

上海市工程建设规范

城市轨道交通工程施工监测技术规范

Technical code for monitoring measurement of urban rail transit engineering under construction

DG/TJ 08—2224—2017

J 13733—2017

主编单位：上海申通地铁集团有限公司

上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

批准部门：上海市住房和城乡建设管理委员会

施行日期：2017年6月1日

同济大学出版社

2017 上海

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程施工监测技术规范/上海申通地铁集团有限公司,上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
主编.--上海:同济大学出版社,2017.5

ISBN 978-7-5608-6940-7

I. ①城… II. ①上…②上… III. ①城市铁路—铁路施工—施工监测—技术规范 IV. ①U239.5-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 093261 号

城市轨道交通工程施工监测技术规范

上海申通地铁集团有限公司
上海岩土工程勘察设计研究院有限公司 主编

策划编辑 张平官

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 浦江求真印务有限公司
开 本 889mm×1194mm 1/32
印 张 5.875
字 数 158000
版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6940-7
定 价 52.00 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

上海市住房和城乡建设管理委员会文件

沪建标定[2017]66号

上海市住房和城乡建设管理委员会 关于批准《城市轨道交通工程施工监测技术规范》 为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海申通地铁集团有限公司、上海岩土工程勘察设计研究院有限公司主编的《城市轨道交通工程施工监测技术规范》，经审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ 08—2224—2017，自 2017 年 6 月 1 日起实施。

本规范由上海市住房和城乡建设管理委员会负责管理，上海申通地铁集团有限公司负责解释。

特此通知。

上海市住房和城乡建设管理委员会
二〇一七年一月十六日

前 言

本规范是根据上海市城乡建设和管理委员会《关于印发〈2015年上海市工程建设规范编制计划〉的通知》(沪建管[2014]966号)的要求,由上海申通地铁集团有限公司、上海岩土工程勘察设计院有限公司、上海市地质调查研究院、上海京海工程技术有限公司、上海市建筑科学研究院(集团)有限公司、上海隧道工程轨道交通设计研究院、上海三凯建设管理咨询有限公司等单位参加编制完成。

规范编制组经广泛调查研究、深入讨论,认真总结了20多年来上海城市轨道交通工程施工监测实践经验,参考有关国内先进标准和自动化监测的成果,在广泛征求意见的基础上,编制了本规范。本规范的编制完成,填补了上海市轨道交通工程施工期监测领域技术标准的空白,对加强轨道交通工程施工监测工作的管理,促进监测技术的进步,统一和规范本市轨道交通工程施工监测的技术要求和成果质量,具有重要意义。

本规范的主要内容包括:1 总则;2 术语;3 基本规定;4 基坑工程支护结构及周围土体监测;5 盾构法隧道结构及周围土体监测;6 联络通道隧道结构及周围土体监测;7 高架结构监测;8 顶管工程结构及周围土体监测;9 周边环境监测;10 人工监测方法及技术要求;11 自动化监测方法及技术要求;12 监测成果及警情报送。

在规范执行过程中,请各单位及相关人员结合工程实践,认真总结经验,如有意见或建议请反馈至上海岩土工程勘察设计院有限公司(地址:上海市水丰路38号12楼;邮编:200093;邮箱:sgidi@sgidi.com),或上海市建筑建材业市场管理总站(地址:

小木桥路 683 号 5 楼; 邮编: 200032; 邮箱: shgcjsgf@sina.com),
以供今后修订时参考。

主 编 单 位:上海申通地铁集团有限公司
上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位:(排名不分先后)
上海市地质调查研究院
上海京海工程技术有限公司
上海市建筑科学研究院(集团)有限公司
上海隧道工程轨道交通设计研究院
上海三凯建设管理咨询有限公司

主要起草人:白廷辉 褚平进 褚伟洪
(以下按姓氏笔画排列)

丁言成 马险峰 王艳玲 王瑞科 毕湘利
华 倩 刘万兰 刘朝明 孙建伟 李维涛
汪大龙 张学文 陆 衍 陆仁财 陈文艳
周本辰 柏桂清 郭春生 詹龙喜 潘 华
戴加东

主要审查人:费涵昌 季善标 顾倩燕 张晓沪 徐克洋
王敏华 潘国荣

上海市建筑建材业市场管理总站

2016 年 12 月

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	4
3.1	基本要求	4
3.2	工程影响分区及监测范围	7
3.3	监测等级划分	8
4	基坑工程支护结构及周围土体监测	11
4.1	监测项目及要求	11
4.2	监测点布设	13
4.3	监测频率与周期	18
4.4	监测报警值	19
5	盾构法隧道结构及周围土体监测	20
5.1	监测项目及要求	20
5.2	监测点布设	21
5.3	监测频率与周期	23
5.4	监测报警值	24
6	联络通道隧道结构及周围土体监测	26
6.1	监测项目及要求	26
6.2	监测点布设	27
6.3	监测频率与周期	27
6.4	监测报警值	28
7	高架结构监测	29
7.1	监测项目及要求	29
7.2	监测点布设	29

7.3	监测频率与周期	30
7.4	监测报警值	31
8	顶管工程结构及周围土体监测	32
8.1	监测项目及要求	32
8.2	监测点布设	33
8.3	监测频率与周期	33
8.4	监测报警值	34
9	周边环境监测	35
9.1	监测项目及要求	35
9.2	监测点布设	36
9.3	现场巡查	40
9.4	监测频率与周期	40
9.5	监测报警值	41
10	人工监测方法及技术要求	45
10.1	一般规定	45
10.2	水平位移监测	46
10.3	竖向位移监测	48
10.4	裂缝监测	50
10.5	倾斜监测	50
10.6	深层水平位移监测	51
10.7	土压力监测	53
10.8	孔隙水压力监测	54
10.9	地下水水位监测	55
10.10	结构应力监测	55
10.11	土体分层竖向位移监测	56
10.12	净空收敛监测	57
10.13	梁体徐变监测	57
10.14	现场巡查	58
11	自动化监测方法及技术要求	59

11.1	一般规定	59
11.2	系统设计	60
11.3	系统安装和调试	60
11.4	监测仪器设备	61
11.5	数据采集及传输系统	63
11.6	系统管理和数据发布	64
12	监测成果及警情报送	65
12.1	一般规定	65
12.2	技术成果文件要求	65
12.3	监测信息与警情报送	67
附录 A	滨海平原土层名称表	68
附录 B	监测日报表	72
附录 C	现场巡查记录表	85
	本规范用词说明	89
	引用标准名录	90
	条文说明	91

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
3.1	General requirements	4
3.2	Classification of influenced zone due to construction and monitoring measurement range	7
3.3	Monitoring measurement grade	8
4	Monitoring of foundation pit supporting structure and surrounding soil	11
4.1	Monitoring items and requirements	11
4.2	Monitoring point arrangement	13
4.3	Monitoring frequency and period	18
4.4	Alarm value under monitoring	19
5	Monitoring of shield method tunnel structure and surrounding soil	20
5.1	Monitoring items and requirements	20
5.2	Monitoring point arrangement	21
5.3	Monitoring frequency and period	23
5.4	Alarm value under monitoring	24
6	Monitoring of connecting passage structure in shield tunnels and surrounding soil	26
6.1	Monitoring items and requirements	26
6.2	Monitoring point arrangement	27
6.3	Monitoring frequency and period	27

6.4	Alarm value under monitoring	28
7	Monitoring of elevated station and elevated interval structure	29
7.1	Monitoring items and requirements	29
7.2	Monitoring point arrangement	29
7.3	Monitoring frequency and period	30
7.4	Alarm value under monitoring	31
8	Monitoring of pipe-jacking engineering structure and surrounding soil	32
8.1	Monitoring items and requirements	32
8.2	Monitoring point arrangement	33
8.3	Monitoring frequency and period	33
8.4	Alarm value under monitoring	34
9	Monitoring of around environment	35
9.1	Monitoring items and requirements	35
9.2	Monitoring point arrangement	36
9.3	Inspection and examination	40
9.4	Monitoring frequency and period	40
9.5	Alarm value under monitoring	41
10	Manual monitoring methods and technical requirements	45
10.1	General requirements	45
10.2	Monitoring of horizontal displacement	46
10.3	Monitoring of vertical displacement	48
10.4	Monitoring of crack	50
10.5	Monitoring of inclination	50
10.6	Monitoring of horizontal displacement in deep stratum	51
10.7	Monitoring of soil pressure	53

10.8	Monitoring of pore water pressure	54
10.9	Monitoring of groundwater level	55
10.10	Monitoring of stress in structure	55
10.11	Monitoring of vertical displacement of different depth stratum	56
10.12	Monitoring of section convergence	57
10.13	Monitoring of beam creep	57
10.14	Inspection and examination	58
11	Automatic monitoring methods and technical requirements	59
11.1	General requirements	59
11.2	Systematic design	60
11.3	System installation and debugging	60
11.4	Monitoring instrument and equipment	61
11.5	Data acquisition and transmission system	63
11.6	System management and data dissemination	64
12	Monitoring achievement and submission of alarm	65
12.1	General requirements	65
12.2	Document requirements of technological achievements	65
12.3	Monitoring information and submission of alarm	67
Appendix A	Table of littoral plain subsoil	68
Appendix B	Daily monitor	72
Appendix C	Daily report on inspection and examination	85
	Explanation of wording in this code	89
	List of quoted standards	90
	Explanation of provisions	91

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通工程施工阶段监测工作,保障工程结构本体及周边环境的安全,做到监测成果可靠、技术先进、经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于上海地区除磁悬浮线路外的城市轨道交通新建、改建、扩建工程的监测工作。

1.0.3 城市轨道交通工程施工阶段监测应综合考虑城市轨道交通工程性质与特点、设计与施工方案、工程地质和水文地质、环境条件、施工条件等因素,编制监测方案并遵照实施,为动态设计、信息化施工、环境保护提供准确及时的监测成果。

1.0.4 城市轨道交通工程施工阶段监测,除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 施工监测 monitoring under construction

在城市轨道交通工程施工过程中,对工程结构本体及施工影响范围内的周围土体、周边环境等的变化情况(如变形、应力等)进行仪器量测和巡查观察,并及时分析和反馈量测和巡查成果的活动。

2.0.2 变形监测 deformation monitoring

对工程结构本体、周边环境和周围土体等监测对象的竖向、水平、倾斜等变化进行的量测工作。

2.0.3 力学监测 mechanical monitoring

对周边环境、支护结构和周围土体等监测对象所承受的拉力、压力及变化等所进行的量测工作。

2.0.4 工程结构本体 engineering structure

城市轨道交通工程施工中基坑支护结构、隧道结构、高架结构等工程结构的统称。

2.0.5 周边环境 around environment

城市轨道交通工程施工影响范围内的既有轨道交通设施、道路、桥梁、铁路、建(构)筑物、管线、河流、湖泊等的统称。

2.0.6 周围土体 surrounding soil

城市轨道交通工程施工影响范围内的土体、地下水等工程地质和水文地质条件的统称。

2.0.7 工程影响分区 influenced zone due to construction

根据周围土体和周边环境受工程施工影响程度的大小进行划分的区域。

2.0.8 监测等级 monitoring measurement grade

根据工程结构本体安全等级、周边环境保护等级和地质条件的复杂程度等因素,对工程施工阶段监测划分等级。

2.0.9 监测频率 monitoring frequency

在某时间段内对监测点实施的监测次数。

2.0.10 监测报警值 alarm value under monitoring

为满足工程结构本体的安全及周边环境的保护要求,针对各监测项目不同阶段的监测数据变化量或速率所设定的限值。监测报警值分为变化速率报警值和累计变化报警值两类。

2.0.11 监测点 monitoring point

设置在工程结构本体、周围土体和周边环境等监测对象上,并能反映其变形或力学特征的观测点。

2.0.12 基准点 reference point

在变形监测中,用于测定工作基点和监测点量测值的稳定可靠的起算点。

2.0.13 工作基点 working reference point

为了方便开展监测工作,布设在监测点附近、相对稳定、测定监测点量测值的控制点。

2.0.14 自动化监测 automatic monitoring

按照监测技术的要求,采用数据自动采集、传输的技术,实现将数据信息用于分析判断、快速反馈的过程。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 在城市轨道交通工程施工过程中,应对工程结构本体及周围土体、周边环境进行监测。

3.1.2 城市轨道交通工程设计单位应对施工监测提出监测技术要求,包括监测项目、监测频率、监测报警值等。委托单位宜提供下列资料:岩土工程勘察成果文件、设计文件、工程施工影响范围内地下管线图及地形图、工程施工方案、周边建(构)筑物状况调查报告等。

3.1.3 监测工作应遵循以下流程:

- 1 现场踏勘、收集相关资料。
- 2 编制、审查及确定监测方案。
- 3 监测基准点、工作基点和监测点等布设、验收及保护。
- 4 测定监测点初始值。
- 5 监测数据采集,现场巡查。
- 6 结合现场巡查情况及相关资料,处理和分析监测数据。
- 7 提交监测日报、警情快报、阶段性监测报告等。
- 8 现场监测工作结束后及时提交监测工作总结报告及相应

的成果资料。

3.1.4 监测方案宜根据设计文件要求、岩土工程勘察报告、周边环境情况、安全风险评估报告及施工方案等相关资料以及委托方的其他要求,在进行现场踏勘后编制。监测方案应包括下列内容:

- 1 工程概况。
- 2 建设场地工程地质和水文地质条件及周边环境状况。
- 3 监测目的和依据。

- 4 监测范围及监测等级。
- 5 工程潜在的风险辨识,涉及重大风险源及特殊要求时相应的监测措施。
- 6 监测对象及监测项目。
- 7 现场巡查。
- 8 基准点、工作基点、监测点等的布设与保护,监测点平面、断面布设图。
- 9 监测方法及精度指标。
- 10 监测频率。
- 11 监测报警值及异常情况下的监测应急预案。
- 12 监测报表格式、监测信息处理、分析及反馈方式。
- 13 监测主要人员和仪器设备。
- 14 质量管理、安全管理及其他管理制度。

3.1.5 监测项目的设置应遵循关键部位优先、兼顾全面、形成有效的监控体系的原则,不同监测项目间宜能够相互校验。

3.1.6 轨道交通施工阶段对永久结构和环境变形的监测项目及布点宜综合考虑轨道交通运营阶段的测点设置要求,以保持数据的连续性。

3.1.7 监测项目初始值应在相关施工工序实施之前测定,并应连续独立进行至少 2 次观测,取其稳定值的平均值作为初始值。在监测数据趋于稳定、不受后续工序的影响或满足设计要求时,可结束监测工作。

3.1.8 监测点布设位置和数量应满足反映监测对象的变化特性的要求,监测点应设置规范,标识清晰,并应采取保护措施。施工方应做好施工场地内监测点的保护工作。

3.1.9 监测点的布设应便于观测,且应不影响结构的正常受力和使用。

3.1.10 监测点布设及监测时段应统筹考虑不同单项工程施工工序或监测范围之间的重叠状况,确保监测数据的延续。

3.1.11 监测点在监测期间无法正常观测时,宜及时恢复被破坏的监测点,重设后测点的监测数据应保持延续。

3.1.12 监测工作应采用仪器量测与现场巡查相结合的方法。对人工观测无法满足要求的监测项目、周边环境保护等级和工程安全等级较高的关键部位,或常规监测方法无法满足要求时,监测单位应编制专项监测方案,宜采用自动化监测。

3.1.13 监测仪器和设备应定期进行检定或校准,并在检定或校准的有效使用期内使用。

3.1.14 仪器量测频率和现场巡查频率应根据设计要求、规范要求、施工工法、施工进度、监测对象特性、工程地质和水文地质条件、工程结构本体及周边环境状况综合确定。

3.1.15 城市轨道交通工程监测项目报警值应根据不同施工方法特点、设计要求、工程地质和水文地质条件、周边环境保护要求等并结合工程经验确定,并应满足监测对象安全状态得到合理、有效的控制要求。监测报警值应包括累计变化量和变化速率。

3.1.16 城市轨道交通工程施工过程中,当监测数据达到报警值时,必须及时进行警情报送。

3.1.17 现场巡查宜安排专人负责,及时填写巡查记录,并结合仪器监测数据进行分析。现场巡查过程中发现下列情况之一时,必须立即发出警情报告:

1 基坑围护结构、隧道结构出现明显变形、较大裂缝、断裂,支撑出现明显变位、挠曲、裂缝或脱落,隧道底鼓等。

2 基坑、隧道出现涌砂、流土、管涌、突涌、伴随明显泥砂颗粒渗出的渗漏水、突水、滑移、坍塌、较大或持续基底隆起。

3 周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌。

4 周边建(构)筑物出现危害结构安全或影响正常使用功能的较大沉降、倾斜、裂缝等。

5 周边管线变形突然明显增长或出现泄漏等。

6 根据工程经验判断应发出警情报告的其他情况。

3.1.18 出现险情时应在原有监测工作的基础上提高监测频率，必要时有针对性地加密监测点或增加监测项目。

3.1.19 应密切关注轨道交通施工过程中周边其他工程活动及影响因素，并分析其对监测成果的影响。

3.1.20 现场监测工作结束后，监测单位应向委托单位提供监测总结报告，并按档案管理规定，组卷归档。

3.2 工程影响分区及监测范围

3.2.1 工程影响分区应根据城市轨道交通工程施工对周围土体扰动和周边环境影响的程度及范围确定，工程影响分区包括主要影响区和次要影响区。监测范围应包括主要影响区和次要影响区。

3.2.2 基坑工程影响分区宜按表 3.2.2 的规定进行划分。

表 3.2.2 基坑工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	基坑边线外侧 $1H$ 范围内
次要影响区	基坑边线外侧 $1H\sim 2H$ 范围内

注： H —基坑设计开挖深度(m)。

3.2.3 盾构法隧道工程影响分区宜按表 3.2.3 的规定进行划分，顶管工程的影响分区划分参照盾构法隧道工程。

表 3.2.3 盾构法隧道工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	隧道地表投影区域
次要影响区	隧道地表投影区域边线 $\sim 1H_i$ 范围内(隧道中心埋深小于或等于 20m 时)； 隧道地表投影区域边线 $\sim 3D$ 范围内(隧道中心埋深大于 20m 时)

注： H_i —隧道中心埋深(m)； D —隧道结构外径(m)。

3.2.4 冻结法施工时,联络通道工程影响分区宜按表 3.2.4 的规定进行划分。

表 3.2.4 联络通道工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	冻结体地表投影区域
次要影响区	以联络通道中心为圆心,半径 20m(且不小于 1.5 倍联络通道中心埋深)的地表投影区域,冻结体地表投影区域除外

3.2.5 城市轨道交通工程各类桩基础施工期间的监测范围宜参照现行上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ 08—11 的要求确定。

3.2.6 当遇到下列情况时,应调整监测范围:

1 采用施工降水控制措施时,应根据降水影响范围和预计的地面沉降大小调整监测范围。

2 施工期间发生严重的渗漏水、涌砂、冒水、支护结构变形过大、邻近建(构)筑物或地下管线严重变形等异常情况时,宜根据工程实际情况增大监测范围。

3.3 监测等级划分

3.3.1 监测等级宜根据基坑、隧道、联络通道等城市轨道交通工程的结构本体安全等级、周边环境保护等级,并结合地质条件的复杂程度等因素进行划分。

3.3.2 基坑、盾构法隧道、联络通道工程的结构本体安全等级宜根据工程所处的地质条件、施工工况条件及外界制约因素按表 3.3.2 确定。顶管工程的结构本体安全等级划分参照盾构法隧道工程。

表 3.3.2 基坑、盾构法隧道、联络通道工程的结构本体安全等级

结构本体安全等级		等级划分标准
基坑工程	一级	开挖到第④ ₂ 、⑤ ₂ 、⑥ ₂ 层微承压含水层或受到第⑦层承压含水层影响的基坑； 开挖深度大于等于 25m 的基坑； 开挖宽度大于等于 30m 的基坑； 盖挖逆筑法施工的基坑； 换乘段基坑和与其他项目合建的基坑
	二级	基坑开挖深度范围内第② ₃ 、③ _j 层土层厚度大于等于 4m 的基坑或受到第④ ₂ 、⑤ ₂ 、⑤ ₃₋₂ 、⑤ _{3j} 、⑥ ₂ 层微承压含水层影响的基坑
	三级	除一级、二级以外的基坑
盾构法隧道工程	一级	盾构掘进断面遇到第⑥、⑦层土层或古河道中软塑状黏性土、黏性土与粉性土、粉砂相间成层土的隧道； 顶部埋深小于等于 1D 的隧道； 平面曲率半径小于等于 350m 的隧道； 近距离施工的隧道(并行或交叠)； 掘进断面存在地下障碍物的隧道
	二级	掘进断面涉及位于第② ₃ 、④ ₂ 、⑤ ₂ 层土层的隧道
	三级	除一级、二级以外的隧道
联络通道工程	一级	冻结体遇到第⑥、⑦层土层的联络通道； 隧道中心线间距大于等于 20m 的联络通道； 隧道中心线间距小于等于 12m 的联络通道； 包含侧式泵站和竖向通道的联络通道
	二级	冻结体遇到第④ ₂ 、⑤ ₂ 层等粉性土、砂土土层的联络通道
	三级	除一级、二级以外的联络通道

注：1 符合条件之一即为对应的结构本体安全等级，从一级开始，以最先满足为准。

2 D —隧道结构外径(m)。

3 近距离隧道是指两条隧道净间距在一倍直径(或开挖宽度)范围以内。

4 滨海平原土层名称表见附录 A。

3.3.3 周边环境保护等级可根据周边环境条件按表 3.3.3 划分为三个等级。

表 3.3.3 周边环境保护等级划分

周边环境保护等级	周边环境条件
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施,重要桥梁与隧道,重要建(构)筑物,重要市政设施及重要市政管线,河流、湖泊
二级	主要影响区内存在一般建(构)筑物,一般市政设施及市政管线 次要影响区内存在既有轨道交通设施,重要桥梁与隧道,重要建(构)筑物,重要市政设施及市政管线,河流、湖泊
三级	主要影响区内无建(构)筑物、市政设施; 次要影响区内存在一般建(构)筑物、一般市政设施及市政管线;一般环境条件,包括空旷地段

注:符合条件之一即为对应的周边环境保护等级,从一级开始,以最先满足为准。

3.3.4 基坑、盾构法隧道、联络通道工程的监测等级可按表 3.3.4 的规定分为一级、二级和三级。同一监测项目的不同施工区域可细分为不同的监测等级。

表 3.3.4 监测等级

监测等级	周边环境保护等级		
	一级	二级	三级
结构本体安全等级			
一级	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级
三级	一级	二级	三级

3.3.5 高架车站及高架区间的监测等级由设计单位根据工程风险、施工工法、环境保护要求、地质条件复杂程度等综合确定。

4 基坑工程支护结构及周围土体监测

4.1 监测项目及要要求

4.1.1 基坑工程支护结构、周围土体监测对象宜包括以下内容：

1 围护墙(桩)、围檩、立柱、支撑等结构,以及盖挖逆筑法施工的结构板、临时板等结构。

2 基坑周围土体、地下水、坑外地表等。

4.1.2 基坑工程监测项目应综合考虑监测等级、支护结构的特点、周边环境、工程规模等合理确定。其中支护结构、周围土体的监测项目应根据表 4.1.2 进行选择。

表 4.1.2 基坑工程支护结构和周围土体监测项目

序号	监测对象	监测等级			
		一级	二级	三级	
1	支护结构	围护墙(桩)顶部水平位移	√	√	√
2		围护墙(桩)顶部竖向位移	√	√	√
3		围护墙(桩)深层水平位移	√	√	√
4		围护墙应力	○	○	○
5		冠梁及围檩应力	○	○	○
6		支撑轴力	√	√	√
7		盖挖逆筑法基坑梁板应力	○	○	○
8		立柱竖向位移	√	√	○
9		立柱应力	○	○	○

续表 4.1.2

序号	监测对象	监测等级			
		一级	二级	三级	
10	周围土体	坑底隆起	○	○	○
11		地表竖向位移	√	√	√
12		土体深层水平位移	○	○	○
13		土体分层竖向位移	○	○	○
14		土压力	○	○	○
15		孔隙水压力	○	○	○
16		地下水位	√	√	√

注：“√”为应测项目；“○”为选测项目（视监测工程具体情况和相关方要求确定）。

4.1.3 现场巡查包含对工程影响范围内支护结构、施工工况、监测设施和周边环境等进行巡查。基坑工程现场巡查宜包括以下内容：

1 支护结构

- 1) 冠梁、腰梁、支撑、盖挖逆筑法基坑梁板裂缝及开展情况；
- 2) 围护墙(桩)、支撑、盖挖逆筑法基坑梁板、立柱变形；
- 3) 围护墙体露筋、开裂及渗漏情况；
- 4) 墙后土体裂缝、沉陷及滑移情况；
- 5) 基坑隆起、流砂、管涌情况。

2 施工工况

- 1) 开挖面土体的类型、特征，坑内纵向土体的稳定性等情况；
- 2) 基坑开挖分段的位置、长度、开挖深度及支撑架设情况；
- 3) 场地地表水、地下水排放状况，及基坑降水、回灌设备的运转情况；
- 4) 基坑周边施工材料、设施或车辆等荷载情况。

3 监测设施

- 1) 基准点、监测点完好情况；
- 2) 监测元件的完好及保护情况；
- 3) 影响正常观测工作的障碍物情况。

4 周边环境

周边环境的巡查内容可参照本规范第 9.3.1 条。

4.2 监测点布设

4.2.1 围护墙(桩)顶部水平位移监测点和竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 围护墙(桩)顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜共点。

2 监测点应沿基坑周边布设,监测等级为一级的基坑,布设间距宜为 10m~15m;监测等级为二、三级的基坑,监测点布设间距应不大于 20m,每侧边至少有 1 点,在局部重要位置加密,如阳角部位、深度变化部位、邻近重要环境保护部位等。

3 围护墙(桩)深层水平位移监测点处应设置围护墙(桩)顶部水平位移监测点和竖向位移监测点。

4 围护墙(桩)顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜与立柱竖向位移监测点布设在同一监测断面上。

4.2.2 围护墙(桩)体深层水平位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测等级为一级的基坑,监测点布设间距宜为 10m~15m;监测等级为二级、三级基坑,监测点布设间距应不大于 20m。监测点应沿长边对称布设并与围护墙(桩)顶部变形监测点相对应,每侧边至少有 1 点。

2 监测点宜布设在单幅地下连续墙中部。

3 对应重要环境保护部位及邻近基坑阳角部位的围护墙

(桩)体应布设监测点。

4 监测点深度宜与围护墙(桩)深度基本相同。

5 附属结构基坑和主体结构基坑围护共墙时,应采取措施保证前期埋设的监测点在附属结构基坑施工时能正常使用。

6 应避免在有承压水风险的洞门位置布设监测点,如必须在洞门位置布设,应在洞门破除前采取有效的封孔措施。

4.2.3 围护墙应力监测点布设应符合下列要求:

1 监测点应布设在设计计算受力较大的部位。

2 监测点竖向布设部位应根据支撑位置确定,竖向间距宜为3m~5m,在墙体设计计算弯矩最大处应布设监测点。

3 每个监测点竖向布设的传感器应在围护墙两侧对称布设。

4.2.4 冠梁及围檩应力监测点布设应符合下列要求:

1 监测点应布设在每侧边的中间部位、设计计算受力较大、支撑间距较大处;在竖向上监测点的位置宜保持一致。

2 每个监测点埋设的传感器不应少于2个,且应在冠梁或围檩两侧对称布设。

4.2.5 支撑轴力监测点布设应符合下列要求:

1 监测点平面布设应沿基坑纵向布点,竖向位置宜保持每道支撑一致,组成竖向监测断面,断面间距应不大于50m。

2 支撑设计计算受力较大、阳角部位、基坑深度变化部位、重要环境保护部位等特殊部位应加密监测点。

3 监测点宜布设在支撑长度的1/3部位,采用轴力计监测钢管支撑轴力时,监测点应布设在支撑的固定端。

4 钢筋混凝土支撑,每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于4个,应分别布设在截面四边中部主筋上。

5 采用表面应变计监测轴力的钢支撑,每个监测点截面表面安装的传感器应不少于2个,且应在钢支撑两侧平行受力方向对称布设。

4.2.6 盖挖逆筑法施工基坑的梁板应力监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应布设在结构梁楼板设计计算受力较大处、开口边梁跨中及支座处、兼作栈桥和行车通道的首层结构楼板处、可能出现受力最不利工况组合处。

2 每层楼板上梁板应力监测点不应少于 3 个，并且每层楼板上梁板应力监测点位置宜在竖向上保持一致。

3 梁内每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于 4 个，应分别布设在梁的四边中部；板内每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于 2 个，且应在板上下两侧对称布设。

4.2.7 立柱竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应布设在基坑中部、多根支撑交汇处、施工栈桥处、盖挖逆筑法施工时承担上部结构荷载及盖挖逆筑区与盖挖顺筑区交界处、地质条件复杂处等位置的立柱上，不同结构类型的立柱宜分别布点。

2 监测点不宜少于立柱总数的 10%；盖挖逆筑法施工的基坑不宜少于立柱总数的 20%，且应不少于 5 根立柱。

3 间距较大的立柱、支撑跨度较大的立柱、支撑断面较小的立柱应增设监测点。

4 有承压水风险的基坑，宜每根立柱布设监测点。

4.2.8 立柱应力监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应布设在设计计算受力较大的立柱上。

2 每个截面内传感器不宜少于 4 个。

4.2.9 坑底隆起(回弹)监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应根据基坑的平面形状和尺寸布设成监测断面。

2 断面上监测点宜布设在基坑中部、距基坑边缘的 1/4 坑底宽度处以及其他能反映变形特征的位置。

3 回弹监测标志宜埋入基坑底面以下 0.5m~1.0m。

4.2.10 地表竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 沿平行基坑周边边线布设一排地表竖向位移监测点,监测点宜采用深埋监测点方式布设,监测点距基坑边缘不宜大于2m,相邻监测点间的距离应不大于25m。

2 在基坑开挖面或开挖面以下存在砂性地质条件下,且有墙缝渗漏风险的,沿平行基坑周边边线监测点间的距离应加密,宜每两幅地下连续墙布设一个测点,监测点应布设在地下连续墙接缝位置处。

3 地表竖向位移监测断面应垂直于基坑边布设,断面间距应不大于50m。基坑每侧边至少1组,布设在基坑侧边中部。

4 每组断面监测点应根据现场情况,按2m~10m间距自基坑边线向坑外先密后疏设置5个~6个测点,离基坑最近点应与上述平行基坑周边边线的相应监测点共点,最远点应位于基坑2倍开挖深度以外。

5 基坑两个端头井处的地表竖向位移监测点的布设应综合考虑区间施工时的影响,应能反映车站基坑施工和区间施工引起的综合变形效应。

6 深埋监测点的埋设应满足以下要求:

- 1) 沉降标杆采用 $\Phi 25\text{mm}$ 螺纹钢标杆,螺纹钢标杆宜深入原状土60cm以上,沉降标杆外侧宜采用内径大于13cm的金属套管保护,保护套管内的螺纹钢标杆间隙应采用黄砂回填;
- 2) 应在金属套管顶部设置深埋监测点保护装置,其管盖安装应稳固且与原地面齐平;
- 3) 螺纹钢标杆顶部宜在管盖下20cm。

4.2.11 土体深层水平位移监测点布设应符合下列要求:

1 在邻近需要特殊保护的地下设施或建(构)筑物周围土体中钻孔布设土体深层水平位移监测点。

2 围护墙(桩)体深层水平位移监测点量测深度失效大于2m时,宜在对应位置布设土体深层水平位移监测点。

3 监测点布设深度应大于围护墙(桩)埋深 5m。

4.2.12 土体分层竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应布设在邻近需要特殊保护的地下设施或建(构)筑物周围土体中。

2 监测点布设深度宜大于 2 倍基坑开挖深度。

3 每个监测点沿竖向上安装的传感器宜布设在各土层分界面上,在厚度较大土层中部应适当加密。

4.2.13 围护墙侧向土压力监测点布设应符合下列要求：

1 监测点宜布设在设计计算受力较大、有代表性或邻近需要重点保护对象的围护墙侧。

2 每个监测点沿竖向安装的传感器间距宜为 3m~5m,宜布设在每层土层中部,可预设于基坑外侧、基坑内侧入土段的围护墙侧面。

4.2.14 孔隙水压力监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应在水压力变化影响深度范围内按土层布设,竖向间距宜为 4m~5m,涉及多层承压水层时应适当加密。

2 每个监测点沿竖向安装的传感器数量不宜少于 3 个。

4.2.15 基坑外地下水位监测点布设应符合下列要求：

1 坑外潜水水位监测点沿基坑边线间距宜为 20m~50m,两侧端头井至少各有 1 个,水文地质条件复杂处应适当加密。

2 潜水水位监测点宜布设在搅拌桩施工搭接处、转角处、相邻建(构)筑物处、地下管线相对密集处等,并宜布设在止水帷幕外侧约 2m 范围内。

3 对需要降低承压水或微承压水水头的基坑工程,坑外监测点宜布设在止水帷幕外侧约 2m 处,应满足周边环境保护要求,间距不宜超过 50m。坑内应结合承压降水备用井设置监测点。

4 坑外潜水水位观测管埋置深度宜为 6m~10m,承压水位观测管的埋深宜进入该承压含水层 4m 以上,层厚不足 4m 时,取该含水层层底作为水位观测管的埋深。

5 承压水水位监测点的构造宜满足必要时作为应急回灌设施要求。

4.3 监测频率与周期

4.3.1 基坑工程施工监测应涵盖地下工程施工的各个阶段,应从施工作业 1 周前开始,直至施工至回填土结束为止。如有特殊要求可根据需要延长监测期限。

4.3.2 监测频率的确定应以能够及时、系统地反映基坑支护结构、周围土体、周边环境的变化规律为前提,采用定时监测,必要时进行跟踪监测。

4.3.3 基坑工程施工中支护结构、周围土体和周边环境的监测频率可按表 4.3.3 确定。

表 4.3.3 基坑工程施工监测频率

监测等级 监测频率	一级	二级	三级
施工前	测定初始值		
桩基施工	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d
围护结构施工	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d
地基加固和降水	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d
开挖 0m~15m	1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d
开挖深度大于 15m~浇筑垫层	(1 次~2 次) /1d	(1 次~2 次) /1d	1 次/1d
浇筑垫层~底板浇好 7d 内	1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d
浇好底板后 7d~30d 内	1 次/2d	1 次/7d	1 次/15d
浇好底板 30d~地下室顶板施工完成	1 次/7d	1 次/15d	1 次/15d
地下结构顶板施工完成~基坑回填完成	1 次/15d	1 次/30d	—

注:1 本表适用于基坑工程的应测项目,选测项目的监测频率可视具体情况适当降低。

2 各道撑拆除时及其后 1d 范围内监测频率为 1 次/1d。

4.4 监测报警值

4.4.1 基坑工程施工支护结构和周围土体监测项目的报警值应根据监测等级、设计参数、支护结构特点、场地条件等因素确定，如无具体的设计报警值时，可按表 4.4.1-1 和表 4.4.1-2 确定。

表 4.4.1-1 基坑支护结构和周围土体变形监测项目的监测报警值

监测等级 监测项目	一级		二级		三级	
	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)
围护墙(桩) 顶端竖向位移 和水平位移	2~3	0.1% H	3~4	0.2% H	4~5	0.5% H
围护墙(桩) 深层水平位移	2~3	0.9× (0.14% H)	3~4	0.9× (0.3% H)	4~5	0.9× (0.7% H)
地表竖向位移	2~3	0.1% H	3~4	0.2% H	4~5	0.5% H
立柱隆沉	2~3	20	3~4	20	3~4	20
围护墙(桩)与 立柱桩差异沉降	2	10	3	15	3	15
地下水位	300	500	500	1000	500	1000

注： H —基坑设计深度(m)。

表 4.4.1-2 基坑支护结构和周围土体力学监测项目的监测报警值

监测等级 监测项目	一级	二级	三级
孔隙水压力(kPa)	(60%~70%) f_1	(70%~80%) f_1	
土压力(kPa)			
支撑轴力(kN)	(80%) f_2		
桩、墙、柱应力(MPa)	(80%) f_3		

注：1 f_1 —荷载设计值(kPa)； f_2 —构件承载的能力设计值(kN)； f_3 —构件承载能力设计值(MPa)。

2 支撑的受力小于预应力时，应综合分析支撑的工作状态，必要时也应报警。

5 盾构法隧道结构及周围土体监测

5.1 监测项目及要要求

5.1.1 盾构法隧道施工监测项目应综合考虑周边环境、地质条件、工程规模等因素合理确定。盾构法隧道结构和周围土体监测项目应根据表 5.1.1 选择。

表 5.1.1 盾构法隧道结构和周围土体监测项目

序号	监测对象	监测项目	监测等级		
			一级	二级	三级
1	隧道结构	隧道结构竖向位移	√	√	√
2		隧道结构水平位移	○	○	○
3		隧道结构净空收敛	√	√	√
4		管片结构应力	○	○	○
5		管片连接螺栓应力	○	○	○
6	周围土体	地表竖向位移	√	√	√
7		管片周围土压力	○	○	○
8		土体深层水平位移	○	○	○
9		土体分层竖向位移	○	○	○
10		土压力	○	○	○
11		孔隙水压力	○	○	○

注：“√”为应测项目；“○”为选测项目。

5.1.2 盾构法隧道施工过程中应对工程影响范围内的隧道结构、施工工况、周边环境和监测设施等进行现场巡查，现场巡查宜包括下列内容：

1 盾构始发端、接收端土体加固情况。

2 盾构掘进位置(环号)。

3 盾构停机、开仓等的的时间和位置。

4 管片破损、开裂、错台、渗漏水情况。

5 监测设施情况。

6 周边环境的巡查内容可参照本规范第 9.3.1 条。

5.1.3 监测数据应结合盾构推进参数、环境巡查情况及盾构断面地质条件进行综合分析。

5.1.4 盾构法双线工程施工过程中,后建线路的地表及周边环境监测应考虑先建线路带来的变形影响;先建线路的隧道工程结构监测应考虑后建线路带来的变形影响,在后建线路施工时,应对与其距离较近相应区域先建线路的隧道结构加强监测。

5.2 监测点布设

5.2.1 盾构法隧道结构监测点布设应符合下列规定:

1 隧道结构竖向位移和净空收敛监测点宜布设在同一断面上,并在出盾尾车架后开始埋设并测量初始值。监测点布设应考虑施工阶段和运营阶段监测衔接工作,当隧道铺轨施工时要及时跟进布设监测点并测取初始值,施工阶段的变化量应累加到重新布设的测点的变化量上。

2 隧道结构竖向位移和净空收敛监测点应每 5 环~10 环布设 1 组,关键区段或异常情况下可适当加密。测点应便于观测和长期保存,竖向位移测点宜设在隧道拱底。隧道结构净空收敛监测断面宜沿水平直径设置固定测线,不同拼装方式的盾构法隧道结构净空收敛监测点位置可按照现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170 附录 C 的规定确定。

3 隧道结构水平位移监测项目的选择应根据地质条件复杂

程度、周边环境的特殊性、外界施工活动影响因素等综合确定,水平位移测点宜根据观测条件布设在管片的拱底位置。

4 盾构管片结构应力、管片周围土压力、管片连接螺栓应力监测断面宜布设在地质条件特殊、周边环境复杂、受外界施工活动影响等地段,并应与隧道结构竖向位移和净空收敛监测断面处于同一位置。每个监测项目在监测断面上的监测点数量及部位应满足设计要求,设计无具体要求时不宜少于4个。

5.2.2 盾构法隧道施工的周围土地表竖向位移监测点布设应符合下列规定:

1 隧道施工前应按区间隧道设计图纸在地面上放样线路中心线,保证地表竖向位移监测点位置正确,并对照地形图,发现不符应及时书面通知建设、设计、施工等相关单位。

2 应在盾构施工开始前完成推进线路上方及周围地表竖向位移监测点的布设和初始值测取。

3 盾构始发与接收段区域地表竖向位移监测点应结合现场工况条件布设,地表竖向位移监测点应沿盾构走向布设纵向和横向监测断面,布设区域范围应充分考虑盾构在加固区和非加固区切口土压平衡重建过程中所需的距离。

4 在盾构始发与接收段、联络通道施工段等特殊区域以外,地表竖向位移监测点应在上、下行线轴线上以每5环1点的间距布设,每40环布设一条横向地表竖向位移监测断面,断面上监测点数量宜为9个~11个,主要影响区的监测点间距宜为3m~5m,次要影响区的监测点间距宜为5m~10m,最远点应位于盾构底埋深1.5倍范围外,监测点应按环号进行编号。

5 盾构始发与接收段、盾构与已有重要地下设施垂直穿越区域及沿线地面有重要管线、建(构)筑物时,应根据需要和测区的具体情况布设适量的穿过地表硬壳层进入原状土层中的深埋监测点。

5.2.3 盾构法隧道施工的周围土地其他项目监测点布设应符合

下列规定：

1 主要影响区内存在特殊地质条件、对沉降敏感且有特殊保护要求的重要建(构)筑物或管线,或优化施工参数需要监测数据时,应根据需要布设孔隙水压力、土压力、土体分层竖向位移或深层水平位移监测点。

2 土体深层水平位移和土体分层竖向位移监测孔的位置和深度应根据设计要求和项目情况确定,并应避免在注浆加固区域内布设;土体分层竖向位移监测点宜布设在各层土的中部或界面上,也可等间距布设。

3 孔隙水压力监测宜选择在有特殊保护要求的重要建(构)筑物或管线附近、隧道管片结构受力和变形较大、存在饱和软土和易产生液化的粉细砂土层等有代表性的部位进行布设;竖向监测点应考虑在盾构法隧道施工产生的孔隙水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设,间距宜为 3m~5m,数量不宜少于 3 个。

4 土压力监测宜选择在隧道施工穿越区段有重点保护对象旁布设,管理部门或权属单位有明确要求监测盾构法隧道周围土压力时,应按其要求布设土压力监测点;竖向监测点在受施工影响的土层内布设,间距宜为 3m~5m,宜布设在每层土层的中部。

5.3 监测频率与周期

5.3.1 盾构法隧道工程监测应贯穿工程施工全过程,隧道贯通、土建竣工验收后,可结束隧道施工阶段的监测工作。

5.3.2 盾构法隧道施工时监测频率应符合下列规定：

1 隧道结构、周围土体和周边环境的监测频率宜按表 5.3.2 确定,且应符合设计单位或权属管理部门的要求。

表 5.3.2 盾构法隧道工程施工监测频率

监测对象	$-30 < L_1$	$0 < L_2$	$L_2 > 50$			
	≤ 10	≤ 50	$\delta > 5$	$1 < \delta \leq 5$	$0.5 < \delta \leq 1$	$\delta \leq 0.5$
隧道结构		1 次/2d~ 1 次/1d	1 次/2d~ 1 次/1d	1 次/3d	1 次/7d	1 次/15d 或更长
周围土体和 周围环境	2 次/1d	2 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	1 次/2d	1 次/7d 或更长

注:1 L_1 —盾构机刀盘至监测点的水平距离(m), L_1 为负值表示监测点在刀盘的前方, L_1 为正值表示监测点在刀盘的后方。

2 L_2 —盾尾至监测点的水平距离(m), L_2 为正值表示监测点在盾尾的后方。

3 δ —变形速率(mm/d)。

2 隧道结构竖向位移、净空收敛的监测宜在管片脱出盾尾且能通视时进行。

3 在盾构始发和接收区段、曲线半径小于 350m 的部位宜适当提高监测频率。

4 主要影响区内有运营中的城市轨道交通、高速铁路等重要轨道交通线路及既有隧道时,应根据相关要求确定监测频率,并宜对关键监测项目实施自动化实时监控。

5 监测数据或现场巡查发生异常时应加密监测频率。

6 选测项目的监测频率可根据情况适当放宽;盾构暂停推进期间,监测频率可调整为 1 次/1d。

5.4 监测报警值

5.4.1 应测项目的监测报警值应根据设计要求确定,当无具体要求时,可按表 5.4.1 确定。

表 5.4.1 应测项目的监测报警值

监测等级	监测项目					
	隧道结构竖向位移		隧道结构净空收敛		地表竖向位移	
	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	允许地层 损失率(‰)
一级	3	10	3	3‰D*	3	1~2.5
二级					4	5
三级					5	10

注:1 D—隧道结构外径(m)。

2 主要影响区内有运营中的城市轨道交通、高速铁路等重要轨道交通线路及构筑物,应根据相关单位的要求共同确定监测项目报警值。

3 “*”为隧道结构形成后净空收敛总的变化量。

5.4.2 选测项目的监测报警值应根据盾构穿越区段内重要监测对象对变形的敏感程度、地质条件及设计要求综合确定。

6 联络通道隧道结构及周围土体监测

6.1 监测项目及要求

6.1.1 联络通道施工隧道结构和周围土体监测项目应根据表 6.1.1 确定。

表 6.1.1 联络通道施工隧道结构、周围土体监测项目

序号	监测对象	监测项目
1	邻近隧道结构	隧道结构竖向位移
2		隧道结构净空收敛
3	周围土体	地表竖向位移

6.1.2 联络通道施工时隧道结构和周围土体监测范围应符合下列要求,并按监测范围较大的情况确定:

1 邻近隧道结构监测范围应不小于联络通道两侧隧道各 50m。周围土体和周边环境监测范围应不小于以联络通道中心为圆心、半径为 20m 的区域。

2 邻近隧道结构、周围土体和周边环境的监测范围应不小于联络通道中心埋深的 1.5 倍。

6.1.3 联络通道施工过程中应对工程影响范围内的隧道结构、施工工况、周边环境等进行现场巡查,现场巡查宜包括下列内容:

1 隧道内渗漏,管片开裂、破碎、腐蚀、接缝开裂、错台等情况。

2 钻孔、冻结、开挖、结构施工、融沉注浆等施工工况,联络通道开洞口情况。

3 冷冻、注浆等设施运转情况。

- 4 监测设施情况。
- 5 周边环境的巡查内容可参照本规范第 9.3.1 条。

6.2 监测点布设

6.2.1 隧道结构竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 在联络通道中心线对应钢管片上布设 1 个测点，在联络通道中心线两侧各 10 环范围内每 2 环布设一个测点，10 环范围外每 4 环布设一个测点。

- 2 测点宜布设在管片的拱底位置，按环号进行编号。

6.2.2 隧道结构净空收敛监测点布设应符合下列规定：

- 1 在联络通道两侧第一个混凝土管片上各布设 1 个断面，在联络通道中心线两侧 10 环范围内每 2 环布设一个断面，10 环范围外每 4 环布设一个断面。

- 2 收敛监测点宜布设在两侧拱腰位置水平直径处，按环号进行编号。

6.2.3 地表竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 联络通道施工时，地表竖向位移监测点应布设深埋监测点和模拟监测点。

- 2 深埋监测点的埋设方法应符合本规范第 4.2.10 条第 6 款的规定。

6.3 监测频率与周期

6.3.1 联络通道施工监测应从钻孔前开始至融沉注浆结束，且周围环境监测对象的竖向位移达到稳定标准后结束。

6.3.2 联络通道施工期间监测频率宜按表 6.3.2 确定。

表 6.3.2 联络通道工程施工监测频率

监测对象	监测频率				
	钻孔 期间	冻结 期间	开挖及 结构浇筑	融沉注浆	
				自然解冻	强制解冻
邻近隧道结构	1次/1d	1次/2d	1次/1d	前3个月,1次/(2~5)d; 第4、5个月, 1次/(5~10)d;第6个 月,1次/(10~15)d	第1个月,1次/1d;第2个月以后,1次/(10~15)d
周围土体和 周围环境	1次/2d	1次/3d	1次/1d		

注:在施工过程中根据监测数据变化幅度和监测对象的安全状况进行适当调整;如遇到数据变形速率较大时,应进行跟踪监测。

6.4 监测报警值

6.4.1 联络通道施工隧道结构及地表竖向位移的监测报警值应根据设计要求确定,当无具体要求时,可按表 6.4.1 确定。

表 6.4.1 联络通道施工隧道结构及地表竖向位移监测报警值

序号	监测项目	累计值 (mm)	变化速率(mm/d)			
			钻孔阶段	冻结阶段	开挖阶段	融沉阶段
1	隧道结构竖向位移	10	1	1.5	2	1
2	隧道结构净空收敛	3‰D*	2			
3	地表竖向位移	10	2			

注:1 D—隧道结构外径(m)。

2 “*”为隧道结构形成后净空收敛总的变化量。

7 高架结构监测

7.1 监测项目及要求

7.1.1 桥梁高架结构施工期常规变形监测项目应根据表 7.1.1 选取。

表 7.1.1 高架结构监测项目

序号	监测项目	现浇结构	装配式结构
1	墩台竖向位移	√	√
2	梁体徐变	√	√
3	梁板应力	○	○
4	墩柱倾斜	○	○

注:1 “√”为应测项目;“○”为选测项目。

2 特殊桥型(如拱桥、斜拉桥等)的监测项目根据工程情况和相关要求确定。

7.1.2 当实施梁板应力监测时,应同步进行温度测量。温度测量应包括桥梁构件温度及环境温度的测量,测量精度应不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

7.1.3 监测期间应对桥梁的施工工况、满堂支架、排架、周边环境以及监测设施等进行巡查。

7.2 监测点布设

7.2.1 桥梁高架结构墩台竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上,其布设应符合下列规定:

1 每个墩柱应设置 2 个监测点,单墩柱设置在墩柱的两侧,

双墩柱或多墩柱设在两侧墩柱的外侧。每个承台设置的监测点不宜少于 2 个,宜对称布设在承台的两侧。

2. 布置的监测点应便于观测,测点上方应预留足够空间便于立尺。

7.2.2 梁体徐变监测点的布置应符合下列规定:

1 对于原材料变化不大、预制工艺稳定、批量生产的预应力混凝土预制梁(简支梁),抽测比例不宜低于 50%。沿上、下行线在两端部、1/4 跨、跨中及 3/4 跨各设置 1 个监测点。

2 U 型梁应逐跨设置观测点。每片梁设置 7 个监测点,梁面上对应 4 个支座的位置各设置 1 个监测点,中轴线上的 1/4 跨、跨中及 3/4 跨位置各设置 1 个监测点。

3 跨线连续梁及其他现浇梁,应逐跨设置监测点进行徐变监测。监测点沿上、下行线按 5m 左右间距呈跨中对称布置,跨中及两端应布设监测点。

4 其他特殊桥梁监测点的布置应满足设计要求。

7.2.3 应力监测点宜布设在连续梁支座、1/4 跨、跨中及其他控制性截面的上、下缘位置。每截面测点数量不少于 4 个,呈对称布置。应力监测宜与竖向位移等其他监测项目同截面布置。

7.2.4 墩柱倾斜的监测点根据工程情况和相关要求布置。

7.3 监测频率与周期

7.3.1 墩台竖向位移监测应在墩台施工完成后及时布置监测点,并测量初始值,在轨道铺设完成后,且变形达到稳定标准后可结束施工阶段的监测工作;梁体徐变监测应在预制梁吊装就位或桥位施工浇筑完成后及时布置监测点,并测量初始值,在轨道铺设前,可结束梁体徐变的监测工作。

7.3.2 墩台竖向位移监测频率应根据加载情况和变形发展情况合理确定,监测频率不宜低于表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 墩台竖向位移监测频率

监测阶段	监测频率
墩台施工完成	完成初始值监测
上部结构施工	荷载变化前后各 1 次， 荷载无变化期间 1 次/月
轨道铺设期间	1 次/周~1 次/月
轨道铺设完成后	3 个月内，1 次/月

7.3.3 梁体徐变监测频率应根据施工工序、变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.3.3 的规定。

表 7.3.3 梁体徐变监测频率

监测阶段	监测频率
预制梁吊装就位 或桥位施工浇筑完成	设置监测点，完成初始值监测
轨道铺设前	预应力张拉、附属设施加载等工况，施工前后各 1 次， 施工后的第 1d、3d、5d 各 1 次；其他期间 1 次/周~1 次/月

7.4 监测报警值

7.4.1 高架结构的墩台工后竖向位移累计值应不大于 20mm，纵向相邻墩台沉降差应不大于 7mm，并不大于设计提出的报警值。

7.4.2 无砟桥面线路铺轨后，预应力混凝土简支梁的徐变量不宜大于 7mm；预应力混凝土连续梁的徐变量不宜大于跨度的 1/3000。

7.4.3 特殊桥跨结构的墩台竖向位移、梁体徐变限值按设计文件规定。

8 顶管工程结构及周围土体监测

8.1 监测项目及要 求

8.1.1 顶管工程顶进施工过程中顶管结构及周围土体的监测项目应按表 8.1.1 确定。

表 8.1.1 顶管工程施工监测项目

序号	监测对象	监测项目	监测等级		
			一级	二级	三级
1	顶管结构	管段变形	○	○	○
2		管段应力	○	○	○
3	周围土体	地表竖向位移	√	√	√
4		地下水位	○	○	○
5		土体深层水平位移	○	○	○
6		土体分层竖向位移	○	○	○

注：“√”为应测项目；“○”为选测项目。

8.1.2 顶管工程顶进施工过程中现场巡查应包括顶管工作井及顶管沿线状况的巡查,宜包括以下内容:

1 施工工况

- 1) 顶管施工过程中有无涌土、流砂;
- 2) 场地地表水、地下水排放状况是否正常;
- 3) 工作井后靠设施的状态。

2 监测设施

- 1) 基准点、监测点完好状况;
- 2) 监测元件的完好及保护情况;

3) 有无影响监测工作的障碍物。

3 周边环境的巡查内容可参照本规范第 9.3.1 条。

8.1.3 监测数据应结合顶管推进参数、环境巡查情况及顶管断面地质条件进行综合分析。

8.2 监测点布设

8.2.1 顶管工程顶进施工过程中的周边地表竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应沿顶管轴线上方地表布设，监测点间距宜为 5m；顶管始发和接收加固区应加密布设监测点，加固区轴线测点应布设为深埋点。

2 应选择有代表性的部位布设垂直于顶管轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 20m~40m；每个顶管工程应至少布设一条监测断面。

3 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~9 个，应以顶管轴线为中心对称分布，主要影响区监测点间距宜为 2m~3m，次要影响区监测点间距宜为 3m~5m。

8.2.2 管段结构变形及管段应力监测应根据管材、管径、断面及设计文件要求布设监测点。

8.2.3 顶管穿越既有城市轨道交通设施、防汛墙、铁路等时，宜根据需要增加对周围土体变形和地下水位的监测。

8.3 监测频率与周期

8.3.1 监测基准点及周围土体监测点应在施工前布设完成，并测量初始值；管段结构监测点应在现场具备布点条件时及时布设，并测量初始值，或根据设计要求预埋传感器。顶管井接头施工完成后，且变形趋于收敛时结束监测工作。

8.3.2 地表竖向位移的监测频率应按表 8.3.2 确定。

表 8.3.2 地表竖向位移监测频率

施工工况	监测频率
顶管顶进施工	2次/1d
其他工况	1次/1d~1次/5d

注:1. 顶管结构变形、管段应力、土体深层水平位移、水位等项目的监测频率应根据工程情况及设计要求确定。

2. 始发和接收前后应提高监测频率。

8.4 监测报警值

8.4.1 顶管工程顶进施工过程中监测报警值应根据设计要求确定,当无具体要求时,地表竖向位移监测报警值按表 8.4.1 确定。

表 8.4.1 顶管工程地表竖向位移监测报警值

监测项目	监测等级					
	一级		二级		三级	
	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表竖向位移	-10~+10	3	-20~+10	4	-30~+10	5

9 周边环境监测

9.1 监测项目及要求

9.1.1 城市轨道交通工程周边环境监测应包括主要和次要影响区范围内的建(构)筑物、管线、高速公路与城市道路、桥梁、既有城市轨道交通、既有铁路、既有隧道等的监测。

9.1.2 周边环境监测项目及要求的应根据周边环境保护等级、周边环境所处工程影响分区、地质条件复杂程度,并结合设计及施工工况的要求等因素综合确定。周边环境监测点应布设在反映监测对象变形特征的关键部位和受施工影响的敏感部位。

9.1.3 周边环境监测项目应按表 9.1.3 确定。既有城市轨道交通线路和设施的监测项目及要求的应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170 的规定。

表 9.1.3 周边环境监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程影响分区	
			主要影响区	次要影响区
1	建(构)筑物	竖向位移	√	√
2		水平位移	○	○
3		倾斜	○	○
4		裂缝	√	○
5	地下管线	竖向位移	√	√
6		水平位移	○	○
7	高速公路与城市道路	路面路基竖向位移	√	√
8		挡墙竖向位移	√	○
9		挡墙倾斜	○	○

续表 9.1.3

序号	监测对象	监测项目	工程影响分区	
			主要影响区	次要影响区
10	桥梁	墩台竖向位移	√	√
11		墩台差异沉降	√	√
12		墩柱倾斜	√	○
13		梁板应力	○	○
14		裂缝	√	○
15	既有铁路	路基竖向位移	√	√
16	既有隧道	隧道结构竖向位移	√	√
17		隧道结构净空收敛	○	○
18		隧道结构水平位移	○	○
19		结构变形缝差异沉降	√	√
20		裂缝	√	○

注:1 “√”为应测项目;“○”为选测项目。

2 主要影响区的超高压输变电铁塔等高耸建(构)筑物还应进行倾斜监测。

9.1.4 当工程周边影响范围内存在特殊保护要求的建(构)筑物及设施时,应与相关管理部门共同确定监测项目及要求。

9.2 监测点布设

9.2.1 建(构)筑物竖向位移监测点应能反映建(构)筑物的不均匀沉降,并应符合下列规定:

1 建(构)筑物竖向位移监测点应布设在建(构)筑物的承重结构上;在基础类型、埋深和荷载有明显不同处及沉降缝、伸缩缝、新老建(构)筑物连接处的两侧应布设监测点;建(构)筑物的角点应布设监测点;圆形、多边形建(构)筑物应根据几何形体对称布设监测点。

2 建(构)筑物位于主要影响区时,测点布设间(弧)距宜为

10m~15m,或每隔2根承重柱布设一个监测点;建(构)筑物位于次要影响区时,测点布设间(弧)距宜为15m~30m,或每隔2根~3根承重柱布设一个监测点。

3 对烟囱、水塔、高压电塔等高耸构筑物,应在其基础纵横轴线上对称布设监测点,且每栋构筑物监测点不宜少于4个。

9.2.2 建(构)筑物水平位移监测点应布设在临近基坑或隧道一侧的建(构)筑物外墙墙角、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位,宜与建(构)筑物竖向位移监测点共用。一侧墙体的监测点不宜少于3个。

9.2.3 建(构)筑物倾斜监测点布设应符合下列规定:

1 监测点宜布设在建(构)筑物的角点或伸缩缝两侧的承重柱(墙)上,测点应位于同一铅垂线上,上、下成对按组设置,必要时中部加密,且每栋建(构)筑物倾斜监测点数量不宜少于2组。

2 采用基础的差异沉降推算建(构)筑物倾斜时,监测点的布设应符合本规范第9.2.1条的规定。

9.2.4 建(构)筑物裂缝监测点布设应符合下列规定:

1 裂缝监测应在分析裂缝的性质、产生原因及发展趋势基础上,根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等特征参数,选取应力或应变变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测。

2 裂缝宽度监测点应在裂缝两侧成对布设,且其连线应垂直于裂缝走向,裂缝首、末端及裂缝的最宽处宜布设监测点。

9.2.5 地下管线监测点布设应符合下列规定:

1 工程影响范围内存在多条管线时,应根据地下管线的重要性、修建年代、类型、材质、管径、管段长度、接口形式、埋设方法、使用状况,以及与工程的空间位置关系等综合因素确定地下管线监测点埋设数量、形式和布设位置。

2 应对重要的、位于主要影响区的、抗变形能力差、容易渗漏或破坏的管线进行重点监测。

3 竖向位移监测点宜布设在地下管线的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大部位,地下管线位于主要影响区时,竖向位移监测点间距宜为 5m~15m,地下管线位于次要影响区时,竖向位移监测点间距宜为 15m~25m。

4 处于主要影响区的污水、供水、燃气、热力等地下管线,或者各类管沟,宜对管线或管沟设置直接观测点;当无法布设直接监测点时,也可利用窨井、阀门、抽气孔以及检查井等管线设备作为监测点。

9.2.6 高速公路与城市道路竖向位移监测点布设应符合下列规定:

1 高速公路与城市道路的路面和路基竖向位移监测点的布设数量及位置宜与周边环境监测点、路面下方的地下构筑物和地下管线的监测点布设相结合。布点位置及监测时间应合理选择,减少对道路交通和监测作业的影响。

2 对基坑工程,宜沿近基坑一侧路面布设监测点,布点间距宜为 10m~20m;并宜布设垂直于道路轴线有代表性的监测断面,每个横向监测断面的监测点数量和位置应按监测范围,并结合路面实际的监测条件确定,对高速公路和城市重要道路,横向监测断面数量应适当加密。

3 对盾构法隧道工程,路面竖向位移监测按本规范第 5.2.2 条的规定,并结合路面实际情况布设监测点和监测断面。对高速公路和城市重要道路,横向监测断面数量应适当加密。

4 盾构法隧道下穿高速公路、城市重要道路时,应在其影响范围内布设路基竖向位移监测点,路肩或绿化带上应布设地表监测点。

5 道路挡土墙竖向位移监测点宜沿挡墙走向布设,挡墙位于主要影响区时,监测点间距宜为 5m~10m,挡墙位于次要影响区时,监测点间距宜为 10m~15m。

6 道路挡墙倾斜监测点应根据挡墙的结构形式选择监测断

面布设,每段挡墙监测断面不应少于1组,每组监测断面上、下监测点应布设在同一铅垂面上。

9.2.7 桥梁监测点布设应符合下列规定:

1 桥梁墩台竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上,每个墩柱的监测点不应少于1个,群桩墩柱宜适当增加监测点,承台监测点宜对称布设且监测数据有利于分析承台不均匀沉降,每个承台的监测点不宜少于2个。桥梁接坡处两侧应布设竖向位移监测点。

2 桥梁墩柱倾斜采用全站仪监测时,监测点应沿墩柱顶、底部上下对应按组布设,每个墩柱的监测点不应少于1组,每组的监测点不应少于2个;采用倾斜仪监测时,监测点不应少于1个。

3 桥梁结构应力监测点宜布设在桥梁梁板结构中部或应力变化较大部位。

4 桥梁裂缝监测点的布设应符合本规范第9.2.4条的规定。

9.2.8 既有城市轨道交通监测点布设应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08—2170的相关规定。

9.2.9 既有铁路监测点布设应符合下列规定,并应满足铁路管理部门的相关要求。既有铁路竖向位移监测点应按监测断面布设。沿既有铁路方向,既有铁路路基、道床位于主要影响区时,竖向位移监测断面每5m布设1组;位于次要影响区时,每10m布设1组。

9.2.10 既有隧道监测点布设应符合下列规定,并应满足隧道管理部门的相关要求。

1 既有隧道结构竖向位移监测应按监测断面布设,既有隧道结构位于主要影响区时,监测断面间距宜为5m;位于次要影响区时,监测断面间距不宜大于10m。每个监测断面宜在隧道结构两边侧墙底部布设监测点。

2 既有隧道结构水平位移、净空收敛监测宜按监测断面布设,监测断面间距宜为 10m~20m。每个监测断面宜在隧道结构两边侧墙、结构柱上布设监测点。

3 既有隧道结构缝差异沉降的监测应布设在结构缝的两侧。

4 既有隧道结构的裂缝监测宜参照本规范第 9.2.4 条的规定。

9.3 现场巡查

9.3.1 周边环境的巡查内容可参照表 9.3.1。

表 9.3.1 周边环境巡查内容

分类	巡查内容
建(构)筑物	建筑物、桥梁梁体或墩台、既有轨道交通结构、既有隧道结构等的裂缝位置、数量和宽度,混凝土剥落位置、大小及数量,新旧建筑物连接处的错台、设施的使用状况等情况
路面或地表	路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆等的位置、数量、范围等情况
地下构筑物	建筑物地下室的积水、渗水、管道的漏水等情况
地下管线	地下管线的漏水、漏气等情况
河流湖泊	河流、湖泊的水位变化情况,水面出现气泡、漩涡及其位置、范围等情况,堤岸裂缝位置、宽度、深度、长度等情况
邻近施工	工程周边土方开挖、堆载、桩基施工等可能影响工程安全的生产活动

9.3.2 基准点、周边环境监测点及监测元器件的完好情况、保护情况应定期巡查。

9.4 监测频率与周期

9.4.1 基坑施工、盾构法隧道施工、联络通道施工、高架车站及

高架区间施工、顶管施工时周边环境的监测频率同主体施工的监测频率，应分别符合本规范第 4.3、5.3、6.3、7.3 和 8.3 节的规定。

9.4.2 施工阶段周边环境监测满足下列条件之一时，可结束监测工作：

- 1 工程主体施工监测结束后，且周边环境变形趋于稳定时，可结束监测工作。
- 2 满足设计要求结束监测工作的条件。

9.5 监测报警值

9.5.1 建(构)筑物监测项目报警值的确定应符合下列规定：

- 1 建(构)筑物报警值可参考有关管理部门的要求。
- 2 建(构)筑物监测项目报警值应在调查分析建(构)筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降、倾斜或房屋检测报告进行确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。
- 3 对环境保护等级为一级、二级的建(构)筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全评估等确定建(构)筑物的竖向位移、差异沉降和倾斜报警值；对于保护等级较低且无特殊要求的建(构)筑物，宜按表 9.5.1 确定。

表 9.5.1 建(构)筑物变形报警值

竖向位移累计值(mm)	变化速率(mm/d)	差异沉降(mm)
10~30	2~3	$0.001L \sim 0.002L$

注：1 L 为相邻两竖向位移监测点的距离(m)。

2 建(构)筑物整体倾斜率累计值达到 2‰或新增 1‰时应报警。

9.5.2 地下管线监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 管线报警值一般以累计值、变形速率和单位长度内差异变形量等三个指标控制,应在调查分析管线功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等基础上,结合其与工程的空间位置关系和工程经验进行确定。

2 应按权属单位的要求确定其竖向位移和差异沉降报警值,如无要求时,可按表 9.5.2 确定。

表 9.5.2 地下管线竖向位移及差异沉降报警值

管线类型	竖向位移		差异沉降(mm)
	累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
刚性管线	10	2	$0.25\%L_g$
柔性管线	10~30	3	—

注:1 刚性管线指供水、燃气、雨污水等管线,柔性管线指电缆、通讯等管线。

2 L_g —管线管节长度(m)。

9.5.3 高速公路与城市道路监测项目报警值的确定应符合下列规定:

1 高速公路与城市道路监测项目报警值应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期的基础上,结合其与工程的空间位置关系进行确定,并应符合现行行业标准的有关规定。

2 对保护等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路,路基沉降报警值可按表 9.5.3 确定,对保护等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路,宜通过现场探测和安全评估等确定其竖向位移报警值。

表 9.5.3 高速公路与城市道路路基竖向位移报警值

监测项目		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
路基沉降	高速公路、城市主干道	10~30	3
	一般城市道路	20~40	3

9.5.4 桥梁监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 桥梁监测项目报警值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降和倾斜以及工程经验进行确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99、《公路桥梁承载能力检测评定技术规范》JTG/TJ 21 的有关规定。

2 宜通过结构检测、计算分析和安全评估确定桥梁的竖向位移、差异沉降和倾斜报警值。

9.5.5 既有城市轨道交通线监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 既有城市轨道交通线监测项目报警值应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系进行必要的结构检测、计算分析和安全评估后确定。

2 既有城市轨道交通线路结构变形的监测项目报警值应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08—2170 的有关规定，并应满足线路维保单位的要求，无特殊要求时变形报警值可按表 9.5.5 确定。

表 9.5.5 城市轨道交通既有有线隧道结构变形报警值

监测项目	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
隧道结构竖向位移	5	日变化量连续 3d 同方向且数值 ≥ 0.5 mm/d
隧道结构收敛变形	5	2

3 城市轨道交通地面线路监测报警值应符合本规范第 9.5.3 条的规定，高架线路监测报警值应符合本规范第 9.5.4 条的规定。

9.5.6 既有铁路监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 既有铁路监测项目报警值应符合本规范第 9.5.5 条第 1 款的规定，对高速铁路应在专项评估后确定。

2 既有铁路线路结构及轨道几何形位的监测项目报警值应符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413的有关规定,并应满足线路维修的要求;对保护等级较低且无特殊要求的既有铁路路基沉降报警值可按表 9.5.6 确定,且路基差异沉降报警值宜小于 $0.04\%L$ (L 为沿铁路走向两监测点间距(m))。

表 9.5.6 既有铁路路基竖向位移报警值

监测项目		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
路基沉降	整体道床	10~20	1.5
	碎石道床	20~30	1.5

9.5.7 既有公路隧道、铁路隧道监测项目报警值应根据权属单位的要求确定。

10 人工监测方法及技术要求

10.1 一般规定

10.1.1 监测方法应根据监测对象和监测项目的特点、监测等级、设计要求、场地条件、精度要求、工程经验等因素综合确定,在满足精度要求和合理易行的前提下,宜使用经济可行的方法,鼓励使用新技术、新方法以及自动化监测方法。

10.1.2 上海轨道交通施工监测布设的高程控制网应采用吴淞高程系统,水平位移监测宜采用独立坐标系统。

10.1.3 变形监测网的网点宜分为基准点、工作基点和监测点。基准点、工作基点的设置应符合下列要求:

1 基准点应在施工影响范围外,选择稳固、易于保存、使用方便的位置,基准点数量应不少于3个。当水平位移监测采用基准线控制时,基准线上应设置校核点。

2 当基准点距离所监测工程较远或由于通视条件不良,致使监测作业不方便时,应设置工作基点。

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设,并经观测确定其稳定后,方可投入使用。

4 监测期间,基准点和工作基点应定期联测,以修正工作基点的数据并检验基准点的稳定性。

10.1.4 监测仪器、设备和传感器应符合以下规定:

1 监测仪器、设备和传感器应满足观测精度和量程的要求,具有良好的稳定性和可靠性。

2 传感器应与监测对象的介质特性相匹配,使用前应进行标定。

3 监测过程中应定期进行仪器设备的检核、比对、设备的维护、保养,以及监测传感器的检查。

10.1.5 对同一监测项目,监测时宜符合下列要求:

- 1 采用相同的观测方法和观测路线。
- 2 使用同一监测仪器和设备。
- 3 固定仪器观测人员。
- 4 在基本相同的时段下采集监测数据。
- 5 采用相同的数据处理方法。

10.1.6 周边环境与周围土体监测点应在工程施工前埋设,工程支护结构监测点应在支护结构施工过程中及时埋设。监测点埋设并稳定后,应在相关施工工序发生之前及时采集初始值。

10.2 水平位移监测

10.2.1 水平位移监测精度应符合表 10.2.1 的规定。

表 10.2.1 水平位移监测精度

监测等级	一级	二级	三级
监测点坐标中误差(mm)	±2.0	±3.0	±5.0

注:1 监测点坐标中误差系指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。

2 对有特殊精度要求的监测对象宜进行专项设计。

10.2.2 水平位移监测基准可采用基准线、单导线、导线网等形式。水平位移监测可布设整体水平位移监测网,也可根据施工先后针对各区段分期布设基准线。

10.2.3 水平位移监测当采用基准线控制时,每条基准线必须设置检核点。基准点宜设置成具有强制对中的观测墩,否则观测时应采用精密对中装置,对中误差小于 0.5mm。

10.2.4 水平位移监测网应进行稳定性复测,发现不稳定的控制

点应及时补设。

10.2.5 每次水平位移观测前,应对相邻控制点进行稳定性检查。水平位移监测的方法可采用交会法、自由设站、极坐标、小角法、经纬仪投点法、激光准直法、方向线偏移法、视准线法等,且应符合下列要求:

1 采用前方交会法时,交会角应在 $60^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 之间,并宜采用三点交会。

2 采用自由设站法时,宜采用全站仪后方交会由三个及以上固定点测角、测边求定测站坐标。

3 采用极坐标法时,边长可用全站仪测定,也可用经纬仪与检定过的钢尺丈量,当采用钢尺丈量时,其边长不宜超过一尺段,并应进行尺长、拉力、温度和高差等项改正。

4 采用经纬仪投点法和小角法时,对经纬仪的纵轴倾斜误差应进行检验,当垂直角超出 $\pm 3^{\circ}$ 范围时,应进行垂直轴倾斜改正。

5 采用激光准直法时,必须在使用前对激光仪器进行检校,使仪器射出的激光束轴线、反射系统轴线和望远镜照准轴三者重合(共轴),并使观测目标与最小激光斑重合(共焦)。

6 方向线偏移法用于地下管线和基坑的侧向位移监测。对主要监测点,可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度,求得本测站侧向偏差值。对其他监测点,可测出该站对应其他监测点的边长与方向值,求得侧向偏差值。

10.2.6 观测点的测回数应根据观测精度要求、仪器的精度等级、测站至观测点的距离等因素综合确定。多次观测的坐标较差应满足表 10.2.6 的要求。

表 10.2.6 多次观测的坐标较差

监测等级	一级	二级	三级
监测点坐标中误差(mm)	± 2.0	± 3.0	± 5.0
多次观测的坐标较差(mm)	± 2	± 3	± 5

10.3 竖向位移监测

10.3.1 竖向位移监测精度应符合表 10.3.1 的规定。

表 10.3.1 竖向位移监测精度要求

监测等级	一级	二级	三级
监测点测站高差中误差(mm)	± 0.3	± 0.5	± 1.5

注:1 监测点测站高差中误差系指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

2 对有特殊精度要求的监测对象宜进行专项设计。

10.3.2 竖向位移监测网布设应符合下列要求:

1 竖向位移监测网应以深标水准点作为基准点起算。

2 竖向位移监测网宜采用水准测量方法一次布设成网,可根据监测范围和现场条件布设成闭合环形的水准网形式。

3 竖向位移监测网共分三级,主要技术指标应符合表 10.3.2 的规定。

表 10.3.2 竖向位移监测网水准测量技术指标

监测等级	测站高差中误差 (mm)	往返较差、附和差、 闭合差(mm)	检测已测测段高差之差 (mm)
一级	± 0.3	$\pm 0.6\sqrt{n}$	$\pm 0.8\sqrt{n}$
二级	± 0.5	$\pm 1.0\sqrt{n}$	$\pm 1.4\sqrt{n}$
三级	± 1.5	$\pm 3.0\sqrt{n}$	$\pm 4.2\sqrt{n}$

注: n —测站数。

10.3.3 竖向位移监测网施测应符合下列要求:

1 竖向位移监测网观测主要技术要求应符合表 10.3.3 的规定。

表 10.3.3 竖向位移监测网观测主要技术要求

监测等级	水准仪型号	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距差累积 (m)	视线离地面高度 (m)	基辅分划 (或二次) 读数差 (mm)	基辅分划 (或二次) 高差之差 (mm)
一级	DS ₀₅	30	0.7	1.0	0.3	0.3	0.5
二级	DS ₁	50	2.0	3.0	0.2	0.5	0.7
三级	DS ₃	75	5.0	8.0	三丝能读数	2.0	3.0

注:当采用电子水准仪观测时,同一尺面的两次读数差,不设限差,两次读数所测高差的差,执行基辅分划所测高差之差的限差。

2 竖向位移监测网应在点位稳定后方可开始施测。

3 监测期竖向位移监测网应定期进行重复观测,发现不稳定的水准基准点应另行补设。

10.3.4 竖向位移监测应符合下列要求:

1 竖向位移监测宜采用几何水准方法,或电磁波测距三角高程、静力水准测量等方法。

2 监测精度应与相应等级的竖向位移监测网观测相一致。

3 水准路线应起讫于基准点与工作基点,组成闭合环或附合水准线路。

4 当采用几何水准时,部分监测点纳入水准路线,其他监测点可采用中视法同步观测,应考虑水准仪 i 角变化对中视点高程的影响。监测期间 i 角不应大于 $15''$, i 角检校应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定;当出现数据异常、仪器碰撞或剧烈振动等情况时应立即检校仪器 i 角。

5 采用电子测距三角高程作竖向位移监测时,宜采用 $(0.5'' \sim 1'')$ 级的全站仪用中间设站、不量取仪器高的前后视观测方法,并应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。

10.3.5 坑底隆起宜通过设置回弹监测标,采用几何水准并配合

传递高程的辅助设备进行检测，监测前后应对钢尺或辅助杆的长度进行核查，误差不应大于 0.5mm。

10.4 裂缝监测

10.4.1 裂缝监测内容包括裂缝分布位置、裂缝形态、长度、宽度及变化情况描述，裂缝监测宜采用直接量测、摄影量测以及测缝传感器等方法进行。

10.4.2 工程施工前对需要观测的裂缝应统一编号。

10.4.3 裂缝观测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。长期观测时，可采用镶嵌或埋入墙面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；短期观测可采用油漆平行线标志、贴石膏饼或用建筑胶粘贴的金属片标志。

10.4.4 对于数量少、量测方便的裂缝，可根据标志形式的不同分别采用读数显微镜、比例尺、千分尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值；对于缝纹清晰的裂缝，现场应设置量测基准线，观测时沿量测基准线放置比照尺，与裂缝共同摄像后，在计算机中参照比照尺的比例计算应采用畸变影响较小的图像中部观测；对于大面积且不利于人工量测的众多裂缝宜采用近景摄影测量方法。

10.4.5 需要连续监测裂缝变化时可采用测缝计或传感器自动测记，应确保数据观测、传输、保存的可靠性。

10.4.6 裂缝宽度测量值精度不宜低于 $\pm 0.1\text{mm}$ ，每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并拍摄裂缝照片。

10.5 倾斜监测

10.5.1 倾斜监测应根据监测对象的现场观测条件和监测要求，采用垂准法、经纬仪投点法、全站仪坐标法、差异沉降法以及倾斜

仪测记等方法。

10.5.2 垂准法应在下部测点上安置光学垂准仪或激光垂准仪，在顶部监测点上安置接收靶，在靶上直接读取或量取水平偏移量与偏移方向。观测时应进行下部点对中并按 180° 或 90° 的对称位置，分别读取 2 次或 4 次偏移数据。

10.5.3 投点法应采用经纬仪或全站仪瞄准上部观测点，在下部观测点位置安置水平读数尺直接读取偏移量，测站点设置在倾斜方向的垂直方向线上，与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的 1.5 倍~2.0 倍。倾斜观测量应正、倒镜各观测一次取平均值。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

10.5.4 全站仪坐标法可测定上、下观测点的坐标，获得相对坐标增量，进而计算倾斜观测量；观测时应先设置仪器的零方向定义坐标轴，仪器正、倒镜法各观测一次算一个测回。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

10.5.5 倾斜仪法可采用水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测。倾斜仪应具备连续读数、自动记录及传输的功能。

10.5.6 差异沉降法可利用埋设在基础上的监测点，采用水准测量方法测定沉降差，计算倾斜率及倾斜方向，观测的技术要求应符合本规范第 10.3 节的有关规定。

10.5.7 倾斜测量成果应描述测量位置、倾斜方向、倾斜率（累计）变化量，并计算倾斜变化速率。

10.6 深层水平位移监测

10.6.1 围护墙体或坑外土体的深层水平位移监测，宜在围护墙或土体内埋设测斜管，采用测斜仪测量并计算其不同深度处的水平位移。

10.6.2 测斜仪的系统精度不宜低于 $\pm 0.25\text{mm/m}$,分辨率不宜低于 $\pm 0.02\text{mm}/500\text{mm}$ 。

10.6.3 测斜管可采用PVC、ABS工程塑料或铝合金材料,直径不宜小于45mm,管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

10.6.4 测斜管埋设在土体、搅拌桩、地基土加固体中可采用钻孔法,在地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中可采用绑扎法,在SMW工法的H型钢、钢板桩中可采用钢抱箍法。

10.6.5 土体、地基加固体中测斜管应在基坑开挖至少1周前埋设;地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中测斜管应在钢筋笼制作时安装就位;SMW工法的H型钢、钢板桩中测斜管应在H型钢、钢板桩插入槽中前安装就位。安装埋设时应符合下列要求:

1 测斜管应保持竖直,其中一组导槽的方向应与需量测的方向保持一致。

2 土体、地基加固体中测斜管与钻孔之间的孔隙应用粗砂、黏土球充填密实或灌注一定比例的水泥土浆固定测斜管。

3 相邻两节测斜管应紧密对接并牢固连接,管内槽口对齐、导槽应顺直不扭曲、接缝和管底应密封、下放时管内宜注水。

4 测斜管埋设完成后宜用模拟探头进行检查导槽是否通畅,有问题时,应采取措施以保证其通畅或补设测斜管,管口应有保护措施。

5 测斜管埋设完成后,应做好测斜管的标识、标记及埋设记录。

10.6.6 地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中测斜管在观测前应用试孔器检查测孔深度。

10.6.7 测斜管埋设后,应在基坑开挖前测得稳定的初始值。

10.6.8 深层水平位移监测时,应符合下列要求:

1 测斜仪探头应沿导槽缓缓沉至孔底,待探头与管内温度基本一致、显示仪读数稳定后开始自下而上逐段量测。

2 每测点均应进行正、反两个方向的量测。

10.6.9 深层水平位移监测计算时宜将测斜管管口作为起算基准点,计算结果应考虑管口位移量,管口位移量通过水平位移测量方法取得。

10.7 土压力监测

10.7.1 土压力监测宜采用振弦式土压力计。

10.7.2 土压力计应符合下列要求:

1 量程应满足被测压力范围的要求,其上限可取最大设计压力的 1.5 倍。

2 精度不宜低于 0.5%FS,分辨率不宜低于 0.2% FS。

3 稳定性强、密封性好、坚固耐用,兼具有抗震和抗冲击性能。

4 应选择匹配误差较小的土压力计。

10.7.3 土压力计埋设前,应检查核对土压力计的出厂率定数据,检验记录、标定资料应齐全。

10.7.4 土压力计的埋设可采用埋入式和边界式,埋设应符合下列规定:

1 受力面应与所监测的压力方向垂直,并紧贴监测对象。

2 当安装埋设采用埋入式时,填充料回填应均匀密实,且回填材料宜与周围土体保持一致;当采用边界式时,可采用焊接固定法、挂布法、气囊法、活塞顶推法等。

3 导线长度应大于设计深度,导线应按一定线路集中于导线箱内并编号,且导线中间不宜有接头。

4 应做好完整的埋设记录。

10.7.5 土压力计埋设后应进行检验性测试,经 1 周时间观测,读数基本稳定后,取 3 次稳定值的平均值作为初始土压力的测试频率。

10.7.6 应根据现场实测的数据,按换算公式计算土压力。

10.8 孔隙水压力监测

10.8.1 孔隙水压力可采用振弦式孔隙水压力计或气压式孔隙水压力计进行监测。

10.8.2 孔隙水压力计的量程应满足被测压力范围的要求,其上限可取静水压力与超孔隙水压力之和的 1.5 倍;精度不宜低于 0.5%FS,分辨率不宜低于 0.2%FS。

10.8.3 孔隙水压力计的埋设方法可采用钻孔埋设法、压入埋设法、填埋法等。

10.8.4 孔隙水压力计应在施工前埋设,并应符合下列规定:

1 埋设前,孔隙水压力计应在清水中浸泡饱和,排除透水石中的空气,埋设时应避免透水石长时间放置在空气中。

2 检查核对孔隙水压力计的出厂率定数据,检验记录、标定资料是否齐全。

3 传感器的导线长度应大于设计深度,引出地面后应放在集线箱内并编号,且导线中间不宜有接头。

4 当孔内埋设多个孔隙水压力计,其间隔不应小于 2m,并采取措施确保相邻孔隙水压力计间的封闭隔离。

5 采用钻孔法埋设时,钻孔直径宜为 110mm~130mm,并保持钻孔圆直、干净,不宜使用泥浆护壁成孔。观测段应回填透水材料,并用直径 10mm~20mm 的干燥膨润土球或注浆封孔。

10.8.5 埋设后,应记录孔隙水压力计编号、位置并测读孔隙水压力初始值,宜逐日定时连续量测 1 周,取 3 次测定稳定值的平均值作为初始值。

10.8.6 应根据现场实测的数据,按换算公式计算孔隙水压力。

10.9 地下水水位监测

10.9.1 地下水水位宜通过钻孔设置水位管,采用水位计进行监测。

10.9.2 地下水水位监测的精度不宜低于 10mm。

10.9.3 水位管的安装应符合下列规定:

1 潜水水位管应在降水之前埋设,钻孔孔径应不小于 110mm,水位管直径宜为 50mm~70mm。

2 观测孔孔底宜设置沉淀管。

3 水位管滤管段的位置和长度应满足被测含水层的量测要求,滤管段与钻孔孔壁间应灌砂填实,滤管段以上应用膨润土球封至孔口,管口应加盖保护。

4 被测含水层与其他含水层间应采取有效的隔水措施。

5 观测孔完成后应进行清洗,观测孔内水头应与地层水头一致,且连通良好。

10.9.4 水位管埋设稳定后应测定孔口高程并采用水位计逐日连续观测水位,取至少 3d 稳定值作为初始值。

10.9.5 水位观测时应测定管内水位面至管口的深度,并根据管口绝对高程计算水位高程,管口高程应定期检核。

10.10 结构应力监测

10.10.1 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应力计或应变计进行量测。

10.10.2 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤光栅传感器等进行监测;钢构件可采用轴力计或表面应变计等进行监测。传感器量程宜为预估值的 1.5 倍,精度不宜低于 0.5%FS,分辨率不宜低于 0.2%FS。

10.10.3 支护结构应力监测宜考虑温度变化、混凝土收缩、徐变以及裂缝开展等因素的影响。

10.10.4 结构应力监测传感器安装前应进行标定和编号,埋设后导线应引至适宜监测操作处,导线端部还应做好防护措施。

10.10.5 结构应力监测传感器宜结合土建施工进度进行埋设。一般项目取开挖前连续 3d 测定稳定值的平均值作为初始值,对于围护墙应力、立柱应力、管片应力等的初始值应结合埋设部位和施工工况来确定,钢支撑轴力的初始值应在施加预应力前确定。

10.10.6 结构应力应根据现场实测的数据,按选用传感器的计算公式计算。

10.11 土体分层竖向位移监测

10.11.1 土体分层竖向位移可通过埋设磁性沉降环,采用分层沉降仪进行监测;或者通过埋设深层沉降标,采用水准测量方法进行监测。

10.11.2 分层沉降仪读数分辨率应不低于 $\pm 1.0\text{mm}$,监测值精度不宜低于 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

10.11.3 分层沉降管宜采用 PVC 管,直径宜为 45mm~90mm。

10.11.4 磁性沉降环可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时,应先在沉降管上套上磁环与定位环,再沿钻孔逐节放入分层沉降管。沉降管安置到位后,应使磁环与土层粘结固定。

10.11.5 磁性沉降环埋设后应连续观测 1 周,至磁环位置稳定后,测定孔口高程。并以 3 次稳定值的平均值作为初始值。

10.11.6 采用磁环分层沉降标监测时,应对磁环距管口深度采用进程和回程两次观测,并取进、回程读数的平均数;每次监测时均应测定沉降管管口绝对高程,然后再换算出各磁环的绝对高程。

10.12 净空收敛监测

10.12.1 隧道结构的净空收敛监测包括水平直径收敛监测和全断面净空收敛监测,可采用全站仪、激光测距仪或收敛计进行监测。

10.12.2 全站仪进行水平直径收敛监测时,应采用固定测线法,应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170 的规定。

10.12.3 全断面净空收敛监测应采用全站仪全断面扫描法,应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170 的规定。

10.12.4 采用红外激光测距仪监测水平直径收敛应符合下列规定:

1 测距仪的标称精度应优于 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 应在收敛测线两端设置对中与瞄准标志,隧道侧壁粗糙时瞄准标志宜采用反射片;对中与瞄准标志设置后应进行实测精度符合性检查,2次独立观测较差应小于测距标称精度的2倍。

3 观测时应独立观测2次,较差小于标称精度的2倍时取平均值。

10.13 梁体徐变监测

10.13.1 梁体徐变监测点应在现浇梁混凝土浇筑终凝后或吊装就位后尽早布设测点测量初始值,应取独立观测的3次稳定值的平均值作为初始值。

10.13.2 应采用车站邻近布设的深标水准点作为起算基准点,并根据区间长度布设一定数量的工作基点,形成附和或闭合水准路线。

10.13.3 梁体徐变监测应按照现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 中二等水准技术要求实施。

10.13.4 徐变测量中高架～地面联测应符合下列规定：

1 高架～地面联测的高架加密点应离施工面 100m 左右，最终联测的高架加密点稳定性通过 2 次～3 次不同期独立观测成果比较确定，以较差 $\leq\pm 2\text{mm}$ 为稳定。

2 视现场条件可采用几何水准或两台精密水准仪加两把检定钢尺上、下同步观测的方法实施，若采用“三角高程”测量方法，应对测量仪器、测量人员、观测条件、观测环境有明确要求，并进行精度计算，精度应不低于现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的规定。

3 受现场条件限制高架线路上、下行线需要布设两条加密水准路线时，高架～地面联测应同步进行。

4 高架～地面联测周期不宜低于 1 次/15d。

5 徐变测量时应采取措施减小温度变化及振动对测量结果的影响。

10.14 现场巡查

10.14.1 城市轨道交通工程施工阶段巡查范围宜与监测布点范围一致，必要时可扩大巡查范围。

10.14.2 城市轨道交通工程施工阶段巡查频率宜与仪器量测频率一致。

10.14.3 现场巡查宜以人工目测为主，可辅助以量尺、放大镜、照相机、摄像机等器具；巡查人员应将观测到的有关信息和现象以填表、拍照或摄像等方式进行详细记录，可按本规范附录 C 的要求填写巡查记录，并及时整理巡查信息。

10.14.4 巡查信息应与仪器量测数据进行对比综合分析，发现异常或险情，应按规定程序及时通知建设方及其他相关单位。

11 自动化监测方法及技术要求

11.1 一般规定

11.1.1 自动化监测应以工程安全为目的,遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则。

11.1.2 自动化监测系统宜包含监测仪器设备、数据自动采集系统、数据传输系统、数据处理及存储管理系统及实时发布系统等。

11.1.3 当符合下列要求之一时,宜实施自动化监测:

1 需要进行高频次监测且人工监测难以胜任的监测项目。

2 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目。

3 当周边环境保护等级和结构本体安全等级均为一级时,在施工关键工序作业期间,对工程结构关键部位或重点保护环境的监测项目。

11.1.4 自动监测仪器设备在满足准确度要求的前提下,应力求结构简单、稳定可靠、维护方便,监测仪器设备的精度和量程应满足工程需要,其类型、规格宜尽量统一。

11.1.5 自动化监测系统应具有较强的环境适用性,能在潮湿、电磁干扰、振动等条件下连续稳定工作,且应具有掉电保护和短期自动供电功能。

11.1.6 实施自动化监测的系统,应具备自校或人工检校措施,宜配备独立于自动监测仪器的人工测量设备,确保自动监测仪器设备发生故障时能获取测值,同时定期对自动化监测系统进行检查,发现异常情况应分析原因,并及时修复。

11.2 系统设计

11.2.1 根据监测等级和监控对象的特点,自动化监测系统可由一个或多个自动化监测项目组成,不同的监测项目应选择合适的自动化监测设备实施。

11.2.2 自动化监测系统设计的主要内容宜包括:

- 1 实施自动化监测的项目、监测点数量、监测仪器的布设方案以及监测仪器现场保护方案。
- 2 监测仪器的技术指标、要求及设备选型。
- 3 数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计。
- 4 自动化数据采集频率及数据发布方式。
- 5 独立于自动化监测系统之外的人工比测方案。
- 6 自动化监测系统供电电源及其防护方案。
- 7 防雷设计。

11.3 系统安装和调试

11.3.1 在安装前,对接入自动化监测系统的传感器等仪器设备应进行检查或比测。

11.3.2 自动化监测系统安装过程中应对仪器编号等参数作好详细记录,逐项检查仪器设备的技术指标,确保与安装要求一致。

11.3.3 传感器与数据自动采集设备位置应予以规划,电缆布线应整齐,避免对施工的干扰。

11.3.4 传感器、数据采集装置等仪器设备安装应有必要的防护措施。仪器设备支座及支架应安装牢固,确保与被测对象联成整体。

11.3.5 应采用人工校核手段,检查自动化仪器设备的响应变化是否可靠;对每个自动化监测点进行快速连续测试,以检查测值

的稳定性。

11.3.6 自动化监测系统运行前,应逐项检查系统功能,以满足设计要求。

11.4 监测仪器设备

11.4.1 静力水准监测系统应符合下列要求:

1 静力水准自动化监测系统适用于竖向位移监测。

2 静力水准自动化监测系统监测点的布设应根据监测对象的特征,参照本规范相关章节内容确定。

3 静力水准自动化监测系统一般由基点、测点及转点组成,基点高程应采用几何水准方法定期复核,静力水准宜组成环线或附合水准线路,其技术指标参照水准测量控制指标实施。

11.4.2 全站仪监测系统应符合下列要求:

1 全站仪自动化监测测量监测点三维坐标的变化,适用于水平位移、竖向位移、倾斜等监测项目。

2 在编制实施方案前应进行现场踏勘,编制的实施方案应包括控制网的设计、监测点的布设,并细化全站仪自动观测方案。

3 采用的全站仪应具有马达驱动、自动照准功能,且宜配置自动整平基座,架设稳固。基准点位于变形区域外,应不少于3个,宜均匀分布于变形区周边。监测点的布设应根据被测对象的特点做到均匀布设、兼顾重点,应避免同一方向上设置多个监测点或监测点过于集中。全站仪测站与基准点、监测点间应具有较好的通视条件。

4 全站仪测站应使用强制对中观测墩,测站宜具有保护仪器设备的设施。基准点、监测点宜使用单棱镜,棱镜宜设置保护措施。

5 在全站仪运行期间,应定期对测站、基准点的稳定性进行检查。

6 全站仪自动化监测系统宜有自动剔除粗差、漏点补测、超限重测的功能。

7 采用多测站全站仪联合组网观测时,相邻测站间应有 2 个以上共同传递基准,并应有 2 个以上的重叠观测测点。

11.4.3 固定式测斜监测系统应符合下列要求:

1 固定式测斜仪自动化监测适用于围护墙体或土体内各深度处的水平位移监测。

2 测斜孔内布设的固定式测斜传感器个数根据测试深度、测试精度及测斜管孔径综合考虑,固定式测斜传感器的竖向间距应能反映监测深度范围内管形变化要求,间距一般宜根据基坑分层开挖深度确定,控制在 1m~3m。

3 固定式测斜仪监测系统的起算点宜设置在测斜管的顶部,管顶水平位移可通过人工测量方法修正。

11.4.4 电水平尺监测系统应符合下列要求:

1 电水平尺自动化监测适用于竖向位移和倾斜变化量较小的监测项目。

2 电水平尺传感器量程宜不小于 $\pm 40'$,分辨率宜不低于 $\pm 1''$,重复测量精度宜不低于 $\pm 3''$,可单支使用或多支串联安装使用。

3 多支电水平尺串联安装构成“尺链”进行竖向位移测量时,其中单支电水平尺的长度应能满足监测对象不均匀沉降控制要求,一般为 1m~3m。应采用几何水准方法定期联测尺链的起点与终点高程变化,根据几何水准测量成果修正各测点竖向位移变形测量成果。

11.4.5 测距仪监测系统应符合下列要求:

1 测距仪自动化监测适用于隧道净空收敛监测。

2 宜采用红色光波段(630nm~650nm)的安全激光工作的测距仪,精度应不低于 $\pm 2\text{mm}$ 。

3 测距仪底座应与隧道侧壁固定牢固。监测过程中,应定

期检查测距仪和瞄准标志的稳定性,瞄准标志宜采用反射片。

11.4.6 水位、应力及水土压力类传感器应符合下列要求:

1 将相应类别传感器通过数据自动采集设备接入自动化监测系统后,可适用于水位、应力、水土压力等监测项目。

2 各自动化监测系统传感器的布设和选型应根据监测对象的特点和相关单位的要求,并参照本规范相关章节的内容确定。

3 自动化监测项目宜选用带测温功能的传感器,数据自动采集设备应与传感器之间能可靠传递信号。

4 在水位孔中设置孔隙水压力计时,应布设在预计最低水位以下,采取措施保证孔隙水压力计稳定在水位观测孔同一位置。

11.4.7 其他新型实用仪器的使用应符合下列要求:

1 采用满足城市轨道交通工程施工自动监测的新型实用仪器,以提高监测的工作效率和技术水平。

2 新型仪器投入使用前应就其精度、可靠性、稳定性等各方面性能进行全面的验证。

11.5 数据采集及传输系统

11.5.1 数据采集系统设备测量范围应符合各类监测仪器的要求。

11.5.2 数据采集装置应符合下列要求:

1 具有电源管理、电池供电和断电保护功能,蓄电池供电时间应不少于 3d。

2 具有选测、按设定时间自动巡测和暂存数据功能。

3 可接收采集计算机的命令设定和测控参数。

11.5.3 系统应具备数据通信功能,包括数据采集装置与监测管理站计算机之间的双向数据通信,以及监测管理站与系统外部的网络计算机之间的数据通信。

11.5.4 现场网络通信设计应符合下列要求:

1 现场网络通信包括监测站之间和监测站与监测管理站之间的数据通信,应根据工程的实际需求在保证通信质量的前提下,选择实用经济、维护方便的通信方式。

2 监测站之间和监测站与监测管理站之间可采用双绞线、光纤、电话线、无线或网络连接。

11.6 系统管理和数据发布

11.6.1 应对自动化监测系统定期进行系统检查,做好正式记录存档备查。

11.6.2 监测数据应定期进行备份。

11.6.3 应定期对自动化系统的部分或全部测点进行人工比测。

11.6.4 监测设备应配备足够的备用配件,根据设备的使用年限、仪器检校及运行状况进行定期更新。

11.6.5 自动化监测系统应具有在线采集软件和安全管理软件,宜包括数据离线分析、图表制作、数据管理、系统管理等功能。

11.6.6 系统应具备数据实时发布和定时发布的功能,并能进行数据异常情况下自动报警或故障显示。

12 监测成果及警情报送

12.1 一般规定

12.1.1 监测技术成果宜包括现场监测资料、计算分析资料、监测值或监测变化量历时曲线、图表、各种影像资料、文字报告等。监测成果资料应完整、清晰、签字齐全。

12.1.2 现场监测资料包括监测点埋设与验收记录、初始值验收记录、外业观测记录、现场巡查记录、仪器信息、电子数据资料等。人工监测方法的外业观测记录、现场巡查记录应在现场直接记录于正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述。

12.1.3 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、校对和分析，形成技术成果文件提交相关单位。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时进行现场核对或复测。

12.1.4 对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图等。

12.1.5 监测成果报表的格式应采用本规范的附录 B 和附录 C。

12.2 技术成果文件要求

12.2.1 技术成果文件应直观、简练，以文字、表格及图形等相结合的方式反馈监测数据的变化和现场巡查的情况。工程进展情况在文件中应有相应的规范化的图文描述。

12.2.2 技术成果文件可分为监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告等。技术成果文件宜包括下列主要内容：

1 监测日报

- 1) 工程施工概况;
- 2) 现场巡查信息:包括巡查照片、记录等;
- 3) 监测项目日报表:包括仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化量、变化速率、报警值、监测点平面位置图等;
- 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明;
- 5) 明确的评价意见和后续施工措施建议。

2 警情快报

- 1) 警情发生的时间、地点、气候状况、情况描述、严重程度、施工工况等;
- 2) 监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图、巡查照片、记录等监测数据及现场巡查信息的汇总;
- 3) 警情原因初步分析。

3 阶段性报告

- 1) 工程概况及施工进度;
- 2) 现场巡查信息:包括巡查照片、记录等;
- 3) 监测项目的监测值、累计变化量、变化速率、历时曲线、必要的断面曲线图、监测点平面位置图等监测数据的汇总;
- 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明;
- 5) 结论与建议。

4 总结报告

- 1) 工程概况;
- 2) 监测目的、监测项目和监测依据;
- 3) 施工工况整理汇总;
- 4) 监测点布设;
- 5) 采用的仪器型号、规格;
- 6) 监测数据采集和观测方法;

- 7) 监测项目的监测值、累计变化量、变化速率、历时曲线、必要的断面曲线图、监测点平面位置图等监测数据和成果的汇总；
- 8) 监测数据与巡查信息的分析与说明；
- 9) 结论与建议。

12.2.3 监测成果的数值取位要求,应符合表 12.2.3 的规定。

表 12.2.3 监测成果的数值取位要求

轴力 (kN)	应力、压力 (kPa)	方向值 (°)	长度 (mm)	坐标 (mm)	高程 (mm)	水平位移 (mm)	竖向位移 (mm)	地下水位 (m)
1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01

12.3 监测信息与警情报送

12.3.1 监测数据的处理与信息反馈宜利用工程监测数据处理与信息管理系统软件,及时上传成果文件,实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

12.3.2 在仪器量测或现场巡查发现异常时,应及时形成警情快报,应将主要信息利用网络、电话、短信、信息管理系统软件等快捷工具上报建设单位及相关单位。

12.3.3 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按规定的格式和内容,及时向相关单位报送。

附录 A 滨海平原土层名称表

地质年代	土层序号	土层名称	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q_1	① ₁	填土	人工	松散	含碎石、石块、垃圾、植物根茎等	遍布
	① ₂	浜底淤泥		流塑	黑色淤泥、杂物、有臭味	分布于明浜、暗浜(塘)区
	① ₃	灰色粉性土 (俗称江滩土)	滨海~河口	松散~稍密	含螺壳、贝壳碎屑、棉丝等杂质,以黏质粉土为主,局部夹较多淤泥质土,局部砂质较纯,为砂质粉土	黄浦江沿岸
	② ₁	褐黄色黏性土	滨海~河口	可塑	含氧化铁锈斑及铁锰质结核。属中等压缩性土。俗称“硬壳层”,是良好的天然地基持力层	遍布
	② ₂	灰黄色黏性土	滨海~河口	软塑	含铁锰质斑点,夹灰色条纹,局部夹粉性土,属中等~高等压缩性土	遍布
	② ₃	灰色粉性土、粉砂	滨海~河口	松散~稍密	含云母,夹薄层黏性土,土质不均匀。属中等压缩性土,存在地震液化和流砂的可能性	沿苏州河(主要位于苏州河以北)呈带状分布

续表 A

地质年代	土层序号	土层名称	成因类型	状态或密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	③ ₁ ③ ₃	灰色淤泥质粉质黏土	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹薄层状粉砂,局部为软塑状粉质黏土。属高等压缩性土,是天然地基的主要软弱下卧层	遍布
	③ ₂	灰色粉性土、粉砂	滨海~浅海	松散~稍密	含云母、夹薄层黏性土,土质不均匀。属中等压缩性土,存在地震液化和流砂的可能性	局部分布,呈“透镜体”状
全新世 Q ₄	④	灰色淤泥质黏土	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹少量薄层粉砂,局部夹贝壳碎屑。属高等压缩性、高灵敏度土,是天然地基的主要软弱下卧层	遍布
	⑤ ₁	褐灰色黏性土	滨海、沼泽	软塑~可塑	含云母、有机质,夹泥、钙质结核,半腐芦苇根茎。土性自上而下逐渐变好,属中等~高等压缩性土	遍布
全新世 Q ₄	⑤ ₂	灰色粉性土、粉砂	滨海、沼泽	稍密~中密(局部密实)	含云母,夹薄层状黏性土,具交错层理。属中等压缩性土,分布稳定时,是较好的桩基持力层	古河道区域分布
	⑤ ₃	灰~褐灰色黏性土	湖谷	可塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂,局部夹泥炭质土。属中等压缩性土,当暗绿色土层缺失或埋深较大时,可作为桩基持力层	
全新世 Q ₄	⑤	灰绿色黏性土	湖谷	可塑~硬塑	含氧化铁、有机质。属中等压缩性土	古河道区域分布

续表 A

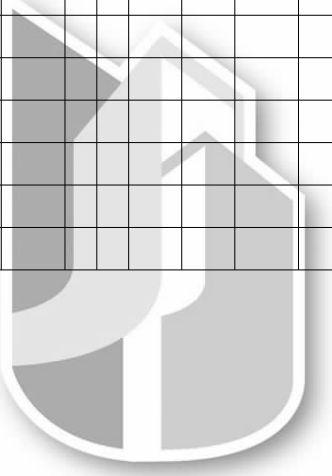
地质年代	土层序号	土层名称	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
		⑥ ₁	暗绿色黏性土	河口~湖泽		
	⑥ ₂	草黄色黏性土	河口~湖泽	可塑~硬塑	含氧化铁斑点, 夹粉性土。属超固结、中等压缩性土, 是良好的桩基持力层	分布较广, 厚度变化大
晚更新世 Q ₃	⑦ ₁	草黄~灰色粉 性土、粉砂	河口~滨海	中密~密实	含云母, 夹薄层状黏性土, 土质不均匀。属中等压缩性土, 是良好的桩基持力层	
	⑦ ₂	灰色粉细砂	河口~滨海	密实	由长石、石英、云母等矿物颗粒组成, 土质较均匀致密。属中等~低等压缩性土, 是良好的桩基持力层	
	⑧ ₁	灰色黏性土	滨海~浅海	软塑~可塑	含云母、腐植质, 夹砂, 具交错层理。属轻度超固结、高等~中等压缩性土	分布较广, 局部缺失
	⑧ ₂	灰色粉质黏土、 粉砂互层	滨海~浅海	可塑或中密	含云母, 具交错层理, 夹砂互层呈“千层饼”状。属中等压缩性土, 是较好的桩基持力层	

续表 A

地质年代	土层序号	土层名称	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚 更 新 世 Q_4	Q_1^3	青灰色粉 细砂夹黏性土	滨海~河口	中密~密实	含云母,砂土颗粒自上而下变粗,层顶夹较多的薄层粘性土。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层	分布较稳定
		青灰色粉、细砂 夹中、粗砂	滨海~河口	密实	含砾石,夹黏性土团块。属低压压缩性土	分布较稳定
中 更 新 世 Q_3	Q_1^3	蓝灰~褐灰色 黏性土	河口~湖泽	硬塑	含钙质、铁锰质结核。属超固结、中~低压 压缩性土	遍布
	Q_2^3	青灰色粉细砂	河口~滨海	密实	含贝壳片。属低压压缩性土	遍布
	Q_3^3	绿灰色黏性土	河口~滨海	硬塑	含云母,夹粉砂。属超固结、中~低压压缩性 土	遍布

注:本表引用了现行上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范》DGJ 08—37 附录 B 的相关内容。

续表 B.0.1

点号	初始 高程 (m)	本次 高程 (m)	竖向位移 (mm)		备注	点号	初始 高程 (m)	本次 高程 (m)	竖向位移 (mm)		水平位移 (mm)		备注	
			本次	累计					本次	累计	本次	累计		
监测点						监测点								
典型 测点 变化 曲线 图														
说明	<p>1 竖向位移数据为“+”表示测点向上位移,为“-”表示测点向下位移。</p> <p>2 水平位移数据为“+”表示测点向坑内位移,为“-”表示测点向坑外位移。</p> <p>3 M—表示煤气管线测点;S—表示上水管线测点;DL—表示电力管线测点;Y—表示雨水管线测点;X—表示信息管线测点;F—表示周边建筑物测点;B—表示地表监测点;Q—表示围护顶部监测点;LZ—表示立柱监测点</p>													

监测单位:

B.0.2 建(构)筑物倾斜监测日报表可按表 B.0.2 执行。

表 B.0.2 建(构)筑物倾斜监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工
周边建(构)筑物倾斜监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：				
点号 (方向)	上下两测 点间的 高差(mm)	偏移量(mm)			倾斜率(‰)			初始 方向	备注
		初始值	上次值	本次值	本次	累计	增量		
××××建筑									
点号 (方向)	上下两测 点间的 高差(mm)	偏移量(mm)			倾斜率(‰)			初始 方向	备注
		初始值	上次值	本次值	本次	累计	增量		
××××建筑									
说明		1 倾斜率增量数据为“+”表示往初始方向倾斜增加；为“-”表示往初始方向倾斜减少。 2 QX(东西)一表示建筑物倾斜测点，“东西”表示该测点观测的是东西方向的倾斜，“南北”含义类似							

监测单位：

B.0.3 支撑轴力监测日报表可按表 B.0.3 执行。

表 B.0.3 支撑轴力监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

支撑轴力监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：		
点号	本次轴力 (kN)	上次轴力 (kN)	本次变化 (kN)	支撑类型	报警值 (kN)	备注
第××道支撑						
第××道支撑						
典型 测点 变化 曲线 图						
说明	1 支撑轴力数据为“+”表示受力为压力,为“-”表示受力为拉力。 2 ZC—表示支撑轴力测点					

监测单位：

B.0.5 应力(水、土压力)监测日报表可按表 B.0.5 执行。

表 B.0.5 应力(水、土压力)监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

××应力(水、土压力)监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：			
点号	编号	深度 (m)	初始应力 (kPa)	本次应力 (kPa)	上次应力 (kPa)	本次变化 (kPa)	累计变化 (kPa)	备注
典型 测点 变化 曲线 图								
说明	1 应力(压力)数据为“+”表示受力增加,为“-”表示受力减小。 2 GY—表示地墙应力测点;SY—表示孔隙水压力测点;TY—表示土压力测点							

监测单位：

B.0.6 土体分层竖向位移监测日报表可按表 B.0.6 执行。

表 B.0.6 土体分层竖向位移监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

土体分层竖向位移监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：		
点号	编号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	上次高程 (m)	本次变化量 (mm)	累计变化量 (mm)	备注
典型 测点 变化 曲线 图							
说明	1 数据变化量为“+”表示向上位移,为“-”表示向下位移。 2 FC—表示分层沉降测点						

监测单位：

B.0.7 深层水平位移监测日报表可按表 B.0.7 执行。

表 B.0.7 深层水平位移监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

深层水平位移监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：
孔号：	评价：	上次监测时间：		本次监测时间：
深度 (m)	上次累计 (mm)	本次累计 (mm)	位移增量 (mm)	深层水平位移曲线
本次累计最大值：××mm，深度为××m				
位移增量最大值：××mm，深度为×m				
施工工况：				

监测单位：

B.0.8 隧道收敛监测日报表可按表 B.0.8 执行。

表 B.0.8 隧道收敛监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

隧道收敛监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：								
上行线隧道结构收敛测线						下行线隧道结构收敛测线							
测线号	测点距离		隧道收敛			备注	测线号	测点距离		隧道收敛			备注
	初始值 (m)	上次值 (m)	本次值 (m)	本次变化 (mm)	累计变化 (mm)			初始值 (m)	上次值 (m)	本次值 (m)	本次变化 (mm)	累计变化 (mm)	
横向收敛													
竖向收敛													
说明	<p>1 收敛为“+”表示测点间距增加，“-”表示测点间距减小。</p> <p>2 HXSL-“H”表示横向收敛，“X”表示下行线，“SL”表示收敛测线，点号应按环号进行编号。</p> <p>3 VSSL-“V”表示竖向收敛，“S”表示上行线，“SL”表示收敛测线，点号应按环号进行编号</p>												

监测单位：

B.0.9 地层损失率监测日报表可按表 B.0.9 执行。

表 B.0.9 地层损失率监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

地层损失率监测日报表

第 次

监测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

仪器名称：			仪器编号：			校准日期：			
轴线点号	隧道中心埋深(m)	δ30(mm)	地层损失率(‰)	备注	轴线点号	隧道中心埋深(m)	δ30(mm)	地层损失率(‰)	备注
典型测点变化曲线图									
说明：	1 δ30—表示盾尾脱出 30d 后地表轴线监测点的累计竖向位移，数据为“+”表示测点上抬，为“-”表示测点下沉。 2 S—表示上行线轴线监测点，X—表示下行线轴线监测点，具体点号应按环号进行编号								

监测单位：

B.0.10 高架立柱竖向位移监测日报表可按表 B.0.10 执行。

表 B.0.10 高架立柱竖向位移监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工

立柱竖向位移监测报表(×行线)

第 次

监测者:

计算者:

校核者:

本次监测时间:

上次监测时间:

仪器名称:		仪器编号:			校准日期:		备注
点号	里程	初始高程 (m)	上次高程 (m)	本次高程 (m)	竖向位移(mm)		
					本次	累计	
典型测点变化曲线							
工况							
说明	1 注明初始高程对应的日期。 2 竖向位移数据为“+”表示测点上抬,为“-”表示测点下沉。 3 S[X](**)-D[S]-1[2];S(**)表示上行线**号立柱,X(**)表示下行线**号立柱;D表示单立柱,S表示双立柱;-1[2]表示立柱两侧测点编号(单立柱或双立柱均为2个测点)						

监测单位:

B.0.12 高架梁体徐变监测日报表可按表 B.0.12 执行。

表 B.0.12 高架梁体徐变监测日报表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程施工
梁体徐变监测成果表(×行线)

第 次

监测者:

计算者:

校核者:

本次监测时间:

上次监测时间:

仪器名称:		仪器编号:			校准日期:			
桥跨编号	点号	里程	初始高程(m)	上次高程(m)	本次高程(m)	竖向位移(mm)		备注
						本次	累计	
徐变观测点 布设及 变化 曲线 图								
工况								
说明:	<p>1 注明初始高程对应的日期。</p> <p>2 竖向位移数据为“+”表示测点上抬,为“-”表示测点下沉。</p> <p>3 SK[XK](***)-S[X]-1[2,3,4,5]:简支梁监测编号,SK(***)表示上行线**号桥跨编号,XK(***)表示下行线**号桥跨编号;S表示上行线,X表示下行线;-1[2,3,4,5]表示测点编号。</p> <p>4 SK[XK](***)/SK[XK](***)-S[X]-1[2,...]:跨线连续梁监测编号,SK(***)/SK(***)表示上行线**号~**号连续梁桥跨编号,下行线含义类似;S表示上行线,X表示下行线;-1[2,...]表示测点编号</p>							

监测单位:

附录 C 现场巡查记录表

C.0.1 基坑工程巡查记录表可按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 基坑工程巡查记录表

上海城市轨道交通××号线××标××××工程基坑施工

巡查记录表

第 次

巡查者：

巡查日期及时间：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
支护结构	围护结构外观形态		
	冠梁、支撑、围檩裂缝		
	支撑、立柱变形		
	止水帷幕开裂、渗漏		
	墙后土体沉降、裂缝及滑移		
	基坑涌土、流砂、管涌		
	其他		
施工工况	开挖区域土质情况		
	基坑开挖分段位置、长度及分层厚度		
	地表水、地下水状况		
	基坑降水(回灌)设施运转情况		
	基坑周边地面堆载情况		
	其他		

续表 C.0.1

分类	巡查内容	巡查结果	备注
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测元件完好情况		
	观测工作条件		
周边环境	管道破损、泄漏情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路(地面)裂缝、沉陷		
	邻近施工情况		
	其他		
注:巡查过程中如果发现临时性的突发情况,应在“其他”项内注明			

项目负责人:

监测单位:

C.0.2 盾构法隧道工程巡查记录表可按表 C.0.2 执行。

表 C.0.2 盾构法隧道工程巡查记录表

上海城市轨道交通××号线××标××××区间盾构法隧道施工

巡查记录表

第 次

巡查者:

巡查日期及时间:

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
施工工况	盾构掘进环数及环号		
	盾构穿越区段的环境情况(包含荷载变化)		
	管片渗漏、破损、错台		
	注浆设施运转情况		
	其他		

续表 C.0.2

分类	巡查内容	巡查结果	备注
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测元件完好情况		
	观测工作条件		
周边环境	管道破损、泄漏情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路(地面)裂缝、沉陷		
	邻近施工情况		
	其他		
注:巡查过程中如果发现临时性的突发情况,应在“其他”项内注明			

项目负责人:

监测单位:

C.0.3 联络通道工程巡查记录表可按表 C.0.3 执行。

表 C.0.3 联络通道工程巡查记录表

上海城市轨道交通××号线××标××××区间联络通道施工

巡查记录表

第 次

巡查者:

巡查日期及时间:

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
施工工况	钻孔或冻结或开挖等情况		
	冷冻设施运转情况(冰冻阶段)		
	注浆设施运转情况(融沉注浆阶段)		
	其他		

续表 C.0.3

分类	巡查内容	巡查结果	备注
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测元件完好情况		
	观测工作条件		
周边环境	隧道内管片渗漏、破损、错台		
	管道破损、泄漏情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路(地面)裂缝、沉陷		
	邻近施工情况		
	其他		
注:巡查过程中如果发现临时性的突发情况,应在“其他”项内注明			

项目负责:

监测单位:

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 2 《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898
- 3 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 4 《工程测量规范》GB 50026
- 5 《地铁设计规范》GB 50157
- 6 《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308
- 7 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 8 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 9 《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99
- 10 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 11 《公路桥梁承载能力检测评定技术规范》JTG/TJ 21
- 12 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTGD 63
- 13 《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073. 1
- 14 《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073. 2
- 15 《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413
- 16 《高速铁路工程测量规范》TB 10601
- 17 《地基基础设计规范》DGJ 08—11
- 18 《岩土工程勘察规范》DGJ 08—37
- 19 《基坑工程技术规范》DG/TJ 08—61
- 20 《城市轨道交通设计规范》DGJ 08—109
- 21 《旁通道冻结法技术规范》DG/TJ 08—902
- 22 《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08—2001
- 23 《地铁隧道工程盾构施工技术规范》DG/TJ 08—2041
- 24 《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08—2170

上海市工程建设规范

城市轨道交通工程施工监测技术规范

DG/TJ 08—2224—2017

J 13733—2017

条文说明

2017 上海

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

目次

1	总 则	99
2	术 语	102
3	基本规定	103
3.1	基本要求	103
3.2	工程影响分区及监测范围	110
3.3	监测等级划分	112
4	基坑工程支护结构及周围土体监测	115
4.1	监测项目及要求	115
4.2	监测点布设	116
4.3	监测频率与周期	122
4.4	监测报警值	123
5	盾构法隧道结构及周围土体监测	125
5.1	监测项目及要求	125
5.2	监测点布设	127
5.3	监测频率与周期	130
5.4	监测报警值	131
6	联络通道隧道结构及周围土体监测	132
6.1	监测项目及要求	132
6.2	监测点布设	132
6.3	监测频率与周期	133
6.4	监测报警值	134
7	高架结构监测	135
7.1	监测项目及要求	135
7.2	监测点布设	135

7.3	监测频率与周期	136
7.4	监测报警值	136
8	顶管工程结构及周围土体监测	138
8.1	监测项目及要 求	138
8.2	监测点布 设	138
8.3	监测频率与 周期	139
8.4	监测报警 值	139
9	周边环境监 测	140
9.1	监测项目 及要求	140
9.2	监测点布 设	141
9.3	现场巡 查	145
9.4	监测频率 与周期	145
9.5	监测报警 值	145
10	人工监测方 法及技术要 求	148
10.1	一般规 定	148
10.2	水平位移 监测	149
10.3	竖向位移 监测	151
10.4	裂缝监 测	154
10.5	倾斜监 测	154
10.6	深层水平 位移监测	155
10.7	土压力监 测	157
10.8	孔隙水压 力监测	157
10.9	地下水水 位监测	158
10.10	结构应力 监测	160
10.11	土体分层 竖向位移 监测	162
10.12	净空收敛 监测	163
10.13	梁体徐变 监测	164
10.14	现场巡 查	165
11	自动化监 测方法及技 术要求	166

11.1	一般规定	166
11.2	系统设计	167
11.3	系统安装和调试	167
11.4	监测仪器设备	167
12	监测成果及警情报送	172
12.1	一般规定	172
12.2	技术成果文件要求	173
12.3	监测信息与警情报送	174

Contents

1	General provisions	99
2	Terms	102
3	Basic requirements	103
3.1	General requirements	103
3.2	Classification of influenced zone due to construction and monitoring measurement range	110
3.3	Monitoring measurement grade	112
4	Monitoring of foundation pit supporting structure and surrounding soil	115
4.1	Monitoring items and requirements	115
4.2	Monitoring point arrangement	116
4.3	Monitoring frequency and period	122
4.4	Alarm value under monitoring	123
5	Monitoring of shield method tunnel structure and surrounding soil	125
5.1	Monitoring items and requirements	125
5.2	Monitoring point arrangement	127
5.3	Monitoring frequency and period	130
5.4	Alarm value under monitoring	131
6	Monitoring of connecting passage structure in shield tunnels and surrounding soil	132
6.1	Monitoring items and requirements	132
6.2	Monitoring point arrangement	132
6.3	Monitoring frequency and period	133

6.4	Alarm value under monitoring	134
7	Monitoring of elevated station and elevated interval structure	135
7.1	Monitoring items and requirements	135
7.2	Monitoring point arrangement	135
7.3	Monitoring frequency and period	136
7.4	Alarm value under monitoring	136
8	Monitoring of pipe-jacking engineering structure and surrounding soil	138
8.1	Monitoring items and requirements	138
8.2	Monitoring point arrangement	138
8.3	Monitoring frequency and period	139
8.4	Alarm value under monitoring	139
9	Monitoring of around environment	140
9.1	Monitoring items and requirements	140
9.2	Monitoring point arrangement	141
9.3	Inspection and examination	145
9.4	Monitoring frequency and period	145
9.5	Alarm value under monitoring	145
10	Manual monitoring methods and technical requirements	148
10.1	General requirements	148
10.2	Monitoring of horizontal displacement	149
10.3	Monitoring of vertical displacement	151
10.4	Monitoring of crack	154
10.5	Monitoring of inclination	154
10.6	Monitoring of horizontal displacement in deep stratum	155
10.7	Monitoring of soil pressure	157

10.8	Monitoring of pore water pressure	157
10.9	Monitoring of groundwater level	158
10.10	Monitoring of stress in structure	160
10.11	Monitoring of vertical displacement of different depth stratum	162
10.12	Monitoring of section convergence	163
10.13	Monitoring of beam creep	164
10.14	Inspection and examination	165
11	Automatic monitoring methods and technical, requirements	166
11.1	General requirements	166
11.2	Systematic design	167
11.3	System installation and debugging	167
11.4	Monitoring instrument and equipment	167
12	Monitoring achievement and submission of alarm	172
12.1	General requirements	172
12.2	Document requirements of technological achievements	173
12.3	Monitoring information and submission of alarm	174

1 总 则

1.0.1 上海地区工程地质条件和水文地质均较为复杂,对工程影响比较大的软土为第③层淤泥质粉质黏土和第④层淤泥质黏土,普遍具有天然含水量高、压缩性大、强度低、渗透性差等特点,而且地下水位高,江、河及湖泊水系繁多,上海城市轨道交通工程一般埋深较深,施工过程中易受到第⑤层微承压水和第⑦层承压水的影响;另一方面,上海城市轨道交通线路往往又位于环境复杂的区域,周围构筑物及地下管线密集、交通繁忙,甚至会经常遇到穿越或近接既有城市轨道交通线路、铁路等情况;城市轨道交通工程具有建设规模大、建设周期长,涉及地下工程、地面线路和高架线路工程,同时各种施工工法及工艺种类很多。上述诸多的不利因素给上海地区城市轨道交通工程建设带来了极大的挑战。

上海作为全国城市轨道交通工程开工建设比较早的城市,在城市轨道交通施工监测方面积累了比较丰富的经验,建设单位上海申通地铁集团有限公司为规范城市轨道交通施工监测工作,先后颁布了《关于进一步加强施工现场监测管理工作的通知》《关于上海轨道交通测量工作实施管理办法》《上海轨道交通测量、监测管理办法》等系统性文件,强调了在城市轨道交通工程的施工过程中,除了采取必要的工程设计和施工措施外,还需综合考虑城市轨道交通工程性质与特点、周边环境保护要求,并结合上海软土地区的工程地质和水文地质条件开展全面而又有针对性的监测工作,分析监测数据指导施工和规避风险,以保证工程和环境的安全。

近年来,自动化监测新技术得到了快速的发展,本规范编制

过程中也充分吸取了一些比较成熟的自动化监测技术与方法,以实时监测和信息快速反馈的手段保障城市轨道交通工程施工的顺利进行。

本规范结合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的要求及上海地区城市轨道交通工程监测经验的总结,将对上海地区城市轨道交通工程监测工作的开展提供更为明确和贴近实际的指导,有效地降低城市轨道交通工程施工的安全风险,减少施工对周边环境的影响,从而保证人民群众的生命财产安全,以利于社会稳定和节省投资。

1.0.2 本条界定了规范的适用范围。

本规范在总结了上海地区城市轨道交通工程监测成果和管理经验的基础上,有效地结合上海地区工程与水文地质条件的特点,从而保证本规范更具针对性地适用于指导上海城市轨道交通新建、改建、扩建工程的监测工作。

本规范适用于地铁、轻轨等城市轨道交通。若上海今后规划建设的有轨电车的线路结构与地铁或轻轨类似、变形控制要求相当时,本规范的技术要求也适用于有轨电车的施工监测。磁悬浮也属于城市轨道交通,但磁悬浮对线路结构的要求很高,有特殊的保护要求,本规范考虑通用性,不适用于磁悬浮线路的施工监测。

1.0.3 城市轨道交通工程大多是在建筑设施密集、交通繁忙的市区施工,同时地质条件具有一定的复杂性,不同的设计方案和施工方法引起的土体力学响应在时间和空间上的规律也不尽相同,监测方案的编制应综合考虑这些因素,具备可实施性和可操作性,体现监测工作的重点和难点。监测成果是判断工程结构的安全及周边环境的稳定状态、控制施工对环境影响程度的重要依据,因此,监测过程中,应严格执行监测方案,及时提供真实、有效的监测成果,做到信息化施工。

上海地区在松江局部地区分布有岩性地层,如将来上海城市

轨道交通施工涉及岩性地层时,可参照现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的相关规定执行。

1.0.4 城市轨道交通工程需要遵守的标准有很多,本规范只是其中之一,另外有关现行标准中对城市轨道交通工程监测也有一些规定。因此,强调除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。



2 术语

本术语中主要列入了与城市轨道交通工程监测技术相关的术语。周围土体、工程影响分区、监测等级等术语主要基于现有研究及工程实践的总结,并参考了相关国家标准及其他相关资料。经过编制组讨论、分析、归纳和整理,相关术语编入本规范中。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 城市轨道交通工程在施工过程中经常发生工程结构垮塌、周围土体坍塌以及建(构)筑物、地下管线等周边环境对象的过大变形或破坏等情况,而城市轨道交通工程监测是为了验证设计和施工方案、优化设计,判定施工期间工程结构本体、施工影响范围内的土体和周边环境安全与正常使用,预判工程及周边环境风险发生可能性的一种重要手段,尤其在施工期间,对工程结构本体、周围土体和周边环境的影响最大。因此,在地下工程施工过程中,开展监测工作具有十分重要的意义。

监测对象主要包括工程结构本体、周围土体和周边环境。工程结构本体监测对象主要为基坑支护桩(墙)、立柱、支撑、盾构法及顶管施工工程隧道管片、高架车站及高架的墩台及梁体等;周围土体监测对象主要为工程周围的土体、地下水以及地表;周边环境监测对象主要为工程周边的建(构)筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁、既有城市轨道交通以及其他城市基础设施。这些对象的安全状态是控制城市轨道交通地下工程施工安全的关键所在。

按照住建部《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》(建质[2010]5号)的要求,目前上海城市轨道交通工程监测也开展了施工方监测和第三方监测工作。

第三方监测单位是由建设单位委托,单独承担工程监测工作,并代表建设单位对承建单位的施工监测进行专业化管理的具有相应资质的、独立于承包商和周边环境业主之外的第三方机

构。第三方监测特性主要表现为服务性、科学性、独立性和公正性,其主要职责是对重要的监测内容进行复测,比对和校核数据,向建设单位提供真实的工程结构及周边环境变形情况和发展趋势,防止承建单位提供虚假的监测资料和数据,隐瞒工程安全与质量的风险。

施工方监测单位是具有相应资质,由施工单位委托,承担监测任务的机构。

3.1.2 由于工程设计相关理论还不够完善,施工现场也存在着各种复杂因素的影响,工程设计方案能否满足工程现场实际状况的要求,只有在方案实施过程中才能得到最终的验证,其中现场监测是获得上述验证的重要和可靠手段。因此,在工程设计阶段,设计单位应对工程监测提出监测的要求。设计单位应明确提出监测项目、监测频率、监测报警值等。

委托单位往往掌握着工程的第一手资料,委托单位应提供工程结构相关设计图纸资料、勘察成果文件、工程影响区地下管线图、地形图及周边建(构)筑物情况(建筑年代、基础和结构形式)等资料,当缺少部分资料时,应由委托单位协调解决,如地下管线或建(构)筑物基础等资料不能满足要求时,宜委托相关单位进行专项探测。工程监测单位应将上述资料作为工程监测方案编制的依据。

3.1.3 本条提出了监测工作开展应遵循的工作流程,按照该要求实施监测工作,可为保证监测工作的质量打好基础。

3.1.4 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据,本条对制定监测方案应涵盖的内容提出了要求,概括了监测方案应包含的 14 项内容。

工程场地的位置、设计要求、施工工法、场地工程地质条件、水文地质条件、周边环境的详细状况是编制监测方案的重要依据。监测方案中应根据以上资料,分析研究工程的风险特征、权属管理部门对重要管线、设施的特殊要求以及监测工作中存在的

难点,并提出可行的应对措施。

监测方案需要对监测目的、依据的国家、行业及地方的规范标准、政府部门的有关文件、设计等文件资料进行明确。

监测范围、监测等级、监测对象、监测项目、现场巡查、基准点及监测点的布设与保护、监测点布置图、监测方法及精度指标、监测频率、监测报警值及异常情况下的监测应急预案、监测信息反馈制度是监测方案的重要内容,应予以明确。

另外,为保证监测质量和便于管理,应在监测方案中明确监测人员、主要仪器设备及相关管理制度。监测应急预案应涉及在出现异常情况时,人员及仪器设备等资源的应急响应、增设监测点的方法、信息反馈的流程等方面的内容。

3.1.5 监测项目的合理选择是开展监测工作的基础,是反映工程自身和周边环境安全的关键。监测项目设置时需要认真分析工程结构和周边环境的特点,以真实、及时地反映工程支护结构和周边环境对象安全状态的变化情况。在施工过程中,工程结构本体、周围土体及地下水、周边环境三者之间的受力和变形特性是相互关联的。因此,在确定监测项目及其具体位置时,应注意彼此间的监测数据能够相互印证,从而形成有效、完整的监控体系,为优化设计和信息化施工提供可靠的保障。

3.1.6 由于列车动荷载作用或既有城市轨道交通控制保护区内工程施工等因素,城市轨道交通线路结构在运营期间难免产生变形,进而影响安全运营,故在线路运营期间也开展了线路结构变形监测。在城市轨道交通施工阶段永久结构变形的监测项目选择及测点布设时,应综合考虑城市轨道交通运营阶段测点的设置要求,使在运营期间的观测能够利用施工阶段布设的测点,可将测点变形量进行累计,以便全面、完整掌握线路结构变形情况。

3.1.7 初始值测读不及时会造成变形数据的损失,本条强调了监测初始值测定的时间要求。初始值采集的准确性和稳定性将直接关系到以后各次监测数据的质量。一般情况下,变形类监测

项目应测读 2 次初始值,力学类监测项目应不少于 3 次,同时要
对初始值进行相对稳定性的判断。本条同时也明确了结束监测
工作应满足的条件。由于上海属于典型的软土地区,工程施工对
周围土体扰动后其固结和稳定需要延续很长一段时间,周边建筑
物的稳定标准可参考现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的
有关规定。

3.1.8 监测点布设时充分考虑工程结构和周边环境的特点,确
保工程结构和周边环境对象受力或位移变化较大的部位有监测
点控制,以保证对监测对象的状态进行准确的判断。工程施工现
场情况较为复杂,监测点设置规范,标识清晰,有利于相关人员对
测点识别,也有利于施工过程中对测点的保护。

3.1.9 监测点布设时应考虑便于观测,且不应影响结构的正常
受力、降低结构的稳定性、变形刚度和承载能力,这在布设围护结
构、支撑结构等监测点时尤其应注意。

3.1.10 城市轨道交通工程包括车站基坑施工、盾构施工、联络
通道施工等多个单项工程,会存在工期互相交叉、监测区域重叠
的情况,不同的单项工程在监测重点和要求上都有所侧重,监测
点布设与监测时段,应予以统筹考虑。如盾构施工始发与接收区
段测点布设有相应的要求,盾构始发与接收区段加固一般在车站
端头井基坑工程施工期间,在加固期间加强相应的监测工作;对
于始发与接收区段的周边环境测点在盾构施工过程中的变形量
要在车站基坑施工阶段的累计变形量基础上进行计算,不对已
有监测数据采取归零处理的方式。

3.1.11 监测点的完好程度是获取可靠监测数据的前提,如遭遇
破坏则可能造成监控盲区,有些关键部位监测数据缺失甚至可能
威胁到工程的安全。在监测期间应保证监测点有效性,监测点破
坏及传感器失效后,若非特殊原因,应及时恢复,以保持对监测对
象的持续监测,减小监测对象变形量的损失。在测点恢复后,监
测点的累计变化量应包含测点失效前的累计变化量。

3.1.12 监测工作中仪器量测与现场巡查互为补充、相互验证。仪器量测通过取得数据进行定量分析；以目测为主的巡视检查更加及时，可以起到定性和补充的作用。

本条中指出了需要编制专项监测方案的几种情况。在穿越或邻近既有轨道交通设施、重要的建(构)筑物、河流、湖泊等地表水体时，或采用新工艺、新工法施工的情况时，应进行专项监测方案的编制。

自动化监测具有精度高、连续观测、数据处理反馈快等特点，可实现全天候监测。因此，在风险较大的工程部位或周边环境以及人不宜进入的特定区域内，在技术条件具备且经济条件允许时，应采用自动化监测。

3.1.13 本条规定是保证监测数据可靠、真实的前提条件，也是国家计量法规的基本要求。

3.1.14 施工对监测对象的影响程度与施工区域和监测对象的相对位置关系、施工工法、地质条件和监测对象的特点等密切相关，仪器量测频率是综合多种因素确定的，而现场巡查是对仪器量测的一种有效补充，通过现场巡查可以发现监测对象的开裂、渗漏、涌水、涌砂及地面隆沉等安全隐患。仪器量测和现场巡查的频率可根据工程施工对监测对象的影响程度进行调整，以反映出监测对象的变化过程，异常情况下应适当增加监测和巡查的频率。

3.1.15 监测报警是整个监测工作的核心内容之一，通过监测报警能够使相关单位对异常情况及时作出反应，采取相应措施，控制和避免工程自身和周边环境安全事故的发生。而确定报警值是监测工作实施前提，报警值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，也是工程设计、施工及监测等工作开展的重要依据。报警值的大小直接影响到工程自身和周边环境的安全，对设计安全措施、施工方法、监测手段的确定以及施工工期和造价影响很大，合理确定监测项

目报警值是一项十分重要的工作。

作为施工图设计文件的重要组成部分,监测项目报警值是监测设计的重要内容之一,是控制工程自身和周边环境安全的重要标准。相关法律、法规和规范性文件均对设计文件中明确控制指标有具体要求,因此本条规定在施工图设计文件中应提出监测项目报警值,以满足工程自身安全及周边环境保护的要求。监测项目报警值除应遵循相关法律、法规和规范性文件外,尚应符合有关管理部门的要求。

工程设计应针对工程结构本体和周边环境两类监测对象分别确定相应的监测项目报警值,同时应考虑两类监测对象间的相互影响。工程结构本体监测项目报警值的制定,应首先保证施工过程中的结构本体的稳定及施工安全,同时还要保证周边环境处于正常使用的安全状态。这就要求在制定结构本体报警值时要充分考虑结构本体的设计特点、周围工程地质和水文地质条件及周边环境情况。

周围的土体是工程所处的地质环境,是工程结构本体和周边环境对象之间相互作用的媒介。周围地表沉降等土体变形可间接反映结构本体和周边环境对象的变形、变化,其相关监测数据能为判定工程结构本体和周边环境的安全状态提供辅助依据,其报警值的确定应根据结构本体安全等级和周边环境保护等级确定。

对于重要的建(构)筑物、桥梁、管线、既有城市轨道交通等环境对象报警值的确定,主要是在保证其正常使用状态和安全的前提下,分析研究其还能承受的变形量。这往往需要收集环境对象原有的相关工程资料,并通过现场现状调查与检测,进行评估后确定,最终还应符合相关单位的管理要求。

周边环境保护等级较高、工况条件复杂的工程,一般控制指标较为严格,往往在施工还没完成之前,监测对象的变化、变形量就已超过报警值,增加了后续施工的难度。因此,对于安全等级

较高、工况条件复杂的工程,报警值应按主要工况条件进行分解,以便分阶段控制监测对象的变形,最终满足工程结构本体和周围环境控制的要求。

监测项目累计变化量反映的是监测对象当前的状态,而变化速率反映的是监测对象变化的发展速度,过大的变化速率,往往是险情的先兆。因此,监测报警值需要包含累计变化量和变化速率。

3.1.16 监测工作是信息化施工的手段,在监控对象出现异常情况时,监测单位通过警情报送使相关方及时了解和掌握现场情况,以便及时采取措施,避免事故的发生。警情报送是工程监测的重要工作之一,也是监测人员的重要职责。

当现场监测数据达到报警值时,应及时进行警情报送,这就要求监测人员在外业工作完成后,应及时对监测数据进行内业整理、计算和分析,当发现监测项目监测数据的累计变化量或变化速率达到报警标准时,都要进行警情报送。

3.1.17 现场巡查人员现场巡查完毕后,应及时填写并整理现场安全巡查记录,并与仪器量测数据进行比对分析,若发现异常时,应按规定程序及时报告。如果巡查中发现本条列出现场巡查工作应立即发出警情报告的几种情况时,均表明工程存在异常现象或有潜在的风险,可能会严重威胁工程结构本体及周边环境的安全,需立即进行警情报送,以便及时采取相应措施。

3.1.18 出现险情时监测应针对险情特点、发展情况以及施工单位抢险措施,在原监测工作的基础上加密监测频率,必要时补充监测点或监测项目,提供更及时、全面的监测数据,有效指导抢险施工。

3.1.19 在施工过程中,城市轨道交通工程结构和周边环境的安全除了受到自身施工的影响外,还可能受到周边其他工程活动的影响,如沉桩、挖土、降水等,监测单位及其他工程参建各方应予以高度重视,应结合其他施工工况,以合理分析监测数据。地下

车站区间周边 50m、高架车站区间周边 30m 及出入口等附属周边 10m 范围内其他工程活动应重点关注。

3.1.20 监测工作完成后,应形成书面文字报告,对监测工作进行分析、总结,并提出相关分析结论和建议,尤其当周边管线和保护建筑变形远超报警值时,监测总结报告中应提出对其后评估的建议。监测过程中形成相关资料,是反映现场情况的可追溯性文件,应按照档案管理要求进行归档保存。

3.2 工程影响分区及监测范围,

3.2.1 基坑、盾构法隧道等不同类型的施工对周边土体和周边环境的扰动范围、扰动程度是不同的。一般来说,邻近施工区域的土体、周边环境受扰动程度最大,随着与施工区域距离的增大影响程度逐渐减小。根据受施工影响程度的不同,将施工影响区划分为主要影响区和次要影响区。

工程影响分区主要目的是区分工程施工对周围土体、周边环境的影响程度,针对受工程影响较大的周边环境对象进行重点监测,做到经济、合理地开展工程周边环境监测。

由于基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸的大小,支护结构形式的强弱,地质条件的不同,周边环境受施工的影响程度和范围是不同的。同时,周边环境受工程施工的影响程度与其和工程之间的空间位置关系密切相关,越邻近工程的周边环境受影响程度越大。复杂的周边环境对工程支护结构设计及施工措施的要求更加严格,监测范围应结合工程自身的特点和周边环境条件进行确定,监测范围应包含工程周边受施工影响的主要影响区和次要影响区。

3.2.2 城市轨道交通基坑工程多为长条形基坑,可以归结为平面应变问题,影响范围与地质条件、围护刚度和坑内外荷载变化相关。在上海地区,根据大量计算和实测成果,基坑工程在未发

生较大变形时,其主要影响范围为基坑 $1H$ 范围之内,而次要影响范围为 $1H\sim 2H$ 范围。而竖井基坑等空间效应明显的工程,其影响范围小于长条形基坑,可参照本规范表 3.2.2 确定主要和次要影响区。

3.2.3 在无限空间内隧道的影响范围为 $3D$,考虑到城市轨道交通隧道外径一般为 6200mm 和 6600mm,因此,对于盾构法隧道工程施工时次要影响区的确定,取隧道中心埋深 20m 为分界点,当隧道中心埋深小于等于 20m 时,从简化计算考虑,次要影响区范围为隧道地表投影区域边线至 1 倍隧道中心埋深范围内;当隧道中心埋深大于 20m 时,次要影响区范围为隧道地表投影区域边线至 3 倍隧道直径范围内。

3.2.4 上海地区的联络通道施工一般采用冻结法,冻结法施工遇到的工程地质、水文地质条件较为复杂。上海地区冻结法施工时,根据大量实测数据,正常情况下,其主要影响范围为冻结体的地表投影区域;次要影响区域为冻结体的地表投影区域外至以联络通道中心为圆心、半径 20m(且不小于 1.5 倍联络通道中心埋深)的范围内。

如采用其他施工工艺进行联络通道施工时,需要根据工程的实际情况制定专项的监测方案。

3.2.5 高架车站及区间施工对周边环境造成的影响主要在桩基础施工及高架墩台基础的开挖期间,尤其是城市轨道交通工程桩基础采用预制桩进行沉桩施工期间,由于挤土效应对周围环境的影响尤为显著。现行上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ 08-11 中对沉桩施工过程中监测的范围、要求等作出了明确的规定。

3.2.6 本条例举了 2 种采用降水辅助措施以及工程出现异常等条件时需要调整监测范围的情况。施工中应考虑地下水降水控制引起地基固结变形的范围,从而确定工程影响范围。如果施工期间出现渗漏水、涌砂、冒水、地下管线破坏时,易引起较大范围

周围土体变形或破坏,故应根据实际情况扩大监测范围对周边邻近的建筑物等进行监测。

3.3 监测等级划分

3.3.1 本条对基坑、隧道、联络通道等城市轨道交通工程的监测等级划分的依据进行了明确。工程监测等级的划分有利于在监测设计工作量布设时更具针对性、突出重点、合理开展监测工作。根据现行相关规范、上海地区工程经验及相关研究成果,监测等级的确定需要考虑工程自身特点、周边环境条件和地质条件等影响因素。

3.3.2 工程结构本体安全等级依据工程所处的地质条件、自身设计、施工的复杂程度等带来的风险进行划分。综合考虑现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》DG/TJ 08-61、《岩土工程勘察规范》DGJ 08-37 等规范内容,并结合上海地区城市轨道交通基坑、盾构法隧道、联络通道工程的特殊情况以及研究成果,本规范以工程面临的具体风险和人为问题为等级划分的依据,确定了基坑、盾构法隧道、联络通道工程的结构本体安全等级按本规范表 3.3.2 进行划分。

附录 A 为滨海平原土层名称表,其他地貌类型土层名称可参照现行上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范》DGJ 08-37 的内容。

场地的周围土体不仅是工程实施的对象,而且是工程影响周边环境的媒介。因此,场地的工程地质、水文地质与工程结构本体风险之间有很大的相关性。根据工程经验,上海地区第⑤₂层粉性土、第⑦层、第⑨层粉砂、粉细砂中地下水具有承压性,承压水对基坑、盾构法隧道工程安全影响很大;第②₃层粉性土、粉砂、第③₁层等土层不利于围护结构变形和盾构姿态的控制,增大了工

程风险。

结构本体安全等级划分为一级的工程中有许多是与遇到复杂地质条件有关。基坑工程的复杂地质条件包括：基坑开挖过程中受到第⑤₂层、第⑦层承压水的影响（影响程度可以按第⑦层承压水需要降深超过 10m 时定为一级，需要降深幅度不大时可定为二级；第⑤₂层厚度大且无法隔断、当降深大的情况时定为一级），如果遇到土层中缺失第⑧层土，第⑦层和第⑨层承压水连通时，还应考虑第⑨层承压水的影响；开挖范围内存在厚度较大第③、④层淤泥质黏性土或有深厚第②₃层粉性土、粉砂，第③_j层分布等；另外，需要降承压水的基坑，如果在抽水试验中发现停电 10min 内水位恢复异常迅速时（大于等于设计水位降深 20%）也应重点关注，条件许可时应在变形敏感部位及重要保护对象处增加监测点。盾构法隧道工程、顶管工程的复杂地质条件包括：掘进断面遇到第⑤₄层、第⑥层、第⑦层、特别软弱的古河道，掘进断面分布有第②₃层、第③₂层和第④层复合土层，或第⑤₂层、第⑦层和第⑥层软硬差异较大的复合土层等。联络通道工程的复杂地质条件包括：冻结体遇到第⑦层和第⑥层复合土层、第⑤₂层、第④层土层等。

除了工程所处的复杂水文地质条件以外，结构本体安全等级划为一级的工程还包括了一些超宽超深及特殊工况的基坑、盾构始发和接收区段在第⑦层土层的隧道、浅覆土的隧道、近距离施工的隧道、隧道中心线间距过大或过小的联络通道等。由于特殊原因，与盾构推进施工或与铺轨施工交叉作业联络通道的结构本体安全等级也应划为一级。

采用冻结法施工的区间泵站、盾构始发和接收区段的安全等级也应划为一级。

3.3.3 表 3.3.3 中周边环境对象的重要性程度可根据环境对象重要性、相关规范、破坏后果或风险评估进行确定，也可参考如下分类：

• 重要桥梁与隧道是指城市高架桥、立交桥、城市过江隧道、公路隧道、铁路隧道等；

• 重要建(构)筑物一般是指文物古迹、近代优秀建筑物,10层以上高层、超高层民用建筑物,重要的烟囱、水塔等,天然地基或短桩基础的建(构)筑物可依据其结构形式、破坏后果、风险评估等确定其重要性；

• 重要市政管线是指雨污水干管、中压以上煤气管、直径较大的自来水管、中水管等；

• 市政设施是指由政府出资建造的公共设施,一般指市政规划区内的各种建筑物、构筑物、设备等,主要包括城市道路(含桥梁)、供水、排水、燃气、热力、道路照明、垃圾处理等设施及附属设施。

3.3.4 工程结构本体安全、周边环境和地质条件等因素是相互联系、相互作用、相互影响的。工程所处的水文地质条件、结构本体自身的稳定性和周边环境的安全状态是工程施工过程中关注的重点,因此,工程监测等级主要根据工程结构本体安全等级和周边环境保护等级确定。

如果遇工程周边环境对变形特别敏感,且有特殊风险控制要求时,应根据设计单位的要求确定监测项目、监测方法、监测精度及报警值等内容,制定专项的监测方案。

4 基坑工程支护结构及周围土体监测

4.1 监测项目及要 求

4.1.1 本规范的基坑工程系指城市轨道交通工程中所有涉及地下部分需要施工时,为了提供地下施工的空间,保护周围的环境和建筑不受影响,而采取的一系列措施的工程,包括了地下车站、盾构始发井、接收井、中继井、明挖区间、顶管工作井、高架承台等基坑形式。

4.1.2 基坑工程的支护结构和周围土体的监测项目共选择了 16 项,分为应测项目和选测项目。

应测项目是指施工过程中为保证工程支护结构、周围土体的稳定以及施工安全应进行日常监测的项目;选测项目是指为了设计、施工和研究的特殊需要在局部部位开展的监测项目。

围护墙墙顶水平位移和竖向位移是反映基坑稳定性的重要指标,对于各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

围护墙(桩)深层水平位移监测可以反映出围护墙(桩)沿深度方向上不同位置处的水平位移变化情况,对于分析围护墙(桩)的变形发展趋势有着重要作用,对于各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

围护墙应力监测能较好地反映出施工过程中墙体的受力状态,结合围护墙深层水平位移监测数据能较好地分析围护墙的稳定 性。由于围护墙应力监测成本高,现场实施复杂,不作为应测项目。

支撑轴力监测是反映基坑稳定性的重要监测项目,对于各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

基坑开挖引起坑内土体隆起,使立柱上抬,进而影响支撑系统的稳定性,因此,立柱竖向位移监测是一项重要监测项目,对于监测等级为一级、二级的基坑工程均规定为应测项目,当监测等级为三级时为选测项目。

地表竖向位移是综合分析基坑的稳定以及地层位移对周边环境影响的重要依据,且该项目简便易行,对于各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

地下水是影响基坑安全的一个重要因素,且监测手段简单,各监测等级的基坑工程均规定地下水位监测为应测项目。当基坑开挖范围内有承压水影响时,应进行承压水位的监测。

冠梁及围檩应力监测、立柱应力监测、坑底隆起监测、土体深层水平位移监测、土体分层竖向位移监测、土压力监测及孔隙水压力监测对了解和掌握基坑的安全状态有较大帮助,对现场施工具有较好的指导作用,但由于成本较大、操作困难,当基坑条件复杂或有相关方要求时可以选测。

4.1.3 基坑施工现场巡查应从坑外到坑内,从工程地表、周边环境到工程结构本体、开挖的土质等全方位巡查。巡查主要内容包括现场施工工况、周边环境、已开挖的工程地质与水文地质情况、工程支护结构(围护结构、支撑结构),并与监测作业有关联的一些活动以及现场施工中出现的问題。实际现场巡查工作中应包括但不限于本条中的内容,应根据现场具体情况适当增加。

4.2 监测点布设

4.2.1 围护墙(桩)顶端水平位移、竖向位移为反映围护墙(桩)稳定性的两个重要指标,测点应布设在基坑各边的中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建(构)筑物及地下管线等重要部位、地质条件复杂部位,其监测数据对于判断是否需要采取辅助措施

以保证支护结构和周边环境的安全具有重要意义。围护墙(桩)顶部水平位移、竖向位移监测点布设是沿着基坑周边进行布设的,两者可以共用,埋设简单;同时在上海软土地区,围护墙(桩)顶部水平位移也是围护墙(桩)深层水平位移监测计算的起始依据。在相近部位其监测点与立柱竖向位移监测点处于同一监测断面,以便于分析判断两者之间的差异隆沉情况。

4.2.2 围护墙(桩)体深层水平位移监测能够完整地反映围护墙(桩)的变形情况,是一项至关重要的指标。在有支撑作用的情况下,围护墙(桩)变形最大、最危险的部位不一定在顶部,而围护墙(桩)不同深度的水平位移监测可以反映围护墙(桩)的实际变形。围护墙(桩)体深层水平位移监测点布设要从围护结构的施工开始,一直到地下结构施工完成,监测点的埋设和保护周期比较长,所以在埋设及项目实施过程中,必须从埋设材料的选择、埋设部位、施工次序等多方面加以考虑和控制,围护墙(桩)体深层水平位移监测宜采用等壁厚测斜管,埋设测斜管时的一组导槽应垂直于墙体方向(或可能发生最大位移方向),测斜管埋设过程中及埋设完成后应做好测斜管保护工作。上海软土地区进行基坑开挖时,需要在围护墙(桩)体深层水平位移监测点处设置围护墙(桩)顶部水平位移和竖向位移监测点,通过观测测斜管管口的水平位移作为计算围护墙(桩)体深层水平位移的起算点。

4.2.3 围护墙应力监测能较好地反映出施工过程中围护墙体的受力特征,是防止基坑支护结构发生强度破坏的较为可靠的监控手段。监测点竖向位置的布设应考虑计算的最大弯矩所在位置、基坑上下两道内支撑的跨中位置、水土压力或地面超载较大的地方,同时为了便于分析围护墙体应力与变形的关系,监测点的布设应与围护墙(桩)体深层水平位移监测点相对应。

4.2.5 本条规定适用于钢筋混凝土支撑、钢支撑的轴力监测点布设。钢筋混凝土支撑一般采用钢筋应力计监测,钢支撑一般采用轴力计(也称反力计)或表面应变计监测。

基坑工程中的支撑对围护结构体系而言与基坑外侧土压力形成了作用力与反作用力,其支撑作用就是起到使围护结构体系受力平衡,防止坑内外土压力差值过大而导致围护结构体系失稳或倾覆。支撑轴力随着基坑的开挖、土方卸载而增大,因此在监测点布设时,应在同一竖向断面内的每道横向水平支撑均布设轴力监测点,该断面宜与围护结构的竖向位移、水平位移监测点等处于同一监测平面,以便于进行数据分析,判断围护结构体系的稳定性。

监测截面主要选择轴向受压较大的支撑杆件上且受剪力影响小的部位布设,故本条第3款要求当采用钢筋应力计和应变计监测时,监测截面宜布设在支撑长度的1/3部位。钢管支撑采用轴力计监测时,应在相对稳定的支撑固定端安装轴力计,安装时应使轴力计的轴线和钢管支撑的轴线重合,确保轴心受压,轴力计外壳与固定端贴角围焊,并与钢牛腿贴角围焊,其后靠必须填实,保证钢管支撑体系的稳定性。斜撑部位钢管支撑应尽量避免使用轴力计进行监测,以避免引起钢支撑失稳。

钢筋混凝土支撑轴力在监测过程中会受到混凝土收缩、徐变、温度等因素影响,为减小钢筋混凝土支撑轴力测试的误差,钢筋计应布设在支撑截面四边中部的钢筋上。

4.2.6 盖挖逆筑法的梁板结构由于在后续基坑开挖中同时起到了楼板结构的支撑作用,而结构受力最大或最复杂的部位是楼板与立柱和楼板与围护墙体的连接处以及围护墙体与立柱的跨中部位,所以在布设楼板应力监测点时应充分考虑这些关键部位。

4.2.7 立柱结构在顶部荷载作用下会产生沉降,在基坑回弹作用下会产生隆起,如果变形过大,将会导致立柱结构的节点变形甚至破坏,进而影响支撑系统的稳定性,从而致使基坑失稳或倾覆。因此立柱竖向位移监测点的布设应选择在结构受力较大且受力复杂、地质条件复杂等部位或有代表性的部位。基坑开挖影响范围内有承压水时,立柱竖向位移变化复杂,甚至可能会持续

隆起,应增加测点数量。

4.2.9 基坑底部隆起是基坑稳定性计算中的重要组成部分,引起基坑隆起的因素主要有卸载产生的回弹变形、底部土体的吸水膨胀及围护墙底部的侧向变形。在上海地区软土深基坑开挖中,一般隆起量为开挖深度的 $0.5\% \sim 1.0\%$,在涉及降低承压水头的工程中,隆起量会小些,有些工程仅为 0.2% 。

坑底隆起监测点的埋设和基坑开挖过程中的保护均比较困难,数据采集的难度较大且精度不高,监测点不宜设置过多,一般为科研工作提供数据。另外,在坑底隆起监测点埋设过程中,应有相应的安全保障措施,避免在基坑开挖过程中发生承压水的突涌。

4.2.10 基坑周边地表竖向位移监测点及监测断面的布设能直接反映车站基坑工程施工的影响范围及地表的竖向位移情况。由于车站基坑周围马路一般有路面结构层,其厚度和刚度均较大,地表竖向位移监测点如果直接布设在路面结构层上,监测点数据变化往往不能准确反映路面下方土体的真实变形情况,甚至会出现路面下方土体与路面结构层之间发生脱空的现象,因此本条第1款规定在平行基坑坑边线的一排地表竖向位移监测点宜采用深埋监测点方式布设,即应钻穿地表结构层,将沉降标志埋设于下方的土体中。

2 地下连续墙接缝处是渗漏发生几率较大的位置,沿平行基坑周边边线的地表竖向位移监测点应尽量布设在接缝处。

3~4 设置垂直于基坑边线的地表竖向位移监测断面,且断面的延伸长度大于2倍基坑深度,可以有效地监控基坑周边地表的变形范围,达到分析基坑工程施工对周围环境的影响程度和影响范围的目的。地表竖向位移监测断面一般选择布设在基坑侧边中部围护墙体位移较大的部位,或者有环境保护需求等代表性部位。

5 本条指出车站基坑两端头井工程结构本体、周围土体以

及周边环境监测点、监测断面的布设要考虑到不仅能反映基坑开挖时的变形情况,还能反映出基坑施工完成后区间施工时对周围环境的影响,两端头处周围环境的变形应是基坑开挖施工引起的变形和区间施工引起变形的累加结果,其获得的成果应能反映这种综合变形效果。

6 深埋监测点的埋设应满足以下要求:

- 1) 根据上海市城市轨道交通施工监测经验和本地区内土层分布和环境特点,为确保地表竖向位移测量值真实反映盾构推进对地表的影响,应在盾构始发和接收区域、与已有重要地下设施垂直穿越区域及沿线地面有重要管线、建(构)筑物区域布设深埋监测点,深埋监测点的埋设可参照图 1。
- 2) 深埋监测点的保护装置可按图 2 制作。

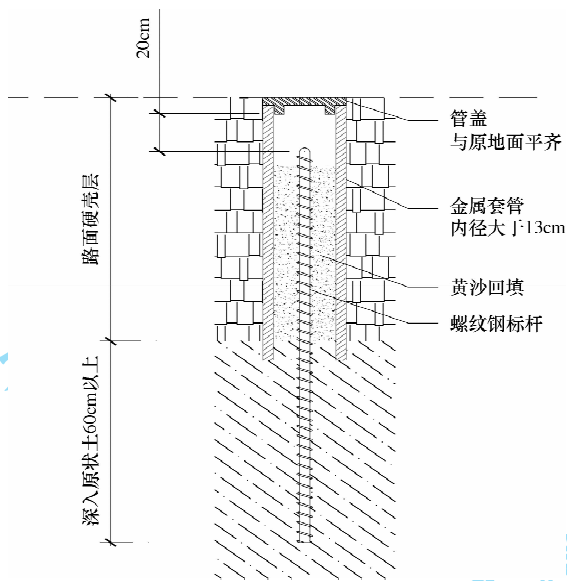


图 1 深埋竖向位移监测点埋设示意

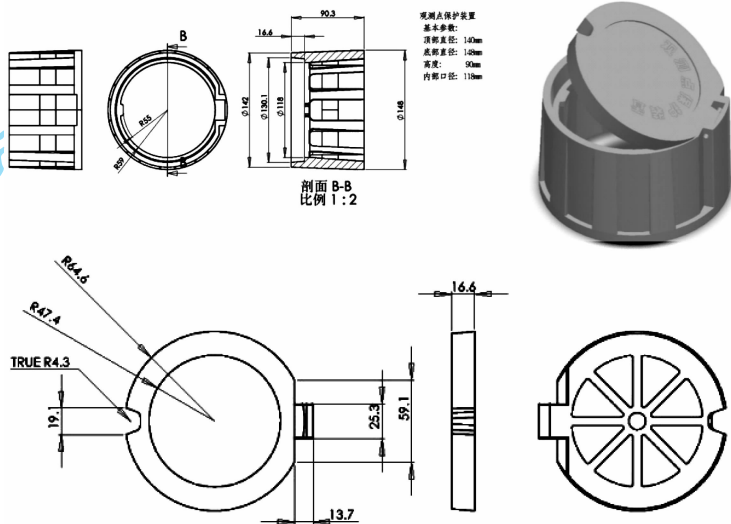


图 2 深埋监测点保护装置构造图及实物图(单位:mm)

4.2.11 土体深层水平位移监测孔埋设深度宜超过围护墙深 5m ~10m,测斜管管底尽量埋设到稳定土层中,如能保证管底基本不动时,可以管底作为固定起算点,同时能监测到围护墙底部的变形。监测孔钻孔埋设时,测斜管与钻孔孔壁间孔隙应使用膨润土填充密实。

4.2.12 土体分层竖向位移监测能反映出基坑开挖过程中不同深度土体的竖向位移变化情况。为监控特定埋藏深度的地下构筑物处土体位移情况,竖直方向上监测点布设应以该深度为中心,上下以合适的间距对称布设,数量应能全面反映工程施工时在立面上的影响范围。

4.2.13 围护墙侧向土压力监测点的布设应选择在受力、土质条件变化较大的部位,在平面位置上宜与深层水平位移监测点、围护墙应力监测点位置等相近,这样,监测数据之间可以相互验证,便于对监测项目的综合分析。在竖直方向(监测断面)上监测点

应考虑土压力的计算图形、土层的分布以及与围护墙应力监测点位置的匹配。

4.2.14 孔隙水压力监测采用孔隙水压力计,孔隙水压力的变化往往与土层位移变化密切相关,对于判断打桩、基坑开挖、水位、压力变化等对土层位移的影响有很重要的作用。

4.2.15 承压水位监测孔如埋设在基坑内部时,具有较高的风险,应有相应的安全保障措施,避免在基坑开挖过程中发生承压水的突涌,应由专业的施工队伍实施,监测单位可以利用专业降水单位埋设的承压水水位观测井进行观测或复核。

承压水位监测孔的埋设深度应能反映承压水水位的变化。水位监测孔钻孔埋设时,对应被测水层位置埋设滤水管,被测水层以上部分埋设不透水管,滤水管外侧与钻孔孔壁之间空隙回填洁净的中粗砂,不透水管外侧与钻孔孔壁之间空隙应使用膨润土回填密实,以避免被测含水层与其他含水层之间发生连通,影响水位监测数据的准确性。

4.3 监测频率与周期

4.3.1 本条明确了基坑工程监测的实施周期,应贯穿整个基坑工程,并非从基坑开挖开始,到结构底板浇筑完成结束。在围护桩(墙)施工和施工降水期间,对基坑周边的建(构)筑物、地表及管线会产生一定的影响,该阶段也应该实施监测,有利于得到完整、准确的变形累计值。

基坑底板浇筑完成后,支护结构与基坑土体的变形仍然继续发展,基坑工程仍有一定的风险,因此,应继续进行监测。一般情况下,基坑工程回填完成后就可以结束监测工作,但当临近基坑存在重要的建(构)筑物及管线时,或存在科学研究等特殊的监测目的时,可根据需要延长监测期限。

4.3.2 基坑监测是信息化施工的重要组成部分,是确保整个基

坑工程安全的重要手段。监测频率需根据施工工况、监测对象的受力和变形状态等因素不断调整,其基本要求是确保监测数据能准确反映监测对象随时间的变化规律。

定时监测可便于计算监测对象的变化速率和累计变化量,从而较为全面地评价监测对象的安全状态。当发现基坑工程存在较大安全隐患时,宜进行跟踪监测。

4.3.3 基坑施工阶段的监测频率主要依据监测等级、基坑设计深度、开挖进度以及基坑底板结构的浇筑和养护情况确定基坑工程监测频率。

基坑工程应在施工前埋设周边环境、周围土体的监测点并测定初始值。桩基开始施工时,监测工作也随之开展,如果桩基础不是采用挤土桩时,且对周边环境影响比较小,此时监测频率宜1次/7d~1次/3d;支护结构施工时,可能会出现槽段开挖后坍方、孔壁坍孔、基础加固或止水帷幕施工时挤土等因素的影响,此时监测频率宜调整为1次/2d~1次/1d;在基坑降水阶段,因为降水可能会对周边地表及环境产生影响,此时监测频率宜保持为1次/2d~1次/1d。

开挖过程中在基坑挖深小于15m,宜每天监测1次;基坑开挖深度大于15m后,应该结合支护结构、周边环境的变形发展的情况,必要时对关键区域加密至每天监测2次;当数据超过报警值且存在安全隐患时应提高监测频率。

基坑主体结构施工过程中当拆除内支撑时,支护结构受力将会发生变化,会给支护结构的稳定带来风险,此时需要调整监测频率为1次/1d。

4.4 监测报警值

4.4.1 确定基坑工程支护结构和周围土体监测项目的监测报警值是一个复杂的过程,要在保证基坑支护结构和周边环境安全的

前提下,综合考虑工程质量和经济等因素,减少不必要的资源投入。

每一项监测项目都应根据具体情况事先确定相应的报警值,根据位移或受力状况是否超过允许的范围,来判断当前工程是否有风险,是否需要调整施工措施或优化原设计方案。

基坑工程监测报警不但要控制监测项目的累计变化量,还要注意控制其变化速率;累计变化量反映的是监测对象即时状态与安全状态的关系,而变化速率反映的是变形或受力发展的快慢,过大的变化速率往往是突发事件的前兆。

支撑轴力的监测报警值除了要考虑支撑本身的承载能力以外,还需要关注支撑设计的预应力值,如果钢支撑受力比预应力值小到一定程度时,需要复加预应力以保证钢支撑的正常受力状态。

本条基坑工程施工支护结构和周围土体监测项目报警值按照监测等级以及相关规范标准的规定来控制,具体操作宜由设计单位依据相应工程设计计算结果、工程经验类比来综合确定,监测单位遵照执行。

表 4.4.1-1 中围护墙(桩)深层水平位移监测项目的累计报警值按设计控制值的 90%确定。

5 盾构法隧道结构及周围土体监测

5.1 监测项目及要 求

5.1.1 盾构法隧道结构和周围土体的监测共列出了 11 项监测项目。监测项目的选择应综合考虑施工工法的差异、隧道沿线工程地质条件、地上地下环境的特殊性,是否具有成熟的类似地质条件、埋深、施工工艺下的成熟的推进经验,是正常推进还是试验段等。监测项目的选择还应考虑监测对象的结构形式与特征、健康状况等。

盾构法隧道结构竖向位移、隧道结构净空收敛对判断隧道工程质量安全非常重要,能够及时了解 and 掌握隧道结构纵向坡度变化、差异沉降、管片错台、断面变化及结构受力情况,对盾构施工具有指导意义。因此,对各监测等级均规定为应测项目。

盾构法隧道掘进过程中,对地表竖向位移监测可以直接反映出盾构施工对周围土体及周边环境的影响程度、同步注浆和二次注浆效果以及盾构机自身的施工状态,对掌握工程安全尤为重要。因此,规定了地表竖向位移监测对各监测等级均为应测项目。

5.1.2 现场巡查是仪器量测的重要补充手段,现场巡查包括人工巡查和拍照、摄像等,图像影像摄取方法用于有特殊要求或需界定责任主体的项目,巡查范围包括盾构法隧道工程主要影响区和次要影响区。现场巡查的目的主要是摸清被监测对象、施工工况是否异常,合理有效确定监测重点和关键,跟踪监测危险点。

现场巡查可采用人工目测的方法,并辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等工具。首次巡查及过程中一些重要异常除填表外还应进行拍照、摄像等,及时整理巡查信息。

照片和影像资料采集的目的是确定监测对象现状,界定影响监测对象的行为主体。监测对象对变形比较敏感时,宜采集现状的照片或影像资料。

对于已经掘进结束且监测数据趋稳(变形速率 $\delta \leq 0.5\text{mm/d}$)的区域,若此区域巡查范围内出现建(构)物、地面裂缝等,应纳入经常巡查的范围内。

5.1.3 对监测数据的分析应综合考虑影响监测对象变形的各种因素。影响监测对象变形的因素包括盾构推进施工对周围土体的扰动、盾构推进区域地质条件及周围环境自身状况。

盾构推进施工对周围土体的扰动程度主要取决于盾构施工参数。盾构推进速度越快对土体的扰动影响越大,盾构正面土压力设置得越大对土体的扰动影响越大。此外,盾壳与盾构环片空隙的填充注浆量(同步注浆)对原状土体的补充程度、盾构尾部漏浆(导致空隙填充不充分或不及时)、盾构姿态发生突变或突然纠偏时都会对监测对象的监测数据产生影响。

同样的施工参数对不同的盾构断面地质条件区域监测对象的影响是不同的,监测数据出现异常时应再次查阅地质资料,查明地质条件的变化、盾构是否穿越不良地质层。

盾构掘进过程中,相同的工程影响区因周围环境自身的结构型式、健康状况的差异对影响的敏感程度不同,因此监测数据分析时应充分考虑周围环境个体的差异性,并结合现场巡查进行分析。

5.1.4 盾构法双线工程有时左右线间距较近,施工时往往是一先一后,那么先期施工的线路会在一定的范围内对地表及周边环境造成一定的变形影响,因此,后期施工的线路所造成地表及周边环境的变形应是后建线路与先建线路的变形累计。后期施工的线路在土体开挖卸载过程中,因为土体的扰动,会对先建线路的隧道结构产生影响。因此,本条规定在后建线路施工时,应对与其间距较近的先建线路的隧道结构加强监测。

5.2 监测点布设

5.2.1 盾构法隧道掘进过程中由于土方开挖卸载和地下水压力变化会引起周围土体的扰动和变形,打破了周围土体原有的应力平衡以及地下水的正常状态,因此布设隧道结构竖向位移和净空收敛监测以掌握隧道结构受周围土体压力变形情况,进而反映隧道结构的安全状态。

盾构法隧道管片既是隧道的支护结构也是隧道的主体结构,通过对盾构法隧道管片结构竖向位移和净空收敛的监测,能够及时了解 and 掌握隧道结构纵向坡度变化、差异沉降、管片错台、断面变化及结构受力情况,以及隧道结构变形与限界变化,对盾构施工具有指导意义。监测点布设应充分考虑施工期和运营期监测衔接工作,当隧道铺轨施工时要及时跟进布设监测点并测取初始值,原有变化量应累加到重新布设的测点的变化量上,不得归零。

盾构法隧道管片结构水平位移监测具有一定的难度,但管片背后注浆不及时,或注浆质量不好,地质条件复杂或存在地层偏压时,往往会发生管片的水平漂移,应根据盾构法隧道穿越的具体位置、地层和邻近地下管线和障碍物的具体情况综合确定。

管片结构应力监测、管片连接螺栓应力监测主要测试管片受力状态及特征,掌握管片受力情况,为调整施工参数提供监测数据,一般根据设计需要选择。

5.2.2 地表竖向位移监测点布设的位置和质量是盾构推进监测控制的重点。盾构推进过程中,地表沉降可以反映出盾构施工对土体及周边环境的影响程度、同步注浆和二次注浆效果,以及盾构机自身的施工状态,有效的监测信息的反馈是及时调整施工参数、有效控制工程安全的重要措施之一。因此,地表竖向位移监测点的布设位置和布设质量是监测控制的关键之一。

1 地面放样区间隧道线路中心线,可以保证地表竖向位移

测点位置正确,同时也可以验证设计期间的地形图测量及障碍物调查资料,减少施工风险。获得盾构法隧道设计图纸后,应及时放样线路中心线,线路特征点的放样桩保存时间应能满足监测点的布设要求;若地面放样后发现设计采用的地形图与实际不符,如建(构)筑物与设计图有出入时,做好记录并及时通知业主、设计、施工等相关各方,避免盾构推进时造成不必要的麻烦。

2 初始值测取应根据盾构施工动态进度计划对周围地表竖向位移监测点进行布设和测取初始值。洞口加固区应在加固前2周完成布点,并在加固施工前提取初始值;根据盾构推进的特点,应按盾构推进进展动态布点,如盾构推进过程中,盾构机切口前120m范围内环境监测点布设及初始值测取应完成。

3 盾构出洞、进洞施工阶段是盾构法施工的重大风险点。上海地区盾构施工主要有土压平衡式和泥水平衡式。盾构出洞阶段应确保盾构连续正常地从非土压(泥水)平衡工况过渡到土压(泥水)平衡工况,实际施工时偶发因素较多,如加固区加固后土体强度及隔水效果、洞口密封、洞门密封等,要求监测点布设范围足够、布设位置有效,及时提供工程结构本体及环境变形的信息,以供施工等相关方采取相应的措施,是防止意外情况发生重要手段之一。

4 测点编号分别对应上、下行线环号进行统编,便于施工工况与监测点的对应识别。

宜参照图3布设盾构出洞、进洞区域以外的地表竖向位移监测点。

5 盾构始发、接收阶段属于高风险施工部位,隧道下穿或邻近重要建(构)筑物和地下管线等环境对象时会对环境对象安全与稳定造成较大影响。因此本条规定在盾构始发与接收部位及穿越区域,适量增加穿过硬壳层进入原状土的深埋监测点,是对高风险施工区域有效控制的重要措施之一。

如盾构出洞加固长度6.5m,进洞加固长度3.5m时,盾构始

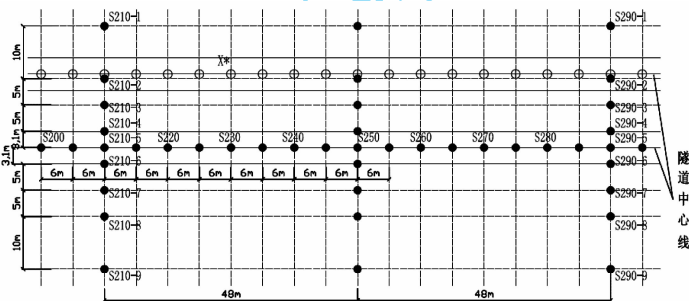


图 例

- 上行线隧道上方地表沉降剖面监测点 (S表示上行线, 数字表示测点对应的环号)
- ⊙ 下行线隧道上方地表沉降剖面监测点 (X表示下行线, 数字表示测点对应的环号)

图 3 典型盾构法隧道区间监测点布置图

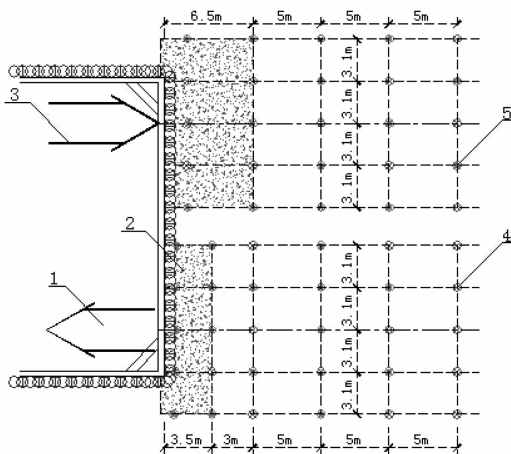


图 4 盾构始发与接收区域监测点布置图

- 1—盾构进洞; 2—土体加固区; 3—盾构出洞; 4—模拟监测点; 5—深层监测点

发与接收区域应按图 4 布设监测测点。

5.2.3 主要影响区内存在特殊地质条件、对沉降敏感且有特殊保护要求的重要建(构)筑物或管线,或优化施工参数需要监测数据时,根据施工需要对土体深层水平位移和土体分层竖向位移进

行监测,其主要目的是为了掌握和了解盾构施工对周围土体的影响程度及影响范围(包括深度范围),进而掌握由于土体的位移变形对周围建(构)筑物带来的影响,起到更加全面的预判作用。因此,监测点的布设位置和深度应综合考虑盾构法隧道所处水文地质条件和周边环境条件,以及监测点与隧道结构的相对位置关系等。

孔隙水压力监测一般是盾构施工过程中在一些特殊地段增加的监测项目,此监测项目往往要和管片结构的变形监测及受力监测布设在同一监测断面内,目的是便于分析管片结构及周边环境的变形规律和安全状态,进一步指导工程施工和设计。

土压力监测主要根据盾构法隧道穿越的水文地质条件及周边环境情况确定,也可用于盾构法隧道近距离穿越重要的地下建(构)筑物及管线前进行的模拟穿越施工阶段,目的是了解和掌握盾构施工对周围土体及周边环境的扰动情况,以及对隧道结构的影响程度,用于进一步指导工程施工。

5.3 监测频率与周期

5.3.1 盾构法隧道掘进过程中,土体卸载、应力释放、地下水流失等都会对掘进面前方土体产生扰动,导致前方地表和周边环境发生变形。因此,本条规定在盾构法施工时,应超前布设监测点,提前采集初始值。盾尾脱出一定时间以后,实测地表竖向位移的收敛情况,当地表竖向位移变化速率连续 2 次小于 $0.5\text{mm}/15\text{d}$ 时,在获得相关单位同意后可停止隧道施工阶段监测。

5.3.2 盾构法隧道工程施工的监测频率应满足及时反映盾构法施工引起周围土体变形规律的要求,同时也要考虑盾尾空隙沉降和后期土体固结沉降,监测周期能够覆盖整个变形过程。盾构法隧道施工中隧道结构、周围土体和周边环境的监测频率主要依据盾构机刀盘至监测点的水平距离确定。

根据上述要求,本条对切口前方、后方的主要监测对象根据监测点距切口水平距离,并结合变化速率在不同阶段提出了不同的监测频率。盾构推进过程中应根据盾构推进的速度,动态调整监测范围,当遇到异常工况或数据突变时应及时加密监测频率,视工程需要直至跟踪监测。

5.4 监测报警值

5.4.1 盾构法隧道施工过程中隧道管片结构变形及周围土体位移与工程所处范围内的工程地质和水文地质条件、周边环境条件及盾构施工参数等密切相关。盾构法隧道监测项目报警值应首先结合工程特点,经工程类比和分析计算后确定。

除了轨道交通 16 号线,上海地区目前已经建成运营的隧道管片结构外径均为 6.2m,新建隧道管片结构外径一般为 6.6m,隧道净空收敛监测累计报警值应根据具体设计图纸确定。

允许地层损失率是盾构推进过程中的一个重要控制指标,应根据周边环境及其与盾构法隧道的关系综合确定,即根据盾构法隧道监测等级确定。

地层损失率可按式(1)进行简化计算:

$$V_1(\%) = H\delta/A \quad (1)$$

式中: $V_1(\%)$ ——地层损失率;

H ——盾构中心埋深(mm);

δ ——轴线点累计沉降量(mm);

A ——盾构刀盘面积(mm^2)。

盾构法隧道管片结构外径为 6.2m 时盾构刀盘直径为 6.34m,盾构法隧道管片结构外径为 6.6m 时盾构刀盘直径为 6.76m。

地面竖向位移的基本原因是盾构法隧道施工引起的地层损失和盾构法隧道周围受扰动或受剪切破坏的重塑土的再固结。

6 联络通道隧道结构及周围土体监测

6.1 监测项目及要 求

6.1.1 目前上海城市轨道交通地下区间隧道的联络通道施工工法主要为冻结法,针对这种工法,监测对象可分为三大类,即邻近隧道结构、周围土体和周边环境。冻结法是矿山法施工的一种特殊工艺,专业性比较强,所以在施工过程中,联络通道自身结构的竖向位移、净空收敛等可作为施工控制措施由专业施工单位进行监控;周边环境的监测内容可参照本规范第9章。

6.1.2 联络通道的监测范围根据上海地区采用冻结法施工联络通道时对周边环境影响范围的计算分析和实际工程经验确定。

6.1.3 联络通道施工巡查包括了邻近联络通道处隧道结构状况、冷冻设施运行情况、施工工况及周边环境巡查等几部分。

6.2 监测点布 设

6.2.1~6.2.2 在联络通道中心线两侧,隧道结构竖向位移、隧道结构净空收敛监测按先密后疏的原则布设监测点,且监测点宜对应布设在一个断面上,便于数据之间相互分析和校核;测点编号分别对应上、下行线环号进行统编,便于施工工况与监测点的对应识别。

6.2.3 联络通道施工时,应按图5布设联络通道上方的地表竖向位移监测点,其中需要按照一定比例设置深层监测点。

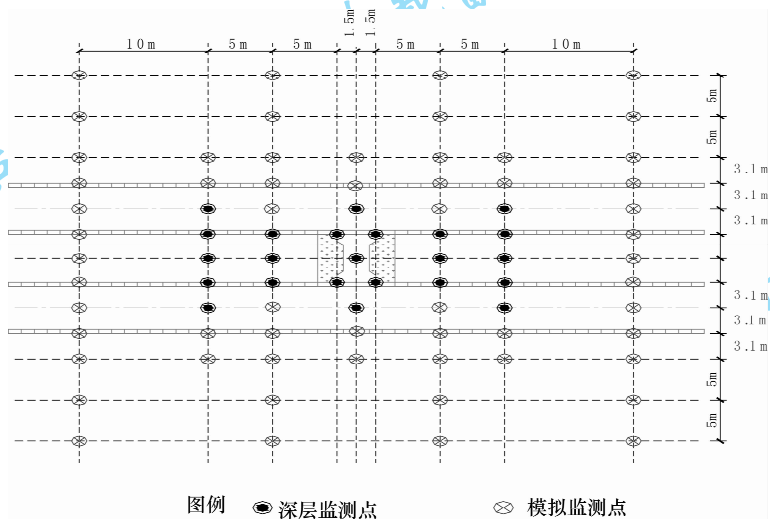


图5 联络通道施工地表竖向位移监测点布置图

6.3 监测频率与周期

6.3.1 联络通道监测应从钻孔开始至融沉注浆结束且监测数据收敛后为止。一般联络通道的施工是从钻孔开始,故在钻孔前要完成布点和测读初始值;监测结束时间是在施工最后一道工序融沉注浆结束后,当冻结壁已全部融化,且不注浆的情况下,地表沉降速率连续2次小于 $0.5\text{mm}/15\text{d}$ 时,可停止监测。

6.3.2 表6.3.2是按照联络通道施工期间钻孔、冻结、开挖及结构浇筑、融沉注浆这4个主要阶段分别确定监测频率。融沉注浆阶段又按解冻方式分为自然解冻和强制解冻两种情况,冻结壁强制解冻的目的主要是为了加快融沉补偿注浆速度,缩短冻结对周围环境影响的时间。强制解冻时应防止地层加速沉降影响周边地下管线和建(构)筑物安全,所以在强制解冻期间的监测频率需要加密。

6.4 监测报警值

6.4.1 联络通道施工期间隧道结构监测项目的变化速率报警值按钻孔、冻结、开挖及结构浇筑、融沉注浆等 4 个阶段分别设置。当设计有明确的具体要求时,以设计方的报警值为准。

7 高架结构监测

7.1 监测项目及要求

7.1.1 由于受工程地质条件、施工方法和施工过程中许多不确定因素的影响,高架车站及高架区间工程结构可能会发生不同程度的位移变形,甚至可能会影响到结构的安全。上海地区高架段的常见梁型为简支梁或连续梁,主要包括墩台竖向位移监测和梁体徐变监测;新梁型或设计另有要求时,可根据设计文件增加梁板应力、墩柱倾斜等监测项目。拱桥、斜接桥等大跨度特殊桥型的监测工作,遵照具体设计文件的要求。

高架车站或区间承台施工若有基坑施工,可参考本规范第4章的相关要求。

7.2 监测点布置

7.2.2 简支梁徐变监测点布置如图6所示,U型梁徐变监测点布置如图7所示。

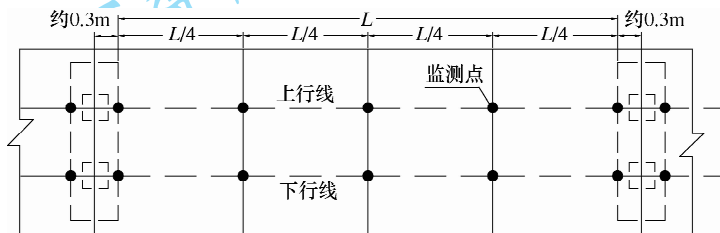


图6 简支梁徐变监测点布置图

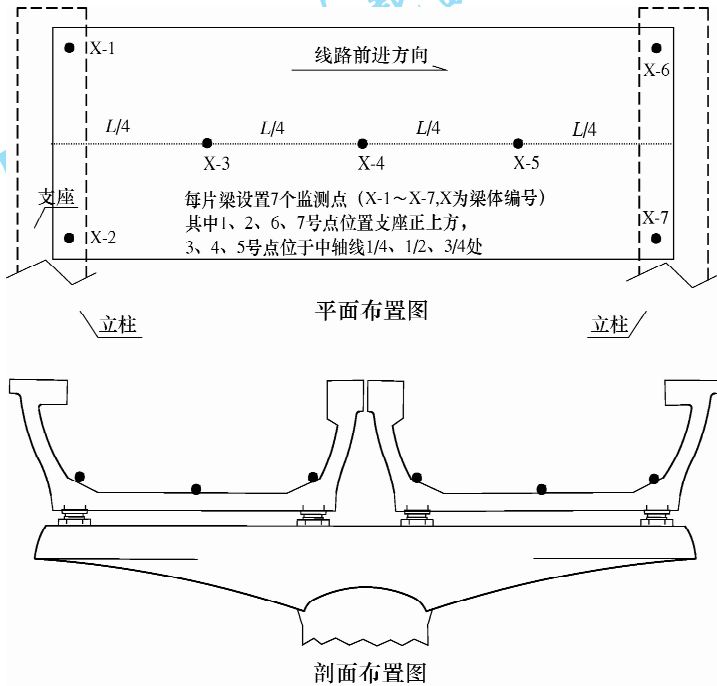


图7 U型梁徐变监测点布置图

7.3 监测频率与周期

7.3.2~7.3.3 明确了墩台竖向位移、梁体徐变的监测频率应根据荷载变化情况、施工工艺和工序的开展确定,以能够及时、准确、系统地反映结构变形为确定原则。

7.4 监测报警值

7.4.1~7.4.2 差异沉降较大时会对轨道的平顺性产生影响,连续梁差异沉降(挠度变形)较大时还会产生附加应力,影响高架结

构的使用性能。上海某城市轨道交通线 2010 年年初建成通车，2013 年 11 月一跨径为 50m+82m+50m 的连续梁对应的 54#墩~57#墩竖向位移量分别约 15mm、48mm、45mm、14mm，差异沉降量达 30mm 左右，为消除差异沉降影响，2013 年 12 月对中间两座墩实施了顶升、置换支座垫高的措施。

铺轨完成后的竖向位移量、差异沉降量、梁体徐变量的报警值，采用的是上海地区城市轨道交通运行维护的经验值，大于该值应及时采取相应措施。比较起来，《高速铁路工程测量规范》TB 10601 中第 8.4.8 条要求，“无砟轨道桥梁相邻墩台累积沉降量之差应 $\leq 5\text{mm}$ ”；《公路桥涵地基与基础设计规范》JTGD 63 中第 4.3.3 条要求，“相邻墩台间不均匀沉降差值（不包括施工中的沉降），不应使桥面形成大于 2‰的附加纵坡（折角）”；本规范取值介于高速铁路与公路桥梁规范之间。

8 顶管工程结构及周围土体监测

8.1 监测项目及要 求

8.1.1 编制顶管施工的监测方案时,应根据设计要求及确定的监测等级选择监测项目,如设计无特殊要求时,应按表 8.1.1 确定监测项目。管段结构变形监测包括了管段的竖向位移和净空收敛两部分监测内容。顶入式箱涵工程的监测项目及要 求可参照顶管工程。顶管工程的工作井和接收井基坑的监测工作可参考本规范第 4 章的相关要 求。

8.1.2 本条分别给出了对施工工况、周边情况、监测设施进行巡查的主要对象和内容,实际现场巡查工作中包括但不仅限于此内容,需根据实际情况进行适当增加。

8.2 监测点布 设

8.2.1 顶管工程顶进施工过程中,导致地表变形的因素很多,如何控制地表沉降是一个综合性的技术难题。为保障顶管施工质量、减少对环境的影响,监测工作尤为重要。监测点的布设应根据影响因素和变形特点综合考虑,一方面应沿顶管轴线布设竖向位移监测点,另一方面在轴线两侧一定范围内,布设横向监测断面,以测得完整的沉降槽。

8.2.2 顶管管材有钢管、钢筋混凝土管、玻璃钢夹砂管、预应力钢筒混凝土管等,顶进断面有圆形和方形等形状,监测点的布设应根据管材、管径、断面及设计要 求等综合确定。

8.3 监测频率与周期

8.3.1 顶管工程和盾构法隧道工程一样,在顶管施工时应超前布设监测点,提前采集初始值。顶管顶进过程中,在顶管工作井及沿顶管轴线影响范围内,应对方案中确定的所有监测项目实施观测,直至顶管工程结束,监测数据趋于稳定,地表竖向位移速率连续 2 次小于 $0.5\text{mm}/15\text{d}$ 时,可结束顶管施工阶段监测。

8.3.2 顶管施工在其始发和接收前后是施工风险节点,对工作井、周边环境的影响较大,变形速率、变形量可能较大,应根据工程情况及设计要求确定需要加强监测的范围,并增加监测频率,加强对现场的巡查。

8.4 监测报警值

8.4.1 顶管工程监测项目报警值应结合工程项目的特点,经工程类比和分析计算后确定。当无类似项目经验时可参照本规范表 8.4.1 内容确定地表竖向位移监测报警值。

9 周边环境监测

9.1 监测项目及要 求

9.1.1 城市轨道交通工程施工会对工程区域周边的建(构)筑物、管线、高速公路与城市道路、桥梁、既有城市轨道交通、既有铁路(包括城市轨道交通地面线)、既有隧道带来影响,根据距离工程建设区域的远近将影响范围内的区域划为主要影响区及次要影响区,工程建设期间需对位于影响区域内的保护对象进行监测。如遇到设定安全保护区的保护对象时,工程建设期间应对位于安全保护区范围内的保护对象进行监测。

9.1.2 周边环境监测项目及监测点的选择及布设位置确定需要考虑以下几个因素:①周边环境保护对象自身的保护等级;②周边环境对象所处的工程影响分区;③工程地质及水文地质条件;④周边环境保护对象结构形式、材质和特点;⑤工程施工方法和工序。

反映周边环境监测对象变形特征的关键部位是指建(构)筑物伸缩缝、纵横墙交接处、高低悬殊或新旧建(构)筑物连接处、不同基础形式和不同基础埋深部位、地下管线的转角部位、桥梁墩台等,这些部位一般都是发生变形的关键部位,应布设监测点进行控制。

受施工影响的敏感部位是指周边环境监测对象的抗变形能力较弱的部位,受施工较小的影响,可能就会产生变形,这些部位对施工影响比较敏感。如建(构)筑物出现较大裂缝的部位等。

9.1.3 周边环境监测应测与选测项目主要依据上海市城市轨道交通工程监测经验,同时参照现行国家标准《城市轨道交通工程

监测技术规范》GB 50911、《地铁设计规范》GB 50157、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8、《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99 及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08—2001、《地基基础设计规范》DGJ 08—11 等,经综合分析确定。由于影响区域内的建(构)筑物、管线、高速公路与城市道路、桥梁、既有城市轨道交通、既有铁路、既有隧道等的竖向位移对工程影响反应最直接,监测也较简单,故不管是主要影响区还是次要影响区竖向位移一般都被列为应测项目。由于竖向位移(差异沉降)一定程度上可间接反应被测对象的倾斜情况,故对倾斜监测要求适当放宽。水平位移在实际工程中不常见,而且发生量也比较小,且对观测环境、观测条件要求较高,故对水平位移的监测要求放得更宽些,定为选测项。

9.1.4 对有特殊保护要求的建(构)筑物及设施进行监测时往往需要取得相关管理部门的认可及配合方可实施,故监测项目相关要求、监测项目报警值等都需事先与主管部门进行协调沟通。

9.2 监测点布设

9.2.1~9.2.4 这几条规定了建(构)筑物监测点的布设原则,主要依据已有上海市城市轨道交通工程大量的工程监测经验,同时参照现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和行业标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑变形测量规范》JGJ 8 及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08—2001、《地基基础设计规范》DGJ 08—11 等。上海作为国家特大型城市,城市轨道交通工程建设期间工程区域内及附近周边会涉及很多建(构)筑物,对周边建(构)筑物的保护很重要,故测点布设应能充分反映建(构)筑物的实际变形情况,即测点应布设在监测对象变化特征的关键部位。高层、高耸建(构)筑物,或具有较大的结构刚度

和基础刚度的建(构)筑物,可采用基础两点间的差异沉降推算倾斜变形,其监测点应符合竖向位移监测点的布设要求。

建(构)筑物裂缝监测应在工程施工开始前先进行现场调查,对建(构)筑物密集区域、老旧房屋或房屋状况较差的区域更应重视监测工作前的现场调查,对施工行为开始之前的已有裂缝,宜采用拍照、摄像等方式留取第一手资料,并根据裂缝特点选择有代表性的裂缝进行布点监测。当受工程影响出现新裂缝时,应分析、判断新裂缝对建(构)筑物结构安全的影响,选择影响性较大且发展变化速度较快的裂缝增设监测点。当存在不规则的异形裂缝时,宜根据裂缝的具体形态适当增加监测点,裂缝监测点连线宜与主要裂缝垂直,并应统一进行编号。

9.2.5 本条明确了地下管线的监测布点原则。上海城区尤其是中心城区的地下管线分布较多、错综复杂,管线监测工作非常重要。地下管线监测的重点包括燃气管线、上水管线、热力管线等有压管线,这些管线如果发生损坏,会直接影响周边居民的生活;燃气管受损泄漏还可能造成明火或爆炸,严重时危及周边人民生命财产安全,造成巨大的社会影响。另外,对位于主要影响区年久失修且抗变形能力差、易于渗漏的雨污水管线也应进行重点监测。

地下管线监测点布设形式分为间接监测点和直接监测点两种形式。间接监测点通常布设在管线上方的地表或地表浅部土体中,通过监测地表或土体的变形情况,间接分析管线的变形情况。间接法适用于柔性管线或与周围土体差异不大的管线,此类管线与周边土体变形的同步性较好。虽然间接法观测精度不及直接法高,但由于测点布设相对简单,费用低,在一般性工程中应用最广泛。对风险等级较高、距离城市轨道交通工程较近或对工程影响较大、刚性较大的地下管线,宜视情况考虑布设管线直接监测点。直接监测点的埋设需根据管线的特性及埋深专门研究考虑埋设方法,常用的方法有套管位移杆法和抱箍法。套管位移

杆法是采用一根硬塑料管或金属管埋设于所测管线顶面和地表之间,量测时将测杆埋入埋管内,再将标尺搁置在测杆顶端,只要测杆放置的位置固定不变,测试结果就能反映出管线的竖向位移变化。抱箍法是在特制的圆环(也称抱箍)上连接固定测杆,圆环抱箍在管线上,将测杆与管线连接成一个整体,测杆略低于天然地面,测杆出头位置地面处设置相应的保护测杆的窞井,以保证道路交通的正常通行。此方法观测精度较高,但埋设时需对马路“开膛破肚”,牵涉面较广,无相关主管部门配合实施,监测单位无权直接开挖埋设。此类测点需工程建设相关各方根据被保护管线的重要性共同协商确定是否需要埋设。

对于埋设浅、管径较大的地下管线也可将测点设置在管线接头或阀门处,在其凸出部位上做标识作为测点。

地下管线的重要性不同、距离基坑的远近不同和管线的特性不同决定了其抗变形能力、抗渗能力、抗冲击破坏能力的不同,应综合上述因素来确定哪些管线需要重点监测。

地下管线的节点、转角点、结构软弱部位、与工程邻近的变形较大部位较易发生管线开裂或受损,是地下管线需重点监测的部位。由于管线埋于地下,上述重点部位信息较难获得,故可根据管线的特点,将位于窞井、阀门、抽气孔及检查井等位置处的管线设备用作监测点。

主要影响区内地下管线所受工程建设活动的影响可能会较大,故主要影响区域内的地下管线监测点布设密度应大于次要影响区。

由于污水、供水、燃气、热力等地下管线自身刚度较大,其变形与周边土体往往不同步,土体变形通常较管线变形先发生且量值较大,宜造成管线下方土体脱空,使管线存在较大的损坏风险,情况严重时可导致管线断裂。因此,对这类管线有条件时除在周边土体布设监测点外,宜布设直接监测点。

9.2.6 高速公路与城市道路的路面与路基刚度差异较大,会造

成变形不同步的现象,刚度小的先变形且变形量大,刚度大的后变形且变形量小,差异沉降宜造成路基与路面脱空的现象。碰到路基处理质量较差的部位,这种情况会更明显些。而城市道路下方常常有大量的地下管线,许多地段还涉及地下构筑物,如过街通道、管井等设施,故高速公路与城市道路的监测点布设宜结合周边环境、路基、路面下方构筑物、地下管线等情况综合考虑。

临近城市轨道交通工程基坑工程的高速公路与城市道路,路面监测点通常布设在靠近基坑一侧,同时应布设成监测断面。对高速公路及城市重要道路,由于受损会给交通通行带来较大影响,故需加密布设监测点,确定布点位置时应综合考虑能反映道路的变形状况、施测的可行性、车辆的通行及测试人员的安全等因素。

盾构法隧道工程穿越高速公路和城市道路时,应在其影响范围内布设路面和路基竖向位移监测点,布点除应满足本规范要求外,还应考虑车辆通行情况、可施测性及测试人员的安全。地表监测点应布设在路肩或绿化带等施测条件相对较好的区域。

9.2.7 城市轨道交通工程建设对地层的扰动会使地基土变形,进而传递至桥梁的墩柱或承台,使其产生受力和变形,桥梁墩柱或承台的位移和变形进而会影响上部梁板结构,可见桥梁墩柱及承台位移变形可反映桥梁整体的变形情况,故在桥梁墩柱、承台上布设监测点即可获取反映桥梁变形的信息。

桥梁墩台之间的差异沉降可引起桥梁上部结构变形而产生应力集中现象,当产生的集中应力超过其应力限值时,可引起桥梁结构受损产生开裂甚至破坏。桥梁结构应力监测一般选择桥梁跨中部位的中部和两翼,或墩台附近。

9.2.8 城市轨道交通施工阶段,周边环境存在既有城市轨道交通时,既有城市轨道交通的监测应根据保护区的监测要求及现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170 的相关要求执行。

9.2.10 在城市轨道交通工程施工的影响范围内存在既有隧道

时,需对既有隧道结构的竖向位移进行监测,以反映施工对隧道结构的影响程度,来确保既有隧道的正常运行。

如侧墙上有装饰层时,收敛监测点应避开装饰层,布设在隧道侧的结构上。

既有隧道监测中应注意观测隧道结构缝两侧的差异沉降,因此应在隧道两边侧墙的两侧布设监测点进行监测。

9.3 现场巡查

9.3.1 周边环境的现场巡查内容较多,专职巡查人员应密切关注周围环境的变化情况,与施工前的状况进行对比,对环境变化情况应及时记录,对施工引起的环境变形情况及时反馈,及时汇报。表 9.3.1 中给出了基坑工程、盾构法隧道、联络通道、高架车站及高架区间、顶管工程等施工时对周边环境进行巡查的主要对象及内容。现场实际巡查工作中应包括但不限于此内容,要根据实际情况进行适当增加或调整。

9.4 监测频率与周期

9.4.2 周边建(构)筑物的稳定标准可参考现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定,地表、地下管线等其他周边环境的变形稳定标准宜根据工程经验或评估结果确定。

9.5 监测报警值

9.5.1 建(构)筑物监测项目报警值由其自身特点和已有变形决定,即与其自身的使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型和地基条件密切相关。建(构)筑物的安全性与其沉降或变形总量有关,总变形量应为建(构)筑物原有的沉降或变形与工程

建设造成的附加沉降或变形之和,故应调查评估建(构)筑物已有的变形。年代久远的老旧房屋、存在病害的危险建(构)筑物或国家级文物保护建(构)筑物的监测项目报警值宜根据专项房屋检测评估报告确定。无特殊要求的一般建(构)筑物变形报警值可参照表 9.5.1 确定,表 9.5.1 参照了现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08—2001。报警值从累计竖向位移值、变化速率及差异沉降三个方面进行衡量判断,满足其中之一即可报警。给出的报警值是一个范围,若建(构)筑物距离基坑较近、本身比较老旧、结构较差,可取下限值;反之,取上限值。

9.5.2 地下管线监测项目报警值由其自身特点和已有变形决定,即与其自身的功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等密切相关,地下管线变形大小除与自身特点有关外,主要受其与工程的空间位置关系、工程本身的规模等因素影响。通常情况下施工前应对工程影响范围内的管线进行调查核实,根据相关规范、设计要求,与相关管线管理部门沟通协调确定管线监测项目报警值。无特殊要求时管线监测项目报警值可按表 9.5.2 确定,表 9.5.2 参照了现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08—2001。

9.5.3 高速公路和城市道路沉降主要表现为道路路基沉降,监测项目报警值常规情况下可参照表 9.5.3 执行,表 9.5.3 参照了现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911。有特殊要求时,应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期的基础上,结合其与工程的空间位置关系进行确定。对保护等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路,宜通过现场探测和安全评估等确定其竖向位移报警值,竖向位移报警

值应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 和《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2 的有关规定,并满足相关主管部门的要求。

9.5.4 桥梁监测项目报警值由其自身特点和已有变形决定,即监测项目报警值与桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等有关,故桥梁监测项目报警值宜根据工程情况、桥梁自身特点,结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降和倾斜以及工程经验进行确定。必要时,宜通过结构检测、计算分析和安全评估确定桥梁的竖向位移、差异沉降和倾斜报警值。监测项目报警值应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99 的有关规定。与建(构)筑物不同,通常情况下传递至桥梁基础的自重荷载要较建(构)筑物小,但基于控制沉降和安全的考虑,桥梁基础通常都采用深基础,实测结果表明桥梁沉降变形较小。

9.5.5 上海作为国家级特大城市,目前已投入运营的既有城市轨道交通线路已达十多条,承担着大量的城市通行任务,既有城市轨道交通线路的安全保护非常重要。监测项目报警值较一般建(构)筑物控制要严格许多,应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上,结合其与工程的空间位置关系进行必要的结构检测、计算分析和安全评估后确定。无特殊要求时变形报警值可按表 9.5.5 确定,表 9.5.5 参照了现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08—2170 的有关规定,实际上也是目前本市城市轨道交通运营线路养护、保护标准。

9.5.6 本条既有铁路监测项目报警值主要参照了现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08—2170 的有关规定。高速铁路等特殊既有铁路线,过大变形可导致非常严重的后果,应在专项评估后确定。

10 人工监测方法及技术要求

10.1 一般规定

10.1.1 监测所采用的监测方法和仪器种类较多,监测对象、监测项目、保护要求不同,采用的监测方法和使用的仪器设备就会有所不同。另外,环境条件、设计要求、工程经验等因素也会影响监测方法的选择。因此,监测方法的选择应根据设计要求、监测对象和现场条件等综合确定,应简便可行,并且需要适应施工现场条件和施工进度的要求。

10.1.2 竖向位移监测一般应优先采用上海城市轨道交通工程规划建设所使用的吴淞高程系统。水平位移监测当观测条件困难时,难以与上海城市轨道交通工程规划建设平面坐标系联测时,可采用独立的平面坐标系。

10.1.3 本条对变形监测网中的基准点和工作基点的设置要求进行规定。基准点和工作基点如果在监测期间不稳定或被破坏,这将对监测工作带来很大的危害,导致数据不连续或无法解释,必须采取有效措施对基准点和工作基点予以保护。监测期间应定期(一般不应超过1个月)对变形监测网中的基准点和工作基点进行联测,并检验其稳定性。

10.1.4 结合仪器自身特点、使用频次及使用环境,定期对监测仪器进行维护保养、校核、比对,可以保证仪器正常工作。

监测传感器的种类较多,精度及费用差异较大。在传感器选型上应重点考虑工程情况和特殊要求,如监测时间的长短、环境条件、水文地质条件、与量测介质的匹配性及仪器的分辨率等。

10.1.5 监测工作是精度要求高而又多次重复作业的过程,监测

中存在的系统误差可在两次观测值之差中得到消除。在相同的作业方式下观测,能将监测中的系统误差减到最小,有利于确保数据的可靠度。

10.1.6 本条强调了监测项目初始值读取的时间,初始值测读不及时会造成变形数据的损失,本条强调了监测初始值读取的时间要求,初始值采集的准确性和稳定性将直接关系到以后各次监测数据的质量。

10.2 水平位移监测

10.2.1 研究表明,为保障施工安全而进行变形测量,一般情况可取变形允许值的 $1/20 \sim 1/10$ 作为变形测量的精度,并根据目前监测工作的主流仪器设备情况综合确定;而若为研究变形的过程,变形测量的精度宜专项设计。

10.2.2~10.2.4 水平位移监测的目的是监测测点在水平方向上的变化量,所以监测网一般可布设成独立坐标系统或假设坐标系统。轨道交通工程的水平位移监测对象一般呈线型分布,水平位移监测基准网常用单导线、导线网以及视准轴线的形式。

控制点采用的形式可根据现场情况进行选择,每一测区的控制点不应少于 3 个。监测基准采用强制对中装置的观测墩是提高观测精度的有效方法,强制对中装置宜选用防锈的铜质材料,并采取有效防护措施保证强制对中的稳定性。

控制点可用固定角或固定边测量来检查其稳定性。应定期对控制点、监测网进行稳定性复测,并以稳定的控制点作为起算点,如控制点不稳定应及时补设。

10.2.5 仪器垂直轴倾斜误差,不能通过取盘左、盘右的平均值加以抵销,尤其当垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时,应严格控制仪器水平气泡偏移;在多测回观测时,可采用测回间重新整平仪器水平气泡来削弱其影响。

方向线偏移法是将视准线小角法与观测点设站法结合使用的方法,这种方法只需仪器一次设站加改正来完成所有观测点位移的测算。

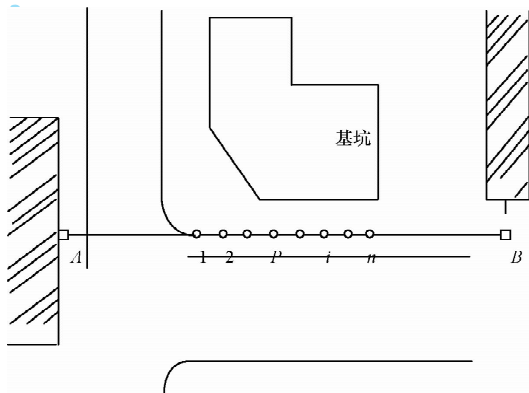


图 8 方向线偏移法示意图

如图 8 所示,在施工影响之外的坚固建(构)筑物上设了两个标志 A、B。为了避免行人和车辆阻挡视线,A、B 两标志设在较高的墙面上。所以每次监测时,先要测量 $\angle APB$ 角的变化量,求得 P 点的横向位移量,再测量 $\angle APi$ 角的变化量,从而求得各观测点 i 的横向位移量。其各点的横向水平位移计算按式(2)计算:

$$\begin{cases} \Delta P = \frac{S_{P-A} S_{P-B}}{S_{P-A} + S_{P-B}} \frac{\Delta \beta_P}{\rho} \\ \Delta 1 = \frac{S_{P-1}}{\rho} \Delta \beta_1 + \left(1 - \frac{S_{P-1}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \Delta 2 = \frac{S_{P-2}}{\rho} \Delta \beta_2 + \left(1 - \frac{S_{P-2}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \vdots \\ \Delta i = -\frac{S_{P-i}}{\rho} \Delta \beta_i + \left(1 + \frac{S_{P-i}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \Delta n = -\frac{S_{P-n}}{\rho} \Delta \beta_n + \left(1 + \frac{S_{P-n}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \end{cases} \quad (2)$$

对于每一个施工区,在测站和位移点设定后,就可求得各点之间的大致距离,从而可事先算得各点系数,以后只要测得角度变化 $\Delta\beta = \beta_{\text{本次}} - \beta_{\text{上次}}$,即可算得位移量(例如,算出系数得式(3));水平位移的符号相对基坑而言:向内为正,向外为负。

$$\begin{cases} \Delta P = 0.2206 \cdot \Delta\beta_P \\ \Delta 1 = 0.1077 \cdot \Delta\beta_1 + 0.7727 \cdot \Delta P \\ \Delta 2 = 0.0619 \cdot \Delta\beta_2 + 0.8694 \cdot \Delta P \\ \vdots \\ \Delta i = 0.0584 \cdot \Delta\beta_i + 1.1232 \cdot \Delta P \\ \Delta n = -0.1340 \cdot \Delta\beta_n + 1.2829 \cdot \Delta P \end{cases} \quad (3)$$

10.2.6 若测量精度为米,则多次测量较差中误差为 $\sqrt{2}m$,对应限差为 $2\sqrt{2}m$ 。考虑到多次测量的观测人员、设备、气象环境相近,根据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 条文说明中内符合精度的统计经验(内符合精度取 $1/3$),所以多次测量较差取 $1/3 \times 2\sqrt{2} \approx 0.9m$,从而多次测量较差取值与测量精度相同。

观测点的测回数按式(4)计算,当计算的测回数小于 1 时,应观测 1 测回。

$$n' = \left(\frac{D \cdot 10^3 \cdot m_\beta}{\rho \cdot m_p} \right)^2 \quad (4)$$

式中: n' ——测回数(取整);

m_β ——单测回观测精度(");

D ——测站至观测点的距离(m);

m_p ——观测精度要求(mm);

ρ ——常数($\rho = 206265$)。

10.3 竖向位移监测

10.3.1 竖向位移测量精度的确定方法与水平位移监测精度的

确定方法基本相同。

10.3.2 竖向位移监测网布设

采用水准测量方法布设竖向位移监测网是可靠成熟的施测方法。竖向位移监测网不应布设附和路线,由于多余的强制符合条件会对监测网产生高程异常,更不便于自我检校,所以应独立布设成闭合环形的水准网。

竖向位移监测网以测站高差中误差 $m_{\text{站}}$ 作为基本精度指标,往返较差、附和差、闭合差 $\Delta_{\text{闭}}$ 均依据 $m_{\text{站}}$ 和往返、符合、闭合水准路线的测站数推算,计算方法按式(5)。

$$\Delta_{\text{闭}} = 2m_{\text{站}}\sqrt{n} \quad (5)$$

检测已测测段高差之差 $\Delta_{\text{检}}$ 按二次施测为同精度推算,计算方法按式(6)。

$$\Delta_{\text{检}} = \sqrt{2}\Delta_{\text{闭}} \quad (6)$$

上海城市轨道交通工程高程控制网均统一采用吴淞高程系统。竖向位移监测网应以深埋水准点作为基准点起算,深埋水准点的埋设深度应结合地质情况确定,一般需埋设到第二含水层,起算数据应采用上海城市轨道交通高程成果相对应年份的高程值。

10.3.3 竖向位移监测网施测

竖向位移监测网观测主要技术要求(表 10.3.3)是对应满足竖向位移监测网技术指标(表 10.3.2)综合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898、《工程测量规范》GB 50026 及北京、上海和天津等地方有关规范、规程的相关规定拟定。

竖向位移基准点是否稳定主要应从埋设后对竖向位移监测网的重复观测进行判断,以排除基准点不稳定对监测成果的影响。

竖向位移基准点高程是竖向位移监测起算依据,为增加检验,提高精度,其高程值应采用相同等级、线路、测站进行连续两

次施测平差后的平均值高程。连续两次观测相邻竖向位移基准点间高差之差按表 10.3.2 中检测已测测段高差之差的要求控制。

对竖向位移网重复观测间隔周期,应视监测网的等级和重复观测水准基准点的稳定性而定,一般情况下每月观测一次。如果监测网等级高或发现网中有不稳定竖向位移基准点,重复观测间隔周期应缩短;监测网等级低或检测竖向位移基准点稳定,重复观测间隔周期可适当延长。

10.3.4 竖向位移监测

几何水准测量是竖向位移首选方法,列出电磁波测距三角高程,液体静力水准方法,供在特殊环境条件下选择使用。

竖向位移监测点与水准基准点组成闭环或附合水准线路,有利于提高精度和避免粗差。

竖向位移监测点的初始高程值是监测点竖向位移量的起算依据,为保证其施测精度,要求在埋设固定后取最初连续二次观测的平均值作为监测点高程初始值,二次观测监测点至邻近水准基准点间高差之差按表 10.3.2 的要求控制。

本规范参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8,规定了监测用水准仪 i 角的要求,目的在于忽略因前后视距不等带来的系统误差,实际监测工作中应特别注意一个测站观测多个中视距与前后视距相差较大时 i 角的影响,如 i 角为 $20''$,视距差为 10m 对一测站的高差影响将达 1mm,所以作业中应经常检查校正水准仪的 i 角,并严格控制水准测量中的视距差;由于监测工作频次较高,水准仪一般存放工地不存在大量运输抖动,另外 i 角变化从中视点的变化情况中容易反映出来,所以对 i 角校正的时间周期可适度放宽。

对水准测量施测条件的规定,目的在于保证在有利的施测条件下取得可靠观测成果。

对于水准测量确有困难且精度要求不高时,可采用电子测距

三角高程方法进行,电子测距三角高程测量的视线长度、视线垂直角及中间设站每站的前后视线长度之差,可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定实施。

10.4 裂缝监测

10.4.1 裂缝的位置、形态、长度、宽度是裂缝监测的四个要素,裂缝深度测量由于手段较为复杂、精度较低,并有可能需要对裂缝表面进行开凿,因此,只有在特殊要求时才进行监测。深度较大时裂缝宜采用超声波法量测。

10.4.2 工程施工前对监测对象的裂缝情况进行现状普查是非常重要的工作。通过对裂缝现状普查,一方面能够了解和掌握周边环境对象的裂缝情况,选择其中部分重要的裂缝进行监测,另一方面也为解决后续工程施工过程中的工程纠纷提供资料依据。

10.4.3 本条列举了几种精度要求不高的裂缝观测方法。可用石膏饼法在测量部位粘贴石膏饼,如开裂,石膏饼随之开裂,即可测量裂缝的宽度;或用划平行线法测量裂缝的上、下错位;或用金属片固定法把两块白铁片分别固定在裂缝两侧,并互相紧贴,再在铁片表面涂上油漆,裂缝发展时,两块铁片逐渐拉开,露出的未油漆部分,即为新增的裂缝宽度和错位。

10.5 倾斜监测

10.5.1~10.5.5 建(构)筑物倾斜监测应根据现场观测条件和相关要求确定不同的监测方法。当被测建(构)筑物具有明显的外部特征和周边有宽敞的观测场地时,可以采用投点法、全站仪坐标法等;当被测建(构)筑物内部有一定的竖向通视条件时,可以采用垂准法等;当被测建(构)筑物具有足够的整体结构刚度

时,可以采用差异沉降法或倾斜仪法。

投点法、全站仪坐标法设置的上、下观测点的连线与结构的竖向轴线平行时,能进行结构的倾斜度测量,否则只能进行倾斜度变化量的测量。

倾斜仪法、差异沉降法很难确定观测点与竖向轴线的几何关系,只能进行倾斜变化量的测量,很难确定结构的倾斜度。

10.5.6 采用差异沉降法计算倾斜度,用以计算的差异沉降点间距不宜过短。

10.6 深层水平位移监测

10.6.1 测斜仪主要由测斜探头、电缆线和读数仪组成,按测斜探头中传感元件的性质分为滑动电阻式、电阻应变片式、振弦式及伺服加速度计式等几种,伺服加速度计式测斜仪灵敏度和精度相对较高,稳定性也较好。按探头是否固定在被测物体上分为固定式和活动式两种;基坑工程监测中常用的是活动式测斜仪,在重要工程、需连续监测的工程等特殊项目中可在测斜管中安装多支固定式测斜仪进行自动化量测。测斜仪电缆长度应大于最深的测斜孔深度。

10.6.2 测斜仪分辨率、精度等的选用应满足深层水平位移监测数据报警值的要求,另外也应注意所测孔位的倾斜度是否位于测斜仪传感元件倾角的量程范围内。

10.6.3 测斜管作为供测斜仪定位及上下活动的通道,必须具有一定的柔性及刚度,直径不应小于测斜仪导轮的最小宽度,管节之间的导槽必须紧密对接,且连接顺畅。可根据围护体的性质选型。

10.6.4 测斜管埋设方法应根据基坑围护措施选择使用。

10.6.5 保证测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证精度的前提,本条对测斜管的埋设提出了具体要求。埋设前应检查测斜

管的管口、十字导槽的加工质量,避免有质量问题的测斜管投入使用。在测斜管埋设过程中,向测斜管内加注清水可以防止测斜管发生上浮。测斜管管壁导槽如与所需测量的位移方向存在夹角,所测得的围护墙体变形量比实际变形偏小。管壁和孔壁之间回填密实是为了使得测斜管与被测土体和支护墙体的变形协调,保证能反映被测对象的真实变形。测斜管其中一组导槽方向应与需量测的方向保持一致,如二者方向夹角较大时,宜将测斜管两组垂直导槽方向量测结果进行位移矢量合成。

10.6.8 本条对深层水平位移观测方法提出了具体要求,特别是对消除仪器误差,减少温度差异的影响等提出有效的量测手段。在冬天,由于室外温度与地下水温度的差异,测斜仪探头放到孔底后,宜恒温一段时间,待读数稳定后方可量测。由于仪器存在零漂影响,为消除误差,每测点都应进行正、反两次量测。

10.6.9 深层水平位移计算时的起算点选择十分重要。上海软土地区的实测数据表明,测斜管管底常发生较大的水平位移,一般情况下应以管顶作为起算点,并采用测量仪器测定测斜管顶水平位移作为起算值,此时,管口以下各测段的下部点对应深度的水平位移值可按式(7)计算。

$$\Delta X_n = X_0 - l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0}) \quad (7)$$

式中: ΔX_n ——管口以下第 n 个量测段的下部点对应深度的水平位移值(mm);

X_0 ——实测管口水平位移(mm);

l ——量测段长度(mm);

α_i ——管口以下第 i 个量测段处倾角的本次测值;

α_{i0} ——管口以下第 i 个量测段处倾角的初始测值。

如果测斜管底部进入较深的稳定土层内 5m~10m,也可以底部作为固定起算点。此时,管底以上各测段的上部点对应深度的水平位移值可按式(8)计算。

$$\Delta X'_n = l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha'_i - \sin \alpha'_{i0}) \quad (8)$$

式中： $\Delta X'_n$ ——管底以上第 n 个量测段的上部点对应深度的水平位移值(mm)；

l ——量测段长度(mm)；

α'_i ——管底以上第 i 个量测段处倾角的本次测值；

α'_{i0} ——管底以上第 i 个量测段处倾角的初始测值。

10.7 土压力监测

10.7.1 基坑围护桩(墙)侧向土压力、盾构法和顶管法等施工时土压力、管片外侧围岩压力宜采用土压力计(盒)进行监测。

10.7.4 土压力计的埋设方式分为埋入式和边界式。压入法、钻孔法都属埋入式,边界式有挂布法、弹入法、活塞压入法等,用于测量土体与围护结构体间的接触压力,边界式常用挂布法将土压力计置于刚性结构物表面。土压力计埋设前,应检查其压力囊是否有气孔等,以免受力后发生渗漏,影响测试结果。埋设时回填材料不能用粗骨料,需用成分均匀的易填实的粗砂、细砂。

10.7.5 当采用振弦式土压力计时,土压力值可按式(9)计算。

$$P = K(f_i^2 - f_0^2) \quad (9)$$

式中： P ——土压力(kPa)；

f_i ——土压力计的本次读数(Hz)；

f_0 ——土压力计的初始读数(Hz)；

K ——土压力传感器的标定系数(kPa/Hz²)。

10.8 孔隙水压力监测

10.8.1 孔隙水压力的变化是土体变形的前兆,孔隙水压力应根据工程监测的目的、土层的渗透性和监测期的长短等条件,选用

封闭或开口的方式埋设孔隙水压力计。

10.8.4 孔隙水压力探头埋设有两个关键,一是探头周围填砂保证渗水通畅和透水石不堵塞;二是防止上、下层水压力的贯通。

采用压入法时宜在无硬壳层的软土层中使用,或钻孔到软土层再采用压入的方法埋设;钻孔法若采用一钻孔多探头方法埋设则应保证封口质量,防止上、下层水压力形成贯通。

泥浆护壁成孔后钻孔不容易清洗干净,会引起孔隙水压力计透水石的堵塞。

10.8.5 孔隙水压力计在埋设时有可能产生超孔隙水压力,要求孔隙水压力计在基坑施工前2周~3周埋设,有利于超孔隙水压力的消散,得到的初始值更加合理。

10.8.6 当采用振弦式孔隙水压力计时,孔隙水压力值可按式(10)计算。

$$u=K(f_i^2-f_0^2) \quad (10)$$

式中: u ——孔隙水压力(kPa);

f_i ——孔隙水压力计的本次读数(Hz);

f_0 ——孔隙水压力计的初始读数(Hz);

K ——孔隙水压力传感器的标定系数(kPa/Hz²)。

10.9 地下水水位监测

10.9.1 上海地区地下水类型主要为潜水、微承压水、承压水。基坑施工期间对地下水的监测,主要了解其在相应工况下的变化,以便安全预警。有条件时也可以考虑利用降水井进行地下水位监测。

10.9.2 本条中的监测精度指测量值与真实值之间的绝对误差值。

10.9.3 本条列出了水位管埋设的相关要求,另外,水位管滤管滤孔尺寸宜为 $\Phi 8\text{mm}$,且按间距5cm呈梅花形分布,外包40目左

右滤网或土工布两层,水位管滤管长宜在 4m 以上,被测含承压水土层小于 4m 时,滤管长宜与该土层厚度相一致。

水位观测时应注意避免水位管阻塞,或被测水位与其他含水层相通,致使观测值失真。潜水水位管滤管以上应用膨润土球封至孔口,防止地表水进入;承压水位管含水层以上部分应用膨润土球或注浆封孔。

10.9.4 本条列出了水位初值观测的要求,施测前需检查仪器是否通路,检查测读仪的灵敏度、稳定性及标尺的精度等。

10.9.5 水位管内水面绝对高程应以吴淞高程系统表示,可按式(11)计算。

$$D_s = H_s - h_s \quad (11)$$

式中: D_s ——水位管内水面高程(m);

H_s ——水位管管口绝对高程(m);

h_s ——水位管内水面距管口的距离(m)。

水位管管口高程的检核频率应视水位管周围其他监测项目的数据变化情况而定,一般情况下可取主体施工监测频率的 1/3。如果工程结构本体或周围环境变形较大时,对水位管管口高程的检核频次应加密;反之,则可以适当放宽。

地下水水位变化量可以采用本次变化量和累计水位变化量表示,可按式(12)、式(13)计算:

$$\Delta h_s^i = D_s^i - D_s^{i-1} \quad (12)$$

$$\Delta h_s = D_s^i - D_s^0 \quad (13)$$

式中: D_s^i ——第 i 次水位管内水位绝对高程(m);

D_s^{i-1} ——第 $i-1$ 次水位管内水位绝对高程(m);

D_s^0 ——水位管内水位初始绝对高程(m);

Δh_s^i ——本次与上次观测水位差(m);

Δh_s ——累计水位差(m)。

10.10 结构应力监测

10.10.2 钢筋应力计、应变计、光纤光栅传感器和轴力计应根据其特点,采用适宜的安装埋设方法。

混凝土受压构件的轴向压力是根据钢筋与混凝土应变一致的原理进行计算的,安装钢筋混凝土支撑的钢筋应力计或混凝土应变计时,应安装在支撑横截面四边的中部。

钢筋应力计焊接宜采用对接焊,也可用绑条焊,但应确保搭接长度满足规范要求。

光纤光栅传感器应先埋入与工程材料一致的小型预制件中,再埋入工程结构中,确保传感器测试方向与受力方向一致。在混凝土构件中,光纤光栅传感器亦可粘结在钢筋上。

轴力计安装时宜采用专用的安装架。焊接时安装架中心点应与钢支撑中心轴线对齐,保证各接触面平整,使钢支撑能通过轴力计正常传力。

10.10.3 对钢筋混凝土或素混凝土结构,在结构内部采用弦式钢筋应力计或混凝土应变计监测应力应变时,宜考虑温度变化、混凝土收缩、徐变以及裂缝开展等因素的影响,通常情况下温度变化产生的非荷载应变是较大的。

10.10.6 对于钢筋混凝土结构的支撑,轴向压力是根据钢筋与混凝土的应变一致的假定条件进行计算的。在主筋上安装振弦式钢筋应力计或混凝土内安装应变计监测支撑轴力时,按式(14)计算支撑轴力。

$$N = (E_s A_s + E_c A_c) \bar{\epsilon} \quad (14)$$

其中: $\bar{\epsilon}$ 为支撑轴力监测点(截面)处每个传感器应变测值的平均值,各传感器应变测值计算方法见式(15)或式(16)。

混凝土应变计:

$$\epsilon = K'(f_i^2 - f_0^2) + T_b(T_i - T_0) \quad (15)$$

钢筋应力计：

$$\epsilon = \frac{K(f_i^2 - f_0^2)}{E_s A_{s_i}} + T_b(T_i - T_0) \quad (16)$$

式中： N ——支撑轴力(kN)；

A_c, A_s, A_{s_i} ——支撑截面混凝土面积、钢筋(钢结构)面积和钢筋计的截面积(m^2)；

E_c, E_s ——支撑混凝土弹性模量、钢筋(钢结构)弹性模量(kPa)；

f_i ——传感器本次频率(Hz)；

f_0 ——传感器初始频率(Hz)；

K' ——应变计的标定系数($1/Hz^2$)；

K ——钢筋应力计的标定系数(kN/Hz^2)；

T_b ——钢筋应力计、混凝土应变计的温度修正系数($10^{-6}/^{\circ}C$)；

T_i ——本次测试温度值($^{\circ}C$)；

T_0 ——初始测试温度值($^{\circ}C$)。

对于钢结构支撑,使用振弦式表面应变计监测轴力时,按式(17)计算支撑轴力。

$$N = E_s A_s \bar{\epsilon} \quad (17)$$

式中： $\bar{\epsilon}$ 为支撑轴力监测点(截面)处每个应变计测值的平均值,其余符号意义同前,各应变计测值计算方法参考式(15)。

对于钢结构支撑,使用振弦式轴力计监测轴力,按式(18)计算支撑轴力。

$$N = K_b(f_i^2 - f_0^2) \quad (18)$$

式中： K_b ——轴力计的标定系数(kN/Hz^2)；

其余符号意义同前。

围护墙体应力、立柱应力、围檩应力等项目的测定计算,采用振弦式混凝土应变计时,按式(19)计算测点处混凝土应力;采用振弦式钢筋应力计时,按式(20)计算主筋应力。可根据不同位置

的应力测值按结构力学的相关公式计算构件的弯矩、轴力和剪力等值。

$$\sigma = K'E_c(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_c (T_i - T_0) \quad (19)$$

$$\sigma = \frac{K}{A_{si}}(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_s (T_i - T_0) \quad (20)$$

式中： σ ——应力(kPa)；

其余符号意义同上。

如考虑井点降水、坑底加固等对围护体的影响时，初始值的选取应适当提前。钢支撑轴力的初始值应在施加预应力前确定。

10.11 土体分层竖向位移监测

10.11.1 分层沉降仪可用来监测由降水、开挖、盾构推进等引起的周围深层土体的竖向位移变化。分层沉降仪探头中安装有电磁探测装置，根据接收的电磁信号来观测埋设在土体不同深度内磁环的位置，再由其所处位置深度的变化计算出土层不同标高处的竖向位移变化情况。

土体分层竖向位移量测系统由地下监测器件、分层沉降仪及管口水准测量系统三部分构成。第一部分为埋入地下的材料部分，由分层沉降管、底盖和磁环等组成；第二部分为分层沉降仪，由测头、测量电缆、接收系统和绕线盘等组成；第三部分为管口水准测量系统，由水准仪、标尺、脚架、尺垫、基准点等组成。

10.11.2 本条中量测精度指测量值与真实值之间的绝对误差值。

10.11.4 磁性沉降环可采用钻孔埋设。安装磁环时，应先在沉降管预定的位置套上磁环及定位环，再将沉降管逐节放入钻好的孔中，使各个磁环达到设计深度。沉降管与孔壁之间应用干软黏土或膨润土球进行回填，使磁环与土层粘结固定，且可沿沉降管自由地随土层上下变动。回填速度不宜过快，以免堵塞后回填料

无法下沉而形成空隙。在埋设后 2d~3d 内进行检查,必要时进行补充回填,使得磁环与周围土体紧密接触,变形协调一致。

10.11.5、10.11.6 分层沉降仪量测时应先用水准仪测出分层沉降管的管口高程,然后将分层沉降仪的探头缓缓放入分层沉降管中。当接收仪发生蜂鸣或指针偏转最大时,即是磁环的位置。读取第一声声响时测量电缆在管口处的深度尺寸,这样由上向下地测量到孔底,称为进程测量。

当从该分层沉降管内回收测量电缆时,测头再次通过土层中的磁环,接收系统的蜂鸣器会再次发出蜂鸣声。此时读出测量电缆在管口处的深度尺寸,如此测量到孔口,称为回程测量。

按式(21)计算磁环的绝对高程。

$$D_i = H - h_i \quad (21)$$

式中: D_i ——第 i 次磁环绝对高程(mm);

H ——分层沉降管管口绝对高程(mm);

h_i ——第 i 次磁环距管口的距离(mm)。

由式(22)可以计算出磁环的累计竖向位移量。

$$\Delta h_i = D_i - D_0 \quad (22)$$

式中: Δh_i ——第 i 次磁环累计竖向位移(mm);

D_0 ——磁环初始绝对高程(mm)。

10.12 净空收敛监测

10.12.1 净空收敛监测所需进行的工作比较简单,以收敛位移监测值为判断隧道结构稳定性的方法比较直观和明确。目前,隧道净空收敛监测可采用接触和非接触两种方法,其中接触监测主要采用收敛计进行,非接触监测则采用全站仪或红外激光测距仪进行。

采用收敛计进行净空收敛监测时,其布点、读数、计算和改正要求可执行现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》

GB 50911。

10.12.2、10.12.3 盾构法隧道管片结构净空收敛监测需延续到运营期,且建设期与运营期测点的一致性有利于对隧道结构的健康评估,因此,建设期的监测,在现场布设测点和观测条件允许的前提下应优先选择执行现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监测技术规范》DG/TJ 08-2170 的相关规定。

应根据现场环境选择监测测点的材料和布设方法,水平直径端点宜优先选择水泥钉冲孔加“十”字油漆标记,且在每次测量的同时检查标记的有效性,必要时补画测点。水平直径端点也可采用贴反射片的方式,但应注意其长期保留的可能性。

全断面扫描测点宜优先选择反射片作为测点标靶。

10.12.4 采用红外激光测距仪法进行净空收敛监测,其操作简单,测量时间短,目前该方法被广泛应用于城市轨道交通工程监测项目中。

对 midpoint 可采用顶部有圆形凹槽的膨胀螺栓进行设置,以便安置红外激光测距仪,测距仪可使用预制支座进行姿态调整和固定,瞄准点可采用预制模板在选定位置进行喷漆标记,作为测点靶标,在施工区附近的测点,应采取一定的措施对其进行保护,以免施工时测点表面被覆盖或污染。观测时,先将红外激光测距仪安置在对中点上,以仪器末端为固定支点,通过支座调整测距仪姿态,使测距仪导向光斑落在隧道另一端的瞄准点靶标上,最后测量隧道两监测点间的距离。

目前市场上主流的高精度红外激光测距仪均带有蓝牙数据传输功能,可通过带有蓝牙设备的电子手簿或智能手机进行数据记录。

10.13 梁体徐变监测

10.13.4 徐变测量中高架 ~ 地面联测应符合下列规定:

1 高架～地面联测一般通过高架车站采用几何水准实施，区间中间增加联测视区间长度和施工情况定。

2 当采用两台精密水准仪加两把检定钢尺上、下同步观测的方法测量时，钢尺必须施加检定时的拉力（宜按竖向受力施加检定拉力进行检定），须分 3 次独立观测 3 组数据；以 3 组数据最大较差值 $\leq\pm 3\text{mm}$ 视为合格，测量结果取平均值作为最终使用值；钢尺读数应进行温度、尺长修正。采用“三角高程”测量时，宜采用 0.5"级全站仪；或根据具体情况，经精度估算满足要求后采用 1.0"级全站仪。

10.14 现场巡查

10.14.1 结合施工影响和环境情况等因素综合考虑扩大巡视检查范围。

10.14.2 施工期巡查频率与仪器量测频率一致有利于进行分析，必要时可加密巡查频率。

11 自动化监测方法及技术要求

11.1 一般规定

11.1.1 本着“实用、可靠、先进、经济”的原则，在确保工程安全的前提下，本规范鼓励应用稳定、可靠的自动化设备、技术，并对自动化监测的应用明确了技术要求。

11.1.2 监测自动化系统应包含传感测试设备、数据自动采集系统、数据传输系统、数据存储管理系统等。为了更好地体现自动化监测的优势，结合现代信息技术，宜将实时发布等功能纳入自动化监测系统。

11.1.3 目前自动化监测存在仪器设备投入成本大、安装保护难度大等问题，本条列出了 3 类宜进行自动化监测的情况，上述情况下自动化监测可充分发挥其优势。自动化监测系统应突出重点项目、重点部位，测点的布设应坚持少而精的原则。

11.1.4 仪器设备的类型、规格统一有利于自动化设备的系统集成以及后续的维护保养，防止系统组建过程中出现因类型、规格不统一造成系统杂乱和不协调的情况。

11.1.5 自动化仪器设备应具备防雷、防潮、防锈蚀、防振动、抗电磁干扰等性能；在断电情况下能由备用电源自动供电保持系统正常运行 3d 以上。

11.1.6 自动化监测成果精度应满足相应人工监测精度指标的要求。自动化仪器设备被损坏、电源中断、仪器故障等因素会造成自动化设备不能正常工作，配备独立的人工测量系统可以在自动化监测设备不能正常工作时保证监测工作的正常开展。同时定期进行人工作业，将人工监测与自动化监测取得的数据进行比

对,以检验自动化设备的可靠性。

11.2 系统设计

11.2.1 自动化监测系统可能由一个或多个测试项目组成,同一测试项目也有可能包含多个测试单元。在工程监测中,竖向位移监测可选用静力水准、电子水平尺、全站仪等仪器,深层水平位移监测可选用固定式测斜仪等仪器,倾斜监测时可选用全站仪、电子水平尺、倾角传感器等仪器。

11.2.2 本条对自动化监测系统设计的主要内容进行了明确,通过合理的系统设计,使自动化监测系统能持续、稳定地正常运行。

针对自动化监测系统的特点,系统设计应明确仪器设备性能指标要求及选型、数据采集装置的设置、数据通信方式和网络结构,明确人工比测方案、供电及防护要求等相关规定。

在系统设计时,根据自动化监测系统功率需求指标配置系统供电电源,宜采用专线供电,明确供电线路安全防护措施。一般地,自动化设备在室外露天环境下工作,应进行防雷设计,保证仪器设备的安全。

11.3 系统安装和调试

11.3.3 传感器及仪器设备的安装不能侵界,安装中应保护施工场地内的既有设备。

11.4 监测仪器设备

11.4.1 本条对静力水准自动化监测系统作出相应的规定。

在满足风险控制和设计要求的前提下,自动化监测可仅涉及关键区域、重点部位的布点,其他未布点的区域和部位由人工监

测补足以满足监控要求。

被测对象竖向位移变化,主要通过管路中液体流动来反映,连通管式静力水准观测系统可由一条或多条管路组成,一条测量管路长度不宜过长,同一条管路宜处于同一自然条件下。静力水准管路过长会影响测试系统的灵敏性,管路长度宜控制在 150m 以下。

连通管应固定平放在工作平面上,当通过障碍物时,应防止连通管在垂直方向出现“Ω”形而形成滞气“死角”。

同一管路的静力水准仪钵体应保持在同一水平面附近,并保证钵体水平;系统安装向连通管内充传导液体时,不得将空气带入,可采用自然压力排气充水法或人工排气充水法进行;在系统运行期内应检查管路内液体是否需要补充,检查管路内是否有气栓等情况,并及时对异常情况进行排除。

连通管式静力水准同一测段内静力水准测量的竖向位移观测值可按式(23)计算。

$$\Delta H_{kg}^{ij} = (h_k^i - h_g^i) - (h_k^j - h_g^j) \quad (23)$$

式中: ΔH_{kg}^{ij} —— k 测点第 i 次测量相对于测点 g 第 j 次测量的竖向位移值(mm);

h_k^i —— k 测点第 i 测次相对于蓄液罐内初始液面高度的距离(mm);

h_g^i —— g 测点第 i 测次相对于蓄液罐内初始液面高度的距离(mm);

h_k^j —— k 测点第 j 测次相对于蓄液罐内初始液面高度的距离(mm);

h_g^j —— g 测点第 j 测次相对于蓄液罐内初始液面高度的距离(mm)。

11.4.2 本条对全站仪自动化监测系统作出相应的规定。

全站仪可实时获得测量成果,并可提高成果质量以及工作效率。可实施自动化监测的全站仪通常定义为:一个可编程、具有

反馈控制的多功能机器设备,能够进行自动搜索、跟踪和精确照准目标并获取角度、距离以及三维坐标等空间信息的智能型电子全站仪。

控制网设计应明确全站仪基站、基准点的位置,全站仪自动观测方案主要包括观测开始时间、结束时间、两期观测间隔时间、每期测回数及测量限差等。

根据被测对象上监测点及参考点分布情况,合理设置基站点,基站一般应选择在稳定处,特殊情况下也应选择在相对稳定处。同一方向上设置多个监测点或监测点过于集中给全站仪的目标识别带来困难。

稳定的测量基准是得到高质量的监测成果的前提条件,为此要对基站、基准点的稳定性定期进行分析判断,稳定性分析一般分为平面稳定性和高程稳定性。

11.4.3 固定式测斜传感器应埋设在预先设置的测斜管内,在安装前,应确保安装的传感器有效,同时对传感器编号及不同深度对应的传感器进行排序。

安装时从最底部的传感器开始,在底部滑轮固定钢丝绳作为安全绳,同时应在测斜管管口上方搭设支架,并悬挂滑轮,用于安全绳的导向及承重,安装完毕后的安全绳应呈松弛状态。若固定测斜仪较多,可考虑增设安全绳,安全绳为系统运行过程中的检修和项目结束后的设备回收服务。

安装过程中,所有传感器的安装方向与滑轮组的固定轮方向应一致,且与测斜管的预期发生水平位移的方向一致,同时应准确记录传感器的编号、安装深度及测点间距;所有仪器的电缆应沿连接杆平行走线,有多根电缆时应将电缆均匀“包裹”在连接杆上,不应交叉走线。

安装完毕的测斜仪系统应自由地悬挂在测斜管中,电缆、安全绳等富余的部分应固定在管口以外,在完成传感器接入自动化设备工作后,应再次对传感器进行测试。经过稳定期后进行初始

值的采集。

11.4.4 本条对电水平尺自动化监测系统作出相应的规定。

电水平尺传感器量程宜不小于 $\pm 40'$ ($\pm 11.6\text{mm/m}$),分辨率宜不低于 $\pm 1''$ ($\pm 0.005\text{mm/m}$),重复测量精度宜不低于 $\pm 3''$ ($\pm 0.015\text{mm/m}$),可单支使用或多支串联安装使用。

多支串联安装进行沉降测量,采用几何水准测量方法检验电水平尺尺链起点与终点的稳定性时,若发现起点或终点高程发生变化,应在计算沉降曲线时进行修正。宜定期采用几何水准测量对电水平尺尺链中的其他观测点成果进行校核。

多支电水平尺串联安装使用时,应合理分配累计误差,总覆盖长度宜小于250m。

单支电水平尺差异沉降按式(24)计算。

$$\Delta S_i = L \cdot (\sin \alpha_i - \sin \alpha_0) \quad (24)$$

式中: ΔS_i ——电水平尺两端点所在处的差异沉降值(mm);

L ——电水平尺长度(mm);

α_i ——第 i 次电水平尺角度;

α_0 ——初始电水平尺角度。

多支电水平尺竖向位移按式(25)计算:

$$\Delta S_n = \sum_{i=1}^n [L_i \cdot (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0})] \quad (25)$$

式中: ΔS_n ——尺链中第 n 支电水平尺尾端点所在处的沉降值(mm);

L_i ——第 i 支电水平尺的长度(mm);

α_i ——尺链中第 n 支电水平尺第 i 次读数;

α_{i0} ——尺链中第 n 支电水平尺初始读数。

11.4.6 本条将裂缝、水位、应力及水土压力等项目归为一类,主要是由于测试此类项目的传感器一般为振弦式传感器,原理较为一致。与人工监测的区别在于:采用自动采集设备将相关传感器接入自动化监测系统,从而实现此类项目的自动化监测。

此类项目宜采用带测温功能的传感器,从而可分析温度效应对相关监测成果的影响。

12 监测成果及警情报送

12.1 一般规定

12.1.1 监测成果主要包括现场实测资料和室内数据处理成果两大类。通过仪器量测、现场巡查和远程视频监控等手段获得各类现场实测资料后,需及时进行计算、分析和整理工作,将现场实测资料转化为完整、清晰的分析、处理成果。室内数据处理成果可以采用图表、曲线等直观且易于反映工程安全问题的表现形式,同时对相关图表、曲线也应附必要的文字说明。在某个阶段或整个过程的监测工作完成后,应形成书面文字报告,对该阶段或整个监测工作进行总结、分析,提出相关分析结论和建议。

12.1.2 工程现场仪器量测应将不同监测项目的实测结果记录到规定的表格中,以便于监测数据的清晰记录和后续的计算、对比和分析。全站仪等可以自动记录现场监测数据的监测仪器,应保存相应的电子数据资料,以便于实测数据的复核和比对,防止实测出现纰漏。现场巡查工作应填写巡查记录表格,将实际巡视检查结果言简意赅地进行记录。远程视频监控应保存好视频监控录像资料,填写相关视频成果保存记录,便于远程视频监控成果的查找和调用。

现场监测资料应与工程实际情况相结合,描述线路名称、合同段、工点名称、施工工法、施工进度等工况资料,以使监测成果与实际工程情况更好地结合,便于分析监测对象的安全状态。

12.1.3 现场监测工作会受自然环境条件变化(气候、天气等)和人为因素(施工损坏监测点等)的影响,仪器量测成果可能因为监测仪器、设备、元器件和传感器等问题出现偏差,当传感器受施工

影响出现故障或损坏时,可能会得到错误的监测数据。因此,完成现场监测后,应对各类资料进行整理、分析和校对。当发现监测数据波动较大时,应分析是监测对象实际变化还是监测点或监测仪器问题所致。难以确定原因时,应进行复测,防止错误的监测数据影响监测成果的质量。

12.1.4 监测数据采集完成后应及时计算或换算监测对象的累计变化值和变化速率值,以分析判断监测对象的安全状态及发展变化趋势。监测数据的时程曲线可直观、形象地反映监测对象的位移或受力的发展变化趋势及过程,依此判断监测对象的安全状态和发展变化情况。因此,各类监测数据均应及时绘制成相应的时程曲线。监测断面曲线图等可以反映监测断面或监测区域的整体变化,以及不同监测部位之间的相互联系及内在规律,对整体分析工程安全状态起着很好的作用。

12.1.5 上海城市轨道交通建设单位(上海申通地铁集团有限公司)在二十多年的城市轨道交通建设过程中形成了一套较为完善的风险管理体系,制定了一系列企业标准,其中也包括了针对监测管理工作的《上海轨道交通测量、监测管理办法》[沪轨指(2014)2号]等文件,明确了监测成果报表的统一格式,以利于对监测工作的标准化、规范化管理,加强过程中的风险控制。

12.2 技术成果文件要求

12.2.1 监测工作的成果是以技术成果文件作为主要的反馈方式。因此,各类监测报告均应满足“形象化、直观化”表达形式的要求,并对监测对象的安全状态和变化情况进行初步分析,以利于各参建单位相关人员及专家进行分析与判断。诸如周边工程施工影响、场地周边堆载、卸载、自然天气变化等可能影响监测数据变化及分析判断的因素,均应在技术成果文件中予以描述。

12.2.2 技术成果文件根据监测时间阶段和监测结果报告的及

时性分为监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。

- 1) 监测日报是反映监测对象变形、变化的最直接、最简单的报告形式,是实现信息化施工的重要依据。当日监测工作完成后,监测人员应及时整理、分析各类监测信息,确保当日监测成果的正确性。形成监测日报后,及时反馈给相关单位,以保证信息化施工的顺利开展。
- 2) 警情快报应对警情发生的时间、地点、情况、严重程度、施工工况等基本信息加以描述,结合监测结果对警情原因进行初步判断,并提出相应的处理措施建议。警情快报应迅速上报相关单位,以使警情得到及时、有效的处理。
- 3) 监测工作持续一段时间后,监测人员应对该阶段的监测工作进行总结,形成阶段性报告,反馈给相关单位。阶段性报告是某一段时间内各类监测信息、监测分析成果的较深入的总结和分析。综合分析后得出该阶段内监测工点各个监测项目以及工程整体的变化规律、发展趋势和评价,以便于为信息化施工提供阶段性指导。
- 4) 工程监测工作全部完成后,监测单位应向委托单位提交工程监测的总结报告。总结报告包括各类监测数据和巡查信息的汇总、分析与说明,对整个工程监测工作进行分析、评价,得出整体性监测结论与建议,为以后类似工程监测工作积累经验,以便于相关工程监测借鉴和参考。

12.3 监测信息与警情报送

12.3.1 随着城市轨道交通建设的不断开展,监测技术也得到了很大的进步。远程自动化监测系统、数据处理与信息管理系统软件等新技术应运而生。专业的信息管理软件便于监测数据的采

集、处理、分析、查询和管理工作,可以将监测成果及时、准确地反馈给工程参建各方,提高监测成果的时效性。监测单位须将监测信息及时上传到远程监控管理系统,该系统是上海申通地铁集团有限公司建立的城市轨道交通地下工程监控和风险管理平台,是工程风险的信息化管理平台,具有在线自动预报警功能,可将监测成果及时、方便地形成历时曲线、断面曲线图、等值线图等可视化较强的图件,便于监测成果的分析、表达,为信息化施工提供了很好的技术支持。

12.3.2 在上海软土地区的地质条件下,监测点数据超报警值的情况极为普遍。因此,当工程出现监测数据超过报警值时,应从监测对象的重要性、施工工况、数据变化的速率、数据累计值的大小、最近一段时间数据变化的趋势和规律等多方面加以综合分析和判断,并结合现场巡查情况确定报警信息的严重程度。在出现重要监测对象数据超过报警值、数据变化速率很快、数据远超累计报警值且仍未有收敛趋势、巡查中发现的异常现象等情况时,监测人员应及时发出警情快报,并提出相应的处理措施建议。警情快报应迅速上报相关单位和建设管理部门,以便参建各方采取及时有效的措施。

12.3.3 各类监测成果报告应按固定格式要求完成编制,以便报告查阅人员可以及时、准确获得重点关注的信息。报告内容应包括本规范规定的基本内容,言简意赅地总结各类监测信息。监测日报、警情快报和阶段性报告主要为信息化施工服务,一般提交给建设、监理、设计等相关单位。而总结报告主要为总结工程监测效果,积累工程监测经验,可只需提交给建设单位。