

福建省勘察设计协会团体标准

基坑（边坡）工程视觉人工智能

监测技术标准

Visual artificial intelligence for excavation (slope) engineering
monitoring technical standards

团体标准编号：T/FJKS 001—2024

主编单位：福建省建筑设计研究院有限公司
福建汇川物联网技术科技股份有限公司

批准部门：福建省勘察设计协会
实施日期：2024年09月01日

2024年 福州

前 言

根据国家标准化管理委员会、民政部颁发的《团体标准管理规定》的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 6 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、监测内容及技术要求、监测系统及要求、数据处理与信息反馈。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由福建省勘察设计协会负责管理，由福建省建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给福建省建筑设计研究院有限公司（地址：福州市鼓楼区通湖路 188 号，福建省建筑设计研究院有限公司，邮政编码：350001），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：福建省建筑设计研究院有限公司
福建汇川物联网技术科技股份有限公司

本标准参编单位：福州大学
福州市勘测院有限公司
福建省地质工程研究院
福建省交通规划设计院有限公司
华东勘测设计院（福建）有限公司
福州市建筑设计院有限责任公司
福州市江北智慧城市建设运营有限公司
福建天宇建筑技术工程有限公司
中建海峡建设发展有限公司
福建省建筑科学研究院有限责任公司
中国电建集团福建省电力勘测设计院

有限公司
厦门华岩勘测设计有限公司
南京工业大学
中化明达（福建）地质勘测有限公司
中勘岩土（厦门）勘察设计有限公司
中建材（福建）勘测设计有限公司
福建省闽设工程检测有限公司
联通（福建）产业互联网有限公司
漳州市建设工程施工图咨询审查有限公司

本标准主要起草人： 王文辉 林文 吴传杰 郑金伙
谢鑫 王浩灵 周成峰 简文彬
张家金 林金洪 郑也平 杨运林
周峰 张峰 朱锐 刘咏徙
郑晔 郑仁耀 杨世华 林生凉
林生法 江涛 张鑫 王璜璜
张海鹏 卓国棫 陈致富 李晓明
丁剑冰 林国强 林大丰 黄家富
王勇 黄清和 陈旻 李林
刘丰 肖登峰 林燕紫 王涛
王东捷 林恒 潘天有 胡霖杰
本标准主要审查人： 戴一鸣 邱春福 林文忠 余清荣
陈树祥 邬建耀

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 1 总 则 | 1 |
| 2 术 语 | 2 |
| 3 基 本 规 定 | 4 |
| 4 监测内容及技术要求 | 8 |
| 4.1 一般规定 | 8 |
| 4.2 变形监测 | 8 |
| 4.3 视觉监测 | 12 |
| 5 监测系统及要求 | 14 |
| 5.1 一般规定 | 14 |
| 5.2 系统功能 | 14 |
| 5.3 系统性能 | 17 |
| 5.4 系统安装与维护 | 19 |
| 6 数据处理与信息反馈 | 22 |
| 本标准用词说明 | 24 |
| 引用标准名录 | 25 |
| 条 文 说 明 | 26 |

Contents

| | | |
|-----|--|--|
| 1 | General provisions | |
| 2 | Terminology | |
| 3 | Basic provisions | |
| 4. | Monitoring content and technical requirements..... | |
| 4.1 | General..... | |
| 4.2 | Deformation monitoring | |
| 4.3 | Visual monitoring..... | |
| 5 | Monitoring systems and requirements | |
| 5.1 | General..... | |
| 5.2 | System functions..... | |
| 5.3 | System performance | |
| 5.4 | System installation and maintenance | |
| 6 | Data processing and information feedback..... | |
| | Explanation of the terms used in this standard | |
| | Citations to the standard directory | |
| | Provisions | |

1 总 则

1.0.1 为提高基坑（边坡）工程视觉人工智能监测技术信息化管理水平，规范视觉人工智能监测系统建设和管理，及时准确地为基坑（边坡）工程变形监测提供可视化监测结果，做到成果可靠、技术先进、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于基于视觉人工智能监测技术对建筑工程、市政工程、水利水电工程、矿山工程、轨道交通工程及水运工程等各类基坑（边坡）进行的可视化变形监测所使用系统的设计、施工、检核和运维服务。

1.0.3 基坑（边坡）工程视觉人工智能监测系统设计、测量精度除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家标准和福建省工程建设地方有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 视觉人工智能（以下简称 AI）监测 visual artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) monitoring

利用视频、激光测量等非接触测量技术，采用物联网、人工智能（以下简称 AI）和信息通信等技术手段，对远程目标实施智能化视频监控、空间位移监测、安全与质量监管及其他相关信息采集的方法。

2.0.2 视觉 AI 监测系统 vision AI monitoring system

具备远程视频监控及目标空间位移信息的采集、传输、储存、处理、计算资源管理等功能的智能化电子信息系统。

2.0.3 变形监测 deformation monitoring

对监测对象的形状或位置变化及相关影响因素进行监测，确定监测对象随时间的变化特征，并进行变形分析的过程。

2.0.4 前端设备 headend equipment

指布置或安装于监测目标附近，具有图像、视频、测量数据采集、传输等功能的远程视频监控相关配套设备。

2.0.5 管理平台 data management platform

监测数据管理平台负责管理接收各类监测数据，含测量、视频、图像等状态信息数据，并对本区域内的数据与状态信息等进行存储、处理、分析、展示和发布的数据中心。

2.0.6 客户端 client

用于显示前端设备或系统管理平台传来的视频、图像和监测数据，可控制前端设备执行指定的程序并获取监测数据。

2.0.7 智能视频监控 intelligent video surveillance

利用计算机视觉技术对监测视频信号进行自动分析、判断和

处理，在不需要人为干预的情况下，通过对序列图像自动分析，对监测场景中的变化进行定位、识别和跟踪，并在此基础上分析和判断目标状态的行为，能在异常情况发生时及时发出警报或提供相关信息。

3 基本规定

3.0.1 现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《建筑地基基础设计规范》GB50007 及现行国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 中规定的应实施监测的基坑工程，符合下列情况之一的，应采用视觉 AI 监测：

- 1 需要对远程目标实施实时智能视频监控时；
- 2 环境条件不允许或不可能采用现场人工方式进行视频变形监测时；
- 3 需实时获取基坑工程影像数据时；
- 4 有特殊要求时。

3.0.2 现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 中规定的应实施监测的边坡工程，符合下列情况之一的，应采用视觉 AI 监测：

- 1 无法采用接触式手段安设监测设备或人工安设过程存在较大安全风险时；
- 2 环境条件不允许或不可能采用现场人工方式进行视频变形监测时；
- 3 需要对远程目标实施智能视频监控时；
- 4 需对边坡崩塌、滚石、滑坡等边坡变形破坏进行可视化监测时。

3.0.3 水利水电边坡工程、矿山边坡工程、市政工程及水运工程中的基坑（边坡）变形监测项目，符合下列情况之一的，宜采用视觉 AI 监测：

- 1 需要对远程目标实施智能视频监控时；

- 2 需获取监测对象视频、图像信息时；
- 3 需要对监测对象连续实时可视化监测时；
- 4 需要对监测结果进行连续实时趋势分析，并同步视频、图像信息等。

3.0.4 除本标准 3.0.1~3 条规定的情况外，符合下列情况之一的，宜采用视觉 AI 监测：

- 1 采用现场人工监测成本高于视觉 AI 监测时；
- 2 工程条件更适合视觉 AI 监测时；
- 3 需要进行面域监测时。

3.0.5 视觉 AI 监测项目对应的监测范围、监测对象、监测精度及监测预警值指标、危险报警条件应满足设计要求。

3.0.6 视觉 AI 监测比对测量，宜符合下列规定：

1 比对测量频次应根据基坑（边坡）设计安全等级和周边环境风险等级综合确定，在监测期间正常工况下的比对测量的频次宜为每季度 1 次~3 次；

2 当巡查发现前端设备位置移动时，应立即进行比对测量；

3 重要施工节点或改变施工方法时，宜进行比对测量。

3.0.7 视觉 AI 监测初始值应在相关施工工序之前测量，采集次数不应少于 3 个时段。

3.0.8 视觉 AI 监测项目监测频率应高于现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《建筑边坡工程技术规程》GB 50330、现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 及其他有关标准规定的 2 倍。

3.0.9 采用视觉 AI 监测前，应进行现场踏勘和资料收集并包括下列主要内容：

- 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、工程测量、水文气象、周边环

境、设计、施工等资料；

3 了解现场供电及网络状况；

4 了解相邻工程的设计和施工情况；

5 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。

3.0.10 采用视觉 AI 监测应编制专项方案或在监测方案中编制视觉 AI 监测专项内容并组织实施。

3.0.11 视觉 AI 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、支护结构剖面图及基坑（边坡）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、监测点的布置、保护要求及测点布置图；

7 精度要求；

8 监测人员配备和使用的主要仪器设备；

9 监测周期和监测频率；

10 监测数据处理、分析与信息反馈；

11 监测预警、数据或设备异常及危险情况下的措施；

12 质量管理、进度管理、监测作业安全及其他管理制度。

3.0.12 视觉 AI 监测工程结束时应提交完整的监测报告，报告内容应包括：

1 工程概况；

2 场地工程地质、水文地质条件、支护结构剖面图及基坑（边坡）周边环境状况；

- 3 监测目的;
- 4 监测依据;
- 5 监测范围、对象及项目;
- 6 基准点、工作基点、监测点的布置、保护要求及测点布置图;
- 7 精度要求;
- 8 监测人员配备和使用的主要仪器设备;
- 9 监测周期和监测频率;
- 10 监测数据、处理方法和监测过程曲线、重要节点图像资料;
- 11 监测数据、结果分析、评价及发展趋势预测;
- 12 结论与建议。

3.0.13 视觉 AI 监测系统应根据管理需求提供数据共享接口。

3.0.14 视觉 AI 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，必要时应设置专用保护装置。

4 监测内容及技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 基坑（边坡）工程采用视觉 AI 监测时，前端设备应满足监测项目、精度和现场作业条件的要求。

4.1.2 视觉 AI 监测采集的数据应符合下列规定：

1 采集的数据应能反映监测对象的变化规律；

2 在监测对象条件基本不变的情况下，视觉 AI 监测系统采集数据的中误差应满足《工程测量通用规范》GB 55018 的规定。

4.1.3 视觉 AI 监测应布设基准点、工作基点和监测点。

4.1.4 每个监测周期开始前和结束后，系统应自动对基准点或工作基点进行远程视频监测复核。

4.1.5 视觉 AI 监测进行变形监测时，应同时采集同部位影像数据。

4.1.6 视觉 AI 监测进行变形监测时，应支持应用视频图像对监测目标点的视觉特征进行识别；目标点包括棱镜、反射贴、棋盘格、喷涂等人工标识，及自然形成的视觉特征等。

4.2 变形监测

4.2.1 视觉 AI 变形监测对象包括基坑（边坡）及支护结构，周边建（构）筑物、周边道路、管线等。

4.2.2 建筑基坑（边坡）视觉 AI 变形监测内容应包括水平位移、竖向位移（沉降）、倾斜、裂缝。

4.2.3 建筑基坑（边坡）视觉 AI 变形监测的监测范围、监测对象、监测精度及监测预警值指标、危险报警条件应符合现行国家标准

《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑边坡工程技术规范》GB50330、现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 等规定。

4.2.4 建筑基坑（边坡）视觉 AI 监测基准点和工作基点的布设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 的规定并在远程视频覆盖且通视的区域范围内。

4.2.5 采用视觉 AI 监测进行基坑（边坡）变形监测时，应符合下列规定：

1 基准点应布设在前端设备通视区域内且不受施工影响的相对稳定区域，不应埋设在低洼积水、易产生胀缩、沉降区域的影响范围内；

2 工作基点宜设置监测墩或监测站房，配备防护装置，满足对仪器的防护要求，选点时应充分考虑施工对工作基点的扰动和对视线的阻挡；

3 控制程序应能按预定顺序逐点监测，数据不正常时应能及时补测、并应根据即时指令增减监测点、监测频率。

4.2.6 水利水电工程边坡视觉 AI 变形监测内容应包括边坡表面水平位移、竖向位移。

4.2.7 采用视觉 AI 监测进行水利水电工程边坡变形监测时，应遵循下列原则：

1 变形监测以整体为主，兼顾局部，对加固区域应进行重点监测；

2 监测断面的选择应具代表性，并且突出重点；

3 仪器等设备应长期稳定、可靠，且有保护措施，并能在恶劣环境中正常工作；

4 前端设备宜“用一备一”。

4.2.8 水利水电工程边坡视觉 AI 监测范围、监测对象及监测预警

值指标、危险报警条件应满足现行行业标准《土石坝安全监测技术规程》SL 60、《土石坝安全监测资料整理规程》SL 169 和《混凝土坝安全监测技术规程》SL 601 的有关规定，并结合业主、设计、施工要求综合确定。

4.2.9 水利水电工程边坡视觉 AI 监测精度应符合现行国家标准《工程测量标准》GB50026 的规定。

4.2.10 水利水电工程边坡视觉 AI 基准点、工作基点和变形观测点布设应符合现行国家标准《工程测量标准》GB50026 的规定。

4.2.11 矿山边坡视觉 AI 变形监测内容应包括：采场边坡工程和排土场边坡工程地表水平位移、竖向位移监测。

4.2.12 采用视觉 AI 监测进行矿山边坡变形监测时，监测工作应坚持“综合监测、科学分析、预测预报、保障安全”的基本原则，并遵循定时、定设备的原则。

4.2.13 矿山边坡视觉 AI 变形监测范围、监测对象及监测预警值指标、危险报警条件、应满足现行行业标准《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》AQ/T2063、现行国家标准《煤炭工业露天矿边坡工程监测规范》GB 51214 的规定。

4.2.15 矿山边坡采用视觉 AI 监测时，监测频率应根据边坡的变形特性、工程地质条件、工程经验、设计要求等因素综合确定。

4.2.16 矿山边坡地表水平位移监测基准网和监测精度，应符合表 4.2.16 的规定：

表 4.2.16 矿山边坡地表水平位移监测基准网和监测精度规定

| 等级 | 基准网 | 监测点 | 适用范围 (边坡工程安全等级) |
|----|------------|-------|--------------------|
| | 相邻基准点点位中误差 | 点位中误差 | |

| | | | |
|----|------|------|-----|
| | (mm) | (mm) | |
| 三等 | ±3 | ±6 | 一、二 |
| 四等 | ±6 | ±12 | 三 |

4.2.17 矿山边坡地表竖直位移监测基准网和监测精度,应符合表 4.2.17 的规定:

表 4.2.17 矿山边坡地表竖向位移监测基准网和监测精度规定

| 等级 | 基准网 | 监测点 | 适用范围 (边坡工程安全等级) |
|----|--------------------|------------|--------------------|
| | 相邻基准点点位中误差 (mm) | 点位中误差 (mm) | |
| 三等 | ±1 | | 一、二 |
| 四等 | ±2 | ±4 | 一、二 |
| 五等 | ±4 | ±8 | 三 |

4.2.18 滑坡视觉 AI 变形监测内容应包括: 滑坡地表水平位移及竖向位移监测。

4.2.19 滑坡视觉 AI 监测范围、监测周期、监测频率及监测预警值指标、危险报警条件应满足现行国家标准《工程测量标准》GB50026 的规定,并结合业主、设计、施工要求综合确定。

4.2.20 滑坡视觉 AI 监测精度应符合表 4.2.20 的规定:

表 4.2.20 滑坡视觉 AI 监测精度规定

| 类型 | 水平位移监测的点位中误差 (mm) | 竖向位移监测的高程中误差 (mm) |
|------|----------------------|-------------------|
| 岩质滑坡 | ±5 | ±5 |

续表 4.2.20

| 类型 | 水平位移监测的点位中误差 (mm) | 竖向位移监测的高程中误差 (mm) |
|----|----------------------|-------------------|
|----|----------------------|-------------------|

| | | |
|------|-----|-----|
| 土质滑坡 | ±10 | ±10 |
|------|-----|-----|

4.2.21 水运工程边坡视觉 AI 变形监测内容应包括：地表水平位移及竖向位移监测。

4.2.22 水运工程边坡视觉 AI 监测范围、监测周期、监测频率及监测预警值指标、危险报警条件应满足现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131 的规定，并结合业主、设计、施工要求综合确定。

4.2.23 水运工程边坡视觉 AI 变形监测精度应符合表 4.2.23 的规定：

表 4.2.23 水运工程边坡视觉 AI 监测精度规定

| 等级 | 点位中误差 (mm) | 高程中误差 (mm) | 适用范围 |
|----|---------------|------------|--------------------|
| 三等 | ±6 | ±2 | 一般性水工建筑物岸坡 |
| 四等 | ±12 | ±4 | 对观测精度要求比较低的水工建筑物岸坡 |

4.3 视觉监测

4.3.1 视觉 AI 监测应具备实时查看监测对象影像数据的功能。

4.3.2 视觉 AI 监测项目除 4.2 节规定的监测项目外，还应包括基坑（边坡）开裂、渗漏等表观现象的影像数据采集。

4.3.3 采用视觉 AI 监测进行基坑（边坡）表观现象监测时，应符合以下规定：

1 应具备现场视频、图像数据采集、传输、显示、存储、查询、回放等基本功能；

2 图像数据应与监测时间、监测目标的空间几何测量数据、施工数据、设计图纸数据等进行逐一对应，保证施工过程场景的

回溯；

3 表观现象出现异常时，应立即反馈，追踪监测并记录变化全程的影像资料。

4.3.4 采用视觉 AI 监测进行边坡崩塌、滚石、滑坡等监测时，应符合以下规定：

1 监测内容应包括监测目标表征变形迹象，宜根据监测点变化情况圈定崩塌、滑坡周界；

2 应采集变形发生前后的图像信息，宜拍摄变形过程视频。

4.3.5 前端设备宜安装气象监测传感器，监测项目宜包括：温度、湿度、风速、风向、气压、雨量等气象信息。

4.3.6 采用视觉 AI 监测进行基坑（边坡）工程巡视检查时，应包含以下内容：

1 支护结构巡视内容应包括支护结构及后侧土体有无裂缝、沉陷及滑移，基坑有无涌土、流砂、管涌；

2 施工工况巡视内容应包括有无超长、超深开挖，场地地表水、地下水排放状况是否正常，基坑、边坡周围地面堆载情况，有无超堆荷载；

3 监测设施巡视内容应包括：测点完好状况，影响观测工作的障碍物情况，监测元件的完好及保护情况；

4 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容；

5 视觉 AI 监测宜支持重点部位自动巡视检查、AI 图像比对，辅以人工巡视检查，自动巡查数据与人工巡查数据互联，同步比对验证。

5 监测系统及要求

5.1 一般规定

5.1.1 视觉 AI 监测系统的构成宜符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 视觉 AI 监测系统构成内容规定

| 模块 | 设备、软件或服务 |
|-----------|-------------------------|
| 传感器模块 | 传感器或测点埋设件 |
| 前端设备 | 变形数据采集 |
| | 视觉监测数据采集 |
| 远程通信模块 | 网络设备 |
| | 通信协议 |
| 信息处理及反馈模块 | AI 信息反馈（含监测数据预警、运行状况报警） |
| | AI 信息展示：图表、三维可视化 |
| | 监测报告 |

5.1.2 视觉 AI 监测系统应具备现场视频、图像数据采集、传输、显示、存储、查询、回放等基本功能，成果应满足现行国家标准和福建省工程建设地方有关标准的规定。

5.2 系统功能

5.2.1 信息采集与处理功能应满足下列要求：

1 具备对监测目标点空间坐标进行实时测量功能，使用远程实时视频，通过控制终端设备捕捉监测目标点影像并进行标注，对监测目标点的空间坐标进行实时采集，同时叠加有测量数据的视频、矢量图像应实时传输到系统管理平台并存储；

2 具备监测目标点之间空间距离的测量功能,并在可视化界面展示,同一界面应可同时展示所测量的监测目标点;

3 具备实时调用 CAD 设计图或施工方案等工程资料的功能,满足与视频图像及测量数据进行复核比对的管理要求;

4 具备巡航采集功能,可远程配置监测目标位置数据、显示数据采集的轨迹,进行自动巡航采集空间数据、拍照截图;

5 系统应支持长焦、广角与全景等三种规格图片的采集,满足由全景图到广角图到长焦图的三级位置关联,自动生成覆盖监测全场景的全景图像的要求,并可实现全景视图的局部细节还原;

6 可进行异常数据或突变数据标识;

7 对突变的数据,具有智能化增频采集的功能;

8 监测数据达到预警值时,具有自动增加监测点、增加监测频率的功能。

5.2.2 系统管理功能应满足下列要求:

1 明确的权限分级管理,具备可增减用户、更改口令和变更权限等功能;

2 可进行监测模块参数扩充和删减,可调整相应数学模型;

3 可对监测项目进行编辑及查询操作;

4 可远程可视化增加、删除测点,更改测点属性,包括监测点初始化、监测频次及预警值等;

5 可增加、更新监测项目测点布置示意图,宜支持 CAD 设计图、BIM 模型、全景影像图等可视化布置;

6 可对系统通信设备进行编辑及查询操作;

7 可对系统硬件进行维修和更换;

8 应支持结合项目实际情况,设置分级预警管控。

5.2.3 数据处理与分析功能应满足下列要求:

1 能对监测数据进行整理,自动计算相应的监测物理量及几

何量，并记入日志；

2 查询数据、查询结果，可用图表显示和导出；

3 可根据用户需要，生成各类监测报表，并输出相应监测成果曲线图，曲线图能清楚分辨监测点变化量；

4 应具备数据定期自动备份和手动备份的功能；

5 系统管理平台应以日为单位对监测与测量数据进行存储，形成施工过程数字影像日志；图像数据应与监测时间、监测目标的空间几何测量数据、施工数据、设计图纸数据等进行逐一对应，保证施工过程场景可回溯。

5.2.4 软件系统其它功能应满足下列要求：

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

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；

3 系统宜具备智能分析识别功能，通过终端设备（包括分析软件）按预定的要求，对监测场景中的目标进行识别、分析和预警；系统宜具备越界分析、移动分析、方向分析、智能跟踪及人脸识别、场景识别等功能。

5.2.5 电源管理功能应满足下列要求：

1 具有持续、稳定供电的功能；

2 具有电源过载保护功能；

3 具有防雷功能。

5.2.6 系统数据安全保护子功能应满足下列要求：

1 具有数据备份和恢复功能，确保数据的安全性、连续性；

2 具有数据保护功能，防止数据被窃取和篡改。

5.3 系统性能

5.3.1 视觉 AI 监测设备的视频和图像分辨率应不低于 1920×1080，应采用彩色摄像机并支持夜视功能。

5.3.2 监测目标的拍照截图应符合现行国家有关标准的规定；拍照截图应标注监测目标的测量数据、时间和项目信息等。

5.3.3 采用有线传输或近距离无线传输时，帧率不应低于 25 帧/秒，采用远程无线传输时，帧率不应低于 8 帧/秒。

5.3.4 系统应自动分析诊断视频图像质量和设备的离线故障。

5.3.5 系统应支持对预设目标进行自动扫描和定时巡航及拍照截图，并自动拼接形成全景图，监测目标点位和巡航轨迹应可远程无接触设置。

5.3.6 远程视频监控摄像机和云平台应实现联动监测测量。

5.3.7 远程视频监控设备的云平台水平方向角移动范围不应小于 360°，仰俯角移动范围不应小于 180°，水平方向角和仰俯角的分辨率不应大于 0.001°，防护等级不应低于 IP65。

5.3.8 采用视觉 AI 自动化监测精度应符合表 5.3.8 的规定：

表 5.3.8 视觉 AI 自动化监测精度规定

| 测程 | 自动监测精度 (mm) | 适用范围 |
|-----------------------------------|-------------|------|
| $D \leq 50\text{m}$ | ± 0.5 | 位移监测 |
| $50\text{m} < D \leq 100\text{m}$ | ± 1 | |

5.3.9 视觉 AI 监测系统远程通信设备应满足下列规定：

- 1 远程通信设备的选择应和系统网络结构相适应；
- 2 现场网络设备可根据工程实际需要选择有线或无线形式，

必要时应具备能够支持多种有线、无线通信组网方式和主、备信道自动切换的功能；

3 网络通信速率宜综合考虑监测现场网络的通信方式、网络环境状况等因素，以通信稳定可靠为原则选定；

4 传输方式除应符合现行国家有关标准的规定外，对有安全保密要求的传输方式还应支持信号加密。

5.3.10 系统机房及硬件设备性能应符合下列规定：

1 具有良好的防雷、防潮、防锈和防侵入等性能，具有抗震、抗电磁干扰等性能；

2 机房的防雷性能应符合现行国家有关标准的规定。

5.3.11 系统电源性能应符合下列规定：

1 在外部电源突然中断时，后备电源能保证系统最低配置的设备运行时间不宜小于 72h；

2 使用太阳能供电时，后备电池的容量应满足连续 72h 阴雨天气情况下的监测设备正常运行；

3 系统电源波动幅度不超过 $\pm 10\%$ ，并应设置过载保护；

4 数据采集装置、网络通信、系统电源等宜独立设置防雷装置，接地电阻不应大于 4Ω ；

5 现场电源电压不宜高于 36V，当必须采用市电时，应做好线缆保护。

5.3.12 系统软件性能应符合下列规定：

1 具有较好的长期稳定性、可靠性、可扩展性；

2 运行稳定，更新及时，软件开发和用户界面规范，软件使用便捷。

5.4 系统安装与维护

5.4.1 系统软硬件的安装部署应由具备相应技术能力的单位集成实施，施工现场应满足视觉 AI 监测设备安装的场地、用电、设施固定等基本要求；电力供应有过流、过压和接地保护措施。

5.4.2 视觉 AI 监测设备安装应预留维修和操作空间，并符合以下要求：

1 设备应采用稳定、牢固的安装支架，安装位置应选取在不易受外界干扰和破坏的位置，且不得影响现场设备运行和人员正常活动；

2 设备应采取有效防雷保护措施，宜单独设立避雷针；

3 设备安装时应注意避免遮挡和减少图像出现逆光现象，并不得损坏或降低被附着物的安全性能。

5.4.3 视觉 AI 监测系统安装完成后，应进行调试，包括下列内容：

1 设备功能测试；

2 系统参数设置；

3 系统运行测试。

5.4.4 设备功能调试应包括下列内容：

1 前端设备测试；

2 数据采集设备的采集、输出功能测试；

3 数据传输设备通信功能测试。

5.4.5 视觉 AI 监测初始值的采集应符合下列规定：

1 应在相关施工工序实施之前采集；

2 应在视觉 AI 监测系统经过调试且运行稳定后采集；

3 初始值取至少连续监测 3 次的平均值。

5.4.6 视觉 AI 监测系统试运行期间应对形成的施工影像日志数字成果进行完整性、连续性回溯查询检验。

5.4.7 视觉 AI 监测系统首次使用前应进行系统远程监控测量与现场人工实测的比对验证，满足精度要求后方可使用。

5.4.8 视觉 AI 监测系统投入使用时，应根据系统的使用与管理要求编制系统运维工作计划。

5.4.9 应根据视觉 AI 监测系统接入设备的规模和复杂程度及信息共享联网等情况，合理规划系统运维服务的管理方式和保障措施。

5.4.10 视觉 AI 监测系统硬件运维应包括下列内容：

- 1 定期检查硬件设备的供电；
- 2 定期检查网络状态；
- 3 定期检查设备运行状态；
- 4 定期对硬件设备防水、防尘状态进行检查；
- 5 定期对设备的精度进行检查校正。

5.4.11 视觉 AI 监测系统应建立自动更新升级的维护机制，并根据系统运行过程中出现的情况及时采取以下对应的维护措施：

1 系统在使用过程中出现错误或发现潜在缺陷时，应进行纠错和优化维护；

2 系统功能变动和需求改进时，应进行完善性维护；

3 当系统的配置或硬件环境改变时，应进行适应性维护。

5.4.12 视觉 AI 监测系统配置参数、系统管理日志、用户管理数据、视频图像信息和测量数据等，应按以下要求进行维护：

1 数据备份：应根据数据的类型和重要性合理确定其更新周期和备份计划；系统管理日志和用户管理数据应每日进行备份，并在数据更新周期内完成本周期所有数据的备份；

2 数据恢复：应结合数据备份计划预先制定具体的数据恢复工作计划和数据恢复方案，恢复工作完成后应检测数据的完整性；

3 数据整理：应制定数据整理计划，定期对系统数据进行整

理，保证系统稳定运行。

6 数据处理与信息反馈

6.0.1 视觉 AI 监测数据分析及信息反馈平台应包括下列内容：

- 1 监测异常数据的判断；
- 2 基准网点的稳定性分析；
- 3 监测异常数据的标识；
- 4 监测数据预警。

6.0.2 监测数据达到累计变化量控制值或变化速率预警值时，采取的措施应符合下列规定：

1 应立即自动提高监测频率，并对预警目标一定范围内增加监测点；

2 预警时系统应自动推送现场发生异常的监测目标点的监测数据、预警等级、当前与初始实景图像、预警位置等信息到系统管理平台和客户端，便于管理人员远程判断；

3 预警信息宜包括工程名称、预警项目、测点编号、当前值及预警值、预警等级、预警时间、预警位置、原始与当前的实景影像等。

6.0.3 视觉 AI 监测数据应包括原始数据、计算过程及结果数据、操作信息、巡视检查信息、成果报告等。

6.0.4 视觉 AI 监测数据应实时上传系统管理平台，监测数据的预处理、数据的分析、反馈宜由系统自动进行。

6.0.5 视觉 AI 监测宜采用特征点匹配算法进行图像比对分析。

6.0.6 监测数据应按照工程项目信息、监测内容、监测数据类型及时间顺序进行归类整理。

6.0.7 系统管理平台应自动生成监测数据随时间变化的图表。

6.0.8 系统管理平台应具备监测数据收敛或发散趋势分析、判断

的功能。

6.0.9 系统管理平台应自动生成监测成果报告，报告应包含完整的监测信息。

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先这样做的:

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时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程测量通用规范》 GB 55018
- 2 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 3 《建筑地基基础设计规范》 GB50007
- 4 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 5 《建筑边坡工程技术规范》 GB50330
- 6 《建筑变形测量规范》 JGJ8
- 7 《土石坝安全监测技术规程》 SL 60
- 8 《土石坝安全监测资料整理规程》 SL 169
- 9 《混凝土坝安全监测技术规程》 SL 601
- 10 《工程测量标准》 GB50026
- 11 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》
AQT2063
- 12 《煤炭工业露天矿边坡工程监测规范》 GB 51214
- 13 《水运工程测量规范》 JTS 131

福建省勘察设计协会团体标准

基坑（边坡）工程视觉人工智能
监测技术标准

T/FJKS 001—2024

条文说明

编制说明

本标准制定过程中,编制组进行了视觉 AI 监测技术发展现状的调查研究,总结了我国工程建设中应用视觉 AI 监测进行基坑(边坡)工程安全监测的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过对视觉 AI 监测技术的功能、性能和应用方面的研究,取得了阶段性成果。

本标准编制原则为:(1)科学合理、具有可操作性;(2)实事求是,标准使用人应严格遵守标准有关规定;(3)提高管理效率的同时又能保证质量等。

关于视觉 AI 监测技术应用等重要问题,编制组给出了具有可操作性且适用的解决措施,编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程管理应用后对标准进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定,《基坑(边坡)工程视觉 AI 监测技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

| | |
|---|-----------------|
| 1 | 总 则 |
| 2 | 术 语 |
| 3 | 基 本 规 定 |
| 4 | 监测内容及技术要求 |
| 5 | 监测系统及要求 |
| 6 | 数据处理与信息反馈 |

1 总 则

1.0.1 目前,监测测试技术手段发展迅速,监测精度已大大提高,基坑(边坡)岩土体位移、支护结构(支护桩)水平位移、支撑的应力和应变、周边建筑变形等通过相应设备和传感器已能实现自动化监测,取代人工监测方式工作强度大、问题反馈不及时等不足,然而,仍然存在无法实现图像识别监测,且受监测点布置数量及传感器成本等问题,随着人工智能和机器视觉、图像识别等技术发展,视觉 AI 监测技术逐渐在建筑、公路、铁路、水利水电等工程基坑(边坡)以及自然边坡等多领域监测中得到应用,视觉 AI 监测技术是未来发展的趋势之一。

视觉 AI 监测技术是一种基于计算机视觉原理、数字图像处理 and 数值计算的非接触、非干涉、全场变形光学测量方法。近年来,高精度数字图像检测方法的研究成为国内外热点领域。其技术原理源于数字图像相关(SIFT)处理,作为一种光学测量技术,基于拍摄物体表面得到的变形前后图片,依据物体表面自然或人造的散斑纹理进行相关分析,根据对变形前后图像概率统计的相关性来确定物体表面的形变信息。基于高精度数字图像检测技术,结合物联网技术、云计算技术,突破性地将高精度数字图像检测技术应用于土木工程变形在线监测方向,较传统传感器技术有了大幅突破。

将视觉 AI 监测技术应用于基坑与边坡变形监测,通过合理搭建监测设备平台,严格实施安全防护措施,对量测数据进行数字图像相关处理及分析,以实现基坑(边坡)变形实时自动化监测与稳定性评价的目的。在基坑(边坡)变形监测领域具有显著的应用优势与推广前景。一方面可以解决人工监测不能随时获取可

视化监测数据问题，另一方面可以提高现场监测与数据处理工作的时效性。因此，对基坑（边坡）稳定性情况进行长期、系统的远程视觉 AI 监测，分析其变形发展过程、及时发现其安全隐患，对保障基坑（边坡）长期稳定运行具有重要的现实意义。

2 术 语

2.0.4 远程视频监测设备是通过视频监控与测量功能相结合的可视化监测设备，可对监测目标的空间坐标变化和现场实景图像变化进行实时远程监测。

3 基本规定

3.0.3 现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《建筑地基基础设计规范》GB5007、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911、《煤炭工业露天矿边坡工程监测规范》GB51214 及现行国家行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、《水利水电工程边坡设计规范》SL386、《水运工程测量规范》JTS131 中规定的应实施监测的基坑（边坡）变形监测项目中，一部分是有条件采用现场人工监测的项目，另一部分是环境条件不允许或不可能用现场人工方式进行监测的项目，这些项目大多具有地理位置偏远、周边环境复杂或危险的特点。然而，这些项目又属于应实施监测的监测项目，因此，这些项目只能采用远程非接触监测方式，这种监测方式在前端设备安装后，除必要的维护外，大部分情况可以在远程进行视频监控，大幅降低了现场人工监测的劳动力成本和危险程度。

3.0.4 视觉 AI 监测的布设成本主要体现在工程前期，随着时间的增长，成本不断降低，因此，一般在监测总时长较长时，更有成本优势，也更适宜采用视觉 AI 监测。

3.0.5 监测范围、监测对象、监测点布置、监测精度及监测预警值指标、危险报警条件在设计文件及国家有关标准中均有详细、完善的规定，视觉 AI 监测丰富了监测方法，弥补了现有监测方法的不足，因此，在实施过程中应满足设计及相关标准要求。

3.0.6 目前位移类监测涉及控制网联测、监测方法和监测设备的稳定性等诸多问题，均会影响监测的精度，其他监测也有可能因现场变化而产生较大误差，因此，需要进行一定量的比对测量，

以保证监测的准确度。

3.0.7 采集时段可以是分、时、天等，满足监测稳定要求即可。

3.0.8 在监测频率上，考虑到监测成本，目前各规范对监测频率的要求，为满足基坑（边坡）安全稳定即可，而在这方面，视觉AI监测有着明显的优势，监测频率的提高，基本不增加监测成本，高频率的监测有利于基坑监测的精细度，更好地预测，更及时地预警，且可以累积丰富的数据资料，为各方的数据分析提供更好的支持。因此，规定监测频率不低于现行有关标准规定的要求的2倍是易于实现的。

3.0.14 监测设施、设备的稳定可靠直接关系到监测数据的稳定性和准确性，为保证监测效果，第三方监测单位必须开展监测设施、设备的保护工作。保护工作所采取的措施及装置与施工现场的施工工况密切相关，因此作为建设主体和施工主体的建设方及施工方，应协助监测单位做好保护工作。测点应设置明显的警示标识或保护装置。

4 监测内容及技术要求

4.2 变形监测

4.2.2 根据现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330，建筑边坡变形监测包括：坡顶水平位移和竖向位移监测、坡顶建（构）筑物变形（水平位移、竖向位移、倾斜）监测；根据现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497，建筑基坑变形监测包括：

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；

2 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、道路的竖向位移监测；

3 倾斜监测：包括周边建筑的倾斜监测。

4.2.3 建筑基坑（边坡）变形监测观测精度应根据支护结构类型，基坑（边坡）形状、大小、深度、工程地质与水文地质和设计变形控制等因素确定，并符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 的有关规定。

现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 规定的建筑变形测量的等级、精度指标及其适用范围如下表 1：

表 1 建筑变形测量的等级、精度指标及其适用范围要求

| 等级 | 沉降监测点测站 高差中误差 (mm) | 位移监测点坐标中误差 (mm) | 主要适用范围 |
|----|-----------------------|--------------------|-----------------|
| 特等 | 0.05 | 0.3 | 特高精度要求的变形 测量 |

续表 1

| 等级 | 沉降监测点测站 高差中误差(mm) | 位移监测点 坐标中误差 (mm) | 主要适用范围 |
|----|----------------------|------------------------|---|
| 一等 | 0.15 | 1.0 | 地基基础设计为甲级的建筑的变形测量；重要的古建筑物；历史建筑的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等 |
| 二等 | 0.5 | 3.0 | 地基基础设计为甲、乙级的建筑的变形测量；重要场地的边坡监测；重要的基坑监测；重要管线的变形测量；地下工程施工及运营中的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等 |
| 三等 | 1.5 | 10.0 | 地基基础设计为乙、丙级的建筑的变形测量；一般场地的边坡监测；一般的基坑监测；地表、道路及一般管线的变形测量；一般的城市基础设施的变形测量；日照变形测量；风振变形测量等 |
| 四等 | 3.0 | 20.0 | 精度要求低的变形测量 |

4.2.7 水利水电工程边坡监测周期长、环境恶劣，监测时仪器损耗大，为避免因仪器损坏而中断监测，监测现场宜放置一台设备备用。

4.2.9 现行国家标准《工程测量标准》GB50026 规定变形监测等级划分及精度要求及其适用范围如表 2。

表 2 变形测量的等级、精度指标及其适用范围要求

| 等级 | 垂直位移监测 | | 水平位移监测 | 使用范围 |
|----|-------------|---------------|-------------|--|
| | 变形观测点的高程中误差 | 相邻变形观测点的高差中误差 | 变形观测点的点位中误差 | |
| 一等 | 0.3 | 0.1 | 1.5 | 变形特别敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、重要古建筑、大型坝体、精密工程设施、特大型桥梁、大型直立岩体、大型坝区地壳变形监测等 |
| 二等 | 0.5 | 0.3 | 3.0 | 变形比较敏感的高层建筑、高耸构筑物、工业建筑、古建筑、特大型和大型桥梁、大中型坝体、直立岩体、高边坡、重要工程设施、重大地下工程、危害性较大的滑坡监测等 |
| 三等 | 1.0 | 0.5 | 6.0 | 一般性的高层建筑、多层建筑、工业建筑、高耸构筑物、直立岩体、高边坡、深基坑、一般地下工程、危害性一般的滑坡监测、大型桥梁等 |
| 四等 | 2.0 | 1.0 | 12.0 | 观测精度要求较低的建(构)筑物、普通滑坡监测、中小型桥梁等 |

4.2.12 矿山边坡工程安全稳定会受到诸多方面因素的影响，主要包括：人类活动，构成边坡的工程地质条件、水文地质条件、对边坡稳定构成影响的环境条件等，因此，要求监测工作坚持“综合监测、科学分析、预测预报、保障安全”的基本原则。其次露

天煤矿边坡工程监测是一项非常精细的工作，对观测时间、观测设备等有着严格的要求，因此强调定时、定设备，尽量减少误差。

4.2.15 现行国家标准《煤炭工业露天矿边坡工程监测规范》GB 51214 规定监测频率宜为每月监测 1 次~2 次，人工监测应每月不少于 1 次，考虑到视觉 AI 监测的技术优势，在成本较低条件下，提高监测频率以保障工程安全。雨季应适当增加监测频率，极端天气前后应增加监测频率；边坡变形超过预警值时，应增加监测频率。

4.3 视觉监测

4.3.5 监测影响基坑（边坡）安全稳定的气象因素，结合变形监测数据，可进一步准确掌握基坑（边坡）变形规律。

4.3.6 视觉 AI 监测系统安全巡视检查应以自动巡视检查为主，人工巡视检查为辅。自动巡视检查应以前端设备对重点部位进行巡视、图像比对，监测点可远程批量布设、远程增删、自动巡航检查，并可全过程连续自动监测、预警、记录；系统应自动识别和定位渗漏、开裂等隐患，同时自动同步推送该部位初始与当前影像进行预警，并自动增加该部位为重要监测点，加密监测。

5 监测系统及要求

5.2 系统功能

5.2.1 SIFT 算法是基于尺度空间的图像匹配方法，较强的鲁棒性使其对尺度变化、平移、旋转、仿射变换、视角变化及光照改变等的图像具有稳健的匹配效果，利用 SIFT 图像特征提取关键值，不仅能够生成致密的图像深度数据，也能对输出结果进行交叉验证。

SIFT 算法通过生成描述子向量来描述特征点，并用于后续的匹配环节。特征描述点的唯一性，可以去除拍摄时光线等因素的影响，以此来实现监测目标点的跟踪照准。

5.2.2 系统平台应有清晰的权限分级分层管理机制，能对使用人员、监测参数、传感器、监测项目等进行有效管理，能满足新的监测技术及监测手段的调整要求，实现技术更替。

5.2.3 工程现场对监测数据的影响较大，监测平台应设立数据筛选策略，对数据的有效性进行校检，防止误预警发生。根据工程项目需要，生成各时间段的报表，曲线图的曲线数量不宜过多，能清晰反映监测点变化情况。数据备份应及时进行。

5.2.5 供电设施作为整个系统运作的保障，如果供电失效会导致数据丢失或错误，应有专门的保护方案，包括供电的持续、稳定、电源的过载保护和防雷功能。

5.3 系统性能

5.3.10 现场情况复杂，施工中常有移动的机械设备和人员，容易

损坏牵拉的线缆，因此，只要无线网络稳定，现场网络尽量以无线方式，可以选择无线局域网或电信运营商的网络。如果条件限制，必须采用有线网络时，线缆布置一定要合理，避开机械设备和人员行走的通道，还要进行防水、防潮等保护。

5.3.12 系统电源作为整个监测系统的支撑，必须进行可靠的设计，首先是要电力充足，主要指后备电源的供电能力；其次是电源的稳定性；另外，雷击对监测系统破坏威胁性较大，因此系统的防雷设计也十分重要。

5.4 系统安装与维护

5.4.4 系统参数设置主要指：监测项目、监测频率及预警值的设定，系统运行测试主要是进行系统稳定性和可靠性测试。

5.4.5 采用 AI 手段建设的监测系统，任何一个环节出了问题，都会导致数据的失真或采集不稳定，因此初始值的采集必须在智能化监测系统经过调试且运行稳定后进行。

6 数据处理与信息反馈

6.0.1 1 视觉 AI 监测系统所采集的数据,必须是真实、完整的,但由于采集设备、数据传输等环节上,无论是静态测量还是动态测量,由于测量设备本身、数据传输或者人工操作等原因,都可能产生某些错误监测数据,工程上称为异常数据。

2 监测基准网的稳定性分析,主要利用现有采集到的基准数据,根据他们之间的相对关系,进行稳定性的校验;

3 异常数据的标识,主要是对突变数据、缺失数据的异常情况进行存储和展示时的标记处理,便于后续分析。

4 实测数据预警是实际监测结果达到累计变化量或变化速率预警值时的措施。

6.0.4 视觉 AI 监测的监测频率较高,采集的数据较多,人工处理工作量大且不及时,因此,预处理、数据分析和反馈宜由系统自动进行。

6.0.5 图像比对分析时,系统利用图像特征点提取和特征点匹配算法,计算当前图像和历史模板图像的单应性矩阵,并与预设阈值比对,从而判断监测区域是否存在大面积的变形;若不存在大面积的变形,再计算当前图像和历史图像的差值图像,并将其作为 DNN 模型(基于深度学习的神经网络模型)的输入,得到分类/识别结果,根据分类/识别结果判断监测区域是否存在开裂、石块掉落和小面积变形。