平均坐标和高程差,这些差值是综合了仪器、墩标沉降等因素的综合系统误差值。详见表 1。将该值修正到观测值中即得到尾水管测量的成果值。为提高作业精度,对测点要进行多个测回的测量,取其算术平均值作为测值。

表 1 全站仪控制点测量误差计算表

| 测 站/m | 测 点 | 勘测局坐标 成果/m | 勘测局高程 成果/m | 坐 标 测量值/m | 高 程 测量值/m | 坐标差 /mm | 高程差/mm |
|--------------|-------|-----------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|-------------------|
| “左 II” | “厂前” | $X = 62.895$ | $H = 79.933$ | $X = 62.894$ | $H = 79.930$ | $\Delta X = -1$ | $\Delta H = -3.5$ |
| $X = 82.155$ | | $Y = 94.004$ | | $Y = 94.004$ | | $\Delta Y = 0$ | |
| $Y = 82.322$ | 3#机轴线 | $X = 61.504$ | $H = 78.885$ | $X = 61.510$ | $H = 78.883$ | $\Delta X = -6$ | $\Delta H = -2.0$ |
| $H = 79.739$ | 上游控制桩 | $Y = 77.190$ | | $Y = 77.196$ | | $\Delta Y = -6$ | |
| 坐标差平均值/mm | | $\Delta X = +2.5 ; \Delta Y = +3$ | | 高程差平均值/mm | | $\Delta H = -2.75$ | |

四、锥管测点的布设和安装偏差的检查

安装锥管时,在管口做了中心样架。样架上有中心标志点,我们对其进行了测量,锥管进水口中心坐标及高程为 $Y_{\text{进水口}} = 25\ 977.198\ \text{m}$, $H_{\text{进水口}} = 69.247\ 3\ \text{m}$;出水口中心坐标及高程为 $Y_{\text{出水口}} = 25\ 977.205\ \text{m}$, $H_{\text{出水口}} = 69.253\ 6\ \text{m}$ 。

尽管中心样架在锥管安装中起控制作用,但锥管安装成形后,管中心因为各种因素(拼接精度、管片自重、焊缝温度、应力变形等)的影响与中心架的中心并不重合。检测的目的就是要发现锥管几何尺寸及锥管中心的偏差。于是,在进水口法兰面上又

布设了 8 个测点(图 3),在出水口的法兰面上又布置了 4 个测点(图 4)。各测点经修正后的成果值列于表 2。

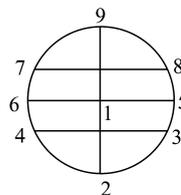


图 3

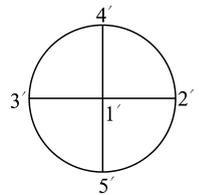


图 4

表2 3#机组锥管管口测点成果 m

| 测点编号 | 测点坐标 | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | X | Y | H | |
| 1 | 20 027.176 8 | 25 977.202 5 | 69.249 8 | |
| 2 | 20 027.188 8 | 25 977.199 0 | 65.358 8 | |
| 锥 管 进 水 口 | 3 | 20 027.185 8 | 25 974.452 0 | 66.481 8 |
| | 4 | 20 027.175 8 | 25 979.940 0 | 66.481 8 |
| | 5 | 20 027.192 8 | 25 973.311 0 | 69.249 8 |
| | 6 | 20 027.191 8 | 25 981.091 0 | 69.249 8 |
| | 7 | 20 027.200 8 | 25 973.431 0 | 70.212 8 |
| | 8 | 20 027.195 8 | 25 980.976 0 | 70.212 8 |
| | 9 | 20 027.190 8 | 25 977.199 0 | 73.133 8 |
| 锥 管 出 水 口 | 1' | 20 039.155 5 | 25 977.205 0 | 69.253 6 |
| | 2' | 20 039.156 5 | 25 971.751 0 | 69.253 6 |
| | 3' | 20 039.152 5 | 25 982.683 0 | 69.253 6 |
| | 4' | 20 039.158 5 | 25 977.205 0 | 74.722 6 |
| | 5' | 20 039.158 5 | 25 977.205 0 | 63.780 6 |

检测结果如下:

1. 管口法兰的最大与最小直径差的检测结果。取进水口的两个直径 D_{2-9} 和 D_{5-6} 进行比较,出水口的两个直径 $D_{4'-5'}$ 和 $D_{2'-3'}$ 比较。3#机锥管进水口最大与最小直径差为 5 mm,出水口的为 10 mm。

2. 管中心及高程的检测结果。进水口管中心坐标 Y 以“3,4,5,6,7,8”点的高程测量成果计算, Y 的算术平均值为 977.200 2 m。进水口高程 H 以“2,9”值求得为 69.246 3 m。同样方法,出水口管中心的坐标 Y 由“2',3'”点的高程测量成果求得,出水口的中心高程以“5',4'”点的 Y 坐标求得。

3. 管口的圆度偏差的确定。求得进出水口中心及高程后,可分别建立进水口和出水口两个圆的标准方程:

$$\left. \begin{aligned} (Y - 77.200\ 2)^2 + (H - 69.246\ 3)^2 &= R_{\text{进}}^2 \\ (Y - 77.217\ 0)^2 + (H - 69.251\ 6)^2 &= R_{\text{出}}^2 \end{aligned} \right\} (3)$$

进而可计算出锥管的半径:

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{进}} &= \sqrt{(Y - 77.200\ 2)^2 + (H - 69.246\ 3)^2} \\ R_{\text{出}} &= \sqrt{(Y - 77.217\ 0)^2 + (H - 69.251\ 6)^2} \end{aligned} \right\} (4)$$

将法兰面上各测点的 Y 与 H 值代入方程即可求得测点所在圆半径,最后可求得管口法兰的圆度偏差。

4. 法兰面垂直度及平面度的检测。以测点成果中 X 值的比较,结合现场用垂球检测。

五、结束语

管口布设测点时须注意以下两点:① 测点布设要合理,要保证同一水平面或同一垂直面上两点的测放和测量精度;② 若条件允许应布设多余测点,才能使计算出的管口中心、管口法兰面直径等接近其真值,从而减小误差。

在锥管安装验收的测量过程中,采用在管口布设测点的方法较常用的“钢琴线”法有以下优点:① 若保证足够多的测点,前者对管口中心的测量精度要高于后者;② 作业速度快;③ “钢琴线”法检测直径差需要在整个管口上量取多个测点,工作量大,难度高,测量人员高空作业危险系数大,而在管口布设测点的方法,就避免了这些问题。

参考文献(略)

欢迎订阅《地图》杂志

本刊为海内外公开发行人全彩色双月刊,单月 15 日出版,每期定价 12.00 元,全年定价 72.00 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:2-912。直接向编辑部办理订阅手续,可享受地图世界读者俱乐部会员优惠价 50 元(平寄),60 元(挂号)。

地址:北京复外三里河路 50 号

邮编:100045

电话:010-68531244,68531262