

隧道岩溶处理面面谈

张 延

(中铁二局集团 内昆铁路工程指挥部,云南 水富 657800)

摘 要:岩溶对隧道工程的影响主要是洞害、水害、洞穴充填物及坍塌、洞顶地表塌陷4个方面。介绍了内昆铁路、南昆铁路部分典型隧道溶洞的处理方法和措施。

关键词:隧道;岩溶;处理措施

中图分类号:U457+.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3746(2001)02-0064-03

1 岩溶的形成及其对隧道工程的影响

岩溶是地表水和地下水对可溶性岩层经过化学作用和机械破坏作用而形成的各种地表与地下溶蚀现象的总称。通常情况下,岩溶发育的条件有3个,一是岩石有可溶性与岩石裂隙,可溶性岩石主要包括石灰岩、白云岩、石膏、岩盐等;其次是水的侵蚀作用;最后是水的流通条件。另外,隧道所处地形、当地的降水量的大小及覆盖隧道表面土体的性质也是造成岩溶发育的重要因素。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,将极大地降低隧道的使用可靠度。

(2)岩溶水特别是当CO₃²⁻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。

隧道施工遇有岩溶危害时,可根据岩溶对隧道不同的影响情况及具体施工条件,采取不同的处理措施。以下列举了内昆铁路和南昆铁路几处典型隧道岩溶处理措施,以求对隧道通过不同形态岩溶地段的处理作一概述。

2 隧道通过岩溶地段的主要处理措施

2.1 洞穴的处理

2.1.1 跨越处理

当溶洞规模较大,溶洞内充填物松软,基础处理工程修建困难、耗资巨大,或者溶洞虽小但要求不堵塞水流时,可根据具体条件采用相应的梁跨、板跨等形式跨越岩溶地段。图1是南昆铁路沙厂坪1号隧道,线路右侧边墙通过纵长20m的溶洞,采用24m超低高度钢筋混凝土梁跨越,梁体采用抗侵蚀混凝土。该段隧道部分衬砌采用明洞形式,隧道衬砌左边墙底用砂浆锚杆固于基础上,右边墙梁按梁结构设计,施工时采用先拱后墙法,使边墙在拱圈保护下安全施工。边墙

梁支座与行车台座间,边墙梁与隧道衬砌连接处均设置断缝。右边墙底加设联系钢筋,增加与边墙梁之间的联接。

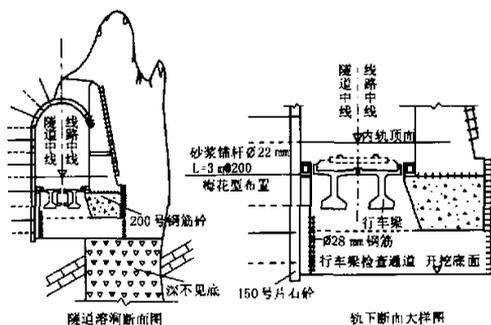


图1 沙厂坪1号隧道溶洞处理图

图2是内昆铁路深溪坪1号隧道和鲢鱼洞隧道分别采用4片跨度为10m和2片跨度为16m的低高度钢筋混凝土梁跨越溶洞的情况。

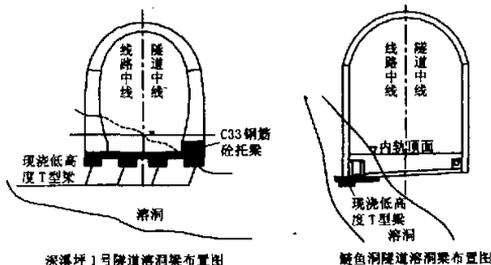


图2 深溪坪1号隧道和鲢鱼洞隧道溶洞处理图

2.1.2 封闭处理

已停止发育的干溶洞,可采用混凝土、浆砌片石或干砌片石堵塞、充填。图3是南昆铁路干庄隧道,穿越一水平发育溶洞,施工时在两侧边墙衬砌外采用100号浆砌片石封闭,设置砂夹卵石过滤层。隧道采用虹吸拱顶排水方案,在隧道顶部扩挖长20m、高4m、宽4m的排水通道,并采用双

收稿日期:2000-09-27

作者简介:张延(1972-),男(汉族),湖南新化人,中铁二局集团内昆铁路工程指挥部工程科副科长,工程师,桥梁及隧道工程专业,硕士,从事地下及隧道工程施工技术管理工作,云南省水富县云水宾馆,(0870)8635785,zy100@ynmail.com。

层网喷混凝土支护,钢筋直径为6 mm、间距为25 cm,喷射混凝土厚度达20 cm。

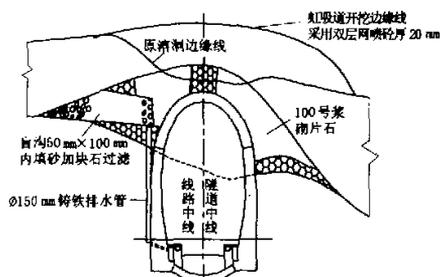


图3 干庄隧道溶洞处理图

2.1.3 锚杆、钢管加固处理

为防止洞穴壁或顶板坍塌,在清除松动岩石困难的情况下,可采用锚杆或大钢管、钢轨加固岩体。图4是南昆线白石山隧道通过溶洞施工处理图。为保护隧道衬砌不受溶洞洞壁破碎岩石的过大压力或坍塌导致破坏,对隧道衬砌顶部回填体表面采用0.2 m厚的150号混凝土护面,其下铺砌厚度为0.5 m浆砌卵石,对回填体以上7 m范围内溶洞洞壁采用锚杆、钢筋网、喷混凝土封闭支护,支护参数为200号喷射混凝土厚8 cm、 $\phi 8$ mm钢筋网网格间距25 cm \times 25 cm,锚杆直径为22 mm,间距为1.5 m,每根长度为3 m,梅花形布置。该段隧道高度较大的溶洞,设置横向钢轨横撑,宽敞的岩溶大厅设“人”字形钢轨棚架。

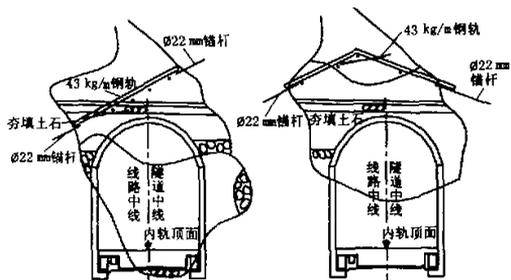


图4 白石山隧道溶洞处理图

2.1.4 支顶处理

图5是南昆铁路高寨1号隧道通过一长23 m、高16 m、宽25 m的大溶洞,溶洞由碎块石充填,充填物最深可达路基

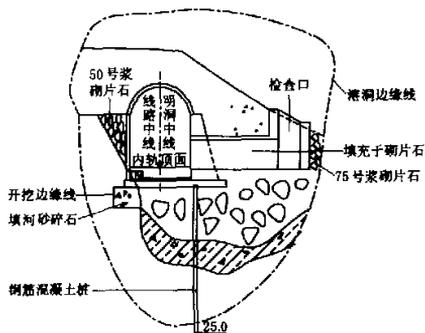


图5 高寨1号隧道溶洞处理图

面以下24 m,由于受一条压扭性断层影响,溶洞围岩破碎,节理发育,水量较小。为保证隧道运营期间的安全,该段隧道衬砌按明洞衬砌断面施作,左侧边墙回填50号浆砌卵石,隧道底部采用钢筋混凝土底板,清除底板下粘性土体,回填碎石,并在隧道右侧边墙下加设钢筋混凝土桩,桩的尺寸为0.75 m \times 1.5 m,纵向间距1.5 m。

2.2 岩溶水的处理

2.2.1 泄水洞

对岩溶水的处理原则是以排为主,截、堵、排、防相结合的综合处理措施。为防止岩溶水突然袭击,施工中要采用超前钻孔探测,预备足够的抽水设备。当隧道岩溶水较大时,泄水洞是达到排除岩溶水,降低地下水位,保持隧道干燥的有效手段,泄水洞应位于地下水来向的一侧。图6是内昆铁路普洱渡隧道,距离出口约330 m处遇一溶洞,该溶洞从线路左侧拱腰处向下于线路右侧拱脚处横穿隧道,溶洞枯水期间水流量约为75 m³/h,雨季流量达5000 m³/h,涌水量大,给隧道施工造成了很大困难。因此在线路左侧设一泄水洞,泄水洞与隧道之间溶洞段采用75号浆砌卵石回填,并及时加固上部,按间距1 m加设 $\phi 22$ mm砂浆锚杆,挂 $\phi 8$ mm钢筋网喷射混凝土,喷层厚度为12 cm。由于该隧道是内昆铁路北段控制工程,受工期限制,在泄水洞未施工完成前,为保证隧道正常施工,采用临时排水措施,于两侧边墙处设钢支架,钢支架上用 $\phi 150$ mm钢管过水,并对部分地段衬砌进行深孔注浆,设锚杆、钢轨以加强衬砌。通过处理,隧道顺利通过该段溶洞。

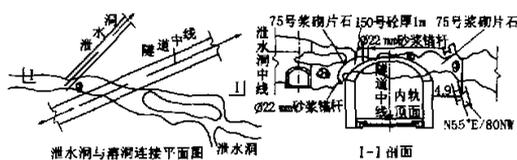


图6 普洱渡隧道溶洞处理图

2.2.2 涵洞排水

图7是南昆铁路新桥隧道,该隧道横穿一溶洞,经勘测,溶洞左右两侧高差约为5 m,岩溶水右线右侧流向线路左侧,在左侧溶洞尽头有一股垂直流下的水流流入溶缝,水流量较小。为保证岩溶水畅通,在隧道底部设1~1.0 m钢筋混凝土涵洞,涵洞出入口周边至隧道边墙外用100号浆砌卵石回填密实。处理后,隧道内较干燥,效果良好。

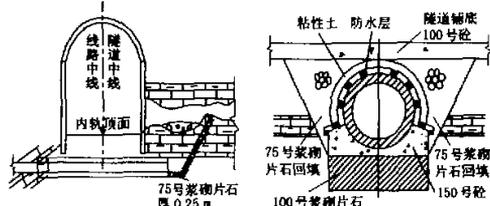


图7 新桥隧道溶洞处理图

2.3 岩溶洞穴堆积物的处理

洞穴堆积物的特点是松软、下沉量大、强度低、稳定性差。当隧道必须穿越洞穴堆积物地段时,可采用桩基、换填、注浆等加固岩体的处理措施。

2.3.1 注浆

图8是南昆铁路铝厂隧道,该隧道横穿一较溶洞破碎带。溶洞横向范围较小,施工时采用清除溶洞填充物后,修筑衬砌仰拱,对底部人工填筑土体进行压浆加固,衬砌底部设置 $\text{O}42\text{mm}$ 压浆花管,按间距1m的梅花形布置,压注水泥砂浆,施工时注浆压力为0.5 MPa。隧道拱部回填块石,100号浆砌石护拱,护拱厚度为1m,并在线路左侧采用150号浆砌石护墙,护墙与溶洞洞壁间用干砌片石回填。

图8 铝厂隧道溶洞处理图

2.3.2 换填

图9是南昆铁路长地隧道,该隧道位于白云灰质岩中,节理较为发育,开挖后遇一溶洞,并且横穿溶洞堆积带,施工中隧道底部采用50号浆砌石和100号混凝土换填。

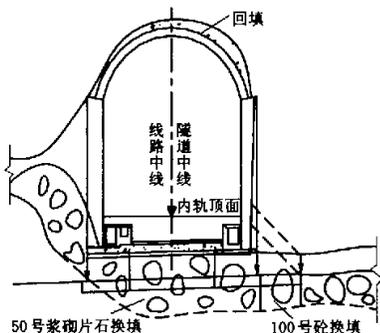


图9 长地隧道溶洞处理图

2.4 岩溶地面坍塌的处理

隧道中地下水渗流排泄,导致岩溶地面坍塌,使地质环境遭到破坏,造成隧道开挖时塌方、涌水、涌砂及突泥等危害。隧道通过岩溶地段时地面坍塌形成过程和突然发生所参与的方量相当复杂的。图10是内昆铁路王家梁隧道,在洞身开挖过程中因挖掉具有充填物的溶洞底部,引起地表发

生坍塌,形成漏斗,造成隧道内涌水、突泥十分严重。施工中采用化学注浆和管棚支撑开挖,在地面采用钢筋混凝土锚固桩稳固坍塌体,同时从地表高压注浆,阻截突泥。

3 隧道岩溶处理综述

隧道通过岩溶地段的处理方法很多,归纳起来,主要有以下一些处理方法:

3.1 对洞穴的处理

隧道内增设边墙梁及行车梁、托梁、支墩、悬壁梁承托纵梁、拱桥、加大隧道净空宽度跨度跨越岩溶或对隧道周边岩体进行封闭、注浆加固、支顶加固、加强衬砌,某些情况下亦可绕避洞穴。

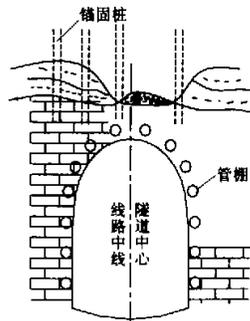


图10 王家梁隧道溶洞处理图

3.2 排水处理

暗沟、管道、涵洞、泄水洞、明渠、渗沟、拱桥或增加辅助导坑截流排除地下水等。

3.3 洞穴充填物的处理

通过对洞穴充填物进行换填或加设桩基础、悬喷桩、设置隧道拱部拉杆等。

3.4 地表坍塌的处理

管棚支撑、地表注浆、锚固桩等。

另外,有资料表明,当溶洞不具有坍塌条件的完整顶板,其厚度大于、等于跨度的1/2时或当溶洞节理裂隙发育,且胶结不良,具有坍塌条件的不完整顶板,其厚度大于、等于洞高度的5倍时且无明显渗、漏水的情况下可以不处理而直接通过该溶洞。

参考文献:

- [1] 林蔚深.铁路工程设计技术手册[M].北京:中国铁道出版社,1995.
- [2] 张悦.第五届国际工程地质会议论文集[C].北京:铁路地质和路基工程科技情报中心,1987.