

## Study on the treatment of Limestone cave and soil cave in the construction of power transformation project

Liu Rong Song Ke

Hubei Electric Power Design Institute, Wuhan

**Abstract:** Limestone cave and soil cave are the characteristic geological phenomenon of limestone regions, and those caves may bring serious trouble to the stability of building's foundation. It is necessary to explore the cave's distributing and adopt effective measures to deal with those caves in limestone regions, where transformer substation will be built. The paper overall discusses the genesis, exploration method, and treatment method of the soil cave and limestone cave in the region where one 220kv substation will be built. It can be used as a reference to similar engineering.

**Key words:** Limestone cave; Soil cave; Exploration and Treatment Method

Received: 2019-06-22; Accepted: 2019-07-13; Published: 2019-09-02

# 变电工程建设中溶洞和土洞的处理研究

刘荣\* 宋柯

湖北电力设计院, 武汉

邮箱: rliuyy@126.com

**摘要:** 岩溶洞隙及其伴生的土洞是覆盖型岩溶地区的常见不良地质现象, 它对建筑物基础的稳定性危害极大。在土洞和溶洞分布区兴建变电站等电力设施时, 探明溶洞、土洞的分布, 采取合理的有效措施对溶洞、土洞进行处理尤为重要, 结合某 220kV 变电站所处地层中土洞和溶洞的成因、探测及处理方法进行全面介绍, 为今后类似工程的处理提供借鉴。

**关键词:** 溶洞; 土洞; 探测及处理

收稿日期: 2019-06-22; 录用日期: 2019-07-13; 发表日期: 2019-09-02

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## 1 溶(土)洞的成因及危害

由于基岩中可溶性岩石(石灰岩、泥质灰岩、炭质页岩等)的存在,在含有碳酸的地下水作用下,发生化学反应: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3)^-$ ,灰岩溶蚀形成重碳酸钙,它以 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{HCO}_3^-$ 离子形式溶于地下水中而被地下水流带走。溶洞正是由于地下水流沿可溶性岩层的各带带走。溶洞正是由于地下水流沿可溶性岩层的各

种构造面(如层面、断裂面、节理裂隙面等)进行长期溶蚀及侵蚀作用所形成的地下洞穴。溶洞的形成必须具备地下水的流动,而基岩裂隙水通常与第四系孔隙水连通,随着第四系孔隙水沿土层孔隙向下渗流时,流水将土粒带走使孔隙不断扩大,在土层较深处逐渐形成土洞。土洞和溶洞是地下岩溶地貌的主要形态,两者均为岩溶作用的产物,溶洞和土洞常相伴相生。

土(溶)洞及下部地基稳定性较差,埋深较小的土洞在耕植土推挖时即可能出现塌陷,埋深较大的土(溶)洞在建筑物(构筑物)建设及运行过程中易塌陷,严重影响安全。所以,有必要妥善处理土(溶)洞问题。

## 2 工程概况

某220kV变电站位于溶洞、土洞发育的英德市,站址地貌单元属山前坡积扇地貌,间夹有若干条山前排洪沟冲沟洼地,地面标高在31.32~37.50m之间,变电站场地设计标高为38.80m,变电站占地面积为13007.2m<sup>2</sup>,本站是常规型变电站采用敞开式配电装置。初步勘探表明,场地溶洞、土洞发育并且软土、填土层较厚,地基处理要慎重。

### 3 溶(土)洞的探测

近年来,随着计算机技术的发展,新的物探技术如各种层析成像技术、地质雷达技术、高密度电法技术及瑞雷波技术等都得到了广泛的应用。本工程在初步勘察的基础上,又采用高密度电测深法探查石灰岩中溶洞的发育和分布情况,采用探地雷达法探查场地土洞的发育和分布情况。

根据物探结果,依据重要建筑物和大型设备应尽量避免开溶洞和土洞的设计原则,对本站的具体位置进行了全面优化,为节约工程造价打下了坚实的基础。

在施工图设计开始前,为了准确了解溶洞和土洞的位置、大小、埋深及填充情况,对重要建构筑物如配电综合楼、主变、构架等的基础处做了超前钻勘察,其余场地采用钎探作普查,根据超前钻和钎探的结果,本站共发现溶洞6个,土洞19个,主要分布于站址的中部,西南及东南面。分布不均匀,范围较大,厚度0.40~14.50 m,层顶标高32.54~23.02 m。局部还分布有大片的软弱土层。

### 4 溶(土)洞的加固处理

#### 4.1 溶(土)洞加固处理的目的

溶(土)洞一般情况下短时间内其变化不明显,但当其受到附加力影响时,空洞顶板土体会产生崩塌扩展现象,最终会引致洞体顶板失稳陷落,危及建筑物的安全。因此,溶(土)洞处理的目的旨在:

- 1) 堵塞溶(土)洞与外界的直接漏水通道,防止水土流失;
- 2) 充填洞体内空隙,防止洞壁崩塌;
- 3) 加固洞内原充填的欠固结的软弱土体,防避软弱土体在受附加应力及自重影响下产生较大的固结沉降变形,使洞内充填物与洞壁间产生过大的空隙。

#### 4.2 溶(土)洞加固的一般方法

利用钻(钎)探机钻孔,先根据洞底的充填情况,采用具针对性的侧向花管喷射注浆法+直接压力灌浆充填法组合工艺处理,即先在钻孔内把带有侧向

喷嘴的注浆管放至需处理的土洞或溶洞底（或顶）定位后，用高压设备使纯浆液成为高压流从喷嘴中喷射出来，通过水泥化学浆的快速凝固作用，堵塞洞体与外围的透水通道，进一步迫使洞内空洞得到充分的填充，待浆体凝固后，在溶洞中形成一个强度较高固结体，从而起到既置换、加固洞体软弱土体及充填空洞作用，又起到洞体上下板块的承接作用，从而达到加固目的。

对于可能出现漏水现象的土洞或溶洞，或在进行了注浆及充填处理浆体初凝及充填物沉积稳定后，洞体顶板底与注浆固结体顶面间出现脱空现象时需进行补浆处理的，对此类钻孔要再进行顶埋管，采用静压灌浆法在孔内注入高浓度水泥化学浆，使水泥化学浆在压应力的驱动下扩散、渗透、挤压洞体内软弱土体，并充填空隙及岩体裂隙，并产生胶结堵封作用。

### 4.3 本工程的溶（土）洞加固措施

了解了本变电站内溶洞和土洞的详细情况后，经多方案比较，决定采用“先向洞内灌注 C15 素混凝土，再利用袖阀管向洞底洞顶压密注浆”法处理土洞和溶洞。具体做法是：

- 1) 在洞顶钻  $\Phi 150$  孔，安装  $\Phi 130$  套管。
- 2) 在套管内插入  $\Phi 50$  mm 注浆管，进入离洞底 1.0 m 处。
- 3) 利用挤压泵将 C15 素混凝土灌入洞内。
- 4) C15 素混凝土灌注 3 天后，进行袖阀注浆的成孔，孔径为  $\Phi 91$ ，孔深比洞体地板深 500 mm。
- 5) 安装袖阀管，开始压密注浆。达到一定压力后，稳压 15 分钟后即可停止。

### 4.4 溶（土）洞加固处理后的检测

由于浆液注入地层的不均匀性，目前国内外对于溶（土）洞经灌注与注浆处理后注浆效果的检验仍然是个尚待进一步研究的课题，尚无统一的规范要求，本工程通过钻孔抽芯法检测，了解站区灌浆处理后的溶（土）洞的充填情况，要求洞体内不得有空隙。对其进行压缩模量指标的检测，钻孔取土及室内土工试验，要求压缩模量值不小于 5.0 MPa，抗压强度标准值不低于

0.5 MPa。检测合格后,再进行大面积的回填土方施工。对溶洞土洞内的填充物进行抽芯检查,检测结果表明90%以上合格。

## 5 对溶(土)洞分布地区地基基础设计的建议

1) 对于岩溶强烈发育地区的工程施工,要十分重视前期地质勘探工作以明确掌握溶(土)洞及淤泥质土的分布、规模变化。

2) 建议建筑物尽量避开溶洞、土洞分布密集区域兴建,对建筑物、构筑物的具体位置进行优化选址,为节约工程造价打下了坚实的基础。

3) 结合地质勘探结果,根据土(溶)洞的大小、分布及充填等情况选定经济、适用的溶(土)洞处理方案。

4) 工程实施前必须进行地基处理试验,根据试验结果确定施工参数,并根据检测结果调整验收指标。施工过程中必须严格按施工工艺及施工参数进行。

## 参考文献

- [1] 余波. 喀斯特地区岩溶和土洞对建筑物地基稳定性影响的处理方法探讨[J]. 岩土工程界, 2007, 10(7): 25-26
- [2] 黄伟, 陈义, 蓝静辉. 土洞及软基加固处理综合技术[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(4): 34-36