

复杂地质段塌方冒顶处理施工技术

马宏亮

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9272

[摘要] 九龙岭隧洞由于受岩溶、构造及地应力、地下水等多种因素影响,部分地段围岩稳定性较差,开挖后存在涌水、涌泥、掉块、坍塌甚至冒顶等多种不良地质现象,遭遇多种复杂不利地质情况,塌方冒顶的情况时有发生,尤其在断裂破碎带附近塌方冒顶更为严重,给隧洞施工和周边环境带来极大的威胁。需要结合相关规定编制合理处理预案,最大程度上规避塌方冒顶事故发生。结合隧洞施工要求,选择合理的塌方冒顶治理技术,提升施工效率和质量。本文详细介绍九龙岭隧洞工程开挖施工过程中出现塌方冒顶处理方法,对类似工程施工作业具有较好的借鉴作用。

[关键词] 复杂地质;塌方冒顶;处理施工技术

Construction technology for collapse and roof caving treatment in complex geological sections

Ma Hongliang

China Water Resources and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] Due to various factors such as karst, structure, geostress, and groundwater, the stability of the surrounding rock in some sections of Jiulongling Tunnel is poor. After excavation, there are various adverse geological phenomena such as water influx, mud influx, falling blocks, collapse, and even roof collapse. Various complex and unfavorable geological conditions are encountered, and collapse and roof collapse often occur, especially near the fracture zone, which poses a great threat to tunnel construction and the surrounding environment. It is necessary to develop a reasonable handling plan in accordance with relevant regulations to minimize the occurrence of collapse and roof collapse accidents. Based on the requirements of tunnel construction, select reasonable landslide and roof caving treatment techniques to improve construction efficiency and quality. This article provides a detailed introduction to the methods for dealing with landslides and roof falls during the excavation process of the Jiulongling Tunnel project, which can serve as a good reference for similar construction projects.

[Keywords] complex geology, collapse, roof caving, treatment, construction technology

1、工程概况

犬木塘水库工程为II等大(2)型水利水电工程,包括水库枢纽工程和灌区工程两大部分,是一个以灌溉及城乡供水为主,结合水生态环境改善,兼顾发电、航运等综合利用效益的综合性水利工程。九龙岭隧洞工程为犬木塘水库工程灌区的一部分,位于总干渠桩号 ZG18+354.2~ZG37+616,全长 19.26km。九龙岭隧洞为城门型隧洞,开挖尺寸为 6.4×6.3m~5.4×5.5m(宽×高),砼衬壁厚 0.20~0.55m,衬后净空底宽 5m,高 5.14~5.34m,中心角为 120°。施工支洞共 3 条,为 1#、2#、3#施工支洞。1#、2#施工支洞断面净尺寸为 5.0m×5.6m(宽×高,单车道),城门洞型,顶拱中心角 120°,城门洞型。3#施工支洞断面净尺寸为 5.5m×5.6m(宽×高,双车道),城门洞型,顶拱中心角 120°。

2、工程地质条件

地表基本被第四系松散层覆盖,岩性为含碎石粉质粘土,

厚约 5~7m,下部基岩为薄层页岩、粉砂岩、泥灰岩等,全~强风化,岩层产状: N60° E·NW∠20~30°,岩层倾向洞内,隧洞走向约 N83° E,交角约 46°。

3、总体施工方案

隧洞因不良地质原因导致塌方冒顶后,先采用洞渣对掌子面进行回填,利用喷射混凝土将掌子面封闭,并打设 9m 长超前注浆小导管,同时砌筑止浆墙。待洞内处理完成后,从地表外部进行塌方处理。

地表塌陷位置处采用石渣进行回填,回填前先对塌陷坑周边口进行扩挖及塌坑淤泥清理,回填的石渣粒径不宜过大,同时喷洒水泥浆将石渣固结成整体。回填顶部高程与坑口齐平,石渣回填完毕后,采用 100mm 厚混凝土对回填部位及周边一定范围进行封闭。封闭完成后,进行钻孔固结灌浆,灌浆孔采用钻机跟管钻进,开孔孔径 110mm。孔底高程为隧洞底板高程,灌浆采用袖阀管法。灌浆完成后进行钻孔取芯检

查, 质量合格后进行隧洞的开挖。

隧洞洞身开挖时, 先拆除止浆墙, 利用反铲进行开挖, 后续隧洞开挖进尺采用短循环, 弱爆破的方式进行开挖。开挖完成后及时进行相应的支护。

4、施工工艺流程

4.1 塌方处理

隧洞塌方后, 为了阻止塌方体继续扩张, 先采用回填石渣对塌方体进行压脚, 左侧顶拱部位采用编织砂土袋垒砌, 垒砌之前, 对已变形的4榀钢拱架增设4组共8根 $3\text{m}\Phi 22$ 砂浆锚杆进行加固, 再对掌子面塌方体及塌腔采用C20喷射混凝土进行回填封闭, 厚为200mm。对塌方段进行注浆小导管超前支护, 左边墙及顶拱采用超前注浆小导管, $L=9\text{m}\Phi 250\text{mm}$, $\Phi 42$ 钢花管, 角度 8° , 对右侧边墙及顶拱采用超前注浆小导管, $L=9\text{m}\Phi 400\text{mm}$, $\Phi 42$ 钢花管, 角度 8° 。注浆采用水泥水玻璃双液浆, 0+025处增设一榀I16钢拱架, 小导管与钢拱架焊接牢固, 小导管注浆完成后管内插入一根长 $9\text{m}\Phi 25\text{HRB400}$ 钢筋。塌腔采用M20水泥砂浆或一级配C20砼进行回填, 回填密实。

4.2 前期加强地表覆盖及排水

塌方正逢降雨, 雨水较多, 塌方现场采用彩条布及塑料薄膜分幅对塌陷坑口进行覆盖, 周边设有排水沟, 但雨水仍通过幅间空隙流入坑内, 且雨水积于彩条布或塑料薄膜中部, 无法顺利导入排水沟内, 最终采用彩钢瓦对塌陷坑口进行覆盖, 塌陷坑回填施工开始前, 应适当扩大覆盖范围, 做好塌陷坑口部位排水工作。同时排水沟可用砂浆或喷砼进行临时衬砌处理。

4.3 止浆墙施工

在桩号0+020.5附近设置止浆墙, 墙体采用砖砌墙, 基础宽1.5m, 上口宽0.5m。基础落于原回填石渣坡面上, 应进行适当修整后方能进行砌筑, 砖砌体与洞顶间空隙采用砂浆或喷混填充密实。墙体洞外侧与0+018桩号处附近钢拱架齐平, 外侧采用20mm厚砂浆抹面。墙体砌筑前, 采用编织砂土袋填满前方空隙。

4.4 塌陷坑回填

塌陷坑采用洞挖渣料回填, 渣料最大粒径不应超过200mm。回填前先对塌陷坑周边口进行扩挖及塌坑淤泥清理。由于塌陷坑周边稳定性较差, 宜采用装载机运输, 反铲挖掘回填石渣。回填顶部高程与坑口齐平, 石渣回填完毕后, 采用100mm厚混凝土对回填部位及周边一定范围进行封闭, 封闭范围同灌浆范围。

4.5 地表灌浆加固处理

(1) 灌浆施工程序

灌浆施工工序: 钻机就位→钻孔→下套管→制浆→灌浆→封孔→灌浆质量检查。

(2) 施工方法

(1) 灌浆方法

地表塌陷坑回填完成后, 从地表进行固结灌浆。灌浆采用纯压式灌浆法, 灌浆孔采用梅花型布置, 纵横间距 $1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$, 灌浆底高程334.5m, 灌浆顶高程350.0m。灌浆采用袖阀管法, 采用自上而下分段注浆或自下而上分段进行灌浆法。

(2) 灌浆材料

1) 水泥: 灌浆材料采用P.O 42.5普通硅酸盐水泥。

2) 灌浆用水: 符合《混凝土拌和用水标准》(JGJ63-2006)和《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)的要求。

(3) 闸阀

管口设置球形闸阀2个, 一个进浆(水泥浆), 另一个进玻璃浆。灌浆结束同时关闭两个阀门, 至少保证闭浆4h以上。

(4) 制浆: 采用人工上料+机械制浆, 制浆机安装在灌浆附近位置, 直接输送至储浆桶。

(4) 浆液: 灌浆浆液采用水泥水玻璃双液浆, 水玻璃模数宜为2.4~2.8之间, 其浓度为30~45波美度, 水泥浆和水玻璃可按照1:0.5~0.3(体积比)混合液。

(5) 灌浆压力: 灌浆压力1.0~2.0MPa。

(6) 灌浆结束标准: 单孔灌浆结束标准为在灌浆压力逐步升高至设计灌浆压力, 并继续注浆10min以上, 注入率不大于初始注入率1/4, 且不大于10L/min, 可结束注浆。

(7) 封孔: 全孔灌浆工作完成后及时进行封孔, 排除孔内稀浆, 使全孔封填密实。灌浆孔在排除孔内积水后直接用干硬性水泥砂浆封填, 并将孔口抹平。

(8) 灌浆质量检查: 质量检查采用钻孔压水试验法检查, 压水(注水)试验宜在注浆结束7d后进行, 检查孔的数量不宜少于注浆孔总数5%, 压水试验采用单点法, 按SL/T62附录C执行, 单元工程内检查孔各段的合格率应达85%以上, 不合格孔段的透水率不超过设计规定值的150%, 且分布不集中, 压水(注水)试验检查孔完成检测工作后, 应按技术要求进行注浆和封孔。对检查不合格的孔段, 现场评估确定是否需要对应部位进行补充注浆和检查。

4.6 洞内超前支护

在桩号0+025附近对前方洞周进行超前小导管支护, 左边顶拱及左边墙超前注浆小导管采用双排 $L=9\text{m}\Phi 250\text{mm}$, 排间距0.4m, $\Phi 42$ 钢花管, 角度 8° , 对右边顶拱超前注浆小导管采用单排 $L=9\text{m}\Phi 400\text{mm}$, $\Phi 42$ 钢花管, 角度 8° , 注浆材料宜采用水泥水玻璃双液浆。0+025处增设一榀I16钢拱架, 小导管与钢拱架焊接牢固, 小导管注浆完成后管内插入一根长 $9\text{m}\Phi 25\text{HRB400}$ 钢筋。

4.7 塌方段开挖

待塌方处理完成后方可进行开挖。开挖(包括止浆墙拆除)应采用分层分部位开挖法, 开挖完成后及时进行支护。

4.8 施工期临时安全监测

及时进行洞室收敛及拱顶沉降量测, 同时做好塌陷坑周边地表沉降观测, 安全监测设计方案应报业主和监理批准, 并及时上报安全监测数据资料。隧洞地面出现下沉或裂缝时, 应进行适时监测观察; 如伴有响声及新生裂缝, 应立即暂停正常施工, 加强支护和采取可能的抢救性措施

5、质量控制

5.1 建立技术交底制度

在施工前, 由项目部总工程师向全体施工人员进行技术交底, 明确该项工程的设计要求、技术标准、施工方法和注意事项等。每个工序开工前由班组长向施工班组进行技术交

底。讲解图纸、项目特点、作业程序及质量要求,使作业人员熟知作业内容和质量要求。

5.2 建立“五不施工”、“三不交接”及“三检”制度

“五不施工”即:未进行技术交底不施工;图纸和技术要求不清楚不施工;测量标桩和资料未经换手核签不施工;材料无合格证或试验不合格者不施工;上一工序不合格不进入下一工序施工。“三不交接”:无自检记录不交接;未经专业人员验收合格不交接;施工记录不全不交接。“工序三检”即:自检、互检、交接检。上道工序不合格,不准进入下道工序,确保各道工序的工程质量。

5.3 建立严格的隐蔽工程检查签证制度

隧洞支护施工属于隐蔽工程项目,首先由班组、队、项目部逐级进行自检,自检合格后,应会同监理工程师一起复检,检查结果填入验收及质量评定表格,由双方签字,并由监理工程师签发隐蔽工程验收证明。

5.4 建立原始资料和质量记录的保存制度

本工程中的每一单项工程都要准备一套完整的质量保证文件和记录。单项工程质量文件和记录由专人填写整理和归档管理,工程结束时装订成册交工程技术部。

质量管理部应将全部工程质量文件和记录汇编成册,竣工时随竣工文件移交业主。我公司同时保留一份完整的文件记录,并按规定存入档案。

5.5 建立和实施质量奖惩制度

建立健全质量奖惩制度,加大奖惩力度,与每月质量考核相结合,做到重奖重罚。质量考核奖不少于奖金总额的30%,对事故责任人处以直接经济损失1~5%的罚款,不负责任造成重大事故的将给予处分,严重的追究刑事责任。

5.6 质量保证措施

(1)安排专人全程监督和抽查施工质量,发现没有按照交底和图纸施工的现象,立即责令停止施工,整改合格后方可继续。

(2)对原材料进行严格审查,其中包括水泥、速凝剂、钢管原材等。

(3)施工中,认真做好原始记录,做到清晰、真实、准确。专业技术人员及时将原始记录进行汇总整理分析并报送监理人,以便指导灌浆工作顺利进行;

(4)灌浆设备、管路、压力表、都必须有足够的排浆量及各种灌浆的要求。控制好浆液成品的使用时间,不得超过定期规定时间。

(5)做好隐蔽工程及分部分项单元工程的验收。验收时,质检人员和有关人员必须到场,实行签证制度,做好验收记录。

6、安全措施

(1)建立健全安全监督机制,配专职安全员;加强对职工安全意识、安全知识的教育。使职工有较强安全防护知识和自我保护意识,不能只顾工作不顾安全,做到安全教育制度化、经常化;通过对职工进行安全技术培训,使参加施工的工人,熟知本工种的安全技术操作规程,操作中坚守工作岗位,严禁酒后作业;特殊工种必须经过专门训练,考试合格发给上岗证,定人定岗,持证上岗。

(2)坚持按有关安全操作规程施工,发现问题及时处理,做到防患于未然。

(3)定期组织对施工现场的安全检查工作。主管安全工作的领导和各作业队的主要负责人均参加检查,重点对施工用电、施工设备及防火状况等进行仔细检查,对不安全因素制订具体的纠正和预防措施,限期改善与纠正。施工必须执行三相五线,三极配电两极保护,“一机,一闸,一漏,一箱”的规定,并做好施工用电安全警示标识。

(4)在作业过程中,严格遵守劳动纪律,操作时信号明确,危险区域要有安全警示标志,禁止在操作时玩手机打电话等。

(5)工地电工必须持证上岗,值班电工每天应对所有电器设备及线路检查一次;发现老化、破旧、缺损的元器件应及时更换。非电工不许触动、拆装、修理电气设备。

(6)严禁乱拉电线和接电器设备。非专业电工不得从事电作业。各项机械设备必须做接地保护。

(7)塌方处理过程中,每班配置1名安全员监控现场安全,出现异常情况及时通知所有人员撤离。

(8)塌方段设置变形观测点及沉降观测点,配置3名测量人员,采用全站仪每天至少3~4次进行变形监测;出现异常情况时,加密变形监测,并及时对监测数据进行分析,将分析结算上报相关部门与单位。

(9)塌方体开挖过程中,必须经常检查支护,以保证良好的受力状态。如发现支撑破损、弯曲、折断、倒塌,应及时修复加固。

(10)制浆、钻孔、灌浆施工人员佩戴相关的防尘防毒口罩,防止职业病发生。灌浆管接头、灌浆管承受压力必需满足灌浆压力要求并有足够的富余量,防止爆管。还将按照有关的劳动保护规定发给工作人员各种补助。

(11)洞室支护涉及围岩的稳定和施工安全,随着开挖面的进展,支护工作及时进行,穿插在开挖工序中,并贯穿整个开挖过程。为保证工程的安全和施工的顺利进行,组织专业支护队,专门负责支护的各项工作,确保支护工作能及时保质保量地完成。

7、结语

(1)采用洞挖料进行回填掌子面和顶部塌方位置,节省材料。做到因地制宜,降低了成本。

(2)从地表进行钻孔固结灌浆,场地范围宽阔,相比洞内施工能够保证人员和设备的安全。

(3)本工法步骤简单,操作性强,可以较好的指导施工。

(4)由洞内塌方处理转移至洞外处理,大大降低了安全风险。

[参考文献]

[1]隧道施工监控量测及无损检测技术. 孟令刚. 运输经理世界, 2023 (11)

[2]高速公路隧道施工监控量测技术应用研究. 刘华;李松. 运输经理世界, 2023 (12)

[3]监控量测技术在高速公路隧道施工的应用. 王芝原;罗士雅;罗天宇;童宇. 科学技术创新, 2023 (27)