

仙居抽水蓄能电站机组底环安装关键技术探讨

姜如洋

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川成都 610225)

摘要:总结了浙江仙居抽水蓄能电站机组底环安装关键技术工艺,对机组底环安装关键技术工艺难点进行了详细分析,同时对施工过程中的机组底环临时支撑平台设计、制作安装工艺流程进行了重点分解,可为同类型抽水蓄能电站机组底环设备安装施工提供借鉴。

关键词:机组底环;支撑平台;受力分析;仙居抽水蓄能电站

中图分类号:TV7;TV52;TV743;TV547

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0048-03

1 概述

浙江仙居抽水蓄能电站是国家“十一五”重点建设工程,是我国已投产发电单机容量最大的抽水蓄能机组以及我国掌握大型抽水蓄能机组核心工作的开山之作,该电站安装4台单机容量为375 MW的混流可逆式水轮发电机组,总装机容量为1 500 MW。

该电站在机组设备安装施工过程中遇到了一系列抽水蓄能机组设备安装施工技术难题,其最为突出的是机组底环安装技术。该电站机组底环由哈尔滨电机厂有限责任公司制造,底环整体到货安装,外径为6 524 mm。由于设计单位设计的机坑里衬上管口尺寸($\varphi 5100$)比底环外径尺寸小,导致土建混凝土浇筑至112.85 m高程时必须等待座环机加工合格后才能将机组底环吊入机坑就位,从而严重影响到机电设备、112.85 m以上高程混凝土浇筑及水机预埋件的安装施工进度。根据上述情况,如何解决机组底环提前吊入机坑悬置固定,在保证安全质量的前提下实现机组座环机加工工作与112.85 m以上高程土建混凝土浇筑及水机预埋件安装施工同步进行是本课题研究的出发点和目的。

2 机组底环安装关键技术

在国内常规水电站机电设备安装工程中,机电设备安装施工方案早已具有比较成熟的施工流程。其中机组底环安装必须在机组座环机加工合格后才能吊入机坑安装,但在浙江仙居抽水蓄能电站施工过程中,机坑里衬分为上、中、下三段现

场组拼安装,机坑里衬上管口设计尺寸比机组底环外径设计尺寸小,待机组座环机加工合格(工期约30 d)后,再将机组底环吊入机坑安装,如此实施将直接影响机坑里衬上段的水机管路预埋件安装及土建混凝土浇筑施工,从而导致工程整体施工工期出现滞后及施工成本增加。

本课题研究的方向是在已安装合格的机坑里衬中段设计一个底环临时支撑平台,调整底环吊装、座环机加工、机坑里衬渐变段之间的安装技术,其难点主要体现在机组底环临时支撑的设计及受力分析以及如何安装底环临时支撑平台。临时支撑平台的设计、制作、安装直接影响到112.85 m高程以上土建混凝土施工与机组座环机加工的并行作业。只有在施工过程中严格按照施工图纸及作业指导书进行临时支撑平台的制造及安装,方能确保后续各项施工工序安全顺利地进行,从而提高施工效率,节省人力物力,节约施工成本。

3 支撑平台的设计

3.1 设计方面

根据地下厂房机组底环及机坑里衬的结构设计特点并结合施工现场的实际情况,在机坑里衬圆周方向上设计了一个由8个单元斜支撑组成的底环临时支撑平台,并最终选择I25b和II6b工字钢作为临时支撑平台的制作材料;同时对斜支撑进行了详细的受力分析并编制了相应的设计方案及安装方案。

3.2 临时支撑平台受力分析

3.2.1 底环支撑平台受力分析

(1)底环自重总荷载:80 t(800 kN);

收稿日期:2017-04-23

(2) 施工人员荷载: 5人, $5 \times 75 \text{ kg} \times 10 = 3.75 \text{ (kN)}$;

(3) 施工设备荷载: 3 kN;

(4) 动荷载: 2 kN;

(5) 其它荷载: 1 kN。

荷载组合:

自重: $G_1 = 800 \text{ kN}$, 包括(1)项;

施工荷载: G_2 包括(2)、(3)、(4)、(5)项。考虑到不均匀系数取 1.3, 动力荷载系数取 2, 因此, $G_2 = (3.75 + 3 + 2 + 1) \times 1.3 \times 2 = 25.35 \text{ (kN)}$ 。

因此, 底环工字钢支撑平台总受力 $G = 800 + 25.35 = 825.35 \text{ (kN)}$ 。

3.2.2 底环临时支撑平台稳定性分析

根据对底环支撑平台受力进行分析得知: 底环工字钢支撑平台总受力为 825.35 kN, 均分至 8 根 I25b 工字钢 (热轧普通工字钢) 上, 即: $q_{均} = 103.17 \text{ kN}$; 同时, 为了提高临时支撑平台的安全系数, 采用 I16b 工字钢 (热轧普通工字钢) 作为平台底部的斜支撑以增加其稳定性, 受力情况见图 1。

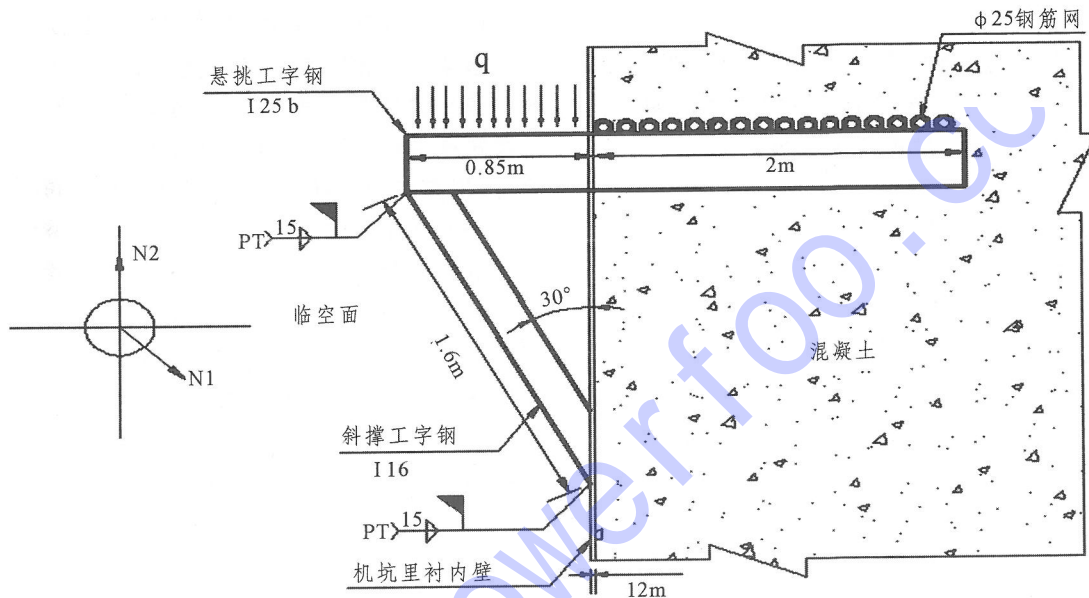


图1 底环支撑平台局部示意图

对一个单元的 I25b 工字钢进行受力分析与计算。工字钢材质为 Q235, 单个支撑单元承受的荷载为 103.17 kN/m; 考虑自重, 将自重放大系数定为 1.2, 对 1 个支撑单元进行受力分析计算的过程如下:

I25b 工字钢外悬挑长度按 1 m (此长度可调整) 计算, 工字钢特性值如下:

惯性矩 $I_x = 5.28 \times 10^7 \text{ (mm}^4)$;

抵抗矩 $W_x = 422\,400 \text{ mm}^3$;

面积矩 $S_x = 244\,499 \text{ mm}^3$;

腹板厚度 $T_w = 10 \text{ mm}$;

塑性发展系数 $\gamma_x = 1.05$;

整体稳定系数 $\varphi_b = 0.6$ 。

由最大壁厚 13 mm 得:

① 截面抗拉抗压抗弯强度设计值 $f = 215 \text{ MPa}$;

② 截面抗剪强度设计值 $f_v = 125 \text{ MPa}$;

③ 剪力值 $V_{\max} = qL = 103.17 \times 1 = 103.17 \text{ kN}$;

④ 变矩值 $M_x = (q/2) \times L^2 = 103.17/2 \times 1 = 51.585 \text{ kN} \cdot \text{m}$;

⑤ 最大挠度为 1.191 46 mm (挠跨比为 1/839)。

按《钢结构设计规范》GB50017-2003 第 4.1.1、4.1.2 和 4.2.2 节验算得:

最大剪应力 = $(V_{\max} \times S_x) / (I_x \times T_w) = (103.17 \times 0.244\,499) / (0.052\,8 \times 10) = 47.774 \text{ MPa} < f_v = 125 \text{ MPa}$, 故最大剪应力满足要求。

抗弯强度应力 = $M_x / (\gamma_x \times W_x) = 51.585 / (1.05 \times 0.422\,4) = 116.308 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$, 故抗弯强度应力满足要求。

稳定应力 = $M_x / (\varphi_b \times W_x) = 51.585 / (0.6 \times$

$0.4224) = 203.539 \text{ MPa} < f = 215 \text{ MPa}$, 故稳定满足要求。

根据上述计算结果可以看出:仅采用 I25b 工字钢制作机组底环临时支撑平台即可满足稳定性要求。但是,考虑到施工空间的局限性及施工的安全性,增加了临时支撑平台的安全系数,即每个支撑单元均采用 2 根 I25b 工字钢和 2 根 I16b 工字钢制作成箱型梁支撑平台,将其安全系数提高数倍,以确保安全顺利地施工。

4 底环临时支撑平台的安装

4.1 施工工艺流程

施工准备→现场制作及安装临时支撑平台→机组底环吊入机坑悬置固定→机组座环机加工、水机预埋件施工及土建混凝土浇筑。

4.2 安装实施步骤

(1)测量人员测放出机组 X、Y 基准轴线,测放出机组机坑里衬中心点坐标,根据中心点坐标测放出图纸设计安装在机坑里衬圆周方向上的 8 个单元支撑平台位置尺寸;

(2)根据测量尺寸,在机坑里衬下端管壁圆周方向开 8 个孔,并在现场进行工字钢型材下料, I25b 工字钢下料长度为 2.85 m (此长度可根据机组底环尺寸进行适当调整), 共计 16 根; I16b 工

字钢下料长度为 1.6 m, 共计 16 根;

(3)将 2 根 I25b 工字钢并成箱型梁结构,并将其安装至机坑里衬上已开孔位置,内壁预留长度为 0.85 m (此预留长度可根据机组底环尺寸进行适当调整),同时,在内壁预留工字钢悬挑梁底部安装焊接 I16b 工字钢箱型梁斜角支撑,以提高内部悬臂梁的安全系数。在安装过程中,利用全站仪测量 8 个方位单元支撑平台的水平度,将圆周上临时支撑平台的工作面水平度控制在 $\pm 1 \text{ mm}$ 范围内;

(4)在安装过程中,机坑里衬外部预留部分的箱型梁工字钢需浇筑到混凝土中。为了增加临时支撑平台的安全稳定性,在机坑里衬外部混凝土浇筑前,需在箱型梁工字钢上面铺设一层钢筋网,以提高机组底环支撑平台的整体受力强度;

(5)待机组底环支撑平台现场制作完成后,测量人员需再次测量、检查支撑平台的整体水平度;

(6)机组底环临时支撑平台制作安装验收合格后,即可开始施工仓位的混凝土浇筑施工,待混凝土等强合格后,将机组底环吊至机坑里衬悬置固定;

(7)待机组座环打磨合格后,即可进行机组底环的正式安装,同时割除机坑里衬内壁的支撑平台。

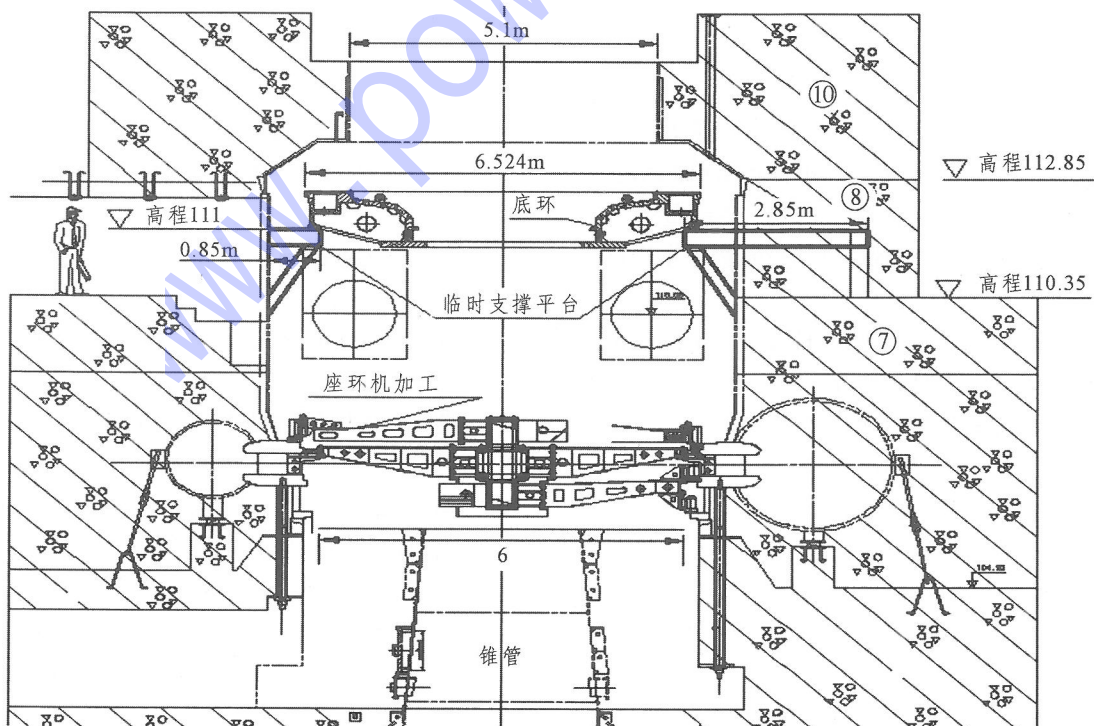


图2 机组底环临时支撑平台安装效果图

(下转第 61 页)

表2 成果统计表

/mm

项目	编 号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上部	2 778.45	2 778.59	2 778.6	2 778.57	2 778.54	2 778.55	2 778.7	2 778.6	2 778.67	2 778.69
中部	2 778.32	2 778.42	2 778.52	2 778.52	2 778.57	2 778.58	2 778.59	2 778.47	2 778.47	2 778.52
下部	2 778.44	2 778.52	2 778.64	2 778.56	2 778.59	2 778.52	2 778.52	2 778.5	2 778.54	2 778.59
项目	编 号									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
上部	2 778.7	2 778.62	2 778.52	2 778.47	2 778.46	2 778.5	2 778.45	2 778.55	2 778.44	2 778.58
中部	2 778.5	2 778.49	2 778.44	2 778.45	2 778.45	2 778.4	2 778.55	2 778.43	2 778.4	2 778.5
下部	2 778.52	2 778.48	2 778.43	2 778.37	2 778.39	2 778.58	2 778.42	2 778.52	2 778.44	2 778.54
半径	允许偏差 ±1	最大偏差 +0.7	最小偏差 +0.32	同心度		允许偏差 0.15	上部 0.09	中部 0.06	下部 0.08	

在首台机组热加垫时,加热板电压为380 V,无金属外壳,加温1 h后出现电阻丝熔断现象,无法进行加温工作。经研究发现,加热板电阻丝无法承受在380 V电压下的自身重量,遂决定重新采购220 V加热板并自带铝板。加热板更换后,一次性加垫成功。

7.2 磁轭中心偏移

5#机组磁轭支墩拆除后出现磁轭偏心较大的问题,最大偏心为0.63 mm。为解决以上问题,采取先加热键槽间隙小的一侧,然后再加热另一侧。在间隙小的一侧膨胀量满足加垫要求后,先进行间隙小的一侧磁轭键的安装,全部安装完成后再进行其余磁轭键的安装。依据以上方法,顺利地完成了热加垫工作,其结果为磁轭同心度小于0.1 mm,满足规范要求。

(上接第50页)

5 结 语

根据机组底环临时支撑平台的设计图纸,成功制作安装并将此关键施工技术工艺投入到实际应用中。浙江仙居抽水蓄能电站通过采用机组底环临时支撑平台调整底环吊装、座环机加工、机坑里衬渐变段安装技术工艺,将该关键技术工艺实际应用于1#~4#机组底环设备安装施工中成功地解决了机组底环提前吊入机坑悬置固定的难题,实现了112.85 m以上高程土建混凝土浇筑及水机预埋件安装施工与机组座环机加工同步施工,提高了机组设备安装施工的效率,节省了人力物力,提升了施工质量,经济效益显著。

针对该关键技术工艺研究,中国水电五局浙

8 结 语

磁轭热加垫对转子磁轭整体加固及转子偏心调整起到了重要作用,其成败直接关系到施工进度及质量,溧阳抽水蓄能电站热加垫施工技术对同类型机组具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] DL/T5230-2009,水轮发电机转子现场装配工艺守则[S].
- [2] 夏宝国.大型水轮发电机组磁轭热打键工艺[J].防爆电机.2015,50(1):42-44.
- [3] 雷京祥.向家坝水电站800 MW机组转子热加垫技术研究[J].水利水电技术.2013,44(4):90-91.

作者简介:

吕建国(1986-),男,四川巴中人,助理工程师,从事水轮发电机组安装技术工作;
李宏泽(1989-),男,甘肃会宁人,助理工程师,从事水轮发电机组安装测量工作。(责任编辑:李燕辉)

江仙居抽水蓄能电站机电安装工程项目部组织技术人员编制了《机组底环临时支撑平台设计安装方案》及《机组埋入部件安装作业指导书》等技术文件,总结出一套完整的机组底环临时支撑平台设计、制造、应用的理论和实践安装经验,可为同类型电站机组设备安装施工提供参考。

参考文献:

- [1] GB/T8564-2003,水轮发电机组安装技术规范[S].
- [2] GB 50017-2003,钢结构设计规范[S].
- [3] GB50661-2011,钢结构焊接规范[S].

作者简介:

姜如洋(1985-),男,江苏东海人,助理工程师,从事机电设备安装技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)