

长距离防渗墙顶部切除施工技术 在芝瑞抽水蓄能电站中的应用

付红刚, 杨云志

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 611730)

摘要: 内蒙古芝瑞抽水蓄能电站下水库拦沙坝和拦河坝基础部位均设置有较长的混凝土防渗墙。由于长距离的防渗墙顶部需要切除 1.5 m, 若采用常规的破碎头等扰动性较大的机械设备破除, 将可能对防渗墙自身的防渗效果和结构稳定造成破坏; 若采用人工配合电镐等小型设备进行破除, 不但成本高, 而且工期长, 无疑对工程进度和成本控制不利。针对上述施工难题, 项目部结合现场实际施工条件调整了施工工艺, 加快了防渗墙顶部切除的进度, 所取得的经验可供类似工程参考。

关键词: 芝瑞抽水蓄能电站; 长距离; 防渗墙; 顶部; 切除; 施工技术

中图分类号: TV7; TV52; TV543; TV544

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2023)06-0020-05

Application of Top Resection Construction Technology of Long-distance Cut-off Walls in Zhirui Pumped Storage Power Station

FU Honggang, YANG Yunzhi

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611730)

Abstract: Long concrete cut-off walls are installed in the foundation of the check dams of the lower reservoir of the Zhirui Pumped Storage Power Station in Nei Mongol. The top of the long-distance cut-off wall needs to be cut off 1.5 m, if the conventional crushing head and other large disturbance mechanical equipment are used to break it, the anti-seepage effect and structural stability of the cut-off wall itself may be destroyed; if the use of small equipment such as artificial coordination electric pick to destroy, it is not only costly, but also takes long construction period, which is undoubtedly detrimental to the project schedule and cost control. In view of the above construction problems, combined with the actual construction conditions, the construction technology is optimized to speed up the resection progress of the top of the cut-off wall, which can provide a reference for other similar projects.

Key words: Zhirui Pumped Storage Power Station; Long distance; Cut-off wall; Top; Resection; Construction Technology

1 概述

芝瑞抽水蓄能电站位于内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗芝瑞镇, 为一等大(1)型工程。该电站装机容量为 1 200 MW, 装设 4 台、单机容量为 300 MW 的立轴单级混流可逆式水泵水轮机, 额定发电水头 443 m, 额定流量 78 m³/s。电站主要由上水库、输水系统、地下厂房、地面开关站及下水库等建筑物组成。

该电站拦沙坝混凝土防渗墙轴线长度为 411.16 m, 设计墙厚 0.8 m, 墙体材料为 C30 混凝土, 防渗墙顶高程为 1 113.5 m, 防渗平台顶高程为 1 115 m。

拦河坝混凝土防渗墙轴线长度为 356.72 m, 设计墙厚 0.8 m, 墙体材料为 C30 混凝土, 防渗墙顶高程为 1 103.5 m, 防渗平台顶高程为 1 105 m。按照设计要求, 防渗墙混凝土浇筑完成后应对防渗墙设计高程以上 1.5 m 高的墙体、浮浆等进行切除; 同时, 防渗墙与左右岸心墙基座接头部位按设计图纸要求切除 40 cm 宽后进行二期混凝土浇筑。

鉴于该电站下水库拦沙坝混凝土防渗墙轴线长度为 411.16 m, 拦河坝混凝土防渗墙轴线长度为 356.72 m, 合计长度约为 767.88 m, 墙厚均为 0.8 m, 若采用常规破碎头等扰动性较大的

收稿日期: 2023-05-30

机械设备破除将可能对防渗墙自身的抗渗效果和结构稳定造成破坏;若采用人工配合电镐等小型设备进行破除,其成本高,工期长,无疑将对工程进度和成本控制不利。

通过市场调查了解到常规的切除设备中,既不产生大的扰动、又能快速进行切除的设备主要有三种:劈裂机、圆盘切割机和绳锯,其各自又有优缺点。劈裂机最大的缺点是需要先在切除线上事先钻许多劈裂孔,墙体劈裂后也不能形成整齐的切面,后期需要由人工对切面进行修整;圆盘切割机基本只能竖向切割而难以通过改造成为可旋转的圆盘切割机进行水平切割,而且防渗墙顶部需要反挖形成狭窄的作业面,导致大型的圆盘切割机无法布置;绳锯不仅施工方便,操作简单,能够对主体结构进行无损切割,扰动小,而且能够适应现场复杂多变的地形条件,亦能满足现场施工条件要求^[1]。因此,最终决定选用绳锯对防渗墙顶部进行切除。

2 防渗墙顶部切除采用的施工程序

防渗墙顶部墙体切除施工主要包括防渗墙两侧填筑面开挖、防渗墙导向槽拆除、防渗墙顶部墙体切除等施工项目。根据防渗墙、帷幕灌浆施工现状及结构布置情况,最终对防渗墙顶部墙体采取分段切除的方式。首先对防渗墙、帷幕灌浆已验收合格的墙体部位进行切除;对于未完成帷幕灌浆施工的部位待其验收合格后再进行施工,以确保防渗墙顶部墙体切除不影响大坝主体结构施工。而且按照防渗墙槽段进行切割、根据绳长可跨多个槽段进行切割。

3 防渗墙顶部切除施工

3.1 施工布置

(1)施工供电。根据实际用电情况布置了箱变接动力电缆至坝面配电柜以提供施工用电及照明用电。

(2)施工供风。现场供风主要为切割后基础面清理及穿绳孔钻设,现场采用 20 m^3 油动空压机移动供风。

(3)施工供水。主要用水项目为绳锯切割用水等。采用1台 10 t 洒水车在施工现场泵坑抽水用以提供施工期间的用水。用水量较大时,直接在排水泵坑布置1台 $25\text{Q}8-35-0.85$ 潜水泵

($Q=8\text{ m}^3/\text{h}$, $W=0.85\text{ kW}$, $H=35\text{ m}$)接 $\Phi 25\text{ mm}$ 软管至施工作业面供水。

(4)施工照明。在防渗墙切除施工期间放置移动照明灯,采用 $\Phi 48\text{ mm}\times 3.5\text{ mm}$ 钢管搭设灯笼架敷设,对于钢管与电缆线接触部位采用木板与 $\delta=5\text{ mm}$ 的绝缘胶皮进行绝缘处理,电缆及灯笼架的高度不低于 2.5 m 。照明灯具选用LED防爆灯,能够满足防渗墙切除夜间施工的要求。

3.2 施工方法

防渗墙、帷幕灌浆施工完成后,对防渗墙两侧的施工材料、设备等进行清理,以便于下一道工序施工。然后采用破碎锤对导墙混凝土进行破碎,破碎后的混凝土块采用 1.2 m^3 反铲+ 20 t 自卸汽车运至无用料场。导墙拆除后露出防渗墙顶部墙体,然后根据切割路线采用水磨钻和风钻在防渗墙顶部设计高程钻 $\Phi 100\text{ mm}$ 的透孔以便于穿锯绳,在墙体靠近绳锯机侧安装膨胀螺丝,固定导轮与万向轮,除首段防渗墙切割外,将后续防渗墙切割万向轮固定于 $1.2\text{ m}\times 0.6\text{ m}\times 0.3\text{ m}$ 移动混凝土板上,设备布置完成后,沿防渗墙设计高程水平切割墙体。对于墙体,按照防渗墙槽段进行切割。在槽段连接处采用破碎锤进行凿断,凿断后采用破碎锤就地破碎, 1.2 m^3 反铲装 20 t 自卸汽车至无用料场;将切割完成的墙体竖向再次切割成不大于 2 m 长的混凝土块,采用 $16\text{ t}/25\text{ t}$ 吊车将其吊至 20 t 自卸汽车运至无用料场,再破碎成小块或直接堆存。

3.3 施工工艺流程

施工准备→测量放线→导墙两侧土方槽挖→导墙拆除→绳锯安装→防渗墙顶部墙体切割→防渗墙块体破碎→挖装运输。

(1)施工准备。熟悉图纸:设计图纸下发后,项目部全体技术与管理人员必须仔细研究并熟悉图纸,理解设计意图,提出问题清单,提请监理工程师组织设计交底,根据设计图纸及交底要求制定施工方案。

安全技术交底:施工前必须进行施工安全技术交底。安全技术交底工作要充实,内容要有针对性和指导性并提出实际操作要求,全体参加施工的人员都要参加交底,形成书面的交底记录。了解并掌握工程地质与水文地质资料;完成施工

现场的风水电布置;施工材料的采购及试验检验;机械设备进场后进行设备的报验审批,未审批通过的机械设备严禁投入生产施工;制定切实可行的安全技术措施及操作规程。

(2)测量放线。根据测量控制网、设计图纸、施工方案等相关技术文件确定土方槽挖的范围、防渗墙设计高程等。用白灰撒出沟槽开口边线,拦沙坝防渗墙的设计高程为 1 113.5 m,拦河坝防渗墙的设计高程为 1 103.5 m,采用油漆每隔 20 m 标记高程,然后采用墨斗等工具标记防渗墙顶部的墙体切割线,确保绳锯切割部位准确无误。不得对保留部分造成破坏。

(3)导墙两侧的土方槽挖。在导墙两侧开挖沟槽以便于导墙的拆除,沟槽顶宽 1 m,开挖沟槽深度为 1.5 m,坡度不陡于 1:0.5 以确保沟槽稳定,尽量不扰动过渡 II 区的填筑料。槽挖主要采用 1.2 m³ 反铲开挖,人工配合,将开挖出的过渡 I 料堆存在沟槽旁至少 2.0 m 距离,堆放高度不超过 1.5 m 以确保施工安全,同时便于后期回填。

反铲开挖时,应向机械司机进行详细交底,其内容包括开挖断面、堆土位置和施工要求等,由专人指挥并配备测量人员随时进行测量,防止超挖。开挖过程中,应注意开挖区域是否有埋地管线、预埋接地等预埋内容,若有应注意避让;对于部分反铲无法开挖的部位,采用人工配合进行开挖。

使用反铲进行沟槽开挖时,反铲应位于开挖侧以防止沟槽垮塌。若沿挖方沟槽移动时,施工机械距沟槽上缘的宽度不得小于 2 m 以避免垮塌。

开挖过程中,应尽可能对已填筑的大坝结构减少扰动,不得对保留部分造成破坏。

在帷幕灌浆、防渗墙施工过程中,对防渗墙两侧大坝填筑面的污染部分应挖除至坝面以外。

(4)拆除导墙。防渗墙导墙采用破碎锤破除,其破除的大小满足反铲装卸汽车要求即可。导墙破除露出钢筋后,采用剪钳或电焊对导墙结构内的钢筋进行割断。

作业时,应保持安全距离,防止破碎混凝土块伤人,采用警戒带对破碎锤施工半径以内进行封闭,禁止施工人员进入以确保施工安全。

破碎后的混凝土块采用 1.2 m³ 反铲装 20 t 自卸汽车运至无用料场,对于部分较小的碎渣采用人工进行清运,禁止其遗留在大坝填筑面内。

(5)绳锯的安装。绳锯机(净重 380 kg)采用 25 t 吊车吊至施工工作面,人工利用绳锯机底部车轮进行位置调整。

剪绳:根据现场绳锯机摆放的实际位置及切割墙体的长度选定锯绳长度,测量好其长度后用剪线钳剪断。

拔胶:用钳子拔出绳子两端头至第一粒串珠处的橡胶(有弹簧的一并拔出)并预留适当的长度,不能露出基体。

扭圈:将绳子绕过设备飞轮及被切割对象,手拉锯绳、磨平混凝土锐角形成所需锯路后,选择一自由端进行扭圈。为避免产生偏磨,一般要求初始扭圈次数尽量在 3~4 圈/m 或以上。随着绳子消耗的不断增长,理论上扭圈次数应不断增加。

对接:将扭圈完成后的绳子两端头塞入接头内,用液压钳压实。注意液压钳压实接头时其压实部位应距两端口一定距离,否则钢丝在接头处因不能自由弯曲而容易产生断裂;接头两端应与串珠端头接触,否则接头处的串珠因一端失去固定力而容易产生松动。绳锯使用的初始阶段宜采用大接头,待其消耗过半后可换用小接头。

根据外露的防渗墙顶部墙体,采用水磨钻或风钻在防渗墙槽段连接位置钻穿绳孔,绳锯沿混凝土切割线布置,安装膨胀螺丝,固定导轮、万向轮,采用 1.2 m×0.6 m×0.3 m 预制板进行万向轮的固定,预制板内设单层双向 Φ16 mm@20 cm 钢筋网,预制板重约 518 kg,大于绳锯机重(380 kg)。绳锯机与导向轮固定牢固后,根据确定的切割路线将金刚石绳锯按一定的顺序缠绕在主动轮和辅助轮上,必须注意绳子的方向应与主动轮的驱动方向一致。导向轮的边缘与穿绳孔中心对准,确保切割面具有有效的切割速度并沿混凝土切割线进行。

安装完成后,连接主电缆线并要求连接牢固,不得出现松动现象。

安装调试好绳锯机、准备开启之前,仔细检查绳锯机的各个关键部件是否连接正常,安装好安全防护装置。安装完成后对绳锯切割工作面采用

临时围挡或警戒带进行维护,非机械操作人员禁止进入。

仔细检查驱动飞轮、绳锯环绕平面是否与待切割面处于同一个平面内。

绳锯安装使用过程中,应按照使用说明书进行操作。

(6)防渗墙顶部墙体的切割^[2]。绳锯机安装调试完成后,启动电动马达,通过控制盘调整主动轮的提升张力,保证金刚石绳适当绷紧,启动循环冷却水,再启动另一个电动马达,驱动主动轮带动金刚石绳索回转切割。切割过程中必须密切观察机座的稳定性,随时调整导向轮的偏移以确保切割绳在同一个平面内。

切割过程中,通过操作控制盘调整切割参数以确保金刚石绳运的转线速度在 20 m/s 左右;另一方面,切割过程中应保证有足够的冲洗水量以保证对金刚石绳的冷却和把磨削下来的粉屑带走。水平切割时,水平孔口的冷却水加入点随锯缝移动。冷却水量要适当,过少的水量会烧毁绳锯的注塑层,过多的水量会造成绳锯打滑或抛光。切割时必须保证无粉尘喷出,喷出的水呈雾状和水汽为最为合适。切割操作应做到速度稳定,参数稳定、设备稳定。

绳锯切割完成后,对已切除面高程进行复核,若其未切除至设计高程,则可采用人工利用风镐进行处理以确保防渗墙顶部墙体清除至防渗墙设计高程。施工过程中,不得对保留部分造成破坏,不得损伤预埋接地等预埋件结构。

当绳锯机在导轨上快要运行到终点位置时,只要场地条件允许,应采用前后导轨置换的方法继续进行锯切作业。只有在场条件不允许的情况下,方可采用移机剪绳的方法继续进行锯切作业,以免造成绳锯的浪费。

根据现场实际布置情况,导向轮若安装在已切割的防渗墙墙体上,在不影响切割的情况下可将剩余面直接切透;导向轮安装在正在切割的墙体时,在其剩于大约 0.3~0.5 m² 时停止切割,拆除导向轮,可将剩余面继续切透。

(7)防渗墙块体的破碎与挖装运输^[3]。绳锯切割过程中,必须按照防渗墙槽段切割,待完成一个槽段切割后采用破碎锤对已切墙体槽段连接

处进行凿断并将其破碎成小块,其大小能够满足 1.2 m³ 反铲装自卸汽车要求即可,将所破碎的混凝土块运至无用料场。对于切割完成的墙体竖向再次切割或凿断成不大于 2 m 长的混凝土块,采用手风钻在混凝土块端头各 0.5 m 位置钻 $\Phi 50$ mm 孔(共 2 个孔)作为吊孔,采用 25 t/16 t 吊车将其吊至 20 t 自卸汽车运至无用料场,再破碎成小块或直接堆存。挖装运输完成后,在反挖沟槽两侧设安全防护栏杆且需满足安全要求。

4 绳锯使用中的常见问题分析及解决办法^[4]

4.1 断绳

断绳主要包括锯绳断裂、接头断开两种情况。

(1)原因。①机器没放平稳或转轮较松而导致绳锯运转不平稳、抖动频繁,致使其中间断绳及接头频繁断裂。②追求切割效率、强行下刀导致绳锯运转弧度过大,张紧力过大,进而引起钢丝绳断裂。③注塑绳锯使用一定时间后,将会有部分冷却水及切屑注入到塑料和钢丝绳之间,如果其停留时间过长,将会导致钢丝绳生绣变脆,导致钢丝绳中间提前断裂。④接头型号与金刚绳不匹配,接头压不紧。

(2)解决办法。①在使用过程中应维护保养好设备以确保机器性能,尽量保持绳锯运转的平稳度,减少抖动。②合理调节绳锯机行走的速度,在使用“自动”档时,应合理调节绳锯机电机的电流扭矩使其不要过大,以免绳锯因张力过大断绳。③不要将使用过的绳锯停放过长时间,比如半年以上。④金钢绳专用接头的型号要与金刚绳匹配,避免其过大或过小。此外,压接头的压机不能有磨损,否则会造成压不紧的情况出现。

4.2 偏磨

绳锯使用过程中,串珠没有沿圆周面均匀磨损而仅磨损串珠的某一面,导致串珠的某一面磨损严重甚至磨至钢丝绳,而另一面则仍有较厚的工作层,此称为偏磨。偏磨将导致绳锯寿命大大缩短、提前报废。

(1)原因。①使用前,根本没有扭转或扭转圈数不够。②下刀过大,绳锯对切割对象施压过大,导致串珠与切割对象摩擦力过大,从而阻碍了串珠绕钢丝绳轴线转动。③因橡胶的软硬度不同而不能根据实际情况调整圈数,或因绳锯没拉紧。

(2)解决办法。①按照规范使用要求并根据其使用程度在绳锯对接前将绳锯预扭转(常规新绳锯绕三圈;对使用过的绳锯视具体情况绕圈,正常可绕 5 圈)。②减小绳锯的张紧度,降低电流。③应对不同厂家或不同型号的绳锯加以区分,应根据实际情况调整圈数,安装时一定要拉紧绳锯等。

4.3 串珠锥度过大

绳锯使用时,串珠的前端(前进方向一端)的磨损一般快于后端,出现一定的锥度($<0.2\text{ mm}$)属于正常现象。但如果串珠前端直径与后端直径差超过 0.2 mm 时则可定为锥度过大。锥度过大反映串珠磨损过快,将导致绳锯寿命偏短。

(1)原因。①切割时电流过大,因强行下刀而导致绳锯串珠磨损加快。②切割线速度偏低而导致串珠磨损加快。

(2)解决办法。①适当降低下刀速度。②适当提高线速度。

4.4 串珠松动及窜动

在绳锯使用过程中,所使用的固定材料不能牢固固定串珠,从而使串珠绕钢丝绳转动或沿钢丝绳窜动,使部分串珠间距发生变化,甚至出现串珠拥挤的现象。

(1)产生的原因。①切割时,由于绳子的局部弯曲半径过小,弯曲应力过大,导致串珠与橡胶脱离,失去了橡胶对串珠的固定能力,易产生串珠松动。②冷却水不到位或冷却效果不佳,导致橡胶过热老化而失去了对串珠的固定能力,易产生串珠松动。③绳子出现卡绳。应避免强拉强扭,否则串珠易被拉脱而产生松动。

(2)解决办法。①切割时,采用导向轮合理调

(上接第 19 页)

参考文献:

- [1] 陈锡琪. 复杂地质条件下大断面隧洞交岔口快速开挖技术[J]. 山西建筑, 2017, 43(28):180-181.
- [2] 郑红, 易俊新, 刘志鹏, 等. 滇中红层软岩隧洞开挖方式研究[J]. 民营科技, 2018, 24(9):130-132, 192.
- [3] 曹爱武, 褚卫江, 吴家耀, 等. 复杂地质条件下隧洞交岔口开挖支护稳定研究[D]. 抽水蓄能电站工程建设文集, 中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会 2021, 442-446.

整锯绳的弯曲半径。②切割时,确保有充足的冷却水使锯绳处于冷却状态。③绳子出现卡绳时应适当放松锯绳,对卡绳进行处理后再进行施工。

5 结 语

采用绳锯对防渗墙顶部混凝土浇筑块进行切除时其切割功率可达 $6\text{ m}^2/\text{h}$ 。考虑到单次转运设备、穿绳等准备工作需要 3 h,每天正常切割时间为 5 h,对于宽度为 0.8 m 的防渗墙,单台切割机每天可切割 37.5 m 左右,施工效率较高。

对内蒙古芝瑞抽水蓄能电站防渗墙顶部混凝土浇筑块切割,所采用的施工方法对防渗墙主体结构零损伤,切割面光滑、平整,施工噪音小、无粉尘、无废气排放,施工效率高,既能够满足不扰动防渗墙主体结构的要求,又能够快速进行切割,进而降低了施工成本,亦保证了施工质量,大大加快了大坝施工进度,所取得的经验可供类似工程参考。

参考文献:

- [1] 刘文清, 贾宁, 杨翠竹, 等. 绳锯无损切割技术在混凝土支撑拆除中的应用分析[J]. 江西建材, 2021, 41(3):133, 135.
- [2] 倪平, 牛运君, 邓智. 地铁车站绳锯切割拆除钢筋混凝土梁施工技术[J]. 建筑技术, 2022, 53(9):1169-1170.
- [3] 陈文华. 浅析混凝土结构静力无损拆除施工技术[J]. 中国建筑装饰装修, 2021, 20(12):64-66.
- [4] 王俊澎. 绳锯无损切割技术在地下连续墙拆除施工中的应用[J]. 工程建设, 2020, 52(1):51-55.
- [5] 李永林, 胡紫航, 刘奎奎, 等. 抽水蓄能电站高边墙绳锯切割施工技术应用研究[J]. 水电与抽水蓄能, 2022, 8(1):117-120.

作者简介:

付红刚(1978-),男,四川简阳人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

杨云志(1989-),男,四川资阳人,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)

- [4] 赵利奎, 李晓丽, 冯立红, 等. 滇中红层深埋软岩隧洞支护措施研究[J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(2):737-743, 761.
- [5] 郑红, 易俊新, 刘志鹏, 等. 滇中红层软岩隧洞开挖时空效应研究[J]. 民营科技, 2018, 24(9):74-76, 84.

作者简介:

殷本林(1979-),男,四川成都人,分局总工程师,副高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)