

# 岩溶地区地基处理方法探讨

龙杨

贵州省交通规划勘察设计院股份有限公司

**摘要：**随着社会的发展，岩溶地区建设的工程日益增多，因此岩溶地区地基的处理越发重要，同时由于岩溶的复杂性和不确定性，导致岩溶地基比其他地基更加复杂，本文简要叙述岩溶发育机理、岩溶发育影响因素、岩溶形态并通过工程实例，探讨不同岩溶发育情况下，适宜采用的地基处理方法，为今后岩溶地基的处理提供参考借鉴。

**关键词：**岩溶机理；岩溶形态；不同岩溶情况；地基处理方式

## 一、前言

### (一) 岩溶分布概述

岩溶(又称喀斯特)在世界上广泛分布;不同气候带、不同海陆区域均有岩溶地貌发育,我国较具有代表的地域主要分布于西南地区。同时中国也是世界上最大的岩溶地区之一,岩溶地貌在中国分布广、面积大,主要分布在云贵高原和四川西南部。中国现代岩溶是在燕山运动以后准平原的基础上发展起来的,老第三纪时,华南为热带气候,峰林开始发育,华北则为亚热带气候,当时长江南北却为荒漠地带,是岩溶发育很弱的地区,新第三纪时,中国季风气候形成,华南保持了湿热气候,华中变得湿润,岩溶发育转向强烈,尤其是第四纪以来,地壳迅速上升,岩溶地貌随之迅速发育,类型复杂多样。

### (二) 岩溶机理

岩溶是指可溶性岩石在侵蚀性的流动水流作用下产生的各种地质作用、形态和现象的总称,因此岩溶发育需具备3个条件:

其一岩石为可溶,可溶岩包括碳酸盐类岩石(灰岩和白云岩)、硫酸盐类岩石(石膏、芒硝)和卤素类岩石(岩盐等),其中碳酸盐类岩石在我国分布最多,在该类岩石中发生的岩溶现象最为普遍。

其二水流有侵蚀性且量要充足,岩溶的发生过程即是一个化学反应的过程,水流的侵蚀性需要水具有侵蚀离子,以碳酸岩盐为例需具有 $H^+$ ,在自然条件下该离子主要来自 $CO_2$ 溶于水后产生,因此,足够的 $CO_2$ 是岩溶发育的保障。溶解反应是一个平衡反应,要想溶解反应一直进行,需提供源源不断的水流,

反应过程如下:



其三水流需具有动力性,即需具有地表水下渗、地下水流动的通道,如孔隙、裂隙、褶皱、断层破碎带等。

### (三) 影响岩溶发育的因素

岩性、地质构造、地形地貌、地表水体、气候等对岩溶的发育都有影响,一般情况下岩层厚度大且纯度高时岩溶发育规模大且岩溶种类齐全;地质构造发育区域岩溶相对强烈;地形平缓低洼地带,岩溶发育较为强烈,多以溶洞、落水洞、竖井等为主,而地形陡峻的斜坡或坡顶,多以溶沟、溶槽、石芽等为主;地表水体与岩层面反向或斜交时,岩溶易发育;在气候湿润、降雨丰沛的地区,地表水、地下水补给充足,岩溶易发育。

### (四) 岩溶形态

#### 1. 岩体中岩溶形态

在地表直接清晰可见的岩溶形态主要为溶沟、溶槽、石芽、竖井、落水洞、漏斗、岩溶洼地、岩溶谷地、孤峰和峰林;地下岩溶的形态和规模难以准确查明,其主要表现为溶洞和暗河。<sup>[1]</sup>

#### 2. 土体中岩溶形态

土体中的岩溶形态主要为土洞,其指位于可溶岩地区可溶岩上覆土层中的空洞,其为岩溶作用的产物,土洞发育规模大时可能导致地表塌陷。

## 二、工程实例

实例1:该工程为房建工程,位于贵州省综合保税区,勘察期间场地已完成场平工作,为空地,场地内无不利埋藏物;场地四周均为市政网络环绕,网络边界均有排污管线、电缆管线埋藏,距离约15~35m,埋藏浅,拟建物施工对管线埋藏基本无影响。根据业主单位对工期的要求,本拟建物施工过程均采用旋挖钻机施工工艺。根据详细勘察资料,场地下伏基岩为三叠系中统狮子山组(T2sh)地层,岩性为薄~中厚层状的白云岩,岩层产状为 $250^\circ \angle 21^\circ$ ,场地岩溶类型和形态主要表现为溶沟、溶槽及溶洞。相邻柱位的起伏高差一般在2~5m,最大高差达10.8m。在施工过程中,溶沟、溶槽的柱位

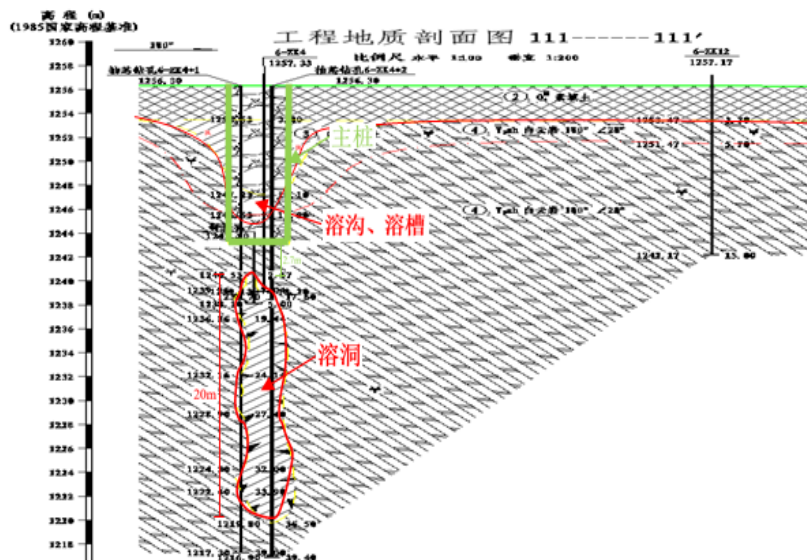


图1 房建项目场地岩溶典型地质剖面图

开挖至设计标高后，发现基地仍处于半岩半土，经各参见方现场查看，建议基础超挖2.6m后进入完成基岩，导致勘察钻孔深度不满足当地规范要求的孔深宜进入持力层3~5倍D，且不小于5m的勘察要求。后经补充勘察发现实际桩底以下2.7m以下仍发育一溶洞，洞高约20m，有红黏土充填，为查明溶洞规模，进行圈孔，确认该溶洞为一竖向发育的裂隙。典型地质剖面如图1。

对于该岩溶，根据荷载、工期等综合考虑，地基处理方法从主桩两侧约2m处，进行加桩并对装顶采用承台形式，减轻主桩的受载。目前该建筑物安全稳定。

实例2：该工程为市政桥梁工程，位于贵州省贵安新区湖潮乡境内，场地原地面为茶园林地，四周地上无高空线缆分布，地下无管线等分布。根据详勘资料，场地地下伏基岩为三叠系下统安顺组（T1a）地层，岩性为中厚~厚层状的白云岩，岩层产状为 $285^{\circ} \angle 5^{\circ}$ ，岩层相对较缓，场地岩溶类型主要表现为溶槽及溶洞，洞内软塑状红黏土充填，钻孔遇溶洞率48.6%，最大洞高2.5m，埋深位于地下1.5~15m不等，根据当地规范，场地岩溶整体呈强发育，岩溶最发育区域位于该桥梁的桥台区域，根据钻探及物探结果，桥台区域典型岩溶地质剖面如图2。

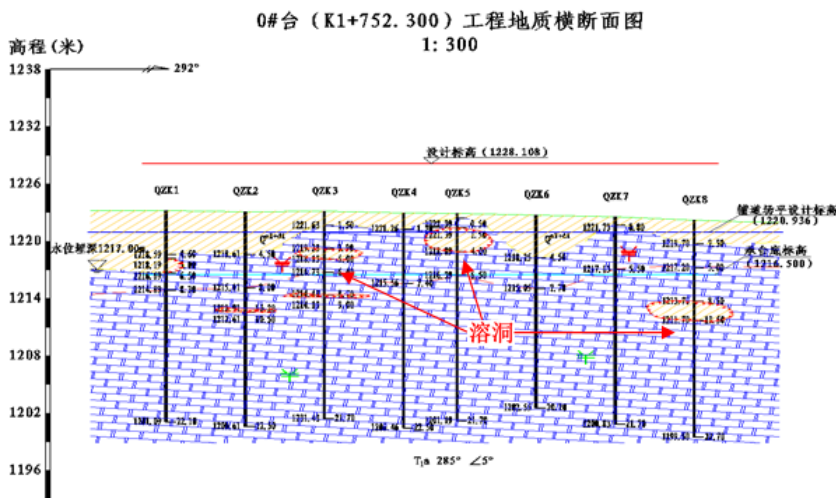


图2 桥梁桥台区域岩溶典型地质剖面图

对于该桥台的岩溶地基，由于桥梁荷载较大，此外由于岩溶的复杂性，该桥台采用桩基穿透的方式对岩溶进行处理。目前该桥梁安全稳定。

### 三、岩溶地基处理方法探讨

岩溶形态多样且其发育无序，此外其规模和边界特别是地下岩溶难以精确查明，这给岩溶地基的处理带来很大难度，同时处理效果也难以控制，根据我国多年的工程建设经验及研究，对岩溶地基的处理主要有四种方法，即填垫法、加固法、跨越法、桩基法<sup>[2]</sup>，对各种方法探讨如下：

#### (一) 填垫法处理岩溶地基

该方法又细分为充填法、换填法、挖填法和垫褥法，其本质是对溶洞软弱充填物清除后直接采用块石、片石、砂、混凝土等进行充填或换填或者是对浅埋溶洞揭穿后再进行充填或换填；该方法适用于规模不大的裸露性的岩溶土洞、浅埋型的岩溶土洞、溶沟、溶槽、石芽以及基底下岩溶顶板较薄的溶洞，使用该方法时需对溶洞软弱充填物清除彻底，以防后续发生不均匀沉降。对于基底下宽度不大的深溶槽，可清除槽内一定深度的充填物、洗净岩壁、横截刻槽（槽距约200mm），嵌入钢筋，然后回填混凝土或水泥砂浆。

#### (二) 加固法处理岩溶地基

该方法既是对不稳定的岩溶地基岩土体或地基的稳定性可能影响拟建物安全稳定的岩溶地基岩土体进行加固处理。该方法细分为灌浆加固、顶柱加固、强夯加固、挤密加固、注浆加固，其中对埋深较大的土洞可采用灌浆加固法，加固时按先四周后中间的加固顺序进行；对于需利用岩溶顶板但顶板较薄时，采用顶柱法对岩溶顶板进行支撑加固；对于大面积存在土洞或岩溶塌陷区域，难以做到按点处理时，采用强夯法对场地整体进行夯实处理；对于充填有深厚软土的大面积岩溶区域，当清淤换填成本较高时可采用桩或钢管嵌入下覆坚硬地层内，从而挤密松软层而形成稳定性好强度高的复合地基；对于受地

质构造或人类活动而导致的岩体破碎带可采用注浆法对岩体进行加固处理。

#### (三) 跨越法处理岩溶地基

对于岩溶规模大采用其他地基方式难于处理或处理成本高时可采用该方法对岩溶地基进行处理，根据跨越结构形式不同可分为板体跨越、梁体跨越、拱体跨越，当连续的大面积需采用跨越时适宜采用板体进行跨越，当跨越的宽度方向较窄时适宜采用梁进行跨越；对于上部结构荷载大，采用梁跨不经济时，改变跨越结构的受力方式即采用拱体进行跨越。

#### (四) 桩基法处理岩溶地基

对于岩溶规模大或发育层数多或岩溶发育复杂，其平面发育边界难以准确确定时，适宜采用桩基法将上部拟建物荷载传递到溶洞底部稳定基岩上，由于溶洞内多有软塑至流塑状黏土充填且孔桩较深，桩基成孔时，优选机械成孔保证施工安全，若采用人工开挖成孔，需做好护壁措施及专项施工措施。

### 四、结论

本文通过简述岩溶机理、岩溶形态并通过工程实例引出岩溶地基的处理方法，在工程实践中常用且可靠的方法是填垫法、加固法、跨越法、桩基法，本文对这四种岩溶地基处理方法进行了探讨，提出了不同岩溶条件下适合的地基处理方法，当然，岩溶地基的处理方法还可能还受周边环境约束。

在工程实践中，我们主要处理对拟建工程有影响的岩溶，若岩溶距拟建工程远或施工开挖过程中已被清除等对拟建工程无影响情况时，可不进行处理，此外在工程选址时应尽量避开大规模且复杂的岩溶场地，以免付出大量的岩溶地基处理代价。

### 参考文献

- [1] 谢钦. 谈岩溶地区的地基处理方法[J]. 山西建筑, 2008 (28).
- [2] 金瑞玲, 李献民, 周建普. 岩溶地基处理方法[J]. 湖南交通科技, 2002 (1): 10-12.