

桐子林隧道大型溶洞、暗河处理技术

张庭华

(中铁四局第二工程有限公司 安徽阜阳 236028)

摘要 介绍了遂渝线桐子林隧道施工中揭示的大型岩溶暗河、溶洞的各种情况,为防治岩溶水对隧道工程的影响所采取的整治方案以及充填溶洞段的隧道施工技术。

关键词 岩溶暗河 整治方案 施工技术

1 工程概述

在建的遂渝线桐子林隧道,全长2 433m,按时速200km设计,净空满足双层集装箱列车净空要求。该隧道地质复杂,含有断层、煤巷采空区及瓦斯、滑坡、岩溶(暗河),石膏等不良地质。施工设计图显示,本隧道涌水量为17 630.67L/d,地下水发育。在出口设一排水横洞,除作为隧道出口端施工通道外,作为防止隧道通过暗河出现涌、突水,排泄暗河水,缓解正洞堵、排水压力的措施,并起到对暗河超前探测的作用。

2 岩溶形态及工程地质条件

在DK125+169~+184段,有一溶洞横穿隧道底部,溶洞内为粉质黏土充填。在隧道右侧边墙处溶洞长10m,最深到隧道内轨顶面下7.4m;隧道中线处该溶洞分叉为两个充填溶洞,长度各为3m,溶

洞最深为隧道内轨顶面下5.03m;隧道左侧边墙处溶洞长度8m,溶洞最深处为隧道内轨顶面下5.77m。岩溶在隧道右侧往上延伸与横洞方向岩溶发育相连,开挖揭示时无水,但有流水痕迹。往横洞方向窄小,隧道右侧于DK125+183处往下发育。粉质黏土充填,2004年6月20日下雨后,地下暗河将充填物冲开冒水,水柱有1m多高,持续8h~10h后停止。该岩溶与暗河相连。见图1。

DK124+990~DK125+040段揭示大型溶洞。该溶洞斜穿隧道,形成长约150m,宽25m~30m,高约30m大型溶洞大厅。洞内发育有石笋、石柱,充填有中、细砂,厚2m~8m。溶洞内常年有水,水量0.5L/s。出水口窄小,雨季时整个岩溶大厅堵满水,排水缓慢。溶洞中大量沉积物为中、细砂及生活垃圾等物质。充填物顶面高度一般至隧道衬砌拱顶位置,其上为空溶腔,充填物最深为轨面以下12.8m。

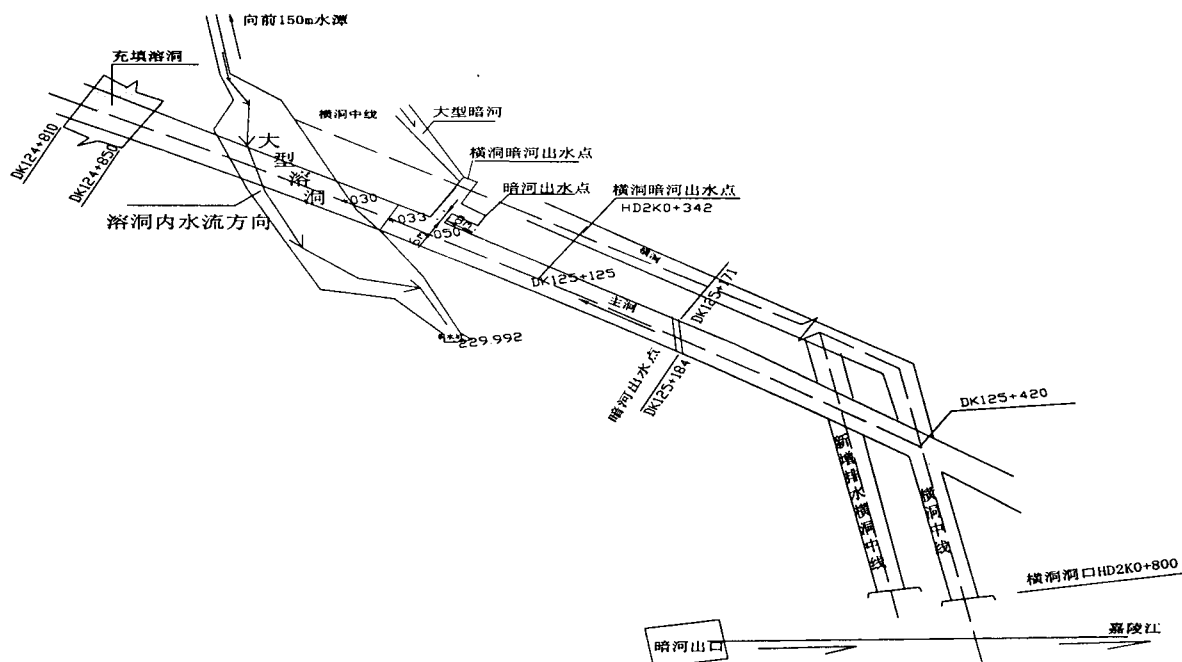


图1 隧道正洞、横洞位置与暗河、溶洞关系图

在对应正洞里程 DK125 + 180 左侧 20m 及 DK125 + 050 左侧 18m 处横洞开挖时揭穿地下暗河。暗河水量较大,一般 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d} \sim 3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据岩溶周围的流水痕迹及发育的石笋、石柱等情况分析,经采用电法、雷达扫描、地质钻孔等手段进行补勘后分析说明,除部分钻孔内有少量充填物及局部岩心风化较严重外,均未揭露到岩溶空洞和暗河。在探孔内裂隙水发育,经分析,暗河在隧底以溶蚀裂隙和较小的岩溶管道通过,对隧道衬砌结构有影响。2004 年 9 月,重庆地区遭遇多年不遇特大洪水,平均降雨量达 100mm,造成隧道内掌子面涌水高达 6m。根据施工中隧道出现的涌水以及地质补充调查分析,最大涌水量为 $328 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

在 DK124 + 810 ~ + 850 段。揭示了一大型充填溶洞,充填物全部为黄色淤泥夹大块孤石,有大量水渗出。

3 处理技术

3.1 岩溶暗河水整治原则

按《隧规》^[1] 要求,铁路隧道防排水必须遵循“防、排、截、堵”结合,因地制宜,综合治理的原则。而岩溶地区的地下水为岩溶暗河管道水及岩溶裂隙水,具有自然的排泄通道。隧道施工揭示的岩溶暗河管道水改变了其排泄途径,因此对这类出水应按引排或截堵的原则处理。根据桐子林隧道揭示的岩溶暗河的水文地质条件,采取堵、排相结合措施对其进行整治。

①原设计出口横洞为施工通道兼做排水通道,揭穿 DK125 + 033 ~ + 194 段暗河溶洞后,根据施工中隧道出现的涌水以及地质补充调查分析,本段暗河最大涌水量 $328 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,远远大于原设计的 $1.76 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 涌水量。经检算,横洞泄洪能力可满足要求,但为防止突发性涌水危及施工安全,另外增加了专用的排水横洞,使排水通道与施工通道分离。隧道施工结束后,原设计的出口横洞和新增设的排水横洞均作为永久的排水通道。

②DK125 + 170 ~ + 184 段。挖除隧底溶洞充填物,采用 M7.5 浆砌片石进行换填。沿溶洞发育方向埋设 2 根 $\phi 500\text{mm}$ 的钢筋混凝土管涵,使隧道左、右侧的岩溶通过埋设的管涵连通。在有水的条件下利用既有的岩溶管道通过埋设的管涵排泄地下水。

③DK124 + 033 ~ + 194 段。隧道原设计采用Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级复合衬砌。从暗河流向分析,暗河有可

能从隧底穿越。经补勘虽然排除了暗河通过大型溶蚀管道从隧底穿越的可能,但钻孔显示本段隧底以下裂隙水发育,暗河在隧底以较小的溶蚀裂隙管道通过。本段范围内的溶缝,溶隙较多,地下水丰富。因此该段衬砌结构变更为抗 1.0MPa 水压的抗水压衬砌。衬砌背后设置全环防水板,环、纵向施工缝设置橡胶止水带,并填塞沥青麻筋。

④DK124 + 995 ~ DK125 + 030 段。根据揭示的岩溶地质条件确认为一大型溶洞空腔。为防止上游水涌入溶洞大厅,正洞与横洞之间的溶洞采用 C15 片石混凝土封堵,岩溶水通过横洞排泄。隧道衬砌结构采用全封闭的 C30, P8 衬砌。隧道基础采用桩基托梁形式通过,桩基截面尺寸均为长 1.5m,宽 2m,左、右桩基之间设置横联。桩基上设托梁,然后施做衬砌底板形成一封闭整体。

3.2 充填溶洞段隧道施工技术

充填溶洞段由于充填物松散,物理力学性质差,且往往有岩溶水活动,施工中极易造成坍塌。一般需加强施工支护,以保证施工安全。在对岩溶水进行有效处理的前提下,隧道衬砌结构及基底处理也需加强,以保证结构安全及运营安全。

针对桐子林隧道全充填溶洞的情况,揭示溶洞后,首先需按加大的隧道开挖轮廓(加高 20cm、加宽 20cm)进行开挖,预留足够的沉降量及变形量,以避免衬砌施工时由于开挖断面净空不够而造成拆支护、重新扩挖的情况。其支护措施则采用超前导管注浆结合全环型钢拱架加强支护,并配合锚网喷支护。钢架间距一般为 0.6m ~ 0.8m,喷混凝土厚 20cm,开挖后及时封闭成环,同时拱墙范围再辅以小导管注浆加固,一般加固深度按 3m 控制。根据监控量测资料进行分析,结果显示桐子林隧道溶洞充填段支护措施是十分有效的。施工安全得到了有力保证。

4 结束语

桐子林隧道目前正在施工,其排水措施及溶洞处理效果等还有待实践的检验。笔者认为,在实施隧道岩溶整治方案时,需充分认识岩溶对隧道工程的影响,特别应注意以下几点:

①要及时恢复自然暗河通道,不得人为进行封堵,造成自然排水受阻,形成对正洞衬砌产生富余压力;

②在溶洞、暗河区段施工时,要加强超前预报、预测工作,根据预报结果及时调整施工 (下转 40 页)

的要求。正洞扩挖面和平导工作面的 CO 浓度随通风时间的变化如图 11 所示。

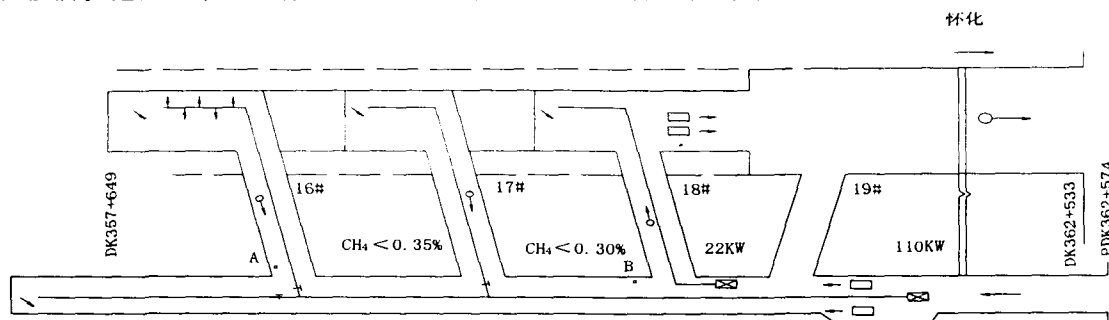


图 10 出口第四阶段通风布置图

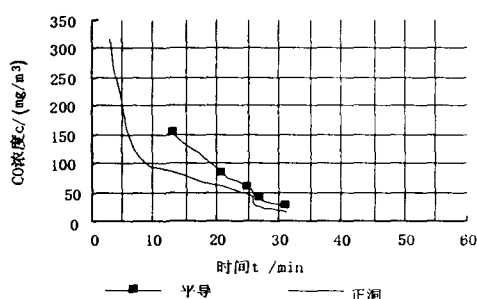


图 11 出口第四阶段正洞扩挖面和平导工作面炮后 CO 浓度的变化曲线

4 结束语

圆梁山单线铁路瓦斯特特长隧道是国内第一条设平导而没有采用主扇通风的隧道，而是用射流通风技术，各工作面放炮通风约 30min 时，CO 浓度降到规定的标准；正洞出碴过程中的 CO 浓度小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，较好的满足了环保要求。由于采用了射流通风技术和配套管理与检测方法，为施工创造了良好的作业环境，提高了作业效率。特别是在出口工区，32.5 个月完成平导开挖 7 650m，并创造平导月开挖 462m 的国内最新记录；正洞开挖 7 467m，创造月平均开挖 227.2m 的国内施工新成果，在国内

单线隧道施工进度上属首次。这些都与 7 650m 的通风难题的成功解决不无关系。

单线铁路瓦斯特特长隧道施工大面积应用射流通风技术，在国内隧道施工通风史上属首次，国外隧道施工通风中未见相关报道。该技术为类似隧道工程的通风设计提供了经验，具有推广应用价值。

圆梁山特长隧道施工射流通风技术的经济效益也非常明显。与主扇通风方案相比，仅隧道出口工区就节省通风费用 343 万元，其中节约电费 221.4 万元。

参考文献

- 1 杨立新. 隧道施工射流通风中横通道的风流控制. 铁道工程学报, 2003(1): 85 ~ 89
- 2 赵全福. 矿井通风与空调. 北京: 煤炭工业出版社, 1990

作者简介: 杨立新, 男, 1967 年生, 工学硕士, 现在中铁隧道集团有限公司科学技术研究所工作, 高级工程师, 主要从事隧道通风的研究工作。

收稿日期: 2005-04-22

(上接 35 页)

方法, 防止发生涌水、突泥现象, 造成人员、财物的损失;

③对于小型溶洞, 应将溶洞充填物进行清除, 采用 M7.5 浆砌片石或用同级衬砌混凝土进行回填;

④在全充填岩溶段进行隧道开挖时, 应预留足够的沉降量及变形量, 并加强支护措施, 以保证施工安全及衬砌结构的施作;

⑤初期支护施做后应加强监控量测工作, 对量测结果及时进行分析, 根据结果掌握二次衬砌的时间, 确保安全施工。

参考文献

- 1 中铁二局集团有限公司主编. 铁路隧道施工规范 TB10204-2002. 北京: 中国铁道出版社, 2002

作者简介: 张庭华, 1962 年 12 月生, 男, 1983 年 7 月毕业于上海铁道学院铁路工程系铁道专业, 大学本科学历, 工学学士学位。高级工程师。2004 年 4 月任中铁四局二公司总经理兼副董事长、党委副书记, 2001 年被评为全国优秀项目经理。

收稿日期: 2005-05-26