# 浅谈岩溶地段隧道处理措施

黄继勇[1] 何现启[2]
(1. 浙南综合工程勘察院 2. 信息物理工程学院)

摘 要 岩溶给公路建设造成的工程地质问题是多方面的,处理好岩溶对隧道施工非常关键,隧道在溶洞地段施工时,应根据溶洞分布范围、类型情况(大小、有无水,溶洞是否在发育中,以及其充填物)、岩层的稳定程度和地下水流情况(有无长期补给来源、雨季水量有无增长)等,分别以引、堵、越、绕等措施,对地下水主要采取以堵为主的原则,要保证施工、结构和环境安全。

关键词 岩溶 地下水 隧道

岩溶对隧道的危害主要分为 4种类型: 1)洞穴的存在使建筑物全部或部分悬空,极大地降低了隧道的使用可靠度; 2)岩溶水,特别是当 $CO_2$ 等可溶性物质含量增高时,水的流通将给隧道结构带来极大的侵蚀作用,影响隧道的使用寿命; 3)洞穴堆积物因松软易坍塌下沉,改变洞穴周边的应力分布形态,影响隧道的稳定; 4)隧道中地下水流失,使隧道顶部地面岩溶塌陷,导致环境地质被破坏,也是造成隧道结构不稳定的原因。正确处理溶洞对隧道施工具有重要意义[1]。

## 1 处理原则

(1) 岩溶水处理:排堵结合,以堵为主,限量排放。可以采用桥梁、暗沟、涵洞(泄水洞)、渗沟等方式排水以及浆砌片石封堵、帷幕注浆堵水等方式控制地下水流失,保持水环境的平衡。

(2) 小型溶洞:对溶洞规模较小,岩壁较为稳定、不发育、无水的溶洞,可采用浆砌(干砌)片石封闭、回填,护拱防护、加强衬砌、抛石注浆、隧道底板设梁通过等方案。

(3) 大型溶洞:当溶洞规模较大时,可采取以下两种方式通过: 1)设筒支梁、栈桥、拱桥、边墙拱、支托等形式跨越。 2)设支承墙、支承柱、拱桥、挖孔桩等形式支顶[2]。因地制宜,综合治理,就是根据隧道所处的工程地质和水文地质条件及周围环境条件,采取多种方法进行综合治理。

## 2 处理

岩溶问题对隧道施工而言,归纳起来是水、溶洞洞穴及其充填物的危害,应按其性质及其与隧道的关系采取相应的工程措施。

### 2.1 地下水的处理

在隧道设计、施工中,以往对地下水的处理方式会造成大量地下水的流失。据统计,某些山岭隧道排水,导致居民、牲畜饮水紧张。特别是当岩溶水 $CO_3^{-}$ 等含量增高时,水的流通将给隧道结构带来极大的侵蚀作用,影响隧道的使用寿命。岩溶堆积物因地下水的流动而坍塌下沉改变洞穴周边的应力分布形态,影响隧道的稳定。隧道中地下水的流失,使隧道顶部地面塌陷,造成隧道结构的不稳定。因此,必须对这种大涌水量的岩溶水进行防治[3]。

国内外已建成大量隧道,逐步形成了较成熟的结构设计计算理论与工程实践体系,但在隧道的防水治理方面认识则相对落后。在以往铁路隧道无论设计还是施工,对水的处理多是“以排为主,排堵结合”,遇水多以暗沟、管道、涵洞、泄水洞、明渠、渗沟、拱桥或增加辅助导坑等截流排除地下水。但对地下水采取以排为主的防水原则,造成地面和地下水大量漏失,可使隧道地区大量农田干旱,地下水漏失,造成森林枯死,严重影响当地的自然环境。因此可以采用以堵为主,排堵结合的原则[4]。

采用以堵为主的防水原则,防止地下水在隧道中渗漏和漏失,高等级公路隧道不允许出现渗漏水,经研究,提出了采取以堵为主的防水原则,要求采用新技术,把地下水堵住。主要技术措施是在隧道防水地段因地制宜地采用全断面预注浆、裂隙注浆、喷射混凝土等,尽快将渗水通道堵住。如地质预探含水量较大,可能有涌水出现时,宜采用全断面预注浆的方法,将水流封堵在开挖面之外,即在隧道周边打孔,以高压的水泥浆液(或水泥—水玻璃浆液)注入

收稿日期〕 2007 - 5 - 18



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岩石裂隙,使隧道沿周边形成一个密封环;若含水量不大,开挖后在出水点进行局部裂隙注浆予以封闭;渗漏水不多时,初期支护的喷射混凝土即可防止残余水浸湿。另外,二次衬砌还采取了结构防水措施,即在初期支护与二次衬砌之间敷设一层无纺布及全封闭的橡胶防水板(或塑料防水板),接缝处设置止水带。采用多层次防水措施能够防止公路隧道中地下水渗漏。

具体施工时,可根据岩溶水对隧道的不同影响及具体施工条件,采取不同的防治措施。隧道内对岩溶水的处理,应视隧道所在的地质条件,岩溶发育分带水的性质和流量大小,采取大疏,小堵,疏堵结合,以疏为主和地表地下综合治理的方法分别处理。大概具体处理可分两种情况:

(1) 隧道施工并未切断地下水的主天然通道:对于这种情况,如果采用排的方法可使地下水流失,影响周围环境,因此,可采用全堵的方法。对于大股流的岩溶水可采用全面注浆封堵法,注浆加固范围应为隧道开挖轮廓以外 1～2倍洞径,注浆段长应取 30m左右,注浆孔孔径应为 90～108mm,注浆终止压力应为水压力的 2～3倍,浆液扩散半径为 0.5～2.0m。如隧道周边存在大面积湿渍或渗漏水现象,则应采取径向注浆进行封堵。注浆加固范围一般为隧道开挖轮廓线外 (0.5～1.0)D,D为隧道直径。如岩层的溶隙、软弱夹层的局部有股状涌水现象,出水比较清澈,受大气降雨影响不大,其处理方法有直接封堵法和间接封堵法。对于涌水压力 $P \leq 0.5$MPa的股状出水点,如来水方向可以确定,可采用直接封堵法进行处理。沿着出水部位和出水方向直接钻孔,孔间距应控制在 0.5～1.0m,钻孔深度应为开挖轮廓线外 (0.5～1.0)D,如孔内的出水部位距离孔口较远,可安设和钻孔长度一样的注浆花管;如孔内的出水部位距离孔口较近,可安设 2.0m左右的孔口管。对于涌水压力 0.5MPa < $P \leq$ 1.0MPa的股状出水点,或来水方向不能明确判断的出水部位,可采用间接封堵法进行处理。在围岩表面距离出水部位 0.5～1.0m处,向出水方向钻斜孔,孔间距控制在 0.5～1.0m,钻孔深度与直接注浆法类似,大部分孔应穿过出水岩层,将水引出。

(2) 当隧道施工切断天然主通道:对于这种情况,如果采用堵的方法,会对施工和运营安全不利,增加施工成本,而且影响周围环境。因此必须采取引水的方法。如当暗河和溶洞有水流时,就应宜排不宜堵。在查明水源流向及其与隧道位置的关系后,用暗管、涵洞、小桥等设施,渲泄水流 (图 1)或开凿泄水洞 (图 2),将水排出洞外。当水流的位置在隧道上部或高于隧道时,应在适当距离外,开凿引水斜洞 (或引水槽)将水位降低到隧道底部位置以下,再行引排 (图 3)。

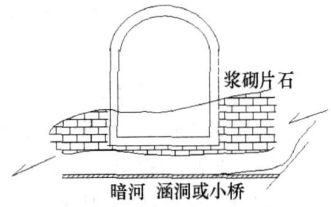



图 1 桥涵渲泄水流

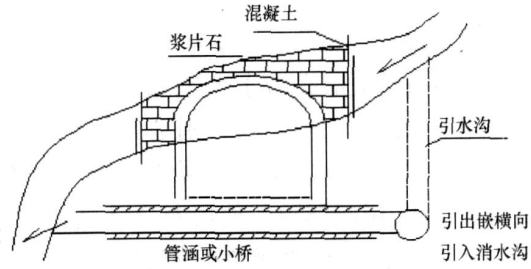



图 2 泄水洞

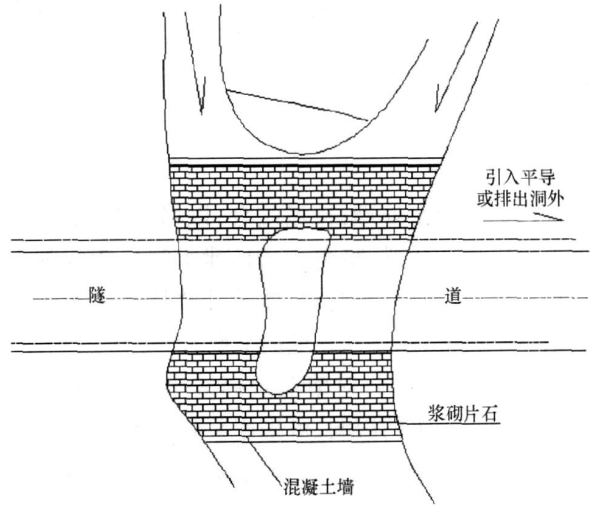



图 3 引水槽

### 2.2 洞穴处理

根据岩溶洞穴的大小、位置、稳定性,分别采取相应的工程措施。具体处理如下:

(1) 隧道拱部的空洞视其稳定性、溶洞岩石破碎程度采用喷锚支护加固,加设护拱及拱顶回填的办法处理。

(2) 拱以上空溶洞,可视溶洞的岩石破碎程度采用喷锚支护加固,或加设护拱顶回填的办法处理。

(3) 对已停止发育,径跨较小,无水的溶洞,可根据其与隧道相交的位置及其充填情况,采用混凝



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

土、浆砌片石回填封闭。

(4) 当隧道一侧遇到狭长而较深的溶洞时,可加深该侧基础通过。

(5) 当隧道底有较大的溶洞并有流水时,可在隧道底部以下砌筑浆砌片石支墙,支承隧道结构,并在支墙内套设涵管引排溶洞水。

(6) 当隧道边墙部位遇到较大、较深的溶洞,不宜加深边墙基础时,可在边墙部位或隧底以下筑拱跨过。

(7) 当隧道中部及底部遇有较狭窄的溶洞时,可加强两边墙基础,根据情况设置桥台、架梁通过。

(8) 溶洞上大下小且有部分充填物时,可将隧道顶部的充填物清除,然后在隧道底部标高以下设置钢筋混凝土横梁及纵梁,横梁两端嵌入岩层。

(9) 跨越当溶洞较大较深,可采用梁、拱跨越。但梁端或拱座应置于稳固可靠的基岩上,必要时用水泥加固。

(10) 暗河的处理:1)涵、管跨越如隧道底部存在小体积的溶洞空腔或暗河,且宽度和深度都较小,可在隧道底部设置暗涵、管跨越;如顶部存在溶洞空腔,有水流过,则应在顶部设置暗管跨越或将水引入隧道底部跨越。2)桥梁跨越如隧道底部存在大体积的溶洞空腔,且宽度和高度都较大,可采用桥梁跨越。但施做墩、台时,一定要探明河底的地质情况,合理选取桩的受力形式,确保基础的稳定性。

### 2.3 填充物

充填物的处理可分以下几种情况:

(1) 如溶洞局部、小部含充填物,可先清除充填物,再按相应的溶洞空穴处理措施处理。

(2) 如隧底遇充填物溶洞,规模不大,可采用换填局部充填物或设钢筋混凝土盖板通过,如规模较大,可采用钻孔桩基础以桥式结构跨越。如隧道底部为松散或软塑状的粘土或砂粘土沉积物,为了防止列车运行过程中结构产生固结沉降,应加强对基底的处理,隧道底部的处理可采用注浆加固、换填、桩基等方法。1)基底换填:如果基底溶洞充填物的厚度小于 2.0m(2.0m以下为基岩或微风化地层),可以考虑采用换填方法,换填材料可以选用浆砌片石、混凝土等。2)基底注浆加固:如基底溶洞充填物的厚度为隧道仰拱以下 2.0～10.0m,可考虑采用注浆加固法。钻孔应深入基岩 3.0m左右,孔间距为 1.0～2.0m,注浆管宜选用无缝钢管,直径为 76～108mm,注浆材料宜选用普通水泥或超细水泥浆,注浆压力不应大于 1.0MPa,注浆管上端应和仰拱相连,以提高支护结构的强度和刚度[5]。

(3) 如工作面为含水的粉细沙或硬塑的粘土、沙粘土,采用渗透注浆、挤密注浆、劈裂注浆都十分困难时,可采用置换注浆法,即在工作面进行注浆工程中,在距离注浆孔 2m左右,预留几个排泄孔并安设孔口管和阀门,将泥砂适量排除,用浆液充填其留下的空隙,起到加固地层的目的。该方法可以降低注浆压力,促进浆液的扩散。

(4) 如整个隧洞都在充填物内,可采用台阶法施工,超前小管棚或大管棚注浆,加强支护手段,及早封闭仰拱或临时仰拱,衬砌紧跟,加强衬砌结构的方法通过[6]。

## 3 结论

岩溶处理是一项复杂的技术,应因地制宜,综合治理。一方面应考虑对周围环境及居民生产、生活的影响;另一方面应一次根治,不留后患,确保隧道施工和运营安全。以往采用以排为主的方法,会给周围环境产生严重影响,因而目前逐渐转为以堵为主的原则。但对溶洞进行封堵时,一定应认真测定溶洞的水量、水压,正确判定水流方向,并对涌出物进行分析,以便合理选择注浆方式、材料、参数、工艺、设备。对于不同大小、不同位置的溶洞要采取不同的措施。

### 参 考 文 献

[1] 钟传江,胡蕊芬,焦南稳. 隧道岩溶整治与支护施工工艺的探讨. 采矿技术, 2004, 4(1): 58 - 59.

[2] 韩星俊. 岩溶隧道处理方法初探. 铁道标准设计, 2004(12): 88 - 90.

[3] 赵 健. 隧道岩溶水地质灾害治理. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(3): 112 - 115.

[4] 郑光荣. 现代科技在公路隧道建设中的应用. 公路, 1994(9): 4 - 6.

[5] 李治国. 隧道岩溶处理技术. 铁道工程学报, 2002, 76(4): 61 - 67.

[6] 陈大军. 浅淡岩溶地段隧道处理措施. 隧道建设, 2001, 21(4): 8 - 12.

**第一作者通讯地址**:浙江省丽水市莲都区三岩寺浙南综合工程勘察院 **邮编**: 323000



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net