

T

团体标准

T/CI XXX-2024

软土深基坑智能控制降水与高效开挖技术规程

Technical specification for intelligent controlled dewatering and efficient
excavation of deep foundation pit in soft soil

(征求意见稿)

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会 (CIAPST) 是 1988 年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的 80% 以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:
kangyuwang@zjut.edu.cn。

中国国际科技促进会

地址:北京市海淀区中关村东路 89 号恒兴大厦 13F

邮政编码: 100190

电话:010-62652520 传真: 010-62652520

网址: <http://www.ciapst.org>

目 次

前 言	III
软土深基坑智能控制降水与高效开挖技术规程	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 软土深基坑地下水控制	2
5 软土深基坑支护结构设计	5
6 软土深基坑开挖与回填	6
7 软土深基坑自动化监测	8

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。

某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由浙大城市学院提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：浙大城市学院、浙江工业大学、杭州市交通工程集团有限公司、浙江大学、中建八局浙江建设有限公司。

本文件主要起草人：王新泉、王康宇、刁红国、李梹、崔允亮、吴熙、孙苗苗、王城泉、李广、何均。

本文件为首次发布。

软土深基坑智能控制降水与高效开挖技术规程

1 范围

本文件规定了软土深基坑智能控制降水与高效开挖的术语定义、缩略语、地下水控制、支护结构设计、基坑开挖、基坑自动化监测的技术方法和标准。

本文件适用于软土深基坑地下水控制、支护开挖与自动化监测。软土深基坑智能控制降水与高效开挖，除了符合本规范外，还应符合国家现行有关技术标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款，通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/50007	建筑地基基础设计规范
GB/50497	建筑基坑工程监测技术标准
JGJ 120	建筑基坑支护技术规程
JGJ 311	建筑深基坑工程施工安全技术规范

3 术语和定义

3.1

软土深基坑 (Deep foundation pit in soft soil)

土质较软、稳定性较差、地下水位较高的深层基坑工程。

3.2

地下水控制 (Groundwater controlling)

为保证支护结构施工、基坑挖土、地下室施工及基坑周边环境安全而采取的排水、降水、截水或回灌措施。

3.3

降水 (Dewatering)

为防止地下水通过基坑侧壁与基底流入基坑，用抽水井或渗水井降低基坑内外地下水位的方法。

3.4

基坑支护 (Foundation pit support)

基坑工程中采用的围护墙、支撑、腰梁、止水帷幕等结构体系的总称。

3.5

基坑自动化监测系统 (Automated monitoring system of excavation)

整合计算机技术、通信技术及传感器技术等构建的监测系统，实现基坑监测数据的自动

化采集、传输、处理和预警。

4 软土深基坑地下水控制

4.1 基本规定

4.1.1 基坑工程施工前，应掌握工程地质、水文详勘资料及围护结构设计资料并认真研究，必要时采用现场抽水试验，水文地质补充勘查等手段，全面辨识地下水对基坑工程的危害。

4.1.2 地下水控制方法分为集水明排、降水、截水和回灌等类型，可单独或组合使用，并宜按表 4.1.2 选用

表 4.1.2 地下水控制方法及适用条件

适用条件 方法		土质类别	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
截 水		黏性土、粉土、砂土、碎石土、岩石	不限	
降 水	真空井点	粉质黏土、粉土、细砂、中细砂	0.1~20.0	单级<6 多级<12
	喷射井点	粉土、砂土	0.1~20.0	<20
	管 井	粉质黏土、粉土、砂土、碎石土、岩石	>1	不限
	真空管井	粉质黏土、粉土、粉细砂	0.1~20.0	不限
	渗 井	粉质黏土、粉土、粉细砂、碎石土	>0.1	不限
	辐 射 井	粉砂、细砂、中砂、粗砂、卵石和黏性土	>0.1	不限
集水明排		填土、黏性土、粉土、砂土	<20.0	<5
回 灌		填土、粉土、砂土、碎石土	>1	

4.1.3 当基坑降水会对周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对工程环境造成长期不利影响时，可采用截水帷幕方法控制地下水。

4.1.4 建址周围建（构）筑物密集或存在重要保护对象的基坑工程，如需降承压水，应先收集、掌握周边环境资料，进行降水诱发周围地层沉降的分析和预测，并采取适当的沉降控制措施。

4.1.5 基坑降水施工前应按设计要求编制专项降水施工方案。开挖深度超过 14m 的基坑，降水设计方案和专项降水施工方案应通过技术论证，并经审批后方可实施。

4.1.6 当深基坑周边存在对地下水位变化敏感的相邻设施时，应采用可靠的封闭截水措施。在进行截水设计前，应进行地下水渗流分析，评估坑内地下水位的下降对周边环境的影响。当深基坑临近地铁或天然地基基础建筑物时，应采用混凝土连续墙或者咬合桩等截水措施。

4.1.7 基坑降水应遵循分层降水，按需降水、动态调整的原则进行，并结合施工工况分阶段提交降水分析报告。承压水降水应进行开挖前抽水试验，根据试验结果调整减压降水运行方案。

4.1.8 基坑降水必须与土方开挖相协调，降水运行应根据工程开挖范围、开挖深度确定降水井的启动数量及水位标高，并根据监测结果适时调整。

4.1.9 基坑截水帷幕应形成封闭，第一道支撑体系达到设计强度要求后方可进行降水。土方开挖前应进行试抽水，以确定围护结构封闭效果，并确保降水不对基坑周边环境产生有害影响。

4.1.10 周围建（构）筑物密集，环境保护要求严格的基坑工程应贯彻“以水位控制为前提、以沉降控制为核心”的理念；积极与业主协调，与勘察、设计单位密切配合，推广围护-降水一体化设计；综合运用阻隔、降水、回灌等手段实现对承压水危害的综合治理，减少降水诱发的地层沉降，节约地下水资源。回灌不得恶化地下水水质。

4.1.11 当微承压含水层、承压含水层顶板埋深大于基坑开挖深度时，应进行抗承压水稳定性验算，当验算结果不满足要求时，应通过有效的减压降水措施，将微承压水、承压水水位降低至安全水位埋深以下。

4.1.12 基坑降水期间应注意坑内坑外水位变化并对基坑和周边环境进行监控，保证基坑稳定和周边环境安全。

4.1.13 当坑底有较厚粉砂土层时，坑底不宜采用满堂加固，如必须采用时，应考虑满堂加固后土层形成人造隔水层，使下方含水层成为承压水层，此时应进行承压降水专项处理。

4.1.14 对于出水量较大的工程，场地布置时应根据降水试验或预估出水量，对场区的排水系统进行专项设计，同时应考虑市政管网的排水能力。

4.1.15 设置在坑外的降压井、回灌井、观测井、应急抢险备用井等井点，井位应避开后期盾构进出洞范围，如有后续基坑施工时，应考虑对后续基坑的影响。

4.1.16 承压水降水风险评估、设计、施工和运行等应按照图 4.1.16 的总体流程进行。

4.2 基坑降水的运行与终止

4.2.1 降水正式运行前总包项经部应会同降水专业分包相关人员重新测定各井井口标高及初始水位。

4.2.2 井点施工完成后应做好井管的保护，尤其在基坑挖土期间，总包项经部应协调土方单位和降水单位，避免挖机破坏井管。对于坑外的井点，应采取妥善的防压措施和封闭措施，防止井点被压坏或污水流入。

4.2.3 基坑开挖时严禁割除暴露的降压井井管，I 类疏干井、联合井及复合式联合井井管也不宜割除。II 类疏干井可根据工程现场实际条件，逐步割去井管，但应及时恢复抽水。

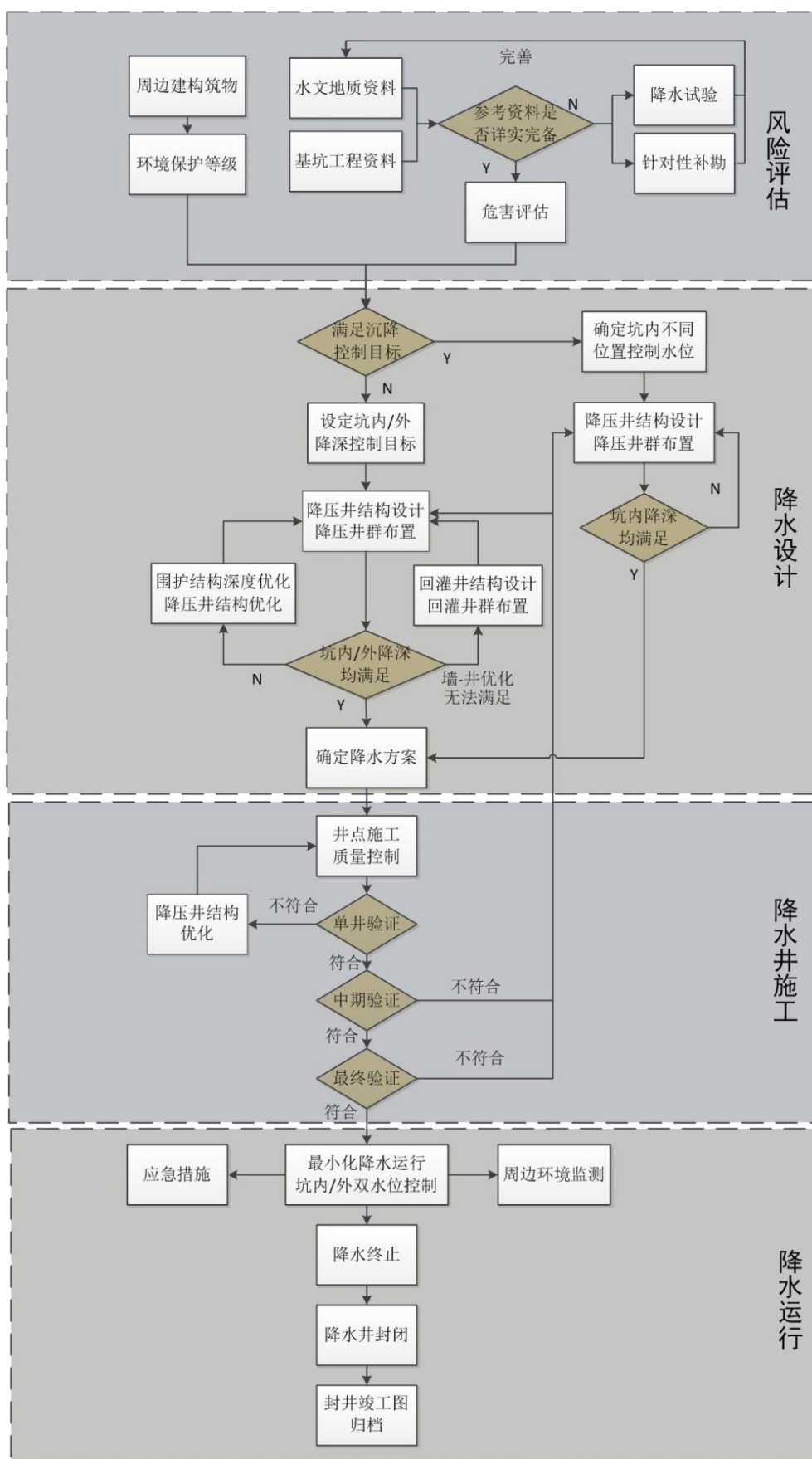


表 4.1.16 承压水降水治理总体流程图

- 4.2.4 疏干井预降水和降压井现场抽水试验、降水验证和正式降水期间，总包项经部应监督监测单位加强周围建（构）筑物和地表沉降监测，并及时分析、总结监测报表。
- 4.2.5 疏干井抽水时，潜水泵的抽水时间间隔应根据井内水量确定，遵循“有水即抽，无水即停”的原则。抽水井内水抽干后应立即停泵，防止电机烧坏。
- 4.2.6 I 类疏干井观测水位应确保随土方开挖深度加深而逐步下降，并保持在开挖面以下（1~2）m。II 类疏干井宜保证 20d 以上预降水时间。
- 4.2.7 降压井运行前，总包项目部应审核降水专业分包制定的降水工况表，严格控制开挖各土层的承压水降深及开启的井点，做到“按需降水”。根据现场抽水试验和施工经验，缩短每一阶段提前降水时间，控制水位不低于计算水位以下 0.5m。降水专业分包应每日提交降水工程日报表，由总包进行审核确认。
- 4.2.8 降压井水位观测宜采用自动化水位观测系统和水位自动报警系统。对于采用抽水一回灌一体化的工程，应采用自动化水位观测系统和自动报警系统跟踪调节每口回灌井的回灌流量，确保回灌区域观测井水位在控制范围内。
- 4.2.9 总包项经部应根据停止降水的工况标准，征求设计、监理书面意见后，向降水专业分包发出停止降压运行指令。
- 4.2.10 当基坑设置有封堵墙时，应在先期施工的基坑靠近后浇带/施工缝处预留 1~2 口降压井，在封堵墙拆除、底板连通后再按要求封井。
- 4.2.11 对于共墙的相邻基坑群工程，宜在共墙处所有基坑均满足停井要求后进行封井。
- 4.2.12 降压井封井应采用注浆法，其中封口钢板应满焊。不得采用直接浇筑混凝土的方法。

5 软土深基坑支护结构设计

5.1 设计原则

- 5.1.1 基坑支护安全等级的划分及使用年限应执行《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 相关标准的要求。构件的设计使用年限不应小于基坑设计使用年限。
- 5.1.2 基坑支护设计时，应根据基坑的开挖深度、邻近建（构）筑物及管线与坑边的相对距离比和工程地质、水文地质条件，按破坏后果的严重程度划分基坑侧壁的安全等级。对同一基坑的不同部位，可采用不同的基坑侧壁安全等级。
- 5.1.3 支护结构设计应根据基坑侧壁安全等级确定结构重要性系数 γ_0 ，安全等级为一级时取 $\gamma_0=1.1$ ；安全等级为二级时取 $\gamma_0=1.0$ ；安全等级为三级时取 $\gamma_0=0.9$ 。
- 5.1.4 支护结构设计应符合下列规定：
- 1 应根据周边环境的重要性、对变形的适应能力及土（岩）的性质等因素确定支护结构的水平变形限值，最大水平变形值应满足正常使用要求；
 - 2 周边地面竖向变形应根据邻近建筑结构形式及使用现状进行控制；
 - 3 当邻近有重要管线或支护结构作为永久性结构时，其水平变形和竖向变形应按满足其正常工作的要求控制；

4 当无明确要求时,最大水平变形限值:一级基坑为 $0.002h$,二级基坑为 $0.004h$,三级基坑为 $0.006h$,其中 h 为基坑深度。

5.1.5 基坑工程设计应包括下列内容:

- 1 支护结构体系的方案和技术经济比较;
- 2 基坑支护体系的稳定性验算;
- 3 支护结构的强度、稳定和变形计算;
- 4 地下水控制设计;
- 5 对周边环境的影响的控制设计;
- 6 基坑土方开挖方案;
- 7 基坑工程的监测要求。

5.2 支护结构选型

5.2.1 支护结构应综合考虑基坑周边环境限制条件、开挖深度、工程地质与水文地质条件、施工工艺及设备条件、周边相近条件基坑的工程经验、施工工期及施工季节等因素,并按《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 中表 3.3.2 进行选型。尚需考虑如下因素:

- 1 周边环境对基坑变形的承受能力及支护结构失效的后果;
- 2 可回收的工艺和空间条件;
- 3 节能减排和周转构件的损耗和供应条件;
- 4 支护施工工艺的可行性;
- 5 施工场地条件及施工季节;
- 6 经济指标、环保性能和施工工期。

5.2.2 支护结构选型应考虑结构的空间效应和受力特点,采用有利支护结构材料受力特性的形式。

5.2.3 对于基坑上部采用放坡或土钉墙,下部采用支挡式的情况,放坡或土钉墙支护的高度(h)大于基坑总深度的 $1/2$ 时,应考虑桩(墙)顶部以上土体与桩(墙)支护结构间的相互影响,并应严格控制桩(墙)顶部的水平位移。

5.2.4 基坑工程施工及使用期间,应对支护结构和邻近建(构)筑物、地下管线等进行监测。支护结构拆除期间,应加密监测,监测要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

6 软土深基坑开挖与回填

6.1 一般规定

6.1.1 应根据支护结构设计要求、地下水控制方法及周边环境条件,确定基坑开挖方案。

6.1.2 基坑土方开挖应严格按设计要求进行,不得超挖。基坑周边堆载不得超过设计规定。土方开挖完成后应立即施工垫层,对基坑进行封闭,防止水浸和暴露,并应及时进行地下结构施工。

6.1.3 基坑开挖的质量验收应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202 的相关要求。

6.1.4 土方开挖过程中应及时浇筑混凝土垫层并限时施工，保证混凝土在规定时限内达到设计强度，减少基坑变形。

6.1.5 冬季施工时应减少垫层混凝土分段长度，以免基底受冻，如遇特殊情况垫层混凝土不能及时施工，应对基底采取保温措施。

6.1.6 结构底板必须在规定时间内浇筑完毕。

6.2 基坑开挖

6.2.1 基坑开挖前，应根据工程的结构形式、基础设计深度、地质条件、气候条件、周围环境、设计工况、施工方法、施工工期和地面附加荷载等有关资料，进行基坑开挖方案设计。

6.2.2 基坑开挖方案内容应主要包括：开挖方法及相关技术措施、土方开挖平面布置、机械选择、开挖时间、土方开挖顺序和流程、坡道位置设定、运输车辆行走路线、开挖监测方案、遗撒扬尘控制方案，以及对支护结构及周边环境需采取的保护措施等。

6.2.3 基坑开挖应按照“先撑后挖，限时支撑，分层开挖，严禁超挖”的方法确定开挖顺序，应减小基坑无支撑暴露时间和空间。

6.2.4 土方开挖、架设支撑为基坑开挖施工中的关键工序，施工时应根据以往的施工经验和机械的平均生产效率，对关键工序的工作时间进行严格控制，宜保证土体卸载后无支护暴露时间不大于 12h。

6.2.5 土方开挖过程中应对临时边坡范围内的立柱与降水井管采取保护措施，应均匀挖去其周围土体。

6.2.6 支护结构、周边建（构）筑物、地下管线、道路、地面变形和位移超过控制值或发生异常情况，应立即停止土方开挖，并采取相应措施。

6.2.7 狭长形基坑的开挖应符合下列要求：

1 采用钢支撑的狭长形基坑可采用纵向斜面分层分段开挖的方法，斜面应设置多级边坡，分段长度宜为 3m~8m，分层厚度不宜大于 3m~4m，也可采用纵向等厚度逐层开挖的方法；

2 纵向斜面边坡总坡度不应大于 1: 3.0，各级边坡坡度不应大于 1: 1.5，各级边坡平台宽度不应小于 3.0m；多级边坡超过二级应设置加宽平台，加宽平台宽度不应小于 9.0m，加宽平台之间的土方边坡不应超过二级，纵向斜面边坡长时间暴露时宜采取护坡措施；

3 每层每段开挖和支撑形成的时间应符合设计要求；

4 纵向斜面分层分段开挖至坑底时，应按照设计要求和基础底板施工缝设置要求及时进行垫层和基础底板的浇筑，基础底板分段浇筑的长度不宜大于 25m，基底暴露长度不宜大于 50m；

5 狭长形基坑可采用一端向另一端开挖的方法，也可采用从两端向中间开挖的方法；

6 第一道支撑采用钢筋混凝土支撑时，钢筋混凝土支撑底以上的土方可采用不分段连续

开挖的方法，其余土方可采用纵向斜面分层分段开挖的方法。

6.2.8 开挖过程中，应采取措施对支护结构、工程桩和槽底进行防护，禁止扰动基底原状土。当采用机械开挖土方时，应在基坑底预留 150mm~300mm 厚的土层，由人工挖掘修整。

6.3 封底及回填

6.3.1 基坑开挖完成后，应及时清底验槽，减少地基土暴露时间，地基土不应长期暴晒或雨水浸泡。

6.3.2 基坑验槽后，应及时浇注垫层封闭基坑；垫层应做到基底面封闭，并应及时进行基础工程施工。

6.3.3 地下结构完成后，应及时对施工肥槽进行回填，基坑回填宜分层、水平机械压实，压实后的厚度应根据压实机械确定，且不应大于 0.3m；结构两侧应水平、对称同时填压；基坑分段回填接茬处，已填土坡应挖台阶，其宽度不应小于 1.0m，高度不应大于 0.5m。

6.3.4 基坑回填时，机械或机具不得碰撞车站结构及防水保护层，结构顶部以上 500mm 范围内以及地下管线周围应采用人力使用小型机具夯实。

7 软土深基坑自动化监测

7.1 一般规定

7.1.1 基坑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，并应贯穿支护体系自安装、使用、拆除和回收的全过程。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。

7.1.2 软土深基坑工程宜实施自动化监测，建设单位应委托相应能力的监测单位开展自动化监测工作。

7.1.3 实施自动化监测的基坑工程，施工前应进行自动化监测系统设计，编制自动化监测方案。

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

7.1.5 自动化监测系统宜配备独立于自动监测仪器的人工测量设备，确保自动仪器设备发生故障时能获取测值。

7.1.6 监测自动化系统应保持良好的工况，并定期采用人工测量设备对自动化设备进行校核，发现异常情况应分析原因，并及时修复。

7.1.7 自动化监测方案应根据基坑工程设计方案、建设场地的岩土工程条件、周边环境条件、施工方案等因素编制，监测结果应满足精度和监测期限的要求，保证监测结果的可靠性。监测单位应严格执行并精心组织实施监测方案。

7.1.8 自动化监测方案除应包括《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497-2019 中 3.0.7 条的规定外，还应包括：

1 实施自动化监测的项目、监测点数量、监测仪器的布设方案以及监测仪器现场保护方

案。

- 2 自动化监测仪器的技术指标、要求及设备选型。
- 3 数据采集装置的布设、通讯方式及网络结构设计。
- 4 自动化数据采集频率及数据发布方式。
- 5 独立于自动化系统之外的人工比测方案。
- 6 自动化监测系统供电电源及其防护方案。
- 7 防雷设计。

7.1.9 自动化监测仪器设备在满足准确度要求的前提下，力求结构简单、稳定可靠、维护方便，监测仪器设备的精度和量程应满足工程需要，其类型、规格宜尽量统一，以降低系统维护的复杂性。

7.1.10 自动化监测项目应根据基坑工程安全等级、环境保护要求、场地工程地质与水文地质条件、基坑支护形式、施工工艺等因素综合确定。

7.1.11 监测初始值应在相关施工工序之前测定，应在自动化监测系统经过调试且运行稳定后进行，初始数据的采集应与人工采集同期，人工采集次数不少于 3 次，自动化监测以同期的稳定数据作为初始值。

7.1.12 数据处理和实时发布系统应能实现实时共享，具有数据查询、图形数据展示、报警状态显示等功能。

7.1.13 各相关参建方应通过远程监控系统及时掌握监测数据，参与预警、报警反馈与处理，施工单位应及时响应警情，并根据预警等级采取相应措施。

7.1.14 自动化监测实施期间，建设方及施工方应协助监测单位做好监测设施、设备的保护工作，必要时设置专用保护装置。

7.1.15 自动化监测系统应定期检查、维护，保证系统正常运行。

7.1.16 基坑开挖过程中应根据监测数据进行信息化施工，及时对施工方案进行调整。

7.1.17 当监测数据超过预警值时，应及时通报有关部门。

7.1.18 信息化施工技术的实施应完成由监测资料的送达、监测数据的分析和决策、施工工况的判断以及施工计划的调整等过程，做到动态施工、动态设计。

7.1.19 自动化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。

7.2 监测点布设

7.2.1 实施自动化监测的项目，对应的监测点布设要求应不低于《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的要求。

7.2.2 基坑工程自动化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。

7.2.3 基坑工程自动化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。

7.2.4 监测标志应稳固、明显、结构合理，监测点的位置应避开障碍物，便于自动化设备观测、采集和传输数据。

7.2.5 自动化监测测点装置宜安装防盗、防碰撞保护装置，并应方便检查与维护。

7.2.6 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，加强监测。

7.2.7 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，必要时应扩大监测范围。

7.2.8 基坑工程自动化监测应根据具体项目的安全等级、变形监测类型、精度要求和现场作业条件来选择相应的方法及设备参数，并可组合使用多种监测方法。

7.2.9 变形监测网的基准点、工作基点的布设及测量要求应按照现行有关标准规定要求执行。

7.2.10 系统采用的供电线缆、网络介质应正确连接；系统供电、通信电缆敷设应综合考虑现场施工条件，并采取保护措施。

7.3 传感器与数据采集和传输

7.3.1 监测传感器应满足下列要求：

1 观测精度和量程等技术指标应满足相应的国家或行业标准的要求；

2 应是经过长期运行考验的成熟的产品，容易维护、可靠性高、稳定性好，并能在基坑工程施工过程中正常工作；

3 输入输出信号标准应开放，带通信接口的传感器宜采用 USB 等通用型接口类型，通信协议应开放或提供软件接口；

4 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。

7.3.2 自动化监测的传感器元件埋设应规范，埋设完成后应测试其初始成活率。对于不成活或数据明显异常的传感器，应及时更换或重新埋设。

7.3.3 受温度影响明显的传感器，应具备温度矫正芯片和具有温度矫正功能。

7.3.4 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测传感器和元件的检查。

7.3.5 采集系统设备测量范围应符合各类监测仪器的要求。

7.3.6 数据采集装置应满足下列要求：

1 具有电源管理、电池供电和掉电保护功能，蓄电池供电时间应不少于 3d；

2 具有选测、按设定时间自动巡测和暂存数据功能；

3 基坑监测各项的技术指标应满足相应的国家或行业标准的要求；

4 应具有支持人工测量的功能及装置，实现在不影响自动化监测系统稳定运行条件下进行人工采集，尽量避免中断采集、通信及供电等系统的物理连接。

7.3.7 自动化监测系统应具有广泛的兼容性，便于模块化的升级和横向扩展，并保持整体构架的稳定性。

7.3.8 自动化监测系统的安装、调试及验收应按工程设计文件进行，过程中应对设计变更、调试及验收等进行记录。

7.3.9 系统应具备数据通信功能，包括数据采集装置与监测管理站计算机之间的双向数据通信，以及监测管理站与系统外部的网络计算机之间的双向数据通信。并具有人工监测数据录入功能，实现对人工监测数据的处理。

7.3.10 监测系统应具备数据实时发布和定时发布的功能，并能进行系统运行状态的判别和预警功能：

1 具有对设备、电源、通信等硬件的工作状态进行自动监控和诊断，对异常状态自动预警的功能；

2 具有自动检验监测结果是否超过预警值，并进行预警的功能。

7.3.11 数据传输应满足下列要求：

1 现场网络介质可以有有线或无线形式，当采用有线传输时，应通过 USB 和以太网口等接口进行传输。当有线传输为光纤传输时，应配备光电转换器件，可采用以太网无源光网络或吉比特无源光网络等接口进行传输；当采用无线传输时，可采用公用无线广域网和专用无线局域通信网两种方式。

2 网络通信速率宜综合考虑构建现场网络的通信方式、现场的网络环境状况等因素，以通信稳定可靠为原则选定。

7.3.12 系统运行前应制定运行管理制度，系统运行时应制定并填写运行过程记录。

7.3.13 自动化监测系统应定期进行检查和测试，系统维护应符合下列要求：

1 每日应进行 1 次系统通信测试；

2 每周应进行系统运行日志整理；

3 每月应检查数据库使用情况，并应对硬盘进行扩充；

4 每半年应对系统功能进行检查、检验；

5 每日应向现场终端发送命令采集监测信息；

6 应填写系统检查测试记录。

7.4 自动化监测方法及要求

7.4.1 水平位移监测包括围护结构顶部、周边建筑、周边管线的水平位移观测。

7.4.2 基坑水平位移自动化监测设备可选用自动化全站仪、激光位移计等进行量测。

7.4.3 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。工作基点宜设置为具有强制对中装置的观测墩。

7.4.4 全站仪监测系统应符合下列要求：

1 全站仪自动化监测系统具有自动剔除粗差、漏点补测、超限重测的功能；

2 采用多测站全站仪变形观测时，相邻测站应有 3 个以上重叠的观测。

7.4.5 采用测距仪进行基坑水平位移监测时，应注意测距仪及接收标靶的安装稳定性，并注

意调整视线方向。

7.4.6 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。

7.4.7 竖向位移自动化监测可采用自动化全站仪三角高程或静力水准等进行量测。

7.4.8 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。

7.4.9 采用液体静力水准测量方法进行自动化监测时，应严格规范安装，并注意以下要点：

1 应排空管内空气，基准点的选点应避开较大干扰源（振动、大型机械）；

2 应在 0° 以下寒冷环境下，对连通管液体加注防冻液；

3 安装前进行测量放线，同一条路线中的基准点及监测点设备液面高差应小于设备量程的 1/2。

7.4.10 深层水平位移可采用阵列式位移计、光纤、光栅、固定式测斜仪、绞盘式自动测斜仪等实现自动化监测。

7.4.11 深层水平位移计算时，应确定起算点。当以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变化并修正。

7.4.12 采用固定式测斜仪实现自动化监测时，监测探头布置需完整覆盖整条测斜管，监测数据能够反映监测深度范围内管形变化要求。

7.4.13 深层水平位移监测点宜在地表处制作专用保护装置加以保护及固定，更换、检查等工作导致测斜传感器位置发生变化时，应重新校正。

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

7.4.15 倾斜自动化监测可采用倾角计、智能全站仪、静力水准仪等进行量测。

7.4.16 倾角计安装应明确安装的倾斜方向，并详细记录相关属性信息数据，包括测点间距，监测对象高度等有关属性特征数据。

7.4.17 使用静力水准仪进行倾斜观测时，按《建筑变形测量规范》JGJ 8 实施。

7.4.18 裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度、宽度，必要时监测裂缝深度。

7.4.19 裂缝宽度自动化监测可采用裂缝计或位移计进行量测。

7.4.20 裂缝计或位移计的最大量程应满足监测对象的变化需要。

7.4.21 支护结构内力监测包括围护墙内力、支撑轴力、立柱内力、围檩或腰梁内力监测等。

- 7.4.22 支护结构内力自动化监测可采用钢筋计、混凝土应变计、表面应变计等设备结合自动化采集传输模块进行量测。
- 7.4.23 锚杆和土钉的内力自动化监测可采用测力计、钢筋计、应变计或锚索计等设备结合自动化采集传输模块进行量测。
- 7.4.24 型钢支撑梁轴力监测应符合下列规定：
- 1 监测点宜布置在轴力较大或在整个支撑系统中起控制作用的支撑梁上；
 - 2 每层的监测点数不宜小于该层支撑梁数目的 50%，上下各层的监测点位置在竖向上宜保持一致；
 - 3 每个监测点内的监测元件数不应小于组成该榀支撑梁的单肢型钢数量的 50%且不宜少于 2 个；
 - 4 监测断面应设置加压端 5m 范围外部位，并避开接头位置。
- 7.4.25 钢支撑宜监测支撑温度。轴力监测和温度监测应设在同一测点处，二者应同时进行数据采集。应考虑温度变化对内力监测结果的影响。
- 7.4.26 土压力自动化监测宜采用土压力计结合智能采集传输模块进行量测。
- 7.4.27 土压力计最大量程应满足监测对象的变化需要。
- 7.4.28 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。
- 7.4.29 孔隙水压力自动化监测宜采用孔隙水压力计结合智能采集传输模块进行量测。
- 7.4.30 孔隙水压力计最大量程应满足监测对象的变化需要。
- 7.4.31 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。
- 7.4.32 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。
- 7.4.33 地下水位自动化监测可采用水位计结合自动化采集传输模块进行量测。
- 7.4.34 水位计的最大量程应满足地下水位的变化需要。
- 7.4.35 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。
- 7.4.36 立柱沉降监测点布置在连接件处、预应力加压端处、八字撑处等受力较大的立柱上。
- 7.4.37 监测点数不宜小于立柱总数 5%，且不应小于 3 个。
- 7.4.38 采用传感器进行变形测量的监测项目应定期进行比对测量，比对测量周期应视基坑支护结构安全等级和周边环境风险等级情况确定。
- 7.4.39 比对测量的方法、设备、精度应满足现行规范相关要求。
- 7.4.40 当检查发现传感器有可能变动、监测结果异常时、重要施工节点或特殊施工方法实施时，应进行比对测量。
- 7.4.41 基坑工程施工和使用期内，在进行自动化监测的同时，应进行巡视检查；自动化监测系统应具有支持施工巡查记录的功能和对巡查异常情况进行预警的功能。
- 7.4.42 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。

7.4.43 巡查过程中，应对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡检情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与自动化监测仪器的监测数据进行比拟及综合分析。

7.4.44 如巡视检查发现异常和危险情况，应及时通知建设单位、施工单位等相关单位。

7.5 监测数据处理及信息反馈

7.5.1 自动化监测系统应实现数据采集、处理、分析、查询、预警等管理功能，并具备监测数据可视化的功能。

7.5.2 自动化监测系统采集的所有原始数据应保存，并及时备份；

7.5.3 监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行重测和比对测量。

7.5.4 数据处理应实现平差、降噪、变换、转换、归一等预处理功能，同时应具有对采集信息的粗差、系统误差、偶然误差进行处理的功能。

7.5.5 一旦触发报警，应立即进行加密监测，报警情况立即通知相关单位。针对不同层级、权限的相关人员，进行梯次预警、报警。

7.5.6 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰，数据报表及变化曲线应自动生成，技术成果内容应满足《基坑工程监测技术规范》GB 50497 规定要求。

7.5.7 技术成果的反馈与提交宜采用信息化方式进行报送。