UDC

中华人民共和国国家标准

P

GB 50497－2019

建筑基坑工程监测技术标准

Technical standard for monitoring of building excavation engineering

2019－11－22 发布

2020－06－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

建筑基坑工程监测技术标准

Technical standard for monitoring of building excavation engineering

GB 50497 - 2019

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2020年6月1日

中国计划出版社

2019 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2019 年　第 313 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》的公告

现批准《建筑基坑工程监测技术标准》为国家标准，编号为 GB 50497—2019，自 2020 年 6 月 1 日起实施。其中，第 3.0.1、8.0.9 条为强制性条文，必须严格执行。原《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开，并由住房和城乡建设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

2019 年 11 月 22 日

前　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189号)的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了原国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497—2009。

本标准的主要技术内容是：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、监测预警、数据处理与信息反馈等。

本标准修订的主要技术内容是：1. 扩大适用范围，增加岩体基坑和土岩组合基坑监测以及膨胀土、湿陷性黄土等特殊土基坑监测；2. 调整基坑工程监测实施范围的强制性条文规定；3. 调整第三方监测单位资格的规定；4. 增加对监测范围的规定；5. 增加对自动化监测的规定；6. 调整土质基坑现场仪器监测项目表；7. 增加岩体基坑工程监测项目表；8. 增加对土岩组合基坑工程监测项目的规定；9. 增加对爆破开挖的监测要求，增加爆破振动监测方法；10. 增加特殊土基坑工程巡视检查内容；11. 调整水平位移观测、竖向位移观测的精度要求，增加设备精度要求；12. 增加光电测距三角高程法、静力水准法的技术规定；13. 调整对仪器监测项目监测频率的规定；14. 增加爆破振动监测频率的规定；15. 调整部分监测项目的预警值。

本标准中以黑体字标示的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由济南大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送济南大学(地址：山东省济南市南辛庄西路336号，

邮编:250022)。

本标准主编单位:济南大学

荣华建设集团有限公司

本标准参编单位: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

东南大学

郑州大学

中国海洋大学

中国建筑科学研究院地基所

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

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

青岛建设集团公司

江苏省纺织工业设计研究院有限公司

上海市民防地基勘察院有限公司

上海市岩土工程检测中心

山东正元建设工程有限责任公司

江苏省地质工程勘察院

上海东亚地球物理勘查有限公司

南京市测绘勘察研究院股份有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司

机械工业勘察设计研究院有限公司

江苏省建苑岩土工程勘测有限公司

本标准主要起草人员:刘俊岩　应惠清　孔令伟　陈善雄

刘　燕　张行良　张　波　王成荣
宋建学　牟建华　刘建华　刘　涛
康景文　史春乐　刘观仕　赵成福
郑全明　张建全　雷秋生　王永东
杨生贵　刘俊生　梅　辉　钟聪达
孙华明　任　锋　张永乐　原瑞红
王勇华

本标准主要审查人员：高文生　顾国荣　郑　刚　金　淮
王双龙　李耀良　杨志银　朱武卫
胡伍生　焦安亮　杨铁荣

目　　次

1　总　　则 …… (1)
2　术　　语 …… (2)
3　基本规定 …… (4)
4　监测项目 …… (8)
4.1　一般规定 …… (8)
4.2　仪器监测 …… (8)
4.3　巡视检查 …… (10)
5　监测点布置 …… (13)
5.1　一般规定 …… (13)
5.2　基坑及支护结构 …… (13)
5.3　基坑周边环境 …… (16)
6　监测方法及精度要求 …… (18)
6.1　一般规定 …… (18)
6.2　水平位移监测 …… (19)
6.3　竖向位移监测 …… (21)
6.4　深层水平位移监测 …… (23)
6.5　倾斜监测 …… (23)
6.6　裂缝监测 …… (24)
6.7　支护结构内力监测 …… (25)
6.8　土压力监测 …… (25)
6.9　孔隙水压力监测 …… (26)
6.10　地下水位控制监测 …… (27)
6.11　锚杆轴力监测 …… (27)
6.12　土体分层竖向位移监测 …… (27)

6.13 坑底隆起监测 …… (28)
6.14 爆破振动监测 …… (28)
7 监测频率 …… (30)
8 监测预警 …… (33)
9 数据处理与信息反馈 …… (38)
附录A 水平位移、竖向位移监测日报表 …… (40)
附录B 深层水平位移监测日报表 …… (41)
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 …… (42)
附录D 支撑轴力、锚杆轴力监测日报表 …… (43)
附录E 地下水位、地表竖向位移、分层竖向位移、坑底隆起监测日报表 …… (44)
附录F 裂缝监测日报表 …… (45)
附录G 巡视检查日报表 …… (46)
本标准用词说明 …… (48)
引用标准名录 …… (49)
附:条文说明 …… (51)

Contents

1 General provisions ····· (1)
2 Terms ····· (2)
3 Basic requirements ····· (4)
4 Monitoring items ····· (8)
4.1 General requirements ····· (8)
4.2 Instrument monitoring ····· (8)
4.3 Inspection and examination ····· (10)
5 Arrangement of monitoring point ····· (13)
5.1 General requirements ····· (13)
5.2 Excavation and bracing and retaining structure ····· (13)
5.3 Surroundings around building excavation ····· (16)
6 Monitoring methods and precision requirements ····· (18)
6.1 General requirements ····· (18)
6.2 Monitoring of horizontal displacement ····· (19)
6.3 Monitoring of vertical displacement ····· (21)
6.4 Monitoring of subsurface horizontal displacement ····· (23)
6.5 Monitoring of inclination ····· (23)
6.6 Monitoring of crack ····· (24)
6.7 Monitoring of internal force in bracing and retaining structure ····· (25)
6.8 Monitoring of earth pressure ····· (25)
6.9 Monitoring of pore-water pressure ····· (26)
6.10 Monitoring of water table ····· (27)
6.11 Axial load in anchor bolt ····· (27)

6.12 Monitoring of vertical displacement in different stratum ····· (27)
6.13 Monitoring of upheaval at the bottom of excavation ····· (28)
6.14 Monitoring of blasting vibration ····· (28)
7 Frequency of monitoring ····· (30)
8 Forewarning on monitoring ····· (33)
9 Data processing and information feedback ····· (38)
Appendix A Daily report on horizontal displacement and vertical displacement ····· (40)
Appendix B Daily report on subsurface horizontal displacement ····· (41)
Appendix C Daily report on internal forces in retaining wall and pillar, earth pressure and pore-water pressure ····· (42)
Appendix D Daily report on axial loads in strut and anchor bolt ····· (43)
Appendix E Daily report on water table, ground vertical displacement, vertical displacement in different stratum and heave in the bottom ····· (44)
Appendix F Daily report on crack ····· (45)
Appendix G Daily report on inspection and examination ····· (46)
Explanation of wording in this standard ····· (48)
List of quoted standards ····· (49)
Addition: Explanation of provisions ····· (51)

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，提供信息化施工和优化设计的依据，做到成果可靠、技术先进、经济合理，保证建筑基坑安全和保护基坑周边环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑基坑及周边环境监测。对于膨胀土、湿陷性黄土、红黏土、冻土、盐渍土以及高灵敏性软土等特殊土和侵蚀性环境的基坑工程，尚应结合当地工程经验开展监测工作。

1.0.3 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，制定合理的监测方案，精心组织和实施监测。

1.0.4 基坑工程监测除应符合本标准外，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)筑物地下部分的施工,由地面向下开挖出的空间,简称基坑。

2.0.2 基坑周边环境　　surroundings around 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 基坑工程监测　　monitoring of excavation engineering

在建筑基坑施工及使用阶段,采用仪器量测、现场巡视等手段和方法对基坑及周边环境的安全状况、变化特征及其发展趋势实施的定期或连续巡查、量测、监视以及数据采集、分析、反馈活动。

2.0.4 岩体基坑　　rock mass excavation

岩石出露地面或岩体上覆盖少量土的基坑。

2.0.5 土岩组合基坑　　soil-rock combinational excavation

开挖深度范围内上部为土体,下部为岩体,需要考虑土体对支护结构稳定影响的基坑。

2.0.6 基坑设计安全等级　　design safety grade of excavation

由基坑工程设计文件确定的基坑安全等级。

2.0.7 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。

2.0.8 围护墙　　retaining wall

基坑周边承受坑侧土压力、水压力及一定范围内地面荷载的

竖向结构。

2.0.9 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。

2.0.10 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。

2.0.11 监测频率　　frequency of monitoring

一定时间内对监测点实施观测的次数。

2.0.12 监测预警值　　forewarning value on monitoring

针对基坑及周边环境的保护要求，对监测项目所设定的警戒值。

3 基本规定

3.0.1 下列基坑应实施基坑工程监测：

1 基坑设计安全等级为一、二级的基坑。

2 开挖深度大于或等于5m的下列基坑：

1）土质基坑；

2）极软岩基坑、破碎的软岩基坑、极破碎的岩体基坑；

3）上部为土体，下部为极软岩、破碎的软岩、极破碎的岩体构成的土岩组合基坑。

3 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。

3.0.2 基坑工程设计文件应对监测范围、监测项目及测点布置、监测频率和监测预警值等做出规定。

3.0.3 基坑工程施工前，应由建设方委托具备相应能力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，监测方案应经建设方、设计方等认可，必要时还应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 监测工作步骤宜符合下列规定：

1 现场踏勘，收集资料；

2 制定监测方案；

3 基准点、工作基点、监测点布设与验收，仪器设备校验和元器件标定；

4 实施现场监测；

5 监测数据的处理、分析及信息反馈；

6 提交阶段性监测结果和报告；

7 现场监测工作结束后，提交完整的监测资料。

3.0.5 监测方案编制前，委托方应提供下列资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 基坑支护设计文件；

3 基坑工程施工方案或施工组织设计；

4 周边环境各监测对象的相关资料；

5 其他所需资料。

3.0.6 监测单位在现场踏勘、资料收集阶段应包括下列主要工作：

1 了解建设方和相关单位对监测的要求；

2 收集并分析岩土工程勘察、水文气象、周边环境、设计、施工等资料；

3 了解相邻工程的设计和施工情况；

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。

3.0.7 监测方案应包括下列内容：

1 工程概况；

2 场地工程地质、水文地质条件及基坑周边环境状况；

3 监测目的；

4 编制依据；

5 监测范围、对象及项目；

6 基准点、工作基点、监测点的布设要求及测点布置图；

7 监测方法和精度等级；

8 监测人员配备和使用的主要仪器设备；

9 监测期和监测频率；

10 监测数据处理、分析与信息反馈；

11 监测预警、异常及危险情况下的监测措施；

12 质量管理、监测作业安全及其他管理制度。

3.0.8 基坑工程监测范围应根据基坑设计深度、地质条件、周边环境情况以及支护结构类型、施工工法等综合确定；采用施工降水

时，尚应考虑降水及地面沉降的影响范围；采用爆破开挖时，爆破振动的监测范围应根据现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的相关规定并结合工程实际情况，通过爆破试验确定。

3.0.9 现场监测的对象宜包括：

1 支护结构；

2 基坑及周围岩土体；

3 地下水；

4 周边环境中的被保护对象，包括周边建筑、管线、轨道交通、铁路及重要的道路等；

5 其他应监测的对象。

3.0.10 下列基坑工程的监测方案应进行专项论证：

1 邻近重要建筑、设施、管线等破坏后果很严重的基坑工程；

2 工程地质、水文地质条件复杂的基坑工程；

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。

3.0.11 监测单位应按监测方案实施监测。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。

3.0.12 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进行反馈。

3.0.13 监测期间，监测方应做好监测设施的保护。建设方及总包方应协助监测单位保护监测设施。

3.0.14 当符合下列规定时，宜实施自动化监测：

1 需要进行高频次或连续实时观测的监测项目；

2 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。

3.0.15 实施自动化监测的基坑工程，尚应符合下列规定：

1 自动化监测系统应包括监测仪器设备、数据自动采集系

统、数据传输系统、数据存储管理系统及实时发布系统等；

2 自动监测仪器设备精度和量程应满足工程要求；

3 自动化监测系统应能进行数据异常情况下的自动预警或故障显示。

3.0.16 监测结束阶段，监测单位应向建设方提供监测总结报告，并将下列资料组卷归档：

1 监测方案；

2 基准点、监测点布设及验收记录；

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 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进行重点观测；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。

4.1.2 基坑工程现场监测应采用仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。

4.2 仪器监测

4.2.1 土质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 土质基坑工程仪器监测项目表

监测项目	基坑工程安全等级		
	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
立柱竖向位移	应测	应测	宜测
围护墙内力	宜测	可测	可测
支撑轴力	应测	应测	宜测
立柱内力	可测	可测	可测
锚杆轴力	应测	宜测	可测
坑底隆起	可测	可测	可测
围护墙侧向土压力	可测	可测	可测
孔隙水压力	可测	可测	可测
地下水位	应测	应测	应测
土体分层竖向位移	可测	可测	可测
周边地表竖向位移	应测	应测	宜测

续表 4.2.1

监测项目		基坑设计安全等级		
		一级	二级	三级
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	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线	竖向位移	应测	应测	应测
	水平位移	可测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

4.2.2 岩体基坑工程仪器监测项目应根据表 4.2.2 进行选择。

表 4.2.2 岩体基坑工程仪器监测项目表

监测项目		基坑设计安全等级		
		一级	二级	三级
坑顶水平位移		应测	应测	应测
坑顶竖向位移		应测	宜测	可测
锚杆轴力		应测	宜测	可测
地下水、渗水与降雨关系		宜测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	宜测	可测
周边建筑	竖向位移	应测	宜测	可测
	倾斜	宜测	可测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	宜测	可测
周边管线	竖向位移	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

4.2.3 土岩组合基坑工程应根据基坑设计安全等级、岩体质量、土岩分布、土岩结合面及地下水状况、支护形式、周边环境变形控制要求，按照本标准第 4.2.1 条、第 4.2.2 条选择监测项目，围护桩嵌岩处岩体的水平向位移宜进行监测。

4.2.4 岩体基坑、土岩组合基坑采用爆破开挖时，应对爆破振动

影响范围内的建(构)筑物、桥梁、道路、管线等保护对象进行质点振动速度或加速度监测。

4.2.5 湿陷性黄土和膨胀土基坑，当坑壁土体浸水可能性较大时，宜对土体含水量进行监测。

4.2.6 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、支撑、围檩或腰梁是否有裂缝；

3)冠梁、围檩或腰梁的连续性，有无过大变形；

4)围檩或腰梁与围护桩的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施；

5)锚杆垫板有无松动、变形；

6)立柱有无倾斜、沉陷或隆起；

7)止水帷幕有无开裂、渗漏水；

8)基坑有无涌土、流砂、管涌；

9)面层有无开裂、脱落。

2 施工状况：

1)开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异；

2)开挖分段长度、分层厚度及支撑(锚杆)设置是否与设计要求一致；

3)基坑侧壁开挖暴露面是否及时封闭；

4)支撑、锚杆是否施工及时；

5)边坡、侧壁及周边地表的截水、排水措施是否到位，坑边

或坑底有无积水；

6）基坑降水、回灌设施运转是否正常；

7）基坑周边地面有无超载。

3 周边环境：

1）周边管线有无破损、泄漏情况；

2）围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移现象；

3）周边建筑有无新增裂缝出现；

4）周边道路（地面）有无裂缝、沉陷；

5）邻近基坑施工（堆载、开挖、降水或回灌、打桩等）变化情况；

6）存在水力联系的邻近水体（湖泊、河流、水库等）的水位变化情况。

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 特殊土基坑工程巡视检查除应符合本标准第4.3.2条的规定外，尚应符合下列规定：

1 对膨胀土、湿陷性黄土、红黏土、盐渍土，应重点巡视场地内防水、排水等防护设施是否完好，开挖暴露面有无被雨水及各种水源浸湿的现象，是否及时覆盖封闭；

2 膨胀土基坑开挖时有无较大的原生裂隙面，在干湿循环剧烈季节坡面有无保湿措施；

3 对多年冻土、季节性冻土等温度敏感性土，当基坑施工及使用阶段经受冻融循环时，应重点巡视开挖暴露面保温、隔热措施是否到位，坡顶、坡脚排水系统设施是否完好；

4 对高灵敏性软土，应重点巡视施工扰动情况，支撑施作是否及时，侧壁有无软土挤出，开挖暴露面是否及时封闭等。

4.3.4 岩体基坑、土岩组合基坑工程巡视检查除应符合本标准第4.3.2条的规定外，尚应符合下列规定：

1 岩体结构面产状、结构面含水情况；

2 采用吊脚桩支护形式时，岩肩处岩体有无开裂、掉块；

3 爆破后岩体是否出现松动。

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

4.3.6 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，及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析，如发现异常情况时，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 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，监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上，并应满足对监测对象的监控要求。

5.1.2 监测点的布置不应妨碍监测对象的正常工作，并且便于监测、易于保护。

5.1.3 不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。

5.1.4 监测标志应稳固可靠、标示清晰。

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，基坑各侧边中部、阳角处、邻近被保护对象的部位应布置监测点。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～60m，每侧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，测斜管埋设深度应符合下列规定：

1 埋设在围护墙体内的测斜管，布置深度宜与围护墙入土深度相同；

2 埋设在土体中的测斜管，长度不宜小于基坑深度的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或岩体中。

5.2.3 围护墙内力监测断面的平面位置应布置在设计计算受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距应视具体情况而定。竖直方向监测点间距宜为 2m～4m 且在设计计算弯矩极值处应布置监测点，每一监测点沿垂直于围护墙方向对称放置的应力计不应少于 1 对。

5.2.4 支撑轴力监测点的布置应符合下列规定：

1 监测断面的平面位置宜设置在支撑设计计算内力较大、基坑阳角处或在整个支撑系统中起控制作用的杆件上；

2 每层支撑的轴力监测点不应少于 3 个，各层支撑的监测点位置宜在竖向保持一致；

3 钢支撑的监测断面宜选择在支撑的端头或两支点间 1/3 部位，混凝土支撑的监测断面宜选择在两支点间 1/3 部位，并避开节点位置；

4 每个监测点传感器的设置数量及布置应满足不同传感器的测试要求。

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设计计算受力较大的立柱上，位置宜设在坑底以上各层立柱下部的 1/3 部位，每个截面传感器埋设不应少于 4 个。

5.2.6 锚杆轴力监测断面的平面位置应选择在设计计算受力较大且有代表性的位置，基坑每侧边中部、阳角处和地质条件复杂的区段内宜布置监测点。每层锚杆的内力监测点数量应为该层锚杆总数的 1%～3%，且基坑每边不应少于 1 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 坑底隆起监测点的布置应符合下列规定：

1 监测点宜按纵向或横向断面布置，断面宜选择在基坑的中

央以及其他能反映变形特征的位置，断面数量不宜少于2个；

2 同一断面上监测点横向间距宜为10m～30m，数量不宜少于3个；

3 监测标志宜埋入坑底以下20cm～30cm。

5.2.8 围护墙侧向土压力监测点的布置应符合下列规定：

1 监测断面的平面位置应布置在受力、土质条件变化较大或其他有代表性的部位；

2 在平面布置上，基坑每边的监测断面不宜少于2个，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，每层土布设的测点不应少于1个，且宜布置在各层土的中部。

5.2.9 孔隙水压力监测断面宜布置在基坑受力、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。

5.2.10 地下水位监测点的布置应符合下列规定：

1 当采用深井降水时，基坑内地下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，宜布置在截水帷幕的外侧约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 在降水深度内存在2个以上(含2个)含水层时，宜分层布设地下水位观测孔；

5 岩体基坑地下水监测点宜布置在出水点和可能滑面部位；

6 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 基坑边缘以外 1 倍～3 倍的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 当基坑邻近轨道交通、高架道路、隧道、原水引水、合流污水、重要管线、重要文物和设施、近现代优秀建筑等重要保护对象时，监测点的布置尚应满足相关管理部门的技术要求。

5.3.3 周边建筑竖向位移监测点的布置应符合下列规定：

1 建筑四角、沿外墙每 10m～15m 处或每隔 2 根～3 根柱的柱基或柱子上，且每侧外墙不应少于 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 周边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 周边建筑倾斜监测点的布置应符合下列规定：

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标准第 5.3.3 条的规定。

5.3.6 周边建筑裂缝、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，每条裂缝的监测点应至少设2个，且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。

5.3.7 周边管线监测点的布置应符合下列规定：

1 应根据管线修建年份、类型、材质、尺寸、接口形式及现状等情况，综合确定监测点布置和埋设方法，应对重要的、距离基坑近的、抗变形能力差的管线进行重点监测；

2 监测点宜布置在管线的节点、转折点、变坡点、变径点等特征点和变形曲率较大的部位，监测点水平间距宜为15m～25m，并宜向基坑边缘以外延伸1倍～3倍的基坑开挖深度；

3 供水、煤气、供热等压力管线宜设置直接监测点，也可利用窨井、阀门、抽气口以及检查井等管线设备作为监测点，在无法埋设直接监测点的部位，可设置间接监测点。

5.3.8 周边地表竖向位移监测断面宜设在坑边中部或其他有代表性的部位。监测断面应与坑边垂直，数量视具体情况确定。每个监测断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。

5.3.10 周边环境爆破振动监测点应根据保护对象的重要性、结构特征、距离爆源的远近等布置。对于同一类型的保护对象，监测点宜选择在距离爆源最近、结构性状最弱的保护对象上。当因地质、地形等情况，爆破对较远处保护对象可能产生更大危害时，应增加监测点。监测点宜布置在保护对象的基础以及其他具有代表性的位置。

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监测对象的监控要求、现场条件、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。仪器监测可采用现场人工监测或自动化实时监测。

6.1.2 变形监测网的基准点、工作基点的设置应符合下列规定：

1 基准点应选择在施工影响范围以外不受扰动的位置，基准点应稳定可靠；

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、距离较近的情况下，宜直接将基准点作为工作基点；

3 工作基点应与基准点进行组网和联测。

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，监测时宜符合下列规定：

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 基坑周边环境中的地铁、隧道等被保护对象的监测方法和监测精度尚应符合相关标准的规定以及主管部门的要求。

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

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移监测包括围护墙(边坡)顶部、周边建筑、周边管线的水平位移观测。测定特定方向上的水平位移时，可采用视准线活动觇牌法、视准线测小角法、激光准直法等；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，采用极坐标法、交会法、自由设站法等。

6.2.2 水平位移监测网宜进行一次布网，并宜采用假定坐标系统或建筑坐标系统。水平位移监测网可采用基准线、单导线、导线网、边角网等形式。

6.2.3 水平位移监测基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定：

1 水平位移基准点的数量不应少于3个，基准点标志的型式和埋设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定；

2 采用视准线活动觇牌法和视准线小角法进行位移观测，当不便设置基准点时，可选择设置在稳定位置的方向标志作为方向基准，采用基准线控制时，每条基准线应在稳定区域设置检核基准点；

3 工作基点宜设置为具有强制对中装置的观测墩，当采用光学对中装置时，对中误差不宜大于0.5mm；

4 水平位移基准点的测量宜采用全站仪边角测量，水平位移工作基点的测量可采用全站仪边角测量、边角后方交会等方法；

5 每次水平位移观测前应对相邻控制点(基准点或工作基点)进行稳定性检查。

6.2.4 基坑围护墙(边坡)顶部、周边建筑、周边管线的水平位移

监测精度应根据其水平位移预警值按表 6.2.4 确定。

表 6.2.4　水平位移监测精度要求

水平位移预警值	累计值 D(mm)	$D\leqslant 40$		$40<D\leqslant 60$	$D>60$
	变化速率 v_D (mm/d)	$v_D\leqslant 2$	$2<v_D\leqslant 4$	$4<v_D\leqslant 6$	$v_D>6$
监测点坐标中误差(mm)		≤1.0	≤1.5	≤2.0	≤3.0

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，监测点相对于基准线的偏差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预警值的要求确定。

3　以中误差作为衡量精度的标准。

6.2.5　采用全站仪极坐标法进行水平位移监测时，应符合下列规定：

1　全站仪标称精度应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5　全站仪标称精度要求

监测点坐标中误差(mm)	一测回水平方向标准差(″)	测距中误差
1.0	≤0.5	≤(1mm+1ppm)
1.5	≤1.0	≤(1mm+1ppm)
2.0	≤1.0	≤(1mm+2ppm)
3.0	≤2.0	≤(2mm+2ppm)

2　测站至监测点的距离不宜大于 300m。

3　监测点的测回数应根据观测精度要求、全站仪标称精度、测站至监测点的距离等因素综合确定。

6.2.6　当采用视准线活动觇牌法和视准线小角法进行水平位移监测时，应符合下列规定：

1　全站仪标称精度应符合本标准表 6.2.5 的规定；

2　应垂直于所测位移方向布设视准线，视准线小角法以工作基点作为测站点；

3　测站点与监测点之间的距离不宜大于 300m；

4　采用视准线小角法时，小角角度不应超过 30′，观测不应少于 1 个测回。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移监测包括围护墙(边坡)顶部、立柱、周边地表、建筑、管线、道路的竖向位移观测。竖向位移监测宜采用几何水准测量,也可采用三角高程测量或静力水准测量等方法。

6.3.2 竖向位移监测网宜采用国家高程基准或工程所在城市使用的高程基准,也可采用独立的高程基准。监测网应布设成闭合环或附合线路,且宜一次布设。

6.3.3 竖向位移基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定:

1 基准点的数量不应少于3个,基准点之间应形成闭合环;基准点标志的型式和埋设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定;在冻土地区,基准点标石应埋设在当地冻土线以下0.5m,在基岩壁或稳固的建筑上可埋设墙上水准标志。

2 密集建筑区内,基准点与待测建筑的距离应大于该建筑基础最大深度的2倍。基准点可选择在沉降影响区以外稳定的建(构)筑物结构上。

3 可根据作业需要设置工作基点,工作基点与基准点之间应便于联测。

6.3.4 围护墙(边坡)顶部、立柱、基坑周边地表、管线和邻近建筑、道路的竖向位移监测精度应根据其竖向位移预警值按表6.3.4确定。

表6.3.4 竖向位移监测精度要求

竖向位移预警值	累计值 S(mm)	$S\leqslant 20$	$20<S\leqslant 40$	$40<S\leqslant 60$	$S>60$
	变化速率 v_S (mm/d)	$v_S\leqslant 2$	$2<v_S\leqslant 4$	$4<v_S\leqslant 6$	$v_S>6$
监测点测站高差中误差(mm)		$\leqslant 0.15$	$\leqslant 0.5$	$\leqslant 1.0$	$\leqslant 1.5$

注: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。

6.3.5 采用几何水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

1 所用仪器精度与观测限差应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 水准仪精度和观测限差要求

监测点测站高差中误差(mm)	≤0.15	≤0.5	≤1.0	≤1.5
水准仪精度要求(mm/km)	±0.3	±0.5	±1.0	±1.0
往返较差及附合或环线闭合差限差(mm)	$0.3\sqrt{n}$	$1.0\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$	$3.0\sqrt{n}$
检测已测测段高差之差限差(mm)	$0.45\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$	$3.0\sqrt{n}$	$4.5\sqrt{n}$

注：表中 n 为测站数。

2 水准测量作业方式、观测要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.3.6 采用光电测距三角高程测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

1 所用全站仪的测角标称精度不应大于 1″，观测精度应满足对监测对象竖向位移预警监控的要求；

2 应采用中间设站的观测方式，后视点、前视点均应设置棱镜或特制觇牌；

3 作业方式、较差、观测要求等均应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.3.7 采用静力水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

1 应根据位移预警监控要求及观测精度选取相应精度和量程的静力水准传感器，宜采用连通管式静力水准；

2 当采用多组串联方式构成观测线路时，相邻测线交接处应在同一结构的上下设置 2 个传感器作为转接点；

3 工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测；

4 观测技术要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.4 深层水平位移监测

6.4.1 深层水平位移监测宜采用在围护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和预降水至少 1 周前埋设，当基坑周边变形要求严格时，应在支护结构施工前埋设，测斜管埋设应符合下列规定：

1 测斜管的埋设可采用绑扎法、钻孔法以及抱箍法等；

2 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，测斜管管口、管底应采取保护措施；

3 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；

4 当采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔之间的空隙应填充密实；

5 正式测量前宜使用探头模型检查测斜管导槽顺畅状态。

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后，自下而上以不大于 0.5m 间隔逐段测量，每个监测方向均应进行正、反两次量测。

6.4.5 深层水平位移计算时，应确定起算点。当测斜管嵌固在稳定岩土体中时，宜以测斜管底部为位移起算点；当测斜管底部未嵌固在稳定岩土体时，应以测斜管上部管口为起算点，且每次监测均应测定管口位移，并对深层水平位移值进行修正。

6.5 倾 斜 监 测

6.5.1 建筑倾斜监测方法应根据现场监测条件和要求，选用投点法、水平角观测法、前方交会法、垂准法、倾斜仪法和差异沉降法等

方法。

6.5.2 建筑倾斜监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。

6.5.3 建筑倾斜监测应符合下列规定：

1 当从建筑外部进行倾斜观测时，建筑顶部的监测点标志宜采用固定的觇牌和棱镜，墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志。当不便安装埋设标志时，可粘贴反射片标志，也可利用满足照准要求的建筑特征点。

2 当建筑外场地允许，宜采用全站仪或经纬仪投点法。测站点宜选择在与建筑倾斜方向成正交的方向线上，测站点距离照准目标不宜小于 1.5 倍的目标高度。底部观测点宜安置水平读数尺，全站仪或经纬仪应瞄准上部观测点标志，将上部观测点投影到底部，通过水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度差计算倾斜度。

3 当采用水平角观测法时，应设置定向点，测站点和定向点应采用具有强制对中装置的观测墩。

4 当建筑内部具有竖向通视条件时，可采用垂准法。应在下部观测点上安置激光垂准仪或光学垂准仪，在顶部观测点上安置接收靶，由接收靶直接读取或量取顶部水平位移量和位移方向，计算倾斜量。观测时应进行下部点对中，并按 180°和 90°的对称位置，分别读取 2 次或 4 次位移数据。

5 当利用相对沉降量间接确定建筑倾斜时，可采用水准测量或静力水准测量等方法通过测定差异沉降计算倾斜值和倾向方向。

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 裂缝监测宜采用下列方法：

1 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋标志，用千分尺、游标卡尺、数字裂缝宽度测量仪等直接量测，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 支护结构内力监测适用于围护墙内力、支撑轴力、立柱内力、围檩或腰梁内力监测等，宜采用安装在结构内部或表面的应力、应变传感器进行量测。

6.7.2 应根据监测对象的结构形式、施工方法选择相应类型的传感器。混凝土支撑、围护桩(墙)宜在钢筋笼制作的同时，在主筋上安装钢筋应力计；钢支撑宜采用轴力计或表面应力计；钢立柱、钢围檩(腰梁)宜采用表面应变计。

6.7.3 应力计或应变计的量程不宜小于设计值的 1.5 倍，精度不宜低于 0.5%F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S。

6.7.4 内力监测传感器埋设前应进行标定和编号，导线应做好标记，并设置导线防护措施。

6.7.5 内力监测宜取土方开挖前连续 3d 获得的稳定测试数据的平均值作为初始值。

6.7.6 内力监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

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预估被测压力的要求，其上限可取设计压力的 2 倍，精度不宜低于 0.5%F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S。

6.8.3 土压力计埋设可采用埋入式或边界式。埋设前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定。埋设时应符合下列规定：

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 土压力计导线中间不宜有接头，导线应按一定线路捆扎，接头应集中引入导线箱中；

5 做好完整的埋设记录。

6.8.4 土压力计埋设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 孔隙水压力计量程应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·S，分辨率不宜低于 0.2%F·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，埋设前应符合下列规定：

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 地下水位控制监测

6.10.1 地下水位监测宜采用钻孔内设置水位管或设置观测井，通过水位计进行量测。

6.10.2 地下水位量测精度不宜低于10mm。

6.10.3 潜水水位管直径不宜小于50mm，饱和软土等渗透性小的土层水位管直径不宜小于70mm，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 水位管宜在基坑预降水前至少1周埋设，并逐日连续观测水位取得稳定初始值。

6.11 锚杆轴力监测

6.11.1 锚杆轴力监测宜采用轴力计、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 轴力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为锚杆极限抗拔承载力的1.5倍，量测精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

6.11.3 轴力计仪表应与锚杆张拉设备仪表相互标定。锚杆施工完成后应对轴力计、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，也可采用埋设多点位移计进行量测。

6.12.2 沉降标或多点位移计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沉降标或多点位移计埋设后1周量测，并获得稳定的初始值。

6.12.4 埋设磁环式分层沉降标，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次读数较差不应大于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，水准监测精度宜按本标准表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。

6.13 坑底隆起监测

6.13.1 坑底隆起采用钻孔等方法埋设深层沉降标时，孔口高程宜用水准测量方法测量，沉降标至孔口垂直距离可采用钢尺量测。

6.13.2 坑底隆起监测的精度应符合表6.13.2的规定。

表6.13.2 坑底隆起监测的精度要求(mm)

坑底隆起预警值(累计值)	≤40	40～60	>60
监测点测站高差中误差	≤1.0	≤2.0	≤3.0

6.14 爆破振动监测

6.14.1 测振传感器可采用垂直、水平单向传感器或三矢量一体传感器。传感器频带范围应覆盖被测物理量的频率，记录设备的采样频率应大于12倍被测物理量的上限主振频率，传感器和记录设备的测量幅值范围应满足被测物理量的预估幅值，测试导线宜选用屏蔽电缆。

6.14.2 测振传感器的安装应符合下列规定：

1 应保证测振传感器与被测对象连接牢固且紧密，不应置于

松软地面以及不平整、不坚实的构件表面；

2 安装过程中应控制每一测点不同方向的测振传感器安装角度，角度误差不得大于5°；

3 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试。

6.14.3 现场监测应符合下列规定：

1 应收集基坑开挖爆破规模、爆破方式、孔网、起爆网路、药量等爆破参数；

2 合理选择自触发设定值，设置的量程、记录时间及采样频率应满足对被测物理量的监控要求；

3 测量过程应避免影响环境振动测量值的非振动源干扰；

4 测量过程中应保证仪器电压稳定。

6.14.4 爆破振动监测仪器量程精度的选择应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

7 监测频率

7.0.1 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 监测工作应贯穿于基坑工程和地下工程施工全过程。监测工作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 仪器监测频率应符合下列规定：

1 应综合考虑基坑支护、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确定。

2 对于应测项目，在无异常和无事故征兆的情况下，开挖后监测频率可按表 7.0.3 确定。

表 7.0.3 现场仪器监测的监测频率

基坑设计安全等级	施工进程		监测频率
一级	开挖深度 h	$\leqslant H/3$	1 次/(2～3)d
		$H/3$～$2H/3$	1 次/(1～2)d
		$2H/3$～H	(1～2)次/d
	底板浇筑后时间(d)	≤7	1 次/d
		7～14	1 次/3d
		14～28	1 次/5d
		>28	1 次/7d
二级	开挖深度 h	$\leqslant H/3$	1 次/3d
		$H/3$～$2H/3$	1 次/2d
		$2H/3$～H	1 次/d

续表 7.0.3

基坑设计安全等级	施工进程		监测频率
二级	底板浇筑后时间(d)	≤7	1次/2d
		7～14	1次/3d
		14～28	1次/7d
		>28	1次/10d

注：1 h——基坑开挖深度；H——基坑设计深度。

2 支撑结构开始拆除到拆除完成后3d内监测频率加密为1次/d。

3 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定。

4 当基坑设计安全等级为三级时，监测频率可视具体情况适当降低。

5 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

3 当基坑支护结构监测值相对稳定，开挖工况无明显变化时，可适当降低对支护结构的监测频率。

4 当基坑支护结构、地下水位监测值相对稳定时，可适当降低对周边环境的监测频率。

7.0.4 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

1 监测值达到预警值；

2 监测值变化较大或者速率加快；

3 存在勘察未发现的不良地质状况；

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、渗漏或流砂等现象；

11 膨胀土、湿陷性黄土等水敏性特殊土基坑出现防水、排水等防护设施损坏，开挖暴露面有被水浸湿的现象；

12 多年冻土、季节性冻土等温度敏感性土基坑经历冻、融

季节；

13 高灵敏性软土基坑受施工扰动严重、支撑施作不及时、有软土侧壁挤出、开挖暴露面未及时封闭等异常情况；

14 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

7.0.5 爆破振动监测频率应根据爆破规模及被保护对象的重要性确定。首次爆破时，对所需监测的周边环境对象均应进行爆破振动监测，以后应根据第一次爆破监测结果并结合环境监测对象特点确定监测频率。对于重要的爆破或重点保护对象每次爆破均应进行跟踪监测。

7.0.6 当出现可能危及工程及周边环境安全的事故征兆时，应实时跟踪监测。

8 监测预警

8.0.1 监测预警值应满足基坑支护结构、周边环境的变形和安全控制要求。监测预警值应由基坑工程设计方确定。

8.0.2 基坑支护结构、周边环境的变形和安全控制应符合下列规定：

1 保证基坑的稳定；

2 保证地下结构的正常施工；

3 对周边已有建筑引起的变形不得超过相关技术标准的要求或影响其正常使用；

4 保证周边道路、管线、设施等正常使用；

5 满足特殊环境的技术要求。

8.0.3 变形监测预警值应包括监测项目的累计变化预警值和变化速率预警值。

8.0.4 基坑及支护结构监测预警值应根据基坑设计安全等级、工程地质条件、设计计算结果及当地工程经验等因素确定；当无当地工程经验时，土质基坑可按表 8.0.4 确定。

8.0.5 基坑工程周边环境监测预警值应根据监测对象主管部门的要求或建筑检测报告的结论确定，当无具体控制值时，可按表 8.0.5 确定。

8.0.6 确定基坑周边建筑、管线、道路预警值时，应保证其原有沉降或变形值与基坑开挖、降水造成的附加沉降或变形值叠加后不应超过其允许的最大沉降或变形值。

8.0.7 爆破振动监测项目预警值应综合考虑保护对象的重要性以及工程质量、结构性状、地基及围岩条件、自振频率等因素确定，且监测对象质点振动速度预警值应小于现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 规定的相应爆破振动安全允许标准。

表 8.0.4　土质基坑及支护结构监测预警值

序号	监测项目	支护类型	基坑设计安全等级								
			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）	相对基坑设计深度 H 控制值		绝对值（mm）	相对基坑设计深度 H 控制值		绝对值（mm）	相对基坑设计深度 H 控制值	
1	围护墙（边坡）顶部水平位移	土钉墙、复合土钉墙、锚喷支护、水泥土墙	30～40	0.3%～0.4%	3～5	40～50	0.5%～0.8%	4～5	50～60	0.7%～1.0%	5～6
		灌注桩、地下连续墙、钢板桩、型钢水泥土墙	20～30	0.2%～0.3%	2～3	30～40	0.3%～0.5%	2～4	40～60	0.6%～0.8%	3～5
2	围护墙（边坡）顶部竖向位移	土钉墙、复合土钉墙、喷锚支护	20～30	0.2%～0.4%	2～3	30～40	0.4%～0.6%	3～4	40～60	0.6%～0.8%	4～5
		水泥土墙、型钢水泥土墙	—	—	—	30～40	0.6%～0.8%	3～4	40～60	0.8%～1.0%	4～5
		灌注桩、地下连续墙、钢板桩	10～20	0.1%～0.2%	2～3	20～30	0.3%～0.5%	2～3	30～40	0.5%～0.6%	3～4
3	深层水平位移	复合土钉墙	40～60	0.4%～0.6%	3～4	50～70	0.6%～0.8%	4～5	60～80	0.7%～1.0%	5～6
		型钢水泥土墙	—	—	—	50～60	0.6%～0.8%	4～5	60～70	0.7%～1.0%	5～6

续表 8.0.4

序号	监测项目	支护类型	基坑设计安全等级								
			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)	相对基坑设计深度 H 控制值		绝对值(mm)	相对基坑设计深度 H 控制值		绝对值(mm)	相对基坑设计深度 H 控制值	
3	深层水平位移	钢板桩	50～60	0.6%～0.7%	2～3	60～80	0.7%～0.8%	3～5	70～90	0.8%～1.0%	4～5
		灌注桩、地下连续墙	30～50	0.3%～0.4%		40～60	0.4%～0.6%		50～70	0.6%～0.8%	
4	立柱竖向位移		20～30	—	2～3	20～30	—	2～3	20～40	—	2～4
5	地表竖向位移		25～35	—	2～3	35～45	—	3～4	45～55	—	4～5
6	坑底隆起(回弹)		累计值(30～60)mm，变化速率(4～10)mm/d								
7	支撑轴力		最大值：(60%～80%)f_2 最小值：(80%～100%)f_y			最大值：(70%～80%)f_2 最小值：(80%～100%)f_y			最大值：(70%～80%)f_2 最小值：(80%～100%)f_y		
8	锚杆轴力										
9	土压力		(60%～70%)f_1			(70%～80%)f_1			(70%～80%)f_1		
10	孔隙水压力										
11	围护墙内力		(60%～70%)f_2			(70%～80%)f_2			(70%～80%)f_2		
12	立柱内力										

注：1 H——基坑设计深度；f_1——荷载设计值；f_2——构件承载能力设计值，锚杆为极限抗拔承载力；f_y——钢支撑、锚杆预应力设计值。

2 累计值取绝对值和相对基坑设计深度 H 控制值两者的较小值。

3 当监测项目的变化速率达到表中规定值或连续 3 次超过该值的 70%应预警。

4 底板完成后，监测项目的位移变化速率不宜超过表中速率预警值的 70%。

表 8.0.5　基坑工程周边环境监测预警值

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			1000～2000（常年变幅以外）	500	—
2	管线位移	刚性管道	压力	10～20	2	直接观察点数据
			非压力	10～30	2	
		柔性管线		10～40	3～5	—
3	邻近建筑位移			小于建筑物地基变形允许值	2～3	—
4	邻近道路路基沉降	高速公路、道路主干		10～30	3	—
		一般城市道路		20～40	3	—
5	裂缝宽度	建筑结构性裂缝		1.5～3（既有裂缝） 0.2～0.25（新增裂缝）	持续发展	—
		地表裂缝		10～15（既有裂缝） 1～3（新增裂缝）	持续发展	—

注：1　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）时应预警。

2　建筑物地基变形允许值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定取值。

8.0.8　监测数据达到监测预警值时，应立即预警，通知有关各方及时分析原因并采取相应措施。

8.0.9　当出现下列情况之一时，必须立即进行危险报警，并应通知有关各方对基坑支护结构和周边环境保护对象采取应急措施。

1　基坑支护结构的位移值突然明显增大或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落等；

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

3　基坑周边建筑的结构部分出现危害结构的变形裂缝；

4　基坑周边地面出现较严重的突发裂缝或地下空洞、地面下陷；

5　基坑周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；

6　冻土基坑经受冻融循环时，基坑周边土体温度显著上升，发生明显的冻融变形；

7　出现基坑工程设计方提出的其他危险报警情况，或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 监测单位应对整个项目的监测方案实施以及监测技术成果的真实性、可靠性负责，监测技术成果应有相关负责人签字，并加盖成果章。

9.0.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、巡视检查记录、记事项目以及视频及仪器电子数据资料等。现场监测资料的整理应符合下列规定：

1 外业观测值和记事项目应真实完整，并应在现场直接记录在观测记录表中；任何原始记录不得涂改、伪造和转抄；采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上。

2 监测记录应有相应的工况描述。

3 使用正式的监测记录表格。

4 监测记录应有相关责任人签字。

9.0.3 取得现场监测资料后，应及时进行整理、分析。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行复测。

9.0.4 监测项目的数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并对其发展趋势做出预测。

9.0.5 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台，其功能和参数应符合本标准的有关规定，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。

9.0.6 技术成果应包括当日报表、阶段性分析报告和总结报告。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。

9.0.7 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的判断性结论；

5 对达到或超过监测预警值的监测点应有预警标示，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。

当日报表宜采用本标准附录 A～附录 G 规定的格式。

9.0.8 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。

9.0.9 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 监测预警值；

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、竖向位移监测日报表

表 A　水平位移、竖向位移监测日报表

第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

点号	累计位移量(mm)	本次变化量(mm)	变化速率(mm/d)	备注
工况描述：				
简要分析及判断性结论：				

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

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

孔号(　)第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

深度（m）	累计位移（mm）	本次变化量（mm）	变化速率（mm/d）	位移量（mm）→ ↓深度（m）

工况描述：

简要分析及判断性结论：

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

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(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

组号	点号	深度(m)	本次测值(kPa)	上次测值(kPa)	本次变化(kPa)	累计变化(kPa)	备注
工况描述：							
简要分析及判断性结论：							

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

附录D　支撑轴力、锚杆轴力监测日报表

表D　支撑轴力、锚杆轴力监测日报表

第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

组号	点号	深度(m)	本次测值(kN)	上次测值(kN)	本次变化(kN)	累计变化(kN)	备注
工况描述：							
简要分析及判断性结论：							

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

附录 E　地下水位、地表竖向位移、分层竖向位移、坑底隆起监测日报表

表 E　地下水位、地表竖向位移、分层竖向位移、坑底隆起监测日报表

第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

编号	点号	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)	变化速率(mm/d)	备注
工况描述：								
简要分析及判断性结论：								

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

附录 F　裂缝监测日报表

表 F　裂缝监测日报表

第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　计算者：　　校核者：

仪器型号：　　仪器编号：　　检定有效期：

本次监测时间：　　上次监测时间：

点号	长度				宽度				形态
	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)	
工况描述：									
当日监测的简要分析及判断性结论：									

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

附录G　巡视检查日报表

表G　巡视检查日报表

第(　)次

工程名称：　　报表编号：　　天气：

观测者：　　巡视时间：

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
支护结构	支护结构成型质量		
	冠梁、支撑、围檩是否有裂缝		
	冠梁、围檩(腰梁)的连续性，有无过大变形		
	围檩(腰梁)与围护桩的密贴性；围檩与支撑的防坠落措施		
	锚杆垫板有无松动、变形		
	立柱有无倾斜、沉陷或隆起		
	止水帷幕有无开裂、渗漏水		
	基坑有无涌土、流砂、管涌		
	面层有无开裂、脱落		
	其他		
施工工况	开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异		
	基坑开挖分段长度及分层厚度		
	侧壁开挖暴露面是否及时封闭		
	支撑、锚杆是否施工及时		
	边坡、侧壁及周边地表的排水、截水措施及效果，坑边或坑底有无积水		
	基坑降水、回灌设施运转情况		
	基坑周边地面堆载情况		
	爆破后岩体是否出现松动		
	吊脚桩支护形式时，岩肩处岩体有无开裂、掉块		
	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		
	围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移		
	周边建筑有无出现新裂缝、有无发展		
	周边道路(地面)有无出现新裂缝或沉陷，有无发展		
	邻近施工(堆载、开挖、打桩、降水)情况		
	存在水力联系的邻近水体(湖泊、河流等)的水位变化情况		
	其他		
监测设施	基准点、测点完好状况、保护情况		
	监测元件及导线的完好情况、保护情况		
	观测工作条件		

工程负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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

《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《工程测量规范》GB 50026
《爆破安全规程》GB 6722
《建筑变形测量规范》JGJ 8

中华人民共和国国家标准

建筑基坑工程监测技术标准

GB 50497 - 2019

条 文 说 明

编 制 说 明

《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497—2019，经住房和城乡建设部2019年11月22日以第313号公告批准发布。

本标准是在《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497—2009的基础上修订完成的。《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497—2009的主编单位是济南大学、莱西市建筑总公司、山东省工程建设标准造价协会，参编单位有同济大学、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。主要起草人为刘俊岩、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。

本标准在修订过程中，编制组经广泛调查研究，总结了近年来基坑工程监测的实践经验，吸收了国内外相关科技成果，参考了国外先进标准，并与国内相关标准编制组进行了沟通、协调。编制组向国内勘察、设计、施工、监测及建设单位的专家征求了意见，对这些意见进行了认真的整理、分析，最终修订完成了本标准。

为便于广大勘察、设计、施工、监测以及建设单位等有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑基坑工程监测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　　次

1　总　　则 …… (57)
2　术　　语 …… (60)
3　基本规定 …… (61)
4　监测项目 …… (67)
4.1　一般规定 …… (67)
4.2　仪器监测 …… (67)
4.3　巡视检查 …… (72)
5　监测点布置 …… (74)
5.1　一般规定 …… (74)
5.2　基坑及支护结构 …… (75)
5.3　基坑周边环境 …… (77)
6　监测方法及精度要求 …… (80)
6.1　一般规定 …… (80)
6.2　水平位移监测 …… (81)
6.3　竖向位移监测 …… (84)
6.4　深层水平位移监测 …… (85)
6.5　倾斜监测 …… (86)
6.6　裂缝监测 …… (86)
6.8　土压力监测 …… (86)
6.9　孔隙水压力监测 …… (87)
6.11　锚杆轴力监测 …… (87)
6.12　土体分层竖向位移监测 …… (88)
6.13　坑底隆起监测 …… (88)
6.14　爆破振动监测 …… (88)

7 监测频率 …… (90)
8 监测预警 …… (92)
9 数据处理与信息反馈 …… (98)

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，发现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。

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很难准确代表岩土层的全面情况。

(2)基坑工程设计理论和方法不够完善，对岩土体和支护结构分析采用的计算假定、本构模型以及设计参数等与实际状况相比可能存在不同程度的近似性和偏差。

(3)基坑工程施工过程中，支护结构的受力和变形是一个动态变化的过程，加之地面堆载突变、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，但要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中各种建筑、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做出正确判断的依据。

(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)监测工作还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，本标准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标准的规定。

1.0.2 本条是对本标准适用范围的界定。本标准适用于建(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、道路等的监测。

对于膨胀土、湿陷性黄土、红黏土、冻土、盐渍土以及高灵敏性软土等特殊土和侵蚀性环境的基坑及周边环境监测，尚应结合地方法规、标准及当地工程经验开展监测工作。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)建设场地的岩土工程条件，包括岩土条件、环境条件等；

(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)气候条件；

(6)作业条件。

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

1.0.4 基坑工程需要遵守的标准很多，本标准只是其中之一，国家现行标准中对基坑工程监测也有一些相关规定，因此本条规定除遵守本标准外，基坑工程监测尚应符合国家现行有关标准的规定。与本标准有关的国家现行标准主要有：

(1)《建筑地基基础设计规范》GB 50007；

(2)《建筑边坡工程技术规范》GB 50330；

(3)《工程测量规范》GB 50026；

(4)《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911；

(5)《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308；

(6)《爆破安全规程》GB 6722；

(7)《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292；

(8)《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120；

(9)《建筑变形测量规范》JGJ 8；

(10)《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ 311；

(11)《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167。

2 术　　语

本次修订补充了岩体基坑、土岩组合基坑、基坑设计安全等级、监测预警值等专业术语，删除了锚杆、冠梁等常识性专业术语。对建筑基坑、基坑工程监测、围护墙、监测频率等术语的表述做了适当的修改。

3 基本规定

3.0.1 本条为强制性条文，必须严格执行。本条是对建筑基坑工程监测实施范围的界定。

基坑设计安全等级是由基坑工程设计方综合考虑基坑周边环境和地质条件的复杂程度、基坑深度等因素，按照基坑破坏后果的严重程度所划分的设计等级。基坑设计安全等级按照现行相关规范确定。土质基坑设计安全等级应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关规定划分；岩体基坑设计安全等级应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定进行划分。

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，支护结构变形或位移以及对周边环境的影响也越大。基坑设计安全等级为一、二级的基坑开挖深度大，一旦支护结构失效、岩土体变形或位移过大对周边环境、地下主体结构的施工安全影响很严重，因此规定对一、二级基坑工程应进行基坑工程监测。

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。住建部建质〔2009〕87 号文《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》中曾规定：深基坑是指开挖深度超过 5m（含 5m）的基坑（槽）土方开挖、支护、降水工程，或开挖深度虽未超过 5m，但地质条件、周边环境和地下管线复杂，或影响毗邻建筑（构筑）物安全的基坑（槽）土方开挖、支护、降水工程。国内诸多省市关于深基坑工程的有关规定对深基坑都做出了相似的定义，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，

因此本条规定开挖深度大于或等于5m的土质基坑，开挖深度大于或等于5m的极软岩基坑、破碎的软岩基坑、极破碎的岩体基坑以及上部为土体、下部为极软岩、破碎的软岩、极破碎的岩体构成的土岩组合基坑，或者开挖深度小于5m但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑工程均应实施基坑工程监测。

对基坑进行种类划分时，全风化岩应按土体考虑。

“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”的含义是要求虽然基坑开挖深度没有达到5m，但地质条件、周边环境（邻近建筑、道路、管线等）较复杂的基坑工程亦应实施监测。现场地质情况较复杂指基坑周边存在厚层有机质土、淤泥与淤泥质黏土、暗浜、暗塘、暗井、古河道；临近江、海、河边并有水力联系；存在渗透性较大的含水层并有承压水；基坑潜在滑塌范围内存在土岩软弱结构面、岩体结构面向坑内倾斜等情况。周围环境较复杂指基坑开挖和降水影响范围内存在城市轨道交通，输油、输气管道，共同沟，压力总水管，高压铁塔，历史文物，近代优秀建筑以及其他需要保护的建筑等情况。因岩土工程、周边环境的特殊性和不确定性，不可能将“较复杂”的现场地质情况和周围环境一一列出，实际工作中要具体问题具体分析，并应遵守相关的行业和部门管理规定。

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？监测频率和监测预警值是多少？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，也要保证周边环境中

建筑物、市政设施及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进行基坑工程监测。

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，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能力的第三方对基坑工程实施现场监测。第三方系指独立于建设方、施工方之外的监测单位。

第三方监测并不取代施工单位自身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。

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能力。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。

监测单位拟定出监测方案后，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管线、道路桥梁、文物以及铁路、城市轨道交通等时，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 周边环境各监测对象的状况资料包括反映周边建筑、管

线、道路、人防等周边环境各监测对象位置及性状的相关资料。

3.0.6 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，就难以准确地确定预警值。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和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 3 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、土方开挖情况和施工进度计划等，避免相互干扰与影响。

本条的第 4 款要求监测单位要进行现场踏勘，通过踏勘掌握相关资料与现场状况的符实情况。周边环境中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。

3.0.7 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。

本条的第 6 款基准点、工作基点、监测点的布设中，应明确测

点布置图以及测点的保护措施。

本条的第8款监测人员配备应明确人员分工，使用的主要仪器设备应满足检定要求。

3.0.8 基坑开挖、降水、爆破可能对周边环境安全及正常使用产生不利影响，基坑工程设计方应根据基坑设计深度、支护结构选型、施工工法、地质条件以及周边环境条件等明确监测范围，一般将基坑边缘以外1倍～3倍基坑开挖深度范围内需要保护的周边环境作为监测对象。例如，当岩体基坑或土岩组合基坑存在不利外倾结构面时，监测范围不应小于基坑坡脚至不利外倾结构面与地面交线间的水平投影距离。采用施工降水时，应根据降水影响计算和当地工程经验预估地面沉降影响范围，以确定降水影响的监测范围。采用爆破开挖时，则应根据工程实际情况通过爆破试验确定监测范围。

3.0.9 本条将基坑工程现场监测的对象分为五大类。支护结构包括围护墙、支撑或锚杆、立柱、冠梁和围檩等；基坑及周边岩土体指的是基坑开挖影响范围内的坑内、坑外岩土体；地下水包括基坑内外原有水位、承压水状况、降水或回灌后的水位；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、通信、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。

3.0.10 本条对基坑工程监测方案的专项论证做出了规定。

邻近重要建筑、设施和管线主要包括优秀近现代建筑、轨道交通设施、隧道、历史文物保护对象、重要的地下管线等。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。

对工程中出现的超过标准应用范围的重大技术难题、新成果的合理推广应用以及发生严重事故后重新组织施工的基坑工程监测，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。

3.0.11 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。在实施过程中由于客观原因需要对监测方案做出调整时，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。

3.0.12 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预警值时监测单位应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预警，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。

3.0.13 监测期间，监测方应做好基准点、工作基点、监测点、传感器及导线等监测设施和元器件的保护。在整个基坑施工过程中，建设方及总包方等相关单位应协助监测单位做好保护工作，施工作业中不得破坏监测设施，保证测点的存活。

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 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，需形成一个有效、完整的及与设计、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做出准确的分析、判断，为优化设计和信息化施工提供可靠的依据。当然，选择监测项目还要注意控制费用，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，同时根据现场条件的变化动态确定监测对象，因此本条要求抓住关键部位，做到重点量测，各监测项目之间形成互为补充、互为验证的监测体系。

4.1.2 基坑工程监测包括巡视检查和仪器监测。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，对于分析基坑工程对邻近建筑的影响程度起着重要作用。基坑工程监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，多种监测方法互为补充、相互验证，以便及时、准确地分析、判断基坑及周边环境的状态。

4.2 仪器监测

4.2.1 表 4.2.1 列出了土质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二十个城市的百余名专家的意见，结合现行的有关标准，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三十年来的经验总结。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、有针对地选择监测项目。

本标准共列出了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，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。

基坑围护墙（边坡）位移主要由顶部水平位移控制，顶部的竖向位移可以与水平位移相互印证，也是反映基坑安全的一个比较重要的指标。考虑到围护墙（边坡）顶部竖向位移的监测方法简便，本条规定对于顶部竖向位移，一级、二级、三级基坑均采用“应测”。

基坑开挖引起的卸荷回弹不可避免，开挖较深时基坑回弹量也较大。一方面，基坑坑底隆起会导致坑内立柱回弹，虽然立柱回

弹值小于坑底土体隆起，但仍会影响水平支撑的稳定性，同时造成地下主体结构的应力重分布，从而影响地下建筑使用寿命。另一方面，过大的坑底隆起变形反映了较大的围护结构变形，对周围环境被保护对象产生不利影响。立柱竖向位移是引发支撑系统破坏的主要因素之一。对于混凝土支撑杆，表现为与墙体连接的杆端开裂、支撑杆与立柱联结节点附近开裂或断裂；对于钢支撑则会引发墙体、支撑杆、立柱之间联结节点失效，引起支撑系统失稳，导致墙体水平位移过大或基坑坍塌。因此，一、二级基坑工程立柱竖向位移均为“应测”，三级基坑采用“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，内支撑作为支护结构的主要承载构件，对保障基坑安全至关重要，因此，一、二级基坑此监测项目采用“应测”；一般三级基坑内支撑设计的安全储备较大，发生强度破坏的现象很少，因此本条规定对于三级基坑此监测项目采用“宜测”。

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。但基坑隆起监测在现场实施起来较为困难，因此本条规定在必要时可进行该项目的监测。

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，水、土压力可根据需要进行监测。

地下水是影响基坑安全的一个重要因素，且监测手段简单，本条规定对一级、二级、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）可间接地反映其倾斜状况，因此，对倾斜的监测一级基坑为“应测”，二、三级基坑分别为“宜测”“可测”；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，本条规定一级基坑该项目为“宜测”、二、三级基坑该项目为“可测”。

周围建筑裂缝、地表裂缝包括既有裂缝和新增裂缝，裂缝直接反映了周边建筑、地表的破坏程度。受基坑施工影响的新增裂缝均应实施监测。对既有裂缝应选取受基坑施工影响可能会进一步扩展，对建筑物结构安全和正常使用有影响的裂缝实施监测。裂缝的监测比较简单，对于各基坑工程安全等级该项目都定为“应测”。裂缝监测包括裂缝的宽度监测和深度监测，在基坑施工之前应先进行现场踏勘，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地下管线竖向位移都为“应测”。

4.2.2 岩体基坑是指岩石出露地面或岩体上覆盖少量土的基坑。区别于土质基坑的围护结构类型与施工方法，对岩体基坑的监测项目进行了一定调整。

岩体基坑支护形式主要为：放坡开挖、锚杆（包括岩石锚杆和土层锚杆）喷射混凝土支护（简称锚喷支护）、复合锚喷墙支护、预

应力锚杆柔性支护(含预应力锚杆肋梁支护)等。

岩体具有难压缩、宜拉裂与剪切的特性,对4个地铁车站岩体基坑案例(覆盖层较薄的基坑)10个桩顶竖向位移监测点进行数据分析(图1)发现4个车站的围护桩顶竖向位移较小,离预警值较远,故对二、三级基坑将竖向位移监测调整为"宜测""可测"。

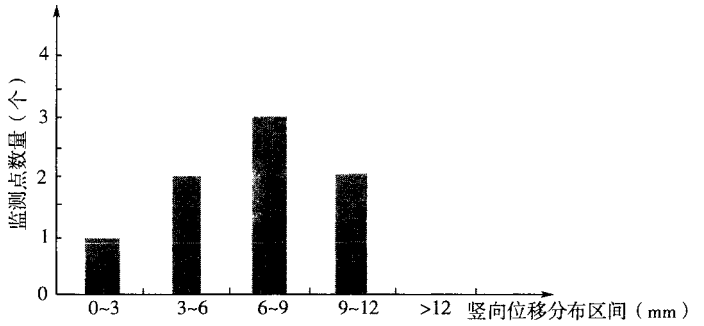


图1 桩顶竖向位移数据统计

岩体基坑深层水平位移监测点通过钻孔布设,测斜管与岩体耦合性较差、监测准确度不高。本标准编制组对20余位专家进行访问、调研,调研结果一致认为该测项对于岩体基坑变形的指导作用很小,同时钻孔成本亦很高,不建议监测。

预应力锚杆是岩体基坑的主要围护结构,岩体发生变形或变形后,可从锚杆内力变化中直接得到体现,其内力变化对于岩体变形趋势判断具有直接的指导作用,故一级基坑应进行重点监测。

相对于土质基坑,岩体基坑开挖过程中对周边岩土体引起的变形较小,对周边环境影响较弱。故对于二、三级岩体基坑的周边地表竖向位移、周边建筑物及管线竖向位移、周边建筑物与地表裂缝比土质基坑适当放松了要求。

4.2.3 土岩组合基坑是指开挖深度范围内基岩上覆盖有第四系土的基坑,呈现上部是土体,下部是岩体的组合坡体形式。为保证

土岩组合基坑的科学监测，需要具体分析每个土岩组合基坑的特点，有针对性地选取监测项目。

土岩组合基坑的土岩分布宜将全风化岩、强风化软岩按照土体考虑。土岩界面应充分考虑界面结合强弱、倾斜方向，以及岩体结构面情况，对于存在外倾土岩界面、岩体结构面的基坑上部土体应按照本标准第 4.2.1 条规定重点监测。

土岩组合基坑中，当采用围护桩围护时，围护桩深度往往小于基坑开挖深度，围护桩嵌岩处岩体的变形情况决定了围护结构的稳定性，因此需对围护桩嵌岩处岩体的水平向位移进行重点监测。

4.2.4 爆破振动监测的目的一是防止基坑开挖爆破振动效应对基坑及周边建筑带来损害；二是避免爆破产生较大的噪声污染影响周边居民生活。由于基坑开挖爆破造成基坑坍塌、周围建筑物开裂等的事故屡见不鲜。岩体基坑、土岩组合基坑采用爆破开挖时，需要根据基坑及周边环境情况合理控制振速，对爆破振动进行监测控制是非常有必要的。

爆破振动监测包括质点振动速度和加速度监测，两种监测方法均相对比较成熟，目前应用较多的是质点振动速度监测，通过对其大小、分布规律的监测，判断爆破振动对周边建(构)筑物、桥梁等的振动影响，为调整爆破参数、优化爆破设计提供依据。现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 也以爆破质点振动速度作为建(构)筑物是否破坏的主要判据。

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。在具体工程中可根据工程对象进行相关项目的巡视监测，也可补充新的巡视检查内容。

4.3.4 对于岩体基坑、土岩组合基坑而言在现场巡视时记录岩体结构面的发育程度、主要结构面的产状、是否存在控制性结构面等尤为重要。若在巡视中发现存在发育范围较大、对基坑稳定性具有较大影响的结构面或者软弱夹层，则需要对比地勘报告，若出入较大需要及时反馈，为设计变更提供支撑。

爆破是岩体基坑、土岩组合基坑开挖的主要方法之一，每次爆破前后对基坑自身及周边环境进行现场巡视是必要的，否则不利于危险情况的及时发现。对于组合基坑而言，当上部土体采用排桩支护，排桩需嵌入下部岩体中一定深度（吊脚桩）。对于该种支护结构，其稳定性很大程度上依赖于岩体顶部（岩肩处）的岩体完整性，施工过程中关注岩肩岩体的完整性和稳定性至关重要。

4.3.5 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。

4.3.6 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应做好详细的记录，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，做出正确的判断。

巡视检查的任何异常情况都可能是事故的预兆，要引起足够重视，发现问题要及时分析，必要时加密监测频率。当存在威胁工程及周边环境安全的可能时，及时汇报给建设方及相关单位，以便尽早做出判断和进行处理，避免引发严重后果。

5 监测点布置

5.1 一般规定

5.1.1 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做出准确的判断。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测部位，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。

5.1.2 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。

监测点应避开障碍物，以保证量测通视，减小转站引点导致的误差。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的测点，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 基坑支护结构、周围岩土体以及周边环境被保护对象是一个系统，相互之间有着内在的必然联系，把同一监控区域的不同监测项目尽可能地布置在同一监测断面上，有利于监测数据的相互印证以及对变化趋势的准确分析、判断。

5.1.4 监测标志的型式和埋设按现行行业标准《建筑变形测量规

范》JGJ 8 执行。侵蚀环境下的监测标志应具有一定的耐腐蚀性，以保证使用期内正常工作。

5.2 基坑及支护结构

5.2.1 一般基坑每边的中部、阳角处变形较大，所以中部、阳角处宜设测点。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墙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 支撑轴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。

支撑轴力监测断面的位置应根据支护结构计算书确定，监测截面应选择在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 立柱竖向位移是坑底隆起、沉降变形的一种结构响应和间接反应，对分析、控制基坑变形具有重要意义，但目前仍没有一种有效计算立柱竖向位移的方法。立柱的竖向位移(沉降或隆起)对支撑轴力、支撑端剪力和跨中弯矩的影响很大，因此对于支撑体系应加强立柱的位移监测。

立柱竖向位移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轴力的变化情况，对监测到的锚杆轴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 基坑隆起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数据为原则，本条规定监测剖面数量不宜少于2个，同一剖面上监测点数量不宜少于3个，基坑中央宜设监测点，依据这些监测点绘出的隆起断面图可以基本反映出坑底的变形变化规律。

5.2.8 围护墙侧向土压力监测断面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。

5.2.9 孔隙水压力的变化是地层位移的前兆，对控制打桩、沉井、基坑开挖等引起的地层位移起到十分重要的作用。孔隙水压力监

测断面宜靠近这些基坑受力、变形较大或有代表性的部位布置。

5.2.10 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的影响时,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和降水的影响范围,保证周边环境中各保护对象的安全使用,也要考虑对监测成本的影响。基坑开挖对周边土体的扰动范围与地质条件、开挖深度有关,岩土体的物理力学性质越差、开挖深度越深,扰动影响范围越广。基坑降水影响曲线是距离降水井越近,水位下降越大;距离降水井越远,水位下降越小。地下水位下降会导致土体的固结沉降,进而影响地面建筑沉降变形。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“监测范围宜达到基坑边线以外 2 倍基坑深度”。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 倍～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。具体范围应根据地质条件、周边保护对象的重要性等确定。一般情况下，软弱地层以及对施工降水影响较敏感的地层宜取该范围的较大值。必要时尚应扩大监测范围。

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 管线的监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：

(1)抱箍法。由扁铁做成的圆环或半圆环(也称抱箍，其上焊测杆)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，不足之处是要凿开路面，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，按此方案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。

(2)套管法。用一根硬塑料管或金属管埋设或打设于所测管线顶面，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。

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。此法常用的测点设置方法有：

(1)底面观测。将测点设在靠近管线底面附近的侧向土体中，观测管线底面附近土体位移。

(2)顶面观测。将测点设在管线轴线相对应的地表土体里进行观测，当为硬化地面时，监测点标志应穿透路面结构硬层。

间接法由于测点与管线本身存在介质，因而观测精度较低，但可避免破土开挖。

5.3.8 监测点应满足与土体协同变形的要求，避免地面硬壳层上直接布设沉降标。

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深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/TJ 08－2001－2016 规定“监测点布置深度宜大于 2 倍基坑开挖深度”。

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。

在满足监控精度要求和保证工程安全的前提下，应鼓励基坑工程现场监测的技术进步，以减轻劳动强度、提高工作效率、降低监测成本。自动化实时监测系统应采用性能稳定、技术成熟且经过工程实践检验的新设备、新技术、新方法。

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作强制要求。

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预警值而言可以忽略不计。

监测项目初始值应在相关施工工序之前测定。位移监测项目取至少连续观测3次的且较差满足要求的观测值之平均值作为初始值。轴力等直接测试的项目可取连续3次相对稳定观测值之平均值作为初始值。

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标准的精度要求时，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。

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±3°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2cm，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°～120°之间，并宜采用三点交会法等。

6.2.2 水平位移监测网可采用单导线、导线网、边角网等形式布设整体水平位移监测网，也可按照各侧边布置独立的基准线。各种布网的长短边长不宜差距过大。

建立假定坐标系统或建筑坐标系统时，应使坐标轴指向尽可能与大部分基坑围护边线保持平行，减少误差积累。

6.2.3 采用视准线法和小角法进行位移观测时，如因场地环境或通视条件限制，不便设置基准点，可在不受施工扰动等因素影响的稳定位置设置方向标志作为方向基准。采用基准线控制时，每条基准线要设置检核基准点，定期对基准线位置进行检验、修正。

水平位移监测的工作基点宜设置具有强制对中的观测墩，根据现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的规定，变形观测精度等级为特等和一等的基准点及工作基点应建造具有强制对中装

置的观测墩或埋设专门观测标石。变形观测等级为二等以及采用极坐标法观测水平位移时，宜设置具有强制对中装置的观测墩。

6.2.4 水平位移监测精度确定时，考虑了以下几方面因素：一是应能满足监测预警的要求，包括变化速率及预警累计值两个监测预警值的控制要求；二是与现有测量标准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。

对于水平位移累计值，依据现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8，以允许变形量的 1/10～1/20 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，因此，要进一步结合变形速率预警值的要求提高监测精度。由于变形速率预警值是连续分布的，本标准以 2 倍中误差作为极限误差，同时考虑不同基坑设计安全等级的变形速率预警值分布特征，制定出本条监测精度，与现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的观测精度等级一、二等基本上相匹配。

在实际工作中，监测方依据基坑设计提出的预警累计值和变化速率预警值，按照表 6.2.4 确定监测点坐标中误差，然后再根据监测点坐标中误差选择满足该精度要求的监测仪器。关于水平位移变化速率预警值与监测点坐标中误差的匹配问题，研究结果表明：

(1)当监测频率≥2d 时，表 6.2.4 中对应的坐标中误差满足变化速率预警监控的要求；

(2)当监测频率≤1d 时，对监测数据超过变化速率预警值但小于 $2\sqrt{2\sigma_0}$(σ_0 为监测点坐标中误差)时，应对超出预警值的测点进行重复观测，排除粗差，通过两次监测数据综合判定后，方可确认预警。

6.2.5 目前全站仪极坐标法是水平位移监测的主要方法之一，全站仪仪器精度的选择是影响观测精度的关键。为了方便全站仪的选用，确保观测精度，本条在误差分析的基础上结合国内现状，对不同观测精度要求下的全站仪测角、测距标称精度做出了具体

规定。

全站仪极坐标法水平位移监测的误差分析，考虑了仪器测角与测距误差、测站对中误差、觇牌对中误差和人眼照准误差的综合影响，未考虑基坑项目周边环境温度、气压和旁折光等因素。当基坑水平位移监测精度要求较高时，需要顾及基坑相关环境因素的影响，应尽可能安排在同一时段、同一环境条件下施测，并通过适当增加测回数以提高监测成果精度。

全站仪极坐标法观测宜设置强制对中观测墩，以减小测站对中误差的影响。测站点（工作基点）邻近基坑，易受基坑变形、施工作业以及观测墩体本身可能发生的不均匀沉降影响。为提高监测成果可靠性，每次观测均应对控制点稳定性进行检查，应定期联测基准点，校核测站点坐标。

为减少照准误差的影响，需要对工作基点至监测点的距离进行适当限制。按照监测点坐标中误差不大于 1.0mm、1.5mm、2.0mm、3.0mm 的精度要求，考虑基坑监测中测站点至监测点距离一般不大于 300m，仪器、觇牌对中误差不大于 0.5mm，经分析，获得不同标称精度全站仪角度与边长观测所需要的测回数见表 1。当基坑现场观测条件不利或监测数据不稳定时，可适当增加测回数或选用高等级仪器来提高监测精度。

表 1　不同标称精度全站仪角度与边长观测所需要的测回数

全站仪标称精度	监测点坐标中误差(mm)			
	1.0	1.5	2.0	3.0
0.5″,(1mm+1ppm)	2	1	1	1
1.0″,(1mm+1ppm)	—	1	1	1
1.0″,(1mm+2ppm)	—	—	1	1
2.0″,(2mm+2ppm)	—	—	—	2

基坑工程是在较为复杂的施工环境下实施，当观测视线受障碍物遮挡、环境温度与气压、施工震动与粉尘等基坑现场观测条件较差，以及仪器设备使用过程中的部分技术指标发生变化时，可能

出现监测点坐标数据异常，导致变化速率预警，此时应适当增加测回数或选用高等级仪器来提高监测精度，以确保坐标数据的准确性。

当测站采用强制对中观测墩、监测点为固定棱镜，全站仪自动照准棱镜的自动化监测方法，全站仪测角、测距标称精度分别为0.5″，(1mm + 1ppm) 时，监测点坐标中误差计算结果优于1.0mm。

6.2.6 视准线小角法测量误差来源主要有测角误差、仪器对中误差和人眼照准误差。在工作基点采用强制对中观测墩或精密光学对中以及选择较好观测条件的情况下，进行仪器选型和计算小角测回数时，可忽略仪器对中误差和人眼照准误差等偶然误差的影响，而主要考虑仪器测角误差的影响。

按本标准中提出的偏差中误差的精度要求，考虑测站点至监测点距离 $L \leqslant 300$m，当选择不同标称精度全站仪时，视准线小角法观测所需要的测回数见表2。

表2 视准线小角法观测测回数确定

全站仪测角标称精度(″)	偏差中误差(mm)			
	1.0	1.5	2.0	3.0
0.5	1	1	1	1
1.0	—	1	1	1
2.0	—	—	—	1

6.3 竖向位移监测

6.3.1 几何水准测量的仪器、技术成熟，测量精度易保证，目前仍是基坑工程竖向位移观测的主要方法。当不便使用水准几何测量或需要进行自动监测时，可采用静力水准测量方法。当采用三角高程测量、全站仪自动测量时，观测精度须满足对监测对象的预警监控要求。

6.3.4 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，并与现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的观测精度等级一、二、三等基本上相匹配。

6.3.5 竖向位移监测中，水准测量是最常用的方法。考虑到基坑变形监测特点、该监测项目重要性以及水准测量技术、仪器发展现状，与现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 对不同观测精度等级水准仪精度要求的规定进行比较，本条提出了较高的水准仪精度要求。

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。基坑工程中人工监测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。本标准中的深层水平位移监测均采用此监测方法。

6.4.2 本条规定能满足本标准第 8.0.4 条中深层水平位移预警值的监测要求，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。

在软弱土层中，支护结构施工（地下连续墙）引起的邻近建筑物沉降可达厘米级，占基坑施工引起的总变形比例可达 20%～40%；基坑开挖前的降水也可引起环境变形，尤其是基坑止水帷幕出现渗漏等基坑内外存在水力联系的情形。因此测斜管应在基坑开挖和预降水至少 1 周前埋设，当基坑周边变形要求严格时，应在支护结构施工前埋设。

测斜管的埋设方法，对于灌注桩、地下连续墙围护结构可以采用绑扎法，即将测斜管绑扎固定在钢筋笼上。对于土体中的测斜管，可通过在土体中钻孔的方法埋设测斜管，测斜管与钻孔之间的空隙应填充密实。对于微型桩、H 型钢水泥土墙等则可以采用抱

箍法埋设测斜管。

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，否则测斜数据要进行修正。

各段接头及管底构造应保证密封，避免泥沙进入。

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、水平角观测法、前方交会法等；当被测建筑内部有一定的竖向通视条件时，宜选用垂准法等；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 现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 对建筑倾斜监测精度做了比较细致的规定。

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，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。

6.8 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，埋设方法有很多，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，则须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砂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 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。

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 量测静水位的变化是为了在计算中消除水位变化的影响，获得真实的超孔隙水压力值。

6.11 锚杆轴力监测

6.11.1 锚杆监测的目的是掌握锚杆的变化，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 锚杆轴力计、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，因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。

6.12.3 磁环式分层沉降标、深层沉降标、多点位移计多采用钻孔埋设，埋设后应保证稳定时间不少于 1 周，然后量测初始值。

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。

6.13 坑底隆起监测

6.13.2 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预警值控制要求。

6.14 爆破振动监测

6.14.2 当被测对象是岩石或混凝土介质时，应保证传感器与被测物之间的刚性粘结，使传感器与被测物体连接成一个整体，粘结剂可采用生石膏粉、环氧砂浆、环氧树脂胶等，也可预埋螺栓将传感器底面与螺栓紧固。对安装于侧壁或拱顶等部位的传感器，应采用固定夹具使传感器与侧壁或拱顶连接牢固。被测对象为土体时，可将表面松土夯实，再将传感器直接填埋在夯实的土体中；当在砂土、软土中安装传感器时，宜在土中打设钢钎或长螺旋杆固定传感器。

6.14.3 测量应在无雨雪、无雷电的天气环境下进行，测量过程中应避免强电磁场、剧烈的温度梯度变化、强风等非振动源引起的干扰，以保证得到真实的爆破振动物理量。

7 监测频率

7.0.1 本条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，土体的变形与应力、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，使得监控预警难以准确进行；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的道理。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 基坑设计安全等级、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程、施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时地做出调整。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，或临近预警状态时，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 倍～3 倍。

另外，如果基坑工程对位移、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 中的值大大提高，以获得更连续的实时监测数据。

7.0.4 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预警标准、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 监测预警

8.0.1 监测预警是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。监测预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，因此基坑工程监测应确定监测预警值。

监测预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预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，在确定变形控制的预警值时应满足这些基本要求。

8.0.3 基坑工程监测预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。因此在确定监测预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

中之一时，监测人员应及时预警。有关各方应及时分析原因，判断监测对象的工作状态，并采取相应措施。

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预警值。确定基坑工程监测项目的监测预警值是一个十分严肃、复杂的课题，建立一个定量化的预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，在确定监测预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：

(1)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预警值的依据。

(2)相关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预警值时，可以参照现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292。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定量化指标。

(3)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预警值，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各地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，并结合现行的有关标准提出的预警值。需要强调的是我国地域广阔，地质条件千差万别，基坑工程设计理论和方法也还很不完善，就目前的认知条件还难以准确地提出适用各种地质条件、支护形式的基坑工程监测预警值。但为了推进基坑工程监测工作，在实践中不断总结、积

累经验，提出表 8.0.4 以方便监测工作，该表仅作为无当地经验时监测预警的参考。监测预警值应由基坑工程设计方根据基坑设计安全等级、工程地质条件、设计计算结果并结合当地工程经验等因素确定，不应不加分析地盲目采用该表提供的监测预警参考值。

表 8.0.4 位移预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设计深度 H 控制值，其中相对基坑设计深度 H 控制值是指位移相对基坑设计深度 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设计深度 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设计深度 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设计深度 H 控制值之间的较小值。

土压力和孔隙水压力等的预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，但应该预警引起重视。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%预警是适宜的。

支撑及围护墙等结构内力预警值则采用了对应于构件承载能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能力设计值的 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，应该及时预警以引起重视。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%预警是适宜的。

基坑开挖卸荷将会引起基坑坑底隆起，随之产生的基坑立柱竖向位移如过大将引起结构自身的内力重分布，同时会对周围环境中的被保护对象造成不利影响。天津大学郑刚等系统地搜集整理了天津地铁5、6号线车站的基坑立柱回弹实测数据，并进行了统计分析研究。地下2层的地铁车站深基坑主体结构基底大多位于⑧$_1$粉质黏土层上，为可塑状态，无层理，含铁质，属中压缩性土，层位稳定，土质总体上较均匀。车站区域内无软弱土、液化土分布，地基土分布总体上均匀、稳定。地下3层的地铁深基坑车站主体结构基底大多位于⑧$_{2-1}$层粉土、⑨$_1$层粉质黏土，其中⑧$_{2-1}$层粉土为密实状态，无层理，含铁质，属中压缩性土。⑨$_1$层粉质黏土为可塑状态，无层理，含铁质，属中压缩性土。研究结果表明，立柱回弹最大值约为平均值的1.2倍，顺作法地下2层站基坑(15m～18m深)和3层站基坑(24m～26m深)平均立柱回弹值分别处于5mm～40mm和30mm～55mm范围，且回弹值均不超过基坑深度的0.25%。随着地连墙插入比的增加，立柱回弹相应减小，立柱回弹值随着围护结构变形的增大而增大，可见控制围护结构变形可以有效地减小立柱回弹。逆作法基坑立柱回弹较顺作法显著减小，均值在3mm～10mm范围，仅相当于相同深度顺作法基坑立柱回弹的1/10～1/3，利用模糊统计得出天津地区开挖深度在15m～18m范围的基坑，正常立柱回弹的取值范围为15mm～25mm。

8.0.5 表8.0.5是根据调研结果并参考相关标准及有关地方经验确定的。基坑周边环境中的管线、建筑的预警值表中给出了一个范围，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、离基坑较近的可取

下限，而对较新的、结构较好、离基坑较远的可取上限。燃气管线位移预警值宜取小值，即不超过 1cm。

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预警值。

8.0.7 周边环境中的建筑物、隧道、高边坡、新浇混凝土的爆破振动判据采用保护对象的基础质点峰值振动速度及主振频率，预警值不应大于现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 规定的“爆破振动安全允许标准”，对于年久失修、老化严重的建(构)筑物宜结合质量鉴定报告进行综合分析确定。

8.0.8 监测数据达到监测预警值时，监测单位应进行预警，目的是通知有关各方及时分析原因，以便对监测对象的安全状态做出及时、准确的判断，并根据分析判断结论采取相应措施消除或控制安全风险。监测单位在预警前，首先应排除因自身监测工作失误造成的数据异常，以免发生误报。

8.0.9 本条为强制性条文，必须严格执行。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。本条列出的都是在工程实践中总结出的基坑及周边环境危险情况，一旦出现这些情况，将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。

基坑支护结构或周边岩土体的位移值突然明显增大或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落或较严重的渗漏等，说明临近或已出现倾覆、整体滑动、抗渗流等稳定性破坏。基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象，说明强度和刚度已不满足承载力要求。周边建筑的结构部分出现危害结构的变

形裂缝，周边地面出现较严重的突发裂缝、地下空洞、地面下陷等，说明结构和地面变形已超过允许最大变形。周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等，说明管线受力、变形超过了允许承载力和变形要求，已影响了管线的正常使用，甚至可能引发更严重安全事故。冻土基坑经受冻融循环时，基坑周边土体温度显著上升，发生明显的冻融变形，则极易导致基坑整体失稳。

由于每个基坑工程的特点、难点不同，设计方还会有针对性地提出其他危险报警情况；各地的工程地质条件不同，对基坑危险状况的分析判断也会积累当地经验，当出现根据当地工程经验判断的危险状态时，也必须进行危险报警。

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，我们应吸取这些深刻教训。

9 数据处理与信息反馈

9.0.1 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。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。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。

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设计和施工、能对建筑结构状态进行分析，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。

9.0.4 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，要结合相关项目的监测数据和自然环境、施工工况、地质条件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，提供高质量的综合分析报告。

9.0.6 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，以便于及时发现问题和分析问题。

9.0.7 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。

9.0.8 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。阶段性检测报告可以是周报、旬报、月报或根据工程的需要不定期地进行。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，报告的结论要依据充分。

9.0.9 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。