

冶勒水电站斜井压力钢管安装

栗皓维¹ 程云山² 吴文桑²

(1. 中国水利水电第七工程局机电安装分局, 四川 彭山 620860; 2. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 针对冶勒水电站地质条件复杂、水头高、压力引水钢管距离长和坡度陡等安装技术难题,在工期紧、施工环境差和施工工艺要求高的情况下,对压力钢管采取了无轨运输的新方法。由于钢管壁厚变化大,施焊过程中采用多层、多道、对称、分段、退步的焊接方法,采用控制温度变形以及高强度钢环缝埋弧自动焊接等安装新工艺,成功地完成了冶勒水电站压力钢管的安装。实践表明,冶勒水电站压力钢管的安装方法是可靠的,采取的焊接工艺是科学、正确的。

关键词 冶勒水电站 斜井压力钢管 钢管安装 无轨运输 焊接工艺

中图分类号:TV732.4 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2006)S2-0056-03

冶勒水电站引水隧洞共有 3 个斜井段,其中 2 个斜井段的压力钢管安装任务均由中国水利水电第七工程局承担。冶勒水电站地质条件复杂、水头高,斜井段距离长、坡度陡,上斜井段长 240 m,坡度约 60°,中斜井段长 272 m,为目前国内最长的斜井段,坡度也约为 60°。在这种条件下,如何保障压力引水钢管安全、快速地运输,如何满足施焊质量要求,这些都是水电站机电安装面临的新课题。

1 压力钢管的运输

冶勒水电站压力钢管施工段地下水丰富,温差大,上斜井段和中斜井段坡度陡,安装工艺要求高,安装工期短,安装工作面环境恶劣。压力钢管直径 3 400 mm,最小壁厚 10 mm,最大壁厚 34 mm,最大外形尺寸 3 800 mm×3 800 mm×4 000 mm,最大运输单元质量约为 12.5 t。压力钢管的运输包括从钢管临时堆放点运至施工支洞洞口、压力钢管在支洞和主洞中的移动以及压力钢管在斜井中的溜放就位等过程。压力钢管安装施工简图见图 1。改变传统的轨道运输方法,采用无轨运输新方法,可以节约工期、降低费用、加快速度。

从钢管临时堆放点用 15 t 奔驰车将钢管运输到支洞洞口,为保证运输的稳定性,载重汽车上设置托架台具,用型号为 6×37+1、直径为 $\varnothing 13$ 的钢丝绳和 4 台 3 t 导链将运输车封好。在临时堆放点用 25 t 汽车吊装车,在支洞口用龙门架卸车。钢管在支洞

口用简易门架卸车,并装上支洞运输台车,同时保证钢管轴心和支洞的轴心在一个方向。

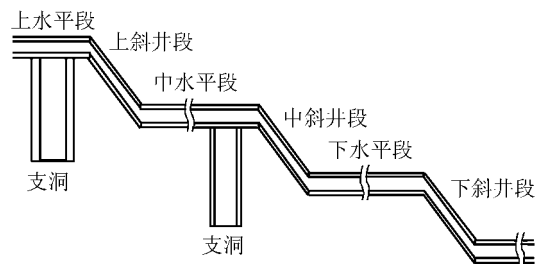


图 1 冶勒水电站压力引水管道安装施工简图

支洞中压力钢管是在台车上运输,安装台车由卷扬机牵引。上水平段采用卷扬机牵引钢管进行水平运输,由叉车牵引。无轨运输方式运输钢管使该部位(该段主、支底板全部浇注成混凝土)减少了轨道安装这道工序,方便了施工,节约工期 45 d。中斜井安装中,原计划采用卷扬机牵引台车有轨运输,运输 1 节钢管至少 1.5~2 h,现改为叉车结合有轨运输,只需 40 min~1 h,加快了钢管运输速度,提高了工效,缩短了斜井溜放钢管的等待时间。每溜放 1 节钢管缩短焊接时间至少 1 h,中斜井段(包括部分平段和弯管)共 171 节压力钢管,累计可以节约大约 7 d 时间。中斜井段原计划采用双滑轮组,溜放 1 节钢管至少需要 2 h,现采用单绳溜放,只需要 1 h 就能溜放到位,比原计划缩短 1 h。中斜井段的斜段部分共有 136 节压力钢管,累计可以缩短工期 136 h,大约 5.7 d。所以在压力钢管运输上就节省工期近 60 d。

压力钢管在斜井段的运输用卷扬机牵引钢管 , 卷扬机在后溜放 , 弯管处改用大吨位卷扬机溜放。中斜井段是单节钢管 , 最大运输单元质量为 7 t , 中斜井段用卷扬机溜放 , 选用单股钢丝绳。

中斜井段支洞长 520.5 m , 洞外还有 100 m 的直线运输距离 , 如采用传统的有轨运输方式共计需要安装轨道 620.5 m。由于采用了无轨运输方式 , 不仅节约了安装轨道材料(材料费约十多万元) , 还节约直接工期 60 d , 为发电工期目标的实现奠定了基础。

2 焊接施工

压力钢管焊接分为预热、焊接、后热、打磨、探伤、防腐等工序。焊接用主要设备见表 1。

表 1 手工电弧焊试验主要设备

名称	型号	单位	数量	名称	型号	单位	数量
焊机	ZX7-400S	台	2	辐射测温仪	TH10	把	1
焊条烘干箱	ZYHC-150	台	1	空压机	TA-100	台	1
远红外温控仪	LWK-36 × 220-B	台	2	超声波探伤仪	PXUT-211	台	2

冶勒水电站压力钢管最大直径为 3.4 m , 钢管板厚变化较大 , 从 10 ~ 32 mm 共有 12 种规格 , 大大增加了施工操作人员焊接操作的难度。由于冶勒水电站在每年的 11 月就基本进入冬季施工 , 如何保证在环境湿度大、气温低的条件下进行钢管的焊接 , 特别是 WDB620 高强钢的预热、保温焊接和后热处理等是一道难题。

针对制造钢管的钢材型号、钢板厚度、焊接材料和现场环境特点等制定焊接工艺评定施工措施 , 并选出最重要、最具有代表性的三大类接头作为焊缝对接接头工艺评定项目 , 评定内容详见表 2 (坡口示意图见图 2 ~ 3 (图中 δ 为板厚))。

表 2 冶勒水电站压力钢管安装焊接工艺评定内容

评定项目	母材材质	坡口形式	坡口示意图	检验项目
0°全仰焊 (手工焊)	Q345C + WDB620	不等边“X”形坡口	见图 2	外观检查、RT、拉伸、冲击、弯曲试验
0°全仰焊 (手工焊)	WDB620	不等边“X”形坡口	见图 2	外观检查、RT、拉伸、冲击、弯曲试验
0°全仰焊贴背板 (手工焊)	WDB620	单边“V”形坡口	见图 3	外观检查、RT、拉伸、弯曲、冲击试验

注 焊缝类别均为 I 级 , 焊接位置均为仰焊。

根据 WDB620 高强钢的特点和当地环境条件 , 为了控制成本、提高焊接质量 , 在工艺评定试验中曾采用不同产地的几种焊条进行试验 , 最后选择了质量最好的焊条作为安装焊缝的焊接材料。

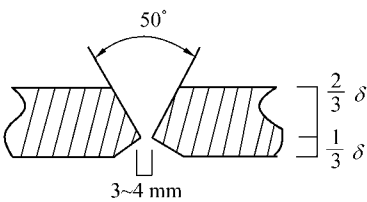


图 2 不等边“X”形坡口示意图

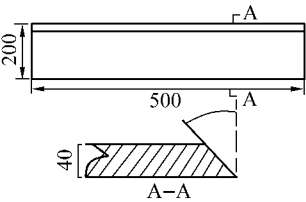


图 3 单边“V”形坡口示意图(单位 : mm)

焊条在干燥室保存并进行烘干处理 , 保温 2 h 后放入 150 ℃ 的恒温箱内存放 , 随用随取。由专人对焊条进行烘焙 , 并由专人进行登记发放。焊接中根据不同的钢种必须使用相应的焊条 , 不得私自更换焊条牌号。手工焊条每名焊工一次领用不得超过 50 根 , 并且必须用 5 kg 的焊条保温筒通电存放 , 施焊时应随用随取 , 取用焊条后随手盖好盖子 , 保温筒内焊条放置超过 4 h 应重新烘烤 , 烘烤次数小于或等于 2 次。

根据厂家提供的 WDB620 钢板研制报告^[2] , 手工焊焊接 WDB620 高强钢一般无需预热或后热 , 但试验中的环境温度为 26 ℃ , 而施工现场的环境温度夏季白天为 20 ~ 30 ℃ , 夜间为 9 ~ 15 ℃ ; 冬季白天为 0 ~ 9 ℃ , 夜间为 - 5 ~ 0 ℃ , 并且洞内中斜井施工部位的潮湿度达到 95 %。该地区环境温差很大 , 特定的自然环境条件决定了高强钢的焊接必须进行焊前预热和后热处理 , 才能满足焊接质量的需要。

2.1 高强钢(WDB620)手工焊环缝预热

WDB620 高强钢的 I , II 类焊缝预热温度为 100 ~ 120 ℃ , 实际上随着冬季的到来 , 预热温度在逐步提高 , 为 115 ~ 135 ℃ , 采用履带式远红外温控仪进行预热 , 定位焊的预热温度为 80 ~ 120 ℃。预热宽度为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚 , 最小不小于 200 mm , 升温速度为 90 ℃ / h , 降温速度为 100 ℃ / h , 用辐射测温仪进行温度控制。

2.2 低合金钢(Q345C)手工焊环缝预热

按照常规 , 低合金钢(Q345C)一般无需预热 , 只有钢板厚度达到一定范围时才进行预热。因为在冶勒水电站的洞内压力钢管安装中 , 其上斜井段的潮湿度达 70 % ~ 85 % , 为减少焊缝出现气孔的机率 , 对该钢种还是采取了预热焊接方式 , 预热的温度为 50 ~ 80 ℃。在保证焊缝坡口两侧无水珠时进行焊接 , 焊后不用后热处理 , 按表 3 进行焊接操作。

表 3 压力钢管环缝焊接规范(手工焊)

焊缝层次	焊接方法	填充金属		焊接电流		电弧电压/ V	速度/ (cm·min ⁻¹)	线能量/ (kJ·cm ⁻¹)
		牌号	直径/mm	极性	电流/A			
封底	手弧焊	CFE62CFLH	3.2	直反	120~130	22~23	9.0~10.0	17.6~18.6
正缝层间焊	手弧焊	CFE62CFLH	4.0	直反	140~160	22~23	7.5~8.0	24.6~26.4
正缝层间焊	手弧焊	CFE62CFLH	5.0	直反	160~180	22~23	8.0~8.5	26.4~29.2
背缝盖面焊	手弧焊	CFE62CFLH	5.0	直反	160~180	22~23	8.0~8.5	26.4~29.2

高强钢环缝焊接前(特别是塌方体以下的部分焊缝)必须把渗水完全处理后,才能进行焊缝焊接工作,采用水玻璃、棉絮和砂浆混凝土拌和在一起把渗水封住,及时组织人员进行加温和焊接。焊接时采用多层、多道、对称、分段、退步的焊接方法施工,层间厚度小于6mm,接头错开30mm,各对称施焊的焊工线能量基本保持一致,控制在17~20kJ/cm之间,控制层间温度不大于230℃。

根据焊接工艺评定和在实际操作中焊缝质量的稳定性,钢管后热消氢时间宜控制在2h(主要是针对WDB620高强钢),在焊缝焊接完成前0.5h进行加温,温度控制在150~200℃范围内。在材质为WDB620的钢管的整个焊接过程中,都按照预先制定的焊接工艺,安排专人对焊接质量实施全过程监控,把层间打磨和加热温度这两道工序作为重点控制,为后续施工质量提供保证。

CV标段的压力钢管共475节,共4750m焊缝,由二滩国际监理公司探伤人员对3400m焊缝的Ⅱ类焊缝进行全检,焊缝一次合格率达97%以上。同时,针对该钢种易产生冷裂纹的倾向以及施焊的环境条件,对焊接完成较早的焊缝进行了复查,复查的15条焊缝中未发现冷裂纹现象。

3 质量控制

冶勒水电站压力引水钢管的安装严格按照ISO9002质量体系进行,钢管焊接的质量管理由项目总工程师负责,建立了施工技术、质量、安全、设备管理及施工班组参与的全面质量管理体系,确保钢管质量符合合同和规范要求。质量保证体系由施工图纸审查、施工组织措施编制、施工准备、正式施工、质量信息反馈等环节组成,形成一个完整的循环控制系统,并以技术、设备、工器具及材料、组装、焊接、热处理、无损检测等过程控制作为补充,使整个工程施工始终处于受控状态,以提高钢管焊接质量。

以规程、规范、技术文件为依据,实行“三检制”,严格质量过程控制。现场由专职质检员对主要关键工序进行逐道验收检查,并经过施工人员自检、班组检查、专职质检员专检的“三检制”对合格工序签字认可。质量保证按照计划、实施、检查、处理的循环

第26卷增刊第2期

予以实施。计划阶段分4个步骤:提出质量问题、分析质量原因、确定主要因素、拟订措施办法等。实施阶段是组织对质量措施和计划的贯彻落实。检查阶段分2个步骤:检查实施效果和进行对比分析。处理阶段分2个步骤:完善质量标准和提出新的问题。然后进行下一轮循环,直到达到质量标准。

4 结 语

冶勒水电站压力钢管主要采用《压力钢管制造安装及验收规范》^[3]。经二滩国际监理部金属结构监理工程师确认,安装焊缝一次合格率达到97%以上,焊接质量被评为优良。冶勒水电站斜井段压力钢管的安装技术,不仅填补了我国复杂地质条件下高水头、长距离、大斜度压力钢管安装技术上的空白,也为今后在同类地质条件下压力钢管的施工提供了技术支持。在没有太多直接借鉴经验的前提下,克服了工期紧、施工工艺不成熟、施工环境条件差、施工技术要求高等种种不利因素,创新并总结了一些关键施工技术,经过实践检验,冶勒水电站的压力钢管安装方法正确,焊接工艺可靠、经济和科学。

参考文献:

[1] 邓小华.冶勒水电站冲击式水轮机安装与调整[J].水力发电,2004,30(11):38-39.

[2] 邯钢集团舞阳钢铁有限责任公司.压力钢管用WDB620钢板研制报告[R].舞阳:舞阳钢铁有限责任公司,2001.

[3] DL5017—93,压力钢管制造安装及验收规范[S].

(收稿日期 2006-03-09 编辑 骆超)

(上接第39页)SF6断路器,并拥有1条备用外来电源,大大提高了供电的可靠性,延长了检修周期。因此,也可以不考虑检修而引起的停电,故无需设置旁路母线,减少了母线倒闸操作。

5 结 语

冶勒水电站的主接线方式保证了供电可靠,同时兼顾了操作灵活、维护方便、接线简单、布置清晰的特点。

(收稿日期 2006-07-06 编辑 高建群)