

东西关水电站铜母线焊接工艺

孟俊永

(中国水利水电第五工程局有限公司 机电制造安装分局, 四川 成都 610225)

摘要:介绍了东西关水电站电气铜母线的焊接特点、焊接工艺及焊接方法。通过在东西关水电站技术改造工程中对铜母线焊接工艺的引进、研究、改进,既圆满完成了东西关水电站双槽铜母线的焊接、更换任务,得到了业主方、监理方的认可,也提高了公司的焊接技术。

关键词:铜母线;焊接工艺;焊接方法;东西关水电站

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)03-0040-04

1 概述

四川华能东西关水电站位于四川省广安市武胜县礼安镇,目前运行的机组由重庆水轮机厂设计制造。由于目前运行的机组存在诸多安全隐患,同时为了充分利用水资源,提高东西关水电站的经济效益,四川华能东西关水电股份有限公司对东西关水电站4台(套)额定功率为45 MW的水轮发电机组及其辅助设备实施了技术改造,技术改造后的水轮发电机组额定功率为52.5 MW,全站装机容量由180 MW升至210 MW,同时完成了调速系统、励磁系统、发电机出口母线、计算机监控系统等的相关改造工作,技术改造工程由中国水利水电第五工程局有限公司承担。

东西关水电站机组增容后,由于原主变低压侧母线为铝母线,无法满足增容后的承载量要求,技改方案为将旧双槽铝母线全部拆除,更换为双槽铜母线。由于设计、生产及运输原因,单根铜槽母线长度为4~6 m,铜母线段间的连接除部分采取软连接方式外,多数采取焊接方式。铜母线的焊接在水电工程建设中并不多见,而且铜母线的焊接要求高、难度大,造价高,投入成本大。但是,由于铜母线具有较好的导电性且受电站原母线廊道等现有条件的限制,东西关水电站的母线选用了铜材料。东西关水电站发电机出口至主变使用双槽型铜母线连接,铜母线材质为紫铜,规格为[220 mm×90 mm×10 mm],长度约800 m,主焊缝220条,母线上下加焊铜连接板,约1400块;发电机出口铜母线为矩形母线,规格为-120 mm×10

mm,数量约800 m,接头处采用焊接方式。

铜母线在水电站中的使用较为少见,而使用焊接方式连接的铜母线则更为少见,我公司之前尚未有实施类似项目的先例。东西关水电站铜母线焊接工艺最初由母线制造厂引进,并经项目技术人员根据现场实际情况进行了优化,适合现场条件相对简易情况下的操作和实施,并顺利完成了东西关水电站铜母线的焊接施工任务。笔者就东西关水电站铜母线的焊接进行了介绍。

2 铜的焊接特点及焊接方法的选择

要进行铜母线的焊接加工,首先要了解铜材的焊接特点及一般的焊接方法。

2.1 铜的焊接特点

从相关技术资料可知,铜具有优良的导电性、导热性、耐热性和加工成型性。而进行的铜焊接具有以下特点:

(1)高的热导率。

常温下纯铜的热导率比碳钢大8倍,将纯铜焊件局部加热到熔化温度需要大量的热量,因此,在焊接时需要采用能量集中的热源,否则热量将被很快散失,纯铜焊接时应对焊件进行预热。

(2)高的热裂纹敏感性。

各种铜母材总含有一定量的杂质而形成低熔共晶,焊件在凝固状态或热影响区存在低熔共晶薄膜,其可在焊接应力作用下引起裂纹。

(3)接头性能恶化倾向。

铜在焊接时,或多或少地会发生氧化和烧损现象,由此而产生各种焊接缺陷,可能会导致焊接接头强度塑性、耐蚀性及导电性能的降低,铜在

收稿日期:2014-05-08

熔焊过程中,焊缝和热影响区的晶粒严重长大,将在一定程度上影响到接头的力学性能。为改善接头的性能,除尽量减弱热作用外,还应控制焊缝的杂质含量,并通过合金化对焊缝金属作变质处理。

从以上铜材的焊接特点可知:铜焊接时需要高温加温并合理控制焊接部件的冷却,在焊接过程中要尽量保障焊缝处的清洁。

2.2 铜母线的焊接方法选择

铜最常用的焊接方法是钎焊、手工钨极氩弧焊及熔化极氩弧焊。由于铜母线承担着导通电流的作用,钎焊的焊接质量难以保证,而且东西关水电站到货母线的焊接方式也不适用钎焊焊接的方式;手工钨极氩弧焊焊接从焊接质量上是可以保证的,但通过试焊发现,使用该种焊接方式存在预热温度偏高(需预热600℃左右,低于该温度焊接时会存在焊接质量较差或无法融合的情况,对加温和保温条件要求比较苛刻)、焊接效率低、热辐射较大而导致焊接人员也无法连续作业等缺陷,故使用该焊接方式无法满足现场大量的焊接任务,该种焊接方法最终也未被采用;最后在施工现场确定使用熔化极气体保护焊的焊接方式。该方法是通过可熔化的焊丝与母材之间的电弧作为热源来熔化焊丝与母材金属,并向焊接区域输送保护气体,使电弧和熔化的焊丝以及熔池与附近的母材金属免受周围空气的有害作用,连续送进的焊丝金属不断熔化,与熔化的母材金属融合形成焊缝金属。通过试焊,预热温度达到450℃~500℃即可满足焊接要求,而且采用该焊接方式焊接时焊接效率较手工钨极氩弧焊焊接方式高3~4倍,可以较快地完成预热区域的焊接;焊接过程中产生的热量也及时弥补了预热区域热量的损失,因此,不会发生焊接过程中由于热量降低融合不好而中断焊接的情况。

3 东西关水电站母线现场采用的焊接工艺

3.1 焊接设备的选择

确定使用熔化极氩弧焊的焊接方式,现场选用奥太NB-630系列气体保护焊机,最大焊接电流可达630A,满足铜焊接大电流的要求,并配置有送丝机、半自动焊枪等附件。

3.2 焊接材料的选择

在选择焊丝时,首先必须考虑母材金属的牌号、板材厚度、产品结构及施工条件等因素,因此,

在东西关水电站铜母线焊接时,选择了与母材金属成份相近的填充焊丝。现场选用的为S201特制紫铜氩弧焊丝,该焊丝为含有少量硅锰磷等脱氧元素的特制紫铜焊丝,具有流动性好、焊接工艺性能优良、焊缝成型美观、机械性能高以及抗裂性好等优点,适用于紫铜的熔极氩弧焊焊接(表1)。

表1 焊丝化学成分表 /%

Mn	Si	Sn	P	Cu
0.2~0.5	0.2~0.5	0.5~1	0.02~0.15	余量

3.3 焊接工艺流程

焊接工艺流程见图1。

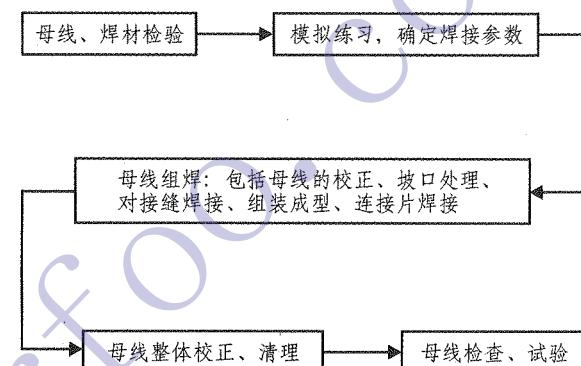


图1 焊接工艺流程图

3.4 焊接操作方法

3.4.1 母材、焊材的检验

材料进场时,必须附有材料质检证明书及合格证原件,同时进行外观检查,并按国家现行有关标准的规定进行抽样检验。焊丝应符合现行国家标准《铜及铜合金焊条》(GB3670-83)的规定。

3.4.2 模拟练习,确定焊接参数

为保证焊接质量,在母线施焊前,进行了模拟练习,确定焊丝、保护气体流量、焊接电流、送丝速度等焊接参数并应符合下列要求:

(1)试样的焊接材料、接头型式、焊接位置、工艺等应与实际施工时相同。

(2)在其所焊试样中,抽取一件按下列项目进行检验,当出现下列情况之一时,应加倍取样重复试验,直到合格为止,确定各种最佳焊接参数。

①表面及断口检验:焊缝表面有无气孔、裂纹、咬边等焊缝外观缺陷;

②焊缝应采用X光无损探伤,检查发现有无夹渣、气孔、未融合等内部质量缺陷;

③电阻率测定:测量焊接试件的直流电阻,并根据长度、截面积换算电阻率,对于电阻率高于铜

电阻率值110%的,可认定为不合格。

从模拟练习试焊过程中我们发现,按照厂家到货的对接焊缝V型坡口直接对接焊接,经常会出现焊缝底部未融合的情况,很难实现“单面焊接,双面成型”的效果,需要对焊缝未融合部分进行清理、重新焊接才能消除该缺陷。而将坡口形式修改为X型,直接采用双面焊接的方式,可以确保焊接质量,但需对槽型母线的组焊流程进行调整。

3.4.3 母线组焊

东西关水电站母线改造施工原设计方案是将单槽铜母线通过连接片组焊成双槽铜母线后吊装至母线支架后再进行对接缝的焊接,见图2。试焊发现,通过单面焊接无法完全保证焊接质量,则组焊方式应先进行对接缝的焊接,再进行连接片的焊接。

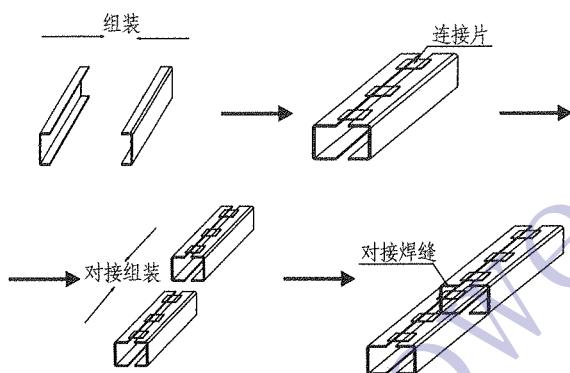


图2 东西关水电站双槽铜母线原组焊方案示意图

按照原设计方案施工,对接焊缝处焊缝底部未融合的部分无法进行缺陷清理。

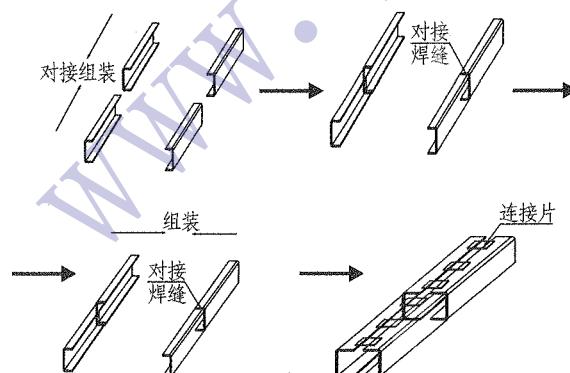


图3 东西关水电站双槽铜母线修改后的组焊方案示意图

修改后的双槽铜母线组焊方式为先进行对接焊缝的焊接,从而可以及时处理对接焊缝焊接

过程中产生的缺陷,确保焊接质量(图3)。

修改后的双槽铜母线组焊工序如下:

(1) 对口、坡口处理。

为保证对口和焊接质量,便于操作,地面焊接时应搭设稳固的平台,将母线放在施工平台上。将两根对接的单槽母线对接检查,如果局部缝宽度较大,应对不规则的坡口进行修磨,确保其拼装对位后焊缝宽度基本一致;东西关水电站母线由生产厂家在厂内已加工完坡口,坡口为单面V形,现场使用磨光机将坡口形式修改为X型坡口;清理坡口表面常有的氧化膜、水、油污等杂物(如不处理,在进行焊接时焊缝会产生气泡、夹渣,严重的会产生裂纹,因此,施焊前需给予清理)。

(2) 焊前预热。

由于铜的导热系数大,散热快,焊接前必须进行预热并保温,以保证焊接处的温度,施焊时才易形成熔池,从而保证母材与焊材熔合。将预热温度控制在450℃~500℃之间,在坡口两边用石棉保温被进行包覆,每侧覆盖宽度不小于80mm。预热方式采用乙炔-氧气火焰,其中使用一把烤枪加温焊缝区域正面,一把烤枪加温焊缝区域背面。

(3) 对接缝焊接。

焊接方式选用熔化极氩弧焊,焊接时先进行槽内侧焊缝的焊接,焊接完成冷却后,将对接后的单槽母线翻面,从槽外侧使用磨光机进行清根修磨,再进行外侧焊缝的焊接。

①设定焊接电流等参数(焊前应在焊接试块上整定好焊接电流等焊接参数,焊接电流为350~450A)。

②为便于观察熔池并填加焊丝,焊枪与工件夹角宜为75°~85°,焊丝与焊件间的夹角为10°~20°,操作时焊枪应匀速、平稳地向前作直线运动并保持恒定的电弧长度,弧长一般控制在2~4mm,当填充或盖面时,焊丝应做轻微横向摆,在接头填满后,逐渐拉长电弧灭弧。

③由于每面的焊接高度约为8mm,为保证焊接质量,分两层焊接,第一层焊缝焊接完成后,用钢丝刷或抛光机进行清理,清除焊缝处的飞溅后才能继续加热进行第二层的焊接,第二层焊接完成后需确保焊缝高度满足要求(高出平面3~4mm)。

④槽内侧一面焊缝焊接完成后,待母线适当冷却后将母线进行翻面,对焊缝根部进行清根处理;清根作业时,应将焊缝底部未融合区域或存在其他缺陷的部位彻底清理干净,然后再进行加热、焊接工作。

⑤焊接结束后,应清理焊缝表面的飞溅物等,并仔细检查焊缝表面的成形质量,一旦发现有超标缺陷,应及时清除、重新焊接至外观合格。

(4) 单槽铜母线的检验。

单槽铜母线对接焊缝焊接完成后进行电阻率测量及X射线抽检。由于单槽铜母线组成双槽铜母线后对接缝处如果存在内部缺陷将较难处理(无法进行清根处理),因此,在组成双槽铜母线之前即应对单槽铜母线的对接焊缝进行质量检查。

①焊缝外观检查:对接焊缝上的加强高度为3~4 mm,焊缝融合良好,呈圆弧过渡,表面光滑,没有毛刺和凹凸不平之处,焊接接头表面应无肉眼可见的裂纹、凹陷、缺肉、未焊透、气孔、夹渣等缺陷。

②电阻率测试:电阻率采用双臂电桥测试法,测定结果应与母材接近(不超过铜的电阻率值的110%),符合相关标准要求。

③内部检查:用X射线探伤检验,应无明显的未焊透、未融合、气孔、咬边等缺陷。

(5) 组装双槽铜母线,焊接连接片。

将两根已焊好的单槽铜母线进行拼装,使用固定母线用的工装夹具,将两根母线定位固定,按照图纸尺寸安装槽间连接片。连接片在安装前应对连接片、母材安装焊接位置进行打磨处理;焊接采用与对接焊缝类似的焊接方法。由于连接片主要起连接固定作用,不承载电流,因此,采用单面焊接即可,但焊前的清理、预热等工序不能减少,

(上接第26页)

调整的效果主要体现在两个方面:(1)弃料量从原来毛料的30%左右降到10%以内;(2)反滤料系统的生产能力由原来的1.4万m³/月提高到2万m³/月。

5 结语

项目实施过程中,在充分了解现场实际情况的条件下,通过仔细分析、研究后,有些项目在技

否则无法熔焊。

3.4.4 双槽铜母线的校正、清理

双槽铜母线组焊完成后,清理连接片等焊接部位的飞溅杂物。由于母线经过加温、焊接等过程,局部可能存在弯曲等变形,应采用锤击等方式进行校正。

3.4.5 双槽铜母线的检查与试验

双槽铜母线焊接完成、母线的组装、焊接工作结束后,需进行安装前的尺寸等质量检查,并进行电阻率的最终测量。虽然单槽母线焊接完成后已进行过电阻率测量,但由于组拼双槽铜母线的两根单槽铜母线电阻率不完全相同,为获得最终较为准确的测量结果,需对双槽铜母线进行电阻率测量,测量标准与单槽铜母线电阻率测量标准一致。

4 结语

在东西关水电站技术改造工程中,通过对铜母线焊接工艺的引进、研究、改进,既确保了焊接质量,也使业主方主变停运的时间大大缩短。业主方原计划20~25 d停机更换母线,而组焊方案修改后,把停机后实施的对接焊缝焊接工作前移至停机前完成,使停机时间大幅缩短。实际停机后10 d内完成了旧母线拆除、新母线安装等工作,直接为业主方创造了较好的经济效益,得到了业主方、监理方的高度认可和评价,同时也培养了一批掌握铜焊接工作的技术人员,亦使我公司的焊接技术迈上了一个新的台阶。

作者简介:

孟俊永(1983-),男,河南孟津人,项目经理,助理工程师,从事水电工程水工机械及机电设备检修、改造技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

术上还是有可以改进、优化的空间。以上内容是笔者通过在上阿特巴拉等项目施工过程中所遇到情况的思考与总结,希望能为今后类似项目施工提供一定的借鉴。

作者简介:

李秋石(1975-),男,河北抚宁人,副总工程师,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)