

天津市工程建设标准



DB/T \*\*-\*\*\*-202\*

备案号：J\*\*\*\*\*-202\*

# 天津市建筑基坑工程智能化监测 技术规程

Technical specification for intelligent  
monitoring of excavation engineering in  
Tianjin

(征求意见稿)

202\*-\*\*-\*\* 发布

202\*-\*\*-\*\* 实施

天津市住房和城乡建设委员会 发布

天津市工程建设标准

天津市建筑基坑工程智能化监测技术规程

Technical specification for intelligent monitoring of  
excavation engineering in Tianjin

DB/T\*\*-\*\*\*-202\*

J\*\*\*\*\*202\*

主编单位：天津市勘察设计院集团有限公司

批准部门：天津市住房和城乡建设委员会

实施日期：202\*年\*\*月\*\*日

202\* 天 津

# 天津市住房和城乡建设委员会文件

津住建设〔202\*〕\*\*号

## 市住房城乡建设委关于发布《天津市建筑基坑工程智能化监测技术规程》的通知

各有关单位：

根据《市住房城乡建设委关于下达 2025 年天津市工程建设地方标准编制计划的通知》（津住建设〔2025〕\*\*号）要求，天津市勘察设计院集团有限公司等单位编制完成了《天津市建筑基坑工程智能化监测技术规程》，经市住房城乡建设委组织专家评审通过，现批准为天津市工程建设地方标准，编号为 DB/T\*\*-\*\*\*-202\*，自 202\*年\*\*月\*\*日起实施。

各相关单位在实施过程中如意见和建议，请及时反馈给天津市勘察设计院集团有限公司。

本规程由天津市住房和城乡建设委员会负责管理，天津市勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。

天津市住房和城乡建设委员会

202\*年\*\*月\*\*日

# 前 言

根据《市住房城乡建设委关于下达 2025 年天津市工程建设地方标准编制计划的通知》（津住建设【2025】\*\*号）要求，天津市勘察设计院集团有限公司会同有关监测、科研等单位组成编制组，在认真总结天津市近年来有关实践经验的基础上，制定本标规程

本标规程要技术内容有：总则、术语、基本规定、智能化监测方法、智能化监测系统、监测数据采集与处理、监测成果与风险预警及附录。

本标规程天津市住房和城乡建设委员会负责管理，由天津市勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄天津市勘察设计院集团有限公司（地址：天津市南开区红旗南路 428 号，邮编：300191）。

**本规程主编单位：**天津市勘察设计院集团有限公司

**本规程参编单位：**\*\*\*

**本规程主要起草人：**\*\*\*

本规程主要审查人：\*\*\*

# 目 次

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 总 则.....              | 1  |
| 2 术 语.....              | 3  |
| 3 基本规定.....             | 5  |
| 4 智能化监测方法.....          | 11 |
| 4.1 一般规定 .....          | 11 |
| 4.2 位移类监测.....          | 15 |
| 4.3 应力类监测.....          | 20 |
| 4.4 水文类监测.....          | 22 |
| 4.5 其他类监测.....          | 23 |
| 5 智能化监测系统.....          | 25 |
| 5.1 一般规定 .....          | 25 |
| 5.2 监测系统功能.....         | 26 |
| 5.3 监测系统性能.....         | 28 |
| 5.4 监测系统安装与运行.....      | 30 |
| 6 监测数据采集与处理.....        | 33 |
| 6.1 一般规定 .....          | 33 |
| 6.2 数据采集传输.....         | 34 |
| 6.3 数据处理分析.....         | 37 |
| 7 监测成果与风险预警.....        | 39 |
| 7.1 一般规定 .....          | 39 |
| 7.2 监测成果交付.....         | 41 |
| 7.3 风险预警及处置.....        | 43 |
| 附录 A 智能化监测类型分类编码规则..... | 47 |
| 附录 B 智能化监测设备分类编码规则..... | 48 |
| 附录 C 智能化监测系统验收记录表.....  | 49 |
| 本规程用词说明.....            | 50 |

|             |    |
|-------------|----|
| 引用标准名录..... | 51 |
| 条文说明.....   | 52 |

# Contents

# 1 总 则

**1.0.1** 为推动天津市建筑基坑工程智能化监测技术发展,规范建筑基坑工程智能化监测技术要求,提高基坑工程监测质量、效率和智能化水平,制定本规程。

【条文说明】随着城市地下空间开发利用的不断深入,深大基坑、复杂基坑工程日益增多,工程监测技术在保障基坑工程安全建设中发挥了重要作用。但传统监测技术存在依赖人工测量,监测作业效率低;成果质量参差不齐,数据真实性与可靠性难以溯源验证;数据处理依赖事后,从采集到形成预警结论往往滞后数小时,面对基坑突沉、水位骤降等突发风险时,无法满足应急处置需求。

近年来,基坑工程智能化监测技术因其自动采集、实时传输、同步数据处理、远程智能预警的特点,正在日益受到行业 and 市场的重视。当前,我市部分房屋建筑和轨道交通领域基坑工程已率先采用自动化、智能化监测技术,取得了较好的应用效果,但技术应用中也暴露了一些亟待规范的技术问题。例如,对智能化监测方法适配性、精度要求等方面缺乏统一规定;对智能化监测技术实施标准和作业程序规范性方面尚未统一;对监测设备选型、数据格式、数据分析内容、风险预警要求等技术内容界定不清晰,监测数据交付和融合共享还存在障碍,不利于行业健康发展。

天津市属于滨海特大城市,地处软土地区,城市地下空间开发建设面临着既有地下设施多、地质条件差、风险因素杂的诸多挑战,软土地区基坑具有变形量大且持续时间长的特点,部分基坑紧邻运营地铁,变形控制精度需达毫米级,加之我市水文地质条件复杂,坑底多层承压水交织,风险传导路径复杂,对基坑工程监测时效性、

规范性、准确性、智能化等方面提出了更高要求。

本规程以推动我市基坑工程智能化监测技术发展为导向，通过规范智能化监测技术与设备选型、监测系统建设和智能化监测实施流程等技术要求，实现监测质量、效率与智能化水平的同步提升，为复杂基坑工程安全风险管控提供智能化技术支持。

**1.0.2** 本规程适用于天津市行政区域内采用智能化技术的新建、改建和扩建的建筑基坑及周边环境监测工程。

**【条文说明】**本条界定了规程的适用范围，体现地域针对性与技术适配性。地域上聚焦天津市行政区域；作为推荐性技术标准，本规程在技术上的适用范围为“采用数字化、智能化技术的新建、改建和扩建的建筑基坑及周边环境监测工程”。各类采用数字化、智能化监测技术的基坑工程项目均可遵循本规程执行，此举将有利于推动天津市建筑基坑工程智能化监测技术的发展。

**1.0.3** 建筑基坑工程智能化监测应采用性能稳定的监测系统、适宜的监测方法、可靠的数据采集与处理方式，实现及时、准确交付监测成果并为风险预警提供数据支撑。

**1.0.4** 建筑基坑工程智能化监测，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家、行业及天津市有关标准的规定。

**【条文说明】**本规程作为天津市基坑智能化监测技术的地方标准，聚焦智能化技术细分领域，在《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 等国家标准的框架下细化技术要求，同时与行业标准及天津本地相关标准保持协同。执行中优先适用本规程对智能化监测的特定要求，基础要求则遵循国家、行业及地方其他现行标准，确保监测工作合规且贴合本地实际。

## 2 术 语

### 2.0.1 基坑工程 excavation engineering

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。

### 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 智能化监测 intelligent monitoring

利用测量与传感器技术、物联网技术、数据分析及人工智能技术，实现对基坑工程关键监测数据实时采集传输、自动处理分析、信息动态反馈，并辅助风险分析预警的监测模式。

### 2.0.4 智能化监测系统 intelligent monitoring system

一种在计算机软硬件支撑下，由传感器与测量设备、数据采集与传输模块、数据处理与分析模块、成果表达与信息反馈模块等构成，实现对监测数据全生命周期管理与应用的体系。

### 2.0.5 监测传感器 monitoring sensor

能够将指定的被测量信息并按照一定的规律转换成某种可用信号输出的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

### 2.0.6 比对测量 comparison measurement

为保证测量结果的有效性，在满足规范及监测项目测量精度要求前提下，采取不同测量方法或不同测量设备对同一监测点进行量测并比较其测量结果的过程。

### 2.0.7 监测初始值 initial monitoring value

在监测项目启动初期、周边环境及工况处于相对稳定状态时，对监测项目连续采集的多组数据，经统计分析后确定的基准数据值。

#### **2.0.8 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。

#### **2.0.9 监测趋势分析 monitoring trend analysis**

基于连续时序监测数据，通过统计分析、数学物理建模等手段，识别监测数据随时间变化规律，并预判监测对象未来变化情况的分析过程。

## 3 基本规定

**3.0.1** 下列建筑基坑工程宜实施智能化监测：

- 1 安全等级为一级的基坑工程；
- 2 监测频率要求较高或需连续实时监测的基坑工程；
- 3 监测作业环境安全风险高，难以人工实施监测的基坑工程；
- 4 监测周期超过一年的基坑工程；
- 5 监测成果要求数字化交付或实时分析预警的基坑工程；
- 6 其他有智能化监测相关要求的基坑工程。

**【条文说明】**本条给出了宜实施智能化监测的基坑工程，主要依据包括：《天津市建筑基坑工程技术规程》DB/T29-202，对于安全等级为一级的基坑工程宜采用自动化实时监测仪器，监测信息实时化、可视化的要求；《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 规定的宜实施自动化监测的有关要求等。

对于需要进行高频次或连续实时监测的基坑工程，人工监测往往会受到环境条件、天气条件等因素制约，监测频次或监测及时性达不到要求，因此建议该种情况采用智能化监测。基坑智能化监测往往一次性投入较大，基于经济合理的观点，建议监测周期超过一年的基坑工程采用智能化监测。其它情况视人工监测是否方便、项目的重要程度和其他要求推广使用基坑智能化监测技术。

实施智能化监测的基坑工程还应针对不同监测项目合理确定其智能化监测方法、设备和应用比例等要求。

**3.0.2** 基坑工程智能化监测工作应由具备相应资质和技术能力的单位承担。

**【条文说明】**本条旨在明确基坑工程智能化监测工作的实施主体资

格要求。相较于传统人工监测，智能化监测依赖物联网、传感器、人工智能、大数据等技术，对实施单位的技术能力提出更高要求。从准入门槛层面保障监测工作的合规性、专业性与可靠性，避免因实施单位能力不足导致监测数据失真、预警失效，严重情况下可能会引发基坑安全风险事故。

**3.0.3** 基坑工程智能化监测工作宜划分为专项方案编制与系统设计、系统安装与调试、系统验收与试运行、监测实施与系统维护四个阶段。

**【条文说明】**本条将基坑工程智能化监测工作划分为四个阶段，核心目的是通过“分阶段管控”明确各环节的工作边界、核心任务与质量要求，形成“设计 - 建设 - 验证 - 运维”的完整工作闭环，避免因流程混乱导致监测系统功能缺失、数据中断或运维脱节，确保智能化监测工作有序推进并持续发挥作用。

专项方案编制与系统设计是监测工作的基础阶段，在完成常规监测方案编制内容以外，需结合基坑工程安全等级、周边环境敏感程度及监测项目要求进行监测系统设计，合理确定测量设备、传感器类型、数据传输网络架构、分析算法模型及预警阈值等，形成可落地的技术方案，为后续系统建设提供依据。

系统安装与调试是将监测方案和系统设计方案转化为实体系统的关键环节，需严格按照方案要求安装传感器、布设传输设备，同时开展设备校准（如传感器精度校验）、网络连通性测试及软件功能调试（如数据自动采集、实时上传功能验证），确保系统硬件设备正常运行、软件功能满足监测需求，避免因安装或调试不当导致后续数据采集异常。

系统验收与试运行是验证系统有效性的过渡阶段，需由项目参建各方对系统的硬件配置、数据精度、软件功能进行验收；验收合格后进入试运行期，通过一定时间段的连续监测，验证系统在实际工况下的数据稳定性、传输可靠性及预警响应及时性。

监测实施与系统维护是保障监测工作持续有效开展的主体阶段，需按既定频率开展监测数据采集与分析，及时反馈监测成果，必要时推送预警信息；同时定期对系统软硬件进行维护，确保系统长期稳定运行，为基坑施工提供连续、可靠的监测数据支撑。

### 3.0.4 基坑工程智能化监测专项方案应主要包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 场地条件，包括工程地质、水文地质条件与基坑周边环境条件等；
- 3 监测目的与监测依据；
- 4 监测对象与监测项目；
- 5 监测方法、精度、周期与频率；
- 6 基准点、监测点布设要求与布置图；
- 7 监测系统设计与构成；
- 8 监测设备选型、安装、调试与防护措施；
- 9 监测数据采集、传输、处理与分析；
- 10 比对测量方案与验证要求；
- 11 监测成果交付与反馈；
- 12 监测预警与报警；
- 13 应急预案；
- 14 监测质量、进度、安全等管理措施。

**【条文说明】3.0.4** 为了规范智能化监测方案、保证质量，本条概括出了智能化监测专项方案所包括的主要内容。基坑工程智能化监测专项方案可以与监测方案合并编制也可作为专项方案单独编制。区别于基坑监测方案中的应急预案，本条规定的应急预案除了包括基坑在异常及危险情况下的监测措施以及其他突发情况的应急方案外，还应包括因智能化监测系统断电，设备、网络、平台等发生故障或监测、传输设备现场被破坏而影响系统整体运行的情况下的监测措施预案。

**3.0.5** 基坑工程智能化监测专项方案在实施前应进行技术评审,评审应由建设方或其委托方组织,由勘察、设计、施工、监理及智能化监测相关领域专家共同参与,评审合格后方可实施。

【条文说明】国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497第3.0.10条规定了基坑工程监测方案应进行专项论证的要求,智能化监测技术属于采用新技术、新设备范畴。本条明确基坑工程智能化监测专项方案实施前的技术评审要求,核心是通过“建设单位统筹、多参建方协同、专家专业把关”的模式,通过技术评审形式提前规避方案在技术逻辑、工程适配性及合规性上的潜在问题,确保方案科学可行,为后续智能化监测工作的准确性、可靠性奠定基础,避免因方案设计缺陷导致监测数据失真、预警失效,进而影响基坑及周边环境安全。

**3.0.6** 实施智能化监测的基坑工程,其监测范围、监测项目、监测点布设、监测周期、监测频率、监测精度及监测预警值指标应满足基坑支护设计文件及现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497和相关行业、地方标准的规定。

【条文说明】智能化监测技术仅改变了数据采集、传输、处理及信息反馈的方式,监测点的布置原则、监测频率等指标仍然应按照《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《天津市建筑基坑工程技术规程》DB/T29-202等有关要求执行。

**3.0.7** 实施智能化监测的基坑工程,其监测类型、监测设备、监测点、基准点及监测量等应采用统一命名、标识和编码规则,确保各类监测设施与数据的规范性、可辨识度。

【条文说明】本条聚焦基坑智能化监测的“基础标准化建设”,核心目的是通过统一监测类型、设备、监测点、基准点及监测量的命名、标识与编码,解决因“信息格式不统一”导致的监测设施定位难、数据关联乱、追溯性差等问题,为智能化监测系统高效整合数

据、跨环节协作及全周期管理提供规范依据，确保监测设施与数据在采集、传输、分析、应用全流程中“可辨、可联、可溯”。

监测类型、监测设备分类编码规则见附录 A 和附录 B。

**3.0.8** 智能化监测采用的传感器分辨率及测量设备精度应符合国家、行业相关标准规定，适配对应监测类型，并满足现场实时、连续监测要求。

**3.0.9** 基坑工程智能化监测系统的建设、调试与验收应符合下列要求：

1 应按照经评审的基坑工程智能化监测专项方案为依据开展系统建设、调试与验收；

2 监测系统的软硬件设备安装调试完成后，应试运行并对监测设备精度、数据采集连续性、传输稳定性和数据处理分析功能进行不少于 3 次的对比验证和评估；

3 监测系统的验收应由建设方或其委托方组织，勘察、设计、施工、监理、监测等参建方及相关领域专家共同参与；

4 监测系统验收合格并形成书面验收记录后，方可正式投入使用。

**【条文说明】**本条对基坑工程智能化监测系统的建设、调试与验收流程进行规范，目的是从源头确保系统性能达标、功能可靠，避免因系统建设不规范导致监测数据失真或失效等问题。第 1 款，明确系统建设、调试、验收依据为经评审的专项方案为依据，避免建设与设计脱节。第 2 款，要求试运行及不少于 3 次对比验证，重点评估设备精度是否达标、数据采集是否连续、传输是否稳定、分析功能是否有效，确保系统能适配施工环境与监测需求。第 3 款，明确验收的组织主体与参与方，与第 1 款和本规程第 3.0.5 条智能化监测专项方案技术评审相对应，并形成闭环。验收合格后形成书面记录，是系统正式投用的法定依据和重要凭证，确保各单位对系统性能达成共识，为基坑工程全周期智能化监测筑牢基础。

**3.0.10** 各类监测设备采集的数据均应直接传输至智能化监测系统并进行统一处理、分析和应用。

【条文说明】当前部分采用自动化、数字化监测的工程实践中存在着“一类监测设备对应一个系统”的问题，不同类型监测设备厂商分别提供不同的监测数据处理系统，导致各类监测数据无法直接互通，需人工手动汇总，不仅增加工作量，还易因格式差异导致整合误差，影响多维度关联分析，产生数据孤岛。本条文要求各类监测数据直接传输至统一智能化监测系统并集中处理，可实现数据格式标准化、传输链路统一化，避免数据割裂，为后续多源数据智能分析、数据共享及成果应用提供完整数据基础，提升监测数据利用率与决策支撑效率。

**3.0.11** 智能化监测实施期间，工程参建各方应协助做好现场监测设施安全保护；监测单位应定期检查维护监测系统及设备，保障监测设备在校准有效期内并正常运行。

【条文说明】智能化监测设施多布设于施工活动频繁区域，易受土方开挖、机械作业、材料堆放等施工行为干扰，设施一旦损坏，将影响监测数据采集，对工程风险防控带来不利影响。设施仅靠监测单位单一保护难以完全规避风险，因此需明确参建各方协同责任，降低设施损坏概率，保障监测链路完整。

**3.0.12** 智能化监测成果应由监测单位按现行有关标准规范要求进行编制和审核，宜通过智能化监测系统交付至参建各方，确保信息反馈及时、准确和可追溯。

## 4 智能化监测方法

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 基坑工程实施智能化监测时，应根据智能化监测专项方案、各监测项目的精度要求和现场作业条件等选择适宜的智能化监测方法和设备。

【条文说明】本条明确智能化监测方法与设备的选择原则，主要体现在三个方面：一是智能化监测专项方案，其作为监测工作的指导性文件，已明确监测的核心目标、技术路线，方法与设备选择需严格围绕方案执行；二是监测项目精度要求，不同测项对设备精度要求差异显著，需针对性选型；三是现场作业条件，基坑现场环境复杂，需选择适配环境的设备，避免因环境不适导致设备故障或数据失真。通过明确选型依据，确保方法与设备的适用性、经济性与可靠性，避免“为智能而智能”的形式化应用。

**4.1.2** 同一监测项目可组合使用多种监测方法和设备，采用智能化监测方法和设备的比例应根据基坑工程安全等级、安装运行环境等综合确定，且不宜低于 30%。

【条文说明】基坑工程包含多个不同的监测项目，受测量技术条件和成本投入因素限制，不同测项自动化、智能化的监测技术发展水平存在差异。针对具备实施智能化监测技术基本条件的“监测项目”，在确定监测方法和设备时，可通过“方法组合”与“比例要求”双维度，平衡智能化监测的技术优势与工程实际可行性，确保智能化监测既能发挥效益，又能通过多元手段保障数据可靠性。

针对采用智能化监测技术的基坑工程，“同一监测项目可组合

使用多种监测方法和设备”，核心是利用不同方法的互补性提升监测可靠性，避免单一方法因设备故障导致的数据误判。同时，实际工程中应注意，同一监测项目组合采用的监测方法和设备不宜过多，且应相对固定，以保证监测精度。

对于已经确定采用智能化监测技术的基坑工程，“智能化监测比例不宜低于 30%”，主要是基于当前智能化监测技术成熟度与工程应用现状的基础门槛设定。同一基坑工程的不同监测项目之间也可采用不同的智能化监测比例。通过智能化监测比例的规定，有助于推动智能化监测技术的普及应用，也兼顾工程实际（如部分特殊测项、恶劣环境下暂无法实现智能化，保留人工监测空间）。

对于整个基坑工程的智能化监测比例，需结合基坑安全等级、安装运行环境综合确定，确保比例要求合理，不脱离工程实际。

**4.1.3** 智能化监测期间，应同步记录对支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡视检查信息，可配备具备智能巡检功能的视频监控系統。

**【条文说明】**本条针对基坑工程施工和使用期间即监测期间的巡视检查，提出应同步记录巡视检查信息，满足国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的相关要求，也是智能化监测必不可少的内容。同时，提出“可配备具备智能巡检功能的视频监控系統”，是对传统人工巡视的智能化升级，有助于提升巡检效率与覆盖范围，系统可存储巡视影像，便于追溯，进一步夯实风险管控的全面性。

**4.1.4** 监测基准网的布设、测量及检核等技术要求应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 等的相关规定要求。

**【条文说明】**本条旨在明确监测基准网的技术合规性要求，确保监测数据的“基准统一、精度可靠”，为后续监测数据的对比分析提供科学依据，是智能化监测数据准确性的基础保障。监测基准网是所有监测数据的参照系，无论是自动化位移监测（如智能全站仪、

GNSS 等), 其数据均需基于基准网确定的坐标或基准值计算变化量。现行国家标准《工程测量标准》GB 50026、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 明确了基准网布设的技术要求。本条强调符合上述标准, 并非重复规定, 而是明确基准网工作需以成熟行业规范为依据, 确保智能化监测的源头数据可靠。

**4.1.5** 智能化监测设备应符合下列要求:

- 1 应适配智能化监测系统, 其输入输出信号标准应开放;
- 2 应有身份识别码;
- 3 测量精度应满足工程需要和相关标准的规定, 测量量程及使用寿命应满足工程需要;
- 4 设备安装应便于维护、校准及更换, 具备抗干扰、防破坏的防护措施;
- 5 设备运行应连续、可靠, 在使用寿命期能适应工作环境;
- 6 宜具备自诊断功能, 可实时监测设备自身运行状态, 并能主动上传故障信息;
- 7 宜具备远程控制、数据溯源功能, 能够接收监测系统发送的控制指令进行设备自检、数据推送、监测频率调整等操作。
- 8 断电或异常情况下, 数据不失真或丢失。

**【条文说明】**本条从兼容性、可追溯性、性能适配性、可维护性、可靠性、运维性、数据安全性七个维度, 规范了智能化监测方法和设备的一般性技术要求, 确保设备能稳定支撑智能化监测系统的长期运行, 避免因设备问题导致数据质量不达标或系统瘫痪。

**4.1.6** 智能化监测方法和设备采集的数据应符合下列要求:

- 1 应真实反映监测对象的实际变化状态;
- 2 应包含或关联设备身份识别码、采集时间等信息;
- 3 宜同步记录采集时的环境参数, 用于后续数据处理与分析;
- 4 应采用标准化数据格式, 数据字段应符合智能化监测系统的接口要求, 确保数据可直接传输、解析及融合处理。

**【条文说明】**本条从“真实性、可追溯性、关联性、标准化”四个方面，确保智能化监测方法和设备采集的数据从源头符合质量标准，为后续数据处理、成果交付及风险预警提供可靠基础，也是确定合理智能化监测方法的关键内容之一。

**4.1.7** 智能化监测设备宜具备数据实时传输功能，对于无传输功能的设备应结合专用数据传输模块进行监测数据的采集传输。

**4.1.8** 智能化监测设备及传感器的测量精度、灵敏度、分辨率等性能均不应低于现行国家标准、行业标准及地方标准要求。

**【条文说明】**智能化监测方法选择和设备选型需要考虑的因素众多，基本底线是确保监测数据具备可靠性与有效性，这是后续数据处理、成果交付及风险预警的基础前提。在测量设备、传感器设备等领域，现行各类标准已针对不同类型设备的性能指标作出明确规定。本规程提到的智能化监测方法和设备选择主要关注设备性能参数与监测需求的匹配性。

在实际工程实施中，监测设备选型时，需核查设备检测报告，确认测量精度、灵敏度、分辨率等参数符合标准要求；安装后还需通过现场校准（如与人工复测数据对比）验证实际性能，避免参数达标但实际使用偏差的问题。

**4.1.9** 除使用本规程规定的监测方法外，亦可采用能达到现行有关标准规定要求精度的新技术、新方法。

**【条文说明】**本条旨在鼓励智能化监测技术创新，同时明确新技术应用的底线要求，确保创新与规范并行，所用设备通过检定、率定或测试，只要能满足精度要求、运行可靠，均可纳入本规程使用范围，有助于推动智能化监测技术在合规前提下持续发展。

## 4.2 位移类监测

4.2.1 基坑工程位移类监测项目所采用的智能化监测设备可按照表 4.2.1 规定进行选型。

表 4.2.1 位移类智能化监测设备选型表

| 监测项目   | 监测内容            | 智能化监测设备                                   |
|--------|-----------------|---|
| 深层水平位移 | 围护桩（墙）体水平位移     | 滑动式测斜仪、固定式测斜仪、<br>分布式光纤传感器                |
|        | 土体深层水平位移        |   |
| 水平位移   | 围护桩（墙）、边坡顶部水平位移 | 智能全站仪、GNSS、<br>激光位移计、机器视觉仪                |
|        | 周边建（构）筑水平位移     |   |
|        | 周边管线水平位移        |   |
| 竖向位移   | 围护桩（墙）、边坡顶部竖向位移 | 智能全站仪、静力水准仪、<br>机器视觉仪                     |
|        | 支撑立柱结构竖向位移      |   |
|        | 周边地表竖向位移        |   |
|        | 周边建（构）筑竖向位移     |   |
|        | 周边道路竖向位移        |   |
| 倾斜角度   | 周边建（构）筑倾斜       | 倾角计（直接测量）、智能全站仪<br>（间接测量）、静力水准仪（间接<br>测量） |

【条文说明】位移监测是判断基坑支护结构稳定性、周边环境受影响程度的核心测项，数据准确性直接决定风险研判结果。表中列举的测斜仪、GNSS、智能全站仪等设备，均为适配不同位移场景的成熟技术，选型需紧密结合软土地区特点以及监测内容的精度要求、监测范围。

不同监测内容与设备的适配逻辑需重点关注。深层水平位移（围护桩墙、土体）需穿透土层捕捉内部变形，优先选滑动式测斜仪（手动或自动提测，适配定期监测）或固定式测斜仪（埋入式，可实现 24 小时连续监测）；水平/竖向位移中，大范围监测（如边坡顶部、大范围地表）适配 GNSS（全天候、覆盖广），小范围高精度监测（如周边建筑、管线）适配智能全站仪或静力水准仪（多点同步监测，消除基准误差）；建（构）筑倾斜监测中，便捷式适配倾角计（贴附墙体，实时传数据），高精度适配智能全站仪（通过

测两点高差推算倾斜率), 尤其天津老城区砖混建筑多, 需选小型化、易安装的设备, 减少对建筑的干扰, 确保位移数据能真实反映基坑及周边环境的变形状态, 为安全管控提供可靠支撑。

**4.2.2** 采用测斜仪进行深层水平位移监测时应符合下列规定:

1 测斜传感器的系统精度不宜低于  $0.25\text{mm}/1000\text{mm}$ , 分辨率不宜低于  $0.02\text{mm}/500\text{mm}$ ;

2 固定式测斜仪应具备同轴双向测量能力, 传感器的布置应保证监测数据能反映监测深度范围内管形变化;

3 滑动式测斜仪应具备深度、角度、位移值测量能力, 竖向测点间距不宜大于  $0.5\text{m}$ , 每次测量时探头应放置在同一位置;

4 测斜仪布设完成后, 应进行连续测试, 以检查测试值的稳定性;

5 深层水平位移计算时, 应确定起算点。当测斜管底部嵌固在稳定岩土体中时, 宜以测斜管底部为位移起算点; 当底部不具备作为起算点的条件或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。

**4.2.3** 采用分布式光纤传感器进行深层水平位移监测时应符合下列规定:

1 支护结构深层水平位移监测宜采用分布式应变传感光缆, 土体深层水平位移监测宜采用光纤测斜管;

2 分布式应变传感光缆应采用定点结构, 定点间距不应大于  $1.0\text{m}$ , 光缆抗拉强度不应小于  $3\text{kN}$ , 变形范围为  $-3000\mu\epsilon\sim+5000\mu\epsilon$ , 光纤测斜管测点间距不应大于  $1.0\text{m}$ ;

3 分布式应变传感光缆应沿主筋绑扎布设, 形成沿结构变形方向 U 形对称回路, 光纤测斜管通过钻孔布设, 监测点方向应平行于滑动方向;

4 光纤数据采集设备应具备自动化采集功能, 测量精度不应

低于  $5\mu\epsilon$ ，测试重复性不应低于  $\pm 5\mu\epsilon$ ，设备使用环境温度应在  $-10^{\circ}\text{C}$  ~  $+60^{\circ}\text{C}$ ；

5 光纤传感器接头、U 型回路底部及顶部光缆应加强保护。

**4.2.4** 采用智能全站仪进行位移监测时应符合下列规定：

1 智能全站仪的测角精度不应低于  $\pm 1''$ ，测距精度不应低于  $1\text{mm}+1\text{ppm}$ ；

2 测站点宜设置观测墩或观测站房，配置防护装置，满足对仪器的防护要求，并配备强制对中装置，选点时应考虑施工对工作基点的扰动和对视线的阻挡；

3 根据观测精度要求、智能全站仪精度等级、视线长度进行观测方法设计和精度估算，多台智能全站仪联合组网观测时，相邻测站点应具有有一定数量的重复观测目标；

4 基准点与监测点宜同步观测，并应同时观测不少于 3 个基准点；

5 智能全站仪架设位置宜安装电子气温气压计、控制系统、通信系统及不间断供电系统等配套设备；

6 监测体上的变形观测点宜采用观测棱镜；

7 采用智能全站仪测量时，竖向位移宜与水平位移同步观测；

8 智能全站仪控制程序应能按预定顺序逐点监测，数据不正常时应能补测，并应能根据即时指令增加监测频次。

**【条文说明】**本条主要明确智能全站仪选型的精度标准、观测保障措施，确保监测数据能精准反映基坑及周边环境的位移状态。设置观测墩、强制对中装置及防护装置主要考虑城区基坑施工场地狭窄、机械振动频繁，观测墩能减少仪器架设误差，强制对中有有效控制中误差，防护装置则能抵御扬尘、雨水对仪器的侵蚀，避免设备故障导致数据缺失。观测方法设计与组网重复观测，可通过多台仪器数据互校消除单点观测误差，尤其适用于大范围基坑的位移监测；

电子气温气压计可实时修正气象因素，不间断供电系统则保障 24 小时连续监测；观测棱镜能提升信号反射稳定性，水平与竖向位移同步观测可减少仪器架设次数、避免分次观测的系统误差。

智能全站仪支持伺服电机驱动仪器水平轴、垂直轴精准转动，可通过有线/无线方式连接控制程序终端对全站仪自动控制 and 数据传输，实现“自动寻标、瞄准、测量”的全流程无人化操作。在实际应用中，可在程序中预设监测顺序进行逐点监测；当数据不正常（如测量值超差、视线遮挡等）时，控制程序应自动识别异常并触发补测指令，通过有线/无线链路实时反馈至全站仪，重新驱动轴系完成瞄准测量，可大幅降低依赖人工补测导致的延误时间。

#### 4.2.5 采用 GNSS 设备进行位移监测时应符合下列规定：

1 GNSS 设备的静态解算平面精度指标不应低于 $\pm(2.5\text{mm}+1\times 10^{-6}\times d)$ ；

2 基准站应设置在上部天空开阔处，流动站应设置在监测对象的变形观测特征点并于其刚性连接；

3 测站视场内应无高度角超过 $15^\circ$ 的障碍物，宜避开 GNSS 信号反射物、大功率无线电发射源或传输通道等位置；

4 GNSS 测站与电台、微波站等大功率无线电信号传输通道、大面积水域、大型建筑及大型热源的距离不应小于 50 米；

5 卫星定位测量应埋设固定的天线墩，规格和埋设要求应符合现行国家标准《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》GB/T18314 的规定；

6 接收卫星数量不应少于 5 颗，并采用固定解成果；

7 应兼具全站仪的通视条件。

**【条文说明】**GNSS 信号反射物包括大面积水域、大型建筑以及热源等，GNSS 基准站宜设置在 200m 范围内无电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源，50m 范围内无高压输电线和微波无线电信

号传输通道等区域。接收天线的周围无高度角超过  $15^\circ$  的障碍物；接收卫星数量不应少于 5 颗，并采用固定解成果。同时，为便于对比量测，流动站应兼具全站仪的通视条件。

**4.2.6** 采用激光位移计进行水平位移监测时应符合下列规定：

- 1 激光位移计的精度指标不应低于  $\pm 0.1\text{mm}$ ；
- 2 应配备自平衡装置，确保激光光路不受结构倾斜的干扰，激光光路应高于地面，且不应小于 200mm；
- 3 基准点应设置在基坑施工影响范围以外的稳定区域，并定期对其进行人工校准及修正；
- 4 可采用直接测量法和累计联测法进行监测，在使用多台激光位移计联合组网监测时，相邻测站应有共同的监测目标。

**4.2.7** 采用机器视觉仪进行位移监测时应符合下列规定：

- 1 机器视觉测量仪监测视距不宜超过 100m；
- 2 仪器应根据安装位置对机器视觉仪技术参数进行调试，确保满足系统设计要求；
- 3 仪器应具备边缘计算能力，其处理器的处理速度和检测算法的处理能力应与采样频率及测量精度要求相匹配；
- 4 仪器应支持远程查看现场图片或视频；
- 5 仪器位移重复性精度指标不应低于  $\pm 0.1\text{mm}$ ；
- 6 机器视觉测量仪的安装位置应综合考虑监测点位置、景深、视场角、精度、最小靶标尺寸等技术参数确定。

**4.2.8** 采用静力水准仪进行竖向位移监测时应符合下列规定：

- 1 应根据观测精度和沉降量要求，选取相应精度和量程的静力水准传感器，静力水准仪传感器的标称精度不应低于  $\pm 0.3\text{mm}$ ；
- 2 选定基点位置及安装高度为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；
- 3 在监测周期内存在  $0^\circ\text{C}$  以下寒冷环境时，应提前对连通管

液体加注防冻液；

4 观测时间应选在气温最稳定的时段，观测读数应在液体完全呈静态下进行；

5 静力水准仪测量系统应定期与人工水准测量进行比对测量；

6 采用静力水准仪进行竖向位移监测时还应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

4.2.9 采用倾角计进行倾斜监测时应符合下列规定：

1 可选用两单轴正交或双轴的倾角计进行倾斜监测；

2 倾角计动态量测精度不宜低于 $\pm 0.1^\circ$ ，分辨率不宜低于 $0.002^\circ$ ；

3 应明确倾角计的安装方向，并记录监测对象和安装信息，包括测点间距、监测对象高度等属性特征；

4.2.10 基于智能全站仪、静力水准仪采用坐标法、差异沉降法等间接方法进行倾斜量测时，相关监测方法、精度等要求应符合本规程第 4.2.4 条和 4.2.8 条的规定。

### 4.3 应力类监测

4.3.1 基坑工程应力类监测项目所采用的智能化监测设备可按照表 4.3.1 规定进行选型。

表 4.3.1 应力类智能化监测设备选型表

| 监测项目          | 监测内容        | 智能化监测设备                    |
|---------------|-------------|----------------------------|
| 支护结构<br>内力/轴力 | 围护墙内力       | 轴力计、钢筋计、应变计、<br>锚索计等应力类传感器 |
|               | 立柱内力        |                            |
|               | 支撑轴力        |                            |
|               | 锚杆（索）轴力     |                            |
| 周边设施<br>内力    | 周边建（构）筑构件内力 |                            |
|               | 周边地下管线内力    |                            |

【条文说明】应力监测是判断结构受力是否超限的主要依据，通过

内力监测可以提前感知相关潜在风险。设备选型需兼顾精度可靠与场景适配。表中列举的轴力计、钢筋计、应变计、锚索计等，均为工程中技术成熟的应力类传感器，选型时需结合软土地区特点（土体侧压力大、结构受力持续变化）、监测对象的结构形式（如钢筋混凝土围护墙、钢支撑、锚索）及监测周期（临时 / 长期）综合确定，避免因设备与受力形式错配导致数据失真。

不同监测内容对应设备的适配逻辑需重点关注：支护结构内力监测中，围护墙、立柱宜选用钢筋计（埋入钢筋骨架，直接测钢筋应力推算结构内力）或应变计（贴附结构表面，适合不便埋入的场景）；钢支撑轴力优先用轴力计（直接安装于支撑两端，测轴向压力）；锚杆（索）轴力需专用锚索计（与锚索同步安装，测张拉及后期松弛应力）。周边设施内力监测则需考虑对既有设施的影响，如老建筑构件、地下管线宜选用小型化应变计（贴附式安装，避免破坏原结构），且需选用长期稳定性好的设备，确保数据能真实反映设施受力变化，为结构安全评估提供可靠支撑。

**4.3.2** 应力类传感器设备的选型应根据监测现场环境、监测对象材质、安装工艺及埋设方法等进行综合确定。

**4.3.3** 应力类传感器量程不宜小于设计值的 2 倍，最大使用值不宜超过其量程的 80%，精度不宜低于 0.5% F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S。

**4.3.4** 应力类传感器应具有良好的稳定性和抗干扰能力，采集信号的信噪比应满足实际监测需求。

**4.3.5** 应力类传感器应考虑温度变化对监测数据的影响，宜具有温度测量功能。

**4.3.6** 应力类传感器埋设前，应按其所在断面位置进行标定和编号，导线应做好标记，并设置导线防护措施。

## 4.4 水文类监测

**4.4.1** 基坑工程水文类监测项目所采用的智能化监测设备可按照表 4.4.1 规定进行选型。

表 4.4.1 水文类智能化监测设备选型表

| 监测项目 | 监测内容    | 智能化监测设备 |
|------|---------|---------|
| 地下水位 | 地下潜水水位  | 液位计、渗压计 |
|      | 地下承压水水位 |         |

【条文说明】地下水位智能化监测设备包括振弦式、电容式、超声波式、光纤式、投入式（静压式）等多类传感器，选型需结合工程特点、场地水文条件、监测周期（临时/长期）、精度要求综合判断。

不同类型传感器适配场景各有侧重：振弦式、投入式因稳定性强、耐受复杂水质，适合常规水位监测；光纤式抗腐蚀、抗电磁干扰能力强；电容式精度高、响应快，适用于水质清洁的浅水层高精度监测；超声波式非接触、维护成本低，但易受环境干扰。

在确保设备满足监测要求的前提下，传感器设备类型、规格宜统一，使用前做好设备参数测试和校验，确保监测设备适配性与数据可靠性。

**4.4.2** 传感器的最大量程应满足地下水位的变化需要，精度不宜低于 10mm，分辨率不宜低于 0.5%F·S。

**4.4.3** 地下水位监测应布设专用水位管，宜在基坑预降水前不少于 1 周埋设，并逐日连续观测水位取得稳定初始值。

**4.4.4** 传感器测量的地下水位应采用统一的基准面。

**4.4.5** 传感器应具有一定抗干扰、防腐性能，宜具备气压、温度修正功能。

**4.4.6** 地下水位监测设备线缆长度、滤管长度应满足不同埋深潜水、承压水的观测要求。

## 4.5 其他类监测

4.5.1 基坑工程其他类监测项目所采用的智能化监测设备可按照表 4.5.1 规定进行选型。

表 4.5.1 其他类智能化监测设备选型表

| 监测项目         | 监测内容         | 智能化监测设备 |
|--------------|--------------|---------|
| 裂缝宽度         | 支护结构构件裂缝     | 裂缝计、位移计 |
|              | 地表裂缝         |         |
|              | 周边建筑裂缝       |         |
| 土压力          | 围护墙侧向土压力     | 土压力盒    |
| 水压力          | 孔隙水压力        | 孔隙水压力计  |
| 振动速度<br>或加速度 | 爆破或振动影响范围内建筑 | 测振仪     |
|              | 爆破或振动影响范围内道路 |         |
|              | 爆破或振动影响范围内管线 |         |
| 视频监控         | 工程现场活动       | 摄像机     |

【条文说明】针对基坑工程或周边设施裂缝宽度、土压力、水压力、振动、视频监控等其他类监测项目，本条提供了智能化设备选型参考。此类监测一般为非核心测项，但也是基坑安全监测的重要补充。

裂缝计（高精度）、位移计（宽量程）适配长期裂缝监测，老建筑监测优先选小型化设备；土压力盒需选防腐型应对滨海高盐土层，振弦式适配长期监测、电阻应变式适配动态监测；孔隙水压力计带温度补偿功能，满足地铁沿线项目精准监测需求；测振仪需无线预警，防控密集城区振动对敏感设施的影响；摄像机需防水夜视、宜具备 AI 识别功能，适配多雨多尘气候与智能管控需求。

4.5.2 采用裂缝计进行裂缝宽度监测时应符合下列规定：

1 设备的最大量程应满足监测对象的变化需要，量测精度不应低于 0.02mm；

2 设备应沿裂缝法线方向布设在主要裂缝两侧，且宜布设在裂缝较宽部位的中点或转折部位；

3 安装时应综合考虑裂缝收缩与扩张两种情况及裂缝可能的变化方向。

**4.5.3** 采用土压力盒进行土压力监测时应符合下列规定：

1 设备的最大量程应满足测试压力范围的要求，精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F \cdot S$ ；

2 设备可采用钻孔法埋设，受力面与所监测的压力方向垂直并紧贴被监测对象，埋设完毕后孔隙应充填密实充填材料宜与周围岩土体一致；

3 当按土层分布情况布设时，主要土层应至少布设 1 个测点，且宜布置在土层的中部。

**4.5.4** 采用孔隙水压力计进行孔隙水压力监测时应符合下列规定：

1 设备的最大量程应满足测试压力范围的要求，精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F \cdot S$ ；

2 设备可采用压入法、钻孔法埋设；

3 点位宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向垂直间距宜为  $2m \sim 5m$ ，数量不宜少于 3 个。

**4.5.5** 采用测振仪进行振动速度或加速度监测时应符合下列规定：

1 测振仪频带范围宜满足被测物理量的监控要求；

2 测振仪技术参数和使用要求应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB6722 的有关规定。

**4.5.6** 采用摄像机进行工程现场视频监控时应符合下列规定：

1 图像分辨率在短边方向不应低于 1080pix；

2 水平  $0^\circ \sim 360^\circ$ 、垂直  $0^\circ \sim 360^\circ$  角度宜连续可调；

3 应具备压缩编码视频信号功能；

4 应具有接收控制指令，定时、定预置点拍摄，摄像参数调节，储存回放，显示采集时间的功能；

5 应具有无线/有线网络传输的功能，并与监测系统兼容。

## 5 智能化监测系统

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 智能化监测系统软硬件设施应适配监测项目需求并协同工作，满足工程监测全生命周期管理需要。

**5.1.2** 智能化监测系统硬件设施应包括监测终端设备、传输设备与网络、机房与服务器设施、供电设施和防护设施。

【条文说明】监测终端设备包括与监测项目匹配的传感器、测量设备及数据采集终端，应满足数据采集精度、频率要求；传输设备与网络包括有线传输设备、无线传输设备及配套网络组件，应满足数据实时、可靠传输要求；机房与服务器设施包括保障监测软件系统运行的硬件环境和数据存储设施等；供电设施包括主电源、备用电源及电源管理模块，应满足为监测系统持续、稳定供电的要求；防护设施包括防雷装置、防水装置、防撞击装置、防盗装置等，应满足监测系统在特殊条件下的完整性和稳定运行要求。

**5.1.3** 智能化监测系统软件设施应包括数据处理与分析模块、数据存储与成果表达模块、信息反馈与预警告警模块等。

【条文说明】数据处理与分析模块宜具备原始数据校验、异常值识别与剔除、数据解算、数据格式转换、数据标准化、误差分析、趋势分析、人工与自动化对比分析、多测项关联分析等功能，应确保数据完整性与准确性，应支撑数据质量评定和数据异常判定；数据存储与成果表达模块宜具备数据存储与备份，数据查询、筛选及导出，图表、报表生成和可视化展示等功能，应满足参建各方对成果的管理与应用需求；信息反馈与预警告警模块宜具备监测成果反馈、

多级预警阈值设置、告警信息推送、处置流程记录与跟踪功能，应确保信息反馈及时、闭环可控。

**5.1.4** 智能化监测系统在软硬件稳定性、数据传输可靠性、数据处理准确性、信息反馈及时性等方面的性能应满足工程监测需要。

**5.1.5** 智能化监测系统应支持人工与自动化等多种方式进行数据采集与处理，宜具备边缘计算和双向通讯功能。

**5.1.6** 智能化监测系统软硬件设施构成、功能和性能指标应根据监测对象工程特点、周边环境复杂程度等因素综合确定。

## 5.2 监测系统功能

**5.2.1** 监测系统终端设备功能应符合下列要求：

- 1 传感器设备应能按预设频率采集对应监测数据；
- 2 测量设备宜具备人工或自动控制功能；
- 3 数据采集终端应能接收、暂存终端设备数据，并完成数据格式初步转换，确保数据可对接传输设备。

**5.2.2** 监测系统传输设备与网络功能应符合下列要求：

- 1 有线传输设备宜能实现大流量数据高速、低延迟传输；
- 2 无线传输设备宜具备抗电磁干扰能力，可在复杂现场环境下稳定传输数据；
- 3 配套网络组件应支持数据丢包自动重传，确保数据无丢失、完整送达系统平台。

**5.2.3** 监测系统供电设施功能应符合下列要求：

- 1 主电源宜为市电供电；
- 2 备用电源应具备主电源中断时切换功能；
- 3 电源管理模块应能监测电量、输出电压，且具备低电量告警功能。

**5.2.4** 监测系统防护设施功能应符合下列要求：

- 1 防雷装置应能引导雷电流入地，避免雷击损坏设备电路；
- 2 防水装置应能隔绝雨雪、地下水侵入硬件设备；
- 3 防撞击装置应能缓冲人为、施工机械等外力冲击；
- 4 防盗装置应能防止设备被盗或恶意移动，确保设施完整性。

#### **5.2.5 监测系统数据处理与分析模块功能应符合下列要求：**

- 1 数据预处理应能核对数据采集时间、格式完整性、数据规范性，并具备异常、无效数据标识、剔除功能；
- 2 数据异常值识别与剔除宜采用行业通用算法，且应支持人工复核与修正；
- 3 数据格式转换与解算采用的方法应符合相关标准规范和设备要求，确保计算结果准确；
- 4 数据标准化应统一数据类型、范围、量纲、格式，保障数据可跨模块、跨系统复用；
- 5 数据分析宜包括误差分析、特征分析、趋势分析、人工与自动化数据对比分析和多测项关联分析。

#### **5.2.6 监测系统数据存储与成果表达模块功能应符合下列要求：**

- 1 数据存储应采用加密方式保障数据安全，备份宜支持定时自动备份与异地备份，防止数据丢失；
- 2 数据查询、筛选应支持按监测点、时间范围、监测项等多条件组合查询，并支持导出通用文件格式；
- 3 监测图表、报表生成应支持自定义模板，自动填充数据，宜支持批量生成图表成果功能；
- 4 可视化展示宜包括监测点空间分布、监测曲线时序变化、监测云图和多测项关联视图等展示功能。

#### **5.2.7 监测系统信息反馈与预警告警模块功能应符合下列要求：**

- 1 监测成果反馈宜能按预设周期推送至参建方指定终端；
- 2 监测系统应针对不同层级、权限的相关人员，进行监测信息推送；

3 多级预警阈值设置应支持按标准规范及项目设计要求调整，宜实现分级预警；

4 告警信息推送宜覆盖短信、系统通知、邮件等多渠道，确保参建方及时接收；

5 处置流程记录与跟踪应能记录告警接收时间、相关责任人、处置措施及结果，宜支持警情处置流程追踪和信息追溯。

### 5.3 监测系统性能

**5.3.1** 监测系统各软硬件设施应具备协同性和冗余度，应支持硬件设备增补及软件功能升级，期间不影响系统正常运行。

【条文说明】构成监测系统的各软硬件设施在性能上应整体具备“协同性、冗余度、可扩展性”要求，保障监测系统全周期稳定运行，适配基坑工程监测工况变化与功能拓展需求。“协同性”要求软硬件设施联动：硬件端传感器、数据采集终端、传输设备需适配数据格式，确保采集数据经初步转换后无缝传输；“冗余度”主要考虑现场复杂条件和突发情况，在供电（主电源+备用电源）、传输（主备双链路）、存储（服务器+边缘存储）等方面进行冗余设计，避免单点故障导致数据丢失或系统停运；“可扩展性”针对工程动态需求：支持硬件增补时兼容现有系统，软件升级不中断监测，确保系统能适应基坑监测范围扩大、精度要求提升等变化，保障监测工作持续有效。

**5.3.2** 传感器和测量设备量程、精度、供电方式、传输方式、安装方式应适配监测系统并满足工程监测需求和现行有关标准规定。

【条文说明】本条旨在明确传感器与测量设备核心性能参数与监测系统的适配性要求，确保设备功能与系统整体协同，避免因参数不匹配导致监测系统性能受限或功能失效，为监测数据可靠性奠定基础。“量程适配”需结合监测对象最大预期变化量确定，避免量程

不足导致数据溢出或量程过大影响测量分辨率。“精度适配”应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497、《工程测量标准》GB 50026、行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《建筑变形测量规范》JGJ8 及天津市有关标准的规定。

“传输方式适配”要求设备传输协议与系统传输模块兼容，确保数据可直接对接至统一监测系统。

**5.3.3** 监测系统供电设施应具备连续性、稳定性，备用电源持续供电时间不宜低于 48 小时。

**5.3.4** 监测系统软件操作应具备规范性、易用性，数据处理和指令响应延迟不宜超过 5 秒，支持多角色权限划分与操作记录追溯。

**5.3.5** 监测系统软件设施应保障数据规范性和唯一性，宜支持对数据处理全过程进行记录和追溯。

**5.3.6** 监测系统应具备规范的数据交换、应用服务接口，宜实现与工程参建方、质量安全监督管理机构的智慧工地、质量安全管控等平台对接，实现监测信息共享和协同应用。

**【条文说明】**当前，在智能建造的大背景下，工程参建各方、工程质量安全监督管理机构等均积极运用数智化技术开展工程建设和管理工作，如建设单位的项目管理平台、施工单位的智慧工地平台、行业质量安全监督管理机构的质量安全监督管理平台等。

本条聚焦智能化监测数据的“价值延伸与协同效能”，核心目的是通过建立标准化数据交互接口，引导有条件的项目基于监测数据共享。“规范的数据交换、应用服务接口”需符合国家或行业数据编码、传输协议标准，确保接口兼容性，避免因接口不统一导致对接失败，保障数据格式可直接被参建方平台识别，减少人工二次处理误差。

通过信息共享推动监测数据从“单一安全管控”向“多方协同应用”延伸，充分发挥智能化监测的综合价值，打破监测系统与参建方其他系统的“数据壁垒”。辅助参建方、行业监督管理机构结

合施工进度、质量情况进行综合决策和处置，而非仅用于监测单位独立预警，有助于提升工程整体智能化管理效率。

**5.3.7** 监测系统网络安全防护体系应具备抵御常规网络攻击能力，信息安全管理机制宜支持多角色细粒度权限管控，数据异地备份周期不宜大于最小监测频率要求。

**5.3.8** 监测系统服务器性能宜满足监测数据处理分析所需人工智能算法或模型接入和运行需要。

**【条文说明】**人工智能技术是基坑工程智能化监测技术体系中的重要组成部分。随着监测数据量增长及分析需求升级，当前，部分经过训练的AI模型（如异常数据识别、变形趋势预测模型）已经用于提升分析精度与效率。服务器性能是模型稳定运行的基础，支撑AI模型（如机器学习、深度学习模型）实时分析计算，有必要对服务器存储、内存、显卡等设施提出基本要求，保障接入模型后能够正常运行且不影响系统现有数据采集、传输、预警等功能的响应速度。本条规定有助于推动提高基坑工程监测智能化水平。

## 5.4 监测系统安装与运行

**5.4.1** 监测系统硬件设施安装应符合下列要求：

1 硬件设施安装内容包含测量设备、传感器安装，数据采集设备安装，通信设备安装，供电及通信线缆敷设；

2 硬件设施应在监测点、基准点位置确定后，按智能化监测专项方案规定并结合现场条件进行布置和安装；

3 设备安装时应应对传感器、数据采集设备与监测点的实际对应关系进行记录；

4 埋入式硬件设施应根据现场施工工况和进度确定安装计划，避开易破坏区域；

5 硬件设施安装后应进行现场调试并设置必要防护设施；

6 自动化监测点位应预留人工比对测量条件,数据采集设备、供电及通信线缆宜预留一定冗余量。

#### 5.4.2 监测系统软件设施安装与配置应符合下列要求:

1 软件设施应与硬件设施兼容,并匹配现行操作系统、服务器及软件运行环境;

2 软件设施应按智能化监测专项方案要求进行软件部署、系统参数和项目参数配置;

3 项目参数配置应包括监测对象基本信息配置,传感器设备、监测点、基准点创建及其对应关系配置,监测频率及预警值配置;

4 软件设施安装完成后应形成安装记录,记录软件版本、运行环境、参数配置明细等内容。

【条文说明】本条旨在明确软件设施安装与配置要求,确保其与硬件、监测项目需求适配,为监测数据全流程准确连贯奠定基础。软件设施安装与配置应符合智能化监测专项方案要求,在完成软件部署和系统参数配置后,应进行项目参数配置,便于后续系统的调试与试运行工作开展。软件安装与配置记录应覆盖软件版本、运行环境、参数配置明细等,为验收与维护提供依据。

#### 5.4.3 监测系统的调试与试运行应符合下列要求:

1 监测系统调试应包含硬件功能调试、软件运行调试、软硬件协同调试,验证软件设施与硬件设施的功能、性能和兼容性;

2 硬件功能调试应完成测量设备与传感器测试、数据采集设备的采集与输出功能测试、数据传输设备通信功能测试;

3 软件运行调试应完成软件系统参数配置验证、核心功能测试和运行性能测试;

4 软硬件协同调试应在监测系统整体运行情况下,验证信息传递流畅性、测试系统功能协同性和性能稳定性;

5 监测系统调试完成后应进行试运行,试运行周期不宜少于72小时,通过对比验证和评估对系统进行全面检验;

6 试运行结束后应编制试运行报告，报告宜包含硬件设施安装参数与位置、软件版本及参数配置明细、系统功能及性能测试验证结果等内容，作为系统验收依据之一。

【条文说明】明确系统调试与试运行要求，是确保监测系统从“部件合格”升级为“整体可靠”的基础，为智能化监测的数据准确性、运行连续性奠定基础。设备功能调试保障硬件采集、转换、传输环节可靠；软件运行调试验证参数、功能、性能适配方案；软硬件协同调试重点测试系统整体运行情况，确保数据全流程通畅、功能联动。72 小时试运行可覆盖多工况，有助于暴露隐性问题；试运行报告含硬件安装、软件配置等信息，为验收提供可追溯依据，确保系统正式投用后满足监测需求。

系统调试与试运行期间采集的数据为测试数据，仅用于验证系统稳定性，不纳入正式监测成果。

#### 5.4.4 监测系统的运行与维护应符合下列要求：

1 监测单位应在系统验收合格后编制系统维护手册，内容宜包括系统软硬件安装与配置信息、数据安全保障措施、系统巡查方案、日常检修方案及故障应急预案等；

2 系统设备及配套设施巡查应结合现场巡视检查工作同步开展，关键工况开始前或极端天气后应进行全面巡查与维护；

3 监测系统所用仪器设备应在检定或校准有效期内使用；

4 自动化监测项目应定期采用人工监测开展抽样比对测量，施工监测期间比对测量频次宜为每月 1 次~2 次；

5 当监测数据异常或巡查发现传感器位置异常时，应立即进行比对测量；

6 系统日常运行、数据管理与功能维护应按照最小范围原则设定权限进行控制，及时记录运行维护情况。

## 6 监测数据采集与处理

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 监测数据采集与处理工作应在监测系统验收合格后启动，数据正式采集前应清除系统调试和试运行期间测试数据。

【条文说明】本条旨在明确监测数据采集与处理的“前置条件”，避免系统未达标即投入使用或测试数据干扰正式分析。监测系统验收合格是核心前提，清除调试与试运行期间测试数据，是为防止测试阶段的数据与正式监测数据混淆，避免影响数据真实性判断。

**6.1.2** 监测数据采集应确保数据的真实性、及时性与完整性。

【条文说明】本条核心是明确监测数据采集的质量要求，为后续数据传输、处理、趋势预测及风险预警提供可靠数据源。确保数据真实性是监测工作的根本前提，若源头数据失真，后续分析与预警将失去意义；数据及时性是应对基坑动态风险的关键，需兼顾常规监测与突发工况，避免因数据滞后导致风险响应不及时，错失处置窗口期；数据完整性需保障数据采集覆盖所有监测项和监测点，防止因设备故障或人为操作遗漏测点，确保数据能完整反映监测对象的整体变化状态。

**6.1.3** 监测数据传输应确保数据的连续性、可靠性与安全性。

【条文说明】针对监测数据从采集端到处理端的有效传递，连续性与可靠性需依托系统冗余设计、边缘存储和传输网络断点续传等功能支撑；安全性需支持采用加密传输技术，防止数据被篡改或窃取。

**6.1.4** 监测数据处理应确保数据的一致性，数据处理结果应与原始数据关联存储。

**【条文说明】**不同测项监测数据处理采用的方式和方法不同，对于采用全站仪、水准仪的位移类监测数据往往需要按测站进行批量处理，而传感器数据多为一对一的数据解算，因此确保数据“可溯源、不混淆”是数据处理的基本要求。结合本规程第 3.0.7 条、5.2.5 条有关规定，通过统一监测点等的编码命名规则和数据处理内容等，确保数据处理前后的一致性和可追溯性；数据处理结果与原始数据关联存储，确保从处理结果可反向追溯至原始采集信息，避免处理过程中数据脱节或篡改风险。

**6.1.5** 监测单位应及时处理和 分析监测数据，对分析出现的异常数据应分析原因，必要时应进行人工复测。

**【条文说明】**及时对监测数据进行处理、分析和识别，保障数据反馈时效性，能够有效指导后续监测工作，并避免因数据处理滞后或异常漏判引发工程风险；必要时的人工复测工作是异常数据验证的重要手段，有助于对数据异常情况的分析，确保数据可靠性，避免因异常数据误判影响工程安全。

## 6.2 数据采集传输

**6.2.1** 监测数据采集频率应能反映监测对象对应测项变化过程且不遗漏其重要变化特征，并应符合设计要求和监测方案要求。

**6.2.2** 当出现影响基坑及周边环境安全的异常情况时应提高监测频率。

**6.2.3** 监测初始值应在监测系统调试运行稳定后、相关施工工序开始前进行测量。

**6.2.4** 监测初始值应取稳定状态下至少连续观测 3 次的平均值作为初始值，采用自动化设备采集的监测初始值应同步采用人工手段进行比对测量。

**6.2.5** 采用自动化方式进行数据采集时，应符合下列要求：

1 数据自动化采集与传输应采用行业通用的标准化通信协议，宜支持有线、无线组网方式和主备信号切换功能；

2 常规工况下数据应按预设频率实时采集与传输，满足监测对象变化过程的动态捕捉需求；

3 宜支持设定异常工况，当触发异常工况时，应自动调整监测频率，满足风险预警及应急处置对数据时效性的需求；

4 宜支持异常告警，数据采集受限或传输中断时，应通过多种渠道发出告警，告知异常测点、断连时间及可能影响因素；及时人工巡检或应急处置；

5 采集与传输终端应具备本地存储功能，支持传输中断后短期续航存储，网络恢复后，应按采集时间顺序补传存储数据。

【条文说明】自动化数据采集与传输成为提升监测效率与时效性的重要方式，其采集与传输过程的规范性直接影响数据质量。采用行业通用标准化通信协议是为确保不同品牌、类型的自动化设备数据格式统一兼容，避免因协议不匹配导致数据无法传输；主备信号切换可应对单一通信链路故障，保障传输通道稳定，符合智能化监测系统对通信可靠性的要求。

支持设定异常工况并自动加密监测频率，针对施工关键工序、监测数据接近预警阈值或周边环境突变（如突发降雨）等场景，加密频率可更精准捕捉监测对象的快速变化，为风险预警及应急处置提供高频次数据支撑，提升风险响应的及时性。

异常告警功能可在数据采集受限（如传感器故障）或传输中断时，通过监测平台、运维终端等多渠道及时告知异常信息，便于工作人员快速定位问题测点、分析断连原因（如设备断电、网络信号弱），并触发人工巡检或应急处置，避免长时间数据断链影响监测连续性。

要求采集与传输终端具备本地存储及断电续航存储、网络恢复后补传数据的功能，是为应对临时断网、断电等突发情况，确保断

连期间的全量采集数据不丢失；网络恢复后按时间顺序补传，可保障监测数据链条完整，避免因数据缺失影响整体趋势分析，进一步夯实数据连续性基础。

**6.2.6** 采用人工方式进行数据采集时，应符合下列要求：

1 对于具备蓝牙通讯功能的测量设备，宜通过监测系统移动端与测量设备建立连接的方式进行数据采集与传输；

2 对于通过采集终端进行人工读数的振弦类传感器，宜通过监测系统移动端录入频率读数的方式进行数据采集与传输；

3 对于无通讯功能的传统测量设备，宜采用监测系统移动端直接录入原始读数的方式进行数据采集与传输；

4 人工方式采集的数据宜在采集完成后 2 小时内，在工程现场通过监测系统移动端完成数据传输。

**【条文说明】**当前，受成本控制或场地条件限制等因素，大多监测项目尚未实现自动化采集和传输，人工进行监测数据采集和填报的方式仍然是主流。本条对上述情况下数据的采集和传输进行规定，保障现场监测数据真实性、准确性和及时性。

对具备蓝牙功能的设备（如智能全站仪、滑动式测斜仪等）采用监测系统移动端进行蓝牙连接后实现即时传输；对于振弦类传感器（如钢筋计、应力计、土压力计等）通过终端读数结合监测系统移动端录入数据方式实现数据传输；对于传统测量设备（钢尺、水准仪等）直接采用监测系统移动端录入读数；通过上述方式间接实现相应测项数据在工程现场完成数据传输，保障数据传输的及时性。

**6.2.7** 巡视检查信息宜通过监测系统移动端在工程现场进行信息填报，并宜同步记录相应位置、影像、时间、人员信息。

**6.2.8** 传输设备应具备传送与接收数据的确认、补发和校验机制，保障传输准确性、完整性和稳定性。

**6.2.9** 监测原始数据应单独建库存储、定期备份，原始数据不允许修改并具备可追溯性。

## 6.3 数据处理分析

**6.3.1** 数据预处理、处理应由监测系统自动完成，对标识的异常数据应进行人工复核与处理。

**6.3.2** 数据预处理宜包括以下内容：

- 1 传感器原始数据滤波处理；
- 2 全站仪、水准仪测量原始数据校验处理；
- 3 异常、无效数据的检查、标识与复核；
- 4 温度、气压、湿度、大气折光的修正；
- 5 数据类型、范围、量纲的校验。

**【条文说明】**通过全站仪、水准仪等测量设备获取的原始数据校验包括测量的视线长度、前后视距差、前后视距累计差等，有助于在工程现场发现数据异常，便于及时复测，保障数据传输的真实性、准确性。

**6.3.3** 数据处理宜包括以下内容：

- 1 数据格式转换与数据标准化；
- 2 监测数据的检核；
- 3 基准点稳定性分析、监测点平差计算与精度评定；
- 4 数据当期变化量、累计变化量和变化速率的计算；
- 5 生成监测数据曲线，曲线能清楚分辨监测点变化量。

**【条文说明】**数据处理涵盖从原始数据到可用成果的全过程。基准点稳定性是平差计算的前提，必须通过统计分析确保其可靠；当期变化量、累计变化量和变化速率是评估基坑状态的关键指标，计算应准确。

**6.3.4** 数据处理完成后，应对数据成果单独建库存储和定期备份。

**6.3.5** 数据分析应结合监测系统提供的相关分析功能，由具备岩土、结构、测量的综合知识和实践经验的人员承担。

**6.3.6** 数据分析应利用监测系统生成的数据图表，结合地质条件、

施工工况、周边环境、巡视检查情况进行综合分析。

**6.3.7** 数据分析宜包括以下内容：

1 宜对同类测项数据最大值、最小值、平均值及其空间分布进行特征分析；

2 宜对多期监测数据按时间序列进行趋势分析，宜选用数学拟合模型、物理模型、人工智能模型，宜生成趋势曲线、预测值及概率分布；

3 宜对人工复测数据与自动化监测数据进行同步展示和对比分析，宜生成差异对比报告；

4 宜对不同测项按时间序列同步展示和关联分析，对不同测项数据与潜在影响因素进行相关性分析，辅助判定数据异常和工程安全状态。

**6.3.8** 数据分析应对监测成果可靠性、监测数据变化特征和发展趋势、基坑总体安全状态进行判断和评估，并给出相应分析结论。

## 7 监测成果与风险预警

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 监测成果应及时、全面地向相关单位进行信息反馈，应优先采用数字化手段进行表达、发布与交付。

【条文说明】本条旨在保障监测信息反馈的时效性与共享效率，确保相关单位能及时掌握基坑及周边环境的动态变化。及时、全面的信息反馈是建设、设计、施工、监理等单位开展安全决策的基础，可避免因信息滞后导致风险处置不及时。

优先采用数字化手段（如监测平台在线发布、电子报告推送、移动端实时查看等），相比传统纸质报告传递，能显著提升成果表达的直观性、发布的即时性及交付的便捷性，同时适配智能化监测系统的应用场景，解决多单位信息共享不及时、数据格式不统一的问题，确保各方同步获取一致的监测信息。

**7.1.2** 监测成果交付物应满足智能化监测专项方案的约定，应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 及有关行业、地方标准的规定。

【条文说明】对采用智能化监测手段取得的监测成果与传统手段成果相比，其交付物存在个性化和通用性两方面要求。

通用性内容和技术要求在现行标准中已有规定，本规程应遵照执行，保持现行国家、行业及天津市有关标准的相互协调，有利于避免因成果内容缺失或技术指标不统一导致各方理解偏差。

个性化要求主要体现在监测成果的存储与表现形式、交付形式、多样化的智能分析内容等，这些约定是对现行标准的细化与延伸，

并非替代,其目的是让交付物更贴合智能化监测“实时性、数字化、智能化”的特点,满足建设、设计、施工等相关方对动态数据共享、智能决策支持的个性化需求,避免智能化监测仅停留在“数据采集自动化”,而交付物仍沿用传统模式,无法充分发挥智能化系统的价值。

**7.1.3** 监测成果应真实、可靠、完整,成果编制与交付过程应包含审核、审定等质量控制环节,相关责任人应对成果文件签字确认。

【条文说明】本条核心是建立监测成果的质量管控闭环,确保成果可作为工程安全判断与决策的可靠依据。监测成果的真实性、可靠性与完整性,一方面,直接依赖于前期数据采集与处理的质量,另一方面,审核、审定环节作为确保成果质量的关键步骤,是对数据合理性、分析逻辑及计算准确性的校验,对成果整体质量与安全结论至关重要。相关责任人签字确认是对各环节质量责任的界定,也使成果具备可追溯性。

**7.1.4** 监测预警值应由基坑工程设计单位结合工程实际确定,取值需综合考虑基坑安全等级、工程地质与水文地质条件、周边环境敏感性 & 当地工程经验。

【条文说明】监测预警值是判断基坑是否处于安全状态的基本标准,其合理性直接影响风险预警的有效性。基坑工程设计单位熟悉工程的结构形式、受力特点及安全控制要求,由其主导确定预警值是适宜的。取值时需综合考虑多因素:基坑安全等级越高,预警值应越严格;工程地质与水文地质条件复杂时,需考虑土体变形特性调整取值;周边环境敏感(如临近既有建筑、地铁)时,预警值需兼顾保护对象的安全要求;当地工程经验则可使预警值更贴合区域工程实际,确保取值既不保守浪费资源,也不宽松遗留风险。

**7.1.5** 监测成果应及时归档,归档内容宜包括原始数据、成果数据、监测报告、分析图件等,归档形式应符合工程建设领域档案管理的相关标准与要求。

【条文说明】规范监测成果的归档管理，有利于保障成果的可追溯性与长期利用价值。原始数据是后续成果复核、异常追溯的基础依据；成果数据、监测报告及分析图件则是工程验收、安全评估的关键资料。按工程建设领域档案管理标准归档，可确保档案的整理规范、存储安全及查阅便捷，既满足工程竣工后验收与审计的要求，也为后续类似工程的监测方案制定与经验积累提供参考依据。

## 7.2 监测成果交付

**7.2.1** 监测当日报表成果应采用表格为主、图表或图形相结合的形式表达，宜由监测系统自动生成。

【条文说明】本条旨在规范监测当日报表的呈现形式与内容构成，当日报表的技术性内容在国标中已有规定，不再赘述。本条规定当日报表宜由监测系统自动生成，是考虑当前大部分监测系统可实现直接对接采集数据，自动计算变化值、判断预警状态，减少人工录入与计算的误差，同时确保报表在当日监测完成后快速生成。

**7.2.2** 监测阶段性分析报告和总结报告应采用文字阐述为主，图表或图形相结合的形式表达，宜由人工辅助与监测系统相结合的方式生成。

【条文说明】本条规定监测阶段性分析报告和总结报告宜人工辅助与监测系统相结合生成，是因为监测系统可高效处理海量数据（如生成数据汇总表、趋势图），而人工则需发挥专业经验（如判断数据异常是否由外界因素变化导致、评估安全风险等级），二者结合可兼顾报告的效率与深度，确保结论科学可靠。

**7.2.3** 监测成果交付物宜在通用报告报表基础上，采用智能化技术丰富成果内容和表达形式，宜增加实时监测数据动态链接、数据变化趋势预测、数据质量评估报告等增值信息，还可关联采用的智能化监测方法、数据传输、数据分析方法等内容。

【条文说明】本条旨在突出智能化监测成果的差异化优势，让交付物不仅是“数据呈现”，更是“技术过程追溯与智能应用延伸”。传统监测成果多聚焦数据本身，而智能化监测的核心价值之一在于技术过程的可追溯性与数据的深度应用。

增加实时监测数据动态链接（如扫码查看某监测点的实时数据曲线）和数据变化趋势预测，可打破传统报告‘静态数据’的局限，满足相关方对数据时效性的更高需求；而数据质量评估（如有效数据率、异常数据处理率），可从技术层面佐证监测成果的可靠性，避免因仅呈现最终数据而隐藏过程问题，进一步提升智能化监测成果的应用价值。关联智能化监测方法、数据传输、数据分析方法等内容，可让成果接收方（如设计单位）清晰了解数据来源的技术逻辑：例如通过查看自动化传感器选型依据，可判断传感器精度是否匹配监测需求；通过了解数据异常识别和分析算法，可理解系统对某组数据标记为“异常”的原因，增强对成果的信任度。

**7.2.4** 监测成果交付物命名应具有辨识度、通用性、规范性和合理性，满足成果接收方对信息读取和检索要求。

**7.2.5** 监测成果宜通过监测系统进行在线交付，并宜支持多种交付介质，相关格式应支持行业通用应用软件，能被接收方直接读取。

【条文说明】智能化监测的核心优势之一是信息传递的高效性，因此优先推荐通过监测系统在线交付。同时，规定支持多样化交付方式与通用格式，确保监测成果的可达性与易用性，避免因交付渠道或格式单一问题影响成果送达和应用。

多种交付介质包括纸质、U盘、光盘等，是为适配不同接收方的管理习惯（如部分单位要求线下存档）及特殊场景（如现场无网络时用U盘交付），确保交付渠道不局限于单一方式，提升适配性。规定成果格式支持行业通用软件格式，可确保成果交付后能被直接打开和读取。

**7.2.6** 监测成果交付方应确保成果交付至各相关接收方，并经接收

方确认，形成交付记录，留存交付过程信息。

【条文说明】构建监测成果交付的“闭环管理”，是信息化时代明确成果交付责任的重要内容，有助于避免交付方“已发送”但接收方“未收到”的权责纠纷情况，防止因信息传递不到位或责任不清引发后续争议。交付记录留存全信息是对交付过程的追溯依据，确保整个交付流程可查、可证，形成完整的责任链条。

**7.2.7** 监测成果交付方与接收方宜采用必要的版本控制方法，防止不必要的信息更改。

【条文说明】通过版本控制能够解决监测成果因多次修改导致的“版本混乱”问题，确保各方使用的成果为统一、有效版本。监测成果（尤其是阶段性报告、总结报告）可能因数据补充（如后期补测数据）、分析修正（如对某异常数据的重新判断）、内容完善（如补充施工工况说明）而多次修改，若缺乏版本控制，易出现接收方同时持有多个版本，且不清楚哪个为最终有效版本的情况，可能导致基于旧版本的错误决策。通过版本控制，可确保交付物的每个版本均唯一、可追溯，避免因版本混乱导致的信息误解或决策风险，保障监测成果应用的准确性。

## 7.3 风险预警及处置

**7.3.1** 监测预警应实行分级预警，宜分为黄色、橙色、红色三级。

【条文说明】本条规定了监测预警的分级体系，通过差异化的等级划分，实现风险的梯度响应，避免一刀切的预警模式导致资源浪费或风险漏判。实际执行中可结合智能化监测系统，设置不同等级的预警阈值，针对不同等级匹配不同的处置措施与响应时效，可避免低风险预警占用过多应急资源，同时确保高风险预警得到最高优先级处置，为基坑安全管控提供清晰的行动指引。

**7.3.2** 当出现下列情况之一时，应立即启动风险预警分析与处置：

- 1 监测项目实测的累计变化量、变化速率达到监测预警值；
- 2 监测项目实测的变化速率连续 3 次超过速率预警值的 70%；
- 3 监测项目下一期趋势分析结果达到预警值的 70%；
- 4 现场巡视检查发现基坑工程或周边设施出现异常裂缝、变形、流沙、管涌等不利情况；
- 5 基坑设计方提出的其他风险预警情况。

【条文说明】本条以数据阈值、趋势预判、现场巡检、专业判断四类具体触发条件，将风险预警从“定性描述”转化为“定量+可感知”的操作标准，核心目标是解决传统预警中触发条件模糊的问题，确保风险识别精准、及时，提升监测系统对预警分析与处置的可操作性，为后续预警处置提供明确启动依据，体现“早发现、早介入”的智能机监测风险管控原则。

现场巡视发现异常裂缝、变形、流沙等是对“纯数据监测”的关键补充，可以按照第 6.2.7 条规定的通过监测系统移动端在工程现场进行信息填报方式进行信息获取，可解决部分风险“数据滞后于现场现象”的问题，实现及时预警。基坑设计方提出的其他风险预警情况，可通过在监测系统设置相应触发条件的方式实现预警分析。本条通过多维度触发条件的组合为风险预警处置提供清晰、可落地的启动标准。

### 7.3.3 风险预警分析与处置宜包括以下内容：

- 1 根据预警等级调整监测频率，进行加密监测，同步开展人工监测复核并加强现场安全巡查；
- 2 数据分析与研判，评估预警数据真实性和预警原因；
- 3 工程风险分析与研判，并得出消警、预警或告警结论和处置建议，确定预警或告警等级；
- 4 生成并发送预警或告警信息，及时通知有关单位对基坑支护结构和周边环境保护对象采取应急措施。

【条文说明】本条明确风险预警分析与处置的核心工作内容，构建

“验证-分析-判断-行动”的程序化闭环流程,确保预警处置科学、有序。调整监测频率、人工复核及加强巡查是处置的基础:加密监测可更精准捕捉数据动态变化,人工复核(如用全站仪比对自动化变形数据)能验证预警数据真实性(排除传感器故障、传输干扰等非风险因素),加强现场巡查则可结合实际工况(如是否存在超挖)辅助判断风险原因,三者结合确保“数据真实、工况匹配”。数据分析与研判是核心环节,需结合监测数据、设备状态、施工工况等多维度信息,评估预警数据是否由真实风险引发,为后续结论提供依据。风险分析与结论判定是关键决策,通过综合评估,明确风险等级,若数据异常由非风险因素导致(如设备校准偏差),则消警;若确有风险,则确定是预警还是告警及对应等级,避免误判。生成并发送信息、提出应急措施是处置落地,将结论转化为可执行的行动,确保各方快速知晓风险,并按建议采取措施,防止风险扩大。

**7.3.4** 预警或告警信息内容应包括工程名称、预警项目、测点编号、当前值及预警值、预警时间、原因分析、采取的措施建议等,宜关联相关应急处置预案。

**【条文说明】**本条旨在规范预警、告警信息的内容构成,确保信息传递完整、可用,避免因信息缺失导致接收方无法快速决策。宜关联应急处置预案是对智能化监测的延伸:关联预案可让接收方快速调取对应等级的标准处置流程,提升处置效率,实现“信息-预案-处置”的有机衔接,体现智能化监测的优势。

**7.3.5** 预警或告警信息可采用监测平台预警、移动端 APP 预警、电话、短信、微信预警等多种发送,确保信息及时、准确送达。

**7.3.6** 风险响应、处置和消警等内容和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 及有关行业、地方标准的规定。

**【条文说明】**智能化监测技术主要解决监测数据采集、处理、分析和风险研判,针对产生的工程风险的响应、处置和消警等内容和要

求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497及有关行业、地方标准的规定，体现本规程和现行有关标准的不同侧重点和有效衔接。

**7.3.7** 监测系统应对产生预警信息对应的测点进行标识，宜记录风险预警触发、处置直至消警的全过程信息。

**【条文说明】**通过监测系统记录与标识，实现风险预警全生命周期的可追溯，为后续风险复盘、评估提供依据。

通过在监测系统地图中用颜色闪烁图标标注，可让相关方直观识别风险测点位置，便于跟踪监测数据变化（如查看该测点加密后的实时曲线），避免在海量测点中遗漏重点关注对象。记录全过程信息既是对风险处置流程的完整追溯，也为后续类似工程的风险处置提供了有益的案例参考，还可用于优化预警模型与处置流程，提升整体风险管控能力。

## 附录 A 智能化监测类型分类编码规则

表 A.0.1 智能化监测类型分类编码规则表

| 监测类型<br>一级分类 | 一级分类<br>编码 | 监测类型<br>二级分类 | 二级分类编码 | 监测类型编码 |
|--------------|------------|--------------|--------|--------|
| 位移类          | W          | 深层水平位移       | SH     | WSH    |
|              |            | 水平位移         | SP     | WSP    |
|              |            | 竖向位移         | SX     | WSX    |
|              |            | 倾斜角度         | QX     | WQX    |
| 应力类          | Y          | 结构应力         | JG     | YJG    |
|              |            | 轴力           | ZL     | YZL    |
| 水文类          | S          | 潜水位          | QS     | SQS    |
|              |            | 承压水位         | YS     | SYS    |
| 其他类          | Q          | 裂缝           | LF     | QLF    |
|              |            | 土压力          | TY     | QTY    |
|              |            | 水压力          | YL     | QYL    |
|              |            | 振动           | ZD     | QZD    |
|              |            | 视频           | SP     | QSP    |

## 附录 B 智能化监测设备分类编码规则

表 B. 0. 1 智能化监测设备分类编码规则表

| 监测类型 | 智能化监测设备  | 设备编码 |
|------|----------|------|
| 位移类  | 智能全站仪    | TPS  |
|      | 卫星定位接收机  | GNSS |
|      | 静力水准仪    | JSZ  |
|      | 分布式光纤传感器 | FGX  |
|      | 激光位移计    | WYJ  |
|      | 机器视觉仪    | SJY  |
|      | 滑动式测斜仪   | HCX  |
|      | 固定式测斜仪   | G CX |
| 应力类  | 倾角计      | QJJ  |
|      | 轴力计      | ZLJ  |
|      | 应力计      | YLJ  |
|      | 锚索计      | MSJ  |
| 水文类  | 钢筋计      | GJJ  |
|      | 液位计      | YWJ  |
| 其他类  | 渗压计      | SYJ  |
|      | 裂缝计      | LFJ  |
|      | 土压力盒     | TYL  |
|      | 孔隙水压力计   | KXS  |
|      | 测振仪      | CZY  |
|      | 摄像机      | SXJ  |

## 附录 C 智能化监测系统验收记录表

表 C. 0. 1 智能化监测系统验收记录表

|       |                 |       |       |
|-------|-----------------|-------|-------|
| 工程名称  |                 | 工程编号  |       |
| 监测单位  |                 | 项目负责人 |       |
| 验收时间  |                 | 天气    | 温度    |
| 系统分类  | 核查内容            | 核查结果  | 备注与建议 |
| 硬件系统  | 传感器采集终端         |       |       |
|       | 传输设备与网络设施       |       |       |
|       | 供电设施            |       |       |
|       | 防护设施            |       |       |
|       | 机房与服务器设施        |       |       |
| 软件系统  | 数据处理与分析模块、      |       |       |
|       | 数据存储与成果表达<br>模块 |       |       |
|       | 信息反馈与预警告警<br>模块 |       |       |
|       | 其他辅助功能模块        |       |       |
| 验收意见  |                 |       |       |
| 验收组成员 |                 |       |       |

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明应按其它有关标准、规范执行的写法为“应符合.....的规定（或要求）”或“应按.....执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 2 《工程测量标准》 GB 50026
- 3 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》 GB/T18314
- 4 《爆破安全规程》 GB 6722
- 5 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120
- 6 《建筑变形测量规范》 JGJ8
- 7 《天津市建筑基坑工程技术规程》 DB/T29-202

天津市工程建设标准

# 天津市建筑基坑工程智能化监测 技术规程

DB/T\*\*-\*\*\*-202\*  
J\*\*\*\*\*-202\*

条文说明

202\* 天 津

## 制订说明

本规程编制过程中，编制组面向本行业进行了广泛深入的调查要求，全面总结了我市建筑基坑工程自动化、数字化、智能化监测方面的实践经验和研究成果，同时参考了国内先进技术法规、技术标准，与国家、行业和本市相关地方标准协调，通过工程验证、征求意见取得了本规程技术内容的有关重要技术参数和指标。

为了便于工程监测领域企业、科研和学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行本条文规定，《天津市建筑基坑工程智能化监测技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

见正文