

路基岩溶发育规律及其对高速公路稳定性的影响研究

李 万 蒋召杰

湖南致力工程科技有限公司 湖南长沙 410000

摘 要: 当前我国高速公路行业发展迅速,但是受到不同地质条件的影响,高速公路在不同区域会存在很多不稳定的影响因素,从而给行驶车辆埋下严重的安全隐患。路基岩溶是一种特殊的高速公路安全隐患,基于此,本文以桂新高速公路路基岩溶地勘探展开分析,对影响到桂新高速公路稳定性进行分析,并提出相应的路基岩溶处理措施,以期更好地提升桂新高速公路质量的稳定性。

关键词: 高速公路; 路基岩溶; 稳定性

岩溶作为一种独特的地质现象,广泛分布于我国南方地区,尤其在云南、贵州、广西等地尤为突出。随着国家基础设施建设的快速发展,越来越多的高速公路穿越岩溶地区。然而,岩溶发育对高速公路的稳定性产生了显著影响,成为制约高速公路建设和运营的重要因素之一。因此,对路基岩溶发育规律及其对高速公路稳定性的影响进行研究,具有重要的理论意义和实践价值。

一、路基岩溶产生及病害分析

1. 路基岩溶的产生

路基岩溶的产生是一个复杂的地质过程,其形成和发育受到多种因素的影响,对于可溶性岩层是岩溶形成的物质基础,主要由碳酸盐类岩石构成,如石灰岩、白云岩等^[1]。同时,岩溶发育必须使可溶性岩层受到具有可侵蚀性并不断流动的地下水的作用,富含CO₂的大气降水与地表水渗入地下后,不断替换原有地下水,使地下水保持较强的侵蚀力,从而加速岩溶的发育。地下水的流动速度和溶解能力也影响着岩溶的发育速度,水流速度快、溶解能力强的区域岩溶发育更为显著。

2. 探查区工程地质概况与地质调查

K18+020-K18+050中桩范围北侧约30m存在规模较大的裸露溶蚀沟槽形成的岩溶通道;K18+060-K18+075中桩范围北侧约20m有一深坑,地下水露出,没有流动,村民在其附近有修建水房;K18+095-K18+120中桩范围北侧约10m有一洼地,地表水汇集,顺岩石裂隙向下渗流,渗流方向的裂隙在D1延长线上;K18+70-K18+75中桩范围南侧约8m为断裂D1,其中有少量水;K18+125-K18+130中桩范围南侧约110m有一水井,地下水涌出。

地势较平坦开阔,地形稍有起伏,地形坡度约

5~20°。区内地面标高最大约为370m,最小约为170m。区域构造溶蚀作用较剧烈,并伴有构造侵蚀作用。丘陵顶部及丘间沟谷地段地形较平缓,地表多以梯田为主,主要为水田、旱地。丘顶及沟谷之间的斜坡地带,地形坡度10~20°,以旱地、林地为主。

二、桂新高速公路路基岩溶区地基溶洞发育和分布规律探测

1. 探测方案

探测目标旨在明确路基内部溶洞的分布、规模及深度,评估其特征对路基稳定性的影响程度,并基于此数据分析制定合理方案,为工程设计与施工奠定坚实基础。具体操作上,先将路基地面挖掘至预定高度,并在回填区域施工前完成探测,作业前,确保地表平整且环境干燥,以防潮湿影响探测深度。测线部署策略为每隔100~200m设定横向测线,溶洞密集区每车道单设一条测线,普通区域则按车道划分,布置2到4条,必要时可根据初步探测结果调整增减。测线布置及物探异常图如图1所示^[2]。

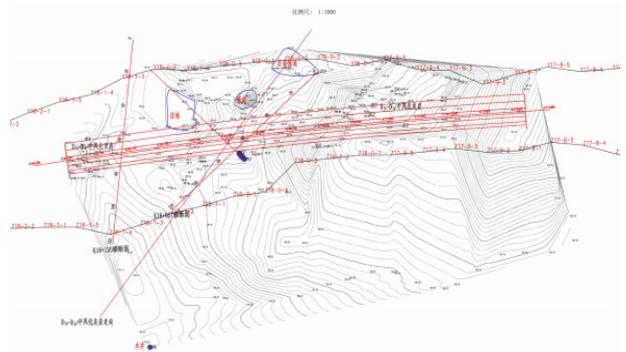


图1 物探侧线布置及物探异常图

三、成果与地质解译推断

本次高密度电阻率法勘察工作共布设测线9条，其中7条纵向测线、2条横向测线，测线长度为295m，测点距5m。

沿路线方向布置。现结合前期勘察资料和本次地质调查成果将各测线物探成果解译如下：

K17+950~K18+150 偏右 10m 测线

偏右 10m 测线高密度电法横断面拟断面图（见附图2），在测线约 23.0~31.0m，204.0~212.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT1。在测线约 38.0~62.0m，187.0~194.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT2。以及 75.0~120.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。

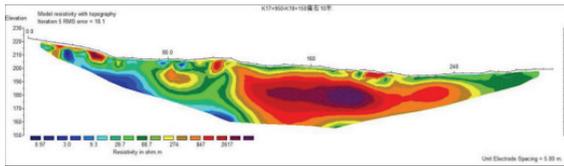


图2 偏右 10m 测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 偏右 6m 测线

测线 K17+950~K18+150 偏右 6m 测线高密度电法横断面拟断面图（附图3）可知，在测线约 36.0~64.0m，188.0~197.0m 处存在低阻异常，与 WT2 为同一溶洞。以及 60.0~110.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。

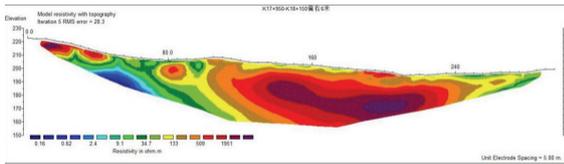


图3 偏右 6m 测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 偏右 2m 测线

测线 K17+950~K18+150 偏右 2m 测线高密度电法横断面拟断面图（附图4）可知，在测线约 25.0~40.0m，205.0~213.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT3。在测线约 50.0~60.0m，192.0~204.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT4。以及 100.0~160.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。

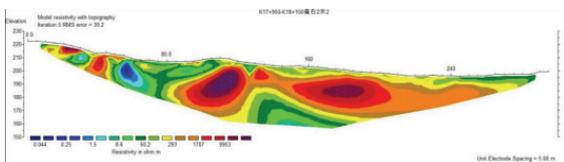


图4 偏右 2m 测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 中桩测线

测线 K17+950~K18+150 中桩测线高密度电法横断面

拟断面图（附图5）可知，在测线约 25.0~40.0m，203.0~212.0m 处存在低阻异常，与 WT3 为同一岩溶通道。在测线约 58.0~82.0m，184.0~198.0m 处存在低阻异常，与 WT4 为同一深部溶洞。以及 75.0~135.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。

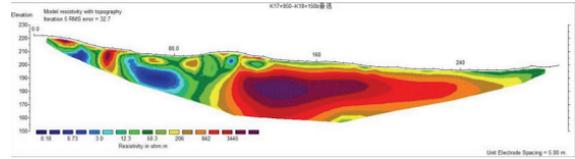


图5 中桩测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 偏左 3m 测线

根据测线 K17+950~K18+150 偏左 3m 测线高密度电法横断面拟断面图（附图6）可知，此测线主要发育溶蚀沟槽，在 25.0~55.0m 处粉质黏土与灰岩交界处，105.0~160.0m 处粉质黏土与灰岩交界处均发育溶蚀沟槽。

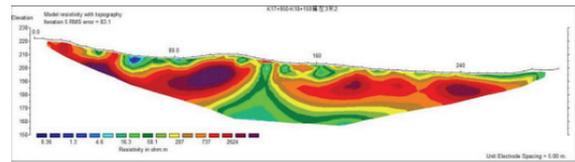


图6 偏左 3m 测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 偏左 6m 测线

测线 K17+950~K18+150 偏左 6m 测线高密度电法横断面拟断面图（附图7）可知，在测线约 45.0~59.0m，198.0~207.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT5。在测线约 110.0~140.0m，海拔 198.0m 及以下存在低阻异常，将其命名为 WT6。以及 150.0~200.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。

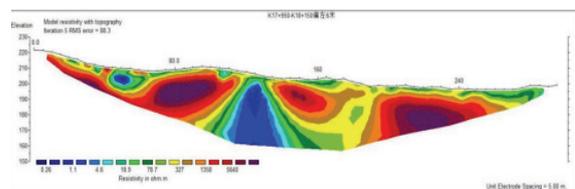


图7 偏左 6m 测线高密度电法横断面拟断面图

K17+950~K18+150 偏左 8m 测线

测线 K17+950~K18+150 偏左 8m 测线高密度电法横断面拟断面图（附图8）可知，在测线约 50.0~70.0m，185.0~193.0m 处存在低阻异常，将其命名为 WT7^[3]。在测线约 115.0~140.0m，海拔 198.0m 及以下存在低阻异常，与 WT6 为同一溶洞。以及 180.0~205.0m 处粉质黏土与灰岩交界处发育溶蚀沟槽。此处浅表可见裸露溶蚀沟槽，沟槽底部有少量水，将其命名为断裂 D1。

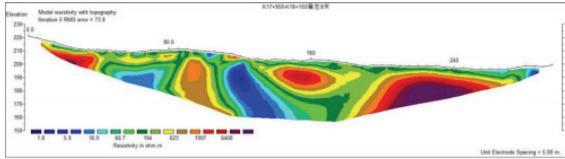


图8 偏左8m测线高密度电法横断面拟断面图

四、勘察结果综述

编号	异常位置	异常深度 (海拔)	异常类型
WT1	偏右10m测线约23.0-31.0m	204.0-212.0m	浅表溶洞
WT2	K17+950~K18+150偏右10m测线约38.0-62.0m处; K17+950~K18+150偏右6m测线约36.0-64.0m处。	187.0-197.0m	深部溶洞
WT3	K17+950~K18+150偏右2m测线约25.0-40.0m处, K17+950~K18+150偏左1m测线约25.0-40.0m处。	203.0-213.0m	浅表溶洞
WT4	K17+950~K18+150偏右2m测线约50.0-60.0m处; K17+950~K18+150中桩测线58.0-82.0m处	184.0-204.0m	中深部溶洞
WT5	K17+950~K18+150偏左6m测线约45.0-59.0m处	198.0-207.0m	浅表溶洞
WT6	K17+950~K18+150偏左6m测线110.0-140.0m处。K17+950~K18+150偏左8m测线约115.0-140.0m处	198.0m及以下	浅表溶洞
WT7	K17+950~K18+150偏左8m测线约50.0-70.0m处	185.0-193.0m	中深部溶洞
D1	K17+950~K18+150偏左8m测线180.0-205.0m处	地表裸露	断裂

五、结论与建议

1. 结论

结合地质调查及物探成果, K17+950~K18+150段发育四处浅部溶洞WT1、WT3、WT5、WT6, 三处深部溶洞WT2、WT4、WT7、一处裸露断裂D1。以及

K18+020~K18+050中桩范围北侧约30m存在的规模较大的裸露溶蚀沟槽形成的岩溶通道; K18+060~K18+075中桩范围北侧约20m深坑; K18+095~K18+120中桩范围北侧约10m洼地。上述区域对路基填方有影响。裸露岩溶分布详见S3, 上述路线范围内的裸露岩溶及水井之间相连, 连线方向与泥盆系上统余田桥组-锡矿山组下段(D3s1-D3x)岩层的走向基本一致, 推测范围内的地下水通道是从大规模岩溶通道-水房附近深坑-洼地与D1断裂之间-水井。

2. 建议

对于K17+950~K18+150段发育的四处浅部溶洞WT1、WT3、WT5、WT6, 断裂D1。以及K18+020~K18+050中桩范围北侧约30m存在的规模较大的裸露溶蚀沟槽形成的岩溶通道; K18+060~K18+075中桩范围北侧约20m深坑; K18+095~K18+120中桩范围北侧约10m洼地, 以上区域建议采用加盖板涵跨越, 因为该路段地下水主要来源为地表汇水, 钻孔注浆、回填夯土、钻孔爆破等方式可能影响水路通道, 产生新的溶蚀。建议在不破坏村民用水的条件下进行。

对于K17+950~K18+150段三处深部溶洞WT2、WT4、WT7, 其埋藏深度较深, 上覆岩层较厚, 对路基填方影响较小, 可以不做处理。

参考文献

[1] 宋学宁. 冻融循环对高速公路路基边坡稳定性影响研究[J]. 工程机械与维修, 2023(2): 182-184.
 [2] 曾耀, 王琦, 李春峰, 等. 降雨作用下煤系地层高速公路路堑边坡滑坡成因及稳定性研究[J]. 青海交通科技, 2020, 32(2): 6.
 [3] 黄瑾文. 路基边坡加固过程的稳定性及支护措施研究[J]. 甘肃水利水电技术, 2020, 56(10): 5.