

软土地区城市轨道交通工程施工监测技术应用指南

RUANTUDIQU CHENGSHIGUIDAOJIAOTONG GONGCHENGSHIGONGJIANCEJISHU YINGYONGZHINAN

上海市建设工程安全质量监督总站 组编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

软土地区城市轨道交通工程 施工监测技术应用指南

上海市建设工程安全质量监督总站 组编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书从轨道交通工程监测技术、监测要点、仪器比选、监测案例等方面出发,系统地梳理了轨道交通不同主体结构、不同工法的施工监测要点。介绍了轨道交通工程监测设备的种类及性能特点,既紧密结合相关规范,又总结监测实践一线经验,对轨道交通工程施工期的监测进行了系统全面的介绍。理论与实践并举,是一本内容丰富、有一定创新的监测技术应用指南。

本书适合从事轨道交通工程监测、建筑工程基坑监测的工程技术人员、质监部门相关人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

软土地地区城市轨道交通工程施工监测技术应用指南/
上海市建设工程安全质量监督总站 组编. —上海:同济大学出版社,2010.12

ISBN 978-7-5608-4443-5

I. ①轨… II. ①上… III. ①软土地地区—城市铁路—
铁路工程—施工监督—指南 IV. ①U239.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 209147 号

软土地地区城市轨道交通工程施工监测技术应用指南

上海市建设工程安全质量监督总站 组编

责任编辑 朱 勇 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9.75

印 数 1—2100

字 数 243000

版 次 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4443-5

定 价 39.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

本书编委会和编写组

顾 问 刘建航 叶可明

编委会：

主 任 吴慧娟

副主任 蒋曙杰 曲 琦

编 委 曾 明 刘 军 王英姿 曾宪新 廖玉平

徐 伟 黄忠辉 徐国华 俞恩泽 张国琮

潘延平

编写组：

主 编 黄忠辉 徐国华

常务副主编 潘延平

副 主 编 许丽萍 梁建宁 陆忠民

成 员 陈丽蓉 张剑锋 张晓沪 琚 娟

辛达帆 徐振峰 鲁智明 刘万兰

和再良 张勇勇 陈 刚 王俊生

马建峰 褚伟洪 郭春生 王艳玲

刘朝明 倪辰禹 王庶懋 余康华

序

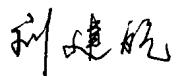
近年来,我国城市轨道交通建设取得了飞跃发展,新一轮的轨道交通建设正如火如荼地进行,除北京、上海、广州等城市外,天津、杭州、南京、成都、沈阳等更多大中型城市都在掀起轨道交通建设高潮,人们对轨道交通工程建设的高风险性认识越来越深入。如何系统总结与推广已有有效的技术经验和吸取教训,在新一轮大规模建设中学习和借鉴,显得极为重要。

工程监测近十年来快速发展,它对控制轨道交通工程建设的风险起着重要的“保驾护航”作用。但与传统的勘察、设计、施工、监理等行业相比,目前市场上监测人员的技术水平差异较大,监测数据的真实性、准确性、及时性有时难以得到有效保证。为规范轨道交通工程施工监测的方法,普及轨道交通工程监测技术知识,进一步提高轨道交通建设中业主、施工、监理等单位对监测工作重要性的认识,发挥监测工作的重要作用,在住房和城乡建设部工程质量安全监管司的指导下,上海市建设工程安全质量监督总站组织有关长期从事监测工作的技术专家,经过一年多时间的努力,编写了这本《软土地区城市轨道交通工程施工监测技术应用指南》。

本书从轨道交通工程监测技术、监测要点、仪器比选、监测案例等方面作了较详细的介绍,梳理了轨道交通不同主体结构、不同工法的施工监测要点,介绍了轨道交通工程中监测设备的种类及性能特点。既紧密结合现行规范,又总结软土地区监测的经验实践,对轨道交通工程施工期间的监测进行了系统全面的总结,理论与实践并举,是一本内容丰富、有一定创新的技术应用指南。

随着我国城市轨道交通的快速发展,施工期监测工作将越来越引起重视。本书的出版将有助于工程技术人员、高校师生在理论学习和实践工作中得到启迪和帮助,为我国轨道交通建设的质量安全作出贡献。

中国工程院院士



2010年8月 于上海

目 录

序

1 概 述	(1)
1.1 轨道交通工程发展概述	(1)
1.2 轨道交通建设特点与风险	(2)
1.3 监测对轨道交通建设的作用和意义	(2)
2 轨道交通工程施工监测技术概要	(4)
2.1 施工监测基本要点	(4)
2.1.1 相关规范规程	(4)
2.1.2 监测基本内容	(6)
2.1.3 基坑等级和监测等级	(7)
2.1.4 监测项目及选择	(9)
2.1.5 监测方法及选择	(11)
2.1.6 监测报警	(11)
2.2 监测方案编制	(12)
2.2.1 基本内容	(13)
2.2.2 编制依据	(13)
2.2.3 监测项目	(13)
2.2.4 监测点布置(车站工程)	(13)
2.2.5 监测点布置(区间隧道和联络通道)	(16)
2.2.6 监测频率	(17)
2.2.7 监测报警值	(17)
2.2.8 信息反馈及时限	(18)
2.3 监测报表和报告	(19)
3 轨道交通施工监测项目实施要点	(20)
3.1 变形监测	(20)
3.1.1 围护体(或土体)深层水平位移监测	(20)

3.1.2	围护体顶部水平位移监测	(24)
3.1.3	围护和支护体系沉降监测	(24)
3.1.4	深层土体沉降监测	(25)
3.1.5	邻近地表沉降监测	(27)
3.1.6	邻近建(构)筑物基础沉降(倾斜)监测	(29)
3.1.7	邻近地下管线沉降监测	(30)
3.2	应力应变监测	(31)
3.2.1	支撑轴力监测	(31)
3.2.2	围护体应力(应变)监测	(33)
3.2.3	(接触)土压力监测	(36)
3.3	地下水监测	(39)
3.3.1	地下水位监测	(39)
3.3.2	孔隙水压力监测	(41)
4	轨道交通主体工程监测要点	(42)
4.1	地下车站监测要点	(42)
4.1.1	明挖顺作法	(42)
4.1.2	盖挖逆作法	(43)
4.1.3	明挖盖挖组合法	(44)
4.2	区间隧道(盾构法)监测要点	(44)
4.3	联络通道(冻结法)监测要点	(48)
5	轨道交通工程施工监测仪器及选择	(50)
5.1	监测仪器参数基本概念	(50)
5.2	常用监测仪器基本原理	(53)
5.2.1	大地测量仪器的基本原理	(53)
5.2.2	差动电阻式传感器的基本原理	(56)
5.2.3	振弦式传感器的基本原理	(57)
5.2.4	光纤传感器的基本原理	(58)
5.3	轨道交通工程监测常用仪器	(60)
5.3.1	常用大地测量仪器简介	(60)
5.3.2	常用变形监测仪器简介	(63)
5.3.3	常用应力应变监测电传感器简介	(69)

5.3.4	常用地下水监测仪器简介	(78)
5.3.5	光纤光栅传感新技术简介	(78)
5.4	监测仪器的率定及检验	(81)
5.4.1	传感器现场率定	(81)
5.4.2	常用大地测量仪器的检验	(85)
5.5	监测仪器技术要求及选择	(87)
5.5.1	仪器技术要求及规格	(87)
5.5.2	监测仪器选择的基本原则	(88)
5.5.3	监测仪器选择、验收及率定	(89)
6	轨道交通工程施工监测实例	(90)
6.1	车站基坑(明挖法)施工监测实例	(90)
6.1.1	工程概况	(90)
6.1.2	车站基坑的工程等级	(91)
6.1.3	监测工作的目的与依据	(91)
6.1.4	监测工作的主要内容和项目	(92)
6.1.5	监测的方法、仪器、测点布置的原则和数量	(92)
6.1.6	监测频率和报警值	(96)
6.1.7	施工概况	(97)
6.1.8	监测数据简要分析	(98)
6.1.9	监测工作总结	(114)
6.2	近距离穿越工程监测实例	(115)
6.2.1	工程概况	(115)
6.2.2	监测方案	(117)
6.2.3	监测实施要点	(122)
6.2.4	监测数据分析	(122)
6.2.5	监测工作总结	(125)
7	监测技术发展方向	(126)
7.1	数据自动采集器的推广使用和实时自动监测	(126)
7.1.1	功能特点	(126)
7.1.2	数据自动采集系统的工作原理框图	(127)
7.1.3	实时自动监测——监测自动化的实现	(128)

7.2 监测数据预测预报	(128)
7.2.1 预测预报的魅力和困难	(128)
7.2.2 目前状况介绍	(129)
7.3 运营监测	(129)
附录	(131)
附录 A 竖向位移和水平位移监测日报表样表	(131)
附录 B 深层测向变形(测斜)监测日报表样表	(132)
附录 C 应力、土压力、孔隙水压力监测日报表样表	(133)
附录 D 内力监测日报表样表	(134)
附录 E 地下水位、分层竖向位移、回弹监测日报表样表	(135)
附录 F 监测仪器检验、验收样表	(136)
参考文献	(137)

1 概 述

1.1 轨道交通工程发展概述

1863年1月,世界上第一条长6.4km的地铁在英国伦敦建成通车。经过140余年的发展,目前伦敦地铁线路总长约405km,仍领先于世界各大城市。据不完全统计,现今世界各国建有地铁、轻轨和高铁(统称为轨道交通)的城市(不含我国)约140座,线路总长约6000km。

中国大陆的地铁或轨道交通始于1965年动工、1971年1月启运的北京地铁一期工程,长23.6km。经过40余年,尤其是改革开放30年的发展,到目前,北京、上海、天津、广州、南京、深圳等15座城市已建、已运营、在建和规划中即将开建的轨道交通线路总长已达1700km;预计至2015年,此数将达到2300km。更令人瞩目的是,至2012年和2015年,上海和北京两地的轨道交通里程将分别超过500km,跃居世界城市轨道交通排名榜的前两位。

中国香港特区的地铁始建于1975年,至今运营线路已达100km,未来10年香港将拥有300km以上的轨道交通线路。中国台湾的台北捷运自1996年启运,预计至2013年,台北、高雄、桃园和台中各地的捷运总里程将达到215km。

以上这些数据充分说明了我国的轨道交通建设无论在建设速度,还是在建设规模方面都是史无前例的,我们正在经历一个前所未有的高速发展期,中国已经成为世界上最大的城市轨道交通建设市场。

城市轨道交通的迅速发展,对改善出行条件、解决交通拥堵、节约土地资源、促进节能减排、推进产业升级换代、引导城市布局调整、推动城市经济发展,正发挥着越来越重要的作用。

中国政府一直十分关心城市轨道交通的发展。温家宝总理指出:“优先发展城市公共交通是符合中国实际的城市发展和交通发展的正确战略思想”。十届全国人大批准的《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中提出,优先发展公共交通,完善城市路网结构和公共交通场站,有条件的大城市和城市群地区要把轨道交通作为优先发展领域,超前规划、适时建设;要掌握新型地铁车辆等装备核心技术,实现产业化。《国家中长期科学和技术发展纲要》中也提出,城市发展的优先主题是城市功能提升和空间节约利用,要重点研究开发城市综合交通、防灾减灾等综合功能提升技术,构建以城市轨道交通为骨架的城

市公共综合交通体系,建立安全便捷型可持续发展的城市轨道交通模式,更好地服务于公众。

快速发展的城市轨道交通,其质量安全工作格外引人注目,原建设部副部长黄卫指出,发展城市轨道交通要把质量和安全放在特别突出的位置。他认为,目前我国轨道交通的发展规模和速度在全世界都是史无前例的。由于建设规模比较大,建设速度比较快,当前已经出现了一些值得高度重视的问题。如很多城市同时上马城市轨道交通项目,存在建设和运营技术力量不足、高端人才和富有经验的技术骨干缺乏的现象;一些城市轨道交通项目上马后急于交付使用,建设周期太短,很多线路存在边勘测、边设计、边施工的现象,抢工期、抢进度问题比较突出,工程质量和安全隐患不断增加。近年来,已有不少地方的城市轨道交通在建设过程中发生了质量和安全事故,造成人员伤亡和经济损失。

1.2 轨道交通建设特点与风险

与工业、民用建筑相比,轨道交通工程从建设规模、结构性质、施工工艺、环境条件等方面,具有自己鲜明的特点,主要包括:

(1) 线路延伸范围广。轨道交通总里程数一般为几十公里甚至上百公里,涉及数十个车站与区间,对工程建设的管理要求极高。

(2) 线路结构型式和施工工艺多样,建设风险存在差异。在不同的区段,构筑物的性质特点不同,施工工艺不同。如在地下段、地面段、高架段、过渡段的结构形式中,地下段的建设风险相对高;地下段施工又涉及不同的施工工艺,如车站的深基坑明挖法、暗挖法,区间隧道的盾构法、浅埋暗挖法(新奥法)、矿山法等。

(3) 沿线地质条件存在差异。线路沿线可能涉及不同的地貌类型、不同的工程地质与水文地质单元,包括穿越河流等,地质条件的差异性也增加了施工的难度。

(4) 沿线环境条件复杂。轨道交通工程通常从城市中心穿越,城市中心建(构)筑物密集,特别是近距离穿越重要的建(构)筑物,包括轨道交通工程之间近距离的平行设置或垂直穿越时,环境条件极为复杂。

(5) 线路不均匀沉降控制严格。鉴于轨道交通列车的高速运行、乘客舒适度等要求,线路沉降特别是不均匀沉降控制严格。

上述特点决定了轨道交通工程投资巨大、建设风险巨大、安全质量管控难度非常高。

1.3 监测对轨道交通建设的作用和意义

为了确保轨道交通工程建设本身的安全,同时为了减少对周边环境的不利影响(包括

邻近或穿越建筑物、地铁既有线结构、桥梁及地下管线等),在轨道交通工程的施工期和施工完成后的一定时期内,除了采用必要的工程设计和施工措施外,应根据轨道交通工程性质特点、地质条件的差异、周边环境的复杂性,进行全面而又有针对性的施工监测工作,用监测所得数据来指导施工和规避风险,以保证工程和环境的安全。

大量的工程实践表明,由于轨道交通工程施工工艺的特殊性、地质条件复杂性,加之城市轨道交通常常从密集城市建筑群中穿越,轨道交通工程施工期不发生任何险情的概率很小;如果为了杜绝风险事件的发生,采取极为保守的设计原则与施工措施,则工程造价极高,不符合我国国情,且也是不必要的。工程建设期间实施监测可以通过对监测数据的动态分析预先发现险情,及时向相关方报警,以便采取积极措施,将损失降低到最小限度。因此,施工监测犹如保护轨道交通工程安全的“眼睛”,开展轨道交通施工监测工作是保证工程安全建设的必要措施,具有十分现实而深远的意义。

本书编者总结多年的轨道交通监测经验,针对轨道交通的基坑、区间隧道与联络通道相关内容,从专业角度,对轨道交通工程施工监测的常用技术和仪器进行了系统详细的归纳。同时,选取了两个轨道交通工程监测典型案例,分别从工程概况、监测方案、监测实施、数据分析等方面进行了翔实的阐述,完整演绎了轨道交通工程监测的关键工作步骤和方法。

希望本书的出版,能够在当前国内城市轨道交通大规模、高速度建设的实际情形下,供轨道交通建设主管部门和监测同行参考,对轨道交通的安全施工发挥一定的作用。

[说明]

“轨道交通工程施工监测”:根据现行《城市轨道交通技术规范》(GB50490—2009),城市轨道交通是指,采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统等。

考虑到地下结构的施工较上部结构更具难度和复杂性,本书的轨道交通工程施工监测仅包含地下结构(俗称地铁)土建部分的相关监控量测,主要包括地铁车站基坑工程施工监测和区间隧道施工监测两部分,不包括轻轨、磁浮等其他轨道交通的施工监测。考虑到联络通道部分的施工风险较大,单列了联络通道(旁通道)的施工监测。

2 轨道交通工程施工监测技术概要

2.1 施工监测基本要点

2.1.1 相关规范规程

国内第一部对轨道交通工程施工变形监测做出明确要求的国标是《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》(GB50308—1999)。为了适应国内轨道交通建设快速发展的实际需要,2006年,根据原建设部“关于印发《2006年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)》的通知”(建标[2006]77号)要求,由该原规范主编单位——北京城建勘测设计研究院有限责任公司,会同来自全国生产、教学、科研和管理的参编单位及专家组成修订组,开始着手对原规范进行全面修订,并更名为《城市轨道交通工程测量规范》。建设部2008年第828号公告批准《城市轨道交通工程测量规范》(GB50308—2008)为国家标准,于2008年9月1日起实施。

《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497—2009)是我国首次编制的关于建筑基坑工程监测的国家标准,由国家住房和城乡建设部2009年第289号公告,批准为国家标准。该标准同样是根据原建设部《关于印发“2006年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)”的通知》(建标[2006]77号)的要求进行编制的,由济南大学会同9个单位共同编制完成,为确保基坑工程监测质量提供了操作性强的技术依据,对保证建筑基坑工程安全、保护基坑周边环境具有重要意义。

北京市建设委员会和北京市质量技术监督局联合发布了《地铁工程监控量测技术规程》(DB11/490—2007),主要内容为浅埋暗挖法、盾构法、明挖及竖井施工监控量测项目及要求,监控量测管理及信息反馈等。在该规程指导下,北京市轨道交通建设管理有限公司针对地铁工程监控量测设计及实施工作制定了一套监控量测设计方法体系——《北京地铁工程监控量测设计指南》,主要内容为工程影响分区及安全分级、监控量测范围、对象及项目、布点原则、频率及周期、精度及控制指标的规定等。

上海市市政工程管理局2000年制定的《上海地铁基坑工程施工规程》(SZ-08—2000)中明确了地铁基坑工程为进行“信息化施工”而必须开展“施工监测”的技术路线,该《规程》多年来在上海大规模的地铁地下车站建设中得到了贯彻,起到了指导施工的重大作用。2006年上海市建设和交通委员会还制定了《上海市基坑工程施工监测规程》(DG/

TJ08-2001—2006),对基坑工程施工监测工作从监测项目、测点布置、监测频率,到监测报警值确定、监测成果及报表编制等内容都做出了具体细致的规定。

总体而言,轨道交通工程监测依据的相关国家或行业标准有:

- 《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497—2009)
- 《城市轨道交通工程测量规范》(GB50308—2008)
- 《工程测量规范》(GB50026—2007)
- 《国家一、二等水准测量规范》(GB12897—2006)
- 《建筑变形测量规范》(JGJ8—2007)
- 《地铁设计规范》(GB50157—2003)
- 《岩土工程勘察规范》(GB50021—2009)
- 《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)

∴

轨道交通监测相关的地方标准或规定有:

- 《上海市地铁基坑工程施工规程》(SZ-08—2000)
- 《上海市地铁隧道工程盾构施工技术规范》(DG/TJ08-2041—2008)
- 《上海市旁通道冻结法技术规程》(DGJ08-902—2006)
- 《上海市城市轨道交通设计规范》(DGJ08-109—2004)
- 《上海市基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08-2001—2006)
- 《上海市岩土工程勘察规范》(DGJ08-37—2002)
- 《上海市地基基础设计规范》(DGJ08-11—2010)
- 《上海市基坑工程技术规范》(DBJ08-61—2010)
- 《上海市地基处理技术规范》(DBJ08-40—2010)
- 《天津市地下铁道深基坑施工技术规程》(DB/T29-143—2005)
- 《天津市地下铁道盾构法隧道工程施工技术规程》(DB/T29-144—2005)
- 《天津市地下铁道暗挖法隧道工程施工技术规程》(DB/T29-146—2005)

∴

管理性文件、企业标准有:

- 《地铁及地下工程建设风险管理指南》(2007)
- 《上海市深基坑工程管理规定》(沪建交[2006]105号)
- 《关于上海轨道交通测量工作实施管理办法(试行)》(2005.10.1)
- 《北京市轨道交通工程建设第三方监测设计指南》
- 《上海轨道交通深基坑工程承压水控制指导意见》

- 《上海地铁隧道土压平衡盾构施工风险控制指导意见》
- 《上海地铁隧道重叠穿越段注浆加固建设指导意见》
- 《上海旁通道冻结法融沉注浆加固建设指导意见》
- ⋮

从国家和地方监测技术标准的现状可以看出,与轨道交通监测相关的规程规范数量很多,与施工监测关系密切,充分说明了国家、地方和企业对这一领域的重视和这一领域的技术进步。

2.1.2 监测基本内容

从监测内容分类上讲,轨道交通工程施工监测目前主要包括三大类:

(1) 变形监测。监测项目包括围(支)护结构和周边环境[包括土层、地下管线、重要建(构)筑物等]的变形,多为必测项目。

(2) 应力应变监测。监测项目主要是围(支)护结构、周围土体的应力应变监测,有必测项目和选测项目之分。

(3) 地下水监测。包括地下水位、孔隙水压力的监测,孔隙水压力通常属于选测项目。

从监测对象上讲,国内轨道交通工程施工监测对象通常包括三大类:

(1) 车站。包括车站的出入口、风井等功能部分。分明(盖)挖法施工和以浅埋暗挖法为代表的暗挖法施工。

(2) 区间隧道。包括明挖法施工和以盾构法和浅埋暗挖法为代表的暗挖法施工,本书以盾构法区间隧道的监测为例。

(3) 联络通道。本书以冻结法施工的联络通道监测为例。

下面就从车站基坑工程、区间隧道(盾构法)和联络通道(冻结法)3个方面,对轨道交通工程施工监测的基本内容进行简要阐述。

2.1.2.1 车站工程施工监测

基坑工程监测内容包括围护体系自身监测和周边环境的监测。围护体系监测反映结构受力和变形的趋势,周边环境监测反映基坑施工对周边环境的影响。

围护体系监测的项目包括:围护墙(边坡)顶水平位移和竖向位移、围护墙体与土体深层侧向位移(测斜)、围护墙侧向土压力、支撑轴力、锚杆或土钉拉力、立柱竖向位移、孔隙水压力、坑底隆起(回弹)、围护墙和中间立柱差异沉降等。

周边环境的监测的项目包括:地下管线、邻近建(构)筑物和地表沉降等。

明(盖)挖法施工的隧道工程监测与车站工程施工监测基本相同。

国家目前对轨道交通车站基坑监测尚无专门标准,有关基坑工程监测体系的详细内

容,包括监测频率、报警指标、资料处理等内容,可参照国标《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497—2009)或地方相关规范要求。

2.1.2.2 区间隧道(盾构法)施工监测

盾构法施工技术自 1806 年由英国工程师布鲁诺首创,并用于英国伦敦泰晤士河水底隧道,至今已有 200 余年历史。该技术由于无需占用大量隧道沿线的施工场地,对城市的商业、交通、住房等影响很小,很快受到各国的推崇。经过数代技术人员的不懈努力,盾构法隧道施工技术由最初只能在极少数欧美发达国家应用,发展成为目前发展中国家在城市轨道交通建设中逐步应用的施工技术。

20 世纪五六十年代以来,盾构法施工的地铁区间隧道在我国的沿海(上海、广州、深圳、天津)和内陆城市(北京、武汉)逐步得到应用,盾构法隧道施工技术在工程实践中得到迅速发展。

国家目前对轨道交通盾构法区间隧道监测尚无专门标准,有关盾构施工监测的详细内容,包括测点布设、监测方法、监测频率、资料处理等,可参考地方相关规范。

2.1.2.3 联络通道(冻结法)施工监测

联络通道(俗称旁通道)冻结法施工是以人工制冷的方法对联络通道周围含水地层进行冻结,形成具有临时承载和隔水作用的冻结壁并在其保护下实施联络通道工程施工的方法。它适用于各种类型的含水土层,特别是松散含水丰富的软弱土层。

联络通道冻结法施工监测内容包括地表和建筑物沉降监测、地下管线沉降监测和隧道变形监测等。

2.1.3 基坑等级和监测等级

2.1.3.1 基坑安全等级和环境保护等级

基坑等级是制定基坑监测方案时的主要依据之一,它决定了基坑监测的精度要求、采取的技术措施的范围和力度,也大致决定了监测数据正常值的范围。

基坑等级(分级)应按基坑施工时的安全和环境保护两方面的因素来考虑。

对于一个具体的基坑,设计人员应根据其结构特征要求和基坑周围环境条件(即环境对施工影响的要求),对基坑工程规定等级。

按照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)第 7.1.7 条规定,将建筑基坑等级划分为一级、二级和三级,以利于工程类比分析和工程监控,容易操作。现将其列出,供使用参考。

(1) 符合下列情况之一者,为一级基坑:

① 重要工程或支护结构做主体结构的一部分。

- ② 开挖深度大于 10m。
- ③ 与邻近建筑物、重要设施的距离在开挖深度内的基坑。
- ④ 基坑范围内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线等需要严加保护的基坑。
- (2) 三级基坑为开挖深度小于 7m,且周围环境无特别要求的基坑。
- (3) 除一级和三级以外的基坑属二级基坑。
- (4) 当周围已有的设施有特殊要求时,尚应符合这些要求。

第 7.1.7 条分级规定虽然只用了“基坑等级”的原则提法,但明显综合了基坑的安全和环境保护两方面因素。

国标《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497—2009)和《建筑变形测量规范》(JGJ8—2007)的基坑类别的划分均遵从《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)的规定。

《基坑工程技术规范》(上海市工程建设规范,DG/TJ08-61—2010)将基坑的安全等级划分和环境保护等级划分的内容分成两个条目叙述(第 3.0.1 条和第 3.0.2 条)。相比该规范的旧版《上海基坑工程设计规程》(上海市工程建设规范,DGJ08-61—97)中在第 3.0.1 条将安全和环保因素综合在一起用“基坑工程分级”的概念提出来的处理方法,2010 版中出现的这一变化是一种进步,是近年来工程界对基坑分级的本质在理解和实践方面深化的成果。

全国各地区若有本地区的基坑工程分级的标准,应在本地区范围内优先执行。无地区标准时,按国家标准执行。

2.1.3.2 地铁基坑等级

《上海地铁基坑工程施工规程》(上海市市政工程管理局,SZ-08—2000)中第 1.0.4 条给出了上海地铁基坑工程的定级标准。该分级主要依据基坑所处的环境条件要求,带有较明显的“环境保护等级”色彩。由于地铁基坑多处于繁华的市区,周围环境保护的要求比较高,所以此分级标准多年来使用的效果很好。诸将该条的“基坑等级标准”转录,以方便阅读,见表 2-1。

表 2-1 (地铁)基坑等级标准

基坑等级	分类标准
一级	基坑周边 0.7H 范围内有地铁、共同沟、煤气管、大型压力总水管等重要建筑或设施
二级	基坑周边 0.7H 范围内无重要管线和建(构)筑物;而离基坑周边 0.7H~2H 范围内有重要管线或大型的在使用的管线、建(构)筑物
三级	基坑周边 2H 范围内没有重要或较重要的管线、建(构)筑物

注:H 为基坑开挖深度。