

老墙施工过程中的智慧监测技术应用

刘 乾 李飞彪 周 鼎 张渝松 毋珂帆
中国建筑第八工程局 上海 201108

摘 要：文章以景德镇陶溪川1层老厂房砖砌体结构为例，将基于工程智慧监测系统平台的安全自动化监测系统应用于厂房加固施工过程中和加固后的老墙体安全监测。通过对厂房整体倾斜、沉降以及加固部位的应力变化进行跟踪测量，实现了基坑施工过程中对老墙的影响的自动化监测，为基坑施工过程中的信息化施工和加固老墙后期的使用安全提供了一种可行的方法。

关键词：老墙结构加固基础施工；自动化监测；砌体安全；工程智慧监测系统平台

引言

随着业主的设计要求及施工进度的全面开展，现场施工对于博物馆厂房老墙的影响越来越大，对厂房中的许多老旧墙体需要进行排查，对大量查出有安全问题的老墙需要进行加固监测，以消除安全隐患。

基坑施工过程中，老墙基础的受力发生变化，老墙基础新增加的结构受力状态是否和设计一致，老墙整体是否发生超出安全限值的变形，这些参数对合理的设计和安全的加固是十分重要的。

目前国内外对老墙砌体结构的加固后基坑施工进行监测比较薄弱，传统的加固施工没有采用信息化手段进行施工监控，从而也无法获得这些老墙基础过程中结构受力与变形的数据。^[1]随着传感器技术和信息化智能化技术的发展，自动化监测越来越多地应用到施工中，文章将智慧监测系统应用于老墙的基础施工中，获得施工过程中老墙基础的受力与变形数据，为老墙基础施工信息化智能化做了有效的尝试。

1 监测方法

1.1 监测目标

通过不同的传感器接入云端总系统，智慧平台的远程监测系统可以对老墙的多个指标进行监控。其中包括：

1.1.1 倾斜监测

老墙的倾斜通常是由于周围基坑施工的影响或地基不稳定等因素所导致的。当结构发生变形时，老墙会产生应力变化，从而加速倒塌的风险。倾斜监测系统通常通过安装在老墙表面的传感器来实时监测其倾斜角度。这些传感器可以检测到细微的倾斜变化，并将数据传输到云端总系统。通过大数据分析与人工智能技术，系统能够在出现倾斜时自动报警，提醒施工人员及时采取措施。倾斜监测成为施工安全鉴定的关键指标之一，能够有效防止因基础沉降或周围施工引起的墙体倾斜及倒塌

风险。

1.1.2 沉降监测

沉降监测主要分为均匀沉降和不均匀沉降。在老墙施工过程中，地基的沉降会直接影响墙体的稳定性。均匀沉降是指墙体整个结构均匀下沉，这种沉降通常不会导致裂缝，但对于施工中的设备及人员安全有一定的影响。沉降监测系统通过在不同部位安装传感器，定期测量墙体及基础的沉降情况。若出现不均匀沉降，监测系统能够及时发现墙体裂缝和倾斜现象，并触发报警。这种不均匀沉降往往会导致结构局部损伤，甚至威胁到整个建筑物的安全。因此，沉降监测在智慧监测中发挥着重要作用，确保建筑物在施工过程中稳定安全。

1.1.3 裂缝变形监测

老墙在施工过程中，尤其是在基础拆除后，新旧基础之间的应力重分布会引发墙体裂缝。即使有钢结构支撑，裂缝的出现仍会影响墙体的整体稳定性和结构完整性。裂缝变形监测技术利用高精度传感器和光纤技术，实时监测墙体裂缝的扩展与变形。通过将监测数据上传至云端系统，施工人员可以随时掌握老墙裂缝的变化情况。一旦出现裂缝扩展的异常情况，系统能够发出预警，提醒施工人员进行处理，防止裂缝进一步加剧，确保老墙在施工过程中的完整性。

1.2 监测系统组成架构

整个系统架构依据最新的物联网架构，分别由无线监测终端、监控中心、移动监测平台、云服务器等多个部分组成，满足先进性、安全性、稳定性要求。

（1）无线监测终端：倾斜的监测采用TSR03倾斜自动监测系统，沉降监测采用TSR02裂缝自动监测系统，沉降监测的监测TSR04便捷式超低功耗沉降自动监测系统。

（2）数据采集及数据传输：并由免供电自动采集终端通过通讯总线将各个测点和基准点的监测数据采集并

分析处理后上传到系统平台云服务器，最后就可以通过监控中心PC机或个人手机端就能查阅监测数据、接收超限报警短信，以及对各个测点监测频率进行更改和报警限值重新设定等各种操作。

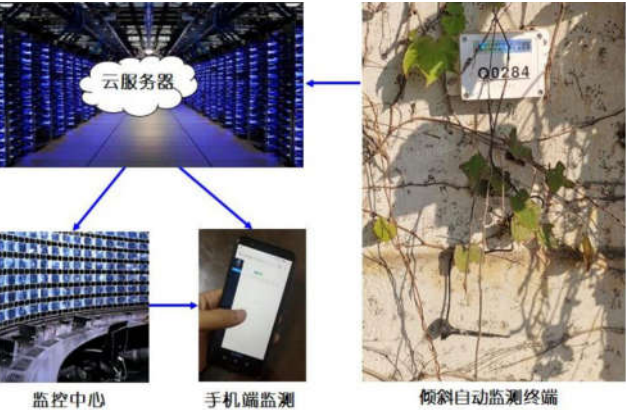


图1 监测系统组成架构图

(3) 云服务器的构建：包含监测数据的上传、数据成果和监测平台。服务器和数据库负责收集数据的存储、初步处理、分析和统计，还提供非常专业的数据存储。应用软件平台采用开放式设计，支持多个用户、多端口的监控。主要功能包括实时数据、历史数据、用户管理、综合查询、报警管理、高级应用等。

数据可以通过智能页面方式提供给用户，见下图2。



图2

2 施工案例

2.1 工程概况

本次主要监测的对象是项目博物馆区域老旧厂房。厂房共有6个，其中一号、二号与三号厂房为大面积连续墙体，四号为花墙，五号六号为复合式建筑，厂房建于20世纪70年代，建筑面积12000㎡。现场检查结果表明，厂房墙体在增加了钢结构支撑后，厂房地基基础未明显不均匀沉降；厂房老旧墙体为方便施工拆除了门洞区域，导致墙体不完整不连续，后续施工存在安全隐患；墙体的圈梁年久失修，属危险构件；下一步施工需开挖地基，并且持续性的裸露底部无支撑，即承重结构已不能满足安全使用要求，厂房整体处于危险状态，构成整幢危房。由于厂房还需要继续施工开挖地基，因此急需

加固。

2.2 施工步骤

本工程对于老墙的影响主要有以下五个阶段，屋顶拆除、钢结构支撑、桩基施工、基坑施工、主体结构施工。

(1) 屋顶拆除：在项目初期，首先进行的是屋顶拆除。原建筑为陶瓷厂房，整体为砖混结构。屋顶的拆除是项目的第一步，由于厂房面积较大，拆除时必须借助机械设备进行，因此可能会对老墙产生初步损伤。为了评估拆除过程中对墙体的影响，监测设备被布置在老墙的关键区域，包括墙体的裂缝和受力区域。通过实时监测老墙的裂缝变化、位移及倾斜角度，系统能够即时反映屋顶拆除过程对老墙造成的潜在损害，确保及时采取措施避免墙体进一步损坏。

(2) 钢结构支撑：在屋顶拆除后，为了保护老墙并防止其进一步损坏，采取了钢结构支撑的方式。钢结构支撑的主要目的是增强老墙的稳定性，防止因外力作用而导致的倾斜或倒塌。在此阶段，智慧监测技术将实时监测钢结构与老墙之间的连接点及支撑结构的受力情况。通过高精度传感器监测墙体的变形、倾斜程度以及支撑结构的稳定性，确保支撑体系能够有效保护老墙。监测数据将被实时传输至云端系统，施工团队能够随时掌握老墙支撑的实际效果，必要时进行调整。

(3) 桩基施工：桩基施工是结构加固的关键环节，在钢结构支撑完成后进行。桩基施工对墙体稳定性的影响较大，特别是在进行桩基打入过程中，地面振动和施工扰动可能引起墙体的微小裂缝和沉降。为了保证施工的安全性，智慧监测技术将监测设备均匀布置在厂房墙体周围的关键位置，特别是墙体裂缝和倾斜的区域。通过倾斜计、裂缝计等传感器对墙体的微小变化进行监控，实时获取墙体在桩基施工过程中的受力情况和变形状态。监测数据将通过云端平台传输，供工程师及时调整施工方案，确保桩基施工不会对老墙产生不可逆的损害。

(4) 基坑施工：基坑施工是影响老墙稳定性的重要阶段，特别是在博物馆厂房区域，地下结构复杂，涉及穿墙的地下通道及管廊等设施。基坑开挖深度大，施工过程中可能会对老墙造成额外的应力，进而引起墙体变形或裂缝的扩展。在此阶段，智慧监测技术的作用尤为关键，系统将加密布置监测点，重点监测老墙的倾斜、沉降及裂缝的变化。通过地下位移监测仪、应变传感器和加速度计等设备，实时获取墙体变形的动态数据，分析可能存在的风险点。监测系统可以实时发出警报，提醒施工人员注意墙体安全，及时调整施工进度和方法，确保基坑施工不对老墙造成过度破坏。

(5) 主体结构施工: 基坑施工完成后, 主体结构施工开始。在这一阶段, 主要面临的挑战是如何将新建的主体结构与老旧的墙体进行有效连接, 保证墙体的稳定性。在拆除钢结构支撑之前, 必须确保新建主体结构 with 老墙之间的刚性连接。智慧监测技术将在这一阶段继续发挥重要作用, 通过传感器实时监测连接部位的应力变化、变形和稳定性。系统通过监控墙体与新结构之间的接口区域, 确保新结构不会对老墙产生过大的影响, 并在需要拆除支撑结构之前确认墙体的安全性。此外, 通过监测老墙的裂缝和沉降情况, 施工团队能够确认主体结构施工对老墙的影响, 并及时调整施工方案, 避免因刚性连接引发的墙体不稳定。

2.3 监测点位

(1) 布置的目的

由于施工过程中的布置大多会对老墙的稳定性及安全性造成众多影响, 且业主要求对于老墙完整性保留, 故对于老墙进行保护性施工, 因此设置众多监测点位进行全过程监测, 由于1号及2号厂房面积大、损伤多, 有连续性墙体, 故将主要监测点位均匀布置在厂房周边, 对于3、4、5号厂房进行普通监测。

(2) 选取传感器

本项目根据不同的施工情况选用了不同的监测设备。

(3) 测点布置

- 1) 设置了沉降监测设备型号TSR04一台
- 2) 设置了裂缝变形监测设备TSR02三台
- 3) 设置了倾斜监测设备TSR03两台

2.4 监测预警

为保证房屋安全, 每间隔30min一次的频率进行采集。根据《危险房屋鉴定标准》(JGJ215—2016), 各监测项目的报警值如下:

(1) 倾斜: 整体倾斜率限值为5%。

(2) 沉降: 连续两个月大于4mm/月, 并且短期内无收敛趋势。

(3) 根据加固设计计算, 底层柱最大应力不得超过 7.60N/mm^2 。

2.5 监测结果分析

在老墙施工过程中, 智慧监测设备实时收集了大量的数据, 为施工安全提供了重要保障。具体而言, 沉降监测设备共计生成了3496条监测数据, 裂缝变形监测设备产生了39115条监测数据, 而倾斜变形监测设备则记录

了10094条监测数据。这些数据的收集为后续的分析 and 决策提供了详细的依据。结合施工时间和监测数据, 我们可以有效地评估施工对老墙基础的影响程度。在整个大型施工过程中, 监测设备共发出了25003条报警信息。警报内容主要集中在倾斜扰动问题上, 倾斜扰动的出现对老墙的稳定性构成了潜在威胁。通过数据反馈和分析, 发现倾斜扰动的主要原因是桩基施工过程中, 桩基与老墙的距离过近, 施工扰动对老墙基础产生了不可忽视的损伤。施工中未能有效控制桩基施工对周围环境的影响, 导致老墙受到了额外的应力。除了倾斜问题, 警报中还反映出了裂缝变形的现象。通过进一步分析裂缝变形的原因, 发现其主要原因是在新老加固措施实施过程中出现了问题。特别是在拆除老旧钢结构加固时, 未对原有墙体进行固化处理, 导致原本存在的裂缝未能得到有效修复。随着新老加固措施的变更, 裂缝进一步扩展, 影响了老墙的结构完整性。总的来说, 监测设备提供的数据帮助施工团队及时发现了潜在的安全隐患, 并为后续的施工调整提供了依据。通过精确的监测与数据分析, 可以有效减少施工过程中的风险, 确保老墙结构在加固过程中得到充分保护。

3 结论

通过深入研究和实施该项目, 我们能够明确地观察到, 在建筑施工的过程中, 自动化监测技术发挥着至关重要的作用。这项技术能够有效地监测到由于基坑开挖作业以及重型机械操作所带来的各种影响, 特别是对于厂房老旧墙体的稳定性问题。具体来说, 它能够检测到墙体在施工过程中出现的裂缝变形、墙体的倾斜情况以及地面的沉降现象。整个加固和施工过程中, 通过运用这种先进的监测系统, 我们能够持续不断地对厂房老旧墙体的安全状况进行实时监控。这不仅确保了墙体的稳定性, 还能够及时捕捉到墙体裂缝变形、倾斜、沉降等关键数据的变化情况。

参考文献

- [1] 太俊, 胡科, 程宗亮, 等. 软土基坑被动区加固对邻近地铁隧道的变形控制效果分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2023, 21(06): 43-50.
- [2] 林义港. 软土地质条件下深基坑不确定性位移分析[J]. 江西建材, 2023, (09): 169-171.
- [3] 王占生, 杜江涛. 软土地区深基坑超邻近建筑物施工的保护技术[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(05): 198-203.