

水电站增效扩容改造工程方案研究

陶海波

新疆新安顺达水利水电工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 水电是一种清洁可再生能源; 近年来, 水力发电事业不断发展; 满足了我国大量的用电需求。水电站在经过多年运行后; 会出现生产力不足的问题; 为了提高水电站的生产效率; 需要对水电站进行增效扩容改造。文章以沙湾县金沟河三级、四级水电站增效扩容改造工程为背景; 对具体改造施工技术应用进行了探索; 希望能够对相似工程有所帮助。

[关键词] 水电站; 增容改造; 方案优化

DOI: 10.33142/hst.v5i5.7093

中图分类号: TV74

文献标识码: A

Study on the Improvement and Capacity Expansion of Hydropower Station

TAO Haibo

Xinjiang Xin'an Shunda Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Hydropower is a kind of clean and renewable energy; In recent years, the hydropower industry is developing continuously, which has met a large amount of electricity demand in China. After years of operation of the hydropower station, there will be insufficient productivity. In order to improve the production efficiency of the hydropower station, the hydropower station needs to be improved and expanded. Based on the improvement and capacity expansion project of Jingou River level III and level IV hydropower stations in Shawan County, this paper explores the application of specific reconstruction construction technology, hoping to be helpful to similar projects.

Keywords: hydropower station; capacity expansion and transformation; scheme optimization

1 项目概述

金沟河三级水电站工程位于新疆维吾尔自治区塔城地区的沙湾县境内, 是金沟河流域水电规划的第三个梯级水电站, 始建于 1997 年, 属于引水式水电站, 利用拦河引水渠首引水, 依托灌溉引水渠道发电, 渠道长 2.8km, 厂房距离山出口约 5km, 尾水投入四级水电站引水渠中。随着灌区改造工程的实施, 对金沟河干渠实施了多次改造和扩建, 其中, 2014 年完成了自引水渠首至三级水电站和四级水电站的 8.6km 渠道的扩建改造, 使引水能力由 $15\text{m}^3/\text{s}$ 加大到约 $25\text{m}^3/\text{s}$, 为三级水电站增效扩容创造了引水条件。其次, 三级水电站经过 20 年的运行, 水机与电气设备部分老化, 虽然采取了一些更换措施, 目前依然存在发电效率偏低, 事故多发, 面临更新改造问题。

2 水电站增效扩容改造工程施工工艺

2.1 施工放样

本次改造工程涉及的测量放样工作有: 引水渠、主厂房、副厂房、压力钢管等工程的测量放样。测量放样在施工的全过程中贯穿。相应的测量点都基于 II、III 等控制网点, 直接进行测量放样。工程有必要需求时, 需要采取加密控制测量, 加密控制需要经过监理工程师审批核准后再投入运用。具体开展测量放样时全面贯彻落实相关规范和标准, 保证测量放样的准确性^[1]。

2.2 开挖施工

2.2.1 土方开挖与回填

土方挖掘利用反铲挖掘机, 同时配以推土机, 对土方

进行过逐层剥离, 采用 20t 自卸车进行土渣运输, 运送到制定的土方堆放场地。土方开挖过程中, 需要关注裂缝和滑动迹象, 出现紧急情况需要即刻暂停施工并采取应急预案。施工前设置土方开挖观测点, 监理人员对开挖的边坡变化进行观测及记录^[2]。开挖过程中, 随时建立一定的坡度, 便于排水, 避免开挖中出现工作面积水现象, 特别是针对基坑地下水问题, 需要采取有针对性的排水措施, 结合基坑积水情况合理设计集水坑抽水等方案, 为土方开挖施工快速、安全、有序进行提供保障。

土石方回填方式为分段回填, 划分单位为 50-100m。采用的是液压反铲 (CAT330, 斗容 1.5m^3), 同时配备 5-20t 自卸车进行材料运输。铺土料和平土依靠机械与人工相结合的施工方式。设计铺土厚度 30cm/层, 宽度不小于堤宽 30cm, 利用 18T 的振动碾对土层进行分层错位碾压, 保证压实后的强度符合设计要求。土方填筑过程中, 土料的含水率控制也是一个重点, 土料含水率在 8-12% 范围内^[3]。当实际出现不合理含水率的情况, 需要通过挖掘机将土方进行立采堆放 (堆土牛或增水), 只有含水率满足施工要求时方可使用。正式填筑前, 组织夯实试验, 设计 0 米长 5 米宽的场地, 经过夯实试验后的设备参数、土料含水量、摊铺厚度、压实参数等都需要满足设计要求, 记录好施工参数, 为后续施工提供可靠依据。

2.2.2 石方开挖施工

结束土方开挖并达到石方开挖施工的基础条件后, 借助 YT28 手风钻钻浅孔免爆修整岩面, 建立顺平的开挖施

工界面。依据实际开挖的结构形式对开采区进行合理规划,将钻孔位置精准放样在施工面上,造孔运用 1 台 D8600 履带式钻机,孔径主要有两种,分别是 105mm 和 90mm,当孔径不足时利用 YT28 手风钻孔和风稿协助,通过 CAT330 反铲挖掘机带免爆头进行拆裂及破碎,确保开挖施工强度达到标准。开采过程中需要两个层面同步施工。石方开挖后将渣体利用 15t 自卸汽车运输到场外。

2.3 混凝土施工

2.3.1 钢筋施工

施工前对钢筋材料进行严格检验,确保钢筋表面清洁,钢筋平直、无损伤、无弯折,对钢筋表面出现的污渍进行去除。

钢筋制作安装应当指派专业技术强、经验丰富的钢筋工人,钢筋焊接工人也需要具备齐全的上岗证件,以保证钢筋制作和安装质量。在钢筋制作过程中,针对直径小于 22mm 的钢筋,采用绑扎接头的方式。钢筋绑扎的最小搭接长度见表 1。绑扎接头分布需要分散开来,安装在“同一截面”的接头面积占受力钢筋总截面的允许百分率见表 2。

表 1 钢筋绑扎最小搭接长度表

受力情况	I 级	II 级	注:受拉压的表面圆钢应加弯钩;对于 C15 以下的混凝土搭接长度增加 5d。
受拉	30d	35d	
受压	20d	25d	

表 2 接头面积允许百分率 (%) 表

接头型式	受拉区	受压区
绑扎接头	25	50
焊接接头	50	50
受力钢筋的焊接接头	50	不限制

针对直径小于 25mm 的钢筋接头采用搭接焊,直径超过 28mm 的钢筋接头采用绑条焊。具体搭接长度如表 3。

表 3 钢筋焊接搭接长度表

焊接类型	I 级	II 级及 III 级
单面焊	8d	10d
双面焊	4d	5d

2.3.2 模板施工

在模板工程正式施工前,先要组织模板试拼。模板施工中配备充足的临时固定设施,避免模板变形。所设计的临时固定设施要保证便捷安装和拆除,避免给混凝土结构造成损伤。

模板固定系统包括模板、横肋、竖肋、支承钢管或方木。横肋、竖肋用 [12.6m 型钢或 $\Phi 48$ 钢管。加固采用内拉外撑的支立方法。拉筋采用 $\Phi 12$ 或 $\Phi 14$ 钢筋。包封混凝土圆弧模板采用木模板或加工定型圆弧模板^[4]。

模板安装前涂抹无色矿物模板油或脱模剂、模板油。

安装时要保证模板接触密实,避免对混凝土浇筑产生影响,防范漏浆现象。重复采用的模板要确保其刚度、强度、洁净度、密封性满足要求再采用。施工后模板拆除环节,要满足施工标准后进行模板拆解。对于不承重侧面模板,需要保证混凝土强度达到模板拆除不会造成表面及棱角损伤,再进行拆除;对于墩、墙或柱位置的模板。混凝土强度需要达到 3.5Mpa,再进行拆除;对于底模,其强度需要超过设计强度的 75%,跨度超过 8m 的梁、板,超过 2m 的悬臂构件,相应的混凝土强度需要达到 100%,再进行拆除。

2.3.3 混凝土浇筑施工

首先,依据混凝土施工设计的要求,组织室内试验,对混凝土混合比配置进行确定和验证。本改造工程混凝土水灰比,根据设计对混凝土性能的要求及通过试验综合确定,并不超过 DL/T58.24—2001 表 6.0.5 的规定。合理确定混凝土的坍落度,具体考虑所施工的建筑物特性、钢筋含量、浇筑条件和方式等。尽可能选择小的坍落度,本改造工程的混凝土坍落度确定如下:

表 4 混凝土在浇筑地点的坍落度表 (使用振捣器)

建筑物的性质	标准坍落度 (cm)
水工素混凝土或少筋混凝土	3~5
配筋率不超过 1% 的钢筋混凝土	5~7
配筋率超过 1% 的钢筋混凝土	7~9

其次,本工程混凝土量约 1.74 万 m³,引水渠段,混凝土水平运输主要采用 5 辆 3.5T 自卸车进行运输,到达浇筑地点后,通过串筒垂直传送入仓。

再次,混凝土现场浇筑。本改造工程的混凝土浇筑施工涉及前池段、主、副厂房段、尾水段。混凝土拌合在搅拌站统一进行,混凝土材料运输到达浇筑地点后,通过混凝土车载泵垂直传送入仓。混凝土浇筑前全面清理混凝土仓面,确保无杂物、无积水等;混凝土浇筑过程中要保持连续性,针对墙体混凝土浇筑需要分层分段均衡上升浇筑,避免给模板造成很大的压力从而出现变形或坍塌现象。混凝土振捣选择插入式振动设备,振捣保持一个方向从开始到结束依次振捣,振捣的过程中合理控制振捣时间,防范过振和漏振,并保持振捣密实,混凝土表面不出现气泡为振捣结束的标准。严格控制混凝土振捣工序,避免混凝土结构存在缝隙、孔洞和麻面问题^[5]。

最后,组织科学完善的混凝土养护工作,派遣专人进行混凝土结构养护,采取覆盖麻布的方式防止混凝土接受阳光直射,覆盖的麻布湿润为混凝土提供良好的湿度和温度条件。本改造工程的混凝土养护时间为 28 天。

2.4 浆砌石施工

浆(抛)砌石选自开挖料中合格的石料,砌石材质要达到施工要求,外观应坚实新鲜,无风化剥落层或裂纹,卵石表面无污垢、水锈等杂质;物理力学指标需要与施工设计相符。石料通过 5T 自卸汽车运输到施工现场。细石

砼采用小型拌和机拌制,局部少量采用人工拌和料。

利用铺浆法对砌石体进行砌筑,合理配置砂浆稠度,此改造工程设计砂浆稠度为 30~50mm,出现气温明显变化时要进行科学的调整。砌筑过程中,砌石体的转角处和交接处同步处理,针对无法同步施工的砌筑面,预留出临时间断处砌成斜槎。较大面积的部门,如果是以阶梯状进行施工,上层阶梯的卵石需要压砌下层阶梯的一半,紧邻的阶梯的毛石需要错缝搭接。砌石体分皮卧砌,并上下错缝,内外搭砌,不得采用外面侧立卵石、中间填心的砌筑方法。此改造工程设计砌石体灰缝厚度 20~30mm,施工中保证砂浆填筑充分,卵石间空隙明显的话,要先填塞砂浆,再采用碎块或片石嵌入,保证填筑密实。

2.5 压力钢管施工

沙湾县金沟河三级水电站增效扩容改造工程,在电站左侧增设 1 根直径 2m 明覆式钢管,压力管道长 139m。

借助工字钢构建的“米”字形对圆平台对单节钢管进行对装,以及对大节钢管进行组装。拼装和组装时通过压缝器、拉紧器、楔子板等工具来完成,严谨采用锤击工具或具有损坏性的器具。制作后的钢管利用钢盘尺、样板、钢板尺等对其圆度、纵、环缝对口错边量、管口周长、管口平整度、缝隙等指标进行检查,相应的纵、环缝对口错边量应当在规范值内;管口平面度不超过 3mm;管节周长与设计周长差控制在 $\pm 3D/1000$ 且不大于 ± 24 mm;相邻管节周长差不大于 10mm,确认无误后施加焊接。焊接达标后对以上指标进行复测,满足应用要求后开展大节组装。在直管大节组装过程中,有效控制直线度、环缝间隙以及环缝错牙的具体指标;在弯管大节组装过程中,借助吊锤球方式,通过钢板尺对环缝至锤线的距离进行量测,以确保弯管角度精准有效。

钢管制作后,通过检查对各项指标进行把关,尤其钢管焊接后的焊缝要达到标准,工作人员对焊缝外观进行检验,并组织超声检测工作,X 射线复验,存在焊缝缺陷要及时解决。钢管严格按照图纸制作,同时标注好相关信息,包括水流方向、管节号、装配位置等。

钢管安装前,对埋设位置的混凝土结构进行检查,保证一、二期混凝土结合面已经凿毛处理并冲洗干净;二期混凝土的断面尺寸及预留锚栓和插筋的位置、数量与设计图纸相符。钢管安装时,借助自制凹型台车来开展,提前铺设好凹型台车行走轨道,行走的动力是前池上方安装的 25 吨慢速卷扬牵引,同时结合各管节加劲环距配置高程、轴线控制符合施工需求的凹型砼支墩,管节借助台车运抵制定位置后,凹型砼支墩合理控制压力钢管的安装位置,保证压力钢管安装精准。钢管到位后,通过倒链、千斤顶等器具对管节中心、高程进行调节,使其精准定位。通过拉紧器、压缝器、楔子板等对压缝进行调节,有效控制焊缝的均匀性和管壁错牙的有效性。钢管定位、高程达到要求后进行加固、焊接。利用支墩上的埋件对钢管周围进行加固处理,严禁在管壁上进行加固焊接,只可以在加劲环或止水

环位置施焊,定位节钢管的两端管口都要进行有效牢固。

安装直管、弯管后,相应的安装精度要满足要求,与设计轴线的平行度误差要控制在 0.2%D;始装节管口的里程偏差小于 ± 5 mm,弯管起点里程小于 ± 10 mm,始装节两端管口的垂直度偏差小于 ± 3 mm;钢管安装后管口圆度偏差控制在 5D%,且小于 40mm。

出现斜坡施工的情况,相应的钢管安装需要先对钢管中心进行有效测量,借助吊锤球法对钢管安装的中心进行确定,确保下中心和上中心吻合,将吊锤球从上中心垂直落到管口底部,通过钢盘尺测量下中心与锤线的间距,控制好误差,以避免钢管倾斜超出标准范围。钢管定位后对两侧用角钢进行牢固,对钢管环缝进行定位焊接,定位焊接对称施焊^[6]。

钢管环缝焊接前对钢管定位、管口圆度、周长等进行严格检验,如果存在误差,需要调整后在进行焊接操作。此改造工程钢管环缝环节采用手工电弧焊,3~5 个焊工对称施焊,内侧焊接,外侧贴背板。正式焊接前,需要对焊接工人进行考虑,使其符合设备焊接操作的相关规定,要求焊接人员取得操作资格证书。焊接中,环境温度低于 5℃时的低合金钢焊接以及高强钢焊缝焊接前,用远红外加热装置对焊缝两侧进行均匀预热,预热温度 100℃~150℃,用点温计测量焊缝两侧温度,碳弧气刨清根在热状态下进行。不同类型的钢材焊接,需要采用适合低级别的焊接材料和工艺进行焊接。焊接后,需要采用先进的检测技术对钢管焊缝焊接质量进行检验。

3 结语

综上所述,金沟河三级水电站原装机容量 7.5MW,根据目前由于机组运行状况,多年平均年发电量 2558 万 kW·h。经过本次增效扩容改造施工后,不仅施工质量达标,金沟河三级水电站装机容量为 13MW,多年平均年发电量 3105 万 kW·h,年利用小时 2389h,改造效益显著。

[参考文献]

- [1]杨若轩,孔繁.薄岭水电站增容改造方案优化[J].小水电,2022(1):44-46.
- [2]郑建峰.魏家堡水电站增效扩容分析与改造应用[J].中国水能及电气化,2021(11):19-22.
- [3]叶林波.农村小型水电站增效扩容改造关键应用技术研究[J].居业,2021(10):35-36.
- [4]章如强.花山水电站增效扩容改造方案研究[J].湖南水利水电,2021(5):74-76.
- [5]刘力.砬子沟水电站增容改造施工分析[J].小水电,2021(4):66-68.
- [6]徐著林.小型水电站技术改造要点及施工管理分析[J].设备管理与维修,2021(14):77-78.

作者简介:陶海波(1980.3-),毕业学校:陕西省西安建筑科技大学,所学专业:土木工程,当前所在单位:新疆新安顺达水利水电工程有限公司,职务:项目经理,职称级别:中级职称水利水电专业。