

新疆某水利枢纽工程高位边坡开挖支护技术的应用

穆晓东¹ 马依俊²

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司, 陕西 西安 710000

[摘要]在水利枢纽工程建设中, 高位边坡的开挖支护工作一般直接关系到后续缆机系统的安装及大坝基础的开挖衔接, 对工程总体的进度安排及安全风险管控起着关键作用, 故而如何在高强度的开挖条件下安全、保质的跟进支护工作就成为了我们的关注重点。文中主要以新疆某水利枢纽工程左右岸缆机高位边坡的开挖支护为研究重点, 一是概述了本工程高边坡开挖支护施工过程中主要存在的影响因素及施工标准要求, 在设计要求和进度计划安排的基础上, 重点分析总结了高边坡开挖期间如何高效利用支护资源和安全保质的跟进支护工作的技术核心要点, 二是根据施工措施的实施总结出了一些适合本工程的边坡支护创新措施和管理方法, 希望对类似工程有一定的借鉴意义。

[关键词]水利工程; 缆机边坡; 开挖支护

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6611

中图分类号: TV52

文献标识码: A

Application of Excavation and Support Technology for High-level Slope of A Water Control Project in Xinjiang

MU Xiaodong¹, MA Yijun²

Sinohydro Construction Engineering Consulting Northwest Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: In the construction of the water conservancy project, the excavation and support of the high-level slope is generally directly related to the installation of the follow-up cable crane system and the excavation connection of the dam foundation, and plays a key role in the overall schedule and safety risk control of the project. Therefore, how to follow up the support work safely and with good quality under the condition of high-intensity excavation has become our focus. This paper mainly focuses on the excavation and support of the high side slope of the cable crane on the left and right banks of a water conservancy project in Xinjiang. Firstly, it summarizes the main influencing factors and construction standards during the excavation and support construction of the high side slope of the project. On the basis of the design requirements and schedule arrangement, it mainly analyzes and summarizes the technical core points of how to make efficient use of support resources and follow-up support work with safety and quality assurance during the excavation of the high side slope. Secondly, according to the implementation of construction measures, some innovative slope support measures and management methods suitable for the project are summarized, hoping to have some reference significance for similar projects.

Keywords: water conservancy project; cable crane slope; excavation support

1 工程概况

新疆某水利枢纽工程缆机平台地表岸坡 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 局部略陡, 主要为黑云母石英片岩基岩裸露, 局部为片麻状花岗伟晶岩岩脉, 总体强度较好。岩体主要发育IV、V级结构面, 未见有影响岸坡整体稳定的定位底滑面, 岸坡整体稳定; 左岸缆机平台边坡存在多种小规模的结构面不利组合, 右岸缆机平台边坡稳定性相对较好; 受浅表层卸荷松弛影响, 需注意缆机平台地表岩体发生松动变形, 继而引发小规模的蠕滑破坏及崩塌现象。

2 高开挖支护施工要求

2.1 边坡开挖要求

缆机平台边坡分梯段开挖, 不得采取对岩石层面切脚或造成岩体倒悬的开挖方式。为保证开挖安全, 要求逐层开挖, 逐层支护, 严禁超前开挖, 当支护进度不满足要求时, 暂缓开挖进度, 保证支护跟进。在边坡开挖支护过程

中, 不仅要考整体地质岩性的影响, 同时在开挖过程中, 一些不起眼或不容易辨识的楔形节理, 也很容易造成边坡局部失稳, 开挖爆破完成后, 一定要及时对坡面进行排查, 对局部不稳定体进行及时锚固措施, 以防止边坡发生塌滑; 对于开挖后坡面有渗水的部位, 也要及时进行排水孔的施工, 防止渗水压力造成边坡局部失稳。

左岸缆机平台连接公路和右岸缆机平台连接公路终点, 根据左右岸缆机平台实际开挖情况顺接, 左岸供料平台上游端连接公路终点和引水洞进口操作平台连接公路起点, 根据供料平台实际开挖情况顺接, 左岸上坝公路终点和右岸上坝公路终点根据左右岸坝肩实际开挖情况顺接。

2.2 边坡支护要求

每级边坡开挖前, 在坡顶位置先施工锁口支护或开口线下部第一排锚杆支护, 每层边坡开挖完成, 经测量人员复核开挖体型满足设计要求后, 开始组织对已开挖成型边

坡进行支护施工。边坡支护按照规划要求分层分台进行施工,本工程缆机边坡支护施工严格按照自上而下的顺序进行组织。施工过程中,边坡深层的支护在后边坡浅层支护在前,并且深层支护在地质破碎区域不允许滞后浅层支护超过一级边坡,高位边坡支护施工基本步骤如下:(1)在边坡开口线部位实施截排水系统,确保开口线外坡面雪水、雨水不会流入或渗入坡面;(2)边坡开口线部位或第一级边坡锁口设施及支护系统施工;(3)坡面锚杆及排水孔施工;(4)坡面喷混凝土施工,网喷混凝土分两次施工;(5)锚索工程施工;(6)检测设施施工。

左岸缆机平台土坡坡比 1:1,其余坡比 1:0.5, EL.1080~EL.1066,坡比 1:0.3,高差每 15m 设置马道,马道宽 2m,马道内侧布置排水沟;岩石边坡开挖后采取挂网喷锚支护:系统锚杆采用 $\phi 28\text{mm}$ 、 $L=6.0\text{m}$ 锚杆和 $\phi 25\text{mm}$ 、 $L=4.5\text{m}$ 锚杆交替布置,间距 2.0m,随机锚杆采用 $\phi 25\text{mm}$ 、 $L=4.5\text{m}$ 锚杆;地质较差的部位采用混凝土格梁支护,局部布置预应力锚索 1000KN $L=40\text{m}$ 锚索;喷混凝土坡面均设 PVC 排水管: $\phi 75\text{mm}$ 、 $L=3\text{m}$ 、间排距 3m、倾角 15。在开口线外布置截水沟、局部坡面设置汇水沟,水流至 EL1066.00 平台;坡面挂钢筋网 $\phi 8\text{mm}@200\times 200\text{mm}$,喷混凝土 C25F300 厚 10cm。

右岸缆机坡比 1:0.5,高差每 15m 设置马道,马道宽 2m,马道内侧布置排水沟;岩质坡面开挖后采取挂网喷锚支护:系统锚杆 $\phi 28\text{mm}$ 、 $L=6.0\text{m}$ 和锚杆 $\phi 25\text{mm}$ 、 $L=4.5\text{m}$ 交替布置,间距 2.0m,随机锚杆采用 $\phi 25\text{mm}$ 、 $L=4.5\text{m}$ 锚杆;局部坡面设置预应力锚索 1000KN $L=40\text{m}$ 及预应力锚索 1500KN $L=40\text{m}/35\text{m}$ 、间排距 5m。坡面布置排水管 $\phi 75\text{mm}$ 、 $L=3\text{m}$ 、间排距 3m、倾角 15 的 PVC 排水管,喷混凝土施工时应采取措施,防止堵塞排水孔而失效。在开口线外 1m 布置截水沟、坡面设置汇水沟,水流至 EL1060.00 平台;坡面挂钢筋网 $\phi 8\text{mm}@200\times 200\text{mm}$,喷混凝土 C25F300 厚 10cm。

左右岸缆机平台的边坡开挖应采用自上而下的施工程序,边坡采用预裂爆破施工,对有支护要求的边坡每层开挖后应适时支护,对岩石边坡破碎部位增设随机锚杆或钢筋网,锚杆施工完成后进行喷护作业。

3 高边坡开挖支护技术的应用

3.1 应用边坡支护无排架施工措施

新疆某水利枢纽工程施工进度计划安排极为紧凑,每月平均下挖强度计划在 20m/月,对此如何确保施工安全、质量全面受控的同时,又保证施工进度计划可以正常衔接推进就成了研究重点,如何做到安全快速、保质保量,我们在借鉴其他大中型水利工程在该方面的施工经验和相关措施后,本工程结合实际道路情况和边坡规划布局,率先在左右边坡支护措施方面全面推动采用无排架支护施工方案。具体做法为:边坡开挖施工时,在边坡开挖前首

先进行开口线周边截排水系统施工,开口线外截排水沟施工完成后→进行后续部位边坡开挖施工→边坡素喷混凝土封闭及锚索造孔采用机械设备随边坡开挖而跟进,即一级边坡开挖成形且满足设计要求后→同一平台高程按照相互错开分区施工的原则采用自行履带高臂钻机和常规自行履带钻机进行锚杆造孔、排水造孔、锚杆注浆及二次网喷混凝土作业→在本层马道至下级边坡组织预裂爆破及后续循环施工。同时根据总体施工进度安排及设计要求,缆机边坡开挖梯段不大于 15m,自上而下采用梯段分层爆破、边坡预裂、错层开挖,浅层和深层支护紧随开挖面进行,深层锚索造孔施工与开挖工作面的高差不大于 5m,浅层支护与开挖面的高差不大于一级边坡的高度。

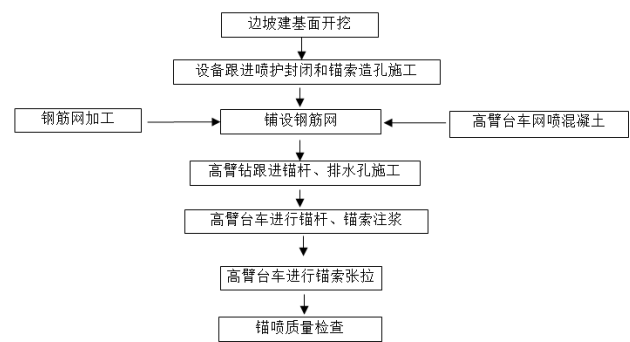


图 1 锚喷支护流程图

目前新疆某水利枢纽工程边坡开挖采用的是 HCZ90A (柴电)履带式潜孔钻进行锚索造孔作业(见图 2),其工作效率为常规的 70A 钻机、100B 钻机效率的 2 到 3 倍,该履带式潜孔钻水平钻孔高度为 3~5 米,开挖 5 米后,就能直接进行锚索孔造孔作业,由于锚索造孔速率较快,加之设备投入数量与施工强度匹配,同时在施工组织 and 开挖分区方面在做进一步的优化和配合,锚索孔的造孔施工进度基本可以满足开挖进度的需求。



图 2 HCZ90A (柴电)锚索钻机\混凝土喷护设备

锚杆造孔、排水孔造孔、锚杆锚索的注浆及挂网喷护采用驹驰机械 Xc—18M 型护坡锚固钻机(附带作业平台),该履带式潜孔钻水平钻孔高度为 3~15 米,开挖一级马道后,能直接配合前序支护工作的继续开展,从而为边坡支护取消排架搭设工序起到了非常重要的作用,这种开挖支护方式真正做到了无排架施工,不仅节省排架搭设时间及费用、同时也减少高空作业带来的不安全因素。无排架施工为我们带来

较好的工期、经济效益和安全效益。不得不说的是该设备的先期投入造价较高,但从工程总体投入和施工效率、安全质量的管控方面综合分析比对,不论是经济效益还是成本控制、进度控制等方面都有很大的改进和促进作用。



图3 翔驰机械 Xc—18M 高臂钻机台车

3.2 建基面预裂爆破控制技术

建基面预裂爆破为了保证建基面的开挖质量,新疆某水利枢纽工程采用搭设样架,100B 造孔的方式进行预裂造孔,在样架搭设前,孔位基础面必须清理干净,并采用砂浆(或混凝土)找平,确保开孔精确。每台钻机一个样架,避免钻孔过程中相互干扰。样架钢管间距小于 1.2m 效果最佳,并应增加与基岩连接措施。造孔过程中落实“三定五校”制度,监理和施工单位对造孔随时抽查,加强过程管控。在爆破前监理和施工单位根据钻孔记录,参建方共同研究优化调整爆破参数,使爆破效果达到最优。每级边坡外侧爆破时应预留不小于 10m 的宽度与预裂孔一起起爆,每级马道应预留 3m~5m 保护层,采用水平预裂或浅孔爆破。严格控制爆破前沿抵抗线,不超过主爆孔排距。爆破完成后,及时进行测量及质量检测、验收,以便指导后续爆破施工。针对不利结构面,建议在联合验收时,明确处理措施。

4 高边坡开挖支护技术应用策略

4.1 制定完善的开挖支护技术方案

结合现场实际规划布置情况从技术支持的层面分析,若想保证缆机边坡开挖和支护的效果、质量及同步性,最终实现对实体工程质量的全面受控,我们制定了完善的缆机边坡开挖支护技术施工方案,为整个缆机边坡开挖支护作业的顺利开展,提供了强有力的技术支持。但需要注意的是,在技术方案制定时要重点做好前期资料和数据信息调查和分析,为缆机边坡开挖支护技术方案措施的编制可以提供强有力的技术参数支持。设计提出的施工方案已明确工程施工工艺和质量控制要求,我们也据此重点作为方案编制的技术基础,为后续开挖支护施工作业的推进,提供有力的技术质量保障。

左岸缆机平台边坡开挖结构复杂,坡面上下游方向分 3 区进行开挖支护施工,上游方向以外全部区域为 A 区,中部剖面区域为 B 区,该区含有局部混凝土框格梁施工,下游方向以外全部区域为 C 区。

A 区共有 3 级马道,第一级马道大面积为 1:1 土坡开挖,局部不规则小范围为 1 层梯段爆破,1 次预裂,以下每级马道均分为 1 层梯段爆破,1 次预裂,平台以上坡

面分为 1 层梯段爆破,1 次预裂,每级马道及平台预留 2.5~3m 保护层水平光爆,施工过程中可根据现场爆破试验情况对预裂高度进行调整。

B 区共有 4 级马道,局部为 1:1 混凝土格梁施工范围。混凝土格梁施工范围以外区域第一级马道分为 2 层梯段爆破,2 次预裂,以下每级马道均为 1 层梯段爆破,1 次预裂,平台以上坡面分为 1 层梯段爆破,1 次预裂,每级马道及平台预留 2.5~3m 保护层水平光爆。

C 区共有 4 级马道,第一级马道分为 2 层梯段爆破,2 次预裂,以下每级马道均为 1 层梯段爆破,1 次预裂,平台以上坡面为 1 层梯段爆破,1 次预裂,每级马道及平台预留 2.5~3m 保护层水平光爆。

右岸缆机平台边坡开挖结构复杂,坡面上下游方向分 3 区进行开挖支护施工,下游方向以外全部区域为 D 区,中部剖面区域为 E 区,上游方向以外全部区域为 F 区。

D 区共有 3 级马道,每级马道均分为 1 层梯段爆破,分 1 次预裂,平台以上坡面分为 1 层梯段爆破,1 次预裂。

E 区共有 6 级马道,第一级马道分为 2 层梯段爆破,分 2 次预裂,以下每级马道均分为 1 层梯段爆破,分 1 次预裂,平台以上坡面分为 1 层梯段爆破,1 次预裂。

F 区共有 6 级马道,第一级马道分为 2 层梯段爆破,分 2 次预裂,以下每级马道均分为 1 层梯段爆破,1 次预裂,平台以上坡面分为 1 层梯段爆破,分 1 次预裂。

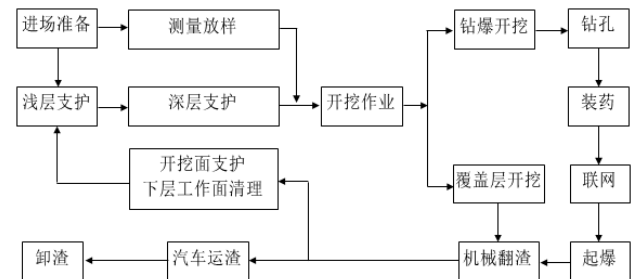


图4 开挖支护施工作业流程图

4.2 做好边坡开挖支护技术交底

从当前水利水电工程建设实际来说,面临的环境更加复杂,增加了边坡开挖支护技术运用的难度。若想充分发挥技术的应用效果,要认真贯彻落实技术交底制度,做好施工人员的技术培训,使其对边坡开挖支护安全作业的要求和技术运用质控要求有着全面的把握,进而发挥其力量,实现对整个开挖作业的质量把控。

4.3 边坡开挖支护质量控制措施

4.3.1 边坡开挖质量控制措施

(1) 边坡开挖前,根据施工方案和设计图纸要求在开挖轮廓线外设置永久排(截)水系统,将雨(融雪)水排到施工区集中排水系统中,避免因雨(融雪)水对开挖边坡坡面冲刷及坡体的整体稳定。

(2) 边坡基面开挖严格按设计要求的参数进行,自

上而下分层开挖,过程严格控制边坡的坡度、台阶高度、确保边坡稳定,同时修坡采用机械配合人工的方式进行修整完善,确保超欠指标满足要求。

(3)所有的坡面、马道平台均进行预裂爆破、光面爆破,均预留保护层的方式进行施工。采取预裂或光爆施工时,严格控制钻孔开口位置、孔距、孔斜、线装药密度等爆破参数,确保爆破施工质量动态受控。

(4)开挖完成后及时对已形成的边坡按设计要求进行边坡支护,对边坡上的破碎带采取有效的方式进行边坡处理和加强支护,确保边坡安全稳定。

(5)开挖施工中遇到不良地质边坡时,在施工前报送详细的开挖支护处理专项方案,经监理工程师批准后组织实施,并在开挖过程中,根据开挖情况随机支护紧随开挖施工,动态保证开挖基面的质量情况和安全情况满足设计要求。

(6)开挖边坡加强施工期边坡变形观测和爆破振动监测,并根据观测结果调整开挖措施方案,质点安全振动速度控制在设计和规范要求内,保证建筑物及边坡开挖施工质量和施工安全。

4.3.2 爆破钻孔质量控制措施

(1)根据施工组织设计及爆破设计要求,结合各部位开挖的地形地质条件进行优选合理的爆破参数。

(2)配备花岗岩地层适用的先进钻孔设备,技术人员要充分熟悉作业操作规程,熟练掌握钻孔技术要点,严格按照爆破设计提出的规定参数进行施工,确保钻孔精度满足爆破设计要求。

(3)预裂孔和主爆破孔、光面爆破孔等钻孔孔径施工前严格按照生产实验确定的参数进行施工并进行确认检查,保证爆破设计钻孔孔径参数符合设计要求。

(4)保证钻孔开口位置、孔距、孔深、钻孔方位角及倾角同爆破设计一致,施工过程中质量控制人员实时检查确认。

4.3.3 支护质量控制措施

(1)明确支护施工各工序负责人和总体协调责任人,技术负责人为主要负责人的质量管理机制,监理制按照定完善的质量管理规章及奖惩制度进行监督管理,严格按照业主下发的质量体系文件要求,对边坡支护工程施工质量进行全过程、全方面及全员的质量控制。

(2)安排经过监理考核合格且有丰富经验的技术人员担任此工作施工技术及质量检查监督工作,现场所有人员均持证上岗。在施工前监督督促施工单位技术负责人要按施工组织设计、质量控制措施、具体作业指导书对相关施工人员进行层层详细交底,施工中严格各施工程序及工艺要求并且经监理验收确认,以确保本工程支护工作达到优质水平。

(3)按照水利工程相关规范要求,严格落实各道支护工序的三级质检推进,对关键工序和关键工作设置质量

控制点并进行跟踪检查落实,及时整改质量隐患和缺陷,确保一次验收合格率可以达到95%以上。

(4)在支护施工中所有工序监理都必须认真确认施工记录和验收签证记录表,对施工中发生的任何质量异常情况通过管理机制及时报告监理及相关管理机构协调确认。

(5)支护施工前监理组织各方对围岩进行鉴定,以确定所选用支护体系或支护参数是否合适。边坡每开挖一层,按设计要求及时跟进支护;浅层支护紧跟开挖工作面,深层支护基本同步与开挖作业面,以确保边坡的整体稳定。

(6)边坡支护作业严格按照水利工程相关的规范、技术要求进行。锚杆和锚索施工方法,包括钻孔和注浆等施工工艺,必须经过监理工程师的检查和验收。

(7)现场支护施工材料必须三证齐全,未经检验的“三无”材料或产品严禁进入施工现场。张拉机具和仪表必须定期检查、率定,以率定的曲线作为施工控制的计算依据。

4.4 边坡开挖支护阶段的施工监测

边坡及开挖工程施工安全监测应包括边坡变形监测、边坡支护监测、爆破有害效应监测、建基面岩体松弛范围检测等,根据需要选择边坡裂缝监测,宜对高边坡内的地下水位或地下孔隙水压力或地表渗流量进行监测。边坡及开挖变形监测的基准点、工作基点,可利用施工测量控制网中三角点和水准点。本工程工作基点布设了20个,满足监测需要。

边坡开挖支护施工期间,主要对高位边坡防护范围内设置临时监测点采用全站仪进行位移变形观测,每月观测2次,缆机边坡每次爆破后和降雨后各测一次。左岸缆机平台上部高位边坡设3个测点。临时监测点数量根据现场工程情况适当进行了调整增加。

边坡马道上采用的临时变形观测墩主要用于边坡及开挖工程变形监测,包括混凝土基础底座(3×0.3×0.3m)、中12钢筋测桩和反射膜片。测点尺寸可按设计图纸及现场观测要求进行适当调整。混凝土基础底座与钢筋测桩应紧密结合,反射膜片固定在钢筋测桩上,并根据工作基点位置调整观测视角,保证测量精度。

边坡开挖支护施工期内持续对缆机高位边坡定期进行巡视检查工作,发现异常及时上报,如有必要会及时增设永久变形监测设施。

边坡开挖支护作业的开展,面临着很多的不确定因素,极易引发坍塌事故或者变形等。为了实现对安全风险的有效控制,实现边坡开挖支护作业的质量目标和安全目标等,要积极引入现代化监测设备和技术,合理部署整个边坡开挖支护工程的监测设施,实时获取边坡工程的信息,为施工作业方案的调整提供有价值的依据,保证作业的有序开展。当发现安全隐患时,立即实施应急处理方案,落实施工作业措施,实现对边坡开挖支护效果的把控,保障边坡的稳定性达标,达到水利水电工程建设的要求。

4.5 管理力度的提升

针对工程特点成立边坡开挖支护施工管理小组,负责施工作业现场的管理。缆机边坡开挖支护施工期间,为切实加强工程安全、质量、进度管理工作的组织领导和统筹协调,管理小组,负责协调解决工程实施过程中的技术重大问题,承担现场各方面的督促管理日常工作,面对施工单位存在的资源调配问题,管理协调问题,技术督导问题均有管理小组统一安排和部署,层层压实责任,强化统筹协调,精心组织、科学施工,提升工程安全、质量、进度管理水平,确保工程建设有序开展和稳步推进。

再上述工作基础上,我们还进一步制定细化了边坡开挖安全文明施工作业规程和操作手册,管理人员和技术人员按时到现场进行检查督导,确保作业环境安全的同时有序开展开挖支护工作,按要求推动边坡开挖支护作业的各工序施工。对重点部位和关键工序采用联合确认验收制,并由管理人员和监理人员进行旁站监督,例如安全人员和测量人员、测量人员等,切实有效落实高边坡在开挖支护技术问题上的有效预防和及时处理,以确保开挖支护效果可以达到预期。

5 结束语

边坡开挖支护工程是一套系统工程,目前所采用的施

工技术都较为成熟,不同的工程根据地质情况及施工布置特点都有自己的施工方法和措施,本文主要总结了新疆某水利枢纽工程在进度制约和布置条件限制的情况下采用的边坡开挖支护技术应用的特点,重点使左右边坡在道路交通条件受限,安全隐患突出的环境下发挥了安全高效的支护作业水平,能够在进度工期内完成所有项目的施工内容,确保工程施工质量受控的同时更重要保证了施工安全,为同一类型的高陡边坡开挖支护工程积累了施工经验和借鉴价值。

【参考文献】

- [1]夏瑞英,高海洋.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J].河南科技,2020,39(25):58-59.
- [2]周奎.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].工程技术研究,2020,5(15):113-114.
- [3]甄清亮.浅谈水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].农业科技与信息,2020(13):115-116.
- [4]商志清.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2020(16):112.
- [5]区铭莲.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].建材与装饰,2020(14):18-20.

作者简介:穆晓东(1988.2-)男,本科,副总监理工程师。