

# 基坑变形监测与预警系统设计研究

周发正

中材地质工程勘察研究院有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i6.2365

**[摘要]** 本文重点聚焦于基坑变形监测与预警系统的设计工作,以首都核心区某深基坑工程作为实例进行深入剖析。详细地阐述了传感器选型与布设的相关原则,深入分析了数据采集、传输以及处理的技术内容,积极探讨了预警模型的构建具体方法。经过实际工程数据以及补充的表格数据验证可知,该系统能够精准地监测基坑变形情况,可及时发出预警信息,有效保障工程的安全,能为类似工程提供一定的参考依据。

**[关键词]** 基坑变形监测; 预警系统设计; 传感器技术; 数据处理; 预警模型

**中图分类号:** TP212.1 **文献标识码:** A

## Design and Research of Deformation Monitoring and Early Warning System for Foundation Pit

Fazheng Zhou

CNBM Geological Engineering Exploration Academy Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper focuses on the design of a deformation monitoring and early warning system for foundation pits, using a deep foundation pit project in the core area of the capital as a case study. It elaborates on the principles of sensor selection and deployment, analyzes the technical aspects of data acquisition, transmission, and processing, and explores specific methods for constructing early warning models. Validation through actual engineering data and supplementary table data demonstrates that the system can accurately monitor foundation pit deformation, promptly issue early warning signals, effectively ensure project safety, and provide valuable reference for similar projects.

**[Key words]** foundation pit deformation monitoring; early warning system design; sensor technology; data processing; early warning model

### 引言

伴随城市化进程不断加快,高层建筑与地下空间开发项目持续增多,深基坑工程的规模和复杂程度也在不断提高。在基坑开挖的过程中,周边土体的应力状态会发生改变,容易引发土体变形,要是变形超出了允许范围,就会对基坑自身以及周边建筑物、地下管线等的安全造成威胁,进而导致严重的经济损失和社会影响。所以,构建科学且有效的基坑变形监测与预警系统显得尤为重要<sup>[1]</sup>。本文以首都核心区某深基坑工程作为实例,深入开展基坑变形监测与预警系统设计的研究工作,给保障基坑工程的安全提供必要的理论支持和实践指导。

### 1 工程概况与监测需求分析

#### 1.1 工程概况

本项目处于首都核心老城区,其占地面积约1.6万平方米,总建筑面积达到了1.5万平方米。该项目包含地下3层以及地上1层的四合院,基坑的开挖深度约为-19.37米、周长约为500米。本

项目基坑周边环境较为复杂,四周均为年久失修的砖木结构平房,基础形式简单,抗震性能较差,距离基坑边线最近处不足1米,对基坑开挖可能引起的地表沉降及水平位移极为敏感。

#### 1.2 监测需求分析

考虑到这个基坑工程规模较大、地理位置敏感且周边环境复杂,所以对基坑变形监测提出了较高要求。需要实时掌握基坑支护结构水平位移、竖向位移以及深层水平位移等变形情况,同时也要掌握周边建筑物沉降、地下水位变化等关键参数。依据工程地质勘察报告以及通过专家论证的基坑支护设计方案的要求,来确定各监测项目的预警值。具体如下表1所示:

监测项目	支护结构类型	基坑类别(一级)	
		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
护坡桩顶部水平位移	灌注桩	25	2
护坡桩顶部竖向位移	灌注桩	15	2
周边建筑物竖向位移		15	2
深层水平位移		45	2
地下水位变化		1000	500

## 2 监测系统硬件设计

### 2.1 传感器选型

**位移传感器:** 选用量程为 $\pm 100$ 毫米且精度达到0.1毫米的高精度三轴位移计,用于监测基坑支护结构顶部水平位移和竖向位移。该传感器采用磁致伸缩原理,具备测量精度高、稳定性好以及抗干扰能力强等优点,能够准确捕捉支护结构的微小变形。

**测斜仪:** 采用从国外进口的光纤光栅测斜仪,其量程设定为正负50度,分辨率能够达到0.001度,可对基坑深层水平位移进行实时监测。光纤光栅测斜仪借助光纤光栅传感器对温度和应变的敏感特性,通过测量光纤光栅波长的变化情况,精确计算出测斜管的倾斜角度,进而获取土体深层的水平位移。

**水位计:** 选用SWJ-90电测水位计,量程为30米且精度达1毫米,用于监测基坑内外地下水水位变化。该水位计通过测量电极与水面之间电阻变化来确定水位高度,具备测量准确以及操作简便等优点。

**沉降监测标志:** 在周边的建筑物上合理设置沉降监测标志,并且采用精密数字水准仪来开展沉降监测工作。精密数字水准仪的精度能够达到 $\pm 0.3$ 毫米/千米,可以满足周边建筑物沉降监测的高精度要求。

### 2.2 传感器布设

**支护结构位移监测点布设:** 在基坑支护结构顶部按照每隔15米的间距设置一个三轴位移计监测点,总共设置34个监测点以全面监测支护结构顶部水平位移和竖向位移。在基坑周边中部及阳角处等关键部位对监测点进行适当加密处理来提高监测精度。

**深层水平位移监测点布设:** 在基坑周边按照每隔30米的距离布置一个测斜管,总共需要布置17个测斜管。测斜管埋设于灌注桩内,埋置深度与灌注桩入土深度相同,以此确保能够监测到基坑支护结构整体的变形情况<sup>[2]</sup>。

**地下水水位监测点布设:** 在基坑的内部和外部总共设置8个水位监测井,其中基坑内部设置4个,基坑外部设置4个,水位监测井布置在基坑周边具备代表性的位置,能够准确反映基坑内外地下水水位的变化情况。

**周边建筑物沉降监测点布设:** 在周边建筑物四角、大转角处以及地质条件复杂部位设置沉降监测点,每栋建筑物设置不少于4个监测点,总共设置52个监测点。沉降监测点需与建筑物基础进行牢固连接,以此确保能够准确反映建筑物沉降情况。传感器布设具体情况如下表2所示:

表2 基坑监测传感器布设详情表

监测项目	监测点数量	布设间距相关说明	布设目的
支护结构顶部位移	34个	每隔15米设置一个监测点	实时掌握基坑支护结构顶部水平位移和竖向位移,评估支护结构稳定性,为工程安全提供数据支持
深层水平位移	17个	每隔30米布置一个测斜管	监测基坑开挖过程中不同深度土体的水平位移,了解土体变形随深度变化规律,判断基坑周边土体稳定性,为支护设计和施工调整提供依据
地下水水位	8个(基坑内4个、基坑外4个)	未明确固定间距,在基坑周边有代表性位置布设	监测基坑内外地下水水位变化,掌握基坑降水对周边地下水影响,防止因地下水水位变化导致周边建筑物沉降、地下管线变形等问题,为降水施工调整提供参考
周边建筑物沉降	52个	每栋建筑物设置不少于4个监测点	实时监测周边建筑物在基坑开挖过程中的沉降,评估基坑开挖对周边建筑物影响程度,及时发现异常沉降并采取措施保障建筑物安全

## 3 监测与预警系统软件设计

### 3.1 数据采集与传输模块

数据采集模块承担着实时采集各传感器所监测数据的任务,并且会把采集到的数据传输至数据处理中心。此模块采用分布式数据采集系统,在每个监测点都配备有独立的数据采集终端,这些数据采集终端具备数据采集、存储、初步处理以及无线传输等功能。数据采集终端借助GPRS/4G/5G无线通信网络将数据传输到监控中心服务器,以此确保数据传输的实时性和可靠性。为了防止因无线通信网络故障而导致数据丢失,数据采集终端配备了大容量存储卡,该存储卡能够存储至少7天的监测数据,待网络恢复之后会自动上传所存储的数据。

### 3.2 数据处理与分析模块

数据处理与分析模块会对采集到的原始数据开展清洗、转换、存储以及分析处理等工作。首先要对原始数据进行预处理操作,将其中的噪声数据和异常值去除掉,以此提高数据的质量。接着采用时间序列分析、回归分析等数学方法对监测数据做深入分析,从而提取出数据的变化规律和趋势。比如通过绘制支护结构位移随时间变化的曲线,能够直观地展示出支护结构的变形趋势,利用回归分析建立位移与开挖深度、时间等因素之间的数学模型,进而预测支护结构未来的变形情况。同时对周边建筑物沉降、地下水水位变化等监测数据进行分析,以此评估基坑开挖对周边环境的影响程度。

### 3.3 预警模块

预警模块会根据数据处理与分析得出的结果,结合预先设定的预警值,对基坑的变形情况进行实时预警。一旦监测数据超出了预警值,系统就会自动触发预警机制,通过发送短信、发出声光报警等方式及时通知相关人员。预警级别划分成蓝色、黄色、橙色和红色这四个等级,它们分别对应着不同程度的危险情况。蓝色预警意味着监测数据快要接近预警值了,需要加强监测工作,黄色预警意味着监测数据已经超过预警值,需要采取相应的解决措施,橙色预警意味着监测数据超过预警值较多,存在着比较大的安全隐患,需要立刻采取紧急的应对措施,红色预警意味着监测数据超过预警值的情况很严重,即将发生安全事故,需要马上停止施工并疏散人员。预警模块会记录每次预警的相关信息,涵盖了预警的具体时间、预警级别、监测项目以及监测点的位置等内容,从而为事故调查和责任认定提供依据。

## 4 工程应用实例分析

### 4.1 监测数据采集与处理

在这个基坑工程进行开挖的过程当中,监测系统会实时采集各个监测点的数据。就拿支护结构顶部水平位移监测这种情况来说,当基坑开挖到15米深度的时候,某一个监测点的水平位移累计值达到了15毫米,并且连续3天的日变化速率分别是2.2毫米/天、2.5毫米/天、2.3毫米/天。数据处理与分析模块会对这些采集到的数据进行处理,绘制出位移随着时间变化的曲线,进而发现位移呈现出逐渐增大的趋势,而且变化速率有所加快。通过回归分析的方式建立位移与开挖深度、时间之间的数学模

型, 预测得出当基坑开挖到19米深度的时候, 该监测点的水平位移累计值有可能达到25毫米, 接近预警值。

#### 4.2 预警情况与处理措施

当支护结构顶部水平位移监测点数据超出预警值的时候, 系统会自动触发黄色预警, 同时向建设单位、施工单位、监理单位等相关人员发送短信报警信息。相关人员在接到报警之后, 会立即组织专家展开现场勘察与分析工作。经过分析, 认为位移增大是由于基坑周边堆载过多。针对这一问题, 需采取以下处理措施, 马上清理基坑周边的堆载, 以此减少额外的荷载, 在基坑支护结构上增加临时支撑, 从而提高支护结构的稳定性, 加强对该监测点及周边区域的监测频率, 密切关注位移的变化情况<sup>[3]</sup>。经过处理之后, 支护结构顶部水平位移的增长趋势得到有效控制, 最终累计位移值为22毫米, 并未超过预警值, 保障了基坑工程的安全。

#### 4.3 监测成果总结

在该基坑工程的整个施工过程当中, 监测系统总共采集到有效监测数据10万余条, 并且触发预警达到了13次, 其中黄色预警出现10次, 橙色预警出现3次。通过及时进行预警以及采取有效的处理措施, 成功避免了基坑坍塌等安全事故的发生, 保障了周边建筑物和地下管线的安全。监测数据为基坑支护结构设计和施工方案的优化提供了依据, 依据监测结果对支护结构参数和施工顺序进行调整, 提高了工程的经济效益和社会效益。

## 5 结语

本文选取首都核心区某深基坑工程作为例子, 展开对基坑变形监测与预警系统设计的深入研究, 通过合理选择和布置传感器, 并利用表格清晰地呈现相关的参数, 以此构建起完善的监测系统硬件体系, 设计具备强大功能的数据采集、处理、分析以及预警软件模块, 从而实现对基坑变形的实时监测与预警, 工程应用实例显示, 该监测与预警系统能够准确且及时地掌握基坑变形情况, 为工程安全提供强有力的保障, 通过应用本系统, 可以有效避免基坑工程安全事故的发生, 减少经济损失与社会影响, 对类似基坑工程的监测与预警有着重要的参考价值。

### [参考文献]

- [1]丁赞俊.复杂地质条件下建筑基坑工程变形监测技术的应用——以潍坊城市景观广场地下空间项目为例[J].四川建材,2025,51(12):115-117.
- [2]徐少艾.群基坑开挖过程中围护结构的变形监测分析[J].建设科技,2025,(21):75-78.
- [3]邹辉.深大基坑支护结构变形监测方案设计[J].江西建材,2025,(10):154-157.

### 作者简介:

周发正(1980--),男,汉族,安徽人,高级工程师,本科、工程硕士,研究方向: 基坑监测,沉降观测,变形监测等测量。