

浅析岩溶不良地质作用对建设工程的不利影响

Analysis on the Adverse Effects of Karst Adverse Geological Action on Construction Projects

朱永平

Yongping Zhu

云南省有色地质局勘测设计院 中国·云南昆明 650217

Survey and Design Institute of Yunnan Nonferrous Geology Bureau, Kunming, Yunnan, 650217, China

摘要: 在隧洞施工中碰到岩溶, 易发生涌水、突泥危害。岩溶区表层土体往往是具膨胀性的红黏土, 会造成浅基础建筑变形。因此, 分析研究岩溶的形成条件、发育规律是岩溶区建设工程基础设计的关键, 合理的基础方案可避免岩溶作用造成的灾害。

Abstract: In the tunnel construction encountered karst, prone to water gushing and mud damage. The surface soil in the karst area is often swelling red clay, which will cause deformation of shallow foundation buildings. Therefore, analyzing and studying the formation conditions and development rules of karst is the key to the foundation design of construction projects in karst areas, and a reasonable foundation plan can avoid disasters caused by karstification.

关键词: 岩溶; 建筑基础设计; 工程勘察; 危害

Keywords: karst; building foundation design; engineering survey; hazard

DOI: 10.12346/etr.v3i7.3949

1 引言

岩溶地貌又称喀斯特, 是指水对可溶岩体的化学、物理作用形成的水文、地貌现象, 在规程勘察相关规程、规范中将其列为不良地质作用, 岩溶形成的地貌较多, 有溶洞、溶沟、落水洞、岩溶漏斗、岩溶洼地等, 岩溶区形成地下溶洞、土洞易造成岩溶塌陷对建(构)筑物造成破坏。

2 概述

2.1 岩溶起源

喀斯特原指亚得里亚海北段东海岸的高原地名, 那里发育着千奇百怪的石灰岩地形, 19世纪末, 司威治把这种奇特的地貌成为喀斯特, 成为世界通用的可溶岩体形成的地貌专门术语, 国际上一直沿用至今。1966年, 中国将喀斯特改为岩溶。

2.2 岩溶分布特征

中国碳酸盐类岩石分布面积较广, 据不完全统计, 分布总面积超 195 万平方公里, 其中裸露的面积超 125 万平方公

里, 约占国土面积的 1/7。中国西南云贵川三省碳酸盐类岩石分布面积达 55 万平方公里, 几乎占全国碳酸盐类岩石分布面积的一半。

2.3 形成岩溶的基本条件

①岩石必须是可溶的, 如石灰岩、白云岩、石膏和岩盐等。②岩体一定要是能透水的, 水才能深入岩体内部, 产生地下岩溶地貌。③水要具有溶解力。主要取决于水中二氧化碳量的多少、酸的数量、水温等。④水要是流动的^[1-3]。

2.4 岩溶形态特征

岩溶地貌可分为地表的和底下的。

第一, 地表的岩溶地貌主要有: 石芽(石林)(如图 1a)所示)、溶沟(槽)、落水洞(如图 1b)所示)、竖井、岩溶漏斗、岩溶洼地(如图 1c)所示)、溶蚀盆地(如图 1d)所示)等。

第二, 地下的岩溶地貌主要有: 溶洞(如图 2a)所示)、石钟乳(如图 2b)所示)、地下暗河(如图 2c)所示)、地下石柱(如图 2d)所示)、石笋、边石堤等。

【作者简介】朱永平(1972-), 男, 中国云南富源人, 本科, 高级工程师, 从事水文地质、工程地质、环境地质、地质灾害、岩土工程等研究。



a) 石林



b) 落水洞



c) 岩溶洼地



d) 岩溶盆地

图1 地表的岩溶地貌



a) 溶洞



b) 石钟乳



c) 地下暗河



d) 石柱

图2 地下的岩溶地貌

岩溶发育立体示意图如图 3 所示。

2.5 岩溶分类

2.5.1 按岩溶的形态大小

按岩溶的形态大小分为洞穴型、裂隙型、管道型和大型溶洞四个类别。

- ①洞穴型：发育规模小于 50m^3 的干溶洞或充填型溶洞；
- ②裂隙型：由构造裂隙经溶蚀形成的岩溶裂隙，岩溶裂隙宽度一般在 $1.0\text{cm}\sim 100\text{cm}$ ，平面延续性好；
- ③管道型：岩溶裂隙经进一步溶蚀扩大呈汇流的管道特征；
- ④大型溶洞：发育规模大于 50m^3 的干溶洞或充填型溶洞^[4]。

2.5.2 按充填特征

按充填特征分为充填型、半充填型和无充填型三个类别。

- ①充填型岩溶：由充填物充填的岩溶；
- ②半充填型岩溶：岩溶溶腔内部分充填物、部分为空腔的岩溶；
- ③无充填型岩溶：岩溶溶腔内无充填物的岩溶。

对工程危害分级一般：充填型 < 半充填型 < 无充填型。

2.5.3 按充填物性质

按充填物性质分为充填黏土型、充填淤泥型、充填粉细砂型、充填块石土型、充水型五个类别。

- ①充填黏土型：岩溶内充填物为黏性土的充填型溶洞；
- ②充填淤泥型：岩溶内充填物为淤泥的充填型溶洞；
- ③充填粉细砂型：岩溶内充填物为粉细砂型的充填型溶洞；
- ④充填块石土型：岩溶内充填物为块石土、碎石的充填型溶洞；
- ⑤充水型：岩溶内充填物为水的充填型溶洞。

2.5.4 按覆盖埋藏情况

按覆盖埋藏情况分为裸露型岩溶、浅覆盖型岩溶、深覆盖型岩溶和埋藏型岩溶等四种类型。

- ①裸露型岩溶：指碳酸盐岩直接出露地表，没有或很少被第四系沉积物覆盖；
- ②浅覆盖型岩溶：指碳酸盐岩部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 $30\%\sim 70\%$ 左右，覆盖厚度一般小于 30m ；
- ③深覆盖型岩溶：指碳酸盐岩大部分被第四系沉积物覆盖，覆盖率一般在 70% 以上，覆盖厚度层厚度一般大于 30m ，小于 100m ；
- ④埋藏型岩溶：碳酸盐岩

层被非碳酸盐岩岩层覆盖，地表岩溶特征不明显，埋深大于 100m ，最深可以达 1000 多米。按覆盖埋藏情况分类岩溶发育示意图见图 4。

3 岩溶对建设工程影响分析

岩溶地区地基及分类是指建筑物下面支撑基础的土体或岩体。岩溶地区建筑一般会遇到几类地基：溶洞地基、土洞地基和石芽地基。

以上三类岩溶地基，处置不当，均会对工程建设造成不良影响。根据工程经验，岩溶对工程的不良影响主要表现在以下几个方面。

3.1 溶洞地基

地基稳定性取决于溶洞埋深、溶洞规模、溶洞顶板基岩厚度、风化程度、填充情况等。当溶洞规模大、无填充或填充不密实或充填物物理力学强度低、顶板薄或顶板岩体力学强度差时，加载会使顶板坍塌，导致建筑基础失稳。隧洞及地下工程中，岩溶水的动态变化会给工程施工带来涌水、突泥、洞塌落、洞穴（地下室、隧道）顶板岩体变形等危害。

3.2 土洞地基

地基土层中存在岩溶塌陷形成的土洞的地基。土洞顶板一般为土体，当土洞顶板在建（构）筑物荷载下坍塌时，导致建（构）筑物基础失稳，威胁建（构）筑物安全。

3.3 石芽地基

地基土层中存在石芽的地基，常出现于浅表。影响地基稳定。岩溶区一般基岩面起伏较大，因石芽间多被土体充填，力学强度较低，而石芽力学强度较高，易引起地基的不均匀沉降，威胁建（构）筑物基础稳定。

4 岩溶地区工程勘察

岩溶地区的工程、水文地质结构不稳定、可变因素较多，处理不当，极易为工程建筑安全运营埋下隐患。为了减少或者杜绝岩溶地区的建（构）筑物安全事故，工程勘察工作便显得尤为重要。

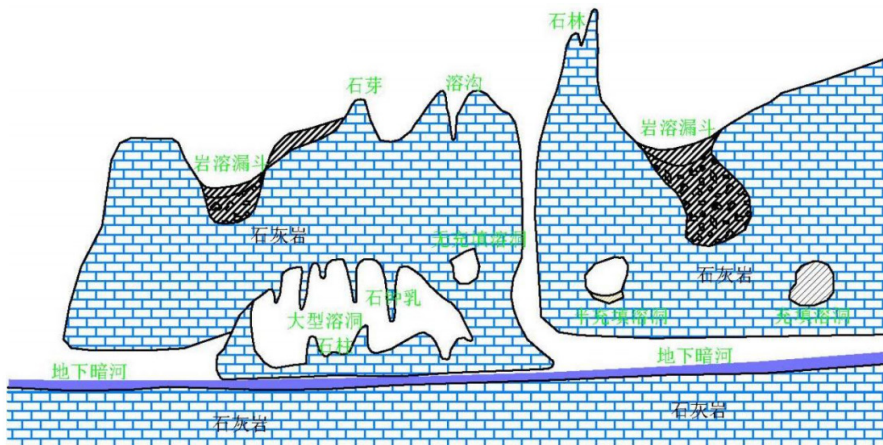


图 3 岩溶发育立体示意图

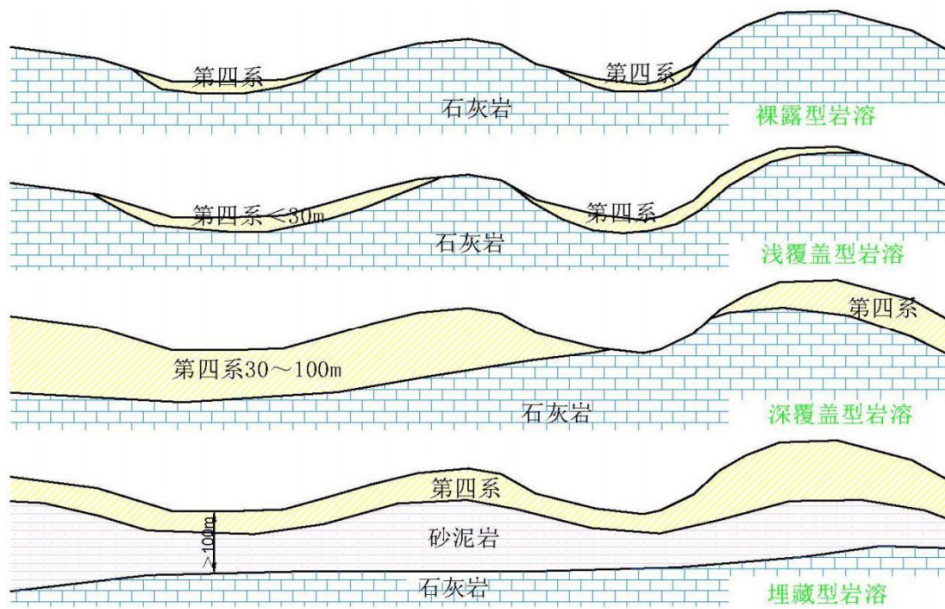


图4 按覆盖埋藏情况岩溶分类示意图

4.1 勘探目的

通过勘察工作，为工程各阶段的建筑物地基基础设计、地基处理、地下室开挖、边坡支护设计等提供岩土工程资料及设计参数，满足各阶段工程设计要求。

4.2 勘探手段

岩溶地区的勘察除进行传统的钻探方法外，普遍采用的还有工程地质调查与测绘、地球物理勘探、遥感技术、原位测试、模型试验、室内试验、超前钻等。工程地质调查与测绘：对岩溶地区场地的地形地貌、地层岩性、地表岩溶形态、人类工程活动、覆盖层厚度特征、基岩面起伏特征等进行调查和测绘，从宏观角度对场区岩溶发育特征进行调查和研究，根据调查研究结论，进一步分析地质勘探方法和勘察重点，为工程勘察提供基础性资料；地球物理勘探：针对区域内的地下岩溶发育情况进行，目的为查明场区内及附近有无隐伏的、对工程有影响的断层、破碎带、地下大型溶洞、地下水特征等，一般在选址或可行性研究阶段进行，勘探方法一般有EH4大地电磁测深和高密度电阻率法；遥感技术：方法一般有红外线遥感、卫星遥感、航空遥感等，主要对大区域岩溶地质进行调查，一般的建筑工程中使用较小；原位测试技术：目的是对溶洞中的充填物、塌陷堆积物的地势特征、地基承载力进行测试，为工程地基基础设计提供依据，常规勘探方法有重力触探和标准贯入试验，有时候也采用静力触探；模型试验主要由于大型工程或研究，工程中很少使用；室内试验包括土的膨胀性试验、水的腐蚀性分析、岩石的抗压强度等试验；超前钻（施工勘察）：一般针对桩基础或大荷载独立基础进行，旨在查明桩基础或大荷载独立基础桩端以下一定厚度岩层中岩溶发育情况，为桩基桩长、桩径、持力层及下卧层溶洞处理提供科学依据。

4.3 勘察重点

①选址或可行性研究阶段勘察，采取地球物理勘探、查阅区域资料、工程地质调查与测绘等多种手段，重点查明影响建设适宜性的断层、破碎带、地下大型溶洞、地下水特征等，为工程场址比选、可行性研究提供依据；②初步勘察阶段：采取钻探、工程地质调查与测绘、原位测试、室内试验等勘探手段，重点查明建筑区地表、地下岩溶发育、地下水特征，为工程布局研究提供依据；详细勘察阶段：详细查明既定建筑物区地表岩溶发育特征、地土中岩溶发育特征、地下水特征等，为工程基础选型、地基处理、边坡防护等提供依据；施工勘察阶段：重点查明桩基基地以下一定厚度岩层中溶洞发育情况，为桩径、桩长、溶洞处理或穿越分析等提供依据^[5]。

5 结语

岩溶地区地形地貌复杂、工程地质条件复杂多变，在工程勘察过程中，针对不同阶段勘察研究重点和难点，采取相应、有效的勘探手段，为项目选址、可行性研究、施工图设计、建筑基础设计、地基处理等提供科学依据，避免或减少因岩溶不良地质作用给工程建设带来不可预估的损失，是岩溶地区工程建设的重点。

参考文献

- [1] GB 50021—2001 2009版岩土工程勘察规范[S].
- [2] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S].
- [3] GB/T 51238—2018 岩溶地区建筑地基基础技术规范[S].
- [4] 朱永平.昆明市五华区垃圾焚烧发电厂异地重建项目拟建场地岩土工程详细勘察报告[R].
- [5] 朱永平.恒大文化旅游城首期JC-ZJ-C1-08地块（高层区）拟建场地岩土工程详细勘察报告[R].