

2012年  
辽宁工程勘察与岩土工程  
学术会议论文集

# 工程勘察与岩土工程

主编 朱浮声



東北大學出版社  
Northeastern University Press

2012 年辽宁工程勘察与岩土工程学术会议文集

# 工程勘察与岩土工程

朱浮声 主编

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

©朱浮声 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

工程勘察与岩土工程 / 朱浮声主编. —沈阳 : 东北大学出版社, 2014. 7  
ISBN 978-7-5517-0698-8

I. ①工… II. ①朱… III. ①建筑工程—地质勘探—文集 ②岩土工程—文集  
IV. ①TU19-53 ②TU4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 160369 号

---

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: [neuph@neupress.com](mailto:neuph@neupress.com)

<http://www.neupress.com>

印刷者: 廊坊市文峰档案印务有限公司

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 13.5

字 数: 337 千字

出版时间: 2014 年 9 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑: 潘佳宁 王兆元

责任校对: 铁 力

封面设计: 刘江旻

责任出版: 唐敏志

---

ISBN 978-7-5517-0698-8

定 价: 39.00 元

# 《工程勘察与岩土工程》

## 编 委 会

主 编 朱浮声

副主编 王家伟

编 委 (按姓氏笔画为序)

王敏权 孙首印 朱 榆

张丙吉 张海东 张维政

赵俭斌 薄 萍

## 目 录

## 地质·勘察

- 基于多次覆盖观测系统的地震映像法及其应用 ..... 刘升传 刘欣 钟靖涛 王锡谦 (1)
- 地下水对岩土工程的危害 ..... 郭 帅 朱彦辉 薄 萍 杨海平 刘志山 王 冲 (7)
- 如何综合划分地基土液化等级的探讨 ..... 孙建德 岳 帅 吴铁映 (15)
- 深层隐伏断裂带平面位置调查方法 ..... 郎俊彪 孙建德 王首昊 (17)
- 城市地质灾害剖析及沈阳地质灾害防治 ..... 于 丹 于均园 张海洋 (19)
- 电渗排水室内试验分析 ..... 朱作为 修彦吉 王宁伟 张 雷 (25)
- 花岗岩球状风化形成机理与工程性质 ..... 姜海灏 (29)
- 关于本溪“发震断裂”的讨论 ..... 方 森 方明东 (33)
- 西丰安民至开原金沟子高速公路工程地质特征 ..... 段铁英 (37)
- 浅谈地质灾害评估报告编写的重点 ..... 钟靖涛 刘升传 廖 勇 (43)

## 地基处理

- 水撼砂工艺在市政管道工程中的应用 ..... 石 雷 刘振华 王述红 宋天宇 (47)
- 黏性土地区煤矸石砂石桩的应用研究 ..... 解 磊 王于丹 (51)
- 强夯法处理湿陷性黄土地基的应用研究 ..... 陆法潭 赵中华 孙志民 温华兴 (54)
- 强夯法对周围建筑物的影响 ..... (54) 霍新雯 冯燕忠 李翰文 (57)
- 沈阳地铁某输变电所深层处理压实填土工程 ..... 王锡谦 张恒兵 刘升传 廖 勇 刘 欣 (61)
- 沈阳地区两种常用地基处理方法 ..... 刘 欣 廖 勇 刘升传 (64)

## 基础工程

- 基坑开挖对单桩及群桩回弹位移的影响分析 ..... 卫凌云 陈 丹 (67)
- 地下结构抗浮锚杆的设计及应用 ..... 朱作为 张 雷 王宁伟 修彦吉 韩舰辉 (75)
- 后注浆灌注桩在工程中的应用 ..... 张 叙 梁 峰 宋濯非 (80)
- 锤击管桩挤土产生水平位移监测 ..... 张祥雨 宋志强 张立丰 李振军 (85)
- 钻孔压灌桩常见工程质量事故预防措施探讨 ..... 李 雪 曾庆广 王小明 (89)
- 岩土抗浮锚杆抗拔试验 ..... 朱彦辉 肖 东 朱 源 郭 帅 (92)
- 打入式预制桩对现存桩体位移影响的测试研究 ..... 王祥民 曾庆辉 王晓辉 (97)

- 墙柱复合基础处理软土地基的探索 ..... 王晓辉 王祥民 曾庆辉 (104)
- 某机场路隧道工程桩基托换技术 ..... 张爱国 (107)
- 钢筋应力计在桩基检测中的应用 ..... 王媛媛 王家光 (110)

### 基坑·边坡·地下工程

- 露天矿排土场边坡降雨入渗稳定性评价 ..... 郝哲 陈殿强 张维正 (114)
- 土岩结合地层深基坑支护方式计算模型探讨 ..... 刘伟 于忠泽 (124)
- 基坑开挖对邻近地铁隧道影响的数值模拟 ..... 黄忠福 李松 (129)
- 明挖隧道围护结构抗浮设计 ..... 马荣 陈立敏 (133)
- 抚顺莱河尾矿坝稳定性分析 ..... 于丹 张海洋 周志广 (137)
- 近地铁段深基坑的一种支护结构形式 ..... 戴武奎 尹越 卫凌云 (145)
- 预应力锚索在粉质黏土深基坑工程中的应用 ..... 宋志强 张祥雨 张立丰 张铁刚 (150)
- 水泥土重力式边坡支挡结构设计施工 ..... 董鉴峰 蒋中国 (154)
- 某高速铁路膨胀土挖方边坡的防护措施 ..... 孙振华 (158)
- 桩锚支护结构中锚杆的检测试验 ..... 朱作为 张雷 王宁伟 修彦吉 韩舰辉 (162)
- 边坡工程风险预警及其处理 ..... 王媛媛 高华 (165)
- 地下通道下穿既有给水管线数值模拟分析 ..... 陈晨 (171)
- 加筋格宾土挡墙在高速公路填方边坡中的应用 ..... 孙立娟 (175)
- 库水位变化对崩塌堆积体稳定性影响的数值模拟 ..... 张广超 宋来福 肖宇轩 (180)
- 沈阳某过冬基坑监测数据浅析 ..... 孙海浩 王园 张丙吉 (184)

### 其他

- 浅析岩土工程可靠度常用的几种分析方法 ..... 解磊 李慧 陆法潭 孙璐 (187)
- 岩土工程设计的特点及相关问题探讨 ..... 高华 王媛媛 (194)
- 浅议岩石工程施工与环境可持续发展 ..... 高华 王媛媛 (196)
- 试论岩土工程施工管理的新趋势 ..... 王家光 高华 王媛媛 (199)
- 浅谈施工企业工程造价管理 ..... 陈立敏 姜闯 (202)
- 下承式预应力混凝土系杆拱桥结构分析与设计 ..... 张显冬 汪智慧 (205)

# 基于多次覆盖观测系统的地震映像法及其应用

刘升传 刘欣 钟靖涛 王锡谦

(沈阳市勘察测绘研究院, 沈阳, 110004)

**摘要:** 地震映像法是采空区探测中常用的浅层地震方法之一, 最佳偏移距的确定是该方法效果好坏的技术关键, 也是技术难点。本文提出了基于多次覆盖观测系统的地震映像法, 在不增加野外工作量的前提下, 可得到多条不同偏移距的地震映像记录, 可方便地确定最佳偏移距, 提高方法的探测效果。

**关键词:** 多次覆盖观测系统; 地震映像法; 最佳偏移距; 采空区探测

## 1 地震映像法的原理及特点

地震映像法是基于反射波法中最佳偏移距技术发展起来的一种常用的浅层地震勘探方法。在这种方法中, 每一测点的波形记录都采用相同的偏移距激发和接收, 能够反映出地质体沿垂直方向和水平方向的变化。在探测目的较单一、只需研究横向地质情况变化的情况下, 地震映像法效果较好; 而探测目的层较多时, 则不易确定最佳偏移距。

在采空区探测中, 其埋深未知且变化很大。对不同埋深的采空区, 有不同的最佳偏移距。传统的地震映像法用一种固定的偏移距(最佳偏移距)工作, 只对某一特定深度的采空区反应灵敏, 影响探测效果。本文提出了基于多次覆盖观测系统的地震映像法, 与传统的地震映像法相比, 该方法不增加野外工作量, 且可得到观测剖面上多条不同偏移距的地震映像记录, 实现对不同埋深的采空区的探测, 提高该方法的探测效果。

地震映像法可以利用多种波作为有效波来进行探测, 也可以根据探测目的要求仅采用一种特定的波作为有效波。除常见的折射波、反射波、绕射波外, 还可以利用有一定规律的面波、横波和转换波。在这种方法中, 每一测点的波形记录都采用相同的偏移距激发和接收。在该偏移距处接收到的有效波具有较好的信噪比和分辨率, 能够反映出地质体沿垂直方向和水平方向的变化。地震映像可以用波形图或彩色振幅图显示结果, 同时进行运动学和动力学方面的解释分析, 数据处理可以在空间、时间和频率域中进行, 图示直观。目前一些地震仪器已采用了特殊的数据采集技术, 可以方便、快速地获得地震映像记录<sup>[1-2]</sup>。

### 1.1 反射波在地震映像波形图上的反映

地质模型如图 1 所示。图中表示了当偏移距为  $L$  时,  $O_1$  和  $O_2$  点激发,  $S_1$  和  $S_2$  点接收的反射波传播路径, 界面水平时, 反射点在激发点和接收点中点下的界面上, 反射波的传播时间与界面深度有关。反射波时距方程为

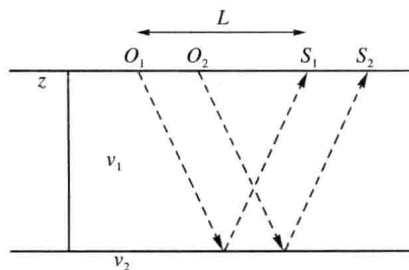


图 1 反射波射线传播路径

$$T = \frac{\sqrt{4z^2 + L^2}}{v_1} \quad (1)$$

如图 1 所示,当界面水平时,每次激发的反射波传播时间不变,反射点的位置正好在记录点上,当界面深度发生变化时,反射波的传播时间会发生变化,如在断层两侧表现为突变;如果是倾斜界面,反射点的位置会偏离记录点向界面的上倾方向移动。同样可以根据反射波同相轴的变化情况定性推断界面的起伏情况。

## 1.2 地震映像方法的特点

地震映像方法具有如下特点<sup>[3]</sup>。

- (1) 地震映像法数据采集速度较快,野外工作方便。
- (2) 地震映像法在资料解释中可以利用多种波的信息,有效波不仅可以是反射波,还可以是折射波、面波、绕射波,或同时有 2 种或 3 种波,能够反映地下地质条件的变化。
- (3) 在探测目的较单一、只需研究横向地质情况变化的情况下,地震映像法效果较好,而探测目的层较多时,不易确定最佳偏移距。
- (4) 由于每个记录都采用了相同的偏移距,地震记录上的时间变化主要为地下地质异常体的反映,这给资料解释带来极大的方便,可直接对资料进行数字解释,如数字滤波、时频分析、相关分析等。

## 2 地震映像法的工作方法及特点

地震映像法具有数据采集速度较快、野外工作方便等优点,但用一种固定的偏移距(最佳偏移距)工作,只对某一特定深度的地质体反应灵敏,当探测目的层较多时,探测效果不好。

为解决该问题,本文设计了基于多次覆盖观测系统的地震映像法,工作流程如下。

- (1) 按图 2 所示将检波器等间距布置在测线上,震源点距第一个检波器的距离与检波器间的距离相等(如 2m);覆盖前 12 个检波器得到测线上第一张共炮点记录;移动震源至第一个检波器,覆盖第 2~13 检波器得到测线上第二张共炮点记录;依次进行,当覆盖到第 13~24 检波器后滚动导线,直到整条测线完成。测线上得到多张共炮点记录。

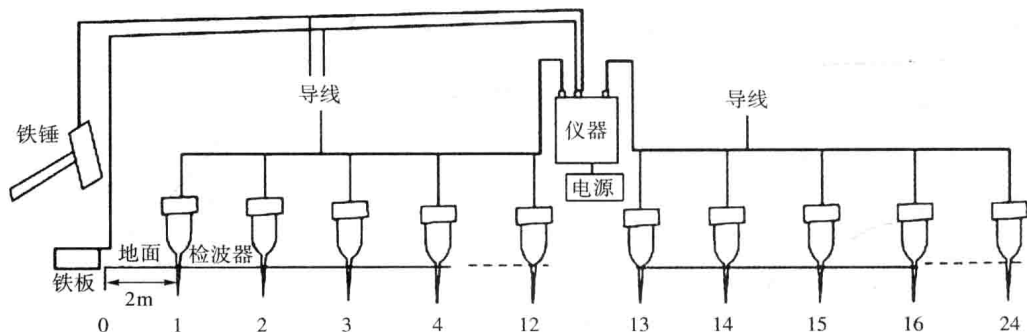


图 2 基于多次覆盖观测系统的地震映像法

- (2) 将多张共炮点记录依次合并,进行共炮检距抽道处理,抽取出 12 张偏移距为  $N$  ( $N=1, 2, \dots, 12$ ) 倍检波器间距的地震映像记录。

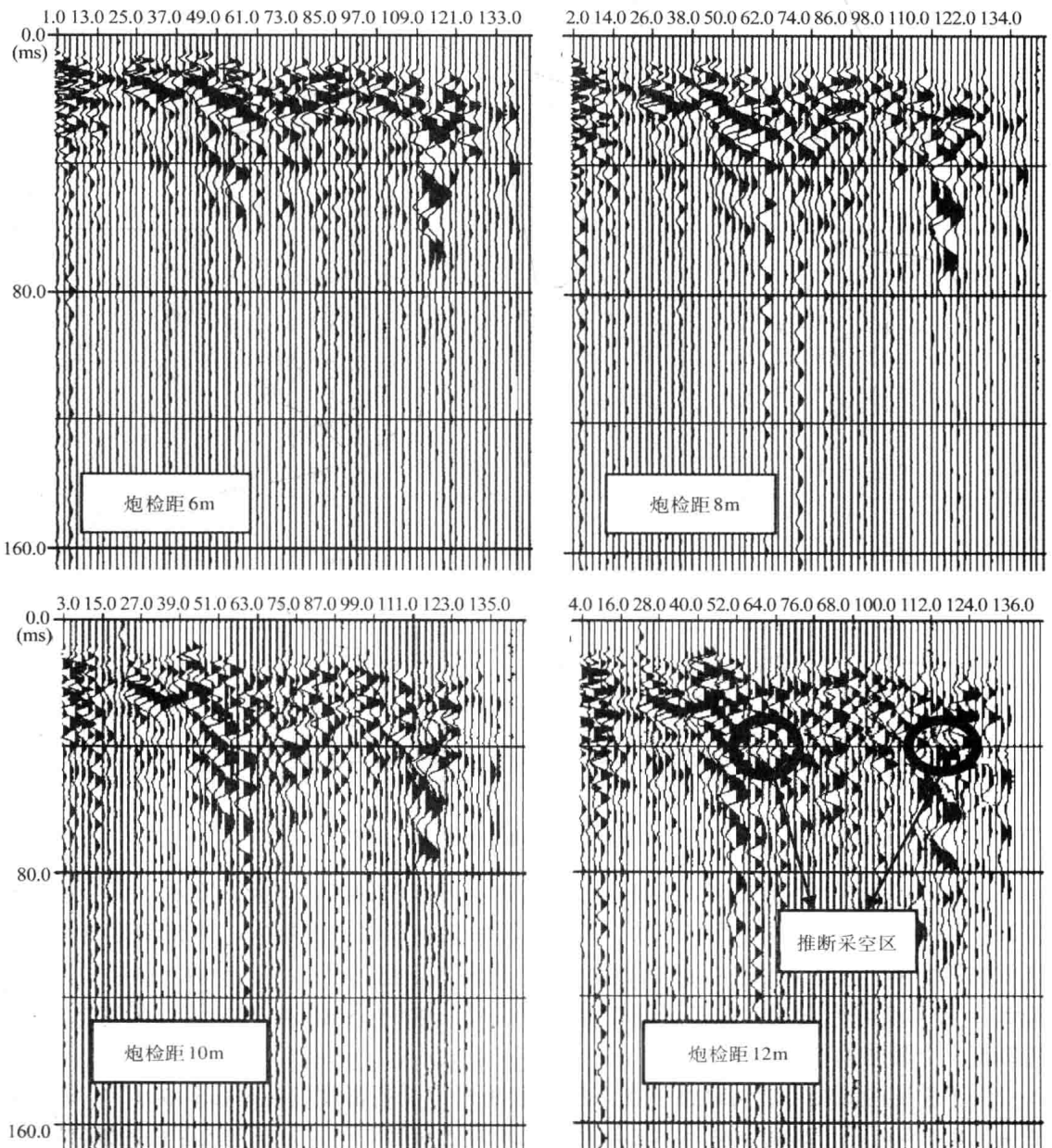
- (3) 对多张不同偏移距地震映像记录进行滤波等处理,进行地质解释。如在采空区探测中,可根据采空区地震映像特性,选择最佳偏移距的地震映像记录进行采空区圈定。



由基于多次覆盖观测系统地震映像法的工作方法可见,该方法的检波器布设、震源布设等野外实物工作量,与传统地震映像法相比完全相同,不增加野外工作量,只增加了室内抽道处理的中间过程。但却得到了多张不同偏移距地震映像记录,解决了传统地震映像法不易确定最佳偏移距的技术难题,提高了方法的探测效果。

### 3 应用实例

由于民采等历史原因,在弓长岭露天铁矿露天采场下形成了众多情况不明的采空区,影响矿山安全生产。由于采空区埋深变化很大,不存在一个固定的最佳偏移距,限制了地震映像法的探测效果。据此本文用基于多次覆盖观测系统地震映像法进行了探测。使用仪器为 SE2404EP 型综合工程地震仪,检波器距 2m,用仪器自带的多次覆盖观测系统进行数据采集,经抽道等处理后形成的不同偏移距的地震映像图如图 3 所示。



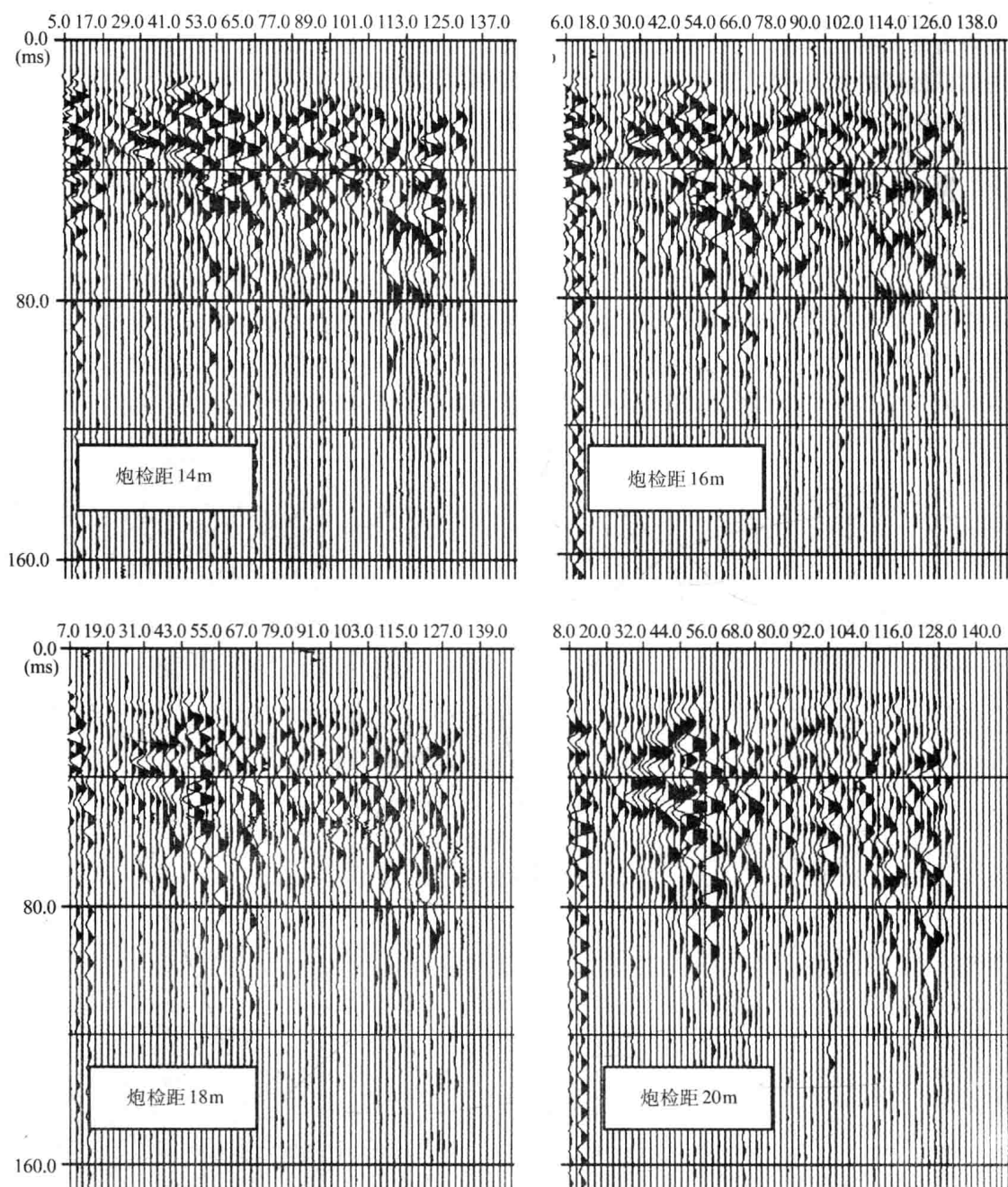


图3 某线不同偏移距的地震映像图

由图3可见,当偏移距较小(如2m,4m)时,地震映像图上无异常显示;偏移距增大(10m,12m)时,在测线的55~60m,106~122m处地震波强度增大,同相轴弯曲及地震波相位数增多,具备采空区存在的异常特征,推断为采空区存在<sup>[4]</sup>;再增大偏移距(18m,20m),异常变得不明显,尤其是横向分辨率降低。说明了地震映像法进行采空区探测,的确有一个最佳偏移距存在。

为了验证探测结果的可靠性,在该测线上还进行了高密度电阻率法探测<sup>[5-6]</sup>,结果见图4。由图4可见,高密度电阻率法剖面上出现两处局部高阻,为采空区存在的异常特征。

探测结果与地震映像法的结果吻合, 表明了探测结果的可靠性。后经钻探工程验证两空区存在, 顶部埋深在 12m 左右。

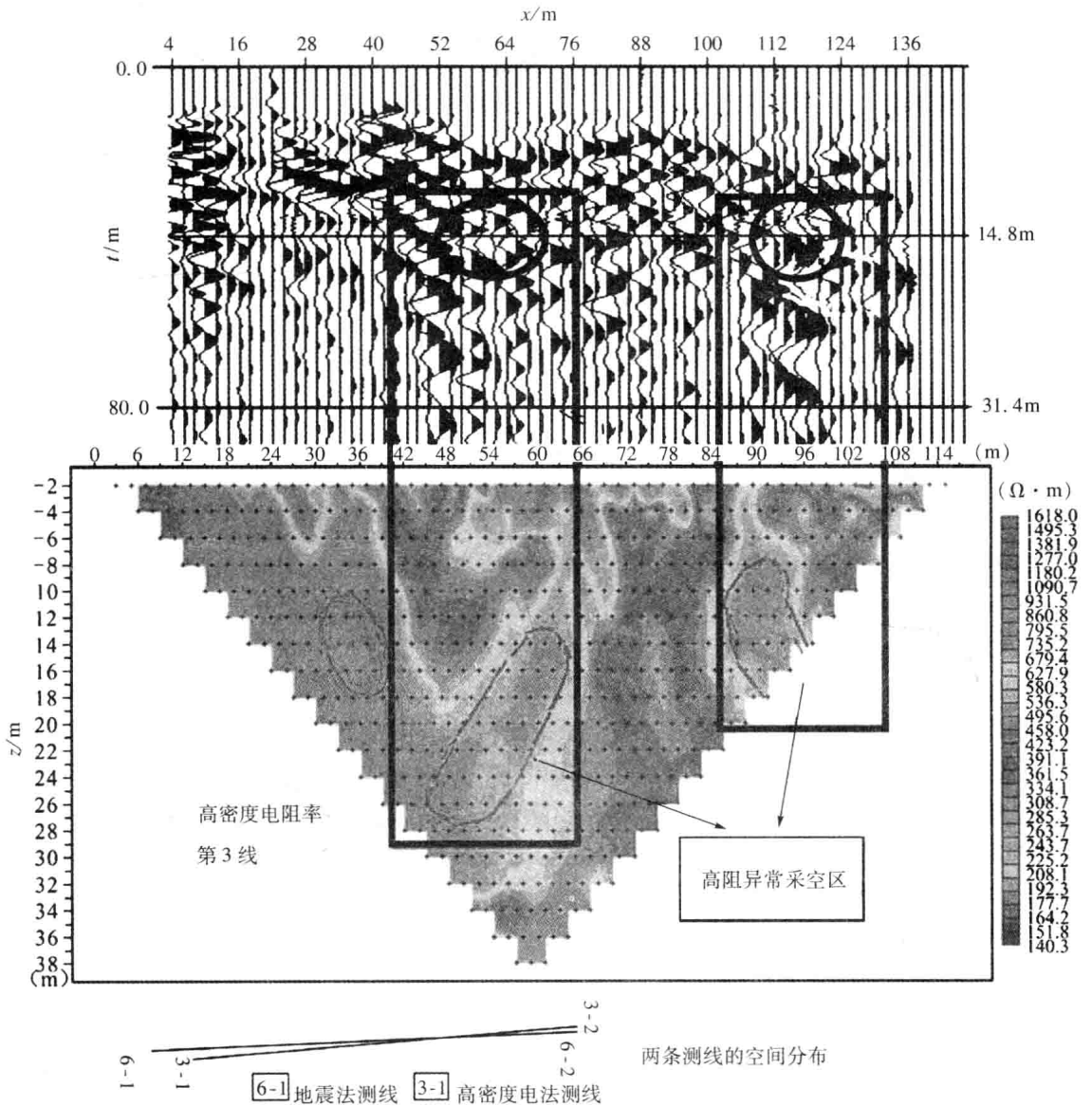


图4 地震映像法与高密度电阻率法探测结果对比图

## 4 结论

(1) 地震映像法进行采空区探测, 的确有一个最佳偏移距存在, 最佳偏移距的大小与采空区的埋深、形态、围岩性质等因素有关。

(2) 在采空区探测中, 采空区的埋深、形态等参数变化很大。对不同埋深的采空区, 有不同的最佳偏移距。传统的地震映像法用一种固定的偏移距(最佳偏移距)工作, 只对某一特定深度的采空区反应灵敏, 影响探测效果。

(3) 基于多次覆盖观测系统的地震映像法, 在不增加野外工作量的前提下可得到多条不同偏移距的地震映像记录, 实现对不同埋深的采空区的探测, 提高方法的探测效果, 是

一种值得推广的地震映像法工作方法。

**参考文献:**

- [1] 王俊茹. 工程与环境地震勘探技术[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [2] 陆基孟. 地震勘探原理[M]. 北京: 石油大学出版社, 2001.
- [3] 单琳娜. 工程地震勘探[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006.
- [4] 周竹生, 蒋婵君, 郭有刚. 浅层地震反射波法在隧道工程勘探中的应用[J]. 地球物理学报, 2008 (5): 516-518.
- [5] 门业凯, 王恩德, 杨义彪, 等. 基于高密度电阻率法的露天铁矿采空区的综合探测方法研究 [J]. 工程地球物理学报, 2010, 7 (2): 164-168.
- [6] 罗有春, 邹俊, 王怀坤, 等. 高密度电阻率法在防空洞探测中的应用[J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2008, 22 (2): 128-130.

# 地下水对岩土工程的危害

郭 帅 朱彦辉 薄 萍 杨海平 刘志山 王 冲

(中冶沈勘工程技术有限公司, 沈阳, 110016)

**摘 要:** 本文讨论了地下水对岩土工程的危害, 总结了与地下水活动有关的工程地质现象, 并给出了相应的指导性处理方案。

**关键词:** 地下水; 黏结力; 潜蚀; 上层滞水; 饱和软化; 稳定性

## 1 地下水对岩土工程的危害

### 1.1 地下水及其对工程的影响

地下水赋存和运动于岩土的空隙中, 空隙的多少、大小、连通的程度及分布规律, 决定着地下水的赋存、分布和运动特点。

按水在岩石空隙中的存在形式, 地下水可分为气态水、吸着水、薄膜水、毛细水、重力水和固态水。以上各种形态的水, 在土层中的分布具有一定的规律。当进行挖孔桩造孔时, 就可以看到下述情况: 开始挖孔时, 土层是干的, 但实际上是存在气态水、吸着水、薄膜水的。薄膜水对黏性土的力学性质影响很大, 但对孔壁的稳定性影响不大。

再向下挖时, 土层的颜色就会发暗, 有潮湿的感觉, 但孔中却没有水。这说明已挖到毛细水带, 它对于孔壁的稳定性已构成威胁。毛细水对土的湿度、稠度和稳定性影响明显, 它可使部分土体达到饱和和软化, 削弱了土的稳定性。毛细水所受的拉应力传到毛细管壁上, 并产生毛细管压力。这个压力对于砂土来说, 压密土体并增加了其黏结力和内摩擦力, 因而在某种程度上稳定性增强了。当地下水往上升时, 毛细管水的弯液面和毛细管力消失, 同时毛细水转变为重力水, 使土的黏结力、承载力及稳定性降低。

再向下挖到某一深度, 水就开始流入或渗入孔中, 并逐渐形成一个地下水面, 这就是重力水, 在重力水面以上, 土层的空隙未被水填充饱和, 称为包气带, 以下则称为饱水带。毛细带实际为二者的过渡带, 在包气带中, 也可存在过路的重力水和悬挂的毛细水。

地下水按埋藏条件可分为上层滞水、潜水和承压水。上层滞水含水层是潜水含水层的特殊情况, 它是包气带中的重力水。上层滞水埋藏较浅, 在雨季时分布广泛, 因此它对工程的危害性最大。

维持土稳定性的主要因素是土的黏结力和内摩擦力, 密度大的土黏结力和内摩擦力大, 则稳定性好。土浸水后降低了黏结力和内摩擦力, 降低了土的稳定性。对于土密度小、压缩性高、饱和的松散土, 如粉砂、细砂(包括部分粉土), 当机械振动或地震荷载重复作用时, 会产生液化, 由于结构物的荷重作用和地下水的下降, 会促使砂性土下沉。基坑开挖时产生管涌现象, 可以说地下水是破坏土的稳定性的主要因素。

地下水对工程的设计方案、施工方法与工期都有密切关系。如果对地下水处理不当可

能造成不良后果,甚至发生重大工程事故。因此对工程的设计、施工应考虑下列问题。

(1) 基础埋置深度:通常设计基础埋置深度应小于地下水位深度。当基础底面与地下水位之间为粉砂或黏性土时,在寒冷地区地下水位深度低于冻结深度的距离小于1.5~2.0m时,则冬季可能因毛细水上升而使地基冻胀顶起基础导致墙体开裂。

(2) 地下室防水:当地下室常年或雨季处在地下水位以下时,必须做好防水层,否则会造成地下室积水而无法使用。

(3) 空心结构物浮起问题:当水池、油罐等空心结构物的埋置深度超过地下水位较大时,结构物浮起,因此必须向水池、油罐内注水,以此来平衡地下水的浮力。

(4) 地基塌陷:如果在地基下部不深处的地下水位以上有空洞(溶裂、溶洞、古墓等)时,则在建筑物附近的地面必须做好防渗层,防止渗入水造成地基潜蚀坍塌。如杨家杖子钼矿混合井井口房地基土被地表渗入水带入下部的溶洞中,从而发生大坍塌坑,造成全矿停产的特大事故。

(5) 地下水位变化:当地下水位在地基持力层中升高时,则将黏性土软化,湿陷性黄土产生严重沉陷,膨胀土地基吸水膨胀破坏了地基的稳定性。

(6) 承压水冲破地基:有承压水的地区,如基槽挖除承压水上面部分隔水层时,则承压水可能冲破隔水层,造成大量涌水而浸泡基槽,破坏地基的稳定性。

(7) 滑坡:在山坡上的建筑物,如果有形成滑坡的条件存在,必须做好防渗层和挡土墙;防止渗入水和地下水的作用,造成滑坡毁坏建筑物。

(8) 地下水的侵蚀性:当地下水中含有大量硫酸离子、游离碳酸、较高浓度(pH值)的氢离子等,对基础混凝土和钢筋有侵蚀性,会降低建筑物的使用寿命,必须采取防腐蚀措施。

(9) 上层滞水:在地基影响深度以上的地层中,若有形成上层滞水的条件存在,应考虑地下水对工程的影响。

(10) 施工排水:当地下水位很高时,基础深度大于地下水位深度时,基槽开挖与基础施工必须进行排水。如排水不好或雨季施工大量地下水和雨水流入基槽,降低了承载力而造成工程隐患。

## 1.2 地下水是破坏地基稳定性的主要因素

土的湿度愈大,它的结构和物理力学性质愈容易改变,并且愈加快破坏它的稳定性。松散的砂尤其是细粒砂,受地下水的强烈浸湿会发生流动。土体变形的发生和稳定性的破坏,主要原因是地下水的作用。水使土饱和而土的密度降低、变软、液化、黏结力和内摩擦力减少,把土变成塑性状态至流动状态使土粒移动,大大减小了土的强度和承载力。

地下水对于细粒土(小于细砂颗粒的土)、粉状土和裂隙泥沙、淤泥、黑土等稳定性的影响。这些土的渗透性很小,水容量很大,被水浸湿后成为软土、流土,大大降低或完全破坏黏结力和内摩擦力,完全丧失土的稳定性。

土的水容量愈大、密度愈小,则它的稠度愈将剧烈地改变,而稳定性愈容易被破坏。含黏性土的细砂,当孔隙度为50%时,浸水时其容重从 $1.33\text{t/m}^3$ 增至 $1.83\text{t/m}^3$ 。

黏土在干硬的状态下,其特点是密实的,具有显著的承载力。浸水后,它的稠度急剧改变,从而成为软土。被水填充而完全饱和的黏土,对断裂应力和压应力的极限强度几乎等于零(见表1)。

表 1

地下水对地基土稳定性的影响

土的状态	断裂应力/(kg/cm <sup>2</sup> )	压应力/(kg/cm <sup>2</sup> )
干黏土	2.5~2.9	6.7~8.5
塑性状态黏土	0.2~0.3	0.4~0.5

当黏土的湿度小于 15% 时, 还有显著的抗压性, 湿度为 30%~40% 时, 黏土易变形。当黏土浸湿到塑性状态再继续浸湿, 土的结构将被破坏。结构破坏的土空隙性增大, 增强了浸湿强度, 容易造成土的液化和分解。黏土、亚黏土中含的黏土和胶体颗粒愈多, 愈具有较大的可塑性, 则黏土结构愈受破坏, 愈易液化和分解。

土浸湿增加了土的密度, 因而滑动面上的压力加大, 使剪应力增加, 造成土体移动。土的受力愈大、土的透水性愈小, 则土所受的动水压力愈大, 动水压力将对土的结构产生破坏作用, 使土结构遭到破坏, 其黏结力和内摩擦力大大降低, 土体失去了稳定性。黏结力大的土抗剪切、抗断裂和抗冲刷的能力强, 对增加土的稳定性和承载力有很大影响, 土的密实度大则黏结力大。黏土在低含水率下, 黏结力大于内摩擦力, 因为含水率低水膜张力大, 能增加黏结力。含水率大使黏性土膨胀, 因而土的空隙增大, 水膜张力消失, 毛细管压力减少, 而造成黏结力减小, 稳定性降低。

砂土中含有黏土的混合物时, 产生黏结力(仅在低的温度下); 淤泥及粉砂具有很小的黏结力, 在浸水时很容易流动; 黄土仅在垂直方向有很大的黏结力, 在水平方向有石灰质膜, 水的渗透受阻, 黄土由于石灰的胶结在干时有很大的黏结力。

除了黏结力之外, 土的内摩擦力对于土的稳定性发生重大的影响, 尤其是粗粒土的稳定性主要靠其摩擦力。颗粒不均匀、表面粗糙有棱角的和密实度大的土内摩擦力大, 浸水后土体变松散降低内摩擦力。砂类土地基承载力见表 2。

表 2

砂类土地基承载力

t/m<sup>2</sup>

土名	湿度	密实度		
		密实	中密	稍密
砾砂、粗砂	与湿度无关	55	40	20
中砂	与湿度无关	45	35	15
细砂	水上	35	25	10
	水下	30	20	
粉砂	水上	30	20	
	水下	20	10	

浅层土受地下水位升降和降雨渗入的影响, 反复浸湿和冻胀, 加之受土层的压力水和空隙发育, 其黏结力和内摩擦力较低, 稳定性较差。地形低洼、地表土松散的地段, 水容易渗入地下浸湿土层, 落夹层易被水浸湿, 如果黏性土与砂土成为落互层, 上部是强透水性的土, 落互层很容易被水浸湿, 其稳定性很差, 不能作为天然地基。

土的空隙性不仅与土的组成成分、结构及颗粒形状有关, 而且与其成因及形成年代有密切关系。不同年代和不同成因的黏土, 其物理力学性质与承载力不同(见表 3 和表 4)。

表 3

 $Q_4$  的冲(洪)积黏性土地基基本承载力 $t/m^2$ 

$e \backslash I_L$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	45	44	43	42	40	38	35	31	27		
0.6	42	41	40	38	36	34	31	28	25	21	
0.7	40	37	35	33	31	29	27	24	22	19	16
0.8	38	33	30	28	26	24	23	21	18	16	14
0.9	32	28	26	24	22	21	19	18	17	14	12
1.0		23	22	21	19	17	16	15	14	12	
1.1			16	15	14	13	12	11	10		

表 4

不同成因的黏土物理指标

土类	含水量 $W$	孔隙比 $e$	液性指数 $I_L$	液限 $W_U$	塑性指数 $I_P$	承载力 $f/(t/m^2)$	压缩模量 $E_s/MPa$	黏聚力 $C/kPa$	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$
老黏性土	15~25	0.6~0.9	<0.8	25~40	10~18	30~80	>150	0.4~1.0	22~30
一般黏性土	15~30	0.55~1.0	0~1.0	25~45	5~20	10~45	40~150	0.1~0.5	15~22
新近黏性土	24~36	0.7~1.2	0.25~1.2	30~45	6~12	8~14	20~75	0.1~0.2	7~15
淤泥 或淤 泥质 土	沿海						10~50		
	内陆	36~70	1.0~2.0	大于1	36~70	10~25	20~50	0.05~0.15	4~10
	山区						10~60		

粗粒土(中砂、粗砂、砾砂、圆砂、卵石)透水性强、内摩擦力大、强度大、稳定性好。并在水的作用下影响不大(见表5)。透水性强的土稳定性好,水的作用影响很小;透水性弱的土稳定性差,水的作用影响很大;密实的土稳定性好,水的作用影响小;松散的土稳定性差,水的作用影响大。

表 5

粗、细粒土物理指标比较

指标土类	空隙	孔隙度	水容量	透水性	内摩擦角	含水量	孔隙比	黏聚力	承载力
细粒土	小	大	大	小	小	大	大	大	小
粗粒土	大	小	小	大	大	小	小	小	大

地下水位变化对土稳定性的影响:当地下水位下降时,土颗粒间失去支撑,土被压密,并且毛细管力的作用也有利于土的压密,毛细管力随着土的干燥程度而增大。地下水位下降,松散土会得到较大程度的压密,因此排水起到压密的作用。地下水位下降,土发生压密和变干,此时空隙中的水膜强烈地弯曲,因此水的张力增加,而土粒受到附加压缩应力,黏聚力和内摩擦角增大,则土的承载力和稳定性增强。

当水在细粒物质组成的微小孔隙中运动时,不仅由于水与孔隙壁的摩擦阻力影响难于通过,而且还由于细小颗粒吸附了相当厚的一层黏度很大的结合水水膜,这种水膜几乎占满了整个孔隙,在水力坡度较小时,水是很难通过的,只有当水力坡度大于该土的起始水力坡度时,水才能够通过。因此,在水容性大的土中排水是很困难的。



当地下水位上升时,细粒土的密实度、内摩擦力和黏结力减小,因此减小了土的稳定性和土体的强度。压力水对土体的稳定性影响很大,在水头作用下,地下水使土体强烈浸湿,变松软,促使土体流动,严重地破坏了土体的稳定性。在挖基坑时,常因压力水头作用发生流沙、管涌等现象,给施工带来了极大的困难。

**冻土稳定性:**土中含水在寒冷的冬季冻结成冻土,在寒冷空气的影响下,冻土受压缩发生温度压缩裂缝,冻土融化时,使土的空隙度增大,由于寒流袭击,土与外界空气的温度差很大,地下水很快蒸发到近地表外的土层中冻结,增加了冻土的含水量。含水量愈大,冻胀所产生的裂缝愈严重,反复的冻融加强了冻胀现象,使土中含水量达到过饱和状态,土的结构完全遭到破坏。

**黏性土的浸湿膨胀:**黏性土浸湿发生膨胀使土变松软,降低了土体的稳定性,膨胀的土体干燥时收缩,产生各方面的裂缝,雨水渗入地下在冻裂和胀裂中运动,形成了黏性土中的裂隙水。

**地下水的化学作用:**在碱性水的作用下,黏性土变成塑性甚至流动状态,碱性水溶解胶体化合物。在酸性水的作用下,不易溶解的盐分变为易溶解的盐分。城市工业与生活废水中含有大量的酸、碱成分,城市废水渗入地下,对土层中固体颗粒发生化学反应,加强了化学破坏作用。地下水溶解并带走土层中的盐分,使土的空隙性增大,降低了土体的稳定性。如土中含大量的钙质,被氢离子浓度(pH值)较低的地下水溶解,大大地增加了土的空隙性,若土中含钠,则减小了土的空隙性。

土体中的化学作用,使动植物的残骸变成腐殖质,雨水溶解腐殖质渗入土中,削弱了土体的稳定性,土中盐分的溶解流失,使土体的密实度、内摩擦力和黏结力减小。

土和地下水的化学成分对建筑材料发生侵蚀破坏作用是很强烈的,侵蚀性的地下水对于钢筋、铁管有强烈的破坏作用。苏家屯有一个拔井管的队伍,他们拔出许多井管,大部分成为废铁。

### 1.3 与地下水活动有关的工程地质现象

#### (1) 潜 蚀

潜蚀作用的过程,首先是地下水将岩土中的可溶盐分溶解,使岩土变为松散,增大了土的空隙性和透水性,加大了渗透水流的速度,冲走细粒形成水流的通道,进而扩大通道,粗粒沉落使地表塌陷。

潜蚀可显著地改变岩土的空隙使土体移动,在地表形成洼陷、漏斗、坍塌坑和裂缝,使建筑物遭到严重破坏,甚至无法修复。如杨家杖子钼矿区,潜蚀坍塌坑分布普遍,几乎每年雨季都有潜蚀坍塌坑出现,主要分布于小河床中。该矿区一混合井井口房基础下1965年出现过一坍塌坑,造成全矿停产两个多月。

**防治发生潜蚀坍塌的措施:**地表排水,修防渗层防止地表水渗入地下,或在巷道中水流出口外修反滤层阻止细粒流失。

#### (2) 流 沙

在地下水的渗透压力作用下,砂、粉质黏土、淤泥和粉土等都可能形成流沙。这种流沙常在开挖基坑时发生,其原因是水力坡大,动水压力超过砂粒重量,使砂粒处于悬浮状态而引起的,无渗水压力作用也可形成流沙。这是因为砂体结构受到破坏而突然发生的,由于砂的结构十分松散,其孔隙度高于某一临界值,并处于饱和水的状态,只要受到微小的扰动或振动,其结构即遭到破坏形成流沙。