



中华人民共和国国家标准

GB50497-2009

建筑基坑工程监测技术规范 Technical Code for Monitoring of Building Foundation Pit Engineering

2009—03—31 发布

2009—09—01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

发布

中华人民共和国国家标准

建筑基坑工程监测技术规范

Technical code for monitoring of building
excavation engineering

GB 50497 - 2009

主编部门：山东省建设厅

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2009年9月1日

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 289 号

关于发布国家标准 《建筑基坑工程监测技术规范》的公告

现批准《建筑基坑工程监测技术规范》为国家标准，编号为 GB 50497—2009，自 2009 年 9 月 1 日起实施。其中，第 3.0.1、7.0.4（1、2、3、4、5、6、7、8、9、10）、8.0.1、8.0.7 条（款）为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年三月三十一日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发“2006年工程建设标准规范制订、修订计划(第一批)”的通知》(建标〔2006〕77号文)的要求,由济南大学会同10个单位共同编制完成。

本规范是我国首次编制的建筑基坑工程监测技术规范。在编制过程中,编制组调查总结了近年来我国建筑基坑工程监测的实践经验,吸收了国内外相关科技成果,开展了多项专题研究并形成了专题研究报告。本规范的初稿、征求意见稿通过各种方式在全国范围内广泛征求了意见,并经多次编制工作会议讨论、反复修改后,形成送审稿并通过了审查。

本规范共有9章和7个附录,内容包括总则、术语、基本规定、监测项目、监测点布置、监测方法及精度要求、监测频率、监测报警、数据处理与信息反馈等。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,山东省建设厅负责日常管理,济南大学负责具体技术内容的解释。

为了提高本规范的质量,请各单位在执行本标准的过程中,注意总结经验,积累资料,随时将有关意见和建议反馈给济南大学国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》管理组(地址:山东省济南市济微路106号,邮政编码:250022),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 济南大学

莱西市建筑总公司

山东省工程建设标准造价协会

参编单位：同济大学

中国科学院武汉岩土力学研究所

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

青岛建设集团公司

昆山市建设工程质量检测中心

济南鼎汇土木工程技术有限公司

济宁华园建筑设计研究院有限责任公司

上海地矿工程勘察有限公司

主要起草人：刘俊岩 应惠清 孔令伟 陈善雄 张 波

王松山 顾浩声 刘观仕 任 锋 张道远

王美林 张同波 王成荣 史春乐 张行良

丁洪斌 孙华明 陈培泰 高景云 蔡宽余

主要审查人：叶可明 赵志缙 袁内镇 桂业琨 郑 刚

高文生 张 勤 焦安亮 叶作楷 于志军

吴才德

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
4	监测项目	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	仪器监测	(7)
4.3	巡视检查	(8)
5	监测点布置	(11)
5.1	一般规定	(11)
5.2	基坑及支护结构	(11)
5.3	基坑周边环境	(13)
6	监测方法及精度要求	(16)
6.1	一般规定	(16)
6.2	水平位移监测	(17)
6.3	竖向位移监测	(17)
6.4	深层水平位移监测	(18)
6.5	倾斜监测	(19)
6.6	裂缝监测	(19)
6.7	支护结构内力监测	(19)
6.8	土压力监测	(20)
6.9	孔隙水压力监测	(20)
6.10	地下水位监测	(21)
6.11	锚杆及土钉内力监测	(21)
6.12	土体分层竖向位移监测	(22)

7	监测频率	(23)
8	监测报警	(25)
9	数据处理与信息反馈	(28)
附录 A	水平位移和竖向位移监测日报表	(31)
附录 B	深层水平位移监测日报表	(32)
附录 C	围护墙内力、立柱内力及土压力、孔隙水压力 监测日报表	(33)
附录 D	支撑轴力、锚杆及土钉拉力监测日报表	(34)
附录 E	地下水位、周边地表竖向位移、坑底隆起 监测日报表	(35)
附录 F	裂缝监测日报表	(36)
附录 G	巡视检查日报表	(37)
	本规范用词说明	(39)
	引用标准名录	(40)
	附:条文说明	(41)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Technical terms	(2)
3	Basic regulations	(4)
4	Monitoring items	(7)
4.1	General regulations	(7)
4.2	Instrument monitoring	(7)
4.3	Inspection and examination	(8)
5	Arrangement of monitoring point	(11)
5.1	General regulations	(11)
5.2	Building excavation and bracing and retaining structure	(11)
5.3	Surroundings around building excavation	(13)
6	Monitoring methods and precision requirements	(16)
6.1	General regulations	(16)
6.2	Monitoring of horizontal displacement	(17)
6.3	Monitoring of vertical displacement	(17)
6.4	Monitoring of horizontal displacement in deep stratum	(18)
6.5	Monitoring of inclination	(19)
6.6	Monitoring of crack	(19)
6.7	Monitoring of internal force in bracing and retaining structure	(19)
6.8	Monitoring of soil pressure	(20)
6.9	Monitoring of pore water pressure	(20)
6.10	Monitoring of water table	(21)

6.11	Monitoring of tensile force in anchor rod and soil nail	(21)
6.12	Monitoring of vertical displacement in different stratum	(22)
7	Frequency of monitoring	(23)
8	Alarming on monitoring	(25)
9	Data processing and information feedback	(28)
Appendix A	Daily report on horizontal displacement and vertical displacement	(31)
Appendix B	Daily report on horizontal displacement in deep stratum	(32)
Appendix C	Daily report on internal force in retaining structure or column, soil pressure, and pore water pressure	(33)
Appendix D	Daily report on axial force in bracing and tensile force in anchor rod and soil nail	(34)
Appendix E	Daily report on water table, ground vertical displacement, and upheaval in the bottom	(35)
Appendix F	Daily report on crack	(36)
Appendix G	Daily report on inspection and examination	(37)
	Explanation of wording in this code	(39)
	List of quoted standards	(40)
	Addition; explanation of provisions	(41)

1 总 则

1.0.1 为规范建筑基坑工程监测工作,保证监测质量,为信息化施工和优化设计提供依据,做到成果可靠、技术先进、经济合理,确保建筑基坑安全和保护基坑周边环境,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于一般土及软土建筑基坑工程监测,不适用于岩石建筑基坑工程以及冻土、膨胀土、湿陷性黄土等特殊土和侵蚀性环境的建筑基坑工程监测。

1.0.3 建筑基坑工程监测应综合考虑基坑工程设计方案、建设场地的岩土工程条件、周边环境条件、施工方案等因素,制订合理的监测方案,精心组织和实施监测。

1.0.4 建筑基坑工程监测除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 建筑基坑 building excavation

为进行建(构)筑物基础、地下建(构)筑物施工所开挖形成的地面以下空间。

2.0.2 基坑周边环境 surroundings around building excavation

在建筑基坑施工及使用阶段,基坑周围可能受基坑影响的或可能影响基坑的既有建(构)筑物、设施、管线、道路、岩土体及水系等的统称。

2.0.3 建筑基坑工程监测 monitoring of building excavation engineering

在建筑基坑施工及使用阶段,对建筑基坑及周边环境实施的检查、量测和监视工作。

2.0.4 支护结构 bracing and retaining structure

为保证基坑开挖和地下结构的施工安全以及保护基坑周边环境,对基坑侧壁进行临时支挡、加固的一种结构体系。包括围护墙和支撑(或拉锚)体系。

2.0.5 围护墙 retaining structure

基坑周边承受坑侧土、水压力及一定范围内地面荷载的壁状结构。

2.0.6 支撑 bracing

在基坑内用以承受围护墙传来荷载的构件或结构体系。

2.0.7 锚杆 anchor rod

一端与围护墙联结,另一端锚固在土层或岩层中的承受围护墙传来荷载的受拉杆件。

2.0.8 冠梁 top beam

设置在围护墙顶部并与围护墙连接的用于传力或增加围护墙整体刚度的梁式构件。

2.0.9 监测点 monitoring point

直接或间接设置在监测对象上并能反映其变化特征的观测点。

2.0.10 监测频率 frequency of monitoring

单位时间内的监测次数。

2.0.11 监测报警值 alarming value on monitoring

为保证建筑基坑及周边环境安全,对监测对象可能出现异常、危险所设定的警戒值。

3 基本规定

3.0.1 开挖深度大于等于5m或开挖深度小于5m但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑工程以及其他需要监测的基坑工程应实施基坑工程监测。

3.0.2 基坑工程设计提出的对基坑工程监测的技术要求应包括监测项目、监测频率和监测报警值等。

3.0.3 基坑工程施工前,应由建设方委托具备相应资质的第三方对基坑工程实施现场监测。监测单位应编制监测方案,监测方案需经建设方、设计方、监理方等认可,必要时还需与基坑周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。

3.0.4 监测工作宜按下列步骤进行:

- 1 接受委托。
- 2 现场踏勘,收集资料。
- 3 制订监测方案。
- 4 监测点设置与验收,设备、仪器校验和元器件标定。
- 5 现场监测。
- 6 监测数据的处理、分析及信息反馈。
- 7 提交阶段性监测结果和报告。
- 8 现场监测工作结束后,提交完整的监测资料。

3.0.5 监测单位在现场踏勘、资料收集阶段的主要工作应包括:

- 1 了解建设方和相关单位的具体要求。
- 2 收集和熟悉岩土工程勘察资料、气象资料、地下工程和基坑工程的设计资料以及施工组织设计(或项目管理规划)等。

3 按监测需要收集基坑周边环境各监测对象的原始资料和使用现状等资料。必要时可采用拍照、录像等方法保存有关资料

或进行必要的现场测试取得有关资料。

4 通过现场踏勘,复核相关资料与现场状况的关系,确定拟监测项目现场实施的可行性。

5 了解相邻工程的设计和施工情况。

3.0.6 监测方案应包括下列内容:

1 工程概况。

2 建设场地岩土工程条件及基坑周边环境状况。

3 监测目的和依据。

4 监测内容及项目。

5 基准点、监测点的布设与保护。

6 监测方法及精度。

7 监测期和监测频率。

8 监测报警及异常情况下的监测措施。

9 监测数据处理与信息反馈。

10 监测人员的配备。

11 监测仪器设备及检定要求。

12 作业安全及其他管理制度。

3.0.7 下列基坑工程的监测方案应进行专门论证:

1 地质和环境条件复杂的基坑工程。

2 临近重要建筑和管线,以及历史文物、优秀近现代建筑、地铁、隧道等破坏后果很严重的基坑工程。

3 已发生严重事故,重新组织施工的基坑工程。

4 采用新技术、新工艺、新材料、新设备的一、二级基坑工程。

5 其他需要论证的基坑工程。

3.0.8 监测单位应严格实施监测方案。当基坑工程设计或施工有重大变更时,监测单位应与建设方及相关单位研究并及时调整监测方案。

3.0.9 监测单位应及时处理、分析监测数据,并将监测结果和评价及时向建设方及相关单位做信息反馈,当监测数据达到监测报

警值时必须立即通报建设方及相关单位。

3.0.10 基坑工程监测期间建设方及施工方应协助监测单位保护监测设施。

3.0.11 监测结束阶段,监测单位应向建设方提供以下资料,并按档案管理规定,组卷归档。

- 1 基坑工程监测方案。
- 2 测点布置、验收记录。
- 3 阶段性监测报告。
- 4 监测总结报告。

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 基坑工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。

4.1.2 基坑工程现场监测的对象应包括：

- 1 支护结构。
- 2 地下水状况。
- 3 基坑底部及周边土体。
- 4 周边建筑。
- 5 周边管线及设施。
- 6 周边重要的道路。
- 7 其他应监测的对象。

4.1.3 基坑工程的监测项目应与基坑工程设计、施工方案相匹配。应针对监测对象的关键部位,做到重点观测、项目配套并形成有效的、完整的监测系统。

4.2 仪器监测

4.2.1 基坑工程仪器监测项目应根据表 4.2.1 进行选择。

表 4.2.1 建筑基坑工程仪器监测项目表

监测项目	基坑类别		
	一级	二级	三级
围护墙(边坡)顶部水平位移	应测	应测	应测
围护墙(边坡)顶部竖向位移	应测	应测	应测
深层水平位移	应测	应测	宜测

续表 4.2.1

监测项目		基坑类别		
		一级	二级	三级
立柱竖向位移		应测	宜测	宜测
围护墙内力		宜测	可测	可测
支撑内力		应测	宜测	可测
立柱内力		可测	可测	可测
锚杆内力		应测	宜测	可测
土钉内力		宜测	可测	可测
坑底隆起(回弹)		宜测	可测	可测
围护墙侧向土压力		宜测	可测	可测
孔隙水压力		宜测	可测	可测
地下水水位		应测	应测	应测
土体分层竖向位移		宜测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	应测	宜测
周边建筑	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	应测	宜测	可测
周边建筑、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线变形		应测	应测	应测

注:基坑类别的划分按照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 执行。

4.2.2 当基坑周边有地铁、隧道或其他对位移有特殊要求的建筑及设施时,监测项目应与有关管理部门或单位协商确定。

4.3 巡视检查

4.3.1 基坑工程施工和使用期内,每天均应由专人进行巡视

检查。

4.3.2 基坑工程巡视检查宜包括以下内容：

1 支护结构：

- 1) 支护结构成型质量；
- 2) 冠梁、围檩、支撑有无裂缝出现；
- 3) 支撑、立柱有无较大变形；
- 4) 止水帷幕有无开裂、渗漏；
- 5) 墙后土体有无裂缝、沉陷及滑移；
- 6) 基坑有无涌土、流沙、管涌。

2 施工工况：

- 1) 开挖后暴露的土质情况与岩土勘察报告有无差异；
- 2) 基坑开挖分段长度、分层厚度及支锚设置是否与设计要求一致；
- 3) 场地地表水、地下水排放状况是否正常，基坑降水、回灌设施是否运转正常；
- 4) 基坑周边地面有无超载。

3 周边环境：

- 1) 周边管道有无破损、泄漏情况；
- 2) 周边建筑有无新增裂缝出现；
- 3) 周边道路(地面)有无裂缝、沉陷；
- 4) 邻近基坑及建筑的施工变化情况。

4 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) 有无影响观测工作的障碍物。

5 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容。

4.3.3 巡视检查宜以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工具以及摄像、摄影等设备进行。

4.3.4 对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等

的巡视检查情况应做好记录。检查记录应及时整理,并与仪器监测数据进行综合分析。

4.3.5 巡视检查如发现异常和危险情况,应及时通知建设方及其他相关单位。

5 监测点布置

5.1 一般规定

5.1.1 基坑工程监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势,监测点应布置在内力及变形关键特征点上,并应满足监控要求。

5.1.2 基坑工程监测点的布置应不妨碍监测对象的正常工作,并应减少对施工作业的不利影响。

5.1.3 监测标志应稳固、明显、结构合理,监测点的位置应避免开障碍物,便于观测。

5.2 基坑及支护结构

5.2.1 围护墙或基坑边坡顶部的水平和竖向位移监测点应沿基坑周边布置,周边中部、阳角处应布置监测点。监测点水平间距不宜大于 20m,每边监测点数目不宜少于 3 个。水平和竖向位移监测点宜为共用点,监测点宜设置在围护墙顶或基坑坡顶上。

5.2.2 围护墙或土体深层水平位移监测点宜布置在基坑周边的中部、阳角处及有代表性的部位。监测点水平间距宜为 20m~50m,每边监测点数目不应少于 1 个。

用测斜仪观测深层水平位移时,当测斜管埋设在围护墙体内,测斜管长度不宜小于围护墙的深度;当测斜管埋设在土体中,测斜管长度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍,并应大于围护墙的深度。以测斜管底为固定起算点时,管底应嵌入到稳定的土体中。

5.2.3 围护墙内力监测点应布置在受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距视具体情况而定。竖直方向监测点应布置在弯矩极值处,竖向间距宜为 2m~4m。

5.2.4 支撑内力监测点的布置应符合下列要求：

1 监测点宜设置在支撑内力较大或在整个支撑系统中起控制作用的杆件上。

2 每层支撑的内力监测点不应少于 3 个，各层支撑的监测点位置在竖向上宜保持一致。

3 钢支撑的监测截面宜选择在两支点间 1/3 部位或支撑的端头；混凝土支撑的监测截面宜选择在两支点间 1/3 部位，并避开节点位置。

4 每个监测点截面内传感器的设置数量及布置应满足不同传感器测试要求。

5.2.5 立柱的竖向位移监测点宜布置在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱上。监测点不应少于立柱总根数的 5%，逆作法施工的基坑不应少于 10%，且均不应少于 3 根。立柱的内力监测点宜布置在受力较大的立柱上，位置宜设在坑底以上各层立柱下部的 1/3 部位。

5.2.6 锚杆的内力监测点应选择在受力较大且有代表性的位置，基坑每边中部、阳角处和地质条件复杂的区段宜布置监测点。每层锚杆的内力监测点数量应为该层锚杆总数的 1%~3%，并不应少于 3 根。各层监测点位置在竖向上宜保持一致。每根杆体上的测试点宜设置在锚头附近和受力有代表性的位置。

5.2.7 土钉的内力监测点应选择在受力较大且有代表性的位置，基坑每边中部、阳角处和地质条件复杂的区段宜布置监测点。监测点数量和间距应视具体情况而定，各层监测点位置在竖向上宜保持一致。每根土钉杆体上的测试点应设置在有代表性的受力位置。

5.2.8 坑底隆起(回弹)监测点的布置应符合下列要求：

1 监测点宜按纵向或横向剖面布置，剖面宜选择在基坑的中央以及其他能反映变形特征的位置，剖面数量不应少于 2 个。

2 同一剖面上监测点横向间距宜为 10m~30m，数量不应少

于 3 个。

5.2.9 围护墙侧向土压力监测点的布置应符合下列要求：

1 监测点应布置在受力、土质条件变化较大或其他有代表性的部位。

2 平面布置上基坑每边不宜少于 2 个监测点。竖向布置上监测点间距宜为 2m~5m,下部宜加密。

3 当按土层分布情况布设时,每层应至少布设 1 个测点,且宜布置在各层土的中部。

5.2.10 孔隙水压力监测点宜布置在基坑受力、变形较大或有代表性的部位。竖向布置上监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设,竖向间距宜为 2m~5m,数量不宜少于 3 个。

5.2.11 地下水位监测点的布置应符合下列要求：

1 基坑内地下水位当采用深井降水时,水位监测点宜布置在基坑中央和两相邻降水井的中间部位;当采用轻型井点、喷射井点降水时,水位监测点宜布置在基坑中央和周边拐角处,监测点数量应视具体情况确定。

2 基坑外地下水位监测点应沿基坑、被保护对象的周边或在基坑与被保护对象之间布置,监测点间距宜为 20m~50m。相邻建筑、重要的管线或管线密集处应布置水位监测点;当有止水帷幕时,宜布置在止水帷幕的外侧约 2m 处。

3 水位观测管的管底埋置深度应在最低设计水位或最低允许地下水位之下 3m~5m。承压水水位监测管的滤管应埋置在所测的承压含水层中。

4 回灌井点观测井应设置在回灌井点与被保护对象之间。

5.3 基坑周边环境

5.3.1 从基坑边缘以外 1~3 倍基坑开挖深度范围内需要保护的周边环境应作为监测对象。必要时尚应扩大监测范围。

5.3.2 位于重要保护对象安全保护区范围内的监测点的布置,尚应满足相关部门的技术要求。

5.3.3 建筑竖向位移监测点的布置应符合下列要求:

1 建筑四角、沿外墙每10m~15m处或每隔2~3根柱基上,且每侧不少于3个监测点。

2 不同地基或基础的分界处。

3 不同结构的分界处。

4 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧。

5 新、旧建筑或高、低建筑交接处的两侧。

6 高耸构筑物基础轴线的对称部位,每一构筑物不应少于4点。

5.3.4 建筑水平位移监测点应布置在建筑的外墙墙角、外墙中间部位的墙上或柱上、裂缝两侧以及其他有代表性的部位,监测点间距视具体情况而定,一侧墙体的监测点不宜少于3点。

5.3.5 建筑倾斜监测点的布置应符合下列要求:

1 监测点宜布置在建筑角点、变形缝两侧的承重柱或墙上。

2 监测点应沿主体顶部、底部上下对应布设,上、下监测点应布置在同一竖直线上。

3 当由基础的差异沉降推算建筑倾斜时,监测点的布置应符合本规范第5.3.3条的规定。

5.3.6 建筑裂缝、地表裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置,当原有裂缝增大或出现新裂缝时,应及时增设监测点。对需要观测的裂缝,每条裂缝的监测点至少应设2个,且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。

5.3.7 管线监测点的布置应符合下列要求:

1 应根据管线修建年份、类型、材料、尺寸及现状等情况,确定监测点设置。

2 监测点宜布置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位,监测点平面间距宜为15m~25m,并宜延伸至基坑边缘以外

1~3 倍基坑开挖深度范围内的管线。

3 供水、煤气、暖气等压力管线宜设置直接监测点,在无法埋设直接监测点的部位,可设置间接监测点。

5.3.8 基坑周边地表竖向位移监测点宜按监测剖面设在坑边中部或其他有代表性的部位。监测剖面应与坑边垂直,数量视具体情况确定。每个监测剖面上的监测点数量不宜少于 5 个。

5.3.9 土体分层竖向位移监测孔应布置在靠近被保护对象且有代表性的部位,数量应视具体情况确定。在竖向布置上测点宜设置在各层土的界面上,也可等间距设置。测点深度、测点数量应视具体情况确定。

6 监测方法及精度要求

6.1 一般规定

6.1.1 监测方法的选择应根据基坑类别、设计要求、场地条件、当地经验和方法适用性等因素综合确定,监测方法应合理易行。

6.1.2 变形监测网的基准点、工作基点布设应符合下列要求:

1 每个基坑工程至少应有 3 个稳定、可靠的点作为基准点。

2 工作基点应选在相对稳定和方便使用的位置。在通视条件良好、距离较近、观测项目较少的情况下,可直接将基准点作为工作基点。

3 监测期间,应定期检查工作基点和基准点的稳定性。

6.1.3 监测仪器、设备和元件应符合下列规定:

1 满足观测精度和量程的要求,且应具有良好的稳定性和可靠性。

2 应经过校准或标定,且校核记录和标定资料齐全,并应在规定的校准有效期内使用。

3 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查。

6.1.4 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 固定观测人员。

4 在基本相同的环境和条件下工作。

6.1.5 监测项目初始值应在相关施工工序之前测定,并取至少连续观测 3 次的稳定值的平均值。

6.1.6 地铁、隧道等其他基坑周边环境的监测方法和监测精度应

符合相关标准的规定以及主管部门的要求。

6.1.7 除使用本规范规定的监测方法外,亦可采用能达到本规范规定精度要求的其他方法。

6.2 水平位移监测

6.2.1 测定特定方向上的水平位移时,可采用视准线法、小角度法、投点法等;测定监测点任意方向的水平位移时,可视监测点的分布情况,采用前方交会法、后方交会法、极坐标法等;当测点与基准点无法通视或距离较远时,可采用 GPS 测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。

6.2.2 水平位移监测基准点的埋设应符合国家现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定,宜设置有强制对中的观测墩,并宜采用精密的光学对中装置,对中误差不宜大于 0.5mm。

6.2.3 基坑围护墙(边坡)顶部、基坑周边管线、邻近建筑水平位移监测精度应根据其水平位移报警值按表 6.2.3 确定。

表 6.2.3 水平位移监测精度要求(mm)

水平位移报警值	累计值 D (mm)	$D < 20$	$20 \leq D < 40$	$40 \leq D \leq 60$	$D > 60$
	变化速率 v_D (mm/d)	$v_D < 2$	$2 \leq v_D < 4$	$4 \leq v_D \leq 6$	$v_D > 6$
监测点坐标中误差		≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 3.0

注:1 监测点坐标中误差,是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 当根据累计值和变化速率选择的精度要求不一致时,水平位移监测精度优先按变化速率报警值的要求确定;
- 3 本规范以中误差作为衡量精度的标准。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移监测可采用几何水准或液体静力水准等方法。

6.3.2 坑底隆起(回弹)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,传递高程的金属杆或钢尺等

应进行温度、尺长和拉力等项修正。

6.3.3 围护墙(边坡)顶部、立柱、基坑周边地表、管线和邻近建筑的竖向位移监测精度应根据其竖向位移报警值按表 6.3.3 确定。

表 6.3.3 竖向位移监测精度要求 (mm)

竖向位移报警值	累计值 S (mm)	$S < 20$	$20 \leq S < 40$	$40 \leq S \leq 60$	$S > 60$
	变化速率 v_s (mm/d)	$v_s < 2$	$2 \leq v_s < 4$	$4 \leq v_s \leq 6$	$v_s > 6$
监测点测站高差中误差		≤ 0.15	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.5

注:监测点测站高差中误差是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。

6.3.4 坑底隆起(回弹)监测的精度应符合表 6.3.4 的要求。

表 6.3.4 坑底隆起(回弹)监测的精度要求 (mm)

坑底回弹(隆起)报警值	≤ 40	40~60	60~80
监测点测站高差中误差	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3.0

6.3.5 各监测点与水准基准点或工作基点应组成闭合环路或附合水准路线。

6.4 深层水平位移监测

6.4.1 围护墙或土体深层水平位移的监测宜采用在墙体或土体中预埋测斜管、通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法。

6.4.2 测斜仪的系统精度不宜低于 0.25mm/m,分辨率不宜低于 0.02mm/500mm。

6.4.3 测斜管应在基坑开挖 1 周前埋设,埋设时应符合下列要求:

1 埋设前应检查测斜管质量,测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅,各段接头及管底应保证密封。

2 测斜管埋设时应保持竖直,防止发生上浮、断裂、扭转;测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致。

3 当采用钻孔法埋设时,测斜管与钻孔之间的孔隙应填充密实。

6.4.4 测斜仪探头置入测斜管底后,应待探头接近管内温度时再量测,每个监测点均应进行正、反两次量测。

6.4.5 当以上部管口作为深层水平位移的起算点时,每次监测均应测定管口坐标的变化并修正。

6.5 倾斜监测

6.5.1 建筑倾斜观测应根据现场观测条件和要求,选用投点法、前方交会法、激光铅直仪法、垂吊法、倾斜仪法和差异沉降法等方法。

6.5.2 建筑倾斜观测精度应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 及《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.6 裂缝监测

6.6.1 裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度、宽度,必要时尚应监测裂缝深度。

6.6.2 基坑开挖前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量,测定其走向、长度、宽度和深度等情况,监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。

6.6.3 裂缝监测可采用以下方法:

1 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋标志,用千分尺或游标卡尺等直接量测,也可用裂缝计、粘贴安装千分表量测或摄影量测等。

2 裂缝长度监测宜采用直接量测法。

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

6.6.4 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm,裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1mm。

6.7 支护结构内力监测

6.7.1 支护结构内力可采用安装在结构内部或表面的应变计或

应力计进行量测。

6.7.2 混凝土构件可采用钢筋应力计或混凝土应变计等量测,钢构件可采用轴力计或应变计等量测。

6.7.3 内力监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

6.7.4 应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍,精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.7.5 内力监测传感器埋设前应进行性能检验和编号。

6.7.6 内力监测传感器宜在基坑开挖前至少 1 周埋设,并取开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为初始值。

6.8 土压力监测

6.8.1 土压力宜采用土压力计量测。

6.8.2 土压力计的量程应满足被测压力的要求,其上限可取设计压力的 2 倍,精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.8.3 土压力计埋设可采用埋入式或边界式。埋设时应符合下列要求:

1 受力面与所监测的压力方向垂直并紧贴被监测对象。

2 埋设过程中应有土压力膜保护措施。

3 采用钻孔法埋设时,回填应均匀密实,且回填材料宜与周围岩土体一致。

4 做好完整的埋设记录。

6.8.4 土压力计埋设以后应立即进行检查测试,基坑开挖前应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定初始值。

6.9 孔隙水压力监测

6.9.1 孔隙水压力宜通过埋设钢弦式或应变式等孔隙水压力计测试。

6.9.2 孔隙水压力计应满足以下要求:量程满足被测压力范围的

要求,可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍;精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.9.3 孔隙水压力计埋设可采用压入法、钻孔法等。

6.9.4 孔隙水压力计应事前埋设,埋设前应符合下列要求:

1 孔隙水压力计应浸泡饱和,排除透水石中的气泡。

2 核查标定数据,记录探头编号,测读初始读数。

6.9.5 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时,钻孔直径宜为 110mm~130mm,不宜使用泥浆护壁成孔,钻孔应圆直、干净;封口材料宜采用直径 10mm~20mm 的干燥膨润土球。

6.9.6 孔隙水压力计埋设后应测量初始值,且宜逐日量测 1 周以上并取得稳定初始值。

6.9.7 应在孔隙水压力监测的同时测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位。

6.10 地下水位监测

6.10.1 地下水位监测宜通过孔内设置水位管,采用水位计进行量测。

6.10.2 地下水位量测精度不宜低于 10mm。

6.10.3 潜水水位管应在基坑施工前埋设,滤管长度应满足量测要求;承压水位监测时被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

6.10.4 水位管宜在基坑开始降水前至少 1 周埋设,且宜逐日连续观测水位并取得稳定初始值。

6.11 锚杆及土钉内力监测

6.11.1 锚杆和土钉的内力监测宜采用专用测力计、钢筋应力计或应变计,当使用钢筋束时宜监测每根钢筋的受力。

6.11.2 专用测力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为对应设计值的 2 倍,量测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.11.3 锚杆或土钉施工完成后应对专用测力计、应力计或应变计进行检查测试,并取下一层土方开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

6.12 土体分层竖向位移监测

6.12.1 土体分层竖向位移可通过埋设磁环式分层沉降标,采用分层沉降仪进行量测;或者通过埋设深层沉降标,采用水准测量方法进行量测。

6.12.2 磁环式分层沉降标或深层沉降标应在基坑开挖前至少 1 周埋设。采用磁环式分层沉降标时,应保证沉降管安置到位后与土层密贴牢固。

6.12.3 土体分层竖向位移的初始值应在磁环式分层沉降标或深层沉降标埋设后量测,稳定时间不应少于 1 周并获得稳定的初始值。

6.12.4 采用分层沉降仪量测时,每次测量应重复 2 次并取其平均值作为测量结果,2 次读数较差不大于 1.5mm,沉降仪的系统精度不宜低于 1.5mm;采用深层沉降标结合水准测量时,水准监测精度宜参照表 6.3.4 确定。

6.12.5 采用磁环式分层沉降标监测时,每次监测均应测定沉降管口高程的变化,然后换算出沉降管内各监测点的高程。

7 监测频率

7.0.1 基坑工程监测频率的确定应满足能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程而又不遗漏其变化时刻的要求。

7.0.2 基坑工程监测工作应贯穿于基坑工程和地下工程施工全过程。监测期应从基坑工程施工前开始,直至地下工程完成为止。对有特殊要求的基坑周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后结束。

7.0.3 监测项目的监测频率应综合考虑基坑类别、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化和当地经验而确定。当监测值相对稳定时,可适当降低监测频率。对于应测项目,在无数据异常和事故征兆的情况下,开挖后现场仪器监测频率可按表 7.0.3 确定。

表 7.0.3 现场仪器监测的监测频率

基坑类别	施工进度		基坑设计深度(m)			
			≤5	5~10	10~15	>15
一级	开挖深度(m)	≤5	1次/1d	1次/2d	1次/2d	1次/2d
		5~10	—	1次/1d	1次/1d	1次/1d
		>10	—	—	2次/1d	2次/1d
	底板浇筑后时间(d)	≤7	1次/1d	1次/1d	2次/1d	2次/1d
		7~14	1次/3d	1次/2d	1次/1d	1次/1d
		14~28	1次/5d	1次/3d	1次/2d	1次/1d
		>28	1次/7d	1次/5d	1次/3d	1次/3d
	二级	开挖深度(m)	≤5	1次/2d	1次/2d	—
5~10			—	1次/1d	—	—

续表 7.0.3

基坑类别	施工进度		基坑设计深度(m)			
			≤5	5~10	10~15	>15
二级	底板浇筑后时间(d)	≤7	1次/2d	1次/2d	—	—
		7~14	1次/3d	1次/3d		
		14~28	1次/7d	1次/5d		
		>28	1次/10d	1次/10d	—	—

注:1 有支撑的支护结构各道支撑开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率应为 1 次/1d;

- 2 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定;
- 3 当基坑类别为三级时,监测频率可视具体情况适当降低;
- 4 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

7.0.4 当出现下列情况之一时,应提高监测频率:

- 1 监测数据达到报警值。
 - 2 监测数据变化较大或者速率加快。
 - 3 存在勘察未发现的不良地质。
 - 4 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工。
 - 5 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏。
 - 6 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值。
 - 7 支护结构出现开裂。
 - 8 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂。
 - 9 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂。
 - 10 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流沙等现象。
 - 11 基坑工程发生事故后重新组织施工。
 - 12 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。
- 7.0.5 当有危险事故征兆时,应实时跟踪监测。

8 监测报警

8.0.1 基坑工程监测必须确定监测报警值,监测报警值应满足基坑工程设计、地下结构设计以及周边环境中被保护对象的控制要求。监测报警值应由基坑工程设计方确定。

8.0.2 基坑内、外地层位移控制应符合下列要求:

- 1 不得导致基坑的失稳。
- 2 不得影响地下结构的尺寸、形状和地下工程的正常施工。
- 3 对周边已有建筑引起的变形不得超过相关技术规范的要求或影响其正常使用。
- 4 不得影响周边道路、管线、设施等正常使用。
- 5 满足特殊环境的技术要求。

8.0.3 基坑工程监测报警值应由监测项目的累计变化量和变化速率值共同控制。

8.0.4 基坑及支护结构监测报警值应根据土质特征、设计结果及当地经验等因素确定;当无当地经验时,可根据土质特征、设计结果以及表 8.0.4 确定。

表 8.0.4 基坑及支护结构监测报警值

序号	监测项目	支护结构类型	基坑类别								
			一级			二级			三级		
			累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)
			绝对值 (mm)	相对基坑深度(h) 控制值		绝对值 (mm)	相对基坑深度(h) 控制值		绝对值 (mm)	相对基坑深度(h) 控制值	
1	围护墙(边坡)顶部水平位移	放坡、土钉墙、喷锚支护、水泥土墙	30~35	0.3%~0.4%	5~10	50~60	0.6%~0.8%	10~15	70~80	0.8%~1.0%	15~20
		钢板桩、灌注桩、型钢水泥土墙、地下连续墙	25~30	0.2%~0.3%	2~3	40~50	0.5%~0.7%	4~6	60~70	0.6%~0.8%	8~10

续表 8.0.4

序号	监测项目	支护结构类型	基坑类别									
			一级			二级			三级			
			累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)	
			绝对值 (mm)	相对基坑深度(h)控制值		绝对值 (mm)	相对基坑深度(h)控制值		绝对值 (mm)	相对基坑深度(h)控制值		
2	围护墙(边坡)顶部竖向位移	放坡、土钉墙、喷锚支护、水泥土墙	20~40	0.3%~0.4%	3~5	50~60	0.6%~0.8%	5~8	70~80	0.8%~1.0%	8~10	
		钢板桩、灌注桩、型钢水泥土墙、地下连续墙	10~20	0.1%~0.2%	2~3	25~30	0.3%~0.5%	3~4	35~40	0.5%~0.6%	4~5	
3	深层水平位移	水泥土墙	30~35	0.3%~0.4%	2~3	50~60	0.6%~0.8%	4~6	10~15	70~80	0.8%~1.0%	8~10
		钢板桩	50~60	0.6%~0.7%		80~85	0.7%~0.8%		90~100	0.9%~1.0%		
		型钢水泥土墙	50~55	0.5%~0.6%		75~80	0.7%~0.8%		80~90	0.9%~1.0%		
		灌注桩	45~50	0.4%~0.5%		70~75	0.6%~0.7%		70~80	0.8%~0.9%		
		地下连续墙	40~50	0.4%~0.5%		70~75	0.7%~0.8%		80~90	0.9%~1.0%		
4	立柱竖向位移	25~35	—	2~3	35~45	—	4~6	55~65	—	8~10		
5	基坑周边地表竖向位移	25~35	—	2~3	50~60	—	4~6	60~80	—	8~10		
6	坑底隆起(回弹)	25~35	—	2~3	50~60	—	4~6	60~80	—	8~10		
7	土压力	$(60\% \sim 70\%)f_1$		—	$(70\% \sim 80\%)f_1$		—	$(70\% \sim 80\%)f_1$		—		
8	孔隙水压力	$(60\% \sim 70\%)f_1$		—	$(70\% \sim 80\%)f_1$		—	$(70\% \sim 80\%)f_1$		—		
9	支撑内力	$(60\% \sim 70\%)f_2$		—	$(70\% \sim 80\%)f_2$		—	$(70\% \sim 80\%)f_2$		—		
10	围护墙内力											
11	立柱内力											
12	锚杆内力											

注:1 h 为基坑设计开挖深度, f_1 为荷载设计值, f_2 为构件承载能力设计值;

2 累计值取绝对值和相对基坑深度(h)控制值两者的小值;

3 当监测项目的变化速率达到表中规定值或连续 3d 超过该值的 70%, 应报警;

4 嵌岩的灌注桩或地下连续墙位移报警值宜按表中数值的 50% 取用。

8.0.5 基坑周边环境监测报警值应根据主管部门的要求确定,如主管部门无具体规定,可按表 8.0.5 采用。

表 8.0.5 建筑基坑工程周边环境监测报警值

监测对象		项目		累计值(mm)	变化速率(mm/d)	备注
1	地下水位变化			1000	500	—
2	管线位移	刚性管道	压力	10~30	1~3	直接观察点数据
			非压力	10~40	3~5	
		柔性管线		10~40	3~5	—
3	邻近建筑位移			10~60	1~3	—
4	裂缝宽度		建筑	1.5~3	持续发展	—
			地表	10~15	持续发展	—

注:建筑整体倾斜度累计值达到 2/1000 或倾斜速度连续 3d 大于 0.0001H/d(H 为建筑承重结构高度)时应报警。

8.0.6 基坑周边建筑、管线的报警值除考虑基坑开挖造成的变形外,尚应考虑其原有变形的影响。

8.0.7 当出现下列情况之一时,必须立即进行危险报警,并应对基坑支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施。

1 监测数据达到监测报警值的累计值。

2 基坑支护结构或周边土体的位移值突然明显增大或基坑出现流沙、管涌、隆起、陷落或较严重的渗漏等。

3 基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象。

4 周边建筑的结构部分、周边地面出现较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝。

5 周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等。

6 根据当地工程经验判断,出现其他必须进行危险报警的情况。

9 数据处理与信息反馈

9.0.1 监测分析人员应具有岩土工程、结构工程、工程测量的综合知识和工程实践经验,具有较强的综合分析能力,能及时提供可靠的综合分析报告。

9.0.2 现场量测人员应对监测数据的真实性负责,监测分析人员应对监测报告的可靠性负责,监测单位应对整个项目监测质量负责。监测记录和监测技术成果均应有责任人签字,监测技术成果应加盖成果章。

9.0.3 现场的监测资料应符合下列要求:

- 1 使用正式的监测记录表格。
- 2 监测记录应有相应的工况描述。
- 3 监测数据的整理应及时。
- 4 对监测数据的变化及发展情况的分析和评述应及时。

9.0.4 外业观测值和记事项目应在现场直接记录于观测记录表中。任何原始记录不得涂改、伪造和转抄。

9.0.5 观测数据出现异常时,应分析原因,必要时应进行重测。

9.0.6 监测项目数据分析应结合其他相关项目的监测数据和自然环境条件、施工工况等情况及以往数据进行,并对其发展趋势作出预测。

9.0.7 技术成果应包括当日报表、阶段性报告和总结报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整,并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。技术成果应按时报送。

9.0.8 监测数据的处理与信息反馈宜采用专业软件,专业软件的功能和参数应符合本规范的有关规定,并宜具备数据采

集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

9.0.9 基坑工程监测的观测记录、计算资料和技术成果应进行组卷、归档。

9.0.10 当日报表应包括下列内容：

- 1 当日的天气情况和施工现场的工况。
- 2 仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时绘制有关曲线图。
- 3 巡视检查的记录。
- 4 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论。
- 5 对达到或超过监测报警值的监测点应有报警标示，并有分析和建议。
- 6 对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有分析和建议。
- 7 其他相关说明。

当日报表宜采用本规范附录 A~附录 G 的样式。

9.0.11 阶段性报告应包括下列内容：

- 1 该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况。
- 2 该监测阶段的监测项目及测点的布置图。
- 3 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线。
- 4 各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测。
- 5 相关的设计和施工建议。

9.0.12 总结报告应包括下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 监测依据。
- 3 监测项目。
- 4 监测点布置。
- 5 监测设备和监测方法。
- 6 监测频率。

- 7 监测报警值。
- 8 各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述。
- 9 监测工作结论与建议。

附录 A 水平位移和竖向位移监测日报表

表 A 水平位移和竖向位移监测日报表()

第 页 共 页

第 次

工程名称： 报表编号： 天气：
 观测者： 计算者： 校核者： 测试时间： 年 月 日 时

点号	水平位移				竖向位移				备注
	本次测试值 (mm)	单次变化 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	本次测试值 (mm)	单次变化 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	
工 况					当日监测的简要分析及判断性结论：				

工程负责人：

监测单位：

附录 B 深层水平位移监测日报表

表 B 深层水平位移监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称： 报表编号： 天气：
 观测者： 计算者： 校核者： 测试时间： 年 月 日 时

孔号	深度 (m)	本次位移增量 (mm)	累计位移 (mm)	变化速率 (mm/d)	
工况：					
当日监测的简要分析及判断性结论：					

工程负责人：

监测单位：

附录 C 围护墙内力、立柱内力及土压力、 孔隙水压力监测日报表

表 C 围护墙内力、立柱内力及土压力、孔隙水压力监测日报表() 第 页 共 页
第 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

测试时间: 年 月 日 时

组号	点号	深度 (m)	本次应力 (kPa)	上次应力 (kPa)	本次变化 (kPa)	累计变化 (kPa)	备注	组号	点号	深度 (m)	本次应力 (kPa)	上次应力 (kPa)	本次变化 (kPa)	累计变化 (kPa)	备注	
工 况							当日监测的简要分析及判断性结论:									

工程负责人:

监测单位:

附录 D 支撑轴力、锚杆及土钉拉力监测日报表

表 D 支撑轴力、锚杆及土钉拉力监测日报表()

第 页 共 页

第 次

工程名称:

报表编号:

天气:

测试者:

计算者:

校核者:

测试时间: 年 月 日 时

点号	本次内力(kN)	单次变化(kN)	累计变化(kN)	备注	点号	本次内力(kN)	单次变化(kN)	累计变化(kN)	备注
工 况					当日监测的简要分析及判断性结论:				

工程负责人:

监测单位:

附录 G 巡视检查日报表

表 G 巡视检查日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称：

报表编号：

观测者：

计算者：

观测日期： 年 月 日 时

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
自然 条件	气温		
	雨量		
	风级		
	水位		
支护 结构	支护结构成型质量		
	冠梁、支撑、围檩裂缝		
	支撑、立柱变形		
	止水帷幕开裂、渗漏		
	墙后土体沉陷、裂缝及滑移		
	基坑涌土、流沙、管涌		
	其他		
施工 工况	土质情况		
	基坑开挖分段长度及分层厚度		
	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 G

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
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		
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		

工程负责人：

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:

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:

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:

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,采用“可”。

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

引用标准名录

《工程测量规范》GB 50026—2007

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002

《建筑变形测量规范》JGJ 8—2007

中华人民共和国国家标准

建筑基坑工程监测技术规范

GB 50497 - 2009

条文说明

制 订 说 明

20 世纪 80 年代以来我国高层建筑和地下工程得到了迅猛发展,基坑工程的重要性逐渐被人们所认识,基坑工程设计、施工技术水平也随着工程经验的积累不断提高。但是在基坑工程实践中,工程的实际工作状态与设计工况往往存在一定的差异,基坑工程设计还不能全面而准确地反映工程的各种变化,所以在理论分析指导下有计划地进行现场工程监测就显得十分必要。

基坑工程现场监测可以为基坑工程信息化施工、设计优化等提供依据;更重要的是通过监测和预警,可以及时发现安全隐患,保护基坑及周边环境的安全;同时监测工作还是发展基坑工程设计理论的重要手段。为此我们依据原建设部《2006 年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)》的要求,编制了本规范。现就编制工作情况说明如下:

一、 标准编制遵循的主要原则

1. 科学性原则。标准的技术规定应以行之有效的实践经验和可靠的科学研究成果为依据。对需要进行专题研究或验证的项目,认真组织研究或验证并写出成果报告;对已经实践检验的技术上成熟、经济上合理的科研成果,应纳入规范。

2. 先进性原则。一是应积极采用基坑工程监测的新方法、新技术;二是标准规定的技术要求应在全国范围内达到平均先进水平。

3. 实用性原则。标准的规定应具有现实的可操作性,便于基坑工程监测工作的开展,便于工程技术人员执行。

4. 协调性原则。标准的技术规定应与国家现行标准相协调,避免矛盾。

二、编制工作概况

(一)各阶段的主要工作

编制工作按准备、征求意见、审查和批准四个阶段进行。

1. 准备阶段。主编单位于2006年4月启动编制准备工作,筹建编制组;在山东省工程建设标准《建筑基坑工程监测技术规范》DBJ 14—024—2004和初步调研的基础上,草拟编制工作大纲,并召开专家座谈会听取对该编制工作大纲的意见,为第一次编制工作会议的召开打下了一个良好的基础。同年8月25日编制组成立暨第一次工作会议在青岛召开。

2. 征求意见阶段。编写组依据编制大纲的要求于2006年8月~2007年2月开展了各项专题研究,并形成了专题研究报告。编制组在专题研究的基础上编写完成了规范的初稿,于2007年8月在青岛召开了第二次编制工作会议,会议对初稿进行了认真的组内讨论,并就若干技术问题达成统一意见。初稿后经编制组多次认真修改,于2008年2月初形成了征求意见稿初稿。2008年2月下旬第三次编制工作会议在昆山召开,会议对征求意见稿初稿进行了充分的讨论,形成了征求意见稿。2008年3月下旬,本规范的征求意见稿在网上公布,正式开始征求意见工作。

3. 送审阶段。2008年8月下旬,第四次编制会议在同济大学召开。会议认真讨论了征求到的各方意见以及对意见的处理和答复;逐条讨论、修改了送审稿初稿,形成了送审稿。2008年10月中旬,本规范送审稿审查会在青岛召开。审查会专家听取了编制组所作的送审报告,对本规范的编制工作和送审稿进行了认真的审查并通过了送审稿。

4. 报批阶段。编制组根据审查会的意见,对送审稿及条文说明进行了个别修改,于2008年12月形成了报批稿并完成了报批报告等报批文件。

(二)开展专题研究工作

为保证编制质量,编写组依据编制大纲开展了各项专题研究,

专题研究项目为：

1. 国内外关于基坑工程监测的管理规定和技术标准的调研。
2. 不同条件下基坑工程监测项目和监测报警值的研究。
3. 不同条件下基坑工程监测频率的研究。
4. 现有基坑工程监测方法和监测仪器性能的调研。

编制组收集了美国及欧洲国家的相关研究成果，掌握了其研究动态。国内收集了相关的国家标准、行业标准、地方标准以及国内诸多城市有关基坑工程的规定，编制组对其进行了认真的整理和研究，以作为编写的依据或参考。

编制组相继对北京、天津、上海、广州、济南、杭州、武汉、福州、昆明、南宁、青岛、深圳等 17 个城市的 100 多位基坑工程设计、施工、监测单位的专家、学者进行了广泛调研，发放和收集调研表近 200 份，内容涉及基坑监测项目、监控报警值、巡视检查等关键技术难题。编制组采取了调查研究与资料查询相结合的方法，广泛收集全国关于基坑监测频率的工程实例。调研共收集基坑监测实例 86 项，实例工程分布于上海、广东、江苏、浙江、辽宁、北京、天津、山东、山西、河南、安徽、江西、湖北等地区，所收集的资料具有较广泛的代表性。

编制组在此期间完成了“国内外关于基坑工程的管理规定和技术标准的调研报告”、“监测项目与报警控制值的研究报告”、“现有基坑工程监测方法和监测仪器及性能的调研报告”以及“不同条件下基坑工程监测频率的研究报告”，为本规范的编写奠定了基础。

（三）征求意见的范围及主要意见

本规范的征求意见稿由主编部门网上公布，征求社会各方意见。另外，编制组在全国范围内确定了近 20 位专家作为走访或函询的对象，其中包括相关国家标准、行业标准的主编，高等院校相关研究方向的学者，基坑工程设计、施工、监测单位的专家等。

征求到的意见主要涉及：

1. 本规范技术内容对不同地质条件下基坑工程的适用性。
2. 基坑工程监测新技术的应用。
3. 基坑工程的管理规定等问题。

编制组对收集到的意见逐条进行了归纳并整理成册,在认真研究、吸收各方面意见的基础之上,对征求意见稿进行了修改。

(四)审查情况及主要结论

参加送审稿审查会议的有住房和城乡建设部标准定额司的代表,地方建设行政管理部門的代表,相关国家标准编制组或管理组的代表,高等院校、科研单位、设计单位、施工单位等有经验的专家以及本规范编制组成员等。

会议听取了本规范编制组长所作的送审报告和征求意见稿征求意见的处理意见汇报;审查了送审资料;会议代表对标准送审稿进行了认真审查,对其中重要内容的编制依据和成熟度进行了充分讨论和协商,并取得了一致意见。

审查会议认为该规范(送审稿)体例适宜,内容全面系统。规范所确定的监测项目、测点布置、监测频率、监控报警依据较充分,科学合理,适合工程需要,为确保基坑工程监测质量提供了操作性强的技术依据,对保证基坑工程安全、保护周边环境具有重要意义。

三、重要技术问题说明

(一)基坑工程监测的管理规定

有关基坑工程监测的管理规定,本规范主要涉及两个重要内容:一是由建设单位委托具备资质的监测单位实施第三方监测,二是基坑工程监测的实施范围。这两个重要内容的确定主要是依据编制组开展的“国内外关于基坑工程监测的管理规定和技术标准的调研”成果。

由建设单位委托、实施第三方监测和对监测单位提出资质要求是从保证监测的客观性和公正性、走专业化道路、保证监测质量等方面综合考虑的,我国开展基坑工程监测较早、较好的一些主要

省市均提出了类似的管理规定。

建设部《建筑工程预防坍塌事故若干规定》(建质〔2003〕82号)中规定:“深基坑是指开挖深度超过5m的基坑,或深度未超过5m但地质条件和周边环境较复杂的基坑”。并规定应对其相邻的建筑物、道路的沉降及位移情况进行观测。本规范的规定与国家建设主管部门的规定是一致的。

上海、山东以及深圳、南京等国内诸多省市关于深基坑工程的有关规定对深基坑都作出了相似的定义,并规定深基坑工程应实施基坑工程监测。从实施效果看,对保证基坑工程及周边环境的安全起到了较好的控制作用,同时也兼顾对建设项目建设成本的影响。从征求意见稿的意见看,此条文规定在全国范围内已基本达成共识。

(二) 监测项目、监测报警值的确定

监测项目和监测报警值是本规范的重要内容,这些条文的确定依据主要是三个方面:一是专家调查及专题研究报告,二是相关的国家、行业和地方标准,三是工程实践经验的总结。

现行国家、行业标准中涉及基坑工程仪器监测项目的规范较多,如《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330—2002、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—99、《建筑基坑工程技术规范》YB 9258—97等都有关于基坑仪器监测项目的条文;但规范之间有相互矛盾、要求不一致的地方。山东、上海、浙江、湖北、深圳、广州等一些地方标准中也提出了结合当地实际的监测项目。这些规范从不同的角度或地区特点对基坑工程仪器监测项目提出了不同的要求及标准。这次国家规范的编写将调研结果及现行有关规范中关于基坑工程监测的条文进行了比较与分析,综合考虑现行规范的规定,结合专家调查结果和工程实践经验得出了项目较为全面、选择性和适应性较广的仪器监测项目。

编制组针对全国103位基坑工程专家调查得到的数据,经过

数据处理与分析,得到了基坑工程报警值的专家调研结果。编制组又综合考虑了国家现行标准的规定、参考了部分地方标准的报警指标以及工程实践经验,推荐了本规范确定的基坑工程监测报警值。考虑到基坑工程报警的复杂性、目前认知能力的局限性等因素,本规范该条文的用词程度为“可”。

(三)监测频率的确定

目前现行的国家标准、行业标准尚无对基坑工程监测频率的明确规定。基坑工程监测频率的确定是一项经验性很强的工作,总结以往的经验教训对合理地确定基坑监测频率具有重要指导意义。为此,编制组采取了调查研究与资料查询相结合的方法,广泛收集全国关于基坑工程监测频率的工程实例。本次调研共收集基坑监测实例 86 项,实例工程地区分布较广,所收集的资料具有较广泛的代表性。

编制组通过对收集资料的定性分析和定量统计分析,参考国家现行标准以及地方标准的有关规定,确定了应测项目在无数据异常和事故征兆情况下的仪器监测频率。该监测频率能系统地反映基坑及周边环境的受力与变形的重要变化过程,在目前工程实践中有广泛的应用基础,技术成熟度较高。

四、本标准尚需深入研究的有关问题

1. 开展对特殊土以及岩石基坑工程监测的研究。

由于受到各地建筑基坑工程监测开展程度的影响以及现有认知能力、技术装备、技术水平和技术成熟度的限制,本次规范编制过程中对冻土、膨胀土、湿陷性黄土等特殊土和岩石基坑工程实施监测的研究还不够。今后随着基坑工程监测工作的推广,编制组需要加强对东北地区、西部地区基坑工程监测的调研,开展对特殊土以及岩石基坑工程监测的研究,进一步扩大本规范的适用范围。

2. 进一步开展不同地质条件下监测报警值的研究。

基坑工程监测报警值是一个十分严肃和复杂的问题,不但与基坑类别、支护形式有关,还与所处的地质条件密切相关。规范本

次提供的监测报警值是一个取值范围,今后尚需通过对不同地质条件下基坑支护主要形式的调研,选择有代表性的地区开展专题研究,搜集工程技术信息,进一步深入研究不同地质条件下各种支护形式的监测报警值。

3. 进一步研究、总结基坑工程监测的新技术。

随着新的监测设备和传感器的开发与应用,基坑工程监测技术得到不断发展,目前正向系统化、自动化、远程化方面发展,编制组今后将进一步跟踪研究、总结基坑工程监测的新技术,开展必要的专题研究,为本规范以后的修订工作打下基础。

结语

为了准确理解本规范的技术规定,按照《工程建设标准编写规定》的要求,编制组编写了《建筑基坑工程监测技术规范》条文说明。本条文说明的内容均为解释性内容,不应作为标准规定使用。

目 次

1	总 则	(53)
3	基本规定	(56)
4	监测项目	(61)
4.1	一般规定	(61)
4.2	仪器监测	(62)
4.3	巡视检查	(65)
5	监测点布置	(66)
5.1	一般规定	(66)
5.2	基坑及支护结构	(66)
5.3	基坑周边环境	(69)
6	监测方法及精度要求	(72)
6.1	一般规定	(72)
6.2	水平位移监测	(73)
6.3	竖向位移监测	(74)
6.4	深层水平位移监测	(74)
6.5	倾斜监测	(75)
6.6	裂缝监测	(75)
6.7	支护结构内力监测	(75)
6.8	土压力监测	(76)
6.9	孔隙水压力监测	(76)
6.10	地下水位监测	(76)
6.11	锚杆及土钉内力监测	(77)
6.12	土体分层竖向位移监测	(77)
7	监测频率	(78)

8	监测报警	(80)
9	数据处理与信息反馈	(84)

1 总 则

1.0.1 20 世纪 80 年代以来我国城市建设发展很快,尤其是高层建筑和地下工程得到了迅猛发展,基坑工程的重要性逐渐被人们所认识,基坑工程设计、施工技术水平也随着工程经验的积累不断提高。但是在基坑工程实践中,工程的实际工作状态与设计工况往往存在一定的差异,设计值还不能全面、准确地反映工程的各种变化,所以在理论分析指导下有计划地进行现场工程监测就显得十分必要。

造成设计值与实际工作状态差异的主要原因是:

1 地质勘察所获得的数据还很难准确代表岩土层的全面情况。

2 基坑工程设计理论和依据还不够完善,对岩土层和支护结构本身所做的本构模型、计算假定以及参数选用等与实际状况相比存在着一定的近似性和相对误差。

3 基坑工程施工过程中,支护结构的受力经常发生动态变化,诸如地面堆载突变、超挖等偶然因素的发生,使得结构荷载作用时间和影响范围难以预料,出现施工工况与设计工况不一致的情况。

基于上述情况,基坑工程的设计计算虽能大致描述正常施工条件下支护结构以及相邻周边环境的变形规律和受力范围,但必须在基坑工程期间开展严密的现场监测,才能保证基坑及周边环境的安全,保证建设工程的顺利进行。归纳起来,开展基坑工程现场监测的目的主要为:

1 为信息化施工提供依据。通过监测随时掌握岩土层和支护结构内力、变形的变化情况以及周边环境各种建筑、设施的变

形情况,将监测数据与设计值进行对比、分析,以判断前步施工是否符合预期要求,确定和优化下一步施工工艺和参数,以此达到信息化施工的目的,使得监测成果成为现场施工工程技术人员作出正确判断的依据。

2 为基坑周边环境中的建筑、各种设施的保护提供依据。通过对基坑周边建筑、管线、道路等的现场监测,验证基坑工程环境保护方案的正确性,及时分析出现的问题并采取有效措施,以保证周边环境的安全。

3 为优化设计提供依据。基坑工程监测是验证基坑工程设计的重要方法,设计计算中未曾考虑或考虑不周的各种复杂因素,可以通过对现场监测结果的分析、研究,加以局部的修改、补充和完善,因此基坑工程监测可以为动态设计和优化设计提供重要依据。

4 监测工作是发展基坑工程设计理论的重要手段。

基坑工程监测应做到可靠性、技术性和经济性的统一。监测方案应以保证基坑及周边环境安全为前提,以监测技术的先进性为保障,同时也要考虑监测方案的经济性。在保证监测质量的前提下,降低监测成本,达到技术先进性与经济合理性的统一。

基坑工程监测涉及建设单位、设计单位、施工单位和监理单位等,本规范不只是规范监测单位的监测行为,其他相关各方也应遵守和执行本规范的规定。

1.0.2 本条是对本规范适用范围的界定。本规范适用于建(构)筑物地下工程开挖形成的基坑以及基坑开挖影响范围内的建(构)筑物及各种设施、管线、道路等监测。

本规范适用于一般土及软土建筑基坑工程监测,但对岩石基坑工程以及冻土、膨胀土、湿陷性黄土等特殊土的基坑及周边环境监测,由于基坑工程设计、施工、监测积累的经验以及科研成果尚显不足,编写规范的条件还不成熟,因此尚不在本规范的适用范围之内。这些地区的基坑工程应依据相关规范的要求,充分考虑当

地的工程经验开展监测。在积极开展基坑工程监测的同时,总结和积累工程经验,为本规范的修订打下基础。

侵蚀性环境是指基坑所处的环境(土质、水、空气)中含有对基坑支护材料(如钢材等)产生较严重腐蚀的成分,直接影响材料的正常使用及安全性能。

1.0.3 影响基坑工程监测的因素很多,主要有:

- 1 基坑工程设计与施工方案。
- 2 建设基地的岩土工程条件。
- 3 邻近建(构)筑物、设施、管线、道路等的现状及使用状态。
- 4 施工工期。
- 5 作业条件。

建筑基坑工程监测要求综合考虑以上因素的影响,制订合理的监测方案,方案经审批后,由监测单位组织和实施监测。

1.0.4 建筑基坑工程需要遵守的标准有很多,本规范只是其中之一;另外,有关国家现行标准中对建筑基坑工程监测也有一些相关规定,因此本条规定除遵守本规范外,基坑工程监测尚应符合国家现行有关标准的规定。与本规范有关的国家现行规范、规程主要有:

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007。
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202。
- 3 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330。
- 4 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292。
- 5 《工程测量规范》GB 50026。
- 6 《建筑变形测量规范》JGJ 8。
- 7 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120。

3 基本规定

3.0.1 本条为强制性条文。本条是对建筑基坑工程监测实施范围的界定。基坑支护结构以及周边环境的变形和稳定与基坑的开挖深度有关,相同条件下基坑开挖深度越深,支护结构变形以及对周边环境的影响越大;基坑工程的安全性还与场地的岩土工程条件以及周边环境的复杂性密切相关。建设部《建筑工程预防坍塌事故若干规定》(建质〔2003〕82号)中规定:深基坑是指开挖深度超过5m的基坑或深度未超过5m但地质条件和周边环境较复杂的基坑。上海、山东以及深圳、南京等国内诸多省市关于深基坑工程的有关规定对深基坑都作出了相似的定义,并且规定深基坑工程应实施基坑工程监测。对深基坑及周边环境复杂的基坑工程实施监测是确保基坑及周边环境安全的重要措施。

考虑到基坑工程施工涉及市政、公用、供电、通讯、人防及文物等管理单位,各地方相关管理单位会出台一些地方性规定,因此本条还规定“其他需要监测的基坑工程应实施基坑工程监测”。

3.0.2 由于基坑工程设计理论还不够完善,施工场地也存在着各种复杂因素的影响,基坑工程设计方案能否真实地反映基坑工程实际状况,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,因此在基坑工程设计阶段应该由设计方提出对基坑工程进行现场监测的要求。由设计方提出的监测要求,并非是一个很详尽的监测方案,但有些内容或指标应由设计方明确提出,例如:应该进行哪些监测项目的监测?监测频率和监测报警值是多少?只有这样,监测单位才能依据设计方的要求编制出合理的监测方案。

3.0.3 基坑工程监测既要保证基坑的安全,也要保证周边环境

市政、公用、供电、通讯及人防、文物等的安全与正常使用,涉及建设、设计、监理、施工以及周边有关单位等各方利益,建设单位是建设项目的第一责任主体,因此应由建设单位委托基坑工程监测。

基坑工程监测对技术人员的专业水平要求较高。要求监测数据分析人员要有岩土工程、结构工程、工程测量等方面的综合知识和较为丰富的工程实践经验。为了保证监测质量,国内外在监测管理方面开始走专业化的道路,实践证明,专业化有力地促进了监测工作和监测技术的健康发展。此外,实施第三方监测有利于保证监测的客观性和公正性,一旦发生重大环境安全事故或社会纠纷时,监测结果是责任判定的重要依据。因此本条规定基坑工程施工前,由建设方委托具备相应资质的第三方对基坑工程实施现场监测。

第三方监测并不取代施工单位自己开展的必要的施工监测,施工单位在施工过程中仍应进行必要的施工监测。

依据《建设工程勘察设计资质管理规定》(建设部 160 令),考虑建筑基坑工程监测的专业特点,为保证基坑工程监测工作的质量,基坑工程监测单位应同时具备岩土工程和工程测量两方面的专业资质。监测单位应具备承担基坑工程监测任务的相应设备、仪器及其他测试条件,有经过专门培训的监测人员以及经验丰富的数据分析人员,有必要的监测程序和审核制度等工作制度及其他管理制度。

监测单位拟订出监测方案后,提交工程建设单位,建设单位应遵照建设主管部门的有关规定,组织设计、监理、施工、监测等单位讨论审定监测方案。当基坑工程影响范围内有重要的市政、公用、供电、通讯、人防工程以及文物等时,还应组织有相关主管单位参加的协调会议,监测方案经协商一致后,监测工作方能正式开始。必要时,应根据有关部门的要求,编制专项监测方案。

3.0.4 本条提供了监测单位开展监测工作宜遵循的一般工作程序。

3.0.5 监测单位通过了解建设单位和设计方对监测工作的技术要求,进一步明确监测目的,并以此做好编制监测方案前的各项准备工作。现场踏勘、搜集已有合格资料是准备工作中的一项重要内容。由于这项工作涉及方方面面的单位和人员,有些单位和个人同建设项目的关系属于近外层、远外层的关系,这就增加了完成这项准备工作的难度,在现场踏勘、搜集资料不全面的情况下,编制出的监测方案往往容易出现纰漏。例如,基坑支护设计计算工况、计算结果资料收集不全,支护结构的内力观测点的布设位置就难以把握;基坑周边管线的使用年限和老化程度调查不清,就难以准确地确定报警值。因此,监测单位应当积极争取有关各方的配合,认真完成这项准备工作。

本条对现场踏勘、资料搜集阶段工作提出了具体要求。为了正确地对基坑工程进行监测和评价,提高基坑监测工作的质量,做到有的放矢,应尽可能详细地了解 and 搜集有关的技术资料。另外,有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的,也需要通过调查来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性。

本条的第三款要求监测单位应搜集的周边环境原始资料和使用阶段资料包括:周边建筑、管线、道路、人防等周边环境各监测对象的原始资料和使用阶段资料。了解监测对象当前的工作性状非常重要,一方面,因为时间久远、保管不善,有些资料难以搜集;另一方面,如建筑物、管线等在使用中往往已改变了原始状态,或者出现了超出设计荷载使用的现象。如果监测单位不能掌握这些情况,一方面会影响监测数据的分析、判断;另一方面在出现纠纷的时候,责任难以分清,所以当有异常情况时,监测单位应当注意利用现代技术,保存现场影像资料。

本条的第四款要求监测单位通过现场踏勘掌握相关资料与现场状况是否属实。周边环境各监测对象的布设和性状由于时间、工程变更等各种因素的影响有时会出现与原始资料不相符的情况,如果监测单位只是依照原始资料确定监测方案,可能会影响

拟监测项目现场实施的可行性。

本条的第五款要求监测单位了解相邻工程的设计和施工情况,比如相邻工程的打桩、基坑支护与降水、土方开挖及运输情况和施工进度计划等,避免相互干扰与影响。

3.0.6 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件。为了规范监测方案、保证质量,本条概括出了监测方案所包括的12个主要方面。

3.0.7 本条对基坑工程监测方案的专门论证作出了规定。

优秀近现代建筑是指自19世纪中期以来建造的,能够反映近现代城市发展历史,具有较高历史、艺术和科学价值的建筑物(群)、构筑物(群)和历史遗迹。优秀近现代建筑的确定依据各地有关部门的管理规定。

“新材料、新技术、新工艺、新设备”是指尚未被规范和有关文件认可的新的建筑材料、建筑技术和结构形式、施工工艺、施工设备等。

对工程中出现的超过规范应用范围的重大技术难题、新成果的合理推广应用以及严重事故的处理,采用专门技术论证的方式可达到安全适用、技术先进、经济合理的良好效果。上海等省市在主管部门的领导下,采用专家技术论证的方式在解决重大基坑工程技术难题和减少工程事故方面已取得良好的效果,值得借鉴。

3.0.8 监测单位应严格按照审定后的监测方案对基坑工程进行监测,不得任意减少监测项目、测点,降低监测频率。当在实施过程中,由于客观原因需要对监测方案作调整时,应按照工程变更的程序和要求,向建设单位提出书面申请,新的监测方案经审定后方可实施。

3.0.9 监测单位应严格依据监测方案进行监测,为基坑工程实施动态设计和信息化施工提供可靠依据。实施动态设计和信息化施工的关键是监测成果的准确、及时反馈,监测单位应建立有效的信息处理和信息反馈系统,将监测成果准确、及时地反馈到建设、监

理、施工等有关单位。当监测数据达到监测报警值时监测单位必须立即通报建设方及相关单位,以便建设单位和有关各方及时分析原因、采取措施。建设、施工等单位应认真对待监测单位的报警,以避免事故的发生。在这一方面,工程实践中的教训是很深刻的。

3.0.11 本条规定要求监测单位在监测结束阶段应向建设方提供监测竣工资料。监测方案应是审核批准后的实施方案;测点的验收记录应有建设方和监测方相关责任人的签字;阶段性监测报告可以根据合同的要求采用周报、旬报、月报或者按照基坑工程的形象进度而定;在结束阶段监测单位还应完成对整个监测工作的总结报告,建设方应按照有关档案管理规定将监测竣工资料组卷归档。另外,监测过程的原始记录 and 数据处理资料是唯一能反映当时真实状况的可追溯性文件,监测单位也应归档保存。

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 基坑工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法,多种观测方法互为补充、相互验证。仪器监测可以取得定量的数据,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、补充的作用,从而避免片面地分析和处理问题。例如观察周边建筑和地表的裂缝分布规律、判别裂缝的新旧区别等,对于我们分析基坑工程对临近建筑的影响程度有着重要作用。

4.1.2 本条将基坑工程现场监测的对象分为七大类。支护结构包括围护墙、支撑或锚杆、立柱、冠梁和围檩等;地下水状况包括基坑内外原有水位、承压水状况、降水或回灌后的水位;基坑底部及周边土体指的是基坑开挖影响范围内的坑内、坑外土体;周边建筑指的是在基坑开挖影响范围之内的建筑物、构筑物;周边管线及设施主要包括供水管道、排污管道、通讯、电缆、煤气管道、人防、地铁、隧道等,这些都是城市生命线工程;周边重要的道路是指基坑开挖影响范围之内的高速公路、国道、城市主要干道和桥梁等;此外,根据工程的具体情况,可能会有一些其他应监测的对象,由设计和有关单位共同确定。

4.1.3 基坑工程监测是一个系统,系统内的各项目监测有着必然的、内在的联系。基坑在开挖过程中,其力学效应是从各个侧面同时展现出来的,例如支护结构的挠曲、支撑轴力、地表位移之间存在着相互间的必然联系,它们共存于同一个集合体,即基坑工程内。限于测试手段、精度及现场条件,某一单项的监测结果往往不能揭示和反映基坑工程的整体情况,必须形成一个有效的、完整的、与设计、施工工况相适应的监测系统并跟踪监测,才能提供完

整、系统的测试数据和资料,才能通过监测项目之间的内在联系作出准确地分析、判断,为优化设计和信息化施工提供可靠的依据。当然,选择监测项目还必须注意控制费用,在保证监测质量和基坑工程安全的前提下,通过周密地考虑,去除不必要的监测项目,因此本条要求抓住关键部位,做到重点观测、项目配套。

4.2 仪器监测

4.2.1 基坑工程现场监测项目的选择与基坑工程类别有关。本规范对基坑工程等级的划分方法根据现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 确定,见表 1。

表 1 基坑工程类别

类别	分类标准
一级	重要工程或支护结构作主体结构的一部分; 开挖深度大于 10m; 与临近建筑物、重要设施的距离在开挖深度以内的基坑; 基坑范围内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线等需严加保护的基坑
二级	除一级和三级外的基坑属二级基坑
三级	开挖深度小于 7m,且周围环境无特别要求时的基坑

表 4.2.1 列出了基坑工程仪器监测的项目,这些项目是经过大量工程调研并征询全国近 20 个城市的百余名专家的意见,结合现行的有关规范,并考虑了我国目前基坑工程监测技术水平后提出的,是我国基坑工程发展近 20 年来的经验总结,有较强的可操作性。监测项目的选择既关系到基坑工程的安全,也关系到监测费用的大小。盲目减少监测项目很可能因小失大,造成严重的工程事故和更大的经济损失,得不偿失;随意增加监测项目也会造成不必要的浪费。对于一个具体工程必须始终把安全放在第一位,在此前提下可以根据基坑工程等级等有目的、有针对性地选择监测项目。

本规范共列出了 18 项监测项目,主要反映的是监测对象的物理力学性能:受力和变形。对于同一个监测对象,这两个指标有着

内在的必然联系,相辅相成,配套监测,可以帮助判断数据的真伪,做到去伪存真。

考虑到围护墙(边坡)顶部水平位移、深层水平位移的监测是分别进行的,而且它们的监测仪器、方法都不同,因此规范本条将水平位移分为围护墙(边坡)顶部水平位移、深层水平位移两个监测项目。围护墙(边坡)顶部水平位移监测较为重要,对于三种等级的基坑工程都定为“应测”;深层水平位移监测可以描述出围护墙沿深度方向上不同点的水平位移曲线,并且可以及时地确定最大水平位移值及其位置,对于分析围护墙的稳定和变形发挥了重要的作用。因此,一、二级基坑工程均应监测。由于深层水平位移的观测工作量较大,需要埋设测斜管,而且实际工程中,三级基坑观测深层水平位移的也不多,所以,三级基坑采用“宜测”较为合适。

许多专家提出,围护墙(边坡)顶部的竖向位移也是反映基坑安全的一个重要指标。我国现有的相关标准大多都明文列出。另外,考虑到围护墙(边坡)顶部竖向位移的监测简便易行,本条规定三个等级的基坑工程此监测项目都确定为“应测”。

开挖引起坑内土体的隆起或沉陷是必然的,立柱竖向位移则可反映这一情况;立柱的竖向位移对支撑轴力的影响很大,对立柱变形进行监测可以预防支撑失稳。因此本条规定一级基坑立柱竖向位移采用“应测”,二、三级基坑立柱竖向位移采用“宜测”。

围护墙内力监测是防止支护结构发生强度破坏的一种较为可靠的监控措施,但由于内力分析较为清晰,调研过程中,许多专家认为一般围护墙体设计的安全储备较大,实际工程中发生强度破坏的现象很少,因此建议可适当降低监测要求。本条规定一级基坑围护墙内力监测采用“宜测”,二、三级基坑采用“可测”。

支撑内力监测以轴力为主,一般二、三级基坑支撑设计的安全储备较大,发生强度破坏的现象很少,因此本条规定对于二、三级基坑此监测项目分别采用“宜测”、“可测”。

基坑开挖是一个卸荷的过程,随着坑内土的开挖,坑内外形成一个水土压力差,引起坑底土体隆起,进行底部隆起观测可以及时了解基坑整体的变形状况。

对围护墙界面上的土压力和孔隙水压力监测的目的是为了解实际情况与设计值的差异,有利于进行反分析和施工控制。对于一级基坑来讲,水、土压力宜进行监测。

地下水是影响基坑安全的一个重要因素,且监测手段简单,本条规定对一、二、三级基坑地下水位监测均为“应测”,当基坑开挖范围内有承压水的影响时,应进行承压水位的监测。

土体分层竖向位移的监测可以掌握土层中不同深度处土体的变形情况,同时可对坑外土体通过围护墙底部涌入坑内的不利情况提供预警信息,但其监测方法及仪器相对复杂,测点不宜保护,监测费用较高,因此,本条规定对于一级基坑该项目宜进行监测,其他等级的基坑在必要时可进行该项目的监测。

周边地表竖向位移的监测对于综合分析基坑的稳定以及地层位移对周边环境的影响有很大帮助。该项目监测简便易行,本条规定对一、二级基坑为“应测”,三级基坑为“宜测”。

周边建筑的监测项目分别为竖向位移、倾斜和水平位移。基坑开挖后周边建筑竖向位移的反应最直接,监测也较简便,三个基坑等级该项目都定为“应测”;建筑的竖向位移(差异沉降)可间接反映其倾斜状况,因此,对倾斜的监测要求适当放宽;周边建筑水平位移在实际工程中不常见,而且其发生量也较小,本条规定二级基坑该项目为“宜测”、三级基坑该项目为“可测”。

裂缝直接反映了周边建筑、地表的破坏程度,裂缝的监测比较简单,对于三个基坑等级该项目都定为“应测”。裂缝监测包括裂缝的宽度监测和深度监测,在基坑施工之前必须先进行现场踏勘,记录建筑已有裂缝的分布位置和数量,测定其走向、长度、宽度及深度,作为判断裂缝发展趋势的依据。

周边管线的变形破坏产生的后果很大,本条规定三个等级的

基坑工程此监测项目都为“应测”。

4.3 巡视检查

4.3.1 本条强调在基坑工程的施工和使用期内,应由有经验的监测人员每天对基坑工程进行巡视检查。基坑工程施工期间的各种变化具有时效性和突发性,加强巡视检查是预防基坑工程事故非常简便、经济而又有效的方法。

4.3.2 本条分五个方面列出了巡视检查的主要内容,这些项目的确定都是根据百余名基坑工程专家意见,结合工程实践总结出来的,具有很好的参考价值。监测单位在具体工程中可根据工程对象进行相关项目的巡视监测,也可补充新的监测内容。

4.3.3 巡视检查主要以目测为主,配以简单的工器具,这样的检查方法速度快、周期短,可以及时弥补仪器监测的不足。

4.3.4 各巡视检查项目之间大多存在着内在的联系,对各项目的巡视检查结果都必须做好详细的记录,从而为基坑工程监测分析工作提供完整的资料。通过巡视检查和仪器监测,可以把定性、定量结合起来,更加全面地分析基坑的工作状态,作出正确的判断。

4.3.5 巡视检查的任何异常情况都可能是事故的预兆,必须引起足够重视,发现问题要及时汇报给建设方及相关单位,以便尽早作出判断和进行处理,避免引起严重后果。

5 监测点布置

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态,以保证对监测对象的状况作出准确的判断。在监测对象内力和变形变化大的代表性部位及周边环境重点监护部位,监测点应适当加密,以便更加准确地反映监测对象的受力和变形特征。

影响监测费用的主要方面是监测项目的多少、监测点的数量以及监测频率的大小。基坑工程监测点的布置首先要满足对监测对象监控的要求,这就要求必须保证一定数量的监测点。但不是测点越多越好,基坑工程监测一般工作量比较大,又受人员、光线、仪器数量的限制,测点过多、当天的工作量过大会影响监测的质量,同时也增加了监测费用。

测点标志不应妨碍结构的正常受力、降低结构的变形刚度和承载能力,这一点尤其是在布设围护结构、立柱、支撑、锚杆、土钉等的应力应变观测点时应注意。管线的观测点布设不能影响管线的正常使用和安全。

在满足监控要求的前提下,应尽量减少在材料运输、堆放和作业密集区埋设测点,以减少对施工作业产生的不利影响,同时也可以避免测点遭到破坏,提高测点的成活率。

5.1.3 本条规定是为了保证量测通视,以减小转站引点导致的误差。观测标志的形式和埋设依照国家现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 执行。

5.2 基坑及支护结构

5.2.1 围护墙或基坑边坡顶部的水平和竖向位移监测点应沿基

坑周边布置,监测点水平间距不宜大于 20m。一般基坑每边的中部、阳角处变形较大,所以中部、阳角处应设测点。为便于监测,水平位移观测点宜同时作为垂直位移的观测点。为了测量观测点与基线的距离变化,基坑每边的测点不宜少于 3 点。观测点设置在基坑边坡混凝土护顶或围护墙顶(冠梁)上,有利于观测点的保护和提高观测精度。

5.2.2 围护墙或土体深层水平位移的监测是观测基坑围护体系变形最直接的手段,监测孔应布置在基坑平面上挠曲计算值最大的位置。一般情况下基坑每侧中部、阳角处的变形较大,因此该处宜设监测孔;对于边长大于 50m 的基坑,每边可适当增设监测孔;基坑开挖次序以及局部挖深会使围护体系最大变形位置发生变化,布置监测孔时应予以考虑。

深层水平位移观测目前多用测斜仪观测。为了真实地反映围护墙的挠曲状况和地层位移情况,应保证测斜管的埋设深度。

因为测斜仪测出的是相对位移,若以测斜管底端为固定起算点(基准点),应保持管底端不动,否则就无法准确推算各点的水平位移,所以要求测斜管管底嵌入到稳定的土体中。

5.2.3 围护墙内力监测点应考虑围护墙内力计算图形,布置在围护墙出现弯矩极值的部位,监测点数量和横向间距视具体情况而定。平面上宜选择在围护墙相邻两支撑的跨中部位、开挖深度较大以及地面堆载较大的部位;竖直方向(监测断面)上监测点宜布置在支撑处和相邻两层支撑的中间部位,间距宜为 2m~4m。

5.2.4 支撑内力的监测多根据支撑杆件采用的不同材料,选择不同的监测方法和监测传感器。对于混凝土支撑杆件,目前主要采用钢筋应力计或混凝土应变计;对于钢支撑杆件,多采用轴力计(也称反力计)或表面应变计。

支撑内力监测点的位置应根据支护结构计算书确定,监测截面应选择轴力较大杆件上受剪力影响小的部位,因此本条第 3 款要求当采用应力计和应变计测试时,监测截面宜选择在两相邻

立柱支点间支撑杆件的 1/3 部位;钢管支撑采用轴力计测试时,轴力计宜设置在支撑端头。

5.2.5 立柱的竖向位移(沉降或隆起)对支撑轴力的影响很大,有工程实践表明,立柱沉降 20mm~30mm,支撑轴力会增大约 1 倍,因此对支撑体系应加强立柱的位移监测。监测点应布置在立柱受力、变形较大和容易发生差异沉降的部位,例如基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处。逆作法施工时,承担上部结构的立柱应加强监测。

5.2.6 为了分析不同工况下锚杆内力的变化情况,对监测到的锚杆内力值与设计计算值进行比较,各层监测点位置在竖向上宜保持一致。锚头附近位置锚杆拉力大,当用锚杆测力计时,测试点宜设置在锚头附近。

5.2.7 为了分析不同工况下土钉内力的变化情况,便于对监测到的土钉内力值与设计计算值进行比较,各层监测点位置在竖向上宜保持一致,土钉上测试点的位置应考虑设计计算情况,选择在受力有代表性的位置。例如软土地区复合土钉墙支护,随着基坑开挖深度的增加,土钉上的轴力最大处从靠近基坑围护墙面层向土钉中部变化,最后多是呈现中部大、两端小的状况。

5.2.8 基坑隆起(回弹)监测点的埋设和施工过程中的保护比较困难,监测点不宜设置过多,以能够测出必要的基坑隆起(回弹)数据为原则,本条规定监测剖面数量不应少于 2 个,同一剖面上监测点数量不应少于 3 个,基坑中央宜设监测点,依据这些监测点绘出的隆起(回弹)断面图可以基本反映出坑底的变形变化规律。

5.2.9 围护墙侧向土压力监测点的布置应选择在受力、土质条件变化较大的部位,在平面上宜与深层水平位移监测点、围护墙内力监测点位置等匹配,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内力监测点位置的匹配。

5.2.10 孔隙水压力的变化是地层位移的前兆,对控制打桩、沉

井、基坑开挖、隧道开挖等引起的地层位移起到十分重要的作用。孔隙水压力监测点宜靠近这些基坑受力、变形较大或有代表性的部位布置。

5.2.11 地下水位测量主要是通过水位观测孔(地下水位监测点)进行。地下水位监测点的作用一是检验降水井的降水效果,二是观测降水对周边环境的影响。

检验降水井降水效果的水位监测点应布置在降水井点(群)降水区降水能力弱的部位,因此当采用深井降水时,水位监测点宜布置在基坑中央和两相邻降水井的中间部位;当采用轻型井点、喷射井点降水时,水位监测点宜布置在基坑中央和周边拐角处。

当用水位监测点观测降水对周边环境影响时,地下水位监测点应沿被保护对象的周边布置。如有止水帷幕,水位监测点宜布置在帷幕的施工搭接处、转角处等有代表性的部位,位置在止水帷幕的外侧约2m处,以便于观测止水帷幕的止水效果。

检验降水井降水效果的水位监测点,观测管的管底埋置深度应在最低设计水位之下3m~5m。观测降水对周边环境影响的监测点,观测管的管底埋置深度应在最低允许地下水位之下3m~5m。

承压水的观测孔埋设深度应保证能反映承压水水位的变化。

5.3 基坑周边环境

5.3.1 基坑工程周边环境的监测范围既要考虑基坑开挖的影响范围,保证周边环境各保护对象的安全使用,也要考虑对监测成本的影响。现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—99第3.8.2条规定“从基坑边缘以外1~2倍开挖深度范围内的需要保护物体均应作为监控对象”。我国部分地方标准的规定是:山东规定“从基坑边缘以外1~3倍基坑开挖深度范围内需要保护的建(构)筑物、地下管线等均应作为监测对象。必要时,尚应扩大监控范围”;上海规定“监测范围宜达到基坑边线以外2倍以上的基坑

深度,并符合工程保护范围的规定,或按工程设计要求确定”;深圳规定相邻物体是指“距离深基坑边 2 倍深度范围内的建筑物、构筑物、道路、地下设施、地下管线等”。综合基坑工程经验,结合我国各地的规定,本条规定了从基坑边缘以外 1~3 倍开挖深度范围内需要保护的建筑、管线、道路、人防工程等均应作为监控对象。具体范围应根据土质条件、周边保护对象的重要性等确定。

5.3.2 重要保护对象是指地铁、隧道、重要管线、重要文物和设施、近现代优秀建筑等。

5.3.3 为了反映建筑竖向位移的特征和便于分析,监测点应布置在建筑竖向位移差异大的地方。

5.3.4 当能判断出建筑的水平位移方向时,可以仅观测其此方向上的位移,因此本条规定一侧墙体的监测点不宜少于 3 点。

5.3.5 建筑整体倾斜监测可根据不同的监测条件选择不同的监测方法,监测点的布置也有所不同。当建筑具有较大的结构刚度和基础刚度时,通常采用观测基础差异沉降推算建筑的倾斜,这时监测点的布置应考虑建筑的基础形式、体态特征、结构形式以及地质条件的变化等,要求同建筑的竖向位移观测基本一致。

5.3.6 裂缝监测应选择有代表性的裂缝进行观测。每条需要观测的裂缝应至少设 2 个监测点,每个监测点设一组观测标志,每组观测标志可使用两个对应的标志分别设在裂缝的两侧。对需要观测的裂缝及监测点应统一进行编号。

5.3.7 管线的观测分为直接法和间接法。

当采用直接法时,常用的测点设置方法有:

抱箍法:在特制的圆环(也称抱箍)上连接固定测杆,圆环固定在管线上,将测杆与管线连接成一个整体,测杆不超过地面,地面处设置相应的窨井,保证道路、交通和人员的正常通行。此法观测精度较高,其不足之处是必须凿开路面,开挖至管线的底面,这对城市主干道是很难实施的,但对于次干道和十分重要的地下管道,如高压煤气管道,按此方法设置测点并予以严格监测是可行和必

要的。

对于埋深浅、管径较大的地下管线也可以取点直接挖至管线顶表面,露出管线接头或阀门,在凸出部位做上标示作为测点。

套管法:用一根硬塑料管或金属管打设或埋设于所测管线顶面和地表之间,量测时将测杆放入埋管内,再将标尺搁置在测杆顶端,只要测杆放置的位置固定不变,测试结果就能够反映出管线的沉降变化。此法的特点是简单易行,可避免道路开挖,但观测精度较低。

间接法就是不直接观测管线本身,而是通过观测管线周边的土体,分析管线的变形。此法观测精度较低。当采用间接法时,常用的测点设置方法有:

底面观测:将测点设在靠近管线底面的土体中,观测底面的土体位移。此法常用于分析管道纵向弯曲受力状态或跟踪注浆、调整管道差异沉降。

顶面观测:将测点设在管线轴线相对应的地表或管线的窨井盖上观测。由于测点与管线本身存在介质,因而观测精度较差,但可避免破土开挖,只有在设防标准较低の場合采用,一般情况下不宜采用。

5.3.9 土体分层竖向位移监测是为了量测不同深度处土的沉降与隆起。目前监测方法多采用磁环式分层沉降标监测(分层沉降仪监测)、磁锤式深层标或测杆式深层标监测。当采用磁环式分层沉降标监测时为一孔多标,采用磁锤式和测杆式分层标监测时为一孔一标。监测孔的位置应选择在靠近被保护对象且有代表性的部位。沉降标(测点)的埋设深度和数量应考虑基坑开挖、降水对土体垂直方向位移的影响范围以及土层的分布。上海市地方标准《基坑工程施工监测规程》DG/T 08—2001—2006 规定“监测点布置深度宜大于 2.5 倍基坑开挖深度,且不应小于基坑围护结构以下 5m~10m”。

6 监测方法及精度要求

6.1 一般规定

6.1.1 基坑监测方法的选择应综合考虑各种因素,监测方法简便易行、有利于适应施工现场条件的变化和施工进度的要求。

6.1.2 变形监测网的网点宜分为基准点、工作基点和变形监测点。

基准点不应受基坑开挖、降水、桩基施工以及周边环境变化的影响,应设置在位移和变形影响范围以外、位置稳定、易于保存的地方,并应定期复测,以保证基准点的可靠性。复测周期视基准点所在位置的稳定情况而定。

每期变形观测时均应将工作基点与基准点进行联测。

6.1.3 本条规定是监测工作能否顺利开展的基本保证。根据监测仪器的自身特点、使用环境和使用频率等情况,在相对固定的周期内进行维护保养,有助于监测仪器在检定使用期内的正常工作。

6.1.4 本条规定是为了将监测中的系统误差减到最小,达到提高监测精度的目的。监测时尽量使仪器在基本相同的环境和条件(如环境温度、湿度、光线、工作时段等)下工作,但在异常情况下可不做强制要求。

6.1.5 实际上各监测项目都不可能取得绝对稳定的初始值,因此本条所说的稳定值实际上是指在较小范围内变化的初始观测值,且其变化幅度相对于该监测项目的报警值而言可以忽略不计。

6.1.7 目前基坑工程监测技术发展很快,如自动全站仪非接触监测、光纤监测、GPS定位、摄影测量等采用高新技术的监测方法已应用于基坑工程监测。为了促进新技术的应用,本条规定当这些新的监测方法能够满足本规范的精度要求时,亦可以采用。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移的监测方法较多,但各种方法的适用条件不一,在方法选择和施测时均应特别注意。

如采用小角度法时,监测前应对经纬仪的垂直轴倾斜误差进行检验,当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时,应进行垂直轴倾斜修正;采用视准线法时,其测点埋设偏离基准线的距离不宜大于20mm,对活动觇牌的零位差应进行测定;采用前方交会法时,交会角应在 $60^\circ\sim 120^\circ$ 之间,并宜采用三点交会法等。

6.2.3 水平位移监测精度确定时,考虑了以下几方面因素:一是应能满足监测报警的要求,包括变化速率及报警累计值两个监测报警值的控制要求;二是与现行测量规范规定的测量精度相协调;三是在控制监测成本的前提下适当提高精度要求。

表2是根据本规范表8.0.4列出的一、二、三级基坑的围护墙(边坡)顶部水平位移累计值和变化速率的报警值范围。对于水平位移累计值,依据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007,以允许变形量的1/20作为测量精度要求值。但这样的精度还不能满足部分变形速率要求严格的基坑工程,对于管线和邻近建筑的监测精度要求也存在类似的问题。因此,必须进一步结合变形速率报警值的要求提高监测精度。由于变形速率报警值是连续分布的,本规范以2~3倍中误差作为极限误差,同时考虑不同基坑类别的变形速率报警值分布特征,制定出本条监测精度,与国家现行标准《工程测量规范》GB 50026和《建筑变形测量规范》JGJ 8等的监测精度等级基本上相匹配。

表2 基坑围护墙(坡)顶水平位移报警范围

基坑类别	一级	二级	三级
累计值(mm)	25~35	40~60	60~80
变化速率(mm/d)	2~10	4~15	8~20

考虑到基坑施工的不确定性因素较多以及监测人员的水平差异,适当提高精度要求会促使监测单位尽量选用精度等级高的仪器,这样虽然会使成本有所增加,但有利于保证监测质量。

采用小角法或视准线法时,选用国内现在使用的不同精度级别的测绘仪器可以达到本规范规定的精度要求,必要时还可以适当降低仪器精度要求,通过增加测回数来提高监测精度。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 当不便使用水准几何测量或需要进行自动监测时,可采用液体静力水准测量方法。

6.3.3 竖向位移监测精度确定方法与水平位移监测精度基本相同。

6.3.4 由于坑底隆起观测过程往往需要进行高程传递,精度较难保证,因此在参考本规范第 6.3.3 条规定的基础上适当调低了精度要求,这样既考虑了测量的困难又能满足监测报警值控制要求。

表 3 为根据表 8.0.4 分类列出的一、二、三类基坑的坑底隆起(回弹)累计值和变化速率的报警值范围。

表 3 坑底隆起(回弹)报警范围

基坑类别	一级	二级	三级
累计值(mm)	25~35	50~60	60~80
变化速率(mm/d)	2~3	4~6	8~10

6.4 深层水平位移监测

6.4.1 测斜仪依据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,即先埋设测斜管,每隔一定的时间将探头放入管内沿导槽滑动,通过量测测斜管斜度变化推算水平位移。本规范中的深层水平位移监测均采用此监测方法。

6.4.2 本条规定能满足本规范第 8.0.4 条中深层水平位移报警

值的监测要求,同时考虑了国内外现有的大部分测斜仪都能达到此精度,而要在此基础上提高精度,目前则成本过高。

6.4.3 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,因此本条对测斜管的埋设提出了具体要求。

6.4.4 进行正、反两次量测是必要的,目的是为了消除仪器误差,也是仪器测试原理的要求。

6.5 倾斜监测

6.5.1 根据不同的现场观测条件和要求,当被测建筑具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时,宜选用投点法、前方交会法等;当被测建筑内部有一定的竖向通视条件时,宜选用垂吊法、激光铅直仪观测法等;当被测建筑具有较大的结构刚度和基础刚度时,可选用倾斜仪法或差异沉降法。

6.5.2 国家现行标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 对建筑倾斜监测精度作了比较细致的规定。

6.6 裂缝监测

6.6.3 本条第1款贴埋标志方法主要针对精度要求不高的部位。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,并相互紧贴,再在铁片表面涂上油漆,裂缝发展时,两块铁片逐渐拉开,露出的未油漆部分铁片,即为新增的裂缝宽度和错位。

本条第3款,裂缝深度较小时宜采用单面接触超声波法量测;深度较大时裂缝宜采用超声波法量测。

6.7 支护结构内力监测

6.7.1 测试混凝土构件内力的钢筋应力计可在构件制作时焊接在主筋上。

6.8 土压力监测

6.8.3 由于土压力计的结构形式和埋设部位不同,埋设方法很多,例如挂布法、顶入法、弹入法、插入法、钻孔法等。土压力计埋设在围护墙构筑期间或完成后均可进行。若在围护墙完成后进行,由于土压力计无法紧贴围护墙埋设,因而所测数据与围护墙上实际作用的土压力有一定差别。若土压力计埋设与围护墙构筑同期进行,则需解决好土压力计在围护墙迎土面上的安装问题。在水下浇筑混凝土过程中,要防止混凝土将面向土层的土压力计表面钢膜包裹,使其无法感应土压力作用,造成埋设失败。另外,还要保持土压力计的承压面与土的应力方向垂直。

6.9 孔隙水压力监测

6.9.3 孔隙水压力探头埋设有两个关键,一是保证探头周围填沙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。

6.9.4 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2~3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。

6.9.5 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前端透水石的堵塞。

6.9.7 量测静水位的变化,以便在计算中消除水位变化影响,获得真实的超孔隙水压力值。

6.10 地下水位监测

6.10.1 有条件时也可考虑利用降水井进行地下水位监测。

6.10.3 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。

6.11 锚杆及土钉内力监测

6.11.1 锚杆及土钉内力监测的目的是掌握锚杆或土钉内力的变化，确认其工作性能。由于钢筋束内每根钢筋的初始拉紧程度不一样，所受的拉力与初始拉紧程度关系很大。

6.11.3 专用测力计、应力计或应变计应在锚杆或土钉预应力施加前安装并取得初始值。根据质量要求，锚杆或土钉锚固体未达到足够强度不得进行下一层土方的开挖，为此一般应保证锚固体有 3d 的养护时间后才允许下一层土方开挖。本条规定取下一层土方开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

6.12 土体分层竖向位移监测

6.12.2 沉降管埋设时应先钻孔，再放入沉降管，沉降管和孔壁之间宜采用黏土水泥浆而不宜用砂进行回填。

6.12.4 土体分层沉降仪的量测精度与沉降管上设置的钢环数量有关，钢环设置的密度越高，所得到的分层沉降规律就越连贯和清晰；量测精度还与沉降管同土层密贴程度以及能否自由下沉或隆起有关，所以沉降管的安装和埋设好坏对测试精度至关重要。2 次读数较差是指相同深度测点的 2 次竖向位移测量值的差值。

7 监测频率

7.0.1 这是确定基坑工程监测频率的总原则。基坑工程监测应能及时反映监测项目的重要发展变化情况,以便对设计与施工进行动态控制,纠正设计与施工中的偏差,保证基坑及周边环境的安全。基坑工程的监测频率还与投入的监测工作量和监测费用有关,既要注意不遗漏重要的变化时刻,也应当注意合理调整监测人员的工作量,控制监测费用。

7.0.2 基坑开挖到达设计深度以后,土体变形与应力、支护结构的变形与内力并非保持不变,而将继续发展,基坑并不一定是最安全状态,因此,监测工作应贯穿于基坑开挖和地下工程施工全过程。

总的来讲,基坑工程监测是从基坑开挖前的准备工作开始,直至地下工程完成为止。地下工程完成一般是指地下室结构完成、基坑回填完毕,而对逆作法则是指地下结构完成。对于一些监测项目如果不能在基坑开挖前进行,就会大大削弱监测的作用,甚至使整个监测工作失去意义。例如,用测斜仪观测围护墙或土体的深层水平位移,如果在基坑开挖后埋设测斜管开始监测,就不会测得稳定的初始值,也不会得到完整、准确的变形累计值,使得监控报警难以准确进行;土压力、孔隙水压力、围护墙内力、围护墙顶部位移、基坑坡顶位移、地面沉降、建筑及管线变形等都是同样道理。当然,也有个别监测项目是在基坑开挖过程中开始监测的,例如,支撑轴力、支撑及立柱变形、锚杆及土钉内力等。

一般情况下,地下工程完成就可以结束监测工作。对于一些临近基坑的重要建筑及管线的监测,由于基坑的回填或地下水停止抽水,建筑及管线会进一步调整,建筑及管线变形会继续发展,

监测工作还需要延续至变形趋于稳定后才能结束。

7.0.3 基坑类别、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化等是确定监测频率应考虑的主要因素。

基坑工程的监测频率不是一成不变的,应根据基坑开挖及地下工程的施工进度、施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时作出调整。一般在基坑开挖期间,地基土处于卸荷阶段,支护体系处于逐渐加荷状态,应适当加密监测;当基坑开挖完后一段时间、监测值相对稳定时,可适当降低监测频率。当出现异常现象和数据,或临近报警状态时,应提高监测频率甚至连续监测。

表 7.0.3 的监测频率是从工程实践中总结出来的经验成果,在无数据异常和事故征兆的情况下,基本能够满足现场监控的要求,在确定现场监测频率时可选用。

表 7.0.3 的监测频率针对的是应测项目的仪器监测。对于宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低,一般可取应测项目监测频率值的 2~3 倍。

另外,目前有的基坑工程对位移、支撑内力、土压力、孔隙水压力等监测项目实施了自动化监测。一般情况下自动化采集的频率可以设置很高,因此,这些监测项目的监测频率可以较表 7.0.3 值大大提高,以获得更连续的实时监测数据,但监测费用基本上不会增加。

7.0.4 本条为强制性条文。本条所描述的情况均属于施工违规操作、外部环境变化趋向恶劣、基坑工程临近或超过报警标准、有可能导致或出现基坑工程安全事故的征兆或现象,应引起各方的足够重视,因此应加强监测,提高监测频率。

8 监测报警

8.0.1 本条为强制性条文。监测报警是建筑基坑工程实施监测的目的之一,是预防基坑工程事故发生、确保基坑及周边环境安全的重要措施。监测报警值是监测工作的实施前提,是监测期间对基坑工程正常、异常和危险三种状态进行判断的重要依据,因此基坑工程监测必须确定监测报警值。监测报警值应由基坑工程设计方根据基坑工程的设计计算结果、周边环境中被保护对象的控制要求等确定,如基坑支护结构作为地下主体结构的一部分,地下结构设计要求也应予以考虑,为此本条明确规定了监测报警值应由基坑工程设计方确定。

8.0.2 与结构受力分析相比,基坑变形的计算比较复杂,且计算理论还不够成熟,目前各地区积累起来的工程经验很重要。本条提出了变形控制的一般性原则,在确定变形控制的报警值时必须满足这些基本要求。

8.0.3 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。基坑工程工作状态一般分为正常、异常和危险三种情况。异常是指监测对象受力或变形呈现出不符合一般规律的状态。危险是指监测对象的受力或变形呈现出低于结构安全储备、可能发生破坏的状态。累计变化量反映的是监测对象即时状态与危险状态的关系,而变化速率反映的是监测对象发展变化的快慢。过大的变化速率,往往是突发事故的先兆。例如,对围护墙变形的监测数据进行分析时,应把位移的大小和位移速率结合起来分析,考察其发展趋势,如果累计变化量不大,但发展很快,说明情况异常,基坑的安全正受到严重威胁。因此在确定监测报警值时应同时给出变化速率和累计变化量,当监测数据超过其

其中之一时即进入异常或危险状态,监测人员必须及时报警。

8.0.4 基坑工程设计方应根据土质特性和周边环境保护要求对支护结构的内力、变形进行必要的计算与分析,并结合当地的工程经验确定合适的监测报警值。

确定基坑工程监测项目的监测报警值是一个十分严肃、复杂的课题,建立一个定量化的报警指标体系对于基坑工程的安全监控意义重大。但是由于设计理论的不尽完善以及基坑工程的地质、环境差异性及复杂性,人们的认知能力和经验还十分不足,在确定监测报警值时还需要综合考虑各种影响因素。实际工作中主要依据三方面的数据和资料:

设计结果:

基坑工程设计人员对于围护墙、支撑或锚杆的受力和变形、坑内外土层位移、抗渗等均进行过详尽的设计计算或分析,其计算结果可以作为确定监测报警值的依据。

相关规范标准的规定值以及有关部门的规定:

例如,确定基坑工程相邻的民用建筑监测报警值时,可以参照现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292—1999。随着基坑工程经验的积累,各地区可以用地方标准或规定的方式提出符合当地实际的基坑监控量化指标。如上海的地方标准《基坑工程设计规程》DBJ 08—61—97 就提出:“对难以查清的煤气管、上水管及重要通讯电缆,可按相对转角 $1/100$ 作为设计和监控标准”。

工程经验类比:

基坑工程的设计与施工中,工程经验起到十分重要的作用。参考已建类似工程项目的受力和变形规律,提出并确定本工程的基坑报警值,往往能取得较好的效果。

表 8.0.4 是经过大量工程调研及征询全国近 20 个城市的百余名多年从事基坑工程的研究、设计、勘察、施工、监测工作的专家意见,并结合现行的有关规范提出的报警值,具有较好的参考

价值。

其中,位移报警值采用了累计变化量和变化速率两项指标共同控制。位移的累计变化量中又分为绝对值和相对基坑深度(h)控制值,其中相对基坑深度(h)控制值是指位移相对基坑深度(h)的变化量。对较浅的基坑一般总位移量不大,其安全性主要受相对基坑深度(h)控制值的控制,而较深的基坑往往变形虽未超过相对基坑深度(h)控制值,但其绝对值已超限,因此,本条规定了累计值取绝对值和相对基坑深度(h)控制值之间的小值。

土压力和孔隙水压力等的报警值采用了对应于荷载设计值的百分比确定。荷载设计值是具有一定安全保证率的荷载取值(荷载标准值乘以荷载分项系数)。对基坑工程,如监测到的荷载已达到设计值的60%~80%,说明实际荷载已经达到或接近理论计算的荷载标准值,虽然此时不会引起基坑安全问题,但应该报警引起重视。因此,考虑基坑的安全等级,对土压力和孔隙水压力,一级基坑达到荷载设计值的60%~70%,而二、三级基坑达到70%~80%报警是适宜的。

支撑及围护墙等结构内力报警值则采用了对应于构件承载力设计值的百分比确定。构件的承载力设计值是由材料强度设计值和几何参数设计值所确定的结构构件所能承受最大外加荷载的设计值。为了满足结构规定的安全性,构件的承载力设计值应大于或等于荷载效应的设计值。在基坑工程中,当设计中构件的承载力设计值等于荷载效应的设计值,如监测到构件内力已达到承载力设计值的60%~80%时,结构仍能满足结构设计的安全性而不至于引起构件破坏,但此时构件的内力已相当于按荷载标准值计算所得的内力,所以应该及时报警以引起重视。而当设计中构件的承载力较为富裕,其设计值大于荷载效应的设计值,则构件的实际内力一般不会达到其承载力设计值的60%~80%。因此,考虑基坑的安全等级,对支撑内力等构件内力,一级基坑达到承载力设计值的60%~70%,而二、三级基坑达到70%~

80%报警是适宜的。

8.0.5 表 8.0.5 是根据调研结果并参考相关规范及有关地方经验确定的。表 8.0.5 对基坑周边环境中的管线、建筑的报警值给出了一个范围,工程中可根据需保护对象建造年代、结构类型和现状、离基坑的距离等确定,建造年代已久、结构较差、离基坑较近的的可取下限,而对较新的、结构较好、离基坑较远的可取上限。

8.0.6 周边建筑的安全性与其沉降或变形总量有关,其中基坑开挖造成的沉降仅为其中的一部分。应保证周边建筑原有的沉降或变形与基坑开挖造成的附加沉降或变形叠加后,不能超过允许的最大沉降或变形值,因此,在监测前应收集周边建筑使用阶段监测的原有沉降与变形资料,结合建筑裂缝观测确定周边建筑的报警值。

8.0.7 本条为强制性条文。本条列出的都是在工程实践中总结出来的基坑及周边环境出现的危险情况,一旦出现这些情况,将可能严重威胁基坑以及周边环境中被保护对象的安全,必须立即发出危险报警,通知建设、设计、施工、监理及其他相关单位及时采取措施,保证基坑及周边环境的安全。工程实践中,由于疏忽大意未能及时报警或报警后未引起各方足够重视,贻误排险或抢险时机,从而造成工程事故的例子很多,应吸取这些深刻教训,为此本条列为强制性条文,必须严格执行。

9 数据处理与信息反馈

9.0.1 基坑工程监测分析工作事关基坑及周边环境的安全,是一项技术性非常强的工作,只有保证监测分析人员的素质,才能及时提供高质量的综合分析报告,为信息化施工和优化设计提供可靠依据,避免事故的发生。监测分析人员要熟悉基坑工程的设计和施工,能对房屋结构状态进行分析,因此不但要求具备工程测量的知识,还要具备岩土工程、结构工程的综合知识和工程实践经验。

9.0.2 为了确保监测工作质量,保证基坑及周边环境的安全和正常使用,防止监测工作中的弄虚作假,本条分别强调了基坑工程监测人员及单位的责任。为了明确责任,保证监测记录和监测成果的可追溯性,本条还规定有关责任人应签字,技术成果应加盖技术成果章。

9.0.6 基坑工程监测是一个系统,系统内的各项目监测有着必然的、内在的联系。某一单项的监测结果往往不能揭示和反映整体情况,应结合相关项目的监测数据和自然环境、施工工况等情况以及以往数据进行分析,才能通过相互印证、去伪存真,正确地把握基坑及周边环境的真实状态,提供出高质量的综合分析报告。

9.0.7 对大量的测试数据进行综合整理后,应将结果制成表格。通常情况下,还要绘出各类变化曲线或图形,使监测成果“形象化”,让工程技术人员能够一目了然,以便及时发现问题和分析问题。

9.0.8 目前基坑工程监测技术发展很快,主要体现在监测方法的自动化、远程化以及数据处理和信息管理的软件化。建立基坑工程监测数据处理和信息管理系统,利用专业软件帮助实现数据的实时采集、分析、处理和查询,使监测成果反馈更具有时效性,并提

高成果可视化程度,更好地为设计和施工服务。

9.0.10 当日报表是信息化施工的重要依据。每次测试完成后,监测人员应及时进行数据处理和分析,形成当日报表,提供给委托单位和有关方面。当日报表强调及时性和准确性,对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。

9.0.11 阶段性报告是经过一段时间的监测后,监测单位通过对以往监测数据和相关资料、工况的综合分析,总结出的各监测项目以及整个监测系统的变化规律、发展趋势及其评价,用于总结经验、优化设计和指导下一步的施工。阶段性监测报告可以是周报、旬报、月报或根据工程的需要不定期地提交。报告的形式是文字叙述和图形曲线相结合,对于监测项目监测值的变化过程和发展趋势尤以过程曲线表示为好。阶段性监测报告强调分析和预测的科学性、准确性,报告的结论要有充分的依据。

9.0.12 总结报告是基坑工程监测工作全部完成后监测单位提交给委托单位的竣工报告。总结报告一是要提供完整的监测资料;二是要总结工程的经验与教训,为以后的基坑工程设计、施工和监测提供参考。