

# 复杂地质基坑监测预警指标优化及工程应用

夏猜

云南科仑工程质量检测有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18949

**[摘要]** 本文聚焦复杂地质基坑监测预警指标优化及工程应用,阐述复杂地质基坑特点与监测预警重要性,分析传统监测预警指标局限性,探讨优化方法与策略,包括引入新技术、融合多学科知识、优化指标权重等,并结合实际工程案例分析优化指标的应用效果,指出当前存在的问题与挑战,对未来发展方向进行展望,旨在为复杂地质基坑工程安全提供理论支持与实践指导。

**[关键词]** 复杂地质基坑; 监测预警指标; 优化方法; 工程应用

**中图分类号:** TV551.4 **文献标识码:** A

## Optimization of Monitoring and Early Warning Indicators for Complex Geological Foundation Pits and Their Engineering Applications

Cai Xia

Yunnan Kelong Quality Inspection Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper focuses on the optimization of monitoring and early warning indicators for complex geological foundation pits and their engineering applications. It elaborates on the characteristics of complex geological foundation pits and the importance of monitoring and early warning, analyzes the limitations of traditional monitoring and early warning indicators, and discusses optimization methods and strategies, including introducing new technologies, integrating multidisciplinary knowledge, and optimizing indicator weights. It also analyzes the application effects of the optimized indicators through actual engineering cases, points out the existing problems and challenges, and looks forward to the future development direction, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the safety of complex geological foundation pit projects.

**[Key words]** Complex Geological Foundation Pits; Monitoring and Early Warning Indicators; Optimization Methods; Engineering Applications

### 引言

随着城市化进程的加速,城市地下空间开发规模不断扩大,基坑工程数量日益增多且深度和复杂性显著提升。复杂地质条件下的基坑工程,如软土、岩溶、断层破碎带等地质环境,给基坑施工带来了极大的挑战,增加了基坑变形、坍塌等安全事故发生的风险。基坑监测预警作为保障基坑施工安全的重要手段,能够实时掌握基坑及周边环境的动态变化,及时发现潜在的安全隐患并发出预警,为采取有效的应对措施提供依据。然而,传统的监测预警指标在复杂地质条件下存在局限性,难以准确反映基坑的实际安全状况。因此,对复杂地质基坑监测预警指标进行优化,并探讨其在工程中的应用具有重要的现实意义。

#### 1 复杂地质基坑的特点及监测预警的重要性

##### 1.1 复杂地质基坑的特点

复杂地质基坑具有地质条件复杂多变、岩土体性质差异大、地下水位变化复杂等特点。在软土地区,土体具有高压缩性、低

强度和低渗透性等特性,基坑开挖过程中易产生较大的变形和沉降;在岩溶地区,地下存在溶洞、溶槽等地质缺陷,可能导致基坑突水、突泥等事故;在断层破碎带地区,岩体破碎、节理裂隙发育,基坑稳定性受到严重影响。这些复杂的地质条件使得基坑的受力状态和变形规律更加复杂,增加了基坑施工的风险。

##### 1.2 监测预警的重要性

基坑监测预警是基坑工程施工过程中的重要环节,它能够实时监测基坑及周边环境的变形、应力、地下水位等参数的变化,及时发现基坑施工过程中的异常情况。通过对监测数据的分析和处理,可以评估基坑的安全状况,预测基坑的发展趋势,为施工单位提供决策依据,以便及时采取加固、支护等措施,防止基坑事故的发生,保障施工人员的生命安全和周边环境的安全。同时,监测预警还可以为基坑工程的设计和施工提供反馈信息,优化设计方案和施工工艺,提高基坑工程的质量和效益。

#### 2 传统监测预警指标的局限性

## 2.1 指标单一性

传统的基坑监测预警指标通常侧重于基坑本身的变形和应力监测,如围护墙顶水平位移、竖向沉降、深层水平位移、支撑轴力等,而对周边环境的影响因素考虑较少。在复杂地质条件下,基坑施工不仅会对基坑自身造成影响,还会对周边建筑物、地下管线、道路等产生不同程度的影响。因此,单一的监测预警指标难以全面反映基坑施工对周边环境的影响,容易导致对潜在安全隐患的忽视。

## 2.2 缺乏针对性

不同地区的地质条件、基坑规模、施工工艺等存在差异,传统的监测预警指标往往采用统一的标准和阈值,缺乏针对性和灵活性。在复杂地质条件下,这种统一的监测预警指标可能无法准确反映基坑的实际安全状况,导致预警不及时或不准确,影响基坑施工的安全。

## 2.3 数据处理和分析能力不足

传统的监测预警方法主要依靠人工采集和处理数据,数据处理效率低,且容易受到人为因素的影响。同时,传统的数据分析方法主要基于简单的统计分析和经验判断,难以对大量的监测数据进行深入挖掘和分析,无法及时发现数据中的潜在规律和异常信息,从而影响了监测预警的准确性和可靠性。

# 3 复杂地质基坑监测预警指标优化方法与策略

## 3.1 引入新技术和新方法

(1) 自动化监测技术。随着物联网、云计算、大数据等技术的发展,自动化监测技术在基坑监测中得到了广泛应用。自动化监测系统通过安装各种传感器,如位移传感器、应力传感器、水位传感器等,能够实时、连续地采集基坑及周边环境的监测数据,并通过无线传输技术将数据传输到监测中心。监测中心利用数据分析软件对数据进行处理和分析,实现对基坑安全状况的实时评估和预警。自动化监测技术具有数据采集精度高、实时性强、数据处理效率高等优点,能够有效提高监测预警的准确性和可靠性。

(2) 分布式光纤传感技术。分布式光纤传感技术是一种新型的监测技术,它利用光纤作为传感器,能够实现对基坑及周边环境的分布式监测。该技术具有抗电磁干扰、耐腐蚀、灵敏度高、测量范围广等优点,能够同时测量多个物理量,如温度、应变、位移等。在基坑监测中,分布式光纤传感技术可以沿基坑周边布置光纤,实时监测基坑的变形和应力变化,为基坑安全评估提供准确的数据支持。

(3) 数值模拟技术。数值模拟技术可以通过建立基坑工程的数值模型,模拟基坑开挖过程中的力学变化状态,得到基坑支护结构及周围土体的位移和内力等结果。在复杂地质条件下,数值模拟技术可以考虑地质条件的不均匀性、地下水的影响等因素,更准确地预测基坑的变形和受力情况。通过将数值模拟结果与监测数据进行对比分析,可以优化监测预警指标,提高监测预警的准确性。

## 3.2 融合多学科知识

(1) 地质学与工程地质学。地质学和工程地质学知识可以为基坑监测预警指标的优化提供基础数据和理论支持。通过对基坑所在地区的地质勘察和调查,了解地质构造、岩土层分布、地下水位变化等情况,分析地质条件对基坑稳定性的影响,为确定监测预警指标和阈值提供依据。同时,结合工程地质学原理,对基坑施工过程中的地质问题进行预测和评估,及时调整监测预警指标,确保基坑施工安全。

(2) 水文学与地下水动力学。水文学和地下水动力学知识对于研究基坑周边地下水的变化规律及其对基坑稳定性的影响具有重要意义。在复杂地质条件下,地下水的变化可能会引起基坑土体的软化、流失等问题,导致基坑失稳。因此,在监测预警指标优化中,应充分考虑地下水的因素,增加地下水位、孔隙水压力等监测指标,并结合水文学和地下水动力学原理,分析地下水的变化对基坑安全的影响,制定相应的预警阈值。

(3) 结构工程与岩土工程。结构工程和岩土工程知识可以为基坑支护结构的设计和监测预警提供理论指导。通过对基坑支护结构的力学分析和计算,确定支护结构的受力状态和变形规律,为监测预警指标的选择和阈值的设定提供依据。同时,结合岩土工程原理,分析基坑周边土体的性质和变形特征,考虑土体与支护结构的相互作用,优化监测预警指标,提高监测预警的准确性。

## 3.3 优化指标权重和阈值

(1) 层次分析法确定指标权重。层次分析法是一种将定性与定量相结合的多准则决策方法,可以用于确定复杂地质基坑监测预警指标的权重。该方法通过建立层次结构模型,将监测预警指标分为目标层、准则层和指标层,然后通过两两比较确定各指标的相对重要性,计算各指标的权重。通过层次分析法确定的指标权重能够反映各指标在基坑安全评估中的重要程度,为综合评估基坑安全状况提供依据。

(2) 基于可靠度理论确定预警阈值。可靠度理论是一种考虑不确定性因素的概率分析方法,可以用于确定复杂地质基坑监测预警指标的预警阈值。该方法通过分析监测数据的统计特征和不确定性因素,建立基坑安全状态的可靠度模型,计算基坑在不同工况下的失效概率,然后根据可接受的失效概率确定监测预警指标的预警阈值。基于可靠度理论确定的预警阈值能够充分考虑不确定性因素的影响,提高预警的准确性和可靠性。

# 4 优化指标在工程中的应用案例分析

## 4.1 工程概况

某城市地铁车站基坑工程,基坑深度约为25m,周边环境复杂,存在多栋高层建筑和地下管线。基坑所在地区地质条件复杂,主要为软土和岩溶地层,地下水位较高。为了确保基坑施工安全,对该基坑工程采用了优化的监测预警指标进行监测。

## 4.2 监测预警指标优化

根据工程特点和地质条件,对传统的监测预警指标进行了优化。在原有监测指标的基础上,增加了周边建筑物沉降、倾斜监测,地下管线位移监测,地下水位动态监测等指标。同时,采用

层次分析法确定了各监测指标的权重,基于可靠度理论确定了预警阈值。

#### 4.3 监测预警系统实施

建立了自动化监测预警系统,安装了位移传感器、应力传感器、水位传感器、沉降仪等多种监测设备,实时采集基坑及周边环境的监测数据。监测数据通过无线传输技术传输到监测中心,监测中心利用数据分析软件对数据进行处理和分析,实时评估基坑的安全状况。当监测数据超过预警阈值时,系统自动发出预警信息,通知相关人员采取措施。

#### 4.4 应用效果分析

在基坑施工过程中,监测预警系统发挥了重要作用。通过对监测数据的实时分析,及时发现了几处周边建筑物沉降异常和地下管线位移过大的情况,并及时发出了预警信息。施工单位根据预警信息采取了加固支护结构、调整施工工艺等措施,有效避免了基坑事故的发生,保障了施工安全和周边环境的安全。同时,优化后的监测预警指标能够更全面、准确地反映基坑的安全状况,为施工单位提供了更可靠的决策依据。

### 5 存在的问题与挑战

#### 5.1 技术成本较高

引入新技术和新方法进行监测预警指标优化,如自动化监测技术、分布式光纤传感技术等,虽然能够提高监测预警的准确性和可靠性,但这些技术的设备成本和维护成本较高,限制了其在一些工程中的广泛应用。

#### 5.2 数据处理和分析难度大

优化后的监测预警指标会产生大量的监测数据,如何对这些数据进行高效、准确的分析和处理是一个难题。目前,虽然有一些数据分析软件和方法,但在处理复杂地质条件下的监测数据时,仍存在一定的局限性,需要进一步研究和开发更先进的数据处理和分析技术。

#### 5.3 监测预警标准和规范不完善

目前,我国在复杂地质基坑监测预警方面的标准和规范还不够完善,对于优化后的监测预警指标的阈值设定、预警机制等方面缺乏明确的规定,导致在实际工程中存在一定的随意性和不确定性。

### 6 结论与展望

#### 6.1 结论

本文全面且深入地复杂地质基坑监测预警指标优化及工程应用展开了综述。复杂地质基坑所处的地质环境复杂多变,岩土体性质差异显著,地下水位变化无规律,这些特点使得基坑在施工过程中的受力状态与变形规律极为复杂,安全风险大幅

增加。传统的监测预警指标由于指标单一、缺乏针对性以及数据处理和分析能力不足等问题,难以精准反映复杂地质条件下基坑的实际安全状况,无法满足工程安全保障的需求。通过引入自动化监测技术、分布式光纤传感技术、数值模拟技术等新技术和新方法,融合地质学、水文学、结构工程等多学科知识,以及运用层次分析法确定指标权重、基于可靠度理论确定预警阈值等优化策略,能够对监测预警指标进行有效优化。工程应用案例充分证明,优化后的监测预警指标体系更加完善,能够从多个维度、更全面且准确地反映基坑的安全状况,及时发现潜在的安全隐患,为基坑施工安全提供了坚实的保障。

#### 6.2 展望

未来,伴随科技的持续进步,复杂地质基坑监测预警指标优化必将朝着智能化、自动化、精准化的方向大步迈进。一方面,要着力降低新技术和新方法的成本,提升其性价比,让更多工程能够应用这些先进技术,提高监测预警的普遍性和有效性。另一方面,需加强数据处理和分析技术的研究,开发更先进的数据分析软件和算法,实现对海量监测数据的高效、精准处理,挖掘数据背后的潜在规律。同时,要加快完善监测预警标准和规范,明确优化后监测预警指标的具体要求,为基坑监测预警工作提供科学、规范的指导。相信在全社会的共同努力下,复杂地质基坑监测预警指标优化技术将不断完善,为城市地下空间的安全开发利用筑牢坚实防线。

#### [参考文献]

- [1] 邹加彬. 复杂城市环境下超深基坑支护设计与变形及稳定性分析[J]. 福建建设科技, 2025, (06): 51-55+64.
- [2] 蔡伊木, 黄俊琪, 吴飞飞. 基坑工程换撑做法研究与应用[J]. 广东土木与建筑, 2025, 32(11): 55-58+105.
- [3] 李玉强, 夏扬, 赵宇. 高水位软土深基坑支护关键技术与变形控制研究[J]. 红水河, 2025, 44(04): 134-138+146.
- [4] 林太清, 戴国强, 周永门, 等. 闸桥基坑围护结构变形监测与分析[J]. 广东水利水电, 2025, (08): 77-83.
- [5] 许春明. 大型深基坑工程施工风险控制研究[J]. 建筑施工, 2025, 47(06): 825-828.
- [6] 罗家文. 考虑坑角角度的基坑三维效应变形性状与分析[D]. 华东交通大学, 2025.

#### 作者简介:

夏猜(1990-), 男, 汉族, 云南宣威人, 本科, 中级职称(建筑工程/工程检测), 研究方向: 复杂地质条件下基坑监测预警指标优化与工程应用研究。