

水利水电工程地质与水文地质探究

高伟¹ 李豫馨²

(1. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010;

2. 湖北省城市地质工程院, 湖北 武汉 430050)

摘要: 工程地质和水文地质是水利水电工程开发重要的数据基础。本文结合实际水利水电工程, 通过分析勘察工程地质和水文地质资料, 给出了水利水电工程不良地质的处理方法。该处理方案和结论可以为相关水利水电工程地质处理提供参考。

关键词: 水利水电 工程地质 不良地质 水工隧洞

DOI: 10.12319/j.issn.2096-1200.2022.35.160

在修建水利水电工程之前, 有必要研究该地区的工程地质条件, 以确定当地的工程地质情况是否合适, 这对改进水利水电工程的设计具有重要作用。由于水利工程通常建在地质复杂地区, 施工难度大, 因此需要进行地质调查^[1-2]。现场勘察测量人员应选择合适的测量方法和技术, 对工程地质环境进行全面、系统的评估, 以提高水利水电工程施工的效率和工程结构质量^[3]。

一、工程简介

某水电站工程为引水式水电站, 属山地地形, 山体的基部由片麻岩所组成, 山体为石英岩、页岩和石灰岩所组成。山体断层构造明显。断层崖高500~600m, 近于直立, 节理切割断崖形成很多方山、石墙、塔柱、排峰、洞穴、崖廊等奇险造型地貌。

输水隧洞总长度为70.6km, 设计加大流量23m³/s。第二干渠自分水岭起, 全长47.6km。渠底纵坡: 分水岭至电站为1/1500。其渠首段渠底宽3.5m, 渠墙高2.5m, 分水岭电站至龙山沟渠底宽3.5m, 深2.2m, 以上设计加大流量7.7m³/s。隧洞底宽2.8m, 深2.1m, 设计加大流量5.5m³/s。

由于本次进行的水电站增效扩容改造不涉及新建挡水、引水系统和电站厂房改扩建等工程, 还需要进行水工隧洞施工, 以变增加引水流量, 增加水电站发电效益。在进行隧洞开发之前需要进行详细的工程地质和水文地质勘察。本文结合该工程实例进行分析, 并给出隧洞不良地质处理方案。

二、工程地质条件

(一) 地形地貌

根据勘察报告, 拟建水工隧洞位于丘陵斜坡地段, 属黄柏河Ⅱ级阶地, 地势总体上南高北低, 地面最高点位于场地南东侧标高73.85m, 最低点位于场地北西侧标高67.73m, 相对最大高差6.12m; 场地周边孔口绝对标高在

+67.78~+70.91之间, 高差约3.13m。

(二) 土层特点

场地岩土层自上而下划分为5个工程地质层, 分别为第1层: 杂填土(Q^{ml})、第2层: 粉质黏土、第3层: 粉砂、第4层卵石、第5层: 基岩; 其中第5层又分为第5-1层: 强风化砂岩、第5-2层: 中风化砂岩。

(三) 水文地质条件

1. 地表水

根据勘察报告, 场区地表水主要为隧洞北侧的河道支流, 该支流河岸围场用地红线。支流为常年有水河流, 勘察期间处于丰水期, 支流实测水深约0.10~0.80m, 水位标高在64.50~65.80m, 水流较小, 泥沙含量一般, 河床主要为砾砂及卵石。支流属黄柏河支流, 水位受黄柏河水位、大气降水及上游来水影响较大, 丰水期、枯水期间落差较大, 根据走访调查, 近年来, 洪水期最高水位约66.50m, 丰水期和枯水期水位变化幅度最大约2m左右。

2. 地下水特征

场区各岩土层中, 水位埋深1.40m、水量不丰, 补给来源主要为地下管线渗漏, 主要向相邻含水层及支流排泄, 水位随季节变化, 雨季水位高, 旱季水位较低。

基岩裂隙水赋存于砂岩裂隙中, 主要接受大气降水、松散堆积层孔隙水及支流河水的融入补给, 赋存条件一般, 地下水储量一般, 埋藏较深, 沿裂隙及细砂岩夹层运移、排泄。拟建场区紧邻支流, 地下水与地表水水力联系紧密, 临河段钻孔地下水位与支流水位大致相符, 地下水变化幅度可参考支流水位变化幅度。

三、水利水电工程地质处理方式

(一) 施工原则

不良地质段施工要遵循“管超前、严注浆、短进尺、强支护、勤量测”的施工原则, 防止坍塌、冒顶等突发情况出

现,降低安全风险。要按照设计要求和施工方案科学开展施工,不可盲目施工,更不可大进尺冒进。

(二) 超前小导管

1.小导管采用 $\Phi 42$ 无缝钢管,长3.5m,环向间距0.3m(特殊地段可研究调整),纵向间距2.0m,水平搭接长度为1~1.5m,角度 15° ,都布置在拱弧上,见图1。

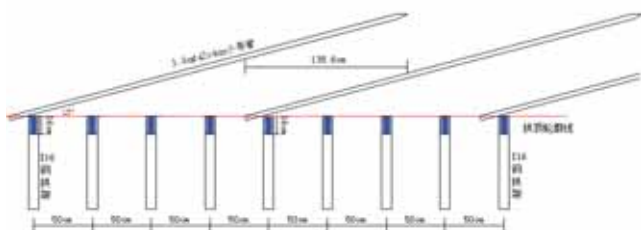


图1 小导管布置纵断面图

2.采用手风钻钻孔,孔径50mm,钻孔顺序由高孔位向低孔位进行,钻孔成孔后直接用钻机顶入有孔钢管,用麻丝和锚固剂封堵钢管与孔口岩壁之间的空隙,封堵应密实。

3.在不良地质段,小导管的注浆质量尤为重要,需安排专人值守检查;为保证注浆效果,在导管末端安装止浆阀。

4.同环小导管全部安装完成后,对小导管进行逐一注浆。注浆采用灌浆机,水泥浆液用稠浆(水灰比0.45:1~0.38:1),注浆时由低孔位向高孔位进行,注浆压力不小于0.5Mpa;注浆过程要随时观察压力及吃浆量的变化,防止堵管、跑浆、漏浆;钢管注满水泥浆或不吸浆后,停止注浆,管口进行闭浆待凝。

(三) 石方洞挖

不良地质段优先采用小进尺机械开挖;若需爆破,应采用底部小药量分段延时爆破技术。

1.施工前,测量人员准确测量洞挖轮廓线;为保证作业人员安全,遇破碎带时,应将掌子面及裸漏岩层进行素喷(C20砼5cm厚)。

2.不良地质段每循环进尺控制在50~60cm,采用150小型挖掘机直接开挖,局部坚硬岩层采用90型液压破碎锤破碎解小;作业顺序为中间向周边慢慢开挖,最后对洞挖轮廓线进行修整。

3.部分不良地质段风化线在拱顶附近,上部为全风化或强风化岩层,掌子面为弱风化岩层,此情形在洞挖过程中极难控制^[4-5],一是机械开挖、液压破碎效率极低,不能形成临空面,无法进尺;二是受挤压地层压力影响,当埋深不足两倍洞径时容易坍塌、冒顶。此时,可采用底部小药量分段延时爆破(见图2、3),临空面出现后再向上破碎

开挖。

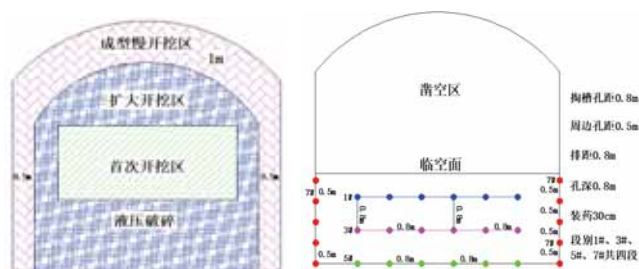


图2 机械开挖示意图

图3 爆破设计断面图

爆破开挖采用2#岩石乳化炸药,数码雷管分段延期系统起爆。石方洞挖钻爆法施工流程:测量、布孔→钻孔→装药→爆破→除尘→清运渣、清底→下一循环。选用YT-28型气腿式风钻机钻孔,钻孔直径 $\Phi = 40\text{mm}$,炸药药卷直径 $\Phi 1 = 32\text{mm}$ 。

4.开挖过程中要密切关注岩体变化、渗水量变化,现场负责人要有预判和应对特殊情况的能力,当遇到坍塌、冒顶、透水涌水情况时,要保证作业人迅速撤离至洞外安全区域。

5.周边开挖时要胆大心细,减少超挖;开挖成型出渣后及时支护。

(四) 喷锚支护

正常地质段施工程序为:素喷→锚杆及排水管制作、钻孔、锚固安装→挂钢筋网片→安装钢拱架→C20砼喷护。不良地质段由于岩层破碎、渗水量较大,岩体自稳时间短,为保证作业人员及拱顶安全,需及时立架支护,此时可适当调整其施工顺序:素喷→挂钢筋网片→安装钢拱架→锚杆及排水管制作、钻孔、锚固安装→C20砼喷护。

1.素喷(C20砼5cm厚):有利于岩体自稳作用,能有效提高其他工序的作业安全,喷护范围包括开挖裸漏岩层以及破碎的掌子面。

2.钢筋网片:采用 $\Phi 8$ 盘圆钢筋制作而成,钢筋间距15cm。因不良地质段钢拱架间距0.5m,每块钢筋网片制作长度为1.5m、宽度为0.9m,采用叠搭法,搭接长度20cm;为保证材料供应,现场提前加工不低于30块钢筋网片。

3.钢拱架:16#工字钢制作而成,分顶拱、两侧立杆和底撑三部分,每榀拱架重450kg(1#隧洞)、430kg(2#隧洞)、410kg(3#隧洞),间距0.5m,特殊地段可满拼;钢拱架间 $\Phi 22$ 钢筋连接,底部锁脚锚杆按照设计要求固定;安装时专人指挥,保证安全。

4.锚杆:选用 $\Phi 22$ 钢筋,长3m,孔、排距1m,呈梅花形布置。当岩层厚度小于5m且洞顶有明水流入时,为防止

钻孔破坏、穿透岩层,可调整锚杆长度为2m(具体情形应和相关单位技术人员共同研究决定);采用手风钻钻孔,孔径50mm,孔深3m,钻孔时由上向下逐排进行,钻孔孔向垂直于洞壁,成孔后利用空压机将孔内的碎渣吹干净,并对孔口进行保护。

5.排水管:采用 $\Phi 75$ PVC管,长度4.5m,其中深入岩体4m(岩层厚度较小时可与相关单位技术人员研究调整其长度);顶拱位置3根/2根梅花形布置,排距3m;采用90型手风钻钻孔,成孔后安装排水管,管末端包封土工布,前端与岩石间用水泥砂浆或锚固剂锚封堵。

6.砼喷护:C20砼喷护厚度20cm,采用干喷法;分层分区喷射,一般是自下而上喷锚,有坑洼时先填坑洼,一次性喷锚厚度为10cm左右,待初凝后再喷射第二层,防止掉块。每次喷射时应设多个喷射区,轮流喷射;喷护时严禁出现空洞,严禁在超挖位置填充编织袋、纸板、模板等杂物,严禁出现超出喷射砼侵占二衬结构面现象,喷射砼表面应平整,严禁出现坑洼、鼓包等影响外观质量现象;喷射时控制角度,喷头大致垂直作业面,喷枪头与作业面的距离为1.0~1.5m,距离过远会导致喷层密度不够,距离过近,回弹料较多。钢拱架后喷锚时,应调整枪头方向进行喷射,避免钢拱架后漏喷形成空洞;进行下个进尺前必须将前一个进尺的喷护面喷护平整,严禁在喷射砼终凝后进行二次补喷(容易造成结合面不牢,难以形成有效整体),每个进尺喷锚结束时,调整枪头由里向外对最后一根钢拱架后进行封头填补,避免后续喷射遗忘造成空洞。

四、水利水电工程不良地质预防措施

(一)超前排水

有地表水或地下水丰富的断层带,往往是大量渗水、淋水甚至泉涌的部位,不仅容易造成塌方,而且影响锚喷进度和质量,及时排水可有效预防塌方。

1.洞顶范围内有水塘及积水的,应提前协调地方政府将其排空。

2.有河道穿过洞顶的,施工至该区域前应该将其改道或采取截导措施,防止水流过顶。

3.水工隧洞开挖时突然出现渗水、淋水,要了解分析岩石节理裂隙破碎带的走向、倾向和倾角,根据地质预测,在将要穿越的透水层布置一定数量的排水孔($\Phi 75$ PVC管),将渗水、淋水集中到排水孔内导出。

4.如遇到较大涌水,一般可在涌水处筑井,根据涌水量配备排水设备排出,也可采用灌浆封堵,灌浆材料除水泥、水玻璃外,还可采用聚氨酯类化学材料。

(二)溶洞处理

综合分析场区地质情况,本工程出现较大溶洞的可能性极小,在两个岩层交汇处可能出现小型溶洞,洞中夹杂泥岩,同时伴随丰富的地下水涌现^[6]。

1.认真分析溶洞围岩结构,确定其稳定后再组织施工。

2.机械清理塌落的泥质岩体及杂物,清理时机械驾驶室保持在已支护结构面内。

3.架设钢拱架,间距0.3m,并用 $\Phi 22$ 钢筋连接。然后采用高压水枪冲洗岩面,再向岩体植入锚杆、安装排水管;在钢拱架外侧焊接10mm厚钢板用作内模,并浇筑C20混凝土(泵送);最后喷护C20混凝土至设计轮廓线。

4.为保证溶洞内回填密实,提前预埋 $\Phi 50$ 钢管,用于后期回填灌浆。

5.一般溶洞出现的地方地下水较丰富,除准备充足数量的污水泵及时排水外,还应对应汇水泉眼进行处理:在泉眼位置开挖底宽0.5m、上宽0.8m、深0.5m基坑,将底部包封土工布、上部安装阀门的钢管插入坑槽将水引出,然后浇筑C20混凝土,待其强度达到70%后关闭阀门,最后对其灌浆封堵。

6.施工过程安排专人负责作业安全,配备200kw发电机,保证洞内供风、供电正常,保证洞内积水及时抽排。

五、结语

本文结合实际工程,在分析水利水电工程结构工程地质和水文地质数据的基础上,针对具体水工结构给出了地质问题处理方案。对于水利水电工程中涉及的不良地质,主要有两种基本思路:及时排水,控制岩土水含量和加固土层,增强承载力两种方法。

参考文献

[1]王立玲.水利工程勘察中水文地质问题的研究[J].四川水泥,2022(03):64-65,68.

[2]潘秋林.关于水利工程中的工程地质和水文地质勘查工作[J].低碳世界,2022,12(01):70-72.

[3]刘谦,姜苗苗.水利工程中的水文地质分析[J].工程建设与设计,2021(22):74-76.

[4]王鲁昌.水利工程中的岩土地质勘察存在的问题探索[J].珠江水运,2021(19):86-87.

[5]于景宗,史海燕,杨瑞刚.大藤峡水利枢纽岩溶工程地质问题研究与实践[J].黑龙江水利科技,2021,49(09):83-85.

[6]杨柱源.水利工程坝址选择工程地质勘察分析[J].智能城市,2021,7(13):96-97.