

# 浅谈路基岩溶塌陷勘察手段与处理措施

程栋<sup>1</sup> 苏靖玲<sup>2</sup> 田超<sup>2</sup>

1 云南省有色地质局勘测设计院 2 西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11720

**[摘要]** 岩溶地区由于其特殊的地质结构,岩溶发育规律千变万化,容易发生塌陷,给路基安全带来极大威胁。岩溶塌陷不仅会导致道路损坏,影响交通畅通,还可能引发次生灾害,造成人员伤亡和财产损失。因此,为确保工程安全,岩溶勘察工作尤为重要,本文将探讨路基岩溶塌陷的勘察手段与处理措施,在工程建设前期提前识别和预防岩溶塌陷,对于确保路基的长期稳定性和安全性至关重要。

**[关键词]** 路基; 岩溶塌陷; 勘察手段; 处理措施

**中图分类号:** U213.1+52 **文献标识码:** A

## A Brief Discussion on the Investigation Methods and Treatment Measures for Karst Collapse of Roadbeds

Dong Cheng<sup>1</sup> Jingling Su<sup>2</sup> Chao Tian<sup>2</sup>

1 Survey and Design Institute of Yunnan Nonferrous Geological Bureau

2 Southwest Nonferrous Kunming Survey and Design (Institute) Co., Ltd.

**[Abstract]** Due to its unique geological structure, karst regions have highly variable karst development patterns and are prone to collapse, posing a significant threat to the safety of roadbeds. Karst collapse not only leads to road damage and disrupts traffic flow but may also trigger secondary disasters, causing casualties and property losses. Therefore, to ensure project safety, karst investigation is particularly important. This article will explore the investigation methods and prevention measures for karst collapse in roadbeds. Identifying and preventing karst collapse in the early stage of engineering construction is crucial for ensuring the long-term stability and safety of the roadbed.

**[Key words]** Karst collapse; investigation methods; Handling measures

### 引言

随着我国基础设施建设的快速发展,岩溶地区路基岩溶塌陷问题日益凸显,对道路安全构成严重威胁,工程建设过程中对路基岩溶塌陷的勘察与处理至关重要。本文旨在探讨路基岩溶塌陷的常见勘察手段及处理措施,采取综合的勘察方法与手段,合理的工程处理措施,以确保路基安全。

#### 1 岩溶塌陷的条件与发育特征

##### 1.1 形成岩溶塌陷条件

岩溶塌陷是在岩溶地区,由于地下水活动、人类工程活动等因素,导致溶洞、溶隙中的岩石发生破坏和塌落,进而引起地表的变形和塌陷。这种不良地质现象的形成,主要受以下几方面的影响。首先,具有可溶性的岩层,如岩溶地区的石灰岩、白云岩等可溶性岩层,可溶性的岩层是形成岩溶塌陷的物质基础;其次,具有溶解能力(含CO<sub>2</sub>)和足够流量的地下水<sup>[1]</sup>,地下水的作用是岩溶塌陷的主要动力,它通过溶蚀作用不断扩大溶洞和溶隙;最后,人类工程活动的影响,如开采地下水、建筑荷载等影响,易加

速岩溶塌陷的形成。

##### 1.2 路基岩溶塌陷的发育特征

路基岩溶塌陷作为一种常见的地质现象,其发育特征主要表现为以下几个方面:

(1) 形态多样性: 岩溶塌陷的形态各异,其形态有圆形、椭圆形、多边形等不规则形态,大小和深度也各不相同,从几平方米到几十平方米,甚至上百平方米。

(2) 规模不等: 岩溶塌陷的规模大小不一,小型岩溶塌陷可能仅影响地表局部区域,而大型塌陷则可能覆盖数平方公里,造成严重的破坏。岩溶塌陷的规模主要取决于岩溶发育程度,洞隙开口大小及其上覆盖层厚度等因素。

(3) 分布规律性: 岩溶塌陷的分布具有一定的规律性,通常沿岩溶发育带、断裂带或地下水活动强烈变化的区域分布,往往在地下水位下降、地面负荷增加等外部因素作用下加剧。

(4) 突发性: 岩溶塌陷往往在短时间内突然发生,由于地下水位的波动、溶洞的扩展或溶隙的连通及工程因素的作用,岩溶

表1 岩溶分布特征及处理措施建议

岩溶编号	洞顶埋深(m)	洞底埋深(m)	洞高(m)	溶洞顶板岩层厚度(m)	充填情况	处理建议
V-1-1	1.9	7.2	5.3	0.8	可塑性粘土充填	路基下置钢筋混凝土盖板处理
V-1-2	6.3	16.4	10.1	1.3	可塑性粘土夹碎石充填	注浆加固处理
V-1-3	1.2	15.8	14.6	0.5	可塑性粘土半充填	填充+强夯处理
V-2-1	5.3	10.2	4.9	5.3	可塑性粘土充填	顶板岩层较厚, 可不需处理
V-3-1	0.0	5.7	5.7	0.0	可塑性粘土充填	置换或钢筋混凝土盖板处理

塌陷迅速发生, 给预防和应对带来极大挑战。

(5) 季节性: 岩溶塌陷的发生也与季节性气候变化密切相关。在雨季, 地下水位上升, 岩溶发育加快, 塌陷风险增加; 而在旱季, 地下水位下降, 岩溶发育减缓, 塌陷风险相对较低。

## 2 路基岩溶塌陷的常用勘察手段

### 2.1 工程地质测绘与调查

工程地质测绘与调查是路基岩溶塌陷勘察的基础工作, 主要内容包括:

(1) 资料收集: 收集区域地质、水文地质、工程地质等资料, 了解岩溶发育的背景, 同时还需收集当地治理岩溶塌陷的经验。

(2) 地面调查: 通过实地踏勘, 观察地表形态、植被、水文条件等, 初步判断岩溶发育程度和潜在塌陷区域。

(3) 地质测绘: 利用专业设备进行地质测绘, 绘制地质图, 标明地表岩溶洞穴、裂隙等地质体的分布, 并详细记录位置、规模、形态等问题。

### 2.2 地球物理勘探

地球物理勘探是岩溶塌陷勘察的重要手段, 主要包含: 电法勘探、地震法勘探及声波法勘探等。常用的物探方法如下:

(1) 采用高密度、地质雷达、浅层地震法(如瑞雷面波法、横波反射法、地震映像法)等方法, 用于探测岩溶洞隙的分布、位置及相关的地质构造、基岩面起伏情况等。

(2) 采用孔间CT法(如弹性波CT、电磁波CT、电阻率CT等)、孔中电视、管波法等方法, 用于探测岩溶洞穴的位置、形状、大小及充填状况等。

### 2.3 钻探与取样

钻探与取样是岩溶勘察的核心手段, 对于揭示地下岩溶形态、竖向分布特征及地下水埋深及动态变化具有至关重要的作用。

(1) 钻探是属于较为直接的勘探方法<sup>[3]</sup>, 是获取岩溶地区地质信息的重要途径, 通过对岩土层的竖向取芯钻探, 可以准确查明岩土层的性质、结构、厚度, 基岩面起伏和埋深, 溶洞顶板厚度、溶洞充填情况、充填物性质及地下水埋深、动态变化等特征。同时钻探也用于验证工程地质测绘和物探成果对岩溶状况的判断及采样等工作。

(2) 取样是岩溶勘察中不可或缺的环节, 通过取样获取岩土体的物理和力学参数, 为后续处理岩溶塌陷岩土工程设计和稳定性评价提供关键数据。

## 3 路基岩溶塌陷的常见处理措施

通过以下处理措施可以有效降低岩溶塌陷的风险和有效治理路基塌陷问题, 保障路基的长期稳定性和交通安全。

(1) 控水预防策略: 针对路基岩溶塌陷区域, 合理设计截排水系统, 能有效提高地表水的排放效率, 降低地下水的渗透与侵蚀作用。必要时可在塌陷区周边设置“截排水帷幕”, 以减轻地表水或地下水对路基土壤的冲刷以及对岩溶洞穴的侵蚀影响。

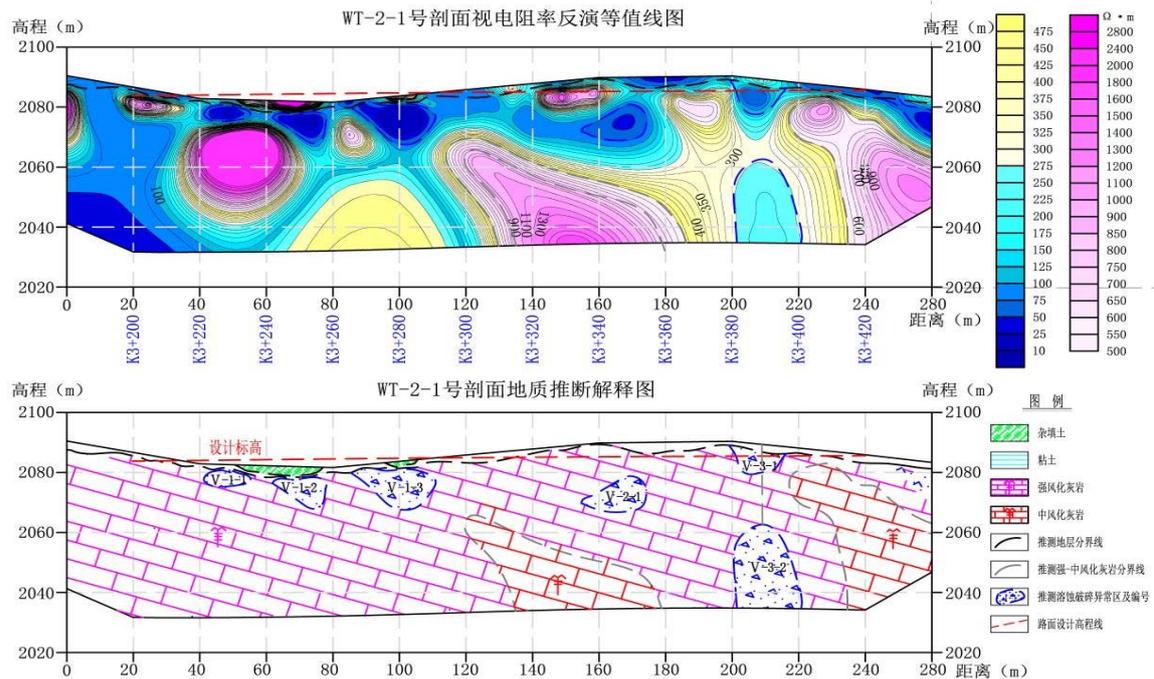
(2) 置换填充手段: 对于路基表面出现的较小岩溶洞穴, 采取清除软弱填充物或空洞中的物质, 并回填块碎石、素混凝土等材料, 从而增强路基的承载力和整体稳定性。

(3) 跨越处理: 面对较大的塌坑或土洞, 可在塌陷区域上方构建梁、箱涵、板等结构, 使道路能够顺利跨越塌陷区域, 确保交通的顺畅与安全。

(4) 地基加固: 对塌陷区及周边地基进行加固, 采用注浆、搅拌桩、强夯等方法, 提高地基承载能力。

## 4 案例分析

呈黄路(北段)西辅线工程处于碳酸盐岩分布区, 岩溶类型为浅覆盖~裸露型, 里程K3+200~K3+420段在路面开挖过程中地表发现多处溶蚀空洞, 部分路基有小规模岩溶塌陷现象。



#### 4.1 勘察手段及成果

本工程针对路基岩溶及局部塌陷区采用工程地质调查与测绘、物探(高密度、孔中电视)、钻探及取样等综合勘探方法进行勘察。

(1) 通过工程地质调查与测绘, 初步查明里程K3+200~K3+420段设计路基地表已出露的岩溶空洞位置、大小、延伸方向、填充等情况。

(2) 在工程地质调查与测绘的基础上, 利用高密度电法按5m点间距进行物探勘查, 推测道路通过地段地下30m以内的隐伏构造、构造破碎带、裂隙、溶洞等不良地质现象的分布, 为钻探进一步勘察验证提供工作依据。

(3) 根据物探查明的岩溶发育及异常区平面范围, 对路面设计标高下15m范围内分布的岩溶发育及异常区中心进行钻探; 若岩溶发育及异常区中心钻孔揭露溶洞, 则以该钻孔为中心, 在中心钻孔四周结合孔内电视, 按间距2.0m呈“十”字形扩展加密勘探钻孔, 进一步探明验证溶洞规模、特征<sup>[2]</sup>。

#### 4.2 勘察成果及处理措施

通过采用工程地质调查与测绘、物探、钻探及取样等多种勘探手段对路基15m内的异常区进行相互验证, 有效的探查清楚该段路基溶洞的分布范围、充填情况、溶洞顶板厚度等相关特征及岩土层物理力学参数, 为后续有针对性的处理提供相应的设计依据。岩溶分布、特征及处理措施建议见表1。

按照处理建议设计施工后, 近年来该道路已运营通车, 未发现有任何质量问题出现, 这也验证了上述勘察方法及手段、处理措施是可行有效的。

#### 5 结束语

通过对路基岩溶塌陷的勘察手段与处理措施的研究及工程实践, 在岩溶勘察过程中使用高精度的地球物理勘探技术, 如地质雷达、电法勘探、孔中电视等, 在岩溶塌陷勘察中发挥着关键作用; 同时配合工程地质调查与测绘、钻探等多种勘察手段, 可以准确识别岩溶发育特征, 提高勘察成果的准确性, 为工程设计和施工提供可靠依据。对探明的路基岩溶分布, 采取系统的排水措施、置换填充、地基加固、跨越处理等处理措施, 能有效的确保公路工程长期稳定运行。

#### [参考文献]

- [1] 工程地质手册编委会. 工程地质手册(第五版)[Z]. 2018-4.
- [2] 程栋. 《呈黄路(北段)西辅线工程K3+200~K3+420段岩溶发育区勘察报告》. 西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司, 2021.
- [3] 莫志华. 岩溶发育段路基基底处理措施分析[J]. 工程管理, 2019, (18): 155-156.

#### 作者简介:

程栋(1986—), 男, 汉族, 云南宣威人, 本科, 水工环地质高级工程师, 从事水文地质、工程地质、环境地质、地质灾害、岩土工程研究。