

高速公路岩溶隧道溶洞处理施工技术

范小虎

成都市路桥工程股份有限公司

DOI:10.12238/btr.v6i4.4170

[摘要] 我国的高速公路工程项目随着国家的发展和进步逐渐增加,高速公路中隧道施工也逐渐增多。由于我国岩溶分布区域较为广阔,这也是导致岩溶隧道成为高速公路建设工程中较为常见的地质灾害之一。岩溶隧道溶洞的产生是由于地表水或地下水对石灰岩层经过化学作用或冲刷而形成的地下溶蚀现象。溶洞具有严重的腐蚀作用,对高速公路岩溶隧道的施工有着严重的影响,不仅会导致隧道内部结构物部分及全部悬空,还会降低隧道的使用可靠性。因此要及时处理隧道施工中的溶洞,以保证隧道的建设安全。基于此,文章就高速公路岩溶隧道溶洞处理施工技术进行了分析。

[关键词] 高速公路; 岩溶隧道; 溶洞; 处理

中图分类号: U412.36+6 **文献标识码:** A

Construction Technology for Treating Karst Caves in Expressway Karst Tunnels

Xiaohu Fan

Chengdu Road & Bridge Engineering Co., Ltd

[Abstract] With the development and progress of China, the number of expressway engineering projects in China is gradually increasing, and the tunnel construction in the expressway is gradually increasing. Due to the wide distribution of karst in China, the karst tunnel has become one of the common geological disasters in expressway construction projects. The generation of karst cave in karst tunnel is the underground dissolution phenomenon formed by the chemical action or erosion of the limestone layer by surface water or groundwater. Karst cave has a serious corrosion effect, with a serious impact on the construction of expressway karst tunnel, which will not only lead to some and all suspension of the internal structures of the tunnel, but also reduce the use reliability of the tunnel. Therefore, it is necessary to deal with the karst caves in the tunnel construction in time to ensure the safety of the tunnel construction. Based on this, this paper analyzes the construction technology for treating karst caves in expressway karst tunnels.

[Key words] expressway; karst tunnel; karst cave; treatment

要致富先修路,随着国家的扶贫攻坚项目的推进,高速公路建设项目工程越来越多,这类工程设计的范围较广,有些地区处在崇山峻岭之中,需要开凿大量的隧道才能完成工程的建设。由于有些地区的岩溶地段较多,如果在这类地段进行隧道的施工,容易影响其安全和质量,这也成为了高速公路隧道工程的难题之一,同时也是相关施工部门需要重点处理的一个危险源。对岩溶隧道中溶洞的合理处理在很大程度上会直接影响到隧道的施工进度及安全,因此施工部门要依据隧道工程的实际,对不同的溶洞采取不同的处理技术,对高速公路岩溶隧道的顺利施工具有重要意义。

1 岩溶的形态与发育条件

1.1 岩溶的形态

受到岩溶的作用以及机械冲刷缺陷导致地表和地下出现溶

沟、溶蚀裂、漏斗、溶蚀洼地、落水洞、坡立谷、峰林、干谷、溶洞、暗河。

1.2 岩溶发育的基本条件

一方面是可溶性岩石分布,比如石灰岩、辉绿岩、橄榄石、沉积岩;另一方面,透水性好和缝隙发育的石灰岩,主要是指断层层以及破碎带。此外,地下水的侵蚀作用也影响岩溶发育。

2 高速公路岩溶隧道溶洞的危害分析

溶洞对高速公路隧道的主要危害表现为:

2.1 溶洞的塌陷危害

高速公路岩溶隧道周围的山体或墙体由于溶洞存在的原因,普遍会存在悬空的现象,这种现象无疑会降低隧道工程的可靠性,不管是在高速公路隧道工程的施工过程中或是竣工后投入使用后均会受到影响。在高速公路岩溶隧道的施工过程中通常

会对溶洞进行机械挖掘、开山放炮等外力作用,这时岩土的重力与围岩摩阻力之间的平衡会被打破,随之就容易导致洞穴的塌陷。溶洞的塌陷一方面会严重影响隧道的施工安全,另一方面也会对施工区域的地表结构产生不良影响,致使建筑物产生裂缝甚至坍塌,严重的会导致当地地表水下降、消失,对当地老百姓的正常生活产生较大的影响。

2. 2岩溶堆积物的危害

这类危害一般常见于全填溶洞或半填充溶洞中,由于此类溶洞中存在较多堆积物,这些堆积物的摩擦力不够强,极易发生坍塌下沉,而且这种坍塌状况发生较为突然,如果溶洞内施工的员工躲避不及时,就会造成伤亡现象,机械设备运送不及时也会受到损坏。

3 高速公路岩溶隧道溶洞处理需要遵循的原则

3. 1灵活性原则

在进行溶洞的处理时,要根据溶洞岩壁的断面形状、尺寸、材质,因地制宜选择不同的施工方案,而不是选择同一的固定处理技术对溶洞实施处理。如果一种处理方案的施工效果不好,可随时灵活的转换为另一种方案。但是要注意的是高速公路隧道施工的各部门要进行及时的沟通及合作,这样才能使隧道的施工更为顺利。

3. 2可持续性原则

施工单位就需要根据溶洞前后地质的差异性,选择不同的处理技术。由于高速公路隧道的施工周期较长,因此施工单位更应注意隧道的使用质量、周期,根据可持续性原则,选择合适的施工处理方案,以此确保高速公路隧道的使用时间达到最长。

3. 3合理性和科学性原则

合理性原则指的是高速公路岩溶隧道的施工过程要符合相关的法律规定,根据法律规章制度要求进行合理的施工和建设。科学性原则指的是在对选择溶洞的处理方案时,需要的选择的是易操作、可行的,要全面考虑施工现场的机械设备情况、施工人员的技术水平及掌握的溶洞处理技术等,以此降低施工难度。

4 高速公路岩溶隧道溶洞处理施工技术分析

4. 1结合地质灾害范围选用处理技术措施

由于岩溶地质基本上都属于碳酸盐岩地貌,由各种沉积类型的碳酸盐岩地层发育而成,若是在这一地质结构上开展施工作业,需要面对不稳定的岩溶地基、容易出现塌陷现象的岩溶地表以及可能发生开裂、突水、变形问题的岩溶地面。因此,在开展高速公路岩溶隧道施工作业时,需要面向隧道及其周围对其地质进行仔细勘察,掌握岩溶隧道的分布地层、基岩、地下水类型、孔隙水赋存情况、岩溶裂隙水含量等信息,掌握施工区段多样化的岩溶形态,分析可能出现的地质灾害,然后确定岩溶地质灾害处理范围。以注浆加固这一主流防治技术而立,若是高速公路岩溶隧道地质灾害需要用到此项技术加以预防、治理,那么在实际施工过程中,相关人员应把握岩溶地质的相对复杂性,将其应用于溶洞断面的处理工作中,依托于隧道拱腰上方和外扩洞径等方面预加固处理技术的落实实现对岩溶地质灾害的有效防

控。在对岩溶地质灾害处理范围进一步确认时,相关人员应根据隧道区段溶洞的具体类型采取针对性处理技术措施,具体如下:

4. 1. 1半填充和非填充溶洞

可选用C15或C20素混凝土材料对非填充和半填充的岩溶溶洞进行填充,针对剩余部位和空间,则结合使用水泥砂浆即可,为使密实度达标,可以采用注浆填充技术,以此保证技术实施效果。

4. 1. 2全填充类型溶洞

对于全填充类型的溶洞而言,首要步骤是对溶洞内的填充物进行分析,根据其性质判断注浆必要性。此外,若是溶洞内存在断面,开展相关加固作业需要涵盖隧道拱顶环周边 5cm 范围,然后再开展断面开挖作业,这主要是因为隧道穿过粘土、砾岩、溶沟、裂缝发育等区域,若是不采用上述措施极易影响加固效果。针对已经掌握具体位置信息与分布情况的溶洞,最好选用注浆填充技术,并结合运用水平注浆,以此处理溶洞内现有的断面地层,保证岩溶地质灾害处理加固效果。

4. 1. 3灌注砂浆法

该方法主要是利用灌砂浆填充溶洞空间,通过压浆方式实现沙砾板结并凝固成为混合体,由此避免钻孔期间漏浆和踏孔,全用的压浆材料为普通硅酸盐水泥,要将之前设置 4 个空洞,在一个孔洞内压浆其余三个孔洞检查砂浆标高,注浆过程中需要轮流进行。

4. 1. 4旋喷帷幕法

该方法主要借助钻机成孔把带有喷嘴的喷管下放到指定深度,之后借助高压脉冲泵形成喷射流,喷射出的水泥浆液搅动周围土体,并且让喷杆旋转和提升,实现土体混合水泥浆液,凝固成为浆体,之后在灌注桩周边形成较为封闭的旋喷桩墙。要点在于水泥浆水灰比控制在0.8-1.0,泵压控制在20-25兆帕,流量为每分钟70-100毫升,每分钟提升速度15-20厘米,每分钟转速为10-15转。

4. 1. 5抛填片石粘土法

这种技术就是在钻穿溶洞泥浆的过程中反复投入片石以及粘土,然后通过钻头冲击,把片石和粘土挤入溶洞的缝隙当中,还可以加入水泥、锯末、烧碱,由此提升孔壁自稳定水平,填充之后通过小冲程冲砸片石和粘土,更深入的填充到溶洞当中。

4. 1. 6压浆法

其一,钻孔处理首先结合桩基直径确定布孔的数量,浆液扩散半径和孔距都为0.6米,钻孔之前先在钢管底部上方0.5米钻出梅花形,钻孔的间距为0.1米;其二,注浆技术指标,可选用普通硅酸盐水泥,在松散填充物当中设定注浆压力2-3兆帕鹅卵石,并且在注浆过程中对浆液注入量严格控制。施工要点在于注浆利用3-5兆帕压力进行吸水试验检查,检查管路系统是否漏水和耐压,分析管路连接性,然后试运行20分钟,之后采取自上而下的方式分段注浆,连接注浆泵和钻具然后通水15分钟,在清水流出后开始注浆。

4. 2岩溶地面塌陷及岩溶水的处理

由于大部分隧道的出口及其他覆盖层较为薄弱,在隧道施工过程中极易发生坍塌风险,因此施工队伍要及时在施工过程中灵活使用不同的处理方案和技术对坍塌的地面进行做有效的处理。与此同时,由于隧道内存在不同量的岩溶水,因此在施工时相关部门也要及时根据现场实际情况进行岩溶水的处理。如果施工现场的溶洞与外在河流相连通时,便及时进行排放。根据流量的大小及水质的不同,再选择不同排放方式。如果施工地段的岩溶隧道由地下水流构成,需要使用疏堵相结合的措施,在不损坏自然形成地下水流的情况下,限量排放地下水。同时在排放地下水的同时要监测地下水的压力。

如果地下水流量较大,由于压力滑动过大问题,速度较快,溶洞坍塌的概率会大大增加。假设地下水排放量适中,则应按排水与堵漏相结合的方式进行排水。假设遇到富水溶洞,应立即改变开挖方法,及时处理公路隧道沟槽问题,避免水流过多淹没道床。

4.3 涌水处理

隧道内部熔岩发育施工过程中可能出现沁水现象,所以施工期间需要超前分析隧道前方地下水的分布和水量,然后注入浆液,最大程度的把水封堵在围岩内部,让隧道开挖过程中用水量降低,保证洞室的稳定,并且需要结合施工实际情况采取全断面深孔预注浆、部分断面深孔预注浆、深孔周边预注浆、开挖后周边注浆、开挖后局部注浆堵水等方法。

4.4 基底加固处理

对隧道拱顶进行加固处理只能对隧道的顶端开挖安全起到保障作用,但是很难改善基底围岩力学性能,如果这段基底围岩曾受到外力撞击,更容易产生坍塌。此外,即使在溶洞前段能安全开挖,但是由于溶洞后段的地质条件与前段不同,会造成溶洞后段衬砌结构沉降不均,导致衬砌严重开裂,严重的更会影响后期的行车安全,所以对基底进行加固处理迫在眉睫。主要措施如下:先对隧道基底洞渣进行清除,接着使用 $\Phi 75$ 钢管桩注浆加固隧底围岩,其范围不超过仰拱开挖轮廓线内。要注意的是钢管桩按照梅花形布置,并将两根钢管桩的间距保持为1.0米。

4.5 隧道防水排水设计

4.5.1 洞身防水

非瓦斯隧道和低瓦斯隧道对混凝土的抗渗等级提出严格要求,在初期支护以及2期衬砌之间设置防水层,隧道沉降缝或者变形缝设置橡胶止水带,隧道开挖之后水量较大,在地表水渗漏严重影响地表生态环境时需要采取注浆堵水方法。

4.5.2 洞身排水

其一,开挖隧道之后结合地下水发育情况设置半圆排水管,让隧道初期支护排水通畅;其二,初期支护和防水层之间设置半

圆排水管,将其作为环向排水盲沟;其三,电缆槽底部设置纵向凹槽,减少凹槽内部的水,电缆槽和附近暗槽设置导水管;其四,隧道路面的两侧需要设置污水边沟,进而排放运营期间的清洗污水和路面积水。

4.5.3 洞口防排水

明洞结构拱墙背后设置防水层回填土,上方铺设黏土隔水层,厚度为50厘米,并且和边坡搭接,由此避免地表水渗入。明洞排水需要根据地形实际情况,在洞顶边坡开挖现5米之外设置截水天沟然后把地表水引道路基排水沟,由此避免雨水直接冲刷坡面和洞口。与此同时,洞门墙顶部设置50×50厘米的巨型排水沟,把洞门墙背后的积水引道路基排水沟。此外,端墙式洞口两侧也设置排水孔,利用波纹管设置排水孔,洞门墙壁后方排水管利用无纺布,孔洞内径为10毫米,呈梅花型布置,间距为10厘米。排水孔中心和端墙外侧地面高度达到0.2米,施工之后需要对排水孔周边土体杂物进行清理,由此避免下水孔堵塞。

4.6 断面加固技术

对于高速公路岩溶隧道工程而言,对于需要实施溶洞处理的全线路段,可以选用地表深层注浆工艺或是溶洞内部水平注浆工艺,确保实现对开挖断面及两侧的有效加固。在对全断面展开加固处理以后,应保证加固效果能够达到设计要求。其中,在制定具体的断面加固技术方案时,需要将安全施工贯穿始终,做好止水、固土等施工作业,在当前隧道断面加固技术体系中,对周围结构与环境影响较小的施工工艺为注浆加固,即面向地下岩溶及周围土层开展注浆加固作业。

5 结束语

综上所述,高速公路岩溶地区存在的溶洞会对隧道施工产生较大的难度和安全风险,因此相关部门要选择合理的处理技术及提升相关人员的施工技术水平。在整个溶洞的施工过程中,首先要对现场的地质条件进行准确的分析,了解其岩溶的发育状况,再结合数据选择合理、科学的施工方案,同时还要选择合理的技术处理溶洞,以此保证岩溶隧道溶洞的施工安全及后期的使用安全。

[参考文献]

- [1]王晓莉,苏高强.滇东北地区高速公路岩溶隧道溶洞处理施工技术[J].云南水力发电,2020,36(7):83-85.
- [2]方振华,余庆,岳志勤,等.成贵铁路上高山隧道超大型溶洞处理技术与应用[J].人民长江,2021,52(11):105-110.
- [3]鲍宏伟.浅谈岩溶地层隧道施工中典型溶洞的处理技术与措施[J].科技传播,2011,(13):155-156.
- [4]冯卫星,况勇,陈建军.隧道坍方案例分析[M].成都:西安交通大学出版社,2002.