

区域性活断层范围内快速进洞施工研究

王泰峰 田旭阳

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要:乌海抽水蓄能电站排洪洞洞口边坡位于区域性活断层范围内,岩体呈碎裂结构,边坡稳定性较差,为确保施工安全、提高工作效率,采用 $\phi 108$ 花钢管管棚+ $\phi 42$ 的超前小导管注浆+自进式锚杆组合施工工艺,通过注浆加固岩体,提高边坡稳定性,并采用外接拱架的形式将洞口延长,保证洞口轮廓成型,通过不断的实践创新,最终总结出一套适用于区域性活断层范围内快速进洞的施工方法,在施工过程中效果明显,技术可靠,实现了安全、快速进洞,保证了工程质量,具有明显的经济效益和社会效益。

关键词:活断层;进洞施工;排洪洞;快速进洞

引言

近年来随着我国新兴能源的兴起,抽水蓄能电站大规模开发建设,在工程建设中,隧洞进洞是后续洞身施工的开端,快速进洞施工显得尤其重要。由于我国地域分布范围较广,大部分隧洞的开挖洞脸部位均处于复杂的地质条件下施工,不仅施工难度系数较大,而且也存在着非常严重的安全隐患,无论是对隧洞施工质量还是施工建设人员的人身安全都有着非常消极的影响。因此,如何通过采用合理的施工工艺,能够确保工程安全和质量,加快施工进度,提高工程项目经济效益和社会效益,是隧洞快速进洞施工的重点。随着高新技术应用于实际工程施工中,隧道建设得到了前所未有的迅速发展^[1],隧洞施工逐渐演变成超前长大管棚预支护和超前小导管辅助支护相结合的类型^[2]。在实际施工时,还会采用双侧壁导坑法、三台阶七步流水法等技术达到快速进洞的目的^[3]。

1 工程概况

乌海抽水蓄能电站位于内蒙古自治区乌海市海勃湾区境内,距乌海市区直线距离8km。电站规划装机容量为1200MW,工程等别为一等,工程规模为大(1)型。该电站的排洪洞全洞采用无压流过流型式。洞口不设闸门。进口底板高程1200.29m、出口底板高程1140.00m,洞底坡为4.914%。全洞断面采用城门洞型式,排洪洞出口下游设明渠段。出口明渠段发育F1桌子山西缘断裂,该断裂为全新世活断层,以F1为界外侧为盆地深厚覆盖层。排洪洞沿线主要发育缓倾角层间裂隙和NW、NNE、NEE向三组陡倾角裂隙。排洪洞出口边坡位于位于甘德尔山西侧山麓地带,地面高程1162~1174m,坡度为20~25°。洞脸边坡走向NE51°,最大边坡高度约30m。出口边坡段表层覆盖层单薄,多基岩出露,出露地层主要为寒武系上统崮山组($\in 3g$)中厚层灰岩、白云岩夹极

薄层泥质条带灰岩。排洪洞出口边坡位于区域性活断层范围内。

排洪洞出口边坡开挖岩体呈碎裂结构,边坡稳定性较差,存在边坡滑塌、岩体剥落的隐患;锚杆、锚筋桩等施工钻孔难以成孔;洞身开挖后,超欠挖严重及洞身断面成型差;区域性活断层情况下的隧洞进洞施工具有爆破效果差,易产生塌方等危及安全及质量等问题。

2 施工关键技术

边坡及洞口开挖与支护是隧洞进洞施工的前提,其施工进度直接制约着隧洞洞身掘进,施工质量直接关系到隧洞掘进的安全和洞口成型。当洞口地质条件差的情况下,需采取合理的施工工艺和可靠的支护措施后,才能成功进洞。本工法的施工关键技术如下:

1) 区域性活断层范围内,洞脸边坡岩石较为破碎,开挖时将边坡坡度放缓,边坡采用自进式锚杆挂网喷锚支护施工,解决了锚杆难以成孔的困难。进洞前在洞口顶拱范围进行管棚施工,洞身开挖前进行超前注浆小导管施工,进一步加固岩体,一个循环开挖完成后,及时进行系统支护。

2) 为保证洞口轮廓成型,采用外接钢拱架的形式作为开挖导向,将洞口延长,引导洞口轮廓开挖。

3) 采用环形开挖预留核心土法对进洞10m范围内进行液压锤破碎开挖,支护采用钢拱架+挂网喷锚方式紧跟掌子面进行,开挖过程中上部留有核心土支撑开挖面,能迅速及时的建造拱部初次支护,核心土和下部开挖都是在拱部初次支护保护下进行的,施工安全性好,采用液压锤破碎开挖可避免爆破振动扰动岩体,进一步降低安全风险。

3 施工情况

3.1 施工工艺流程

边坡开挖支护施工工艺流程见图2:

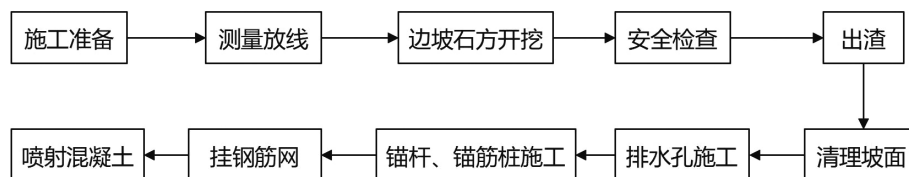


图2 边坡开挖支护施工工艺流程图

洞口开挖支护施工工艺流程见图3:

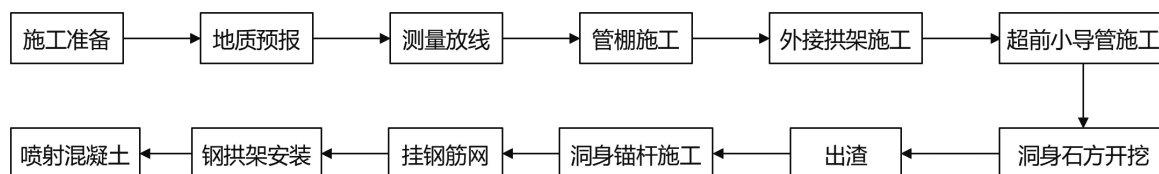


图3 洞口开挖支护施工工艺流程图

3.2 施工技术

区域活断层范围内快速进洞综合技术: 放缓坡+外接拱+超前小导管+超前管棚+钢支撑+系统支护; 排洪洞出口无明洞, 采取外接拱的方式。

根据设计边坡和马道(或平台)的设置情况, 结合钻孔机械设备的性能, 边坡开挖采用“自上而下、分层分梯段”法进行爆破开挖。明挖钻孔主要采用CM351型钻机进行钻孔, 对局部边坡开挖、槽挖及预裂孔采用YT-28手风钻钻孔。根据爆破设计进行装药、联网起爆。

边坡采用自进式锚杆, 通过自进式锚杆的钻、注、锚一体化快速安装锚杆, 锚杆与钻机通过专用接头连接, 机械注浆, 对洞脸边坡进行锚固。

对洞口进洞约10m范围内进行液压锤破碎开挖, 开挖采用环形开挖预留核心土法, 先开挖上部环形导坑及边墙导坑, 并及时采取支护措施, 洞口支护采用 $\phi 108$ 花钢管管棚施工技术+ $\phi 42$ 的超前小导管注浆施工, 超前小导管参数为无缝钢管; 注浆型式: 后注浆; 水泥砂浆水灰比1:1; 杆体直径 $\Phi 42$, 长度3.2m; 止浆段长度0.5m; 外插角以 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 为宜, 小导管之间的搭接长度不小于1m, 注浆压力0.5~1MPa。通过 $\phi 108$ 和 $\phi 42$ 的钢管在洞室横断面顶部形成连续体, 加固洞口开挖前方地层, 同时利用其支撑力保持前方土体的稳定, 减少地表沉降。粉砂岩和泥质岩在注浆后的强度增加2~4倍, 岩石强度的增大可使支护荷载减少2/3~4/5。通过管棚和超前小导管对土体岩体进行注浆可以有效提高围岩的自稳能力及普通锚杆的锚固悬吊作用。支护完成后开挖核心土部位及下半部分, 由挖掘机将石渣装至自卸汽车运至渣场, 支护措施紧跟掌子面进行, 每循环进尺0.6m。

由于洞脸边坡的岩体破碎, 且洞口边坡为垂直边坡, 直接进行进洞开挖施工, 容易出现坍塌、掉块等开

挖缺陷, 经监测数据表明, 岩体位移数据较大, 可能出现边坡失稳情况, 还会导致洞室轮廓线不能成型, 后续进行洞室轮廓线修整, 将耗费大量的施工工期, 且由于开挖后的岩层位移变形, 增加施工的不安全性。将洞脸边坡坡度由原先的垂直形态放缓至1:0.12, 增加边坡的自稳能力。同时在排洪洞出口采用外接拱的形式对洞脸轮廓线进行导向作用, 具体施工情况为沿洞室轮廓线布设3m长的拱架连接筋, 连接筋插入岩体2m, 外漏1米, 连接外部钢拱架, 钢拱架间距50cm, 在钢拱架外部布设钢筋网片, 对钢支撑进行喷砼, 形成外接拱, 对整个洞口开挖前方岩石进行支撑, 保证一次性洞脸开挖成型, 实现快速, 安全的进洞施工。

由于岩石大部分呈破碎状, 且夹杂泥岩, YT-28手风钻由于钻孔孔径小, 钻进速度慢, 且不能及时清孔, 易产生塌孔现象, 且在断层地带容易卡钻的施工缺点不足以支撑排洪洞出口洞脸边坡的钻孔施工。100B型钻机由于移动不方便的施工缺点, 容易导致施工进度缓慢, 增加施工的不安全性。综合考虑, 最终决定采用300型履带式潜孔钻机的高冲击力进行冲击成孔技术, 可以迅速成孔。且300型履带式潜孔钻可以自行移动, 增加了施工效率, 保证现场施工的质量及安全。

喷射混凝土采用SRSP30E湿喷机施工。受喷面作业顺序采用自下而上分段分区方式进行, 区段间的接合部和结构的接缝处应妥善处理, 后一层在前一层混凝土终凝后进行, 喷射作业时, 不得漏喷, 连续供料, 工作风压稳定。喷头应与受喷面垂直, 喷射距离控制在0.6m~1.2m。完成或因故中断作业时, 应将喷射机及料管内的积料清理干净。喷射混凝土终凝2h后进行喷水养护, 养护时间不少于7d, 重要工程不得少于14天, 气温低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 时, 不得喷水养护。

4 监控量测

排洪洞出口边坡共安装1套多点位移计(4点式)与1支锚杆应力计。多点位移计采用量程200mm的监测仪器,位移计的初始值为水泥砂浆终凝后或水化热稳定后的稳定测值;锚杆应力计采用拉400MPa、压100MPa量程的监测仪器,应力计的初始值为回填灌浆固结后的稳定读数。

排洪洞出口边坡多点位移计(4点式)监测最大位移变化量为0.496mm,位移变化量较小。Mxd-3-1仪器布置在最外侧,在监测天数为0-46天时,测值为负值,为压缩变形,在第38天时压缩变形量最大,为0.292mm;Mxd-3-4仪器布置在最内侧,在监测天数为0-64天时,测值为负值,为压缩变形,但变形量较小,在第38天时压缩变形量最大,为0.014mm。其余时间、测点处的值均为正值,为拉伸变形。在监测304天后,可以发现出口边坡上布置的四个测点处的位移量已经保持稳定,基本没有发生变化。

排洪洞出口边坡锚杆应力计测得的最大应力值为14.265Mpa,出现在测量数据的第187天,在这天往后的测值整体呈现出逐渐下降的趋势,直至355-373天,在洞口边坡处测得的锚杆应力值基本保持在12.591Mpa,原因可能为这几天的温度没有明显的变化,从而导致测得的锚杆应力值变幅不大。从第54天至299天,可以很明显看到锚杆应力随着温度降低而增大,随着温度升高而减小。综上,根据多点位移计与锚杆应力计的监测数据得知位移和锚杆应力值变化较小,出口边坡稳定。

5 施工效益分析

通过采用组合式超前支护技术和外接拱架成型技

术,并根据现场实际情况,放缓边坡坡度,选择合适的钻孔机械设备,可实现区域性活断层范围内快速进洞,有效降低了施工安全风险,加快了施工进度并保证了工程质量。组合式的联合支护快速进洞施工工艺相较于常规系统支护施工工艺,可以一次性完成洞室围岩加固,控制洞口边坡位移,以及100%洞脸成型。实现一次性快速、安全进洞,不产生二次支护,有效节省施工工期,进而降低项目管理成本、人工成本以及机械成本。在本次施工过程中,有效缩短一个月的施工工期。

6 结论

该工法主要针对区域性活断层范围内岩石破碎,边坡稳定性较差的地质条件下隧洞快速进洞施工,通过采用组合式超前支护和外接拱架成型等施工工艺,并根据现场实际情况,放缓边坡坡度,选择合适的钻孔机械设备,实现区域性活断层范围内快速进洞,有效降低了施工安全风险,加快了施工进度并保证了工程质量,也对降低施工成本起到了促进作用,也为类似工程提供了经验。

参考文献

- [1]张胜,黎永索,范天成,等.隧道不良地质体的模型试验及检测信号频谱分析[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2017,26(04):1-5.
- [2]杨赞.在软弱围岩隧道工程中超前小导管支护快速进洞技术应用[J].运输经理世界,2021,(35):101-103.
- [3]吴旦,皮圣,荆永波,等.超前小导管支护快速进洞技术在软弱围岩隧道工程中的应用[J].中外公路,2021,41(01):186-189.