

# 溪洛渡水电站右岸泄洪洞不良地质段围岩的处理

易丹<sup>1</sup>, 高静<sup>2</sup>

(1. 中国人民武装警察部队 水电第七支队, 湖北 武汉 430200; 2. 中国人民武装警察部队 水电第九支队, 四川 成都 611130)

**摘要:**大型水工隧洞开挖支护施工中对不良地质段围岩的处理关系到施工工期和工程成本, 采取合理的处理方式意义重大。以溪洛渡水电站3#泄洪洞无压下平段及出口洞门不良地质段围岩处理为例, 阐述了控制爆破、钢筋拱肋加强支护和预应力锚索处理等措施的应用情况及取得的效果。

**关键词:**泄洪洞; 不良地质段; 围岩处理; 控制爆破; 对穿锚索; 溪洛渡水电站

**中图分类号:**TV7; TV554; TV52; TV51

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2015)04-0057-02

## 1 工程概述

溪洛渡水电站右岸3#、4#两条泄洪洞均为有压接无压, 洞内龙落尾型式。3#泄洪洞长1 433.549 m, 4#泄洪洞长1 633.611 m, 中心间距50 m, 平行布置。

3#泄洪洞出口洞段为龙落尾段及无压下平段, 城门洞型结构, 开挖尺寸为16 m × 21 m (宽 × 高)。出口洞段上部为崩坡积块碎石层覆盖。构成边坡的主要是 $P_2\beta_8 \sim P_2\beta_{12}$ 层玄武岩和角砾集块熔岩。 $P_2\beta_{11}$ 层顶部分布有厚约1~1.5 m的紫红色凝灰岩, 浅表风化严重, 性软, 遇水易软化崩解。C9层间错动较强, 以岩屑角砾型为主, 浅表部位普遍充填次生泥; C8、C10层间错动相对较弱, 以裂隙岩块型为主; C11层间错动不发育, 多为熔结型。边坡部位层内错动带较发育。整个出口洞段围岩风化卸荷较强, 弱风化上段水平深15~24 m; 弱风化下段为33~58 m; 强卸荷带为15~33 m; 弱卸荷带为24~58 m。

开挖后在高程437~485 m之间形成1:0.45~1:0.55的边坡。将485 m高程以上缓坡地带的崩坡积块碎石层全部清除, 向上游沿C11层间错动带形成平台。

## 2 不良地质段施工存在的难点

(1) 出口洞门及边坡开挖成型难度大。

(2) 无压下平段顶拱外侧及上覆岩体厚度较小。3#泄洪洞桩号③泄1+433.549~③泄1+415段上覆及外侧岩体厚度为6.5~17 m, 小于1倍泄洪洞洞径; 桩号③泄1+415~③泄1+340

段上覆及外侧岩体厚度为17~27 m, 小于1~1.5倍泄洪洞洞径, 围岩稳定性差。

## 3 不良地质段采用的处理方法

### 3.1 出口洞门及边坡开挖

在出口洞门及边坡开挖施工中采用结构线预裂爆破代替光面爆破, 以减小主爆孔对结构线岩体的振动影响, 尽量保证结构线岩体的完整性, 提高洞门及边坡结构面开挖成型的质量。

明挖预裂孔孔距为0.9 m, 孔径为90 mm, 采用100B潜孔钻机造孔, 严格控制孔向、孔深; 底部1 m孔段采用直径70 mm药卷连续装药, 以上孔段采用长竹片绑直径为32 mm药卷间隔30 mm装药, 堵塞长度1 m, 线装药密度500 g/m; 孔内及孔间均采用导爆索连接, 预裂孔与缓冲孔、主爆孔间网络由毫秒导爆管连接, 采用微差起爆, 预裂孔首先起爆, 单响药量按不大于200 kg控制。

### 3.2 无压下平段顶拱外侧及上覆岩体厚度不足问题的处理

针对该问题, 参建单位展开讨论, 提出了两种解决方案。一种是将该段上覆岩体全部开挖, 变隧洞为明渠; 另一种是仍按原方案开挖、支护, 但对洞顶及外侧洞壁围岩进行加强锚固处理。根据现场实际情况和地质简报, 经参建各方反复研究, 认为前一方案虽能一劳永逸消除安全隐患, 但开挖工程量大量增加, 将导致工期延长和成本的极大增加; 而采用加强支护和预应力锚索支护提高围岩稳定性, 经众多工程实践证明能够很好地解决围岩稳定性差的问题。最终经各方决定采用第二种方案, 具体处理措施如下:

收稿日期: 2015-07-10

(1)为减少洞室开挖对围岩的扰动,对③泄1+273~③泄1+433.549段采取优化联网、严格控制单响药量和改变开挖方式等减振措施,将开挖方式调整为分幅梯段光面爆破;将左侧边墙由预裂爆破改为光面爆破,并在断面中间先行预裂形成减振带,然后先开挖右半幅,再开挖左半幅。设置施工期收敛监测断面,实时进行观测和数据分析。

(2)为保证3#泄洪洞桩号③泄1+350~③泄1+417.549段围岩稳定,在原系统锚杆支护的基础上增加了钢筋拱肋支护。钢筋拱肋采用2根 $\phi 28$ 钢筋焊接而成,布置在顶拱及起拱线以下3m范围内,与原系统锚杆相连。钢筋拱肋间距与系统锚杆排距相同,具体为:③泄1+350~③泄1+390段为1m,③泄1+390~③泄1+417.549段为1.5m。

(3)3#泄洪洞外侧边坡桩号③泄1+370~③

表1 出口洞门及边坡开挖质量情况统计表

| 部位        | 超挖(不含地质超挖值) |        |        | 局部不平整度   |     |        | 半孔率/% |        |          |
|-----------|-------------|--------|--------|----------|-----|--------|-------|--------|----------|
|           | 测点数         | 最大值/cm | 平均值/cm | 检测点合格率/% | 测点数 | 最大值/cm |       | 平均值/cm | 检测点合格率/% |
| 出口洞门及边坡开挖 | 33          | 20.2   | 9.3    | 97       | 42  | 19.4   | 10.5  | 95.2   | 93.1     |

#### 4.2 无压下平段顶拱及外侧边坡围岩处理效果

(1)收敛观测结果。

根据③泄1+300、③泄1+365、③泄1+420三个收敛断面的观测成果,2010年3月至2011年3月开挖支护期间,拱顶围岩垂直累积变形量为0.48~0.62mm,左右拱肩累积变形量为0.51

泄1+430段高程441~449m之间布置3排1000kN的对穿预应力锚索,锚索长度为17~27m,间排距4m,相邻锚索之间的高差为0.3m布置,锚索俯倾角 $5^\circ$ 。锚索混凝土锚墩之间用框格梁连接,框格梁采用C20混凝土,断面尺寸为 $0.4\text{m}\times 0.4\text{m}$ 。

(4)边坡侧混凝土锚墩采用C35混凝土。洞内一侧采用钢锚墩,锚墩出露的部位做局部扩挖,锚墩不得侵占隧洞结构衬砌断面;锚墩施工完成后按设计张拉力1000kN进行张拉;锚索施工完成后,对局部扩挖的部位待泄洪洞混凝土衬砌施工时一并浇筑。

### 4 不良地质段处理后的实施效果

#### 4.1 出口洞门及边坡开挖效果

3#泄洪洞出口洞门及边坡开挖质量良好,具体数据见表1。

~0.82mm,且顶拱位移速率小于 $0.07\sim 0.1\text{mm/d}$ ,收敛速率小于 $0.1\sim 0.2\text{mm/d}$ 。收敛观测结果满足要求,围岩稳定。

(2)锚索施工质量。

3#泄洪洞下平段外侧边坡锚索质量均满足相关规范要求,检测成果见表2。

表2 锚索质量检测统计表

| 工程部位      | 吨位/kN | 工程量/束 | 注浆量/L |         |        | 锁定吨位/N  | 伸长值偏差/% |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|---------|-------|-------|
|           |       |       | 理论值   | 最大      | 最小     |         | 平均      | 最大    | 最小    |
| 3#泄洪洞出口边坡 | 1000  | 65    | 153.7 | 16243.8 | 6478.9 | 11472.3 | 1050    | 3.22% | 1.34% |

#### 4.3 结论

(1)对围岩较发育的边坡结构开挖,采用预裂爆破方式和严格控制单响药量,有效地减小了对结构线外岩体的振动破坏,开挖面保留较完整,成型质量良好。

(2)无压下平段采取分幅梯段光面爆破,将爆破振动对顶拱及外侧边坡围岩的影响降至很小,保证了开挖安全;施工期临时监测数据表明:经钢筋拱肋加强支护和预应力锚索处理后,围岩

稳定,开挖支护阶段收敛变形满足规范要求。该部位于2010年10月按节点工期完成了开挖支护施工,2011年3月开始进行混凝土施工,2013年完成混凝土衬砌,在经历了2013年和2014年多次泄洪检验后,泄洪洞围岩及边坡稳定可靠。

### 5 结语

该工程对3#泄洪洞桩号③泄1+340~③泄1+433.549段及出口洞门边坡的不良地质段进

(下转第70页)

冲刷、部分翻渣”的方式,以机械开挖为主,对堰塞体减载并加宽、加深泄流槽以达到降低堰前水位、排除险情的目的。

根据设备进场通行条件,设备主要是沿着左岸开挖。部分设备根据物质组成和施工条件适度进入堰塞体中。其中,掏挖是最常采用的方法,一方面利用水流冲刷带走细粒的物质,另一方面,冲刷出来的块石可以作为垫路材料以增加道路的承载力,便于设备的行走。太平桥堰塞湖堰塞体物质小于5 cm直径(即把块体折算成球体的直径)的细粒物质约为60%,水流速度为0.5~1 m/s,根据流速与粒径的关系,可以带走的颗粒直径为:

$$D = \frac{v^2 r}{2gK^2(r_1 - r)} \quad (1)$$

式中  $D$  为块体粒径,即块体折算成球体的直径,  $m$ ;  $K$  为稳定系数,一般槽底取  $0.9 - 1$ ;  $r_1$  为块体的容重,  $t/m^3$ ;  $r$  为水的容重,  $t/m^3$ ;  $V$  为水流速度,  $m/s$ 。

经过计算,可以冲走的颗粒直径为  $1.5 \sim 6$  cm。通过统计,一般反铲淘洗一次,可以带走约20%的可带走的细粒物质。那么,随着掏挖次数的增加,细粒物质带走量和剩余物质中细粒的含量大致如表1所示。

表1 细粒物质带走量和剩余物质中细粒的含量表

| 项目                 | 掏挖次数 |    |      |    |      |      |    |      |      |      |
|--------------------|------|----|------|----|------|------|----|------|------|------|
|                    | 1    | 2  | 3    | 4  | 5    | 6    | 7  | 8    | 9    | 10   |
| 细粒物质<br>剩余比例 /%    | 80   | 64 | 51.2 | 41 | 32.8 | 26.2 | 21 | 16.8 | 13.4 | 10.7 |
| 细粒物质占总<br>物质的比例 /% | 55   | 49 | 43   | 38 | 33   | 28   | 24 | 20   | 16   | 14   |

根据现场施工实践,一般要掏挖5~6次,才能把大部分泥粒带走,粒径小于5 cm的细粒含量也只占1/3的比例,其物质组成可以满足垫路的要求,不会浪费设备作业时间和油料,可以把石块挖出来垫路,同时加深加宽泄流槽。

#### 4 应用效果

我们通过仔细的灾情侦测,采取有效的处置方法,定下了排险的决心,经过10 d奋战,在地方政府的领导和支持下,特别是重庆市水利局的业务指导下,成功在2个堰塞湖上开出了泄流槽,降低了堰塞湖的库容,使上游多处淹没房屋和农田露出水面,并使泄流槽达到了20 a一遇排洪标准,有效地保护了下游人民群众生命财产的安全,履行了党和国家赋予水电部队的职能和使命。比原计划提前4天完成任务,创造了良好的社会效益

益,受到了各级政府和人民群众的赞誉。

#### 5 结 语

重庆太平桥堰塞湖排险的经验告诉我们,详细的灾情侦测,取得堰塞湖的成因及物质组成等第一手资料,是研究和制定应急处置方法、定下排险决心的关键。太平桥堰塞湖物质组成特殊,采用“顺岸成槽、掏挖冲洗、抛石挤淤、降库减灾”的方法成功排险,其中掏挖冲洗是关键工序,值得我们进一步研究。

#### 作者简介:

王 位(1973-),男,四川平昌人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术和应急救援工作;  
周志东(1969-),男,湖南新化人,高级工程师,博士,从事水利水电工程施工技术和应急救援工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第58页)

行了开挖支护施工,主要采用优化爆破设计和支护参数、增加预应力锚索的方式进行处理,避免了对设计方案进行较大的调整,极大地节省了工程成本,确保了节点工期;处理效果满足设计要求,后期运行安全稳定,不失为大型水工隧洞开挖支护施工不良地质段处理的一次成功实例。

#### 作者简介:

易 丹(1983-),男,四川宜宾人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
高 静(1984-),女,河南新乡人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)