

秦岭南麓岩溶发育地质特征及工程处理对策

陈广波

(中铁第一勘察设计院集团有限公司地质路基设计处,陕西西安710043)

摘要:通过西康一、二线的地质勘察对发育于秦岭南麓腹地的石炭系、泥盆系和寒武-奥陶系的海相沉积的巨厚层的碳酸盐岩建造中存在的岩溶现象的地质特征进行了论述,并结合既有工程修建所揭露的岩溶的发育程度及形态对秦岭南麓腹地发育的岩溶初步划分了垂直渗流岩溶带、水平潜流岩溶带。在此基础上提出了对于不同的岩溶类型和部位采取不同的工程处理措施。

关键词:岩溶;地质特征;工程处理;秦岭南麓

中图分类号:P642.25;U455 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)07-0076-04

Karst Development Geological Characteristics in South Piedmont of Qinling Mountain and the Construction Measures/CHEN Guang-bo (China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd., Xi'an Shaanxi 710043, China)

Abstract: Based on the geological exploration in the first and second railways of Xi'an to Ankang, the paper discussed the geological characteristics of karst phenomenon in the construction in the marine deposit extremely thick carbonate rock layer of carboniferous, Devonian and cambrian-ordovician, which developed in the hinterland of southern Qinling. According to the karst development degree and configuration revealed in the existing engineering construction, the karst was divided into vertical seepage karst zone and undersurface flow karst zone; and on this basis, it was put forward that different construction measures was applied for each karst type and part.

Key words: karst; geological characteristic; construction measure; south piedmont of Qinling Mountain

1 概述

横亘我国中西部地区的秦岭山脉不仅是我国一条重要的地形分界线,也是我国中西部地区的一条重要的气象及水系分水岭。由于秦岭特殊的地形、地貌及地质条件,秦岭山脉也是我国一个重要的大地构造单元及地质分界线。拟建的西安安康铁路增建二线将穿越秦岭南麓腹地。受岩性、构造、气象及水文等内外地质营力的影响,线路所经过地区的碳酸盐岩中不同程度的有岩溶现象发育。由于岩溶发育的隐蔽性给工程的修建将带来较大的风险,因此,查明岩溶的发生、发展规律及分布的地质特征对工程的修建将有着积极的意义。

2 区域地质背景

2.1 地形地貌特征

拟建铁路行经岩溶区在地形上属于秦岭南部中低山河谷区:由河流阶地、峡谷及中低山地貌组成。柞水至旬阳段为乾佑河、旬河峡谷区,山高谷深,山坡陡峻,自然坡度 $30^{\circ} \sim 55^{\circ}$,个别地段形成高约百米的悬崖,相对高差 $300 \sim 500$ m,断续有基底阶地发育。其中柞水至镇安段的可溶岩区地形陡峻,具

较为典型的笋状峰丛地和峰林谷地貌,河流蜿蜒曲折。镇安至旬阳段呈现岩溶发育的弱化岩溶地貌发育不甚典型的特点。

2.2 地质构造

线路行经地区位于秦岭山脉的中南部腹地,在大地构造单元上隶属于海西期的优地槽褶皱带。区内经历了多期次的褶皱运动。地质构造发育具有长期性和多期性,地质构造复杂,褶皱、断裂发育,岩石普遍变质,节理、片理发育。

3 岩石化学、矿物成分及岩体组构与岩溶的发育和分布关系

可溶性岩石是岩溶发育的物质条件。可溶性岩石的化学成分、矿物成分、岩石的组构等对岩溶的发展速度、发育程度、发育特征都有着明显的影响。拟建的西康二线铁路沿线可溶性岩石主要为碳酸盐类岩石,沿线出露广泛,与工程建设关系密切,见表1。

一般情况下,岩溶化程度最强的为灰岩,其次为白云质灰岩和白云岩,再次为泥质灰岩。沿线岩溶地区岩性多为灰岩,局部为白云质灰岩和泥质灰岩。

根据碳酸盐岩的结构,一般结晶程度愈高晶粒

收稿日期:2009-07-03

作者简介:陈广波(1962-),男(汉族),天津人,中铁第一勘察设计院集团有限公司地质路基设计处高级工程师,区域地质专业,从事铁路、公路及市政工程的地质勘察工作,陕西省西安市西影路2号,chengb517@163.com。

表 1 沿线可溶性岩石中方解石、白云石和不溶物的含量 /%

成分	最大值	最小值	平均值	样本个数
方解石	99	30	68.261	23
白云石	99	18	41.571	7
不溶物	52	1	22.458	24

愈粗,溶解度就愈大,岩溶发育也就越强烈;一般可溶岩层越厚,岩溶就越发育,且规模较大。

4 沿线岩溶特征及分带

根据既有线施工和调绘资料分析,秦岭南麓岩溶区具有以下几个特征。

(1)地貌上具有较为典型的笋状峰丛地貌。

(2)岩溶发育程度左岸强,右岸弱。

(3)地表岩溶现象弱,地下岩溶强烈。既有西康线陈家沟、油坊湾、古道岭、鱼洞峡、八亩坪、水田沟、狮子岩、鹰咀岩等隧道洞身均遇到不同程度的岩溶问题。

(4)岩溶规模大,形态多样。例如,陈家沟、油坊湾、古道岭遇有管道状、槽状、大厅状、蜂窝状、堆积层状等类型岩溶,分布较为集中,规模较大;镇安北鱼洞峡隧道出口遇到了无充填大厅状溶洞;赵湾附近鹰咀岩隧道中部遇到平行线路的槽状大溶隙。

(5)顺断裂、节理、裂隙、层面发育,贯通性很好。

(6)隧道施工中有突水、涌水、塌方、基底下沉等现象。如青铜关南既有狮子岩隧道中部曾遇到大股岩溶水。

5 岩溶地区工程处理对策

由于岩溶的复杂性和隐蔽性,在勘测时较难做出准确的定量评价,因此不少岩溶和溶洞是在施工中揭露的。隧道穿越岩溶的部位不同,其对隧道的影 响程度也不同,施工中曾出现过局部坍塌、突水突泥现象。为保证施工安全,曾采取了局部溶洞回填、变更围岩类别和衬砌类型、加强支护和基底架设托梁,并采用钻孔注浆、加强排水等应急措施。并预先在边墙基底进行槽探、综合物探和地质钻探,探明隧道下部隐蔽的岩溶,并按以下各种情况对隧道基底岩溶分别进行了处理和结构补强。

5.1 管道状、槽状溶洞地段

管道状岩溶规模小,直径一般 1~4 m,对隧道影响小,隧道周边空洞回填衬砌采用同级混凝土或 75 号浆砌片石;槽状溶洞宽度 1~4 m,内有松散堆积物充填,开挖易坍塌,但其周边岩体基本稳定,根

据溶洞的形态及其与线路相处的部位,拱部采用 I16 钢架支顶,基底在深度 2 m 内清除溶洞中堆积物和溶洞隧道侧挖台阶扩宽,后回填 75 号浆砌片石,顺线路方向架设钢轨托梁或钢筋混凝土托梁(见图 1)。

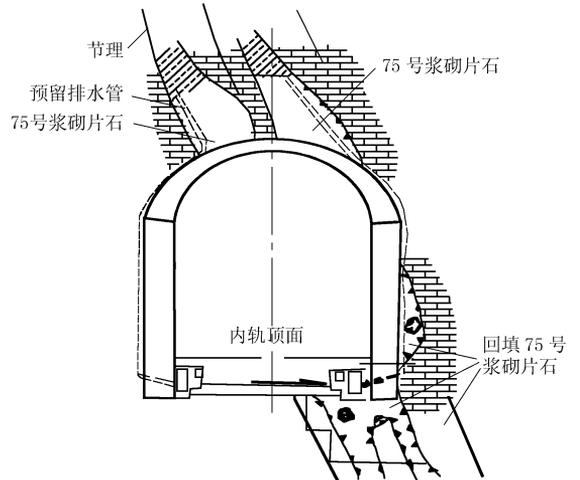


图 1 顺线路槽状空洞处理

5.2 蜂窝状溶蚀破碎灰岩地段

施工中既有古道岭隧道 JY II DK116 + 690 ~ 737、JY II DK116 + 808 ~ 818 拱部边墙局部呈蜂窝状溶蚀,由于周边岩体尚稳定,围岩级别由 II 级变更为 III 级。后因施工机械碾压,这两段隧底发生明显下沉,为保证安全,在边墙下部采用 Ø32 mm 锚杆加固和隧底注浆处理。JY II DK116 + 818 ~ 860 段出现管道状溶洞,围岩稳定性尚好,但隧底在施工机械碾压下出现明显下沉,经边墙槽探发现隧底为半充填蜂窝状岩溶,充填物为粉、细砂,粘性土夹块石等,施工通过这一段时发生涌水, JY II DK116 + 850 有一落水洞,是排泄地下水的通道。因此,边墙基础采用钢筋混凝土托梁,隧道基底采用底板梁处理,并用 150 号混凝土回填(见图 2)。

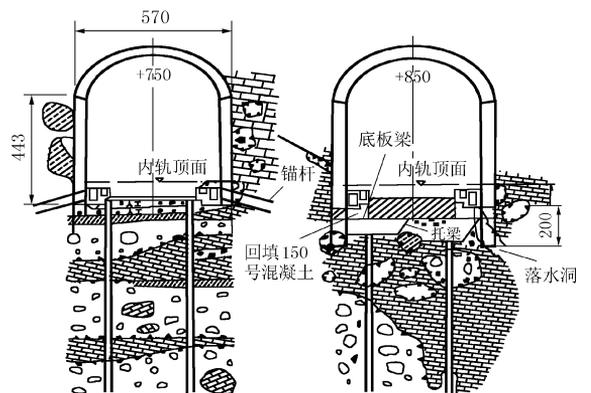


图 2 既有古道岭隧道边墙加固及隧底注浆

5.3 无充填的大厅状溶洞地段

无充填的大厅状溶洞,洞壁稳定性较好,当其位于隧道洞身或上部时,对隧道工程影响不大。位于下部时基底悬空,影响隧道衬砌结构稳定。既有线鱼洞峡隧道出口 JYDK131 + 950 ~ JYDK132 + 097 洞身左下部遇到大厅状溶洞,宽度 20 m。基底上部采用 150 号混凝土,下部采用 150 号片石混凝土或 100 号浆砌片石回填,左侧回填 100 号浆砌片石厚 2 m,以外回填弃渣(见图 3)。

5.4 半充填大厅状溶洞地段

在半充填大厅状溶洞地段,有岩溶水的松散土层段,按照 VI 级围岩,采用钢筋混凝土衬砌断面加强。为探明情况及早通过溶洞,采用上导坑开挖先拱后墙法施工,并在拱部前方采用 $\varnothing 50$ mm 长管注浆加固地层,导管管棚作超前支护,分两次衬砌,第二次衬砌与边墙一次灌注,拱圈厚 130 cm,两次衬砌之间与边墙后均设防水板(见图 4)。基底施工前

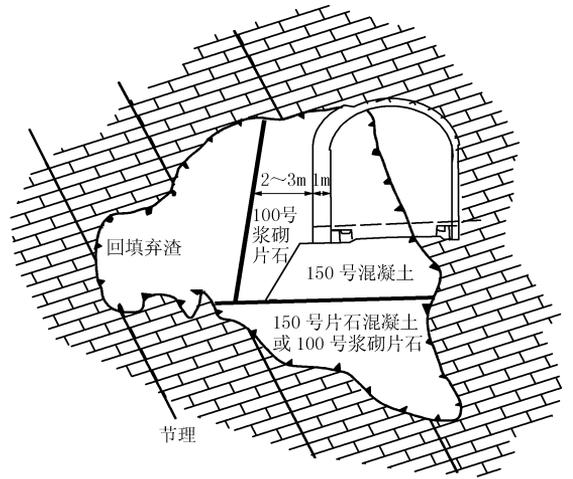


图3 既有鱼洞峡隧道大厅状溶洞

用重锤夯实或机械碾压,并回填碎石,钢筋混凝土仰拱施工时按设计预留注浆孔注浆。经衬砌加强和改变施工方法,该段得以顺利通过。

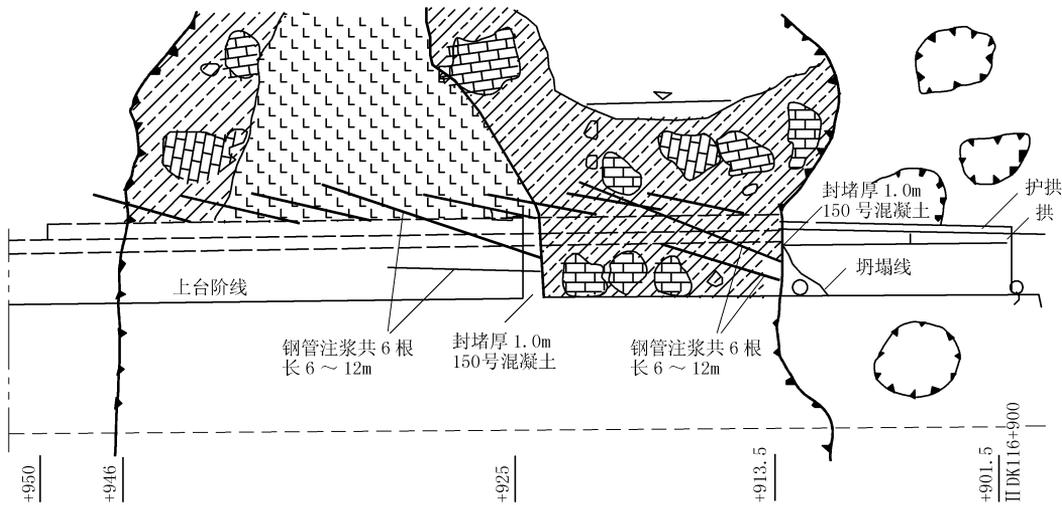


图4 既有古道岭隧道涌水、涌泥石流的松散堆积层

5.5 充填密实的大厅状溶洞地段

既有陈家沟隧道出口大厅状充填溶洞,充填物由粘性土、细砂、卵石土和溶蚀残留或洞穴坍塌大块石组成,无水,因位于缓坡和阶地下部,溶洞顶敞露,土层中密~密实,基底较稳定,围岩稳定性差。围岩级别由 IV 级降为 V 级,加强隧道超前管棚支护和采用 V 级围岩的曲墙加仰拱衬砌断面。溶洞充填物塌空处,用与衬砌同级的混凝土回填,拱部以上的空洞,用 75 号浆砌片石回填,回填不密实的,在衬砌背后压浆(见图 5)。

5.6 隧道基底岩溶的处理

隧道基底岩溶的处理原则是:当岩溶顶板厚度 > 10 m 时不作处理;当岩溶顶板厚度 < 10 m 时需作

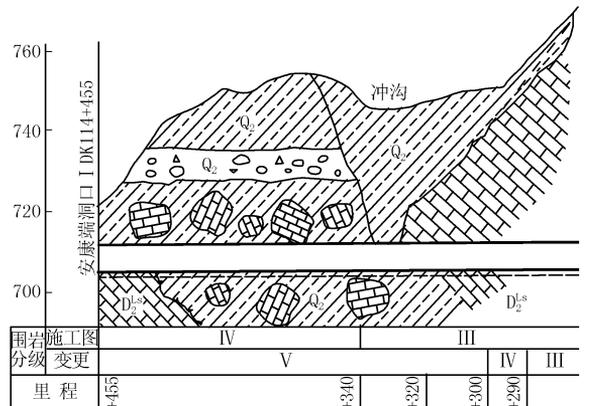


图5 陈家沟隧道出口充填的溶洞

处理,对其中有完全充填物的溶洞,其处理厚度达隧

底下 5 m 即可。隧道基底岩溶处理的方法主要有以下几种。

(1) 揭盖换填。对基底以下埋藏较浅,范围较大,对行车造成威胁的少数无充填的溶洞,拟采用揭盖换填碎石,并用浆砌片石或混凝土进行封闭的处理措施。

(2) 注浆整治。对基底埋藏较深,岩溶顶板或充填物较厚的隐伏岩溶密集地段,采用钻孔注浆进行处理。钻孔根据隐伏岩溶的分布布置,包括直孔

和斜孔两类。基底注浆分浅孔注浆(5 m)和深孔注浆(10 ~ 15 m)两种。

(3) 揭盖换填或梁跨、拱跨通过。对洞径较大、埋藏较浅、有坍塌危险的溶洞,有条件时用横向、纵向的梁跨或拱跨通过;无条件时,用浆砌片石回填或多种方法组合进行处理。

6 岩溶发育情况分类及处理措施

岩溶发育情况分类及处理措施归纳于表 2。

表 2 岩溶发育情况分类及处理措施表

岩溶分类	特征	溶洞形态	线岩溶率 /%	充填物状态	稳定性评价	建议围岩级别	建议隧底处理措施
A 管道状	A1 A2 A3	溶洞较小,多为零星孤立,直径 < 4 m,原岩结构保持完整	< 5 5 ~ 20 20 ~ 35	管道状,串珠状,槽状	中密 松散 空	II ~ III III	对浅层的进行换填,对深层的进行压浆处理
B 蜂窝状	B1 B2 B3	溶洞较发育,成群毗邻出现,直径 > 4 m。原岩结构已破坏,但仍残余框架状原岩	> 35	蜂窝状	围岩整体稳定,基底稳定性局部较差	III ~ IV	对浅层的进行揭盖换填或换填,对深层的进行压浆处理
C 大厅状	C	溶洞较大,直径 > 4 m	85 ~ 100	空洞	无充填或半充填	III ~ IV	进行浆砌片石回填或梁跨、拱跨处理
D 堆积层状	D1 D2 D3	原属大厅状溶洞,后溶洞被碎石土、粘性土完全充填	85 ~ 100	空洞内充填物呈松散堆积层状	密实 中密 松散	IV V VI	基底不厚时可换填处理,较厚时可采取桩基或压浆处理

7 结论

(1) 本线可溶性岩石直接出露于地表,秦岭南麓处于构造上升区,属裸露型岩溶。

(2) 本线碳酸盐岩类型较复杂,包含灰岩、白云质灰岩和白云岩等,岩溶尚发育,但沿线不同地段岩溶发育差异较大。柞水岩溶区为强烈发育,镇安隧道出口段为中等,其余地段为微弱。

(3) 岩溶发育在河流左岸强,右岸弱;地表岩溶现象弱,地下岩溶强烈;岩溶规模大,类型多,有管道状、槽状、大厅状、蜂窝状、堆积层状等类型岩溶,分布较为集中,规模较大。

(4) 岩溶区地形陡峻、地质条件十分复杂,现有勘探设备难以完全查清岩溶发育的具体里程段落、分布高程和溶洞规模。因此除了有一定的有效的工程处理措施以外在施工阶段还要采取综合勘探(物

探、钻探、槽探等)方法进行施工地质勘察,加强超前地质预报,必要时可预留一定的费用开展动态设计,以确保工程的安全可靠。

参考文献:

- [1] 王科. 圆梁山隧道毛坝向斜段岩溶洞穴的发育深度探讨[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(2): 139 - 143.
- [2] 向芳. 资阳地区震旦系古岩溶作用及其特征讨论[J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 421 - 424.
- [3] 顾家裕. 塔里木盆地轮南地区下奥陶统碳酸盐岩岩溶储层特征及形成模式[J]. 古地志学报, 1999, 1(1): 54 - 60.
- [4] 陈伟海. 峰林平原区含水层特征与地下水开发——以广西来宾峰林平原区为例[J]. 广西科学, 2000, 7(4): 289 - 292.
- [5] 王家骏. 岩溶地区坝基岩体质量工程地质分类[J]. 中国岩溶, 1992, 11(2): 105 - 117.
- [6] 徐国盛. 济阳拗陷下古生界潜山储集体特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 248 - 256.
- [7] 熊道锬. 岩溶发育垂直分带及其工程地质意义[J]. 四川地质学报, 2004, 24(4): 95 - 98.

中俄首座横跨黑龙江铁路大桥将于年内动工

新华网哈尔滨消息 连接中俄两国的首座横跨黑龙江的铁路大桥——中俄同江大桥将于 2009 年 10 月初动工建设。大桥预计于 2012 年建成并将成为连接俄罗斯与中国和其他亚太地区国家的便利交通走廊。

中俄同江大桥位于黑龙江省同江市与俄罗斯下列宁斯阔耶之

间,南起中国同江地方铁路同江北站,向北经哈鱼岛跨黑龙江后进入俄罗斯境内,在下列宁斯阔耶与比罗比詹至列宁斯阔耶铁路支线相接后可连通远东铁路。大桥设计总长度达 3000 多米,项目总投资估算为 2 亿美元,中俄双方各负担一半建设费用。大桥设计通车能力将达到每年 2000 ~ 2500 万 t。