

# 多种勘察手段在岩溶勘察中的应用

朱斌

湖南省地质灾害调查监测所

**摘要：**本文以某机场岩溶专项勘察为例，结合区域资料与地质调绘从宏观分析岩溶发育现状与影响因素，综合选用物探、钻探、现场水文试验等手段，基本查明岩溶发育特征，对场地进行工程地质分区，有效指导后续设计与施工。

**关键词：**岩溶勘察；工程物探；岩溶评价

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.020

## 一、引言

岩溶对工程建设选址和工程灾害预防具有重大影响，湘南地区岩溶普遍发育，具有分布范围广、形态多样、成因复杂等特点，溶洞发育规模、时空分布特征具有较大随机性、隐蔽性，难以准确推断，溶洞的存在对工程建设和安全运营构成极大的威胁。

拟建某机场占地面积约5000亩，按4D客货两用机场规划。依据区域资料初步分析，场地周边发育有断裂、

褶皱，以及两条地下河及多处岩溶塌陷。

通过探索岩溶形成发育规律，提高对岩溶的认识，综合选用调绘、钻探、物探等技术，克服了单一物探方法多解性并消除假异常，提高了探测范围和精度，查明岩溶的空间位置及展布，进而优化设计布局、降低工程造价。

## 二、地质概况

### (一) 地质背景

工作区大地构造位于祁阳山字型构造的南翼，区内断裂构造主要有东零向斜（11）及压扭性隐伏次级断裂。场地上覆土层主要为第四系坡残积层粉质黏土（ $Q_4^{d1+e1}$ ）及残积（ $Q_4^{e1}$ ），覆盖层厚度0.50-20m不等，下伏基岩主要为石炭系下统梓门桥组（ $C_{1z}$ ）、测水组（ $C_{1c}$ ）、石磴子组（ $C_{1s}$ ）、天鹅坪组（ $C_{1t}$ ）、马栏边组（ $C_{1m}$ ）灰岩、泥质灰岩、夹白云质灰岩、砂质页岩、砂岩夹煤线等组成。代表性地质剖面见图1所示。

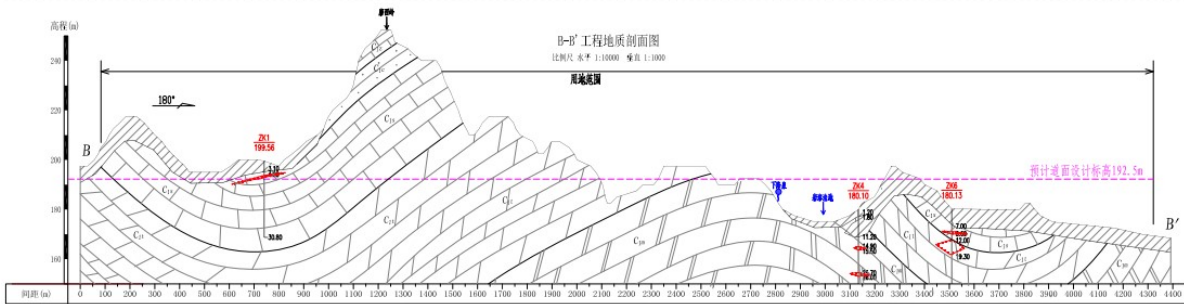


图1 场地代表性地质剖面图

### (二) 岩溶地貌类型与岩溶形态

项目区主要为岩溶侵蚀丘陵、岩溶洼地地貌。大部分地段覆盖层厚度小于5m，局部厚度达20m，以浅覆盖型岩溶为主。

调查区可溶岩出露面积大，加之地下水的溶蚀作用，造就区内岩溶个体形态具有多样性，主要分为地表形态和地下形态两大类。地表形态主要有岩溶洼地、落水洞、地下河入口等，地下形态主要有溶孔、溶洞等。

### (三) 岩溶发育现状与特征

#### (1) 岩溶发育的普遍性

调查的岩溶地层区普遍存在岩溶现象，岩溶个体形态遍布整个岩溶区，但表现的形式和发育的个体形态、特征、个体规模、发育数量等各有不同。岩溶发育的规模较大，除普遍发育有小个体岩溶现象外还强烈发育有较多的中、大型岩溶个体形态，如洼地、溶洞、落水洞等岩溶个体形态，地表多溶沟、溶槽、石芽、溶孔、溶痕等小个体岩溶为典型。

#### (2) 岩溶发育的不均匀性

#### 1) 岩溶发育在平面上的不均匀性

岩溶发育程度在平面上的不均匀性，主要表现在部分岩层岩溶现象强烈发育，个体岩溶现象广布；缓坡地形区岩溶发育强烈，溶蚀洼地、溶洞及地下河等大型岩溶形态星罗棋布，陡坡地形区岩溶发育程度较差，大型岩溶形态稀少，主要以溶沟、石芽及小型洼地等岩溶形态为主。

#### 2) 岩溶发育在垂向上的不均匀性

从表层岩溶带至深层岩溶带，岩溶发育程度呈强烈发育一弱发育一不发育。岩溶强烈发育带，发育于近地表段的5-30m，区内主要几条地下河出口标高皆低于150m，钻孔揭露溶洞底板标高最低为154.10m，物探探测推测溶洞的底板标高最低约为148.0m。

## 三、岩溶综合勘察方法

### (一) 勘察总体工作思路

依据区域资料初步分析，基于岩溶发育现状与特征，本次勘察采用工程调绘、物探、钻探综合勘察手段，野外实物工作量布置见图2。

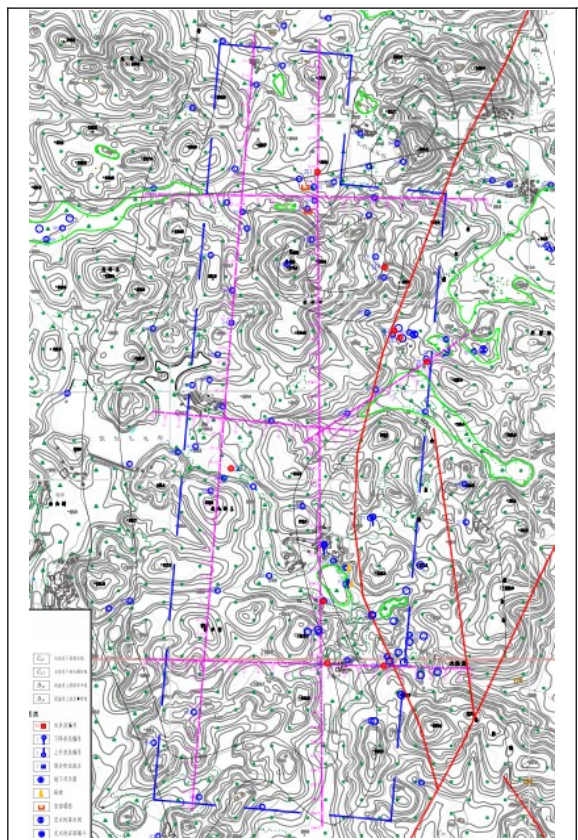


图2 实际材料图

根据场地红线范围展开1:10000工程地质调绘,根据水文单元(分水岭为界)展开1:5000水文地质调绘,基本查明地下水补给、排泄条件,并进行岩溶地下水系统划分;结合地表岩溶分布与拟建建筑物的位置,按纵向、横向布置物探测线,控制地下岩溶空间展布,分析解译;对异常带进行钻探验证,并结合钻探资料对解译断面成果进行修订。

**(二) 工程物探**

工程物探作为工程勘探的一种补充、相互印证手段。直流电阻率法(Resistivity Method)是根据岩石导电性的差别,研究地下岩石电阻率变化的一组方法,利用直流电源通过导线经供电电极(A、B)向地下供电建立电场,用仪器测量测量电极(M、N)电位差( $\Delta U_{MN}$ )和供电电极(A、B)的供电电流(I),计算得不同极距(A、B)的电阻率,反映不同深度的地层电性变化情况而达到勘察目的。直流电阻率法含有多种方

法,常用的是电阻率测深法、高密度电法、联合剖面法等。

本次测试方法采用高密度电阻率法温纳四极装置,每排列96个电极,采集31层数据,电极距8m,有效勘探深度约150m。共布置6条测线,每条测线144-551个测点,测线总长14.816km,物探测线布置见图4。结合各测线等视电阻率断面图解译,本次物探共揭示异常区53处。粉质黏土、中风化灰岩、溶洞、暗河等之间存在电阻率、波速及密度的差异,通常中风化灰岩视电阻率较高,溶洞、暗河充填水、泥等后视电阻率为相对低阻,一般呈现低阻凹槽或低阻封闭圈。

**(三) 工程钻探**

根据本次物探揭示异常推测,发现53处溶洞,溶洞呈现为低阻异常。本次对物探解译异常区共布置了9个验证钻孔(统计见表1),其中有5个钻孔见岩溶,钻孔见洞隙率为55.6%,线溶率为19.6%。对比物探解译异常区对比分析:

(1) 该场地岩溶中等~强发育;结合地区经验及本次勘探结果分析,拟建场地地质构造、岩层产状、埋藏条件、充填情况、地下水等均对稳定不利,岩溶地稳定性较差,须采取工程措施。

(2) 经钻孔验证,部分低阻异常区钻孔揭露溶洞,岩溶形态有:溶隙、石芽、溶洞。

(3) 岩溶形态多样,其发育程度受地下水补、径、排特征控制,沿径流通道分布相对集中;因浅表溶蚀裂隙发育,局部发育石芽,致使物探解译呈现低阻异常,推断为填充型溶洞。

**(四) 工程地质分区评价**

依据本次野外勘察成果,结合岩溶地下水系统,按照工程地质条件相似或相近的基本原则,将场地分为3个工程地质分区(详见图3):

(1) I区:切方区,岩溶弱~中等发育,岩溶形态主要有溶洞、石芽、溶沟(槽)等,以浅表岩溶发育为主。

(2) II区:填挖基本平衡区,填、切方高度小于10m,岩溶中等发育,岩溶形态主要有岩溶洼地、溶洞、峰林、落水洞等;下伏基岩主要为灰岩、泥灰岩等。

(3) III区:高填方区,填方高度大于10m,岩溶强发育,岩溶形态主要有岩溶洼地、落水洞、地下河入口、溶洞等;下伏基岩主要为灰岩、白云岩;地势较低,多为汇水地形。

表1 岩溶异常区统计表

序号	测线编号	里程范围	影响宽度 m	岩溶性质	钻孔验证
1	GDZ2	+907 ~ +961	54	低阻, 填充型溶洞	ZK1 钻孔 3.70-3.50m 揭露溶洞, 无充填
2	GDZ2	+2134 ~ +3170	36	低阻, 填充型溶洞	ZK4: 14.9-15.5、25.7-26.0m 见溶洞, 无充填
3	GDZ2	+3461 ~ +3584	123	低阻, 填充型溶洞	ZK6: 7.9-8.6、12.0-19.7m 见溶洞, 半充填
4	GDH1	+994 ~ +1021	27	低阻, 填充型溶洞	ZK6: 7.9-8.6、12.0-19.7m 见溶洞, 半充填
5	GDH2-2	+825 ~ +848	24	低阻, 填充型溶洞	钻孔 ZK7 发育石芽, 未见溶洞

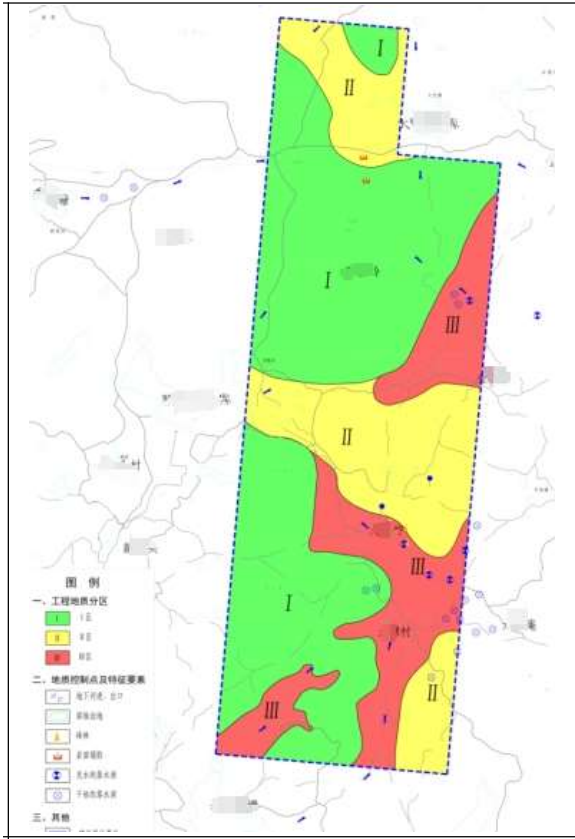


图3 工程地质分区图

综上，I区、II区可通过岩溶地基处理，可满足工程建设要求；III区岩溶地基处理难度大、成本高，建议避让沉降要求高的建构物。

#### 四、结语

本文通过分析岩溶的发育现状与特征，综合采用地质调绘、物探、钻探相结合的方法，基本查明了场地岩溶的空间发育情况，为指导后续优化设计、施工提供了地质依据。

实践表明，对于岩溶地区勘察工作，可从简单到复杂，从已知到未知，充分利用调绘资料，合理布置物探测线，对解译异常段落再进行勘探验证的工作方法基本可行。

本文对岩溶地区的多种勘察手段的综合应用，对于类似岩溶场地勘察，具有一定的参考和利用价值。

#### 参考文献

[1] 李彦军. 岩溶地质综合勘察方法[J]. 铁道建筑, 2000: 8-9.  
[2] 葛双成, 邵长云. 岩溶勘察中的探地雷达技术及应用[J]. 地球物理学进展, 2005: 209-214.  
[3] 戴国强, 王俊, 刘成等. 高密度电阻率法在机场岩溶勘察中的应用[J]. 工程技术研究, 2019, 4(22): 52-53.  
[4] 关蕾蕾, 古帅帅, 王喆, 等. 2019. 乌东德K25岩溶形成发育地质机理与综合勘察方法. 地球物理学进展, 34(1): 0297-0303.  
[5] 王龙, 万晓锋, 韩鹏. 物探综合方法在岩溶区岩土工程勘察和施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(09): 1-4+11.  
[6] 段江涛. 深圳市某地铁车站岩溶勘察特征浅析[J]. 低碳世界, 2024, 14(01): 133-135.

作者简介：朱斌，男，大学本科，工程师，研究方向：水工环地质。

