



# 中国城市轨道交通勘测技术发展

—— 2013年学术交流大会论文集

中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量专业委员会 编



人民交通出版社

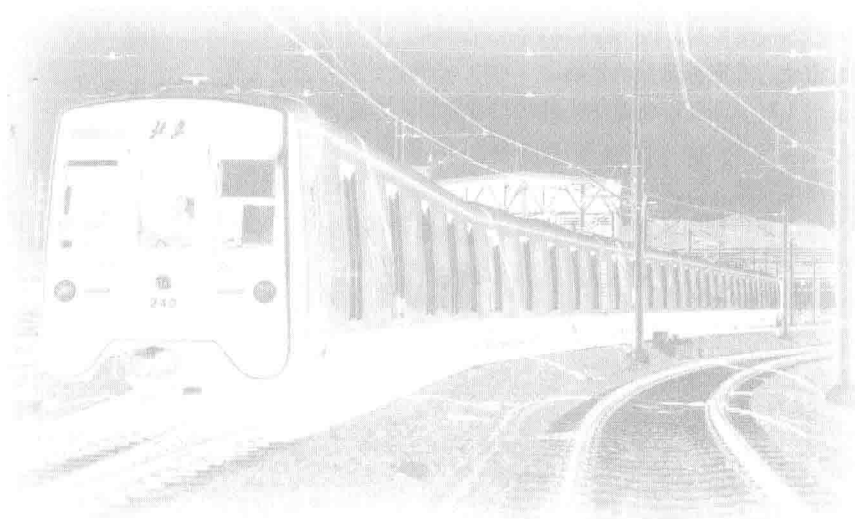
China Communications Press



# 中国城市轨道交通勘测技术发展

—— 2013年学术交流大会论文集

中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量专业委员会 编



人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量专业委员会首次为其专业会议组织论文集。本文集包括论文 35 篇,从不同角度不同城市记录了轨道交通勘测行业建设的实践,相信这些文章会对推进我国轨道交通勘测技术的发展起到积极的借鉴作用。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国城市轨道交通勘测技术发展:2013 年学术交流  
大会论文集 / 中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量  
专业委员会编. — 北京:人民交通出版社,2013.8

ISBN 978-7-114-10840-2

I. ①中… II. ①中… III. ①城市铁路—轨道交通—  
勘测—中国—学术会议—文集 IV. ①U239.5—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 189729 号

Zhongguo Chengshi Guidao Jiaotong Kance Jishu Fazhan

书 名:中国城市轨道交通勘测技术发展——2013 年学术交流大会论文集

著 者:中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量专业委员会

责任编辑:刘永芬

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.25

字 数:363 千

版 次:2013 年 8 月 第 1 版

印 次:2013 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10840-2

定 价:50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 编 委 会

名誉主任：施仲衡

主 任：马海志

副 主 任：燕建龙 顾国荣 杜道龙 周宏磊 李文春  
伍 丹

编 委：唐祥达 何运晏 吴铭炳 蒋建良 王笃礼  
徐杨青 李明生 陈 鸿

主办单位：中国城市轨道交通勘察与测量专业委员会

协办单位：西北综合勘察设计研究院

## 序

工程勘测行业是我国现代技术服务业的重要组成部分,是工程建设的首要环节,是经济社会发展的先导产业。随着我国国民经济不断高速发展,众多基础建设项目和现代化工程建筑不断兴起,工程勘测作为工程建设的一项基础性工作,是工程规划、设计、施工、运营阶段的重要技术支撑和依据,其质量的优劣对工程建设全过程的质量、安全、工期和投资决策的科学性、效益性起着重大影响和决定性作用。工程勘测行业的历史责任,是不以人意志和经济形式为转移的,这是被国内外无数工程建设实践、经验和教训所反复证明的客观事实。

国务院总理李克强同志在2013年7月31日主持召开的国务院常务会议上提出要加强我国城市基础设施建设,其中重点指出了要加强地铁、轻轨等大容量公共交通系统建设,增强城市路网的衔接连通和可达性。然而,随着我国目前城市轨道交通大规模兴建,建设过程中受复杂的地质条件、环境条件和资源限制的影响,安全风险、质量风险和环境风险日渐突出。在此情况下,勘测综合技术在为城市轨道交通建设、管理提供全方位、全过程技术保障,质量保障和安全保障中的作用凸显的更加重要。因此,进一步加速勘测产业升级和科技创新,提升其技术质量水平,培养创新人才队伍,强化技术标准规范,势在必行。

此次,中国土木工程学会城市轨道交通勘察与测量专业委员会以提升行业整体影响力,增强行业技术交流学习,推进城市轨道交通勘测技术发展为目的,汇编出了《中国城市轨道交通勘测技术发展——2013年学术交流大会论文集》。该论文集体现了我国城市轨道交通勘测领域的最新技术成果,凝聚了业内科技人员的真知灼见,代表了当前我国城市轨道交通勘测专业的整体学术水平,将对我国勘测技术进一步发展起到积极推动作用。

本人借此机会,向长年辛勤工作在我国基本建设勘测行业的同志们表示衷心问候!希望你们继续发扬成绩、再接再厉、锐意改革、开拓创新,为我国城市轨道交通建设,乃至全面建成社会主义现代化强国的宏伟目标,做出更加突出的贡献。

中国工程院院士

沈仲衡  
2013.8.4.

# 中国城市轨道交通勘察与测量专业委员会 委员单位名单

- |          |                       |     |
|----------|-----------------------|-----|
| 1. 主任委员  | 北京城建勘测设计研究院有限责任公司     | 马海志 |
| 2. 副主任委员 | 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司     | 顾国荣 |
| 3. 副主任委员 | 天津市勘察院                | 李文春 |
| 4. 副主任委员 | 中铁隧道勘测设计院有限公司         | 杜道龙 |
| 5. 副主任委员 | 西北综合勘察设计研究院           | 燕建龙 |
| 6. 副主任委员 | 北京市勘察设计研究院有限公司        | 周宏磊 |
| 7. 秘书长   | 北京城建设计研究总院有限责任公司      | 伍丹  |
| 8. 委员    | 陕西省公路勘察设计院            | 石飞荣 |
| 9. 委员    | 南京市测绘勘察研究院有限公司        | 储征伟 |
| 10. 委员   | 天津市地质工程勘察院            | 郑依依 |
| 11. 委员   | 广东有色工程勘察设计院           | 王世彪 |
| 12. 委员   | 建设综合勘察研究设计院有限公司       | 王丹  |
| 13. 委员   | 机械工业勘察设计研究院           | 郑建国 |
| 14. 委员   | 深圳市勘察研究院有限公司          | 蒋鹏  |
| 15. 委员   | 深圳市工勘岩土工程有限公司         | 雷斌  |
| 16. 委员   | 中船勘察设计研究院有限公司         | 唐祥达 |
| 17. 委员   | 中铁大桥勘测设计院集团有限公司       | 周传斌 |
| 18. 委员   | 北京市地质工程勘察院            | 何运晏 |
| 19. 委员   | 河北中核岩土工程有限责任公司        | 马春华 |
| 20. 委员   | 福建省建筑设计研究院            | 吴铭炳 |
| 21. 委员   | 中国有色金属工业昆明勘察设计研究院     | 刘文连 |
| 22. 委员   | 浙江省工程勘察院              | 蒋建良 |
| 23. 委员   | 西安中交公路岩土工程有限公司        | 张敏静 |
| 24. 委员   | 中航勘察设计研究院有限公司         | 王笃礼 |
| 25. 委员   | 重庆市勘测院                | 谢征海 |
| 26. 委员   | 上海市城市建设设计研究总院         | 项培林 |
| 27. 委员   | 中煤国际工程集团武汉设计研究院       | 徐杨青 |
| 28. 委员   | 天津市市政工程设计研究院          | 李明生 |
| 29. 委员   | 中铁第五勘察设计院集团有限公司       | 王永国 |
| 30. 委员   | 铁道第三勘察设计院集团有限公司航遥测绘分院 | 刘成  |

- |        |                  |     |
|--------|------------------|-----|
| 31. 委员 | 深圳市市政设计研究院有限公司   | 陈 鸿 |
| 32. 委员 | 上海市隧道工程轨道交通设计研究院 | 石长礼 |
| 33. 委员 | 广州地铁设计研究院有限责任公司  | 陈晓丹 |
| 34. 委员 | 中交公路规划设计院有限公司    | 王建军 |

# 目 录

城市轨道交通工程地下水控制技术管理现状分析与研究 .....	马 健 金 淮 刘永勤 冯科明(1)
水质简分析中 pH 值的计算 .....	刘学芹(11)
黄土基床系数 $K_{30}$ 测试研究 .....	王永刚 高虎艳(15)
宁波市轨道交通岩土工程勘察地方标准 .....	蒋建良 刘干斌(22)
对上海地区轨道交通工程隧道段勘察方法的分析 .....	刘学为(27)
全地下城市轨道交通结构的抗浮计算研究 .....	申 斌(33)
北京地铁六号线西延工程砂卵石地层综合勘探方法研究 .....	李华东 姜永玲(40)
北京市轨道交通工程周边地下管线位移控制指标 .....	马 磊 金 淮 马雪梅 吴锋波 刘永勤 马 长(47)
砂卵石地层中大断面隧道暗挖施工风险控制与监控 .....	高爱林 金 淮 黄陆川 吕春辉(56)
城市轨道交通建设地层分层系统的应用研究 .....	隋耀华 陈晓丹(62)
城市轨道交通盾构法隧道工程地表竖向位移控制指标 .....	吴锋波 金 淮 张建全 马雪梅 刘永勤(67)
城市轨道交通岩土工程勘察若干问题的研究与探讨 .....	石长礼(73)
潜孔锤钻进工艺在北京地铁降水工程中的应用 .....	高 博 马 涛 郑 畅(79)
安哥拉罗安达地区工程地质条件分析与评价 .....	谢 峰(83)
土质高边坡综合治理技术研究 .....	习铁宏(90)
基于全站仪边角交会的竖井联系测量方法及其精度分析 .....	李 响 陈大勇(97)
城市地铁盾构掘进穿越建筑物时的监控量测与分析 .....	林生凉(107)
陀螺仪定向测量在地铁隧道中的应用 .....	王 珍 张庚涛(112)
三维地质建模技术在北京地铁建设工程中的应用研究 .....	田小甫 张 硕 贾 雷 郑小燕 孙爱华(119)
深圳地铁沿线地下管线与地质资料三维地理信息系统建设与研究 .....	陈 鸿 王 勇(127)
三维激光扫描技术在城市轨道交通工程中的应用研究 .....	张蕴明 谢舒曼 龙 凤 刘 兵(132)
徕卡测量机器人在城市轨道交通工程测量中的应用与数据后处理的研究 .....	第五江波 燕建龙 高 明 史阿亭 邱晓博(136)



城市轨道交通工程控制测量建网策略 .....	汪 博 王 建(144)
沈阳地铁主要联系测量方法分析 .....	王 鹏(150)
地铁隧道断面的精确测量与施工精度分析 .....	江 威 胡金龙 王 岩(154)
SBAS-DInSAR 技术在城市区域地面沉降监测中的应用研究 .....	刘运明(159)
十字换乘车站地下暗挖三维仿真分析研究 .....	曾令宏(166)
城市轨道交通工程第三方测量检测若干问题探讨 .....	王 建(172)
浅析地下通信光缆探测方法 .....	宋石磊(177)
大断面矿山隧道侧穿建筑物风险评估技术研究 .....	王 法 周宏磊 韩 焯 雷崇红(182)
自动化监测在盾构下穿地铁既有线中的应用 .....	谭 雪(190)
洞桩法修建地铁车站地层沉降规律研究 .....	李铁生(196)
地面超载作用对某运营地铁隧道的影响 .....	许 杰 顾国荣(204)
地铁周边群体工程活动对地铁叠加影响案例分析 .....	杨石飞(210)
城市轨道交通工程结构沉降问题研究 .....	刘永勤(218)
地铁车站模型地震破坏模拟方法研究 .....	张 波 陶连金 马雪梅(225)

# 城市轨道交通工程地下水控制技术管理现状分析与研究

马健 金淮 刘永勤 冯科明

(北京城建勘测设计研究院有限责任公司)

**摘要:**本文围绕当前城市轨道交通工程建设过程中地下水控制工程,针对设计与施工管理现状进行调研分析,总结包括地下水问题、地下水控制方法、设计管理、施工管理,以及现行的政策、法规和标准规范等,进一步分析城市轨道交通工程地下水控制管理与实施存在的诸多问题,提出适合城市轨道交通工程建设特点的地下水控制技术的管理思路与方向,为今后开展深入研究奠定理论基础。

**关键词:**城市轨道交通 地下水控制 管理

## 1 引言

城市轨道交通工程一般穿越城区繁华区域,具有地下环境复杂、地质因素多变、工程主体和周边环境相互影响大、不确定性因素多、施工方法多样、工程风险突出等特点。工程建设过程中的质量安全隐患和险情时有发生,在我国城市轨道交通建设的初期,建设期间的事故发生率一度呈明显增加趋势。

导致城市轨道交通事故发生的因素很多,但是质量安全问题是重要的因素之一。结合 2011 年的全国城市轨道交通质量安全督查工作,对当前的城市轨道交通质量安全进行调研分析,发现工程地下水控制是质量安全控制的薄弱环节之一。施工过程的事故与质量检验密切相关,特别是一些重要部位和关键工序的检测工作缺失,给后续工作留下很大质量安全隐患。近年来,城市轨道交通施工过程中由于地下水渗漏、涌出等造成隧道塌方、基坑失稳的事件,为工程建设敲响了警钟。大部分地下工程事故均与地下水有关,地下水控制实施是影响地下工程质量安全的重要因素之一。2003 年上海地铁 4 号线董家渡隧道区间涌水塌方(图 1)、2007 年南京地铁 2 号线出现渗漏水造成天然气管道断裂爆炸(图 2)等造成经济损失和社会影响巨大,教训深刻。



图 1 上海地铁 4 号线董家渡隧道区间涌水塌方

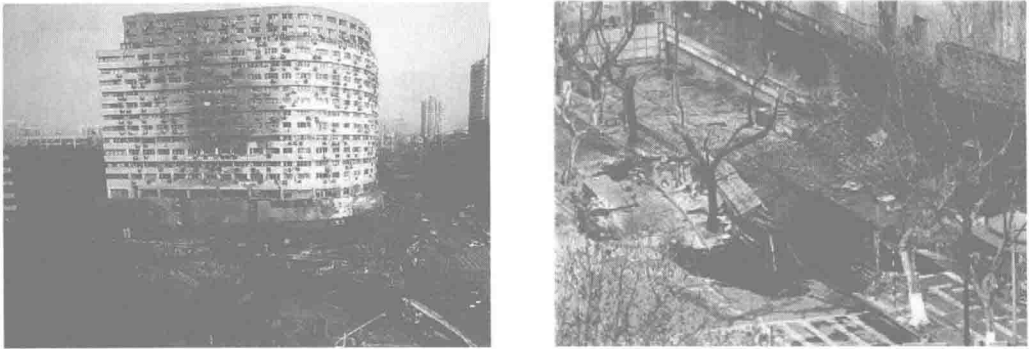


图2 南京地铁2号线渗漏水造成天然气管道爆炸

目前,地下水控制作为城市轨道交通工程的临时性工程和专业性特强的一类工程尚未得到应有的重视,相关管理文件缺乏,相关人员容易放松警惕,忽视该项工作的重要性。因此,通过地下水控制技术及其相关管理规定研究,建立健全管理制度,将有利于城市轨道交通工程质量安全的控制,有利于工程建设的顺利开展。

## 2 城市轨道交通地下水控制技术应用现状

我国在城市轨道交通工程地下水控制技术方面,已经摸索出比较成熟的地下水控制经验,形成了以降水为主、堵截为辅的多种地下水控制方法。常见的地下水控制方法,主要有管井降水(图3)、辐射井降水、降水回灌、明排水、连续墙止水、旋喷桩止水(图4)、局部注浆止水和冻结法等方法。各类地下水控制方法中,降水方法一般优于其他方法,而随着环境问题日益得到重视,同时为减少水资源浪费,止水方法逐渐成为主流。不同的地下水控制方法均有其适用条件及工法特点,在施工中应根据工程需要、土建工法、环境条件等情况选择合适的方法。

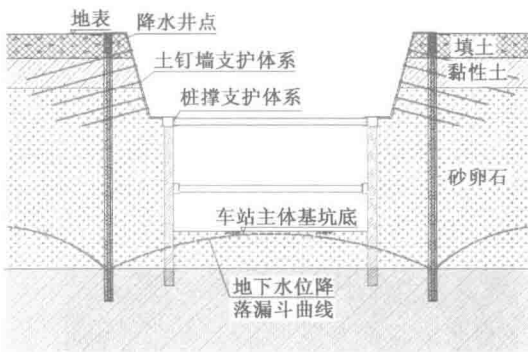


图3 坑外井点降水

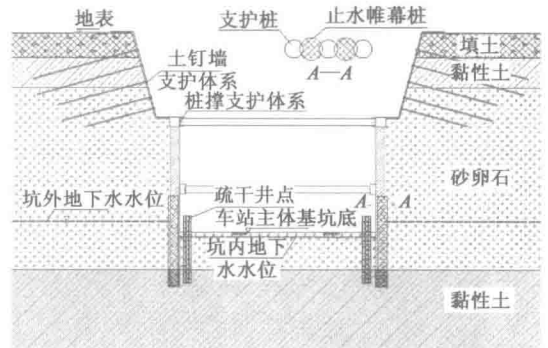


图4 止水帷幕与坑内疏干

目前,我国城市轨道交通工程地下水控制方面的管理一直是个薄弱环节,从岩土工程勘察到设计到施工再到监理检验均未对地下水控制做出明确规定。常规的工程勘察工作,重点关注地层岩性,对地下水的研究比较弱,更很少有做地下水控制的专项勘察;因地下水控制属于临时措施,专业性又很强,一般的设计文件均不包含地下水控制的设计,设计单位很少对其进

行专项设计;施工单位对于地下水控制一般以包代管;监理单位受专业限制也很难发现地下水控制存在的问题,更缺少具体的检测技术手段。

### 3 常见地下水类型及对工程的影响

目前,我国工程地质工作中主要按埋藏条件和含水层性质对地下水进行综合分类。具体的划分方法详见表 1。

地下水分类表

表 1

含水层类型 埋藏条件	孔隙水 疏松岩土孔隙中的水	裂隙水 坚硬岩石裂隙中的水	岩溶水 岩溶裂隙空洞中的水
上层滞水	包气带中局部隔水层上的水,土壤水等	裂隙浅部季节性存在的重力水及毛细水	裸露岩溶化岩层上部岩溶通道中季节性存在的重力水
潜水	各类松散沉积物浅部的水	裸露于地表的各类裂隙岩层中的水	裸露于地表的岩溶化岩层中的水
承压水	山间盆地及平原松散沉积物深部的的水	组成构造盆地、向斜构造或单斜断块的被掩覆的各类裂隙岩层中的水	组成构造盆地、向斜构造或单斜断块的被掩覆的岩溶化岩层中的水

#### 3.1 地下水对土建施工的影响

##### 1) 潜蚀

岩土体中,渗透水流产生的动水压力冲刷、挟走细小颗粒或溶蚀岩石,使岩土体的孔隙逐渐增大,甚至形成洞穴,导致岩土体结构松动或破坏,以致产生地表裂缝、塌陷,影响建筑工程质量。

##### 2) 流砂

在颗粒级配均匀而细的粉、细砂等砂性土中,松散颗粒在地下水饱和后,动水压力使松散颗粒产生悬浮流动。使周围建筑物的基础发生滑移、不均匀下沉、基坑边坡坍塌、基础悬浮等,如图 5 所示。

##### 3) 管涌

地基土在具有一定渗流速度的水流作用下,其细小颗粒被冲走,土中的空隙逐渐增大,慢慢形成一种能穿越地基的细管状渗流通道,从而掏空地基或坝体,使之变形、失稳,如图 6 所示。

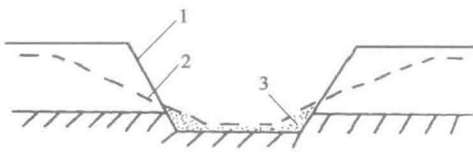


图 5 流砂示意图

1-原基坑坡面;2-地下水位;3-流砂堆积物

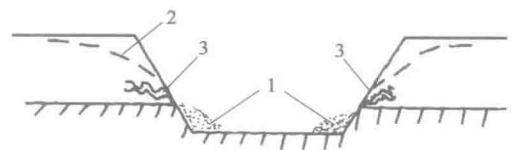


图 6 管涌示意图

1-管涌堆积物;2-地下水位;3-管涌通道

#### 4) 突涌

当基坑下有承压含水层存在时,开挖基坑减少了含水层上覆不透水层的厚度,当它减少到一定程度时,与承压水的水头压力不能平衡时能顶裂或冲毁基坑底板,造成突涌,如图7所示。

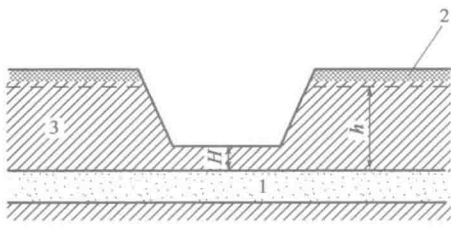


图7 基坑突涌示意图

1-承压含水层;2-承压水位;3-弱透水层

上述几种地下水渗透破坏不仅在明挖法基坑工程常见,也影响暗挖隧道等工程开挖。暗挖隧道内出现大量涌水和涌砂,发生拱顶坍塌,侧壁、掌子面失稳,造成衬砌结构变形破坏,诱发周围地面塌陷、建(构)物损坏等。

### 3.2 地下水对建筑结构的影响

#### 1) 浮托力

城市轨道交通工程与一般建筑工程结构不同,大部分结构常常会置于地下水位以下,上部无荷载,直接受到地下水的浮托力作用。因此抗浮设计合理性,直接关系到工程的安全可靠和工程造价,特别是地下水位较高、特殊岩土体分布的地区,抗浮问题处理得当与否直接关系到地铁正常使用期间的可靠度。

#### 2) 渗漏

根据阿基米德定律,水位上升虽然不会对水位以下全封闭的地下空间浮力产生明显影响,但能够产生较大的渗漏—水压问题,并且渗漏和水压问题是相互制约和影响的<sup>[18-21]</sup>:当隧道结构防水性能较高时,渗漏问题得到很好的解决,但水压问题又出现了。埋置深度和涉及区域不同的隧道会遇到不同程度的渗漏问题,各类型地下水都会成为隧道渗漏的水源,这种问题不仅在隧道开挖时因地下水控制不当出现,同时在轨道交通运营阶段也时常发生。

#### 3) 腐蚀性

地下水是化学成分十分复杂的天然溶液,受场地环境类型、地层渗透性、地下水类型及含水层性质、场地冰冻区(段)等的影响,地下水中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、侵蚀性  $\text{CO}_2$ 、游离  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{OH}^-$  会与混凝土结构发生结晶类腐蚀、分解类腐蚀、结晶分解复合腐蚀,同时水中的  $\text{Cl}^-$  也会对混凝土结构中的钢筋进行腐蚀。地下水腐蚀性处理不当会使城市轨道交通工程地下结构丧失使用价值,甚至导致安全事故。

### 3.3 地下水控制对环境的影响

#### 1) 地表沉降、塌陷

工程降水导致地下水流场发生变化,降落漏斗形成后其导致土体的变形也将不是一个平面,将产生差异沉降,过大的差异沉降将导致地面建筑物、管线等发生破坏。另外,受成井质量差、降水规模大、降水速度快、降水缺乏连续性等影响,会导致地层损失,使地面沉降加剧。

塌陷是承压岩溶含水水体在地下水位下降到盖层底板以下时发生的地质灾害,浅埋岩溶区因抽取地下水和矿山疏干排水均可能会引发地面塌陷<sup>[22]</sup>。

#### 2) 地下水污染

浅层地下水,尤其是上层滞水,一般接受降水、地表水、管线渗漏水等补给,极易引起污染。

降水井点贯穿多个目标层的地下水,受污染的浅层地下水易汇入井管内进入深部地下水层,破坏地下水环境。

施工采用的建筑材料,会改变地下水的物理化学组分。如施工中为提高土体的防渗性能和土体的强度需要进行化学注浆,所采用的化学浆液会排入地下,污染地下水。同时,施工中的污水如洞内漏水、废浆、施工机械漏油以及工地的生活污水,如排放不当,也会引起地下水污染。

### 3.4 工程建设对地下水环境的影响

在城市地下空间开拓的过程中,一些具有规模效应的大型地下构筑物成为隔水体导致地下水径流变化,对水环境产生影响。如南京地铁隧道穿越秦淮河古河道,降低了地下水的循环代谢,加剧了城市地下水的污染。地铁后续工程的建设将统一的古河道分成若干单元,使地下水环境更加复杂<sup>[23]</sup>。

施工降水大量抽排地下水,造成水资源的浪费,如果考虑不当会导致生态系统的破坏,部分地区还会造成自然景观的消失。如济南地下水丰富、泉水众多(图8),能否在保证不影响泉水喷涌的前提下修建城市轨道交通是一个重大的课题。



图8 济南泉水景点

## 4 城市轨道交通地下水控制方法

目前常用的降、止水方法见表2、表3。

城市轨道交通工程线路长,穿越地层复杂,如存在流土流砂地层、岩溶土洞发育、存在二元地层结构以及软土、冻土、膨胀土、湿陷性土等特殊岩土,且城市轨道交通工程基坑深度、规模及形状都有别于一般的工民建基坑,因此很难仅靠一种地下水控制方法来解决所有的地下水问题。各种地下水控制方法均具有其适用条件,在每种工况下的适用情况也有所不同,目前还没有针对城市轨道交通的地下水问题进行全面指导的规范性文件。

降水方法及适用条件

表2

适用条件		土质类别	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
降水井类型				
集水明排		填土、黏性土、粉土、砂土	<20.0	<5
降水	轻型井点	粉质黏土、粉土、细砂、中细砂	0.1~20.0	单级<6,多级<12
	喷射井点	粉土、砂土	0.1~20.0	<20
	管井	粉质黏土、粉土、砂土、碎石土、岩石	>1	不限
	辐射井	粉砂、细砂、中砂、粗砂、卵石和黏性土	>0.1	不限

止水帷幕方法及适用条件

表 3

适用条件		土质类别	开挖深度 (m)	施工及场地条件
隔水方法				
地下连续墙		除岩溶外的各种地层条件	不限	1. 基坑侧壁安全等级一、二、三级; 2. 基坑周围施工宽度狭小, 邻近基坑边有建筑物或地下管线需要保护
连续排列的排桩墙	桩锚 + 搅拌桩帷幕	黏性土、粉土等地层条件, 搅拌桩不适用砂、卵石等地层	不限	1. 基坑侧壁安全等级一、二、三级; 2. 基坑较深、临近有建筑物不允许放坡、不允许附近地基有较大下沉和位移等条件
	桩锚 + 高压喷射桩帷幕	黏性土、粉土、砂土、砾石等各种地层条件	不限	1. 基坑侧壁安全等级一、二、三级; 2. 基坑较深、临近有建筑物不允许放坡、不允许附近地基有较大下沉和位移等条件
	钻孔咬合桩	黏性土、粉土、砂土、砾石等各种地层条件	不限	基坑侧壁安全等级宜为二、三级
SMW 工法		黏性土和粉土为主的软土地区	一般适用于开挖深度 6 ~ 10m, 采用较大尺寸型钢和多排支点时深度可加大	基坑侧壁安全等级宜为二、三级
组合隔水帷幕	重力式挡墙 (高压喷射注浆或深层搅拌法)	淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土	不宜超过 7m	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级; 2. 水泥土墙施工范围内地基土承载力不宜大于 150kPa; 3. 基坑周围具备水泥土墙的施工宽度; 4. 对周围变形要求较严格时慎用
	袖阀管注浆法	各种地层条件	不宜大于 12m	在支护结构外形成止水帷幕, 与桩锚、土钉墙等支护结构组合使用
	土钉墙与止水帷幕结合式、土钉墙与止水帷幕分离式	填土、黏性土、粉土、砂土、卵砾石等土层	不宜大于 12m	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级的非软土地场; 2. 基坑周围有放坡条件, 临近基坑无对位移控制严格的建筑物和管线等
	长螺旋旋喷搅拌水泥土桩	各种土层条件	不限	适用于在已施工护坡桩间做止水帷幕, 能够克服砂卵石等硬地层条件
冻结法		黏性土、粉土、砂、卵石等各种地层, 砾石层中效果不好	不限	大体积深基础开挖施工、含水率高地层, 25 ~ 50m 的大型和特大型基坑更据造价与工期优势

## 5 城市轨道交通地下水控制技术管理现状

在全国开展轨道交通建设的城市中, 仅有不足 40% 的城市进行专门的地下水控制设计与

施工的管理。尽管现有规范标准基本规定了地下水控制工程的设计、施工管理、质量验收的方法与标准,但因其其在土建施工中地位低,政府、业主等部门的监管力度不够,是否严格按照规范去做很难保证。根据中华人民共和国住房和城乡建设部《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》(建质[2009]87号)精神要求,大部分省市制定的地方基坑、降水、土方开挖等专项安全施工方案编制与审查规定中涵盖了地下水控制内容,尚无专项设计及审查。

### 5.1 城市轨道交通地下水控制设计

各地区最终用于指导地下水控制施工的文件有两种,一种是正式的施工蓝图;另一种是施工方案。前者是把地下水控制设计提升到和土建结构施工同样重视程度上,严格按照有关设计管理规定编制、审查、出图。而后者是把地下水控制作为土建结构施工的辅助性、临时性措施,编制简单的施工方案,完全没有内容和形式的要求,甚至不经任何单位审查,无法确保其合理性。

#### 1) 设计委托模式

城市轨道交通工程的地下水问题相对工民建基坑更为复杂,设计难度较大,且很大程度受专业水平、施工经验影响深,各地具备独立完成降水设计任务的单位相对较少。因此,各地施工降水设计工作一般都采取直接委托方式,较少采取招标的方式。因委托方式不同,设计图纸的管理方式又不同,施工降水设计存在以下几种委托模式。

(1)设计总体委托具有行业资质的专业设计单位完成从总体设计到施工设计全部阶段的工作,图纸管理纳入建设单位管理体系中。

(2)工点设计院完成初步设计工作,施工总承包单位完成施工阶段设计工作,施工设计报送建设单位存档。

(3)建设单位或设计总体委托具有行业资质的专业设计单位完成初步设计,而后由施工总承包单位在初步设计基础上完成施工设计,施工设计报送建设单位存档。

(4)施工总承包委托专业设计单位完成施工图设计,未建立图纸管理体系。

(5)不进行专门设计,施工总承包编制施工方案指导施工。

上述模式中除专业单位完成设计外,存在以下几个问题:

(1)工点设计院一般为建筑与结构设计专业人员,缺乏水文地质专业知识,所完成的初步设计内容相对不足,一般仅为地下水控制的相关技术要求和降水井平面布置图,无法满足工程实施与控制的需求。

(2)因轨道交通工程特点,各阶段设计条件常发生变化,如线路平面及埋深根据占地情况经常调整,因此初步设计很难作为施工设计的基础参照。

(3)施工总承包单位不是设计单位,更不具备降水专业设计能力,因此根本无法确保降水施工图设计的合理、可行。施工图纸是直接用于指导降水施工的绝对依据,因此设计上的缺陷将直接影响到地下水的控制,制约着整个地下工程的安全性。

止水帷幕一般由工点设计院完成,并与土建设计图纸一同组册。施工过程中的特殊情况,如管线渗漏、滞水等无法前期勘察到的局部松软地层、水囊等局部注浆由施工专业队伍编制施工方案并实施。

#### 2) 设计单位资质要求

目前,尚无相关标准文件对地下水控制施工等级进行细致划分,也没有地下水控制设计单



位相关资质要求的政策文件。北京、上海、天津、合肥等地,施工降水设计工作均交由具有勘察资质的单位完成,但无明确的资质等级方面的要求。

### 3)设计文件审查

目前,尚无专门针对地下水控制设计文件审查的有关规定,更无明确的程序要求。大部分地区一般不进行轨道交通工程系统内的降水设计文件专项审查,仅组织对降水设计及施工方案,与基坑、隧道开挖专项方案一同进行专家评审。通过调研,存在以下几种文件审查方式。

- (1)政府建设管理部门负责审查总体设计和初步设计方案。
- (2)建设单位委托第三方工程咨询单位对设计文件进行审查。
- (3)设计总体对由专业设计院完成的设计文件进行审核,并会签。
- (4)建设单位组织监理单位、施工总承包单位进行图纸会审。

## 5.2 城市轨道交通地下水控制施工

地下水控制是一门专业性很强的工作,其施工过程较为复杂,关键节点控制稍有偏差影响整个工程的施工质量,进而制约着土建开挖的安全与进度等等。

### 1)施工承发包模式

城市轨道交通工程地下水控制工程一般打包在土建施工中,通过招投标的方式交由施工总承包单位负责。建设开展初期,建设单位为确保施工质量、工程安全,要求具备专业资质、工程经验的地基基础施工单位承担施工任务。目前,这种管理开始出现松懈,以施工降水为例,施工总承包单位一般采取下面几种管理方式。

- (1)施工总承包单位将降水工程施工任务分包给具有专业资质的施工单位完成。
- (2)施工总承包单位自行完成降水工程施工任务。
- (3)施工总承包单位将成井工作分包给劳务作业队伍完成,而后由施工总承包单位完成抽降运行阶段工作。

在实际的工程筹划中,因其工程造价的比重相对较小,总承包单位往往忽视降水工程的重要性,加之专业知识的缺乏,根本无法确保施工质量满足要求,选用成井劳务队伍大多为钻探作业出身,不具备基本的水文地质专业能力,极易造成成井质量缺陷,严重影响土建开挖进度,危及基坑或隧道侧壁的稳定。

与支护结构共同作用的止水帷幕体系,其重要性不亚于主体结构,其施工大多由施工总承包单位负责完成,仅有劳务,机械租赁等分包。当遇到特殊情况,如注浆加固、冻结法等专业性较强的技术措施,由专业施工队伍负责完成。

### 2)施工单位资质要求

北京、上海、宁波等地,建设单位要求由专业队伍负责降水工程施工,应具备工程勘察或地基与基础工程专业承包资质,资质等级要求根据工程规模大小确定。

施工总承包单位普遍的分包给劳务作业队伍,这些队伍基本不具备专业资质,缺乏必要的专业技术能力。

## 5.3 城市轨道交通地下水控制技术管理存在的问题

城市轨道交通建设地下水控制工程的设计与施工管理情况较为复杂,与开展轨道交通建设较早的北京、上海等地相比,其他地区对地下水控制技术管理重视程度明显不够。目前城市