

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)03-0147-05

高支模区域性失真数据的监测与修补方法研究

史玉龙

(北京房修一建筑工程有限公司,北京 100031)

摘要:针对建筑施工中高支模监测中,因测量设备精度局限、环境干扰等因素导致的区域性数据失真问题,提出了一套系统的数据监测与修补方法。在监测阶段,利用布设的传感器网络采集大量高支模结构响应数据,并对其降维预处理以简化数据结构,提取关键数据特征。通过计算数据特征的信息熵值,量化其分布与混乱程度,并结合预先设定的数据分类目标函数及约束条件,构建失真数据的识别判据。在修补阶段,针对识别出的失真数据,根据其分布特性和失真模式,自适应地选用均值修补、回归插值等多种数据修复技术进行填补与校正。为验证方法的有效性,研究团队设计了对比实验。实验结果表明,应用此方法后,高支模监测数据的整体完整度得到了大幅提升,对于不同类型和程度的失真,修补后的数据能较好地还原其物理趋势与统计特性,修补效果显著优于传统简单插补方法。

关键词:建筑施工;高支模区域;失真数据;数据监测;数据修补;方法设计

中图分类号: TP277;TP393

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)03-0147-05

Research on monitoring and repairing method for high support module regional distortion data

SHI Yulong

(Beijing Fangxiu Yi Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100031, China)

Abstract: Addressing the issue of regional data distortion in high-formwork monitoring during construction due to factors such as measurement equipment accuracy limitations and environmental interference, a systematic data monitoring and repair method is proposed. In the monitoring phase, a large amount of high-formwork structural response data is collected using a deployed sensor network, and dimensionality reduction preprocessing is applied to simplify the data structure and extract key data features. By calculating the information entropy value of data features, the distribution and chaos degree are quantified, and combined with the preset data classification objective function and constraints, a criterion for identifying distorted data is constructed. In the repair phase, for the identified distorted data, various data restoration techniques such as mean value repair and regression interpolation are adaptively selected based on their distribution characteristics and distortion patterns for filling and correction. To verify the effectiveness of the method, the research team designs comparative experiments. The experimental results show that after applying this method, the overall integrity of high-formwork monitoring data is significantly improved. For different types and degrees of distortion, the repaired data can better restore its physical trend and statistical characteristics, and the repair effect is significantly better than traditional simple interpolation methods.

Keywords: building construction; high-formwork area; distorted data; data monitoring; data repair; method design

高支模作为支撑结构的重要组成部分,其施工精度的要求也越来越高。然而,由于施工现场环境的复杂性、施工人员的操作误差以及测量设备的精度限制等因素,高支模区域性数据常常会出现失真现象。建筑数据失真指的是在建筑领域,相关的数据未能真实、客观地反映实际情况,产生了偏差或错误。这种失真数据不仅影响了施工过程的顺利进行,还可能对建筑结构的安全性造成潜在威胁^[1]。因此,如何有效地监测和修补高支模区域性失真数据,成为当前建筑施工领域亟待解决的问题。传统的监测方法手段单一,无法全面反映高支模数据的真实情况,且

难以消除失真数据的影响,导致方法的应用效果不佳。在上述研究背景下,国内外不少研究学者针对这一问题展开了研究,并得到了相应的研究成果。

例如,国外先收集大量的光伏电站相关数据,并将其存储到数据库中,通过分析光伏数据的特点,构建光伏数据监测模型,对光伏数据的异常进行预警,并将监测结果利用可视化的方式展现出来^[2]。但该方法需要进行可视化设计,监测成本较高。国内一般先将铝电解过程中的数据进行采集,并去除数据中的异常值,在自适应 GHNG 算法的作用下,构建数据监测模型,并对模型进行训练,通过

收稿日期:2024-07-12;录用日期:2024-08-13

基金项目:北京市自然科学基金项目(8322017)

作者简介:史玉龙(1988—),男,本科,工程师,研究方向:建筑施工技术,工程管理。

引用本文:史玉龙. 高支模区域性失真数据的监测与修补方法研究[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(3):147-151. (SHI Yulong. Research on monitoring and repairing method for high support module regional distortion data[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(3):147-151.)

对输入的数据进行分类和识别,从而监测出对应的奇异性数据。但该方法应用的模型结构较为复杂,仅能监测单一类型的奇异性数据,方法的泛化能力较差。也有先收集园区内各个碳排放源数据,并对其进行标识化处理,根据数据监测的目标,提取出对应的关键特征,在无监督学习的作用下,构建数据监测模型,实时监测园区的碳排放情况,从而实现异常数据的预警^[4]。但该方法对于碳排放模式的定义不够准确,容易导致方法出现漏报、误报的情况,监测效果不佳。或者利用传感器采集大量的电信号数据,并从中提取出能够反映设备运行的关键特征,利用深度学习算法构建在线监测模型,对车间的电信号进行分类,从而预警异常信号^[5]。但该方法需要实时处理大量的电信号,计算量较大,导致方法的实时性不高。

在上述研究的基础上,本文设计了高支模区域性失真数据的监测与修补方法。不仅有助于提升建筑施工的精度和效率,还有助于保障建筑结构的安全性和稳定性。通过有效地监测和修补高支模区域性失真数据,可以降低施工过程中的误差和风险,提高工程质量和效益。同时,本次研究还可以推动建筑施工技术的创新和发展,为行业的进步贡献一份力量。

1 高支模区域性失真数据获取

数据获取硬件部分主要由终端设备、路由器、网关组成。终端设备主要由主控模块、电源转换模块、数据采集模块、程序下载模块及复位模块等,其具体组成如图2所示。

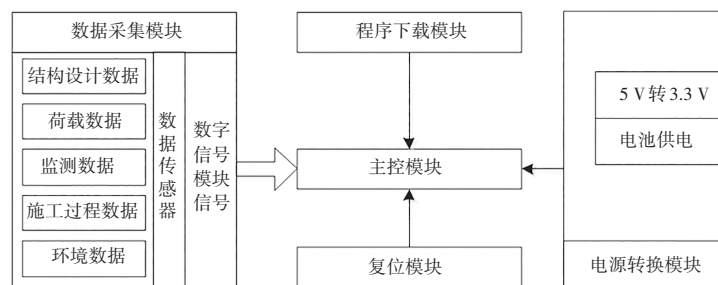


图1 终端设备的具体组成

Fig. 1 Specific composition of terminal equipment

在构建高支模区域性失真数据监测系统时,使用CC2530芯片作为主控模块,确保系统稳定运行;电源转换模块为整个系统提供稳定电能;数据采集模块通过数据传感器准确采集农业相关数据;程序下载模块简化程序开发

和调试过程。

网关主要由主控模块、电源转换模块、串口模块、实时时钟模块、CC2530模块、数据通信模块、数据存储模块、程序下载模块及复位模块等组成,具体如图2所示。

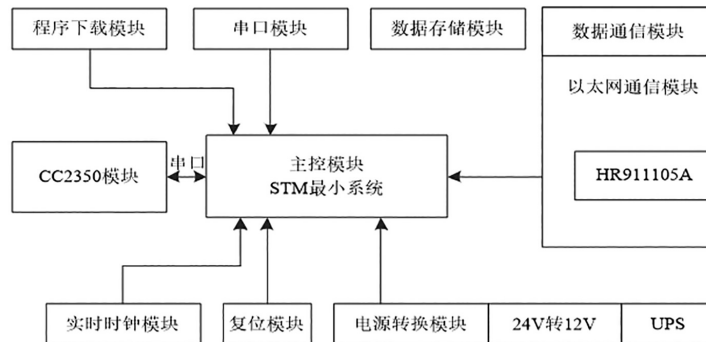


图2 网关的具体组成

Fig. 2 Detailed composition of the gateway

网关设计包括STM32芯片为主控网关模块,负责整个系统的协调与控制;电源转换模块确保稳定供电;串口模块增强系统交互性;实时时钟模块提供准确时间信号;CC2530模块配置Zig Bee无线传感器网络;基于W5500芯片的数据通信模块保障外网通信;SD卡作为数据存储介质,通过数据存储模块有序存储数据;程序下载模块支持一键下载和实时跟踪,便于调试;复位模块在系统异常时触发重新启动。

在系统硬件的支持下,失真数据监测系统软件具体的执行流程如图3所示。

建筑施工中高支模区域性失真数据监测系统中的各

类硬件设备上电之后,先进行系统的初始化。初始化完毕之后,执行系统开始进行监测任务主循环,并调用相应监测事件处理函数,其得到的监测结果如下所示。

$$W_s = \frac{Z_0 w}{Q} J R \rho_u \times y_s \quad (1)$$

式中, W_s 表示失真数据的监测结果, Z_0 表示数据的监测参数, Q 表示数据的感知参数, J 表示数据的传递函数, R 表示数据的参考输入值, ρ_u 表示数据的重复数据系数。利用上述公式,得到失真数据的监测结果,以此为基础,为后续实现对高支模区域性失真数据的监测奠定基础。至此,高支模区域性失真数据的识别和监测的设计完成。

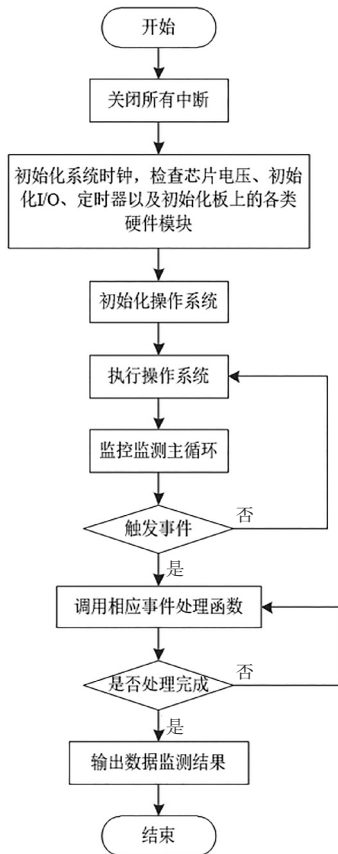


图3 建筑施工中高支模区域性失真数据监测系统软件执行流程

Fig. 3 Execution process of regional distortion data monitoring system software for high-formwork support in building construction

2 失真数据监测与修补

2.1 高支模区域性数据特征分析

在建筑施工工程中,高支模作为一种工程结构,用于承受混凝土模板墙体等建筑结构,其应用场景广泛,包括住宅、商业建筑、桥梁、隧道等建筑领域。在实际应用中,高支模工程通常在高空或者特殊场地进行施工,且施工过程中受到气候、天气等多种因素的影响,这就导致高支模区域性的特点会因为不同的气候、天气条件及建筑需求,从而呈现出一定的差异。

由于高支模区域性的复杂特点,导致其获取高支模区域性数据的过程较为复杂。在获取过程中,需要在高支模区域的关键位置布置相应的传感器和检测设备,实时采集高支模区域数据^[6]。将采集的高支模区域数据作为基础,先对其进行降维处理,从而减少数据在后续处理过程中的数据量^[7]。其数据降维处理的具体过程如下所示。

$$\begin{cases} K_j = 1 - \prod_{k=1}^N [(1 - K_{jk})(1 - K_{ek}) + K_{jk}K_{ek}] \\ f'(x) = K_j \times f(x) \end{cases} \quad (2)$$

式中, K_j 表示高支模区域性数据 j 的降维函数, K_{jk} 表示数据之间的交互性, K_{ek} 表示数据点之间的间隔, $f'(x)$ 表示降维处理后的高支模区域性数据, $f(x)$ 表示原始的高支模区域

性数据, N 表示高支模区域性数据数量。在上述公式的作用下,提高数据的质量,以此为基础,对高支模区域性数据进行特征分析。其特征分析的具体过程如下所示。

$$\begin{cases} g(f) = \text{sgn} \left[\sum_{k=1}^N \beta_k^* f'_k(x) L(y, y_k) + c^* \right] \\ c^* = b_j \sum_{k=1}^N \beta_k f'_k(x) L(y_k, y_y) \end{cases} \quad (3)$$

式中, $g(f)$ 表示提取的高支模区域性数据的特征, β_k^* 表示高支模区域性数据的二次过滤函数, $L(y, y_k)$ 表示高支模区域性数据之间的相关性, c^* 表示高支模区域性数据的融合结果, b_j 表示高支模区域性数据的均值, β_k 表示数据的过滤函数。上述公式提取出了高支模区域性数据的特征,对上述提取的特征进行分析,为后续识别高支模区域性失真数据奠定基础^[8]。至此,高支模区域性数据特征分析的设计完成。

2.2 失真数据识别与监测

在上述设计的基础上,对高支模区域性失真数据进行识别和监测。在识别高支模区域性失真数据的过程中,需要先根据上述提取的数据特征,计算提取特征的熵值,由此实现对高支模区域性失真数据的识别^[9]。其特征熵值的计算公式如下所示。

$$H(g) = - \sum [p(g_i) \times \log_2 p(g_i)] \quad (4)$$

式中, $H(g)$ 表示计算出的特征熵值, g_i 表示特征的可能取值, $p(g_i)$ 表示特征取值为 g_i 的概率。上述公式计算出多个数据的特征熵值,根据特征熵值的大小,对当前的高支模区域性数据进行分类。在分类时,为保证分类效果,需要设定对应的分类函数,以及对应的约束条件^[10]。其高支模区域性数据的分类目标函数具体如下所示。

$$Z_c = a \ln[(a^* \times c) + d] \times H(g) \quad (5)$$

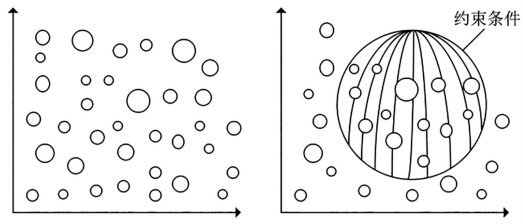
式中, $\ln(\cdot)$ 表示自然对数函数; a 表示原始数据, Z_c 表示高支模区域性数据分类的目标函数, a^* 表示需要进行数据分类的数据集, c 表示分类系数, d 表示分类误差。为确保上述目标函数设定的合理性,需要设定相应的约束条件。其具体约束条件设置结果如图4所示。

如图4所示为设定的约束条件,在设定约束条件前,原本的数据分布较为散漫,约束条件则将符合要求的数据聚集起来,以便利用分类目标函数进行分类。在上述目标函数和约束条件的共同作用下,得到对应的分类结果。根据分类结果,识别出对应的高支模区域性失真数据,从而实现失真数据的监测^[11]。其具体识别过程如下所示。

$$\begin{cases} y_s = \frac{P_0 w (P_0 + V) \times Z_c}{P_0 K_0} \\ w = \frac{1}{n} - \frac{1}{2\alpha} + \frac{1}{n\alpha} \sum_{i=1}^n h_i \end{cases} \quad (6)$$

式中, y_s 表示识别出的高支模区域性的失真数据, P_0 表示数据识别的参数, w 表示数据识别时的权重指数, V 表示外部干扰参数, K_0 表示数据的标称参数值, n 表示数据识别的数量, α 表示数据识别的调节参数, h_i 表示不同数据的扰动

参数。利用上述公式,得到对应的失真数据识别结果^[12]。



(a) 初始数据分布 (b) 约束后的数据的分布

图4 约束条件设置结果

Fig. 4 Result of constraint condition setting

2.3 失真数据修补

在上述设计的基础上,实现对高支模区域性失真数据的修补。其具体修补过程如图5所示。

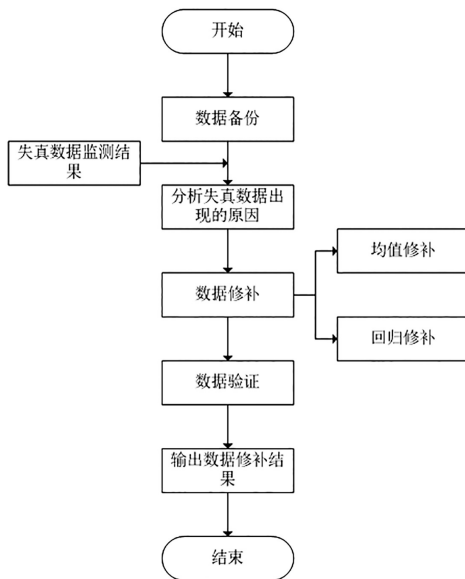


图5 高支模区域性失真数据的修补过程

Fig. 5 The process of repairing regional distortion data in high-resolution modeling

如图5所示,在修补开始前,先对原始的高支模区域性数据进行备份,以免在修补过程中出现数据丢失的情况^[13-14]。将上述失真数据的监测结果作为基础,分析失真数据的类型和出现的原因,并选择合适的修补方法,如均值修补、回归修补等。如果失真数据无法修补,可以选择其他可靠的数据对其进行替代和补充^[15]。失真数据修补完成后,为保证数据修补的效果,需要对其进行验证处理,确保数据的性能。在上述过程中,失真数据的修补过程如下所示。

$$\begin{cases} k_a = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_n}{n} \\ k_b = mf + cW_s \end{cases} \quad (7)$$

式中, k_a 表示均值插补法的修补结果, f_1 、 f_2 、 f_n 分别表示与失真数据相同类型的数据, n 表示与失真数据相同类型数据的数量, k_b 表示回归修补法的数据修补结果, m 表示数据修补系数, f 表示数据的特征值, c 表示数据修补的常数。将上述修补结果作为基础,对数据进行验证,确保数据的完整性,保证其符合高支模区域性数据的结构特点^[16-17]。

3 实验测试

3.1 实验准备

完成上述理论设计后,需要对本文设计的方法进行验证。在验证过程中,以某建筑施工工程的高支模区域为实验对象,利用相关设备采集高支模区域的实验数据。其具体实验环境如图6所示。



○ 传感器安装位置

图6 某建筑施工工程高支模区域的实验环境

Fig. 6 Experimental environment in the high-formwork area of a construction project

如图6所示,在该高支模区域,按照如图所示的位置安装传感器,利用传感器采集高支模区域的相关数据,并将采集到的数据传输到数据中心。同时,设置本次实验的实验参数。其具体的参数如表1所示。

表1 实验参数

Tab. 1 Experimental parameters

序号	实验参数	参数数值
1	数据采集频率	10 Hz
2	采集的数据量	10 000 条
3	数据处理时间	0.5 s
4	数据采集的时间	72 h

如表1所示,在本次实验中,使用的传感器类型多样,包括但不限于应力传感器、位移传感器等,利用不同的传感器,采集到的数据类型多样。由此,得到的部分高支模区域性数据如图7所示。

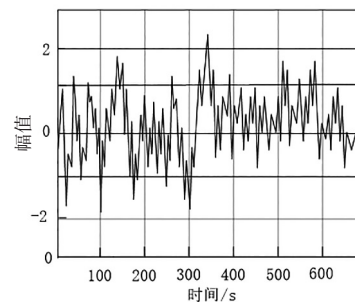


图7 采集的部分高支模区域性数据

Fig. 7 Partial regional data collected from high-formwork areas

如图7所示,上述数据为本次实验过程中采集到的部分高支模区域性数据,数据的整体幅值波动较大。将上述数据作为基础,利用本文设计的方法提取出数据的特征,并计算不同特征的特征熵值。其具体计算结果如图8所示。

如图8所示,在上述计算结果中,根据特征熵值的计算结果,计算对应的分类函数,对高支模区域性数据进行分类,从而识别出其中的区域性失真数据。

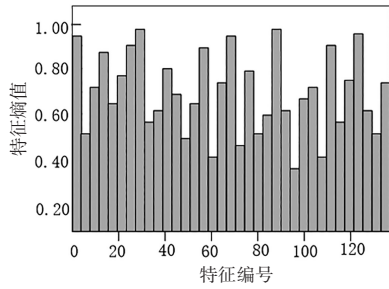


图8 高支模数据的特征熵值计算结果

Fig. 8 Calculation results of feature entropy values for high-formwork data

3.2 实验结果讨论

在本次实验中,利用本文设计的方法对上述高支模数据进行监测,得到对应的监测结果。其具体的监测结果如图9所示。

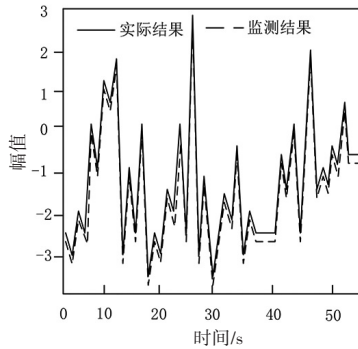


图9 本文方法的失真数据监测结果

Fig. 9 Monitoring results of distortion data using the method proposed in this paper

如图9所示,在上述监测结果中,对失真数据的监测结果与实际结果相差无几,变化曲线基本吻合,说明本文方法的监测效果较好。

为进一步验证本文设计的方法在实际应用中的效果,以数据的完整度为评估指标进行实验。实验中,将上述失真数据的监测结果作为基础,对上述数据进行修补处理,并计算修补完成后数据的完整度。为了更加直观地展示本次实验的修补效果,将上述监测到的失真数据划分为10个数据集,分别进行修补,统计其修补结果。其具体统计结果如表2所示。

表2 本文方法的修补完整度

Tab. 2 Repair completeness of the method proposed in this paper

数据集编号	修补时间/ms	数据完整度/%
1	2.48	99.85
2	3.56	96.59
3	4.25	97.48
4	5.26	95.69
5	5.11	98.12
6	4.99	99.03
7	5.02	98.54
8	4.89	97.48
9	4.68	96.59
10	5.01	98.36

如表2所示,在上述修补结果中,本文设计的方法对

多个失真数据集进行修补,其修补完整后,数据的完整度较高,且数据的修补时间较短。因此,本文设计的修补方法在实际应用中修补效果较好,能够进行广泛推广。

4 结论

针对高支模区域性失真数据的监测与修补方法,本文进行了深入研究和探讨。通过采用先进的监测技术和数据分析手段,能够及时发现和定位数据失真问题,为后续的修补工作提供有力支持。在监测方面,强调了实时监测的重要性,通过布置传感器网络,实现对高支模结构状态的全面感知。同时,结合数据预处理技术,有效提高了数据的准确性和可靠性。在修补方面,提出了多种修补策略,包括均值修补、回归修补等,这些策略能够根据数据失真的特点和程度,灵活选择最适合的修补方法。本文研究为提升工程质量、保障施工安全提供了有力支撑。

参考文献

[1]王周虹,屠雨夕,王海园,等. 基于全通信链路的变电站调控交互数据监测方法[J]. 南京理工大学学报, 2022, 46(4):451-459.

[2]HU Z, LI J, CHEN J, et al. Design of power grid photovoltaic data visual monitoring system for energy company user service[J]. IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA), 2022, 12(7):349-356.

[3]刘天松,吴永明,李少波,等. 基于自适应GHNG的铝电解过程奇异性数据监测方法[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(11): 3614-3623.

[4]庞鹏飞,单禹钦,沈嘉昆,等. 基于无监督学习的园区碳排放数据监测方法[J]. 电力信息与通信技术, 2023, 21(11):39-47.

[5]唐佳,李永菲,王玉国,等. 基于电信号的离散制造车间设备生产数据在线监测方法研究[J]. 机电工程技术, 2023, 52(10): 271-274, 342.

[6]严峻,马路遥,龙铭,等. 基于大数据抓取的供应商不良行为数据监测方法[J]. 微型电脑应用, 2023, 39(6):193-195, 208.

[7]申杨捷. 基于区域残差的机场通信数据异常监测方法研究[J]. 电子元件与信息技术, 2023, 7(4):162-165.

[8]余敏,彭家从,柏帆,等. 基于区块链联盟链的智能电缆井盖数据监测方法研究[J]. 江西电力, 2022, 46(8):30-35.

[9]叶伟,邓刚,叶攀,等. 基于关联规则算法的电池剩余电量数据监测方法[J]. 电子设计工程, 2022, 30(13):105-108, 113.

[10]马乃轩,付文博,杨少华,等. 基于FSOM神经网络的桥梁监测数据缺失重构算法[J]. 电子设计工程, 2024, 32(4):56-60.

[11]赵胜,李围,赵权. 基于RS485通信的深海电池组数据监测系统的设计[J]. 船电技术, 2022, 42(10):84-86.

[12]吴浩,罗少辉,李颖昕,等. 基于聚类挖掘的科技数据价值动态监测方法[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(2):81-84, 106.

[13]刘晓龙. 基于BIM建模辅助的盘扣式高支模施工安全风险分析与研究[J]. 建筑机械, 2025(12): 48-53.

[14]刘明,王志忠. 基于改进深度学习的建筑工程施工信息动态集成系统[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(8):180-183.

[15]蹇巍,刘莎莎,孙继洋,等. 基于组件化安全态势感知的电力数据监测管理系统设计[J]. 电力大数据, 2022, 25(8):76-83.

[16]张文冰,刘灵蛟,刘雪敏. 基于大数据分析的电力营销稽查全过程监测技术研究[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(12): 204-206, 215.

[17]陈晖,谢勇,徐昕,等. 基于多源卫星遥感的灾害性气象观测数据监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(4):24-29, 62.