

富水卵石层地铁暗挖隧道拱顶塌方涌水处置技术

雷 震

(中交投资有限公司,100029,北京//高级工程师)

摘 要 穿越富水、卵石等地层的地铁隧道地质水文情况复杂,施工难度大,易造成隧道拱顶塌方。这已成为地铁建设中的一大难题。以乌鲁木齐地铁4号线某区间暗挖隧道拱顶塌方事故为案例,提出了事故的综合治理措施。当隧道拱顶出现局部塌方时,可采取加固掌子面、增设拱顶超前小导管及径向锚管加固拱顶围岩等处置方案,达到塌方涌水处置目的。

关键词 地铁;暗挖隧道;富水卵石层;拱顶塌方;漏水

中图分类号 U457+2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.06.027

Gushing Water Treatment Technology for Mined Tunnel Vault Collapse in Water Rich Pebble Layer

LEI Zhen

Abstract Due to the complex geological and hydrologic conditions in water rich pebble layer, the construction of metro tunnel crossing underground the area is very difficult. It is easy to cause tunnel vault collapse, which has become a major problem in metro construction. In the mined tunnel vault collapse of a section on Urumqi metro Line 4, comprehensive treatment measures are proposed. When a local collapse happens at the tunnel vault, the tunnel face should be reinforced, the leading small pipe of the arch and the radial anchor pipe be added to strengthen the wall rock of the arch, so as to stop water gushing from the vault collapse.

Key words metro; mined tunnel; water rich pebble layer; vault collapse; leak water

Author's address CCCC Investment Co., Ltd., 100029, Beijing, China

1 工程概况及坍塌涌水事故简况

乌鲁木齐地铁4号线某区间1[#]竖井横通道YDK 13+188.000位于该市冶金街南侧空地内,横通道全长54.627 m,为挑高空间结构。前区标准段断面长度为12.3 m,开挖轮廓尺寸5.200 m×5.257

m(宽×高);挑高段长度为12.73 m;后区标准断面长度为26.475 m,开挖轮廓尺寸为6.60 m×11.34 m(宽×高)。该横通道穿越的地层主要为中风化泥岩层、强风化泥岩层和杂填土层。区间采用矿山法施工,拱顶位于强风化-中风化泥岩的交界面。横通道所处位置自上而下主要由杂填土、圆砾层、卵石层、全风化砾岩、强风化泥岩构成。地下水可分为松散层孔隙潜水和基岩裂隙水。地表水位高于横通道顶部标高。具体的地质、水文剖面如图1所示。

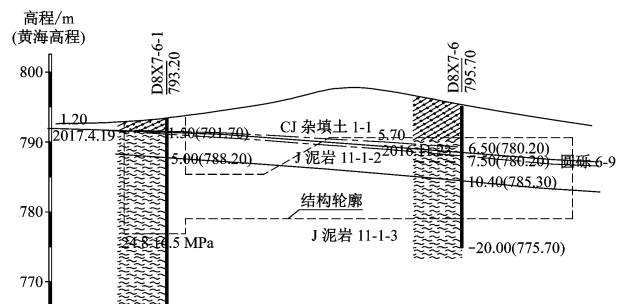


图1 横通道处的地质、水文剖面截图

2017年9月28日14:30,在该横通道掌子面喷混凝土完成后,施工人员发现掌子面拱顶小导管有细股清水流出;14:40,横通道拱顶局部出现掉块,拱顶出水量变大,水中无明显泥沙;14:50,拱顶掉块处出现了直径约10 cm的水流;29日凌晨1:10,横通道拱顶水柱直径增大至约20 cm,并夹带大量泥沙;凌晨4:07,拱顶水流趋于稳定,泥沙量明显降低。此次涌水塌方为小型塌方,塌方空腔高约为2.1 m,宽度约为3.3 m,塌方时夹杂有杂填土和卵石。之后没有发生再次坍塌,但是不停地从塌方处流出大量的水。为确保施工人员安全,需对涌水塌方处进行补强处理。

2 塌方事故的应急处置措施

2.1 掌子面加固处置措施

考虑到事故涌水量变大可能会导致隧道大范围坍塌和突水突泥等情况出现,在接到掌子面突水

现象时,项目部立即启动了应急预案,封锁了拱顶上方的冶金街道路,撤离了所有井下作业人员,同时在洞内引流排水,并对出水里程处每隔1 h进行一次地表、拱顶沉降及洞内收敛的监测。按照“治塌先治水”的方案,项目部组织专业人员讨论应急处理方案,最终得出本次应急处理方案如下^[1]:

1) 当掌子面稳定时,采用人工凿除法开挖出一榀格栅的间距,紧靠掌子面架立一榀钢格栅,对掌子面和格栅钢架进行喷射混凝土封闭。

2) 在掌子面完成支护后,在掌子面坡脚处采用砂袋进行堆码反压。堆码处形成一个锥型,层数不宜过高,每层都要整齐码放。

3) 当掌子面加固处理完成后,对未受事故影响的横通道正常段采用竖向横撑进行加固处理。

4) 采用加气砖对掌子面进行封闭,采用工字钢、 $\phi 42$ mm 小导管、角钢、方木对掌子面进行加固。

5) 在架立好的钢格栅空腔处预留3根混凝土泵管,先将架立好的格栅钢架进行C25喷射混凝土封闭,待喷射混凝土强度达到要求后,再采用地泵对空腔处进行C30混凝土回填封堵。本次事故对塌腔处回填了 40 m^3 混凝土。

6) 在开挖之前,在横通道拱顶处 180° 范围内用双排 $\phi 42$ 超前小导管($3\text{ m}/\text{根}$),以环向间距 30 cm 进行打设,并进行水泥-水玻璃双液浆(体积比为1:1)注浆,以加固掌子面围岩。

7) 在掌子面前 50 cm 处对上台阶增设一环径向注浆小导管($3\text{ m}/\text{根}$),环向间距为 0.5 m ,并采用水泥-水玻璃双液浆(体积比为1:1)注浆,加固掌子面围岩。

2.2 横通道施工处置方案

在横通道挑高段涌水塌方段后 3 m 范围施工时,须严格遵循“管超前、严注浆、短进尺、强支护、早封闭、勤测量”的原则。开挖之前打设双排 $\phi 42$ mm 超前小导管和单排 $\phi 42$ mm 径向小导管,并进行水泥-水玻璃双液浆注浆,加固掌子面围岩。对超前支护加强注浆,开挖进尺为一榀钢格栅(间距为 45 cm),钢格栅采用密排进行施工;锁脚采用双排 $\phi 42$ 小导管,加强钢格栅的稳定性^[2-3]。具体的处治方案如图2所示。

1) 超前小导管施工。挑高段涌水塌方过渡段开挖前,先进行超前注浆小导管施工以加固掌子面。在挑高段拱顶 180° 范围内采用双排 $\phi 42$ 超前

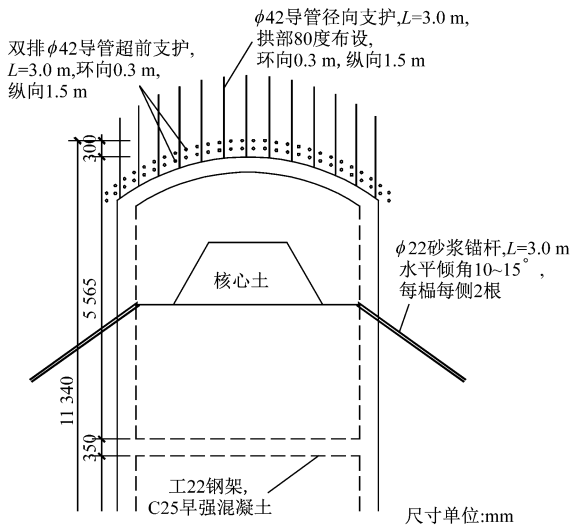


图2 超前小导管的平面布置

注浆小导管($2.5\text{ m}/\text{根}$),环向间距为 0.3 m ,纵向间距为 1 m ,采用体积比为1:1的水泥-水玻璃双液浆进行注浆加固。采用水泥-水玻璃双液浆时,水泥浆和水玻璃浆应分别放在两个容器内,按一定比例配制好待用;注浆压力控制在 $0.3\sim 0.5\text{ MPa}$,不宜超过 0.5 MPa ,否则浆液损失过大,造成浪费;初始注浆压力控制在 0.3 MPa ,终止注浆压力控制在 0.5 MPa 。

2) 径向锚管施工。在掌子面前 50 cm 至塌方段后 3 m 的范围内,对横通道拱顶 180° 范围增设一环径向注浆小导管($3\text{ m}/\text{根}$),环向间距 0.5 m ,并采用体积比为1:1的水泥-水玻璃双液浆注浆,加固掌子面围岩。具体方案如图3所示。

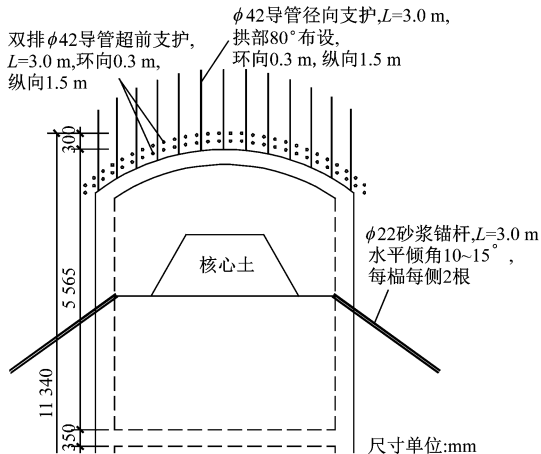


图3 涌水塌方处前 50 cm 径向锚管的布置

3) 横通道开挖。挑高段涌水塌方段后 3 m 范围的开挖作业采用人工配合风镐进行开挖。开挖过程中随时注意围岩变化情况,在围岩稳定的情况

下方可进行开挖。开挖间距为一榀钢格栅的间距(45 cm),严禁超挖、欠挖。

4) 锁脚锚杆施工。横通道挑高段涌水塌方段处理完成后,对该段后 3 m 范围内的锁脚进行加强。锁脚采用双排 $\Phi 22$ mm 的砂浆锚杆,每根锚杆的长度为 3 m。锁脚锚杆水平倾角向下 30° 打设,之后采用 U 型筋将锁脚小导管与钢格栅焊接在一起。

2.3 处置关键点的控制措施

1) 隧道施工严格遵循浅埋暗挖法十八字方针:“管超前、严注浆、短开挖、强支护、早封闭、勤测量”。

2) 严格控制每一榀钢架的间距,以及焊接和螺栓的连接质量,加工完成后做到榀榀验收。

3) 坚持以地质为先导的原则,时刻掌握隧道的地质情况,在异常地质处要有特殊的超前支护和初期支护措施。

4) 施工时坚持先护顶后开挖的原则,并采用超前小导管预注浆加固措施。通过试验确定注浆的压力、配合比、浓度和固结范围,作到心中有数,以保证注浆能够达到预期目的。

5) 加强监测。开挖初期支护后,加强对拱顶下沉及边墙收敛、地面下沉与隆起、格栅钢架内力等的测量工作。及时对数据进行分析,一旦发现异常情况立即上报,并采取相应的防治措施。

3 现场监测分析

新奥法测量工作的目的主要是掌握围岩动态

和支护结构的工作状态,通过利用量测结果来修改设计并指导施工。对监测数据进行分析处理与必要的计算和判断后,应做出预测与反馈,预见事故险情,以便及时采取措施,保证隧道施工安全和围岩稳定。为了正确判断塌方处理后围岩开挖过程中的安全状况,依照设计要求对横通道拱顶塌方段后 3 m 掌子面前后 10 m 范围内进行 5 组地面沉降测量。由测量结果得知,地表、拱顶沉降及洞内收敛数据正常,满足规范要求。

4 结语

诱发暗挖隧道拱顶塌方的原因很多,了解隧道拱顶塌方的原因是对其进行防治与治理的基础。本文通过对乌鲁木齐地铁 4 号线某区间横通道隧道拱顶塌方事故的分析,提出了综合性的处置方案。该段拱顶已经基本稳定,加固处置取得满意的效果。本文对该案例的分析总结可为类似的工程设计及事故处置提供参考。

参考文献

- [1] 李晓红. 隧道新奥法及其监控量测技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002: 18.
- [2] 张伟, 阳生权. 某隧道坍塌施工处理[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版), 2013, 23(2): 88.
- [3] 陈仁东, 吴金刚. 某隧道塌方原因分析及处理方案[J]. 现代隧道技术, 2010, 47(6): 101.

(收稿日期: 2018-05-24)

推进西部大开发形成新格局: 注重高速铁路和普通铁路协同发展

5月17日,中共中央、国务院印发了《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》(以下简称《指导意见》),提出贯彻新发展理念,形成大保护、大开放、高质量发展的新格局。我国在2000年提出西部大开发战略,此后一系列政策支持使西部地区得到了持续高速发展。至今20年过去了,西部大开发战略也迎来了新契机。过去西部大开发主要强调经济大开发,如今要转向全面大开发:首先,过去主要反映在自然、矿产、土地和人力资源的开发,今后需要在其他生产要素上做文章,如《指导意见》7次提及互联网,多处提及大数据、人工智能等新一代信息技术。其次,新格局反映在新定位上,即突出西部中心和以人为本。过去西部地区是为东部地区“做嫁衣”的配角,而新格局意味着要反客为主,强化西部中心战略地位,要通过发展来服务好西部人民群众。第三,新格局突出表现在新方向上,即以共建“一带一路”为引领,加大西部开放力度。过去西部大开发主要是“面朝大海”,突出表现为从西向东输出资源,并承接东部地区的产业转移;但随着“一带一路”倡议的推进,西部大开发融入了越来越多的国际元素,开通了从西向西的“中欧班列”,以及从西向南的“南向开放”。《指导意见》在关于运输通道建设中提出:加强横贯东西、纵贯南北的运输通道建设,拓展区域开发轴线。强化资源能源开发地干线通道规划建设。加快川藏铁路、沿江高铁、渝昆高铁、西(宁)成(都)铁路等重大工程规划建设。注重高速铁路和普通铁路协同发展,继续开好多站点、低票价的“慢火车”。

(分别摘自2020年5月20日《新京报》(作者 马亮)以及新华社北京5月17日电)