

锦屏二级水电站竖井段压力钢管的安装方法

李 东

(葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要: 重点介绍了锦屏二级水电站竖井段压力钢管的安装方法,详细阐述了钢管的起吊技术方案和主要设备的选择,并对相关问题进行了分析研究,以期工程实践中的类似问题提供借鉴。

关键词: 锦屏二级水电站;竖井段;压力钢管;施工方法

中图分类号:TV7;TV547

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2012)02-0066-05

1 工程概况

锦屏二级水电站是雅砻江上正在兴建的一座超大型引水式地下电站。电站最大设计水头 321 m,额定水头 288 m,共装 8 台单机容量 600 MW 的混流式水轮发电机组。

电站共设 8 条高压管道。立面布置上、下平洞及上、下弯段,中间通过竖井连接;单条高压管道设计长度为 540 ~ 584 m,安装中心高程差为 250 m,钢管内径 D 为 6.05 ~ 6.5 m,制安总量约 2.5 万 t,钢管设计 DH 值为 1 872 m^2 ,最大 DH 值达 2 086.5 m^2 ,其单项工程量和 PT 值均为目前国内最大。

2 竖井段压力钢管安装特性

锦屏二级水电站竖井段高度为 189 m,其压力钢管采用 16 MnR 钢材制造,内径 6.5 m,管壁厚 22 ~ 32 mm,单节管节长度为 3 m;钢管外部设有三道加劲环,宽 0.2 m,厚度同钢管,间距为 1 m,钢管不设内部支撑,单条竖井管节数量为 63 节,安装总量约为 930 t。

单条竖井段压力钢管管节吊装单元尺寸、数量及重量见表 1。

表 1 单条井段压力钢管管节吊装单元尺寸、数量及重量表

序号	板厚/mm	单元尺寸	管节数量	单节管节重量/t
1	32	$\phi 7 \times 3$ m	8	18.26
2	28	$\phi 7 \times 3$ m	7	16.32
3	24	$\phi 7 \times 3$ m	44	13.98
4	22	$\phi 7 \times 3$ m	4	12.82

3 工艺原理

竖井钢管采用布置在竖井顶部的移动式起重

机辅以施工作业平台、简易电梯、布置在下弯段的爬梯及平台等自下往上依次进行安装。

4 工艺流程及操作要点

4.1 竖井压力钢管安装工艺流程(图 1)

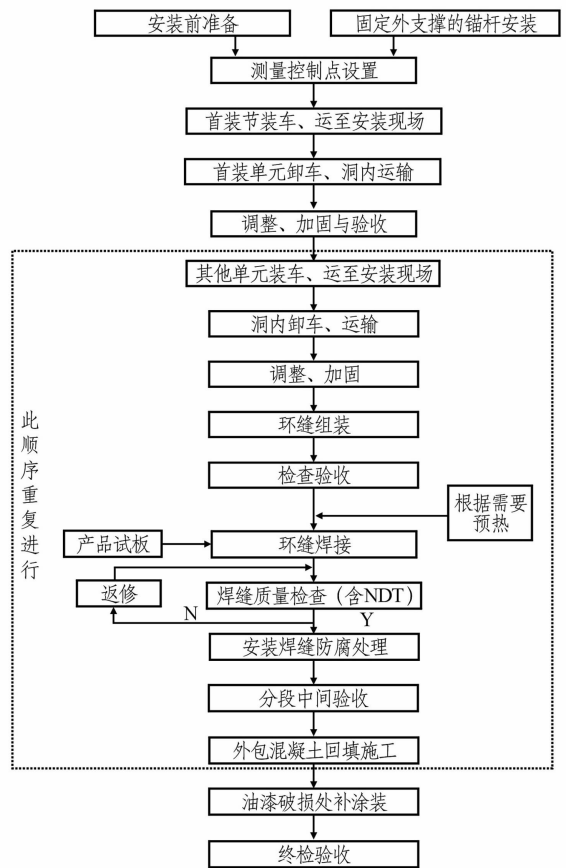


图 1 竖井钢管安装工艺流程图

4.1.1 竖井压力钢管安装前的准备工作

(1) 检查钢管运输道路(含隧洞、施工支洞等)情况,应满足钢管运输要求。

(2) 完成施工电源、工具房布置。

收稿日期:2012-03-13

(3)完成竖井钢管吊装起重机的安装调试及荷载试验。

(4)完成起吊平衡梁、竖井作业平台、简易电梯等辅助工装的制作安装。

(5)完成各部位卷扬机、导向滑轮及固定锚杆等的安装。

(6)完成施工照明、施工通讯的布置。

(7)钢管轴线位置已与隧洞设计中心校核无误,测量控制点已按要求布置完成。

4.1.2 竖井钢管安装工艺流程

竖井钢管安装工艺流程见图1。

4.2 起重设备的选型及辅助工装的制备

竖井压力钢管起重设备布置情况见图2。

4.2.1 竖井钢管吊装起重机

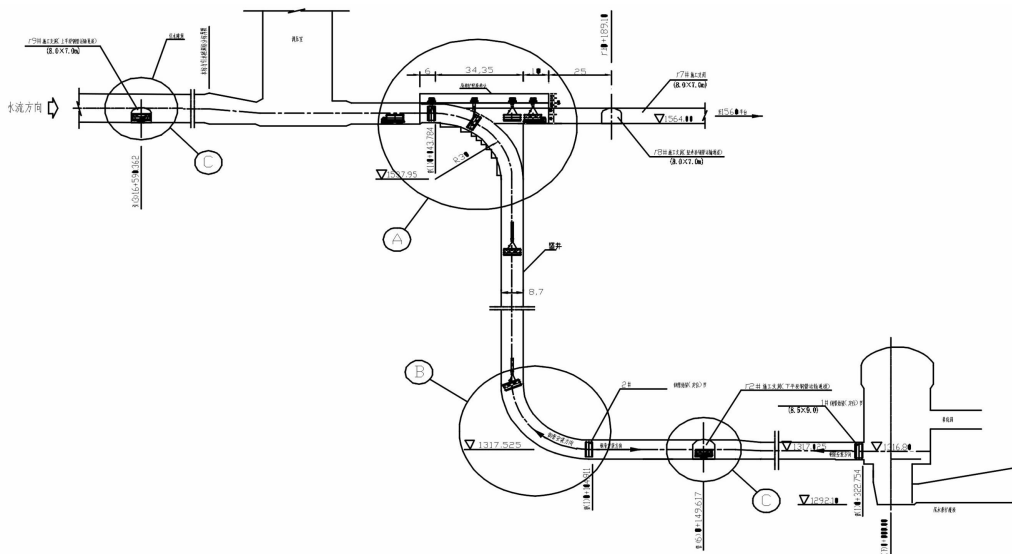


图2 竖井压力钢管起重设备布置示意图

4.2.1.1 起重机结构型式及布置位置

起重机结构型式为双吊点单向移动式起重机+平衡梁,布置在竖井顶部。

4.2.1.2 起重机的工作方式

(1)起重机采用单节管节吊装方式,起重量应考虑平衡梁及作业平台重量;

(2)起重机起重运行工况:负载下降、空载上升;

(3)起重机为两种工作方式:双机电气联动(同步)工作方式和单机分别(调整)工作方式。出于安全因素考虑,起重机上应加装荷载仪和双钩纠偏同步装置。

4.2.1.3 起重机起重参数选择

(1)起重荷载分析。

综合考虑动荷载、不平衡荷载及其他荷载,起重机最大的起重荷载为28 t。

(2)额定起重量的选定。

依据安全、经济、实用性原则,综合考虑目前国内类似起重设备的设计制造能力、设备采购周期及使用成本等因素,选定起重机额定起重量为

2 × 16 t。

(3)起升高度的选定。

上下平洞管节安装中心高度差为250 m,考虑到桥机安装高度及管节卸车高度需要,选定桥机起升高度为280 m。

(4)行走、起升速度的选定。

综合考虑起重机行走、起升速度的安全性、平稳性和管节吊装工效等因素,起重机行走速度可按10~15 m/min选取,起重机下降(或上升)速度可按8~10 m/min选取。

(5)整机工作级别的选择。

按单条竖井吊装管节工作次数、单台起重机使用年限等因素,选定起重机整机的工作级别为A4。

4.2.2 起重机平衡梁

在起重机滑轮组下布置平衡梁是为了防止起重机滑轮组在升降过程中因滑轮组旋转发生钢丝绳缠绕造成死钩,同时解决因双吊点起降不同步产生的不平衡问题。

4.2.3 竖井作业平台

竖井作业平台利用型材和钢板焊接而成,共

分三层,每层高度根据钢管高度确定为3 m。其中上层平台为钢管管节调整、组拼、焊接平台;中层平台主要用于存放焊接设备和各种临时材料;下层平台为焊缝打磨、防腐施工平台,同时用于简易升降电梯的临时存放。

在作业平台上、下层各安装4个导向滑轮,导向滑轮在作业平台的吊装过程中起导向和稳定作用。在中层平台底部布置两组共4个定滑轮用于作业平台与简易升降电梯的连接,定滑轮间距 $>1/2$ 吊笼最大外型尺寸。

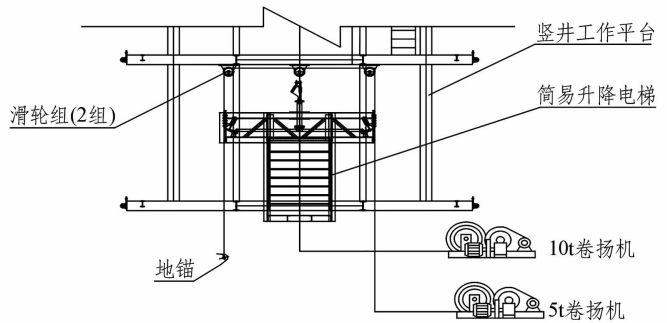
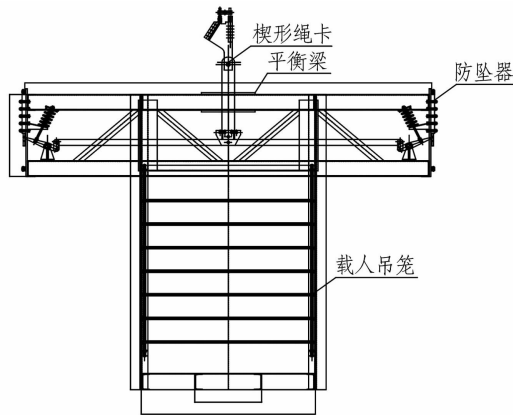


图3 竖井简易电梯结构及连接示意图

(1)吊笼采用型材和钢板焊接而成。升降系统主要用于控制吊笼的升降,由一台10 t卷扬机及若干地锚和导向装置组成。

10 t卷扬机钢丝绳利用布置在竖井底部的一组导向装置通过预先布置在竖井中层作业平台底部的两个定滑轮与安装在简易升降电梯平衡梁中部的楔形绳卡相连接。

(2)防坠装置主要用于防止吊笼升降过程中由于其起吊钢丝绳突然发生断裂而引发的高空坠落事故,该套装置由平衡梁、防坠器、5 t卷扬机及若干地锚和导向装置组成。

5 t卷扬机钢丝绳与防坠器连接后通过预先安装在作业平台中层的两个定滑轮与固定在竖井底部的一组地锚相连接。

4.2.4.2 简易升降电梯的使用方法

简易电梯安全连接后,操作5 t卷扬机,调整钢丝绳张紧度至安全使用范围。简易升降电梯在使用时,只需操作10 t卷扬机即可实现吊笼的安全升降。

由于简易电梯合理的使用了平衡梁及防坠装置,使得在吊笼整个升降过程中,既可以有效预防

在上层平台四角焊接8个吊耳并安装8根钢丝绳,其中4根钢丝绳通过吊耳及挂钩将作业平台悬挂于已装钢管管壁上口,另外4根钢丝绳作为起吊平台的备用钢丝绳。

4.2.4 简易电梯

4.2.4.1 结构型式

简易升降电梯由吊笼、升降系统及防坠装置等组成。通过布置在中层作业平台底部的4个定滑轮与作业平台相连接,其结构型式以及与工作平台的连接方式见图3。

人员高空坠落事故的发生,又可以防止吊笼发生旋转,确保了施工人员的生命安全。

4.2.4.3 设备的选型

(1)吊笼、防坠器及附件:吊笼、防坠器及附件为特种设备,应选择有资质的厂家生产,并根据最大载重量选择合适的型号。对于载人系统中的防坠装置,我们选用的是河北省武安市通达机械有限公司生产的BF0511型防坠器及XS60(B)型楔形绳卡,载人吊笼型号为GLS-0.8型,具体安装及使用方法可参见厂家使用说明书。

(2)10 t卷扬机:使用JM-10双液压抱闸型慢速电动卷扬机,钢丝绳额定速度 ≤ 15 m/min,钢丝绳直径为 $\varphi 28(6 \times 37 + FC)$,卷筒容绳量为500 m。

(3)5 t卷扬机:使用JM-5双液压抱闸型慢速电动卷扬机,钢丝绳直径为 $\varphi 20(6 \times 37 + FC)$,卷筒容绳量同10 t卷扬机。

4.2.4.4 简易升降电梯在使用过程中的注意事项

(1)防坠装置在正式使用前应做等负荷坠落试验。

(2)定期按规定对简易电梯所使用的钢丝绳进行检查及维护保养。

4.2.5 下弯段爬梯及平台

竖井钢管安装是在下弯段钢管安装完成、混凝土浇筑已完毕的基础上进行的。在下弯管上部设一临时平台,下部设临时爬梯,安装人员从下弯管管壁内侧的临时爬梯经临时平台进入简易升降电梯,由升降电梯进入作业平台。

4.3 测量控制

采用高精度激光投点仪自上向下投点,控制钢管安装中心,用水准仪对钢管的高程及管口水平度进行控制,每安装3~5节钢管测量一次。

4.4 具体安装方法

4.4.1 钢管装车固定及水平运输

压力钢管水平运输选用25 t平板载重汽车进行运输。在运输过程中,应采用手拉葫芦对称将钢管绑扎牢固,装车固定及水平运输情况见图4。

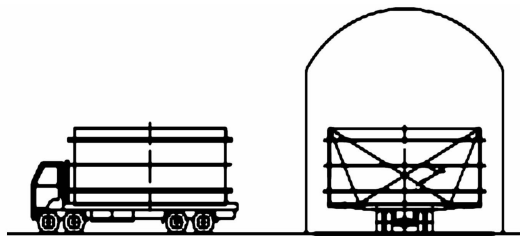


图4 钢管装车固定及水平运输示意图

4.4.2 钢管吊装

载重汽车将钢管运至施工支洞移动式起重机覆盖范围内,利用起重机将钢管卸车并吊装至安装部位。

吊装时选用4根钢丝绳通过焊接在平衡梁底部两侧的两组吊耳对钢管进行吊装。钢管吊装到位后,将作业平台上的备用钢丝绳挂到主钩上,起升主钩,将作业平台随钢管吊起,摘除平台与钢管间的挂钩,然后将钢管重新下落至上节钢管管口,稳定固定后摘除钢管起吊绳,提升主钩,将作业平台悬挂于最上一节钢管管口,取下挂在桥机主钩上的4根备用钢丝绳后,施工人员即可在作业平台上继续进行钢管安装作业。作业平台就位后,安装人员从竖井底部进入简易升降电梯,由升降电梯进入作业平台(图5)。

4.4.3 竖井压力钢管的调整与固定

钢管吊装就位后,在作业平台上对管节的中心进行调整,并通过压码、楔铁等工具对管节进行压缝,检查合格后即可进行加固及焊接工作。管节内侧焊接在作业平台上完成,管节外侧焊接在

临时施工平台上完成。

临时施工平台的搭设方法:以洞内锚杆为基础,采用钢筋焊接组成平台,在平台上铺设密集竹跳板并用铁丝固定,在钢管外壁形成一个牢固安全的作业平台。

4.4.4 现场安装环缝焊接

(1)钢管安装调整合格并加固牢靠、验收合格后,进行现场环缝的焊接。每条焊缝应连续完成,不得中断。如因特殊情况必须中断,应采取焊缝保温及其它防止产生裂纹的措施。

(2)安装环缝从首装节开始依次施焊,禁止隔缝施焊,以控制焊接应力。

(3)环缝焊接时,在I、II、III、IV象限各布置1~2名焊工同步对称分段施焊。

(4)焊接完成24 h后,应对焊缝进行无损检测。

4.4.5 现场防腐涂装

压力钢管安装检测合格后,按设计要求进行安装焊缝及涂层破损处的防腐涂装。

4.4.6 检查验收及混凝土浇筑

压力钢管分段安装完成并经验收合格后进行混凝土浇筑。经过多次循环,完成整条竖井压力钢管的安装工作。

5 质量控制

(1)竖井压力钢管安装的重点是控制管口中心、高程、倾角、管口之间的组装间隙及对口径向错边量等。

(2)竖井压力钢管安装应符合设计文件及《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》(DL/T5017-2007)的要求。

(3)钢管安装调整到位后,应按设计要求将外部支撑安装并焊接牢固,确保钢管在混凝土浇筑过程中不发生移位和变形。

(4)钢管在焊接过程中应严格按已制定的、合理的焊接工艺及规程执行。

(5)焊缝对接接头的错位应进行缓坡处理,焊缝表面应打磨光滑。

(6)钢管在安装过程中应采取必要的保护措施,防止钢管表面涂层被破坏。

(7)钢管安装完毕,并经检查合格后,应在3~5 d内浇筑混凝土。如逾期或有碰撞应予以复测,复测合格后方可进行混凝土浇筑。

(8)混凝土浇筑后应对钢管各项参数进行复

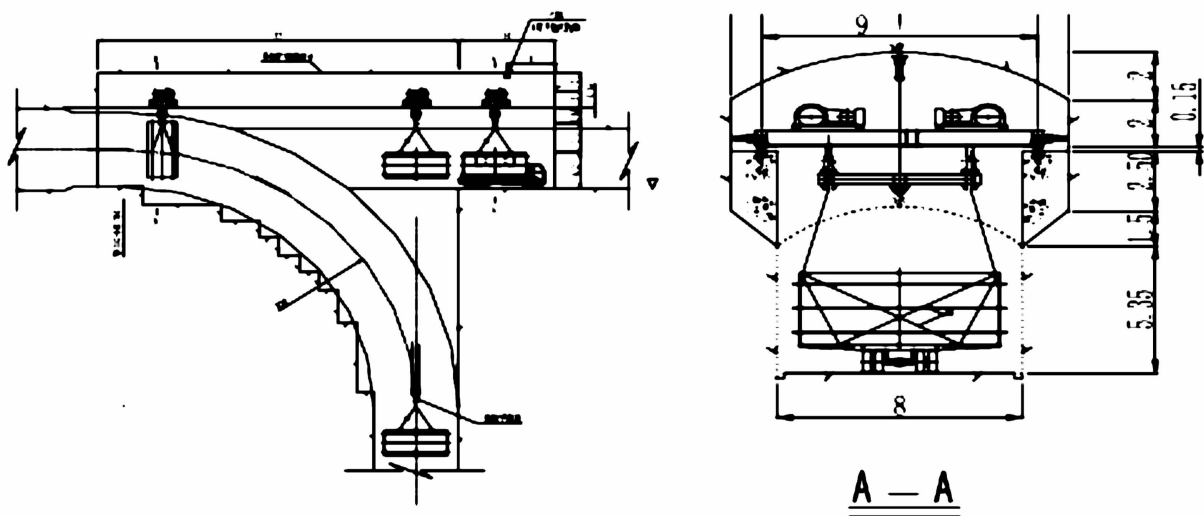


图5 钢管吊装过程中平台与简易电梯布置示意图

测并做好记录。

6 结语

锦屏二级水电站竖井段压力钢管的安装由于采用了合理的技术方案,取得了良好的效果。

(1)采用双吊点单向移动式起重机吊装钢管,有效的解决了竖井钢管的垂直运输问题,降低了安全风险,提高了工作效率,加快了安装进度。

(2)根据竖井压力钢管安装特点设置施工作业平台,作业平台分为三层,通过多组钢丝绳及挂钩悬挂在已安装完毕的钢管上管口,施工时便捷、稳定,降低了施工难度,提高了工作效率。

(3)采用简易电梯,有效的解决了施工人员上下的问题,提高了工作效率;电梯上安装有防坠落装置对电梯运行全程进行防护,有效降低了安

(上接第50页)

采用4.5 m升层方案,能够减少备仓和浇筑次数,减少设备转仓次数和时间,提高施工效率。以17#坝段1 634~1 733 m高程为例,3 m升层施工周期为8 d,4.5 m升层施工周期为10 d;全部采用3 m升层方案需时264 d,全部采用4.5 m升层方案需时220 d,采用4.5 m升层方案,可以缩短工期44 d。分析结果表明,在高拱坝结构较为简单的部位全面采用4.5 m升层方案能够较大地提高施工效率。

6 结语

通过4.5 m升层混凝土浇筑生产性试验可以得出以下结论:(1)强化浇筑过程控制,进行精细

全风险。

(4)采用高精度的激光投点仪控制钢管安装中心,有效解决了竖井钢管安装精度控制,简化了安装程序。

锦屏二级水电站单条竖井钢管安装计划施工工期为8个月,目前,已完工的4条竖井实际施工工期为5~6个月,钢管安装质量优良,未发生人员及设备安全事故,取得了良好的经济效益和社会效益。

作者简介:

李东(1975-),男,河北定州人,项目经理,高级工程师,学士,从事金属结构制安技术及管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

化管理,能够大幅度提高混凝土入仓强度,缩短坯层覆盖时间,有利于混凝土内部温度控制;(2)采用4.5 m升层悬臂大模板,能够解决模板变形问题,满足大坝形体要求;(3)4.5 m升层仓的冷却通水流量比3 m升层仓提高约15%,可以将混凝土最高温度控制在设计范围以内;(4)4.5 m升层仓对相邻坝块的混凝土内部温度影响小;(5)将4.5 m升层的混凝土间歇期调整为8 d较为适宜。试验结果表明:在锦屏一级水电站高拱坝施工中采用4.5 m升层浇筑混凝土是可行的。

作者简介:

韦宁(1982-),男,广西桂林人,助理工程师,学士,从事水电工程施工技术工作。

(责任编辑:李燕辉)