

阿尔塔什面板坝高边坡支护脚手架的设计及应用

余 义 保， 梁 拥 安， 石 良 波
(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:阿尔塔什水利枢纽工程是目前新疆在建的最大的水利工程,工程因其在设计和施工方面存在超高面板堆石坝、深河床覆盖层、工程区强地震带以及坝体右岸存在国内罕见的高边坡危岩体等技术难题,被业界称为“新疆三峡工程”。右岸高边坡支护工程施工区域坡高、陡、岩层地质条件复杂,在高约 600 m 的边坡区域(岩面自然边坡约为 75°~80°,局部接近 90°、部分呈倒悬状)进行施工,脚手架的设计及在整个高边坡支护施工过程中就显得尤为重要。
关键词:阿尔塔什面板坝;高边坡;支护脚手架;设计
中图分类号:TV7;TV52 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)03-0020-04

Design and Application of High Slope Supporting Scaffold at Aertash CFRD Project
YU Yibao, LIANG Yongan, SHI Liangbo
(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: Aertash Water Conservancy Project is the biggest water conservancy project under construction in Xinjiang Province. It is called by the industry as “The Three Gorges of Xinjiang” because a series of technological challenges in design and construction. The right bank high slop supporting construction area is high and steep with complex rock mass geological condition, the natural slope of slope area rock surface at height of about 600m is around 75°~80°and locally approaches 90°with some parts hanging, therefore, the scaffold design and application in slope construction is particularly important through the whole high slope supporting construction period.
Key words: Aertash CFRD Project; high slope; supporting scaffold; design

1 概 述

阿尔塔什水利枢纽工程是叶尔羌河干流山区下游河段的控制性工程,是该梯级规划“两库十四级”中的第十一个梯级。枢纽挡水坝为混凝土面板砂砾石堆石坝,坝顶宽 12 m,坝长 795 m,最大坝高 164.8 m。工程承担防洪、灌溉、发电等综合利用任务。水库总库容为 22.49 亿 m³,正常蓄水位高程 1 820 m,最大坝高 164.8 m,装机容量为 755 MW,为大(1)型 I 等工程。

前期地质资料显示:坝址右岸山体宽厚,岸坡走向近 EW 向,基岩裸露,坡高 565~610 m,岸坡自然坡度在 1 960 m 高程以下为 50°~55°;以上为 75°~80°,局部陡立,自然边坡整体稳定。但根据对右岸高边坡支护区域实际地形的勘测,高程 1 826 m 以上的大部分边坡接近 75°~80°,局部接近 90°且局部呈倒悬状。岩性为薄层灰岩、巨厚

层白云质灰岩、泥灰岩、石英砂岩及泥页岩。
工程存在的主要难点及特点:
(1)地形条件复杂。右岸高边坡自然坡度较陡,高程 1 826 m 以上大部分边坡坡度接近 75°~80°,局部接近 90°且局部呈倒悬状。支护施工区域范围为高程 1 664~2 230 m,高 566 m,上下游长度约 500 m。
(2)地质条件复杂。专题研究结果表明,边坡不存在整体稳定问题,但边坡分布有多处分散型危岩体以及边坡表面的浅层卸荷体,施工前期对施工区域内的危岩体进行了统一开挖处理,但仍有部分潜在危岩体存在。
(3)施工通行条件差。右岸高边坡支护范围属于自然边坡,坡陡、岩石裸露且破碎,施工区域的道路除坝顶交通洞出口修建的长约 300 m、宽 3 m 的临时施工便道外,其余人员及材料的运输通道需依靠施工期间新建的临时施工栈道通行。

收稿日期:2019-05-08

(4)安全风险高。受右岸高边坡地形地貌条件、表层岩体强风化特点以及阿尔塔什大坝工程所在区域的自然条件等因素影响,右岸高边坡每年6~9月易出现掉块、掉渣、冲沟洪水(携带小量的冲洪积)等现象,且因同时存在多个施工区域施工,空间上存在不可避免的交叉施工干扰,可能会存在物体打击伤害。

(5)施工作业项目。

①锚索布置:在右岸高边坡高程1 860~1 910 m处布置2 000 kN的有粘结预应力锚索,锚索间排距为5 m×5 m,锚索长30 m、35 m,交错布置。

②断层封闭:对坝轴线上游至河床趾板处出露的F9断层采用C25混凝土塞封闭和注浆。

③高边坡喷锚支护:1 820~2 230 m高程范围内挂网喷护。

2 高陡边坡支护脚手架的设计及方案研究

阿尔塔什大坝工程右岸高边坡的实际情况表明:支护区域存在高、陡、岩层破碎、支护区域广且大部为原始自然边坡等情况,考虑到脚手架搭设存在的基础破碎、连墙件连接不牢固、部分坡面高陡等问题,脚手架搭设方案在设计阶段充分分析并研究了右岸高边坡存在的问题,最终确定脚手架搭设方式为落地式脚手架及悬挑式脚手架搭设两种方式结合,根据不同的地形地质条件选用脚手架搭设形式。

2.1 落地式脚手架

根据现场实际地形特征,右岸高边坡支护的部分区域坡度较缓,2 000 kN预应力锚索施工区域下部还有一条临时施工便道且局部山体自然坡面较缓、趾板边坡支护区域下部有趾板开挖面,施工过程中能有效利用自然存在的缓坡、缓台作为脚手架搭设基础。但受右岸高边坡山体表层无植被覆盖,常年风大、空气干燥等情况影响,其表层岩石破碎、裂隙发育、脚手架连墙件功能受限等因素,脚手架设计时必须充分考虑上述不利因素,在刚性连墙件基础上局部增设柔性连墙件。

(1)材料的选择。选用工程项目中的常规材料,钢管选用直径48 mm,厚3.5 mm的Q235焊接钢管。钢管连接用的扣件选用安全系数较高的

冲压型扣件,其标准值为65 N·m。通道及层间防护采用竹夹板,竹夹板选用3年以上的老竹制作、剥削均匀、螺杆捆扎紧密的合格品。连墙件采用Φ25螺纹钢筋作为插筋锚杆、φ10~12圆钢作为拉筋(柔性连墙件),立杆采用Φ28螺纹钢作为插筋,质量满足现行国家标准的规定。

(2)脚手架结构。脚手架为2步3跨布置,立杆步距采用1.6 m,立杆横向间距为1.5 m,立杆纵向间距为1.5 m;搭设采用φ48×3.5 mm钢管,结构为三排,最内侧的立杆距岩面为0.3~0.5 m,当其超过时需增设立杆,其横向搭建宽度不小于3 m,纵向的长度依据锚索孔的坐标和现场施工情况而定。

连墙件采用柔性和刚性两类形式结合的方式布置。刚性连墙件采用Φ25螺纹钢,长1.5 m、入岩1.1 m、外露0.4 m,45°角设置,插筋上套钢管,用扣件与主脚手架立杆连接牢靠。对岩层破碎部位增设柔性连墙件(图1)。

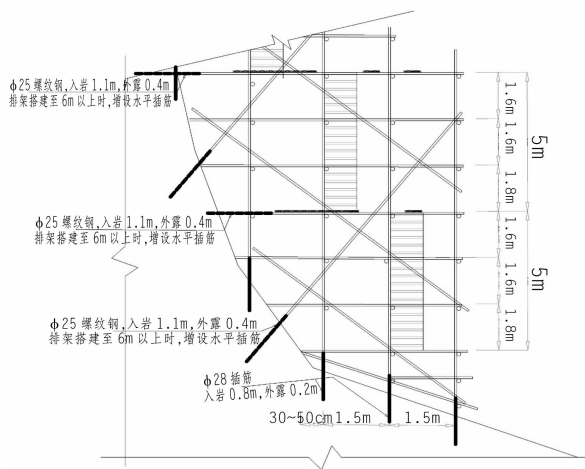


图1 落地式脚手架结构示意图

剪刀撑沿纵向连续布置,水平和横向均采用间隔6 m布置。

(3)受力计算及分析。为保障50 m落地式脚手架在实际施工使用过程中的安全性,根据脚手架设计参数,结合实际工况,施工作业按照纵向20 m脚手架范围同时作业1层,作业层铺设木板,布置2台锚索钻机。该范围同时施工作业的施工人员为20人,布置哈迈70A钻机2台。根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130—2011)要求,进行了常规受力分析,同

时利用 Midas civil 2015 结构有限元计算软件对脚手架进行了模拟验算,两种计算结果显示:50 m 落地式脚手架能够满足设计要求。

(4)脚手架结构有限元验算。在软件中定义材料的性质、截面形状,进行三维建模。模型建成后添加边界条件:底层约束为固端约束,每个卸荷层和边坡接触的立杆端约束为固定铰链约束,自重以恒荷载方式添加,将均布荷载添加方式简化为单元的均匀荷载;集中荷载简化添加到节点荷载上,均布和集中荷载均为活荷载。运用软件进行分析计算后得到以下结果:

①反力。支座最大反力为 13.2 kN。依据试验结果,锚杆的抗拉压力为 100 kN,满足要求,最大反力位于第三卸荷层、集中荷载的正下方。

②位移。最大变形位移为 $f_{\max} = 3.5 \text{ mm} < [f] = L/400 = 3.7 \text{ mm}$,满足要求,其位于顶层单元均布荷载和集中荷载施加处。

③内力。最大剪力为 2.4 kN,满足要求。Z 方向的最大弯矩为 0.42 kN·m,满足要求。

④应力。最大组合应力 $\sigma_{\max} = 152 \text{ MPa} < [\sigma] = 205 \text{ MPa}$,满足要求,其位于顶层的均布荷载和集中荷载的共同作用单元上。

⑤基岩的承载力。脚手架搭设的基础面为岩石基础,本项目计算的最大反力为 13.1 kN,地基承载力为 400 kN/m^2 ,地基承载力处于稳定状态。按照《建筑结构荷载规范》,岩石基础在保证立杆底座与基底均匀传递承载的情况下满足稳定要求。卸荷层采用 $\varphi 25$ 、 $L = 3 \text{ m}$ 的砂浆锚杆,将脚手架钢管与锚杆焊接固定为整体,其砂浆锚杆的拉拔力为 100 kN,采用 M25 砂浆,满足脚手架卸荷要求。

⑥整体稳定性分析。进行了屈曲分析。脚手架的第一模态屈曲系数为 $8.27 > 4$,整体稳定满足要求;临界破坏时顶层集中荷载作用下的杆件单元最先屈服。

通过对 50 m 高边坡支护脚手架进行设计与结构力学计算,采用 Midas civil 结构计算软件建立三维空间模型进行有限元分析,根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130—2011)要求进行的结构力学计算得到的最大应力为 145 MPa,最大反力为 12.4 kN;有限元计算结

果为 152 MPa 和 13.2 kN,两者相差不大,其立杆、横杆的应力、剪应力、变形分析结果满足规范要求,整体稳定性验算亦满足规范要求。

2.2 型钢悬挑式脚手架

根据地质条件描述并结合现场勘察情况得知:右岸高边坡岸坡的自然坡度在 1 960 m 高程以下为 $50^\circ \sim 55^\circ$,以上为 $75^\circ \sim 80^\circ$,局部陡立且部分岩面呈倒悬状,如采取落地式脚手架搭设,脚手架的搭设高度将超过规范允许的 50 m 要求。目前不只是国内,国际规范规定的脚手架搭设高度均未高于 50 m。鉴于 W19(20)预应力锚索施工及以上部分施工区域坡面平顺、陡峭且支护区域高,经多次现场勘查及论证并结合右岸高边坡的实际地形、地质条件,最终将该区域施工脚手架确定为型钢悬挑式脚手架搭设形式。

(1)材料的选择。型钢悬挑式脚手架所用管材、扣件、插筋与落地式脚手架一致,型钢悬挑部分的材料选用国标 12# 槽钢为三角支撑主材,杆件采用 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 角钢。为了增强型钢平台的整体稳定性,各榀三角支撑架之间采用 8# 槽钢进行牢固连接,所用材料质量必须满足现行国家标准的规定。

(2)脚手架结构。本工程脚手架型钢基础的主体是一种三角形悬挑承重结构,将其每榀钢结构均牢固固定于边坡上,然后将各榀相互之间采用杆件进行可靠连接而成连续悬挑型结构。基础的主要受力部位为水平杆及起主要支撑作用的斜杆。对于这两个重要的受力部件,主要采用 2 根 12# 槽钢焊接而成。为了增强三角支撑部件的整体承重能力,采用 $\Phi 28$ 螺纹钢,入岩 1.1 m、外露 0.4 m 与槽钢焊接连接,三角支撑内部区域采用小型杆件作为腹杆,杆件采用 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 角钢。为增强型钢平台的整体稳定性,各榀三角支撑架之间采用槽钢进行牢固连接,连接杆件上部满铺 4 mm 厚的花纹钢板,两榀三角支撑架之间的间距设计为 1.5 m(与脚手架间排距相同),基础宽度为 3 m。脚手架搭设在该平台上,脚手架搭设的最大高度按 20 m 计,采用三排脚手架搭设型式,间排距为 $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,步距 1.5 m,连墙件按两步三跨设置,采用 $\varphi 25$ 钢筋,入岩 1.1 m,外露 0.4 m;脚手架部分连墙件、剪刀撑的搭设

要求参照落地式脚手架搭设(图 2、3)。

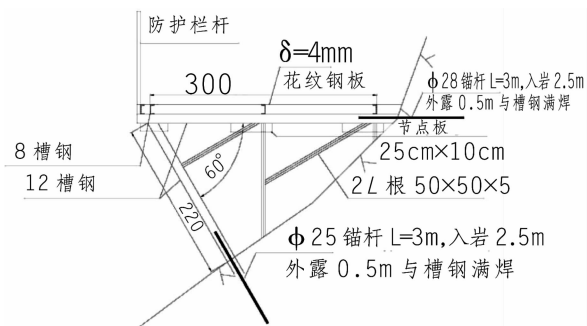


图 2 型钢三角结构示意图

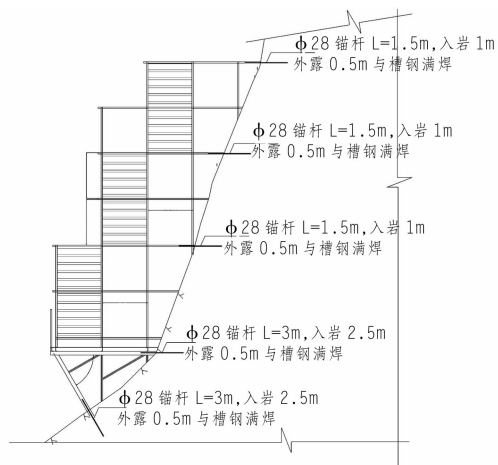


图 3 型钢悬挑式脚手架结构示意图

(3) 受力计算。结合现场实际施工规划布置及施工工况, 脚手架搭设的最大高度按 20 m 计, 采用三排脚手架搭设型式, 间排距 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$, 步距 1.5 m, 连墙件按两步三跨设置, 造孔采用 100B 潜孔钻, 单个作业面施工人员为 3 人, 混凝土运输采用手推车由两人辅助等。根据《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130-2011) 要求, 采用常规受力计算对脚手架进行了分析, 其结果满足规范要求 (常规受力计算不在此叙述)。

3 施工应用

3.1 安全隐患排查

对于右岸高边坡危岩体的支护施工,随开挖过程自上而下对危岩体进行了开挖及浮渣全面清理,但仍存在局部未清理干净、边坡开挖扰动次生危岩体、自然边坡破碎表层浮渣、未明确的危岩体、浮渣、危石等情况。在高边坡脚手架施工作业前,必须对整个施工区域及影响区域进行全面排查、清理。

高边坡自然山体山势复杂,除部分前期危岩体开挖处理过程中形成的人行栈道可以通行外,其余部位人员通行较为困难,安全风险较大,排查过程中采取了人工+高清无人机方式进行排查。

(1)人工排查。人员沿右岸高边坡危岩体处理形成的纵横、多条人行栈道自上而下进行实地排查,并由技术人员在图纸、图片上标明隐患所处位置、风险程度、工程量等信息。

(2) 高清无人机排查。利用现代科技化手段, 选用高清无人机沿山体贴近飞行, 对发现的隐患点由无人机视频上反映出的飞行高度、距离等信息推算出隐患点的位置信息、工程量、风险程度并在图纸、图片上标识、记录, 拍照储存, 以便于再度分析确认、对比。

(3)信息汇总及处理。综合人工、高清无人机信息确定隐患处理的先后、缓急顺序,对于存在施工扰动诱因的隐患点在脚手架施工前必须进行彻底清除。

3.2 脚手架施工

右岸高边坡支护脚手架按照《右岸高边坡 50 m 支护脚手架施工方案》及《型钢悬挑式脚手架施工方案》明确的立杆间距、跨度、搭设高度、扫地杆、插筋、剪刀撑、连墙件等参数进行施工作业,并对实际施工过程中发生的特殊部位采取加固措施进行处理。

4 结 语

阿尔塔什大坝工程右岸 600 m 级高边坡支护脚手架的施工运用,在充分分析了解施工区域地形、地质条件、自然条件、恶劣极端气候等不利因素的前提下,结合其他工程常规高边坡施工工艺特点,根据不同工况,优化制定了不同的施工脚手架搭设方案,有效提高了施工进度,施工过程的安全得到了最大程度的保障,希望所取得的经验能对其他类似工程项目高陡边坡的施工处理起到一定的借鉴作用。

作者简介：

余义保(1987-),男,四川广元人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

梁拥安(1983-),男,甘肃张掖人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

石良波(1972-),男,四川苍溪人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

(责任编辑:李燕辉)