

# 宁乡某拟建高速公路段工程地质勘察评价

陈浩 李俊

湖南省水文地质环境地质调查监测所

DOI:10.12238/hwr.v8i4.5367

**[摘要]** 为进一步优化区域路网结构,提高区域路网可靠性,对某高速公路宁乡段建设方案进行工程地质勘察评价,分析工程地质条件,对场地稳定性、地下水及土腐蚀性、不良地质作用进行评价。该场地较为稳定,该段建设方案已避绕了矿权区和采空区,主要地质问题为局部地段的岩溶,线路采用桥梁形式通过,基础形式采用桩基础,以下完整基岩作为桩端持力层,对高速公路建设影响较小,也不会诱发环境地质问题,可以进行高速公路建设。

**[关键词]** 高速公路; 工程勘察; 地下水; 不良地质

**中图分类号:** TU991.11+2 **文献标识码:** A

## Engineering geological survey and evaluation of a proposed highway section in Ningxiang

Hao Chen Jun Li

Hunan Provincial Hydrogeological and Environmental Geological Survey and Monitoring Institute

**[Abstract]** In order to further optimize the structure of the regional road network, and improve the reliability of the regional road network, the engineering geological survey and evaluation of the construction scheme of Ningxiang section of an expressway is conducted, the engineering geological conditions are analyzed, and the site stability, groundwater and soil corrosion, and adverse geological effects are evaluated. The site is relatively stable, the construction scheme has avoided around the mining area and goaf, the main geological problems for the local section of karst, line through the bridge form, using pile foundation, the following form v complete bedrock as pile end bearing layer, less influence on highway construction, will not induce environmental geological problems, can be highway construction.

**[Key words]** highway; engineering survey; groundwater; bad geology

### 1 概况

#### 1.1 自然地理

工作区地处宁乡市中部大成桥镇,大成桥镇地势东低西高,南低北高;地形主要为丘陵;沿线地貌按照成因主要分为平原和丘陵地貌。沿线主要为丘陵地貌,可进一步分为侵蚀剥蚀红色碎屑岩低丘陵和岩溶侵蚀残坡积红土低丘陵。工程所处地貌类型为岩溶侵蚀残坡积红土低丘陵,由二叠系栖霞组、茅口组碳酸盐岩经长期风化形成。勘察区内属亚热带季风湿润气候,多年平均降雨量1434.0mm,多年平均蒸发量1388.3mm;区内地表水系较为发育,常年性河流主要有洧水、大成河。

#### 1.2 地层岩性及构造

工作区出露的地层包括二叠系下统栖霞组(P<sub>1</sub>q)、二叠系下统茅口组(P<sub>1</sub>m)、二叠系上统龙潭组(P<sub>2</sub>lt)、二叠系上统长兴组(P<sub>2</sub>ch)、白垩系百花亭组(KEb)和第四系。第四系橘子洲组(Q<sub>j</sub>)广布于调查区内大小河流两岸及坳谷地带,其堆积物一般具二元结构,其上部为灰、灰褐色泥质粉砂及砂质粘土;下部为灰黄、

灰褐色含砾粗砂层和砂质砾石层。厚3.5-10m。残坡积层(Qe<sub>1</sub>+d<sub>1</sub>)区内残坡积层广泛分布于二叠及白垩系碳酸盐岩、硅质岩及红层砂砾岩地层之上,工作区位于煤炭坝向斜的东南翼。区内主要发育的褶皱为五贺背斜。断层主要包括竹山塘正断层、板塘冲正断层、贺家湾正断层。

##### 1.2.1 竹山塘正断层

自北东向南西出露于工作区西侧,断层走向65°,倾向北西,倾角70°-80°,断距最大达292.87m,两侧逐减至30-40m,断层全长4.5Km。

##### 1.2.2 板塘冲正断层

自北东向南西出露于工作区西侧,断距20-50m,断层走向70°,近东西,倾向北西,倾角60°-80°,断层全长5.2Km。

##### 1.2.3 贺家湾正断层

该断层位于工作区东部,绝大部分被白垩系掩盖,断层走向45°,倾向北西,倾角70°左右,断距约70m,断层全长5.1Km。

### 2 工程地质条件



图1 交通位置图

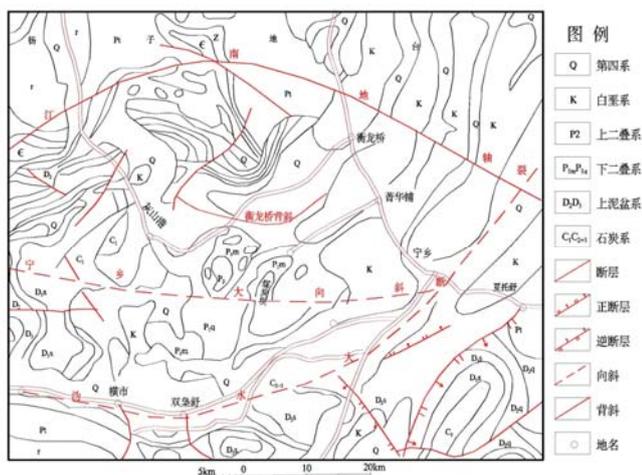


图2 区域地质构造图

2. 1 岩土工程地质特征

区内地层主要由第四系全新统、白垩系百花亭组、二叠系茅口组以及二叠系栖霞组地层组成。第四系覆盖层为素填土、冲洪积粉质黏土、中砂、圆砾土、卵石土；残坡积粉质黏土、角砾土及碎石土；覆盖层一般较薄，局部厚度较大，未见基岩出露；基岩岩性为灰砾岩、砾岩、石灰岩、泥灰岩等。具体描述见表1。

2. 2 场地地下水

线路区地下水类型主要为松散岩类孔隙水和岩溶裂隙溶洞水<sup>[1]</sup>。

松散岩类孔隙水分布于第四系覆盖层中，主要接受大气降水补给，富水性弱到中等。水量一般，地下水受大气降水影响明显，水位年变化幅度较大。勘察期间钻孔初见水位埋深1.5~8.5m，水位标高75.52~96.88m。

岩溶裂隙溶洞水主要赋存于白垩系、二叠系下统茅口组和栖霞组灰砾岩、灰岩、白云质灰岩溶洞裂隙中，溶洞裂隙发育，连通性较好，但极不均一，富水性中等—丰富，水量较丰富，勘察期间钻孔稳定水位埋深1.2~11.2m，水位标高69.77~101.48m。施工时应注意该层地下水的影响。

表1 岩土层表

层号	地质年代	地层名称	地层特性
①	Q <sub>4</sub> <sup>al</sup>	素填土①	灰褐色，稍密，潮湿，主要成分为粉质黏土
②	Q <sub>4</sub> <sup>pl</sup>	粉质黏土②	黄褐色，可塑~硬塑状，土质不均匀，无摇震反应
		中砂②	灰褐色，中密，饱和，分选性一般，矿物成分主要为石英、长石
		圆砾土②	灰褐色，中密~密实，饱和，磨圆度较好
		卵石土②	灰褐色夹黄褐色，稍密，饱和，呈椭圆形
③	Q <sub>4</sub> <sup>el</sup>	粉质黏土③	褐黄色，软塑，土质不均匀，无摇震反应，干强度中等，局部含砾石
		粉质黏土③	褐黄色，可塑~硬塑状，土质不均匀，无摇震反应
		角砾土③	灰褐色，中密~密实，饱和，呈次棱角状
		碎石土③	褐黄色，稍密，饱和，呈次棱角状
④	KE b	强风化灰砾岩④	青灰色，砾状结构，层状构造，岩芯呈散砂状及碎块状，岩质较软
		中风化灰砾岩④	青灰色，砾状结构，层状构造，岩芯呈块状，岩质较软，岩体较完整
		全风化砂砾岩⑤	紫红色、黄褐色，原岩结构构造已基本破坏，岩芯呈土柱状及松散砂土状
		强风化砂砾岩⑤	青灰色，砾状结构，层状构造，岩芯呈短柱状及少量碎块状，岩质软，锤击易碎
⑤	P <sub>1m</sub>	中风化石灰岩⑥	青灰色，隐晶质结构，层状构造，裂隙较发育，见溶蚀现象，溶蚀裂隙中充填黏性土，岩芯呈柱状
		中风化灰砾岩⑦	青灰色，砾状结构，层状构造，岩芯呈柱状、局部见溶蚀现象
⑥	P <sub>1q</sub>	中风化石灰岩⑧	青灰色，隐晶质结构，层状构造，岩质硬，岩芯呈柱状
		强风化泥灰岩⑨	灰褐色，隐晶质结构，层状构造
		中风化泥灰岩⑩	紫红色，隐晶质结构，层状构造

2. 3 不良地质作用

沿线不良地质主要为岩溶地面塌陷、采空区。

2. 3. 1 岩溶

本次勘察区总面积7.5km<sup>2</sup>，根据变形程度和破坏特征，将勘察区的地质灾害分为地面塌陷和地面沉陷2种，分为塌陷区和沉陷区。拟建路段两侧各200m范围内共有地面塌陷2处，两侧各500m范围内共有地面塌陷14处，均为2010年左右发生，无新增地面塌陷点。

拟建路段两侧各200m范围内共有沉陷区20处，两侧各500m范围内共有沉陷区28处，沉陷区主要表现为房屋开裂变形，房屋开裂大多发生于十多年前，近年来变形趋弱，仅个别房屋开裂变形严重或近两三年来仍发现新的开裂现象。该拟建工程距离原煤炭坝矿区采空区450m—590米。上述地面塌陷和沉陷区主要形成原因为覆盖性岩溶区在原煤炭坝矿区采矿抽排水条件下形成。

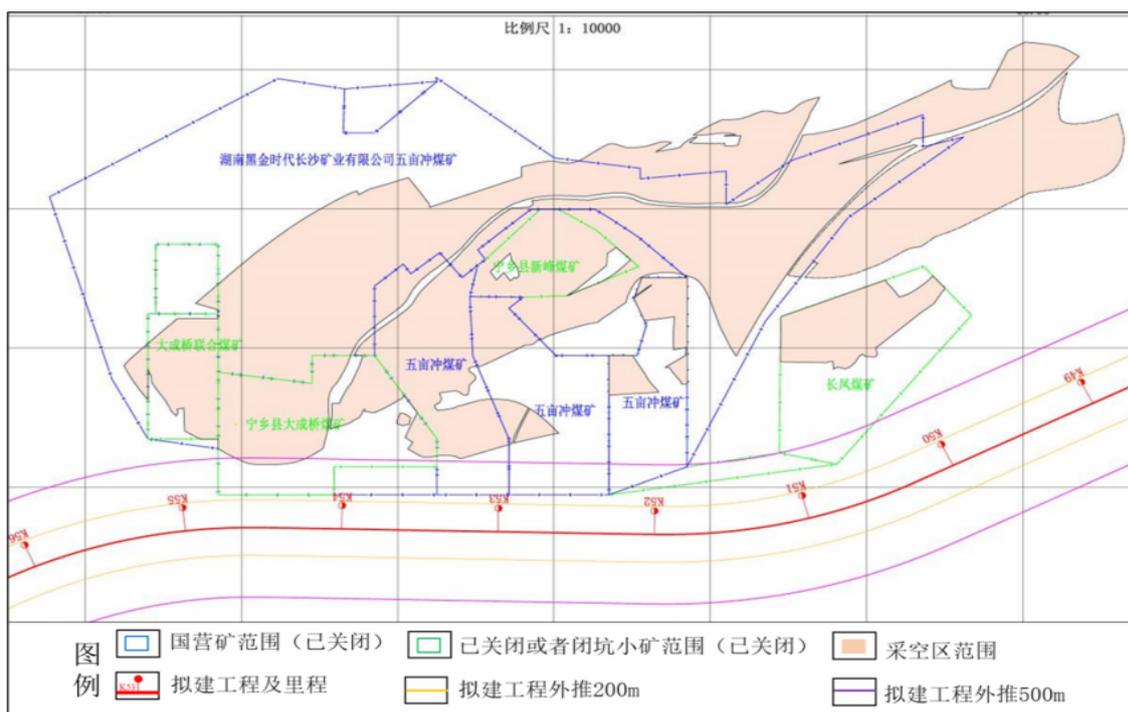


图3 周边煤矿采掘范围与拟建工程关系图

### 2.3.2 采空区

区内主要有五亩冲煤矿、宁乡县新峰煤矿、宁乡县大成桥煤矿、宁乡县大成桥联合煤矿、宁乡县长风煤矿5个煤矿。五亩冲煤矿为国有煤矿,1972年建成投产,其余煤矿为1984年~1995年开矿,至2015年1月5个矿山均已关闭退出,开采时间多在2014年以前。即在《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017)颁布之前,所以采空区地面塌陷稳定性分析仍按《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(2000原国家煤炭工业局)执行,而沉陷区环境影响评价与土地治理和利用,按《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017)执行。

## 3 分析与评价

### 3.1 稳定性及适宜性评价

**稳定性:**地质构造相对稳定,无近晚期活动断裂,地势起伏较大,虽局部存在填土等软弱土层,但厚度一般不大,属于抗震一般地段。线路区属于抗震设防烈度6度地区。

**适宜性:**路线所在地段未发现活动断裂、崩塌、泥石流,滑坡仅发现一处,为小型滑坡,位于K55+100中线左边55米处,线路开挖后治理难度不大,地面塌陷近年来未有发生,通过钻探岩溶(溶洞)不大,可通过采取一定的工程措施处理解决,综上所述,本段线路区场地较稳定,较适宜本线路建设。

### 3.2 地下水及土腐蚀性评价

本次勘察取地下水样品4件,土腐蚀性样品5组。拟建工程场地及其周边无污染源存在,根据地下水水样水质简分析结果(表2),场地地下水对混凝土结构及混凝土结构中的钢筋具微腐

性;线路位于季风湿润气候区,不存在形成盐渍土的条件,根据场地土样中可溶盐分析结果(表3),场地土对混凝土结构及混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

### 3.3 不良地质作用评价

#### 3.3.1 岩溶

该区域下覆地层以二叠系栖霞组、茅口组灰岩、泥灰岩、硅质灰岩为主,岩溶发育,连通性好,在沿线北侧大成桥煤矿、大成桥联合煤矿等采矿期间,由于矿山抽排水活动,在地下水强烈波动的作用下,区内曾发生过较多地面塌陷坑(群),其整体稳定性较差。本次调查期间,大部分岩溶塌陷坑均已做回填处理,自回填处理以来,未有发生再次塌陷的情形发生。

本次地面调查期间,亦未发现新的地面塌陷点,说明随着煤矿关停,区内停止抽排水活动后,随着地下水位的恢复,地下水位的强烈波动逐渐减弱,在无其他强烈人为或自然因素诱发地下水径流条件变化的情况下,通常可以认为区内不会再发生岩溶地面塌陷。

针对本工程通过的岩溶发育段,建议根据不同的岩溶发育程度分别采取不同的工程措施,确保线路建设及运营安全。其中岩溶谷地地带拟设置以桥梁形式通过,拟采用桩基础形式,岩溶对桥梁的影响主要表现为桩端持力层的选择和桩长的确定。根据本次钻探揭露溶洞发育情况,区内存在少量串珠状溶洞,单个溶洞规模较大,对桩基施工影响中等一强。针对岩溶发育区,可采用先钻孔、抛石、压浆填充空洞,再依次往下钻孔、压浆的处理措施,保证成桩质量。

#### 3.3.2 采空区

表 2 地下水的腐蚀性评价结果表

评价项目	腐蚀介质	单位	腐蚀介质含量	评价参考标准	环境类型、透水性、浸水情况	腐蚀等级	综合评价	备注
对混凝土结构	硫酸盐含量 $\text{SO}_4^{2-}$	mg/L	5.0-30.0	<300	II 类环境	微	微	《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011 附录 K.0.2 水的腐蚀性评价标准
	镁盐含量 $\text{Mg}^{2+}$	mg/L	2.20-5.43	<2000		微		
	铵盐含量 $\text{NH}_4^+$	mg/L	0.00	<500		微		
	苛性碱含量 $\text{OH}^-$	mg/L	0.00	<43000		微		
	总矿化度	mg/L	42.02-72.82	<20000		微		
	pH 值	—	5.66-6.45	>5.0	弱透水层	微		
	侵蚀性 $\text{CO}_2$	mg/L	0.00	<15		微		
对钢筋混凝土结构中的钢筋	水中的 Cl 含量	mg/L	9.52-12.70	<100	干湿交替	微		

表 3 土的腐蚀性评价结果表

评价分类	腐蚀介质	单位	腐蚀介质含量	评价范围	环境类型、透水性、浸水情况	腐蚀等级	综合评价
对混凝土结构	硫酸盐含量 $\text{SO}_4^{2-}$	mg/ Kg	50.0-75.0	<450	II 类环境	微	微
	镁盐含量 $\text{Mg}^{2+}$	mg/ Kg	3.75-9.37	<3000		微	
	pH 值	—	5.21-7.05	>5.0	弱透水层	微	
对钢筋混凝土结构中的钢筋	土中的 Cl 含量	mg/ Kg	7.94-23.81	<400	A	微	
备注	《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011 附录 K.0.2 土的腐蚀性评价标准 <sup>[2]-[3]</sup>						

采空区地面塌陷规律是指地下开采引起的地表移动和变形的大小、空间分布形态及其与地质采矿条件的关系。其主要内容包括：水平、缓倾斜煤层以及急倾斜煤层开采沉陷的分布规律；塌陷稳定后(又称静态)及工作面推进过程中(又称动态)的分布规律<sup>[4]</sup>。

煤矿采空塌陷与煤层厚度、倾角、采深、采厚、上覆岩层性质及开采方式等有密切关系。水平及缓倾斜煤层，在采深和采厚的比值大于30时，地面变形和移动在时空上是连续的、渐变的，有一定的规律性；当采深和采厚比值小于30时，地表的变形和移动在时空上往往是不连续的，规律性差，若再遭遇大的地质构造影响，地面往往会出现较大裂缝和塌陷坑。急倾斜或浅部缓倾斜煤层，开采时地面多出现串珠状塌陷坑，也可出现漏斗状塌陷

坑。浅部开采急倾斜煤层或厚煤层，多形成漏斗状塌陷坑和台阶状裂缝；开采深部急倾斜煤层或缓倾斜煤层，往往发生大面积平缓的下沉盆地，影响范围大。

针对勘察区北部采空区引发地面变形区域面积的计算分析：

根据收集的勘察区北部5个煤矿的巷道资料，北部五亩冲煤矿巷道采空区南侧边界标高一般为-24m，煤层倾角一般为13~17°，平均为15°，矿区可采煤层为2煤，煤层厚度按其平均厚度为2.75m考虑。地面高程一般在115-125m之间，采空区边界到地面高差按平均120m考虑。

采厚比计算：五亩冲煤矿南部边界采深H=144m；M：矿层厚度，2煤2.75m，H/M=144/2.75=52.4。

采厚比大于30,可能出现连续性地表移动。

以上分析也与现场实际情况相符,现场调查,仁寿村杨家湾北部地表开裂和建筑变形严重,而其相邻南部区域地面变形相对较弱。

采空区变形是一个复杂长期过程,受采矿条件、地质条件、开采时间、重复开采、开采规模等多种因素控制,综合各种因素,根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(2000原国家煤炭工业局)中的有关公式、表格有关参数计算。

$$p = 0.5(0.9 + p)$$

$$p = \frac{(m_1Q_1 + m_2Q_2 + \dots + m_nQ_n)}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$tg\beta = (D - 0.0032H)(1 - 0.0038\alpha)$$

$$L = \frac{H}{tg\gamma}$$

上式中:  $q$ —下沉系数;  $p$ —覆岩综合评价系数;  $m$ —覆岩各分层的平均法线厚度(m);  $q$ —覆岩各分层岩性评价系数(按《三下规程》附表4-3取值);  $tg\beta$ —主要影响角正切值;  $H$ —开采矿层深度;  $D$ —岩性影响系数; 其数值与综合评价系数  $P$  的关系按附表4-4取值;  $L$ —采空区边界沿上山移动角影响扩大边界;  $\gamma$ —上山移动角;

根据上述计算,五亩冲煤矿南边老采空区,采掘煤层厚度较小,影响范围相对较小,沿上山移动角影响扩大边界长度  $L$  为85.7m。五亩冲采空区南部边界往外推85.7m为煤矿采空影响边

界,而线路中线离五亩冲煤矿南部矿界约236~280m,即线路中线距离五亩冲煤矿南部采空区影响边界约366~427m,故线路位置不会造成采空塌陷。

#### 4 结论

(1) 该拟建工程场地属于抗震一般地段,近期无崩塌、泥石流、地面塌陷发生,钻孔揭露有小型溶洞,可通过采取一定的工程措施处理解决,本段线路区场地总体较稳定,较适宜本工程建设。

(2) 拟建工程场地及周边地区无污染源存在,场地地下水和土对混凝土结构及混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

(3) 场地内地面塌陷大部分已经做回填处理,区内不会再生岩溶地面塌陷,针对岩溶发育程度可做不同应对处理;工程中线距离煤矿采空区影响边界约366~427m,故场地位置不会造成采空塌陷。

#### [参考文献]

- [1] GB/T12719-1991, 矿区水文地质工程地质勘探规范[S].
- [2] JTGC20-2011, 公路工程地质勘察规范[S].
- [3] JTJ056-1984, 公路工程水质分析操作规程[S].
- [4] DZ/T0286-2015, 地质灾害危险性评估规范[S].

#### 作者简介:

陈浩(1988—),男,汉族,中国湖南岳阳人,本科,水工环工程师,从事水文地质工作。