

斜卡水电站配水环管的安装及水压试验

钱烽祥¹, 廖志刚², 李刚¹

(1. 四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041; 2. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘要:介绍了斜卡水电站配水环管安装过程中发现的相邻管节存在“十字焊缝”问题及采取的处理方法、配水环管带法兰的叉路管的安装调整方法、配水环管焊接时收缩应力和变形量控制的方法以及水压试验的方法、步骤和注意事项。

关键词:斜卡水电站; 配水环管; 焊接; 水压试验

中图分类号: TV7; TV737; TV735

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)增2-0040-02

1 概述

斜卡水电站总装机容量为 3×45 MW, 水轮机为 CJA237-L-230/4 \times 21 型立轴单转四喷嘴水斗式, 额定水头 447 m。配水环管是水轮机最主要的过流部件, 其由大叉路管、中叉路管、小叉路管、弯管和凑合节组成。

2 配水环管的安装与调整

2.1 安装前的准备工作

确定机组中心线, 在转轮室平水栅上安装专用调整工具, 用全站仪确定机组中心点, 在该中心点挂钢琴线, 以该点为坐标原点设置机组 X、Y 坐标基准线。根据基准线按照图纸要求在相应方位的里衬板上割 4 个配水环管法兰孔, 保证配水环管法兰中心线距离机组中心 $1\ 150 \pm 0.525$ mm, 保证配水环管中心线高程为 2 661.6 m, 高程偏差不得超过 2 mm; 保证配水环管进口管段中心线到机组 Y 轴线的距离为 6 300 mm, 偏差不得超过 2 mm。在配水环管每个法兰面的左右分别布置 2 个线锤, 用以测量法兰面的垂直度, 同时确定配水环管法兰平面的中心点并以该点作为法兰调整测量的基准点。

2.2 配水环管各管节的调整及安装

在将各节配水环管叉路管吊装就位进行预安装对比检查时发现“十字焊缝”, 即多个相邻管节的对接纵缝之间的间距在 0~30 mm 之间, 未达到 DL/T 5017-2007《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》的要求(相邻管节的纵缝距离应大于板厚的 5 倍且不小于 300 mm)。

针对上述“十字焊缝”问题采取的处理方法:

(1) 以相应部位更换管节的形式进行处理, 更换管节后保证环缝间距不小于 320 mm, 纵缝间距不小于 300 mm; (2) 更换的管节在厂内加工好后送至现场进行焊接, 割去“十字焊缝”部位大于 600 mm 的管段, 并在焊缝处配作坡口, 钝边 2 mm, 去毛打磨光滑。焊接时, 要求先焊环缝再焊纵缝, 背缝均气刨清根焊接, 焊缝每焊一段(一根焊条量)即用风铲锤击焊道以消除焊接应力; (3) 处理完毕, 每条焊缝均进行 100% 超声波探伤且需合格。

处理完毕上述缺陷后正式开始安装, 以大叉管作为定位节, 调整时以机组 Y 坐标基准线和支管法兰面的平行度作为基准, 同时以进水管口中心线与 Y 轴线的距离作为定位节的调整依据。配水环管法兰面与机组中心的垂直距离误差不超过 ± 0.5 mm, 垂直度偏差不超过 0.3 mm/m。叉管法兰中心线除满足图纸要求外, 法兰面的中心线与转轮分水刃平面的高程偏差小于 ± 1 mm。

配水环管进口管中心线与机组 Y 坐标基准线的距离为 6 300 mm, 然后按照顺序安装中叉管、小叉管和弯管, 安装时必须以法兰面和机组中心线的垂直距离为基准进行安装与调整。

安装时主要检查法兰面的垂直度、法兰面中心高程(各法兰中心高程应一致, 高差应小于 1 mm), 法兰面至中心线的垂直距离误差不得超过 ± 5 mm(左右两侧至中心线距离), 各法兰中心之间的距离误差不得超过 ± 3 mm。

4 只带法兰的管节在支墩上通过楔子板调整就位后再通过拉伸器微调和固定, 以上各管节调整安装好之后分别进行加固, 在加固的同时对安装尺寸进行检测和控制。凑合节留有余量, 根据

收稿日期: 2018-03-26

现场实际情况进行配制。

3 配水环管的焊接

将配水环管各管节的环缝均打磨出约 45° 的V型坡口,并将坡口两侧各50~100 mm范围内的毛刺、缺口、表面的氧化皮、油污及其他杂物清理干净。由于配水环管采用的高强钢(16 MnR)对焊缝缺口很敏感,故该钢管修割完毕,应将所有部位的缺口打磨平滑、干净,所有加工后的板材边缘不得有裂纹、夹层和夹渣等缺陷。

焊缝焊接前均需预热,预热温度不低于 70°C 、但不高于 110°C ,预热范围应不小于焊缝周围100 mm区域。焊接后应立即用石棉布覆盖保温。为避免焊缝根部出现裂纹,根据母材材质的强度,此次焊接针对不同的部位其焊接材料分别选用CHE507 ϕ 3.2、 ϕ 4两种规格的焊条。管内封底一律采用CHE507 ϕ 3.2进行小规模作业,待封底完毕采用CHE507 ϕ 4进行层间焊缝的焊接。所有焊缝尽量保证一次性连续施焊完毕,因故中断焊接时需采取防裂措施,并在重新焊接前将其表面清理干净,确认无裂纹后方可按原工艺继续施焊。为尽量减少变形和收缩应力,应从构件受约束较大的部位开始焊接,向约束较小的部位推进。在焊接每个管节的封闭焊缝时需进行风铲震动消应。焊接时,应采用多层、多道、窄道焊接,对其焊接线能量应严格控制。焊接过程中,应加强对配水环管安装位置偏差的监测,根据情况随时调整焊接顺序。

焊接完毕,对所有环缝均进行100%超声波探伤。当焊缝出现质量问题需要消缺时,先清除焊缝内部缺陷并将缺口修磨成便于焊接的凹槽,按前述规定进行预热后再开始补焊。对补焊焊缝进行复验,同一部位的焊缝返修次数不宜超过两次。

4 配水环管的水压试验

为了有效消除配水环管焊接时产生的内部应力并检验其强度,对焊接调整完的配水环管需进行水压试验。配水环管属于薄壁承压容器,随着压力的不断上升,因弹性变形有可能引起各叉管出口法兰的安装位置发生细微的改变,故在水压试验前,将4个叉管的出口法兰临时点焊固定成整体以增强其结构刚度。

变形监测用百分表测量,表座应与配水环管无任何连接。每个配水环管法兰的垂直方向架1

块表,用以监测各法兰的轴向位移;配水环管外围及上方均布5块表,用以监测环管的膨胀量。大叉管、中叉管及小叉管法兰的平行方向各架1块表,用以监测配水环管向外的扩张量。

为了更全面、客观、有效地监测配水环管现场焊接焊缝的质量情况并保证整个水压试验受控及安全,我们委托相关单位在配水环管水压试验过程(升压、保压)中采用声发射技术对水压试验安全性进行了监控。声发射监测的目的:在承受内水压力的载荷作用下配水环管管壁、焊缝表面和内部缺陷产生扩展,根据声发射检测的原理,确定声发射源的部位并划分其综合等级,判定其是否存在危害性缺陷,进而为配水环管水压试验的安全进行提供技术保障。在水压试验现场采用德国ASMY-4型声发射仪对现场焊接的焊缝进行监控。

上述准备工作完毕,将配水环管试压腔内充满水且将空气排净,检查各处无漏水,分阶段按照加压速度不大于 $0.05\text{ MPa}/\text{min}$ 逐步升压:(1)先将试验压力加至 1.5 MPa ,保持10 min;(2)将压力升至额定试验压力 7.5 MPa ,该加压过程分为6个阶段进行,每个阶段增加压力 1 MPa 且保压时间为10 min,当达到额定试验压力值 7.5 MPa 时,保压30 min。各阶段加压过程中均需注意的事项:(1)对试验管道进行全面检查,需无渗漏水或压力下降现象;(2)声发射监测中采集到的声发射源的强度和活性符合要求;(3)配水环管各部位的变形量在设计允许范围内且不允许超过 1.67 mm 。只有待上述各项指标符合要求方允许继续加压至下一个阶段。在试验过程中,若出现上述指标不符合要求的异常情况应立即停止试验,并对配水环管缓慢降压,将相关问题处理合格后方能重新开始试验。降压时,先从 7.5 MPa 降至 6 MPa ,保压10 min;再从 6 MPa 降至0,水压试验结束。

此次试验各阶段指标均符合要求且声发射监测结果均未发现有异议的声发射源。根据GB/T 18182-2000《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》,监测中采集到的声发射源为弱强度和非活性,综合评价定位为A级。配水环管被监控区域在整个试验过程中安全、合格。

试验合格后,由于在最大水压试验压力 7.5

(下转第53页)

水锤的产生,保证引水系统及机组的安全。

(2)在水机保护中增加了“阀前压力低减负荷保护”。

闸首取水口水位过低易导致引水系统进气,使引水系统中出现水涡流及大振幅水压力脉动;当上游杉树坪电站突发事故机组甩负荷停机时,因铁厂河水电站闸首无调节水库,且其主要来水为杉树坪电站尾水,此种情况下会导致隧洞内的水将被快速拉空而造成隧洞内产生负压。为防止上述问题的产生,电站在水机保护中增加了“阀前压力低减负荷保护”。

“阀前压力低减负荷保护”的动作条件为:(1)(阀前压力降至7.15 MPa且阀前压力测值品质好)&(栅前水位低于高程2780 m且栅前水位测值品质好);(2)(栅前水位测值品质差)&(阀前压力低于7.15 MPa且阀前压力测值品质好)。动作后果为:自动将全站负荷降至3 MW。

在电站多年运行过程中,该保护多次可靠动作,避免了隧洞进气和引水系统快速拉空事故的发生,保证了电站的安全运行。

(3)相关事故处置及保护的优化。

汛期,铁厂河来水较大,所裹挟的枯枝树叶等较多杂物通过底格栏栅坝进入闸首取水口,杂物短期大量附着并卡阻在隧洞进水口拦污栅下部,导致在较低水位运行时栅后过流极小,栅后来水远小于机组当前负荷所需引水量的情况,但此时栅前的水位依然满足运行要求。在这种情况下,上述的“阀前压力低减负荷保护”将不满足动作条件而失去保护作用。由于此时电站满负荷运行,在短时间内即将隧洞水位降至高程2740 m。集控中心当值人员发现问题后立即均匀、缓慢

(上接第41页)
MPa时配水环管最大膨胀量小于0.6 mm,因此在浇筑配水环管外包混凝土时未进行保压浇筑。但在混凝土浇筑过程中对各法兰架百分表进行了变形监测,并根据监测记录变形情况调整了浇筑顺序。

5 结语

斜卡水电站配水环管安装过程中发现的相邻管节存在“十字焊缝”及采取的相应的处理方法、配水环管带法兰的叉路管的安装调整方法、配水环管焊接时采取的收缩应力和变形量控制方法、水压试验的方法、步骤和注意事项均为配水环管

地减少全厂负荷,缓慢地将隧洞内的水位恢复至正常值,并安排人员处理拦污栅前的杂物,恢复栅差至正常值。

此种情况发生后,运行人员优化了“阀前压力低减负荷保护”,增加了以下保护动作条件:(1)(阀前压力降至7.15 MPa且阀前压力测值品质好)&(栅后水位低于高程2779.5 m且栅后水位测值品质好);(2)(栅后水位测值品质差)&(阀前压力低于7.15 MPa且阀前压力测值品质好)。

该事例说明:在发生类似情况时,在减缓隧洞内水拉空速度的同时,也要避免两台机快速减负荷,进而避免产生人为水锤;在对隧洞充水时,也要防止充水过快对隧洞产生水压冲击。隧洞的每次充水、排水均需按照设计速度缓慢进行,均匀、缓慢地释放隧洞的内应力和对隧洞施加的水压力。

3 结语

因铁厂河水电站的引水系统属于长有压引水道而无调压室的类型,且闸首无调节水库,为满足机组安全、可靠运行的要求,合理地选择了四喷四折的冲击式水轮机组,并通过实践优化了运行参数及运行要求;喷针关闭方式采用两段关闭,防止了引水系统水锤的产生;为防止隧洞进气及过快拉空隧洞内的水,增加了“阀前压力低减负荷保护”。笔者通过具体的特殊事例,阐述了隧洞拉空类似情况的处理方法及原则,并针对所出现的特殊情况对“阀前压力低减负荷保护”进行了优化完善。上述经过长期实践检验的铁厂河水电站安全运行措施,可供类似高水头电站借鉴参考。

作者简介:

钱烽祥(1986-),男,江苏南通人,站长,工程师,学士,从事水电站生产运行技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

安装中的技术关键点和难点。笔者所作的经验总结,可供类似机组安装时借鉴参考。

参考文献:

- [1] GB/T8564-2003,水轮发电机组安装技术规范[S].
- [2] DL/T 5017-2007,水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范[S].

作者简介:

钱烽祥(1986-),男,江苏南通人,站长,工程师,学士,从事水电站生产运行技术与管理工作;

廖志刚(1976-),男,四川眉山人,工程师,从事机电设备安装项目管理;

李刚(1970-),男,四川剑阁人,副厂长,助理工程师,从事水电站建设与运行管理工作。

(责任编辑:李燕辉)