

西藏高海拔地区冬季焊接质量管控

田志勇, 刘文卫, 熊 涛

(中国水利水电第九工程局有限公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要: DG水电站为世界在建最高碾压混凝土重力坝, 大坝主体金属结构制安量大, 主体金结制安施工周期长, 横跨2020年、2021年冬季施工。但在西藏干冷河谷地区, 海拔高、气压低、太阳辐射强、昼夜温差大等特殊气候条件均为影响焊接质量的不利因素, 导致冬季金属结构焊接质量管控难度大。为保证金属结构焊接质量, 加快施工进度; 针对施工过程中的不利因素, 采取焊前预热、搭设防风暖棚、焊接过程质量控制、焊后缓慢降温等一系列的措施, 有效保证了金属结构冬季焊接质量; 通过对焊缝质量进行探伤检测, 达到了设计要求, 起到了加快工程建设的目的, 可供类似工程项目借鉴。

关键词: 西藏; 高海拔; 焊接; 冬季施工; 质量管控

中图分类号: TV523

文献标识码: A

1 工程概况

西藏DG水电站位于西藏自治区山南地区雅鲁藏布江干流藏木峡谷河段之上, 为二等大(2)型工程, 开发任务以发电为主, 水库正常蓄水位3447.00m, 相应库容0.5528亿 m^3 , 电站坝址控制流域面积15.74万平方公里, 多年平均流量1010 m^3/s 。电站装机容量为660MW, 多年平均发电量32.045亿 $kW\cdot h$, 保证出力($P=5%$)173.43MW。

电站枢纽建筑物由挡水建筑物、泄洪消能建筑物、引水发电系统及升压站等组成。拦河坝为碾压混凝土重力坝, 坝顶高程EL.3451m, 最大坝高118.0m, 坝顶长371.0m。发电厂房采用坝后式布置, 主要由主厂房、副厂房、变电站等组成, 主厂房尺寸163.00m \times 29.50m \times 63.50m(长 \times 宽 \times 高), 安装4台单机容量165MW的混流式水轮发电机组。

DG水电站所处位置属于高海拔地区, 基本特性为气温低、空气稀薄、气候干燥、太阳辐射强、昼夜温差大。加查气象站(坝址下游约35km, 测站高程3260m)多年平均气温9.3 $^{\circ}C$, 极端最高、最低气温分别为32.5 $^{\circ}C$ 和-16.6 $^{\circ}C$ 。

2 影响冬季施工焊接质量的不利因素

2.1 环境温度低

(1) 低温焊接焊缝质量无法保证, 焊缝骤冷易产生裂纹。

(2) 环境温度低导致焊缝硬度增加, 改变焊缝组织, 降低焊缝的冲击韧性, 容易出现咬边, 夹渣等现象。

(3) 低温环境下使焊缝预热效果变差, 保持焊缝层间温度稳定比较困难

(4) 低温环境下会使焊工作业困难, 影响焊口合格率

2.2 施工经验缺乏

施工队伍对低温环境下进行焊接作业带来的困难认识不足, 在制定措施以及执行过程中难免存在偏差, 假若冬季焊接工艺制定出来后不符合现场实际情况或实施效果不好, 将会直接影响到金属结构焊接质量, 为金属结构安装的安全、稳定运行埋下隐患。

收稿日期: 2020.8.19

基金项目: 中国电力建设股份有限公司科技项目经费资助; 西藏高海拔复杂气候条件下碾压混凝土筑坝技术研究

(DJ-ZDXM-2019-16)

作者简介: 田志勇(1977.08-), 男, 贵州德江, 高级工程师, 本科, 从事水利水电工程项目施工技术与管理工。E_mail:

576523356@qq.com

3 冬季焊接施工采取的主要措施

3.1 对环境温度的要求

本标段钢管（衬）采用Q345R材质，为低合金钢，根据DL/T 5017-2007水利水电工程压力钢管制造及安装验收规范，第6章 压力钢管焊接的第6.3.8条，在下列环境条件下，焊接部位应有可靠的防护屏障和保温措施：

- （1）风速度：气体保护焊，环境风速应不大于2m/s。其他焊接方法，环境风速应不大于8m/s。
- （2）相对湿度大于90%。
- （3）雨雪环境。
- （4）环境温度：碳素钢-20℃以下，低合金结构钢-10℃以下（本标用钢），高强钢及不锈钢0℃以下。

3.2 保障环境温度的措施

（1）由于焊接作业均在室外进行，施工中采用L50角铁和帆布在施工现场搭设简易工棚，围护结构采用竖向活动拉帘（帆布）进行封闭，棚内配备加温柜、加温板等。放置大功率的油酞来提高环境温度，见图1。

（2）焊接前先将简易工棚移至焊口位置，在定位焊缝坡口两侧位置铺设加温板进行预热，焊缝定位焊时，应对定位焊缝周围宽150mm范围进行预热，预热温度应为120℃~150℃，采用红外测温仪测量。预热后立即展开施焊，焊口焊接完成后，在焊缝温度下降到自然气温前不得碰到雨雪。

（3）对钢管（衬）上下游管口全封闭，全封闭材料采用防火油布，内部布置一台轴流风机排烟。



图1 焊接时搭设的保温棚

3.3 焊前预热要求

（1）现场焊接，携带的焊条必须放在保温筒中，焊条必须经过烘焙。烘焙后的焊条应保存在100℃~150℃恒温箱内。保温筒使用时接上电源，焊条取出后立即盖上盖子，做到随用随取，如在外面超过4h，亦应重新烘焙。焊条的烘焙次数不宜超过两次。

（2）气体保护焊用的二氧化碳，纯度不宜低于99.5%(体积比),含水率不得超过0.005%（重量比）。使用瓶装气体时，瓶内压力低于1N / mm²时应停止使用。在负温下使用时，要检查瓶口有没有冰冻堵塞现象。

（3）钢管（衬）在低温下焊接，需要对焊缝进行预热，加温方式：在需要施焊的焊缝周围

贴上加温板。见图2。



图2 加温板进行焊前预热

预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚且不小于 100mm，其温度测量在距焊缝中心线各 50mm 处对称测量，每条焊缝测量点间距不大于 2m，且不少于 3 对。

4 焊接中的质量管控

保证冬季焊接质量的重点是在于过程中的管控，尤其是对焊缝预热后的温度监测更是整个工作的重心。为保证焊接过程中焊缝附近的温度及预热符合要求且可控、在控，采取如下措施：

(1) 冬季施工措施制定方案审批后，要求参见单位组织下面施工人员进行学习，强调冬季施工措施的重要性以及必要性，让下面施工人员充分了解冬季施工具体的做法要求，从而保证施工质量。

(2) 在采取搭设暖棚、用油酞提高环境温度的同时监控与外界温度的差值，且加强对焊缝位置附近的温度监测，环境温度达到要求但焊缝温度低未达到焊接要求，不允许进行焊接工作。

(3) 负温度下厚度大于9mm的钢板应分多层烧焊，焊缝应由下往上逐层堆焊。为了防止温度降得过低，原则上一条焊缝要一次焊完，不得中断，再次烧焊时，应先清除烧焊缺陷，合格后方可按照焊接工艺规定再继续烧焊。

(4) 要求在施工现场成立冬季施工工程质量专检小组，由项目总工牵头，质量部技术负责人带领质检组负责实施。设专人及时与气象局联系，掌握天气动态，焊接前对每个作业点进行温度测量并做好记录，确认施焊温度复核要求并签字确认后方可进行焊接作业，温度测量记录挂在暖棚内便于检查，做好施工过程责任档案记录、交接检记录。完善责任体系，将责任细化、明确到作业班组和作业人身上。

(5) 工程部、金属结构安装人员和监理人员每天对各个施工作业点进行检查，每周对现场冬季施工的执行情况进行专项检查，及时发现问题及时解决。

5 焊后缓慢降温措施

(1) 在钢板焊接完成后，在焊缝两侧板厚的2~3倍范围内，应采取保温暖冷措施，并使焊缝缓慢冷却，冷却速度应不大于10℃/min。

(2) 在暖棚两侧的通风口, 风速不得大于6m/s, 否则风速过大冷却过快, 会导致焊缝出现开裂现象导致返工甚至导致母材报废等情况。

(3) 再焊接完成之后不能立即拆下加温板, 应拔掉电源缓慢的等焊缝周边温度随着暖棚内温度缓慢下降, 待焊缝周边温度与暖棚内温度持平后拆下。

6 冬季焊接施工焊缝合格率检测

为保证机组能安全、稳定运行, 对冬季施工的焊缝进行了有计划的检测工作。

表1 大古水电站1#压力钢管安装探伤检测统计情况

| 管节编号 | 项目 名称 | 焊缝总 长度 (mm) | 磁粉 (MT) | 超声波 (UT) | TOFD | 存在 | 一次合格 率 (%) |
|---------|----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | | 探伤 长度 (mm) | 探伤 长度 (mm) | 探伤 长度 (mm) | 缺陷 长度 (mm) | |
| 第41/42节 | 环缝 | 26798 | 26798 | 26798 | 2700 | / | 100.00% |
| 第42/43节 | 环缝 | 26798 | 26798 | 26798 | 2700 | / | 100.00% |
| 第43/44节 | 环缝 | 26798 | 26798 | 26798 | 2700 | / | 100.00% |
| 第44/45节 | 环缝 | 25806 | 25806 | 25806 | 2600 | / | 100.00% |
| 第45/46节 | 环缝 | 24813 | 24813 | 24813 | 2500 | 110 | 99.56% |
| 第46/47节 | 环缝 | 23820 | 23820 | 23820 | 2400 | / | 100.00% |
| 第47/48节 | 环缝 | 22827 | 22827 | 22827 | 2300 | 330 | 98.6% |
| 第49/50节 | 环缝 | 22827 | 22827 | 22827 | 2300 | 145 | 99.36% |

对1号机组焊接环缝进行探伤检测:

焊缝总长度为: 200487mm; 磁粉 (MT) 探伤: 200487mm; 超声波 (UT) 探伤: 200487mm; TOFD探伤: 20200mm; 存在缺陷: 585mm; 一次合格率平均值: 99.69%。

7 结论

(1) 目前从上述数据一次探伤合格平均率高达99.69%, 未出现冬季施工焊缝出现不合格及其返工现象, 从而说明冬季施工焊缝管控措施的可靠、有效、重要性。

(2) 文中对于“周围环境温度”的概念较为模糊, 假若将暖棚内温度视为“周围环境温度”就无法保证焊接质量, “周围环境温度”应定义为施工焊缝周围1000mm范围内的温度。

(3) 对于冬季施工焊接管控的重点应该放在焊口预热上面, 这样更有利于保证焊接的质量以及焊缝外观的美观。

(4) 采用加热板对施焊的焊缝部位进行预热, 并结合大功率的油酞来提高暖棚内温度的方法, 效果较好。

(5) 综上所述在高寒地区管控焊接技术最主要的问题就是焊接焊缝质量的保证, 而焊缝质量的保证就是焊接之前的预热处理和后期缓热处理。

参考文献:

- [1] 蒋景武,胡水斌,孔德娜.严寒地区钢结构冬季施工质量控制[J].低温建筑技术,2011.
- [2] 冯关明,代丽霞.钢结构工程冬季低温焊接技术[J].电焊机,2013.
- [3] 王岩峰.钢结构焊接冬季施工要点阐述[J].新疆钢铁,2004.
- [4] 尹志勇.高原高寒条件下建筑工程施工质量管理研究[D].西南科技大学,2019.
- [5] 徐方利,方伟,姚泽军.高寒地区冬季焊接施工[J].焊接技术,2010.

作者简介: 田志勇 (1977.08-), 男, 贵州德江人, 高级工程师, 本科, 注册一级建造师 (水利水电建筑工程), 从事水利水电工程项目施工技术与管理工作;

刘文卫 (1996.12-), 男, 贵州六盘水人, 助理工程师, 本科, 从事水利水电工程项目施工技术与管理工作;

熊 涛 (1996.03-), 男, 贵州毕节人, 助理工程师, 本科, 从事水利水电工程项目施工技术与管理工作;

Winter welding quality control in high altitude areas of Tibet

Abstract: The DG hydropower station is the world's highest roller compacted concrete gravity dam under construction. The main metal structure of the dam has a large amount of installation and the main body has a long construction period, spanning the winter of 2020 and 2021. However, in the dry and cold valleys of Tibet, special climatic conditions such as high altitude, low air pressure, strong solar radiation, and large temperature difference between day and night are all unfavorable factors affecting welding quality, making it difficult to control the welding quality of metal structures in winter. In order to ensure the welding quality of the metal structure and speed up the construction progress; in view of the unfavorable factors in the construction process, a series of measures such as preheating before welding, setting up a wind-proof heating shed, quality control of the welding process, and slow cooling after welding are adopted to effectively ensure the metal structure Welding quality in winter; through flaw detection and inspection of weld quality, the design requirements have been met, and the purpose of speeding up the construction of the project has been played, which can be used for reference for similar projects.

Keywords: Tibet; high altitude; welding quality; winter construction; quality control