

万荣隧道溶洞处理施工技术

蒋海华

中国铁路国际有限公司, 北京 100055

[摘要] 溶洞处理是岩溶地区工程建设中常遇到的问题, 磨万铁路土建V标万荣隧道地质条件恶劣、穿越岩溶区、地形复杂。根据溶洞的发育情况, 并结合溶洞的水文地质条件, 提出该隧道溶洞综合处理方案, 最后通过精心设计、精心施工, 取得了较好的效果, 对岩溶区溶洞治理有一定的借鉴作用。

[关键词] 隧道; 溶洞; 回填; 桩基托梁

DOI: 10.33142/sca.v2i6.922

中图分类号: U212

文献标识码: A

Wanrong Tunnel Karst Treatment Construction Technology

JIANG Haihua

China Railway International Co., Ltd., Beijing, 100055, China

Abstract: Karst cave treatment is a common problem encountered in the construction of karst areas. The Wanwan tunnel of the Mowan railway has a poor geological condition, a karst area and a complex terrain. According to the development of the cave, combined with the hydrogeological conditions of the cave, the comprehensive treatment scheme of the tunnel cave was proposed. Finally, through careful design and careful construction, good results were obtained, which can be used as reference for the treatment of caves in the karst area.

Keywords: tunnel; cave; backfill; pile joist

1 工程概况

磨万铁路土建V标万荣隧道位于老挝万荣县境内, 里程为DK294+652~DK296+480, 全长1828m。隧道采用I级铁路技术标准设计, 按160km/h行车速度设计, 单线隧道, 隧道纵度为3%, 为II级风险隧道。万荣县为喀斯特地貌, 岩溶发育。本段岩溶处理范围为DK294+700~+770, 本段范围内隧道洞身通过地层岩性为二叠系灰岩夹页岩: 灰、深灰色, 隐晶质结构, 中厚层~厚层状构造, 节理裂隙发育, 溶蚀中等~强烈, 岩体较为破碎, 竖向溶蚀裂隙发育; 页岩为夹层, 泥质结构, 泥质胶结, 薄层状, 岩质较软。溶蚀中等~强烈发育, 洞身处于岩溶发育的季节变动带。本段设计情况为:

表1 万荣县段设计情况

起讫里程	长度(m)	衬砌类型	施工方法	超前支护	加强支护
DK294+700~+770	70	IVa型复合	台阶法	——	——

2 溶洞情况描述

2.1 超前地质预报情况

对本段采用了TSP、地质雷达法、超前钻探等综合超前地质预报手段, 经综合分析, 本段围岩较完整-较破碎, 节理裂隙较发育, 预测有溶洞、空洞现象。

2.2 隧道DK294+700~+770段溶洞揭示情况

DK294+720左侧边墙位置发现一溶腔, 尺寸约4.8m×17m×8.7m(宽×长×高), 溶腔位于隧道结构线以外, 溶腔纵向与线路走向夹角约10°~15°, 在DK294+720处有向基底延伸的趋势, 无充填物。

DK294+742左侧拱脚处揭示溶洞, 溶洞内侧距边墙约2.5m, 洞口宽度约4m, 径向深度约3.8m, 可测高度约3.5m, 溶腔内无充填物, 溶洞右侧沿轴向掌子面有延伸趋势。

DK294+745处掌子面及线路右侧边墙发现两处溶腔, 掌子面溶腔最大尺寸约3.2m×18m×6.8m(宽×长×高), 溶腔位于隧道范围之外, 有充填物, 有滴水痕迹, 该溶腔有向右侧及掌子面前方延伸的趋势。

DK294+760左侧揭示一溶洞, 位于结构线以外, 尺寸约4.5m×3.15m×10m(宽×长×高), 溶腔从拱顶左侧向右侧延伸, 深度无法测量。拱脚处以55°斜向下延伸约10m, 宽约4.6m。可见少量钟乳石及牙石。

DK294+762右侧揭示一溶洞, 位于结构线以外, 尺寸约2m×3m×2.8m(宽×长×高), 从右侧拱脚处以42°斜向下延伸约4m, 宽约2.5m, 溶腔顶部沿裂隙向上延伸, 高度无法测量。下部沿裂隙向小里程方向延伸。

3 地质补勘情况

隧道洞身DK294+720~+770段下伏二叠系灰岩夹页岩。隧道施工揭示溶洞、溶隙等岩溶形态, 该段共计施钻33孔(未取芯), 其中22个钻孔总计揭示29个溶洞, 钻孔见洞率66%。岩溶中等~强烈发育, 隐伏性岩溶发育, 岩层中

存在一定规模的溶洞、溶隙，最大溶洞高约 10m。溶洞类型为空洞型及半填充或少许充填型，洞内均可见钟乳石及石牙，围岩弱风化，洞壁稳定。施工期间正值当地降雨量最大的季节，所揭示溶洞仅部分溶洞有少许滴水现象，属基岩裂隙水，仅个别溶洞底部有少量积水，未发现常年流水及过水痕迹，溶洞无径流^[1]。

4 溶洞处理

根据施工开挖揭示地质条件及补勘揭示溶洞规模、填充物性质，结合施工情况，对 DK294+700~+770 段 70m 处理措施为：由于本段岩溶发育，考虑结构安全，对本段二次衬砌采用钢筋混凝土结构，其中 DK294+725~+755 段隧底设桩基托梁结构，衬砌结构调整成底板型衬砌。

4.1 洞身岩溶整治

(1) DK294+700~+725 段线路左侧边墙外发育溶洞并在 DK294+720 处有向基底延伸，先于 DK294+725 隧底空腔腔内设 C20 砼封堵墙，厚 1m，再对隧底溶腔及左侧溶洞采用 C20 混凝土回填密实。于 DK294+715~+720 段左侧揭示溶腔段落溶腔顶部预留排水通道，并设置 $\phi 100$ PVC 排水管将溶腔顶部渗水直接引入左侧侧沟，纵向间距 2m，共设 2 根，排水管伸出回填体不小于 50cm，排水管露出部分打孔，管口及露出部分外裹土工布。

(2) DK294+742 处左侧拱脚开挖揭示溶洞，先于 DK294+742 隧底空腔腔内设 C20 砼封堵墙，厚 1m，再对隧底溶腔及左侧溶洞采用 C20 混凝土回填密实。于 DK294+741~+744 段左侧揭示溶腔段落溶腔顶部及支洞口预留排水通道，并设置 $\phi 100$ PVC 排水管将溶腔顶部渗水直接引入左侧侧沟，纵向间距 1m，共设 3 根，排水管伸出回填体不小于 50cm，排水管露出部分打孔，管口及露出部分外裹土工布。

(3) DK294+745 处开挖揭示溶洞，于衬砌边缘外 2m 范围内设置 C20 砼护墙，溶洞底部设置 $\phi 100$ PVC 排水管，纵向间距 1m，共设 2 根，将溶洞内渗水引入右侧边沟，管口外包裹土工布。

(4) DK294+760 处开挖揭示溶洞，采用 C20 砼回填密实，回填高度按隧道拱顶标高控制，预埋 $\phi 100$ PVC 管将溶洞顶部渗水引入侧沟，纵向间距 1.0m，共设 4 根，排水管伸出回填体不小于 50cm，排水管露出部分打孔，管口及露出部分外裹土工布。

(5) DK294+762 处开挖揭示溶洞，采用 C20 砼回填密实，预埋 $\phi 100$ PVC 管将溶洞顶部渗水引入侧沟，纵向间距 1m，共设 2 根，排水管应伸出回填体不小于 50cm，排水管露出部分打孔，管口及露出部分外裹土工布。

4.2 隧底岩溶整治 — 桩基托梁

(1) DK294+725~+755 段，隧底设置桩基托梁结构。桩位处托梁间设置横联。桩基托梁结构中左、右侧托梁中心线距隧道中线均为 2.78m，梁截面均为 1.5×1.5m，其中左托梁长 30m，右托梁长 25.75m。左侧托梁下设 1#、3#、5#、7#、9# 桩，长度分别为 11m、11m、12m、12m、12m；右侧托梁下设 2#、4#、6#、8#、10# 桩，长度分别为 11m、9m、12m、12m、12m。1#~10# 桩截面尺寸均为 1.5×1.5m，桩底嵌入基岩深度不小于 2m。桩基托梁采用 C35 钢筋混凝土。

(2) 桩位托梁间设置横联，横联截面尺寸为 1.0m×1.0m，长 4.06m，共 5 根，横联采用 C35 钢筋混凝土。

4.3 地下水处理

本段范围内，施工缝采用中埋式钢边止水带，拱墙采用排水板，不设环向盲管。

5 施工效果

采用空腔砼回填与桩基托梁基础加强相结合的方法通过该溶洞后，对溶洞处围岩进行了观察和监控量测，由监控量测资料显示，拱顶无明显变形。目前二次衬砌已施做完毕，一年来混凝土衬砌无裂、渗、漏等现象，达到了处理整治的预期效果^[2]。

6 结语

(1) 溶洞发育的不规则性、多样性和复杂性，施工中极易发生涌泥突水等地质灾害，给施工进度和施工安全带来严重影响。因此，在岩溶地区进行隧道施工必须加强超前地质预报探测，对隧道前方溶洞进行准确预测。如揭露隧道侧壁及掌子面有小溶洞，且溶洞越来越多，则前方可能会有大型溶洞，此时应对隧道前方进行物探与钻探相结合，打适量探孔以探明溶洞与隧道开挖轮廓之间的关系，提前做好穿越溶洞的应急措施^[3]。

(2) 在地质复杂的岩溶隧道施工中，首先探明溶洞的规模、位置、走向及充填物，制定切实可行的施工方案，将隧道施工中由溶洞所产生的危害降到最低。

(3) 溶洞洞穴处理要因势利导、因地制宜，技术可靠、经济可行。

(4) 穿越溶洞区隧道施工的另一个关键是对岩溶水的处理。对于岩溶水的整治，无外乎排、堵两种方案或两种方案主次不同的组合。无论采用何种方案，目的都在于保持水土平衡，保证隧道开挖、总的原则应该是宜疏不宜堵，这已经被施工实施所证明。

(5) 施工期间，洞内和地表多种量测项目的有效监测，为岩溶隧道的动态设计、施工决策和安全监控提供了可靠的依据，发挥了重要作用。

[参考文献]

[1] 关宝树. 隧道工程施要点集[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.

[2] 申志军. 复杂岩溶山区宜万铁路修建技术[D]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.

[3] 肖广智. 不良、特殊地质条件隧道施工技术及其实例[D]. 北京: 人民交通出版社, 2015.

作者简介: 蒋海华, (1985-) 男, 湖北仙桃人, 从事铁路工程施工, 单位: 中国铁路国际有限公司, 工程师。