

白鹤滩水电站1#泄洪洞龙落尾开挖施工技术

万 臣, 于志强, 邓昌奇

(中国人民武装警察部队 水电第八支队, 重庆 401305)

摘 要: 以白鹤滩水电站1#泄洪洞练兵工程为例, 通过采用新增支洞设计、扩挖已有支洞、合理分区分层开挖的施工方法, 解决了1#泄洪洞龙落尾缓倾角长斜井开挖难题, 在工程实践中取得了良好的应用效果。

关键词: 白鹤滩水电站; 泄洪洞龙落尾; 开挖技术

中图分类号: TV7; TV52; TV554

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2016)04-0050-03

1 工程概况

白鹤滩水电站位于金沙江下游四川省宁南县和云南省巧家县境内, 其1#泄洪洞由上平段和龙落尾段组成。泄洪洞进口工作闸门下游接明流上平段, 洞身断面为城门洞型, 上平段下游接龙落尾段, 龙落尾段由渥奇曲线段、斜坡段和反弧段组成。斜坡段为渥奇曲线与反弧之间的连接过渡段, 1#泄洪洞斜坡坡度为1:4, 而反弧段则位于斜坡段下游, 反弧半径为300 m。1#泄洪洞反弧段后面直接接挑流鼻坎。

1#泄洪洞龙落尾段布置3道掺气设施, 分别位于渥奇曲线末端、斜坡段中部和反弧起点上游40 m, 3道掺气设施均为底掺气+侧掺气组合。每道掺气设置独立的通风洞, 由洞外向洞内补气。除掺气坎独立补气系统外, 在“龙落尾”段起点附近通过竖井(衬后直径6 m)与通风主洞连接直接向洞内补气。由于龙落尾独特的体型特点, 其开挖主要是缓倾角长斜井的开挖, 且其处于整个工程的关键线路, 因此, 该段开挖是整个泄洪洞开挖的重难点工程。

2 地质条件

龙落尾段上覆岩体厚度约52~110 m, 主要穿过 $P_2\beta_2^1$ 、 $P_2\beta_1^4$ 、 $P_2\beta_1^3$ 、 $P_2\beta_1^2$ 、 $P_2\beta_1^1$ 层斜斑玄武岩、含灰岩角砾(集块)玄武岩、玄武质碎屑砂岩、微晶玄武岩等微风化~新鲜岩体, 桩号K2+232~K2+358段洞室轴线以上为弱风化岩体。以坚硬岩为主, $P_2\beta_1^4$ 层玄武质碎屑砂岩强度稍差。

龙落尾段断层较发育, 主要发育有 F_{28} 、 f_{545} 、 f_{549} 、 f_{550} 、 f_{567} 等, 平均发育密度约0.5条/10 m。断

收稿日期: 2016-07-12

层及影响带范围内岩体破碎, 易掉块。隧洞围岩以次块状和块状结构为主, 部分为镶嵌结构, 围岩类别以 III_1 类为主, II 类次之, 少量为 III_2 类, 断层及其影响带范围内围岩类别为 IV 类。

3 施工特点

(1) 龙落尾坡度为1:4, 约 14° , 难以一次开挖成型, 需布置斜井进行开挖。

(2) 龙落尾段地质条件差, 开挖成型质量要求高。

(3) 渥奇曲线段开挖断面渐变, 开挖施工质量保证难度大。

(4) 施工道路布置困难、坡度大, 开挖扒渣、出渣、清渣难度较大。

4 开挖施工方案

4.1 新增支洞设计

根据龙落尾体型特征, 在现有2#施工支洞的基础上增加了4#施工支洞。4#施工支洞主要用于龙落尾下半段的开挖及混凝土浇筑, 可以避开泄洪洞出口的施工干扰, 有利于节约施工成本、加快施工进度。4#施工支洞设计为城门洞型(图1), 断面形式为7 m×9 m(宽×高), 分两期开挖, 第一期开挖至龙落尾上层, 第二期抽槽降坡开挖至龙落尾出口底板高程处。

4.2 扩挖已有的支洞

龙落尾2#施工支洞为已开挖成型的支洞, 主要用于龙落尾斜坡段的开挖及混凝土浇筑任务, 2#施工支洞可以为龙落尾提供2#施工支洞上、下游两个工作面, 使龙落尾施工可以多个作业面同时展开作业。然而, 根据现场实际情况, 考虑到已有的2#施工支洞(城门洞型)空间高度不够, 无法

满足龙落尾上层的开挖要求,因此,对已有的 2# 施工支洞进行扩挖,从而为龙落尾斜坡段上层部位的施工提供作业面和施工通道。

4.3 分区、分层开挖

1#泄洪洞龙落尾采取分区、分层开挖的方式。考虑到龙落尾的体型特征以及现场施工便利、施工安全等,将龙落尾分为 I ~ VIII 层进行开挖。在

开挖过程中需预留施工道路分区、分层进行开挖、支护,主要分三个大区进行,各区再划分小区,依次为:第一区为龙落尾上缓坡段(第 I 至 II 层);第二区为龙落尾斜坡段(第 III - 1 ~ VI 层);第三区为龙落尾下缓坡段(第 VI - 1 至 VIII 层)。各区的分层情况见图 1。

4.4 开挖方案

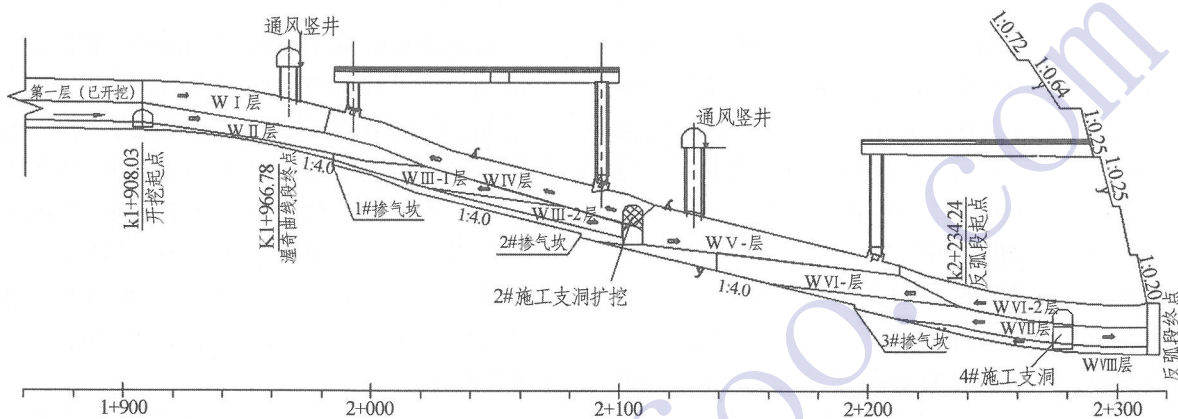


图 1 1#泄洪洞龙落尾开挖分层图

4.4.1 龙落尾开挖

根据龙落尾的体型特点,将开挖分成三区 VIII 层进行开挖。

(1) 龙落尾上缓坡段。

如图 1 所示,龙落尾上缓坡段分为两层开挖施工。第 I 层可以利用已开挖的上平段下游第一层施工作业面进行开挖掘进,采用中导洞先行、后边墙扩挖的方式进行爆破。其中中导洞的尺寸为 9 m × 9 m,采用周边光爆,楔形掏槽形式,非电毫秒雷管联网、微差控制爆破,造孔设备采用 YT28 手风钻。待泄洪洞上平段中层开挖结束后,顺接进行龙落尾第 II 层的开挖施工。第 II 层采用中间抽槽梯段爆破,两边边墙预裂爆破的开挖方式,造孔采用 YQ 100B 潜孔钻和阿特拉斯 CM351 液压钻,向前掘进至第 I 层开挖面后,仍按照 9% 的坡度向前掘进约 30 m。

(2) 龙落尾斜坡段。

由 2# 施工支洞进行开挖,按照朝上、下游分别进行开挖的方式形成出渣道路。首先,从已有的 2# 施工支洞按照 $i = 8%$ 的坡度向下游开挖龙落尾第 V 层,依然采用中导洞先行、边墙扩挖的施工方法,先对第 V 层上游开挖完成后进行第 V 层下游顶拱扩挖,最后进行第 V 层上游部分顶拱扩

挖施工。对于第 V 层上游部分的顶拱部位,由于原有的 2# 施工支洞高程不够,无法为其提供作业平台,因此,采取了对 2# 施工支洞扩挖的方式予以解决。2# 施工支洞扩挖采用全断面光爆开挖,边扩挖、边回填的方式,利用开挖弃渣回填 2# 施工支洞洞底改建路基,抬高 2# 支洞洞底高程并形成斜坡道路,从而为第 V 层上游顶拱开挖和第 IV 层开挖提供作业平台和施工通道。

第 V 层开挖结束后,即可利用扩挖后的 2# 施工支洞按照 $i = 14%$ 的坡度向上游进行第 IV 层的开挖作业。第 IV 层的开挖由下游向上游推进,开挖方法与龙落尾第 I 层的开挖方法相同,直至与第 I 层贯通为止。第 IV 层开挖结束后,即可按 $i = 8%$ 的坡度、以中间抽槽梯段爆破、两边边墙预裂爆破的方式由下至上进行第 III - 1 层的开挖作业。第 III - 1 层开挖结束后,采取对 2# 施工支洞回填路基进行降坡开挖,利用新成型的 2# 支洞施工通道、参照第 III - 1 层的开挖方式由下至上最终完成龙落尾第 III - 2 层的开挖。

(3) 龙落尾下缓坡段。

龙落尾下缓坡段的开挖主要以 4# 施工支洞为施工通道。新增加的 4# 施工支洞主要分两期进行开挖,第一期开挖至龙落尾的上层部位,主要

为龙落尾第VI-2层开挖提供便利和通道;第二期抽槽降坡开挖至龙落尾底板高程处,为龙落尾第VII、VIII层的开挖提供作业平台和通道。

第VI-2层的开挖方式仍然沿用光面爆破,分中导洞及边墙扩挖,与第I层的开挖方法相同。第VI-1、VII层的开挖方式则与第II层的开挖方法相同,而对于第VIII层的开挖方法则采用水平光面爆破的方法,造孔设备采用YT28手风钻,底板厚度为2~4m。具体的开挖顺序为:4#施工支洞第一期开挖支护→WVI-2层中导洞开挖支护→WVI-2层两侧边墙开挖支护→WVI-1区中层开挖支护→4#施工支洞第二期降坡开挖支护→WVII区中层开挖支护→WVIII层底板开挖支护。

4.4.2 通风竖井的开挖

通风竖井的开挖采用先导井、后扩挖的施工方法进行开挖,先采用LM-300反井钻机钻 $\phi 250$ 的导孔,钻至井底与泄洪洞上层贯通,拆掉导孔钻头、换上扩挖钻头由下向上进行扩孔,扩孔后导井直径为1.4m,然后自上而下分层进行开挖。竖井扩挖采用YT-28手风钻钻孔,人工装乳化炸药进行钻爆开挖,扩挖施工循环进尺为2m。

扩挖施工每循环完成后立即进行系统支护,然后进入下一循环开挖。为便于物资运输,拟定在每个竖井上口设置型钢井架,配置一套JM10型慢速卷扬机系统,扩挖施工时卷扬机用于运送物资及移动吊篮。

4.4.3 掺气坎开挖

龙落尾段共设有三处掺气坎,掺气坎部分结构扩挖渐变结构较复杂,在较短的距离(4m、6m)范围内自小断面向大断面、然后又由大断面向小断面变化,且变换偏角较大,扩挖深度不一,致

(上接第23页)

4 结语

由于地质条件的复杂性及洞室施工的特殊性,大断面洞室爆破开挖施工对爆破技术的要求很高,必须通过一系列的科学试验对爆破参数进行研究分析,在综合运用各种开挖爆破施工技术的同时,加强科学管理,使整个开挖爆破施工工艺向规范化、程序化、标准化发展,才能有效提高爆破开挖质量。

参考文献:

使在开挖施工中无法一次成型。实际施工中,将掺气坎扩挖段暂时留出,待向前开挖5~6m距离、利于钻机摆放再回头进行掺气坎周边轮廓的开挖。对掺气坎扩挖槽的死角部位和无法进行周边光爆孔造孔的部分,采用直孔配合斜孔掏槽的方式进行开挖。造孔作业中,控制孔深、减少超挖;对于局部欠挖处,后期采用液压破碎锤凿除。

5 结语

白鹤滩水电站1#泄洪洞龙落尾开挖是整个泄洪洞的重点和难点。经过项目部科学组织、精心筹划,采用新增施工设计、扩挖已有支洞、分区分层开挖的施工方法,使白鹤滩水电站1#泄洪洞龙落尾段的开挖工程达到了预期效果,不仅提高了项目部工程练兵的技术和水平,而且也进一步丰富了施工经验,可为下一步开展类似工程练兵提供参考和借鉴,从而提高遂行任务的能力。

参考文献:

- [1] 黄亚梅,张军. 水利工程施工技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2014.
- [2] 张守金,康白赢. 水利水电工程施工组织设计[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [3] 吴登明,张元继,刘金娟. 溪洛渡水电站左岸泄洪洞龙落尾开挖支护施工技术研究[J]. 四川水力发电,2010,29(6):44-45.
- [4] 吴世明,刘金娟. 溪洛渡水电站左岸泄洪洞龙落尾开挖施工技术[J]. 四川水力发电,2010,29(S2):42-44.

作者简介:

- 万 臣(1987-),男,湖北宜都人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作;
于志强(1980-),男,河南新野人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作;
邓昌奇(1986-),男,四川乐山人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作. (责任编辑:李燕辉)

- [1] 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范,DL/T5099-1999[S].
- [2] 刘殿中. 工程爆破实用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.

作者简介:

- 邓昌奇(1986-),男,四川乐山人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作;
于志强(1980-),男,河南新野人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作;
万 臣(1987-),男,湖北宜都人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作. (责任编辑:李燕辉)