

# 基坑监测技术研究综述

李明亮 孙阳阳

(中原工学院建筑工程学院, 河南 郑州 451100)

**摘要** 本文对基坑监测原理、监测技术、监测仪器的变化进行了分析概括,提出了现有研究的不足及优点,对基坑监测技术发展方向进行了展望。以各学术文章为基础,提炼出每篇文章的优缺点及技术特点、原理特点和新出现的测量机器,总结了新的关于智能监测技术的知识,即基坑监测技术的发展方向为智能化监测。传统监测技术和智能监测技术相比,存在用工量大、时效性不强、测量数据不精准及测量结果易受天气情况变化影响等缺点。

**关键词** 基坑监测 智能监测 监测技术 监测原理

**中图分类号:** TU473.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2022)09-0106-03

近年来,一些高度较低的建筑不能较好地满足社会经济的发展要求,故而大量的超高建筑快速出现。建筑的稳定性和其基坑有着重要关系,即基坑深度和建筑稳定性成正相关关系。在这种背景下,深基坑工程随之变多,对于基坑的稳定性要求也越来越严格。除了高超的施工技艺,精度较高的监测仪器和较为先进的监测技术也是保证基坑安全不可或缺的。

基坑监测对于基坑工程施工不可或缺,其主要任务是:在基坑施工过程中对该基坑的土性、岩性、支护结构的位移量及坑周环境的变化进行监察和计算分析,得出结果后反馈给施工现场使其优化施工设计数据,以此保证基坑的稳定性。基坑监测项目主要分为位移监测、力监测、水位监测三部分,位移监测又分为水平位移监测、竖向位移监测、深层水平位移监测、倾斜监测、裂缝监测;力监测又分为支护结构的内力监测、各种土压力监测、锚杆拉力监测、孔隙水压力监测;水位监测主要为地下水监测等。

本文概括了基坑监测技术的历史研究成果,对基坑监测技术的发展进行了展望。

## 1 研究现状

### 1.1 位移监测的研究现状

2000年,我国开始研究基坑位移监测技术,并且有机地将施加预应力的钢支撑和监测技术相结合,形成了钢支撑轴力自动伺服系统<sup>[1]</sup>。2004年,江霞<sup>[2]</sup>等工程师提出水平位移监测,可使用精密经纬仪或全站仪获取数据,由这两种仪器衍生出的三种监测法分别为移位法、小角法,坐标法。2012年,吴笑非<sup>[3]</sup>等在对围护墙顶水平位移进行监测时,提出先采用测量仪

器获得相关数据,根据获得的数据可以画出位移曲线图和测点位移变化速率曲线图,根据曲线图变化趋势即可分析出支护结构的安全性。同样,在对坑周土体竖向位移监测时,采用精密水准仪对测点进行多次测量,绘制纵向、横向沉降曲线图,根据图形变化趋势进行监测分析。2021年,马雪兵<sup>[4]</sup>等在处理大面积深基坑监测问题时提出使用测量机器人代替人工监测的新的基坑监测技术。他将新的智能监测技术分为三部分:感知层、网络层、应用层。所谓感知层即使用智能监测机器人对基坑监测点进行自动监测;网络层即对基坑监测数据进行采集、传输、分析及预警;应用层即基于现有的网络技术将分析结果及预警信息通过APP或PC端提供给技术人员。

### 1.2 力监测的研究现状

在对围护墙体的内力(弯矩)进行监测时,可使用振弦式钢筋测力计并将其与主要受力钢筋轴心焊接,通过频率接收仪接受钢筋受力后的自振频率,然后分析主筋受力大小和变化趋势<sup>[5]</sup>。李小平<sup>[6]</sup>等主要利用BIM技术对基坑监测过程进行数据模拟以此来推算基坑的稳定性。在进行基坑监测前首先建立基坑的数字模型,包括其内力参数、锚杆参数、土体参数等,随后利用3D扫描仪、无人机、智能全站仪获取基坑变形数据导入数据模型中,基于BIM平台达到变形数据的实时显示并上传云端。吴健<sup>[7]</sup>等以大厚度湿陷性黄土场地基坑监测为背景,提出了新的监测技术。在各个需要检测板块分别放置多个传感器,如静力传感器、倾角传感器等,通过TCP/IP网络将采集到的数据传输到处理终端进行分析,分析后将结果实时上传。李桃

源<sup>[8]</sup>等以太原火车站基坑监测项目为背景,提出以光纤光栅传感原理为基础的新的监测技术,其原理主要为:当光纤光栅所处环境的温度、应力、应变等发生变化时,光栅的周期或折射率发生变化,导致其波长改变,通过其之间的线性关系得到目标结果量的变化趋势。

### 1.3 水位监测的研究现状

在对孔隙水压力进行监测时可使用振弦式孔隙水压力计或气压式孔隙水压力计。在使用振弦式孔隙水压力计时通过测定其频率的变化量可换算出水压力大小,在使用气压式孔隙水压力计时可以直接读取水压力值的大小<sup>[9]</sup>。在对坑周地下水进行监测时可使用电测水位仪进行水位度量,多次测得水位值后制作水位变化量成果表和曲线图<sup>[10]</sup>。邓智中<sup>[11]</sup>等在监测基坑水位和流量时使用孔压及流量传感器,并将python代码嵌入到微型电脑中,经过调试后置入基坑中进行监测工作,并通过手机端和电脑端将实时数据提供给用户。在此监测系统中分为四个板块:变压板块(主要用于给设备提供电源)、传感器板块(主要用于感知基坑流量大小和基坑水位)、控制板块(由微型电脑、信号转接口、信号转化器组成)、网络模块(由物联网卡提供数据网络,由阿里云提供云端平台,以此提供手机端和PC端的数据实时显示功能)。

综上,现阶段的监测仪器半智能化和智能化共存。如邓智中团队提出的微型电脑虽属于智能化范畴,但是其仪器中有变压装置仍然受到电力情况的限制。在监测过程中很容易因为挤压对检测设备的供电系统造成破坏进而影响监测数据的时效性。相比之下,马雪兵团队提出的智能机器人可以做到自行收集数据、处理数据、传输数据并发布预警信息,可以说较为智能化。

## 2 研究评价与展望

### 2.1 研究特点

在监测技术方面,大家都趋向于智能化研究。李小平等人基于BIM平台建立基坑的数据模型,利用现有的仪器获取数据导入模型中,在BIM中进行模拟实验,可以达到实时监测、数据准确的特点。吴健等人主要使用传感器技术应用于基坑监测中,在不同测量数据板块中使用不同的传感器设备获取数据,利用网络进行数据共享。李桃源等人利用光纤光栅传感技术对基坑进行监测,利用光栅的周期或折射率变化进行

放大基坑的变化。此技术利用光的折射原理可以较为灵敏及准确地感受到基坑变形数据变化。

在监测仪器方面,大家也趋向于使用智能化仪器。邓智中团队提出了使用嵌入代码的微型电脑,其中微型电脑属于其监测系统的一部分,也是最重要的部分。微型电脑主要负责信号的接收和转换,以此获取基坑变形数据。微型电脑由于其体积较小,可以放入监测点内,可以更好地感知测点水位和流量变化情况。马雪兵等人提出了使用智能机器人代替人工监测技术。由于现阶段基坑建设情况越来越复杂,很多基坑监测环境人类无法适应,使用监测智能监测机器人可以承担环境复杂甚至是较危险的监测任务。此外,智能化机器人还能减少人工的监测失误引起的数据错误,能更好地保证基坑安全。

### 2.2 研究不足之处

目前我国存在大量的基坑监测项目,有些项目已经在使用智能化监测技术,但是在监测过程中仍然存在许多不足。在我国,技术人员大多较重视监测点数据的采集和简单分析,这样产生的结果并不能很好地做到真实基坑安全预警工作。这些情况的出现和我国监测技术人员缺乏、监测仪器不够智能化、监测人员人为失误多是有极大关系的。

现阶段我国基坑监测技术主要有三种:智能化监测技术、监测数据收集与处理技术、信息化监测技术。智能化监测技术<sup>[12]</sup>即在特定环境下能够实现全天24小时无人现场监测的新技术,这种技术可以做到节省人工,提高效率和准确度,保障监测人员安全等,可以说我国将来的监测技术发展方向即为智能化监测技术。监测数据的收集与处理技术<sup>[13]</sup>即较为人为化的一种监测技术。现阶段的监测数据的收集与处理还需要大量的人工参与,尽管在数据收集过程中加入了智能化设备,但是仍然需要人工进行操作、计算、分析等,这种技术仍然不能解决传统监测技术耗时费力、监测数据不够准确的缺点。信息化监测技术<sup>[14]</sup>即将基坑数据提前导入某个平台进行模拟,提前获取基坑变化结果,提前告知施工人员并提交修改建议,可以做到对后续工程的实时监测。

通过研究发现,人们虽然都趋向于智能化监测研究,但是这种智能化并不是纯粹的智能化。比如,李小平团队在利用BIM技术时还需要使用全站仪等仪器获取基坑数据,在获取数据时仍然需要人工参与。基

坑数据对于基坑监测结果十分重要,能产生质的变化,人工测量数据很可能会出现测量失误的情况。邓智中团队提出的微型电脑分为四个模块,其中有用提供电源地变压模块,而电源对于此技术是不可或缺的,也就是说电源是此技术的一个重要影响因素,监测过程受到电力的限制,其供电系统极容易因挤压破坏而损毁,进而影响监测数据的时效性,对监测结果产生影响。

### 2.3 研究展望

基坑监测对于整个工程项目十分重要,智能化的基坑监测技术对于现在及今后的基坑监测工作更为重要<sup>[15]</sup>。我国现阶段主要监测手段依然是人工监测。人工监测不仅费时费力而且测量数据会产生误差。相比之下,智能化监测技术可以脱离人工,达到省时省力的效果。

除此之外,智能化监测可以较快速、灵敏、准确地获取监测数据,可以有效消除人为误差的缺点<sup>[16]</sup>。人工监测还受到环境变化的影响,而智能化监测技术可以做到全天24小时不间断监测,数据实时上传,可以使技术人员做到发现问题即刻处理的效果。基坑监测技术有以下展望:

#### 2.3.1 监测数据收集智能化

监测数据的收集工作是整个监测工作中最为重要的部分,数据的准确与否直接关系到基坑的安全与否<sup>[17]</sup>。现阶段很多工程项目仍然使用大量的测量员进行人工测量,这会导致某个数据的不准确、不客观,从而出现监测结果偏差。

在智能化研究方面,我们可以看到也有技术人员使用了较为智能化的技术去获取数据,如微型电脑、智能机器人等,都在尽可能地减少人工参与。在测量数据时无人参与的发展方向是以后需要普及的,虽然完全的做到无人参与还需要很长的路要走,但是我们要共同努力。

#### 2.3.2 监测数据分析智能化

监测数据的分析一般分为初步分析和综合分析<sup>[18]</sup>。在初步分析时主要判断数据的异常值,如数据的变化趋势突然改变甚至逆转、出现与已知原因量无关的变化速率、数据超过最值等;综合分析时主要进行更加深入的分析,如根据监测数据的变化规律和趋势预测未来时段的安全状态,其方法主要有比较法、作图法、特征值统计法<sup>[19]</sup>等。

在数据分析阶段,较多工程继续沿用人工操作电脑的方式进行趋势分析、图纸绘制等工作。其实,在

未来数据分析阶段可以与数据收集阶段有机合并,共同组成智能化数据收集与处理技术<sup>[20]</sup>。由于监测数据量巨大,对数据的处理、分析要求较高,所以还需要加大引入大数据技术的力度,提高自动化监测的水平。

### 参考文献:

- [1] 白洁,葛杰,雷克.中日基坑钢结构支撑体系对比[J].施工技术,2016,45(01):10-13.
- [2] 江霞,杨小军.基坑位移监测技术[J].建筑技术,2004,35(05):347-348.
- [3] 吴笑非,董学斌.建筑基坑工程监测的原理与方法[J].商品与质量(学术观察),2012(04):21-21,20.
- [4] 马雪兵,孔军,陈军,等.基于测量机器人的大面积深基坑智能监测技术应用[C]//2021年全国土木工程施工作业交流论文集(下册),2021:321-322.
- [5] 崔富强.基坑支护结构监测项目与监测报警[J].建筑工程技术与设计,2018(02):1966.
- [6] 李小平,李晓斌,刘福江.BIM技术在深基坑工程中的应用方法[J].广西城镇建设,2021(03):51-53,56.
- [7] 吴健,万国平,司拴牢,等.大厚度湿陷性黄土场地建筑深基坑自动化智能监测应用研究[J].工程质量,2020,38(02):37-41.
- [8] 李桃源.复杂基坑工程三维土压力安全感知装置研发及实践应用[D].武汉:武汉理工大学,2020.
- [9] 陈富,许强,张健.振弦式孔隙水压力计在真空预压工程中的长期工作性能[J].水运工程,2019(01):185-190.
- [10] 张占彪.基坑变形监测及预警技术探究[J].建材与装饰,2013(21):235-236.
- [11] 邓智中.滨海地区基坑降水自动监测及智能决策系统研究[D].重庆:重庆交通大学,2021.
- [12] 张丽亚.深基坑监测现状及新技术应用分析[J].科技风,2020(20):112.
- [13] 黄雪松.深基坑监测现状及新技术应用分析[J].建筑工程技术与设计,2020(34):284.
- [14] 陈文芳.深基坑监测现状及新技术应用分析[J].城镇建设,2020(11):83.
- [15] 马德忠,姜明飞.浅谈项目群深基坑智能监测与管理技术[J].四川建筑,2021,41(05):205-206.
- [16] 梁玄,胡茗.自动化智能监测技术在深基坑中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2020(09):91-92.
- [17] 刘艳.深基坑监测技术及进展[J].山西建筑,2007,33(32):117-118.
- [18] 陈家伟,黄宇,潘阳,等.自动化智能监测技术在深基坑中的应用[J].中国建筑装饰装修,2022(03):66-67.
- [19] 卢生远,李新宇.深基坑支护新技术发展与展望[J].科技创新导报,2020,17(34):54-56.
- [20] 周二众,刘星,青舟.深基坑监测预警系统的研究与实现[J].地下空间与工程学报,2013(01):204-210.