

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)01-0171-05

# 基于 NET Web 开发技术的电网运营管理与自动化监测研究

潘鸿飞, 刑应春, 王喜银, 尹晨旭, 曹洁

(国家电网安徽省电力有限公司, 安徽 合肥 230061)

**摘要:** 以往电网的运营涉及很多不确定性因素而影响了电网运营监测的状态分析过程, 导致监测结果准确度不高影响了电网运营管理效果。为此提出了基于 NET Web 开发技术的电网运营管理与自动化监测方法。该方法首先深入分析电网发电与供电环节的不确定性因素, 通过定量计算构建综合性管理指标。随后, 运用 NET Web 开发技术构建数据处理架构, 有效访问电网运营数据。进而, 通过解析数据的经验谱分布函数值, 实现对电网运营的自动化监测。实验结果表明, 此方法能准确监测电网运营状态, 有效满足电网运营管理需求。本研究不仅提升了电网运营的监测精度, 也为电网的自动化管理提供有力支持, 对提升电网运营效率具有重要意义。

**关键词:** 电网运营; 自动化监测; NET Web; 程序开发技术

中图分类号: TP277

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)01-0171-05

## Research on power grid operation management and automation monitoring based on NET Web development technology

PAN Hongfei, XING Yingchun, WANG Xiyin, YIN Chenxu, CAO Jie

(State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Hefei 230061, Anhui, China)

**Abstract:** The operation of the power grid in the past involved many uncertain factors, which affects the status analysis process of power grid operation monitoring, resulting in low accuracy of monitoring results and affecting the effectiveness of power grid operation management. A power grid operation management and automation monitoring method based on NET Web development technology is proposed for this purpose. This method first deeply analyzes the uncertainty factors of power generation and supply in the power grid, and constructs comprehensive management indicators through quantitative calculation. Subsequently, using NET Web development technology to construct a data processing architecture and effectively access power grid operation data. Furthermore, by analyzing the empirical spectral distribution function values of the data, automatic monitoring of power grid operation can be achieved. The experimental results show that this method can accurately monitor the operation status of the power grid and effectively meet the needs of power grid operation management. This study not only improves the monitoring accuracy of power grid operation, but also provides strong support for the automation management of power grid, which is of great significance for improving the efficiency of power grid operation.

**Keywords:** power grid operation; automatic monitoring; NET Web; program development technology

电网作为现代社会电力供应的基础设施, 采用合适的运营管理策略与其运行稳定性有着直接的关系。在这一过程中, 往往涉及电网设备的维护、检修以及电力资源的调度等多个方面, 带来了较大的管理难度。此外, 在电网的实际运行过程中, 监测制定的运营管理策略的实践有效性同样十分关键<sup>[1]</sup>。在这样的情况下, 对电网的运营状态进行监测受到了广泛的重视。对此, 很多研究人员提出了电网运营监测方法。

文献[2]设计了基于宽带振动传感的电网运营监测方法。通过在电网的各个节点中布设自供电的传感器网络节点的实时运行数据。结合电网资源利用率以及节点响应特性两个参数构建电网的运营监测模型。将传感器

采集的数据通过宽带振动进行电网节点数据的传感整合, 并输入到监测模型中, 由此实现监测过程。但电网环境往往比较复杂, 传感器数据可能受到其他的振动信号干扰, 影响了监测结果的准确度。文献[3]设计了多参量下的电网运营监测方法。考虑到电网周围环境的直流偏磁影响, 建立偏磁振动消减模型, 利用该模型去除电网运行参数中的偏磁噪声。结合主变单元的振动加速度参数, 定位电网监测的中性点。通过获取中性点的电网数据, 并输入到模型中, 得到电网运营的监测结果。但模型对多个参数数据的同时处理过程中, 可能存在数据间的相互干扰, 从而影响了监测结果的准确性。文献[4]设计了基于惯性频率响应的电网运营监测方法。针对电网电压的不稳定

收稿日期: 2024-04-07; 录用日期: 2024-04-16

基金项目: 国家电网科技项目资助(SGGSPX00HLWJS2200097)

作者简介: 潘鸿飞(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 企业管理。

引用本文: 潘鸿飞, 刑应春, 王喜银, 等. 基于 NET Web 开发技术的电网运营管理与自动化监测研究[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(1): 171-175.

(PAN Hongfei, XING Yingchun, WANG Xiyin, et al. Research on power grid operation management and automation monitoring based on NET Web development technology[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(1): 171-175.)

性,利用历史数据分析电网功率波动规律,并以此设定电网运营监测的基本指标。在此基础上计算电网数据的扰动后频率偏差,以此修正电网的电压负载参数。结合该参数与电网节点的惯性频率响应情况,对电网的运营状态进行监测。但惯性响应频率仅能反映电网电压方面的特性,难以准确描述电网的复杂变化,导致检测结果存在一定的偏差。文献[5]设计了基于自适应去噪算法的电网运营监测方法。采集电网变压器的局部放电信号,并根据电网运行环境中的外部噪声,采用自适应去噪算法对该信号进行去噪处理。采用小波包分解的方法,将处理后的信号分解为不同的级别,以寻找最佳准则筛选监测信号的细节系数,由此实现对电网运营状态的监测。但自适应渠道算法在很大程度上依赖对环境噪声的准确估计,如果噪声的估计存在偏差,可能影响最终监测数据的准确度。文献[6]设计了结合卷积神经网络以及注意力机制的电网运营监测方法。采集电网运行数据,并利用卷积神经网络提取数据中的有效特征。通过4分位数的方法建立数据特征的时空维度。在此基础上引入注意力机制,通过该机制中的双向门控递归单元为数据特征时空维度及其赋值 Pearson 相关系数,强化数据特征,分析得出电网运营的监测结果。但注意力机制的性能往往受到超参数设置的影响,如果设置的超参数不合理,将影响最终监测结果的可靠性。

考虑到上述文献所提出的电网运营监测无法满足实际的电网管理需求,本研究利用 NET Web 开发技术,设计了基于 NET Web 开发技术的电网运营管理与自动化监测方法。该方法通过结合多方面的不确定性因素对电网运营的参数进行分析管理。在此基础上,利用 NET Web 开发技术对电网的实际运营数据进行采集与处理,分析其与预期管理策略的一致性来实现电网的自动化监测。

## 1 方法设计

### 1.1 电网运营参数管理

电网的运营往往涉及诸多方面,基于此,本研究通过解析电网的自身运行性能以及供电服务需求两方面影响因素,结合多项不确定性影响因素,综合性管理电网的运营参数。电网中具备不确定性特征的发电方式包含光伏发电以及风力发电两种,分别对两者的影响因素参数进行解析。首先,分析电网运营的光伏影响因素。定量计算电网环境所受到的太阳辐照度,表达式为<sup>[7]</sup>

$$I = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

式中, $I$ 表示太阳辐照度, $S$ 表示电网中光伏电池板的单位面积, $\Phi$ 表示辐射能量。

将太阳辐照度作为光伏发电的不确定性参数,计算相应参数下的光伏阵列输出功率,具体的计算方法为

$$P(I) = IS\eta(1 - \alpha(T_0 - T_1)) \quad (2)$$

式中, $P(I)$ 表示相应参数下的光伏阵列输出功率, $T_0$ 表示光伏电池板的环境温度, $T_1$ 表示温度参考系数, $\alpha$ 表示

温度系数, $\eta$ 表示电网光伏电池板的转换效率。

其次,分析电网运营的风电影响因素。解析风电环节中的不确定性因素,分别为

风能密度参数<sup>[8]</sup>

$$W = \frac{1}{2}\rho\alpha A^3 v \quad (3)$$

式中, $W$ 表示风能密度, $\rho$ 表示空气密度, $A$ 表示风机扇叶与流动空气的接触面积, $v$ 表示风速。

风速频率参数<sup>[9]</sup>

$$f(v) = \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k} \quad (4)$$

式中, $f$ 表示风速频率, $k$ 表示形状系数, $e$ 表示自然常数, $C$ 表示威布尔尺度系数。

风压参数

$$\varepsilon(v) = \frac{p_0}{T_0} - \frac{\phi}{v(T_0 - T_1)} \quad (5)$$

式中, $\varepsilon$ 表示风压, $p_0$ 表示标准大气压强, $\phi$ 表示空气相对湿度。

结合上述三个不确定性因素参数,计算相应的风电输出功率为

$$P(v) = \frac{1}{2}c \frac{Wf\varepsilon^3}{v^2} \quad (6)$$

式中, $P(v)$ 表示风电输出功率, $c$ 表示功率系数。

最后,分析电网运营的负荷需求不确定性因素。利用高斯分布函数拟合分析参数,即

$$F(T) = \frac{dT}{\sqrt{2\pi}\sigma} \times \exp\left(-\frac{\mu^2}{2\sigma^2}\right) \quad (7)$$

式中, $F$ 表示需求负荷, $dT$ 表示环境温度的变化值, $\sigma$ 表示高斯方差, $\mu$ 表示电价。

结合上述三个方面的不确定性影响因素,对电网的运营参数进行管理。对此,本研究设计了综合性管理指标。

$$G = \frac{\gamma(P(I) + P(v))}{\gamma P(I) + \gamma P(v)} \cdot \kappa(F) \quad (8)$$

式中, $G$ 表示电网运营管理综合指标, $\gamma$ 和 $\kappa$ 分别表示相应不确定性因素的权重,其中,两种发电方式影响因素的权重值保持一致。

根据这一指标对电网的运营过程进行综合性的管理。

### 1.2 基于 NET Web 开发技术处理电网数据

为了实现更加精细化的电网运营管理,以综合性管理指标为基准,对电网的运行数据进行采集与处理,并以此对电网的运营状态进行自动化监测。采用 NET Web 开发技术作为电网运营数据的处理依托,建立电网数据的分析处理架构。

将电网环境中电压及电流互感器的数据,通过信号传感器实时传输至电网运营数据管理数据库中。在 Web 的数据接收端口与电网数据的 Socket 套接字对象绑定,完成数据的接收<sup>[10]</sup>。定义电网运营数据在 Web 端口中的字符串格式,如图 1 所示。

|          |                    |     |          |     |     |     |
|----------|--------------------|-----|----------|-----|-----|-----|
| 起始<br>标签 | 目标Web端口<br>数据库IP地址 | 数据库 | 数据<br>信号 | 指令串 | 时间戳 | 结束符 |
|----------|--------------------|-----|----------|-----|-----|-----|

图1 电网运营数据字符串格式

Fig. 1 Grid operation data string format

根据图1所示的数据格式,建立Web端口对接的开发数据库。利用代码自动生成工具将该数据格式转换为SQL语句,并根据SQL语法为转换后的数据代码添加分隔符,本文采用“/”作为数据库语句的分隔符。同时,为数据库生成封装数据表的NET类定义。

在此基础上,采用NET Web开发技术设计访问电网运营数据的程序框架。该框架主要包含Web端口、NET数据访问端口以及SQL数据库,三者之间以顺序连接的形式构成互联的程序结构<sup>[11]</sup>。

设计Web界面中,电网运营数据的可视化编译过程,如图2所示<sup>[12]</sup>。

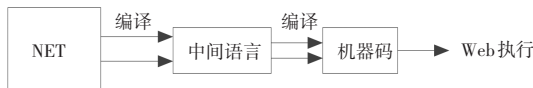


图2 基于NET的Web编译流程图

Fig. 2 Web compilation flowchart based on NET

如图2所示,利用NET平台通过中间语言和机器码的编译,从而在Web界面中将访问的电网运营数据可视化处理。

在NET的编译过程中,采用四种类型的参数提取数据库中的电网运营数据。数据提取的指令根据综合性管理指标的返回值决定。四个编译参数分别为

1) Input。根据综合性指标的查询时间以及电网节点确定目标数据,并将数据访问指令从Web端传输至数据库中。

2) Return Value。通过这一编译参数在数据库层解析数据访问指令,并为相应的电网运营数据添加返回值。该返回值与综合性指标的查询语句中的值相关联。

3) InputOutput。将数据转换为中间语言,在中间线路中进行访问数据的回传。本研究选用的中间语言为四元式语句,格式为(op, arg1, arg2, result)。

4) Output。利用这一参数将中间语言解译为机器码的数据格式,并与Web端口连接,执行Web端的数据可视化功能。

通过NET的编译,实现Web接口与数据库的数据访问架构。在此基础上,在Web端对访问的电网运营数据进行可视化处理。在NET架构中引入WebForm的概念,设计可视化元素的aspx文件以及数据处理的业务逻辑,并将其编写在VB.NET代码中<sup>[13]</sup>。在aspx文件中设计含有Web语言代码的标签元素,在相应的Web界面中添加数据处理控件。通过替换Web端的流布局模式将访问的数据转换为静态文本的形式,以此实现电网运营数据的可视化处理。

### 1.3 自动化监测分析电网运营状态

利用Web端可视化的电网运营数据,以电网节点为

单位对电网的运营状态进行基于综合性指标的自动化监测。

假设电网中有n个节点,则数据中可能存在运营状态类型数量如公式(9)所示。

$$N = n \times R(G) \tag{9}$$

式中,N表示运营状态类型的总数量,R(G)表示综合性指标下的电网节点状态变量。

以电网运营数据的时间戳为向量,构建电网状态矩阵,如公式(10)所示<sup>[14-15]</sup>。

$$X_{N \times t} = \begin{bmatrix} x_{1t_1} & x_{2t_2} & \cdots & x_{1t} \\ x_{2t_1} & x_{2t_2} & \cdots & x_{2t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{Nt_1} & x_{Nt_2} & \cdots & x_{Nt} \end{bmatrix} \tag{10}$$

式中,X表示电网状态矩阵,x表示电网运营数据,t表示数据时间戳。

在该矩阵的基础上,为电网状态的综合性指标添加指示性函数,得到同一时间戳下,电网节点的运营状态经验谱分布函数。该函数的表达式如式(11)所示。

$$H(x_i) = \frac{1}{M(X)} \sum_{i=1}^n E(x_i)^A, i = 1, \dots, n \tag{11}$$

式中,x<sub>i</sub>表示满足同一时间戳的电网运营数据,H表示相应数据的运营状态经验谱分布函数,i表示电网节点,M(X)表示矩阵X的维度,E表示指示性函数。

根据函数值的计算,分析当前电网的运营状态,实现电网的自动化监测。

通过上述步骤,完成基于NET Web开发技术的电网运营管理与自动化监测方法的设计研究。

## 2 实例测试

### 2.1 电网架构及数据

以某电力系统中的实际电力架构作为本次测试的实例样本。解析该电网的拓扑结构,如图3所示。

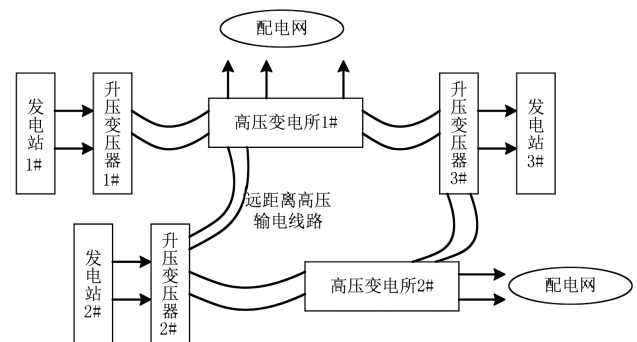


图3 电网拓扑结构

Fig. 3 Power grid topology

如图3所示,本次测试所采用的电网实例包含2个高压变电所以及三组升压变压器以及相应的发电站。将电网拓扑架构在计算机中生成相应的拓扑模型,作为本次测试的电网环境。模型构建的计算机环境如表1所示。

表1 计算机环境

Tab. 1 Computer environment

| 序号 | 环境配置        | 参数                  |
|----|-------------|---------------------|
| 1  | 操作系统        | Windows 10          |
| 2  | 处理器         | E5-2609 v2 2.50 GHz |
| 3  | 开源分布式实时计算框架 | Apache Storm        |
| 4  | 编程语言        | Python              |

在表1所示的计算机环境中,生成本次电网实例的拓扑模型并模拟运行。以此为实验对象,对其运行情况进行自动化监测测试。

以1 000 Hz的采样频率、40 kHz~300 kHz的采样频带获取该电网实例的实际运行参数,并在模型中为电网设置相应的初始参数,如表2所示。

表2 电网参数设置

Tab. 2 Grid parameter settings

| 序号 | 电网参数     | 参数设置          |
|----|----------|---------------|
| 1  | 发电电压等级   | 13.8 kV       |
| 2  | 输电电压等级   | 345 kV        |
| 3  | 额定容量     | 100 MVA       |
| 4  | 节点有功负荷   | 2.3~5.2 MW    |
| 5  | 节点无功负荷   | 0.024~1.84 MW |
| 6  | 线路平均单位阻抗 | 0.000 8 Ω/km  |
| 7  | 线路平均单位感抗 | 0.012 8 H/km  |
| 8  | 线路平均单位容抗 | 0.134 F/km    |

以上述参数的电网架构为测试用例,对本文研究内容的实践应用有效性进行测试分析。

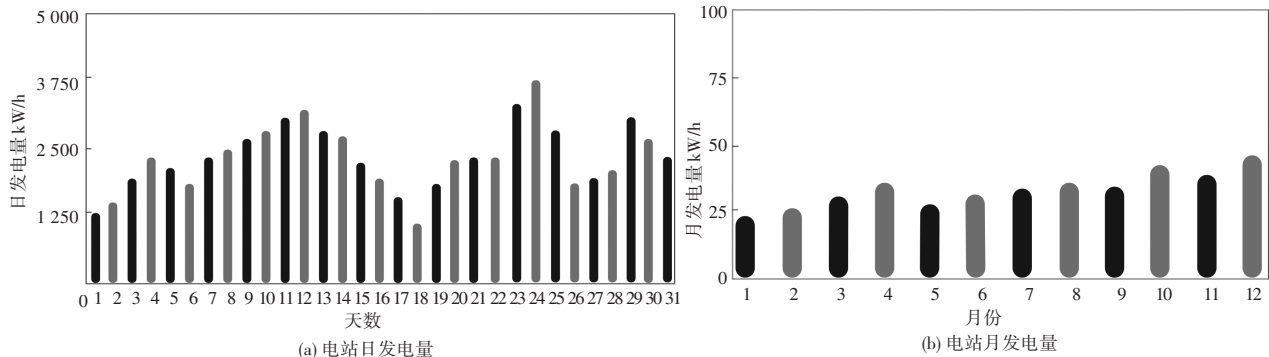


图5 电网运营管理 Web 界面

Fig. 5 Grid operation management interface

如图5所示,本文研究设计的电网运行管理通过获取电网节点的各项数据实现电网的运营管理。利用NET Web开发技术在计算机环境中实现电网运营状态自动化监测的可视化。分别以长期的电力数据和时间节点数据的形式实现对电网运营的监测。继续采用本文方法对Web环境中的电网数据进行自动化监测分析。以电网中的前三个节点的数据为例,提取这三个电网节点中30 s的运行数据,分析结果如图6所示。

## 2.2 电网运营监测

在与构建电网拓扑模型同样配置的计算机环境中实现本文所提出的电网运营监测方法。

在计算机中部署NET Web的开发环境:数据库选用SQL Server 2000、Web服务工具选用IIS 5.5版本、NET框架选用NET Framework 4.5版本。在此基础上,以NET框架为Web服务提供执行环境。其中,NET框架的体系结构如图4所示。

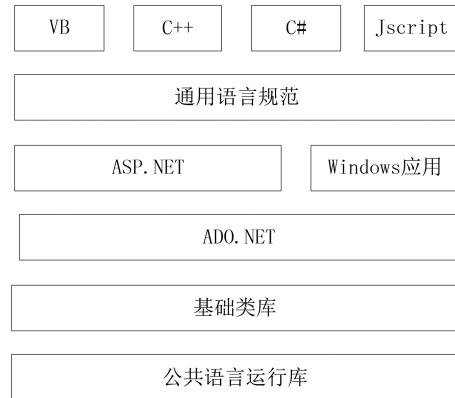


图4 NET框架体系结构

Fig. 4 NET framework architecture

利用图4所示的NET框架,生成Web的执行环境,并采用本文所提出的方法获取并处理电网实例的模拟运行数据。将该数据在Web执行环境中整合,其界面图如图5所示。

通过对三个电网节点的监测数据分析,可知其在30 s的监测时间段里,大部分时间呈现出较为平稳的函数值,电网运营状态较为平稳。但在3 s~11 s的时间段内,三个电网节点的函数值出现异常增高现象,其中节点2的异常函数值最高,超过了电网实例的节点状态分布范围,最大函数值达到了6.46。由此可以分析得出在该时间段内,电网的运行状态与预期的运营管理策略存在较大的偏差,将其归类为异常数据在Web界面中单独显示,以此实

现了对电网运营的自动化监测。通过与本次电网实例的模拟运行情况对比可知,本文所提方法对电网节点的自动

化监测结果与相应的实际状态高度一致,能够实现较为准确的自动化监测。

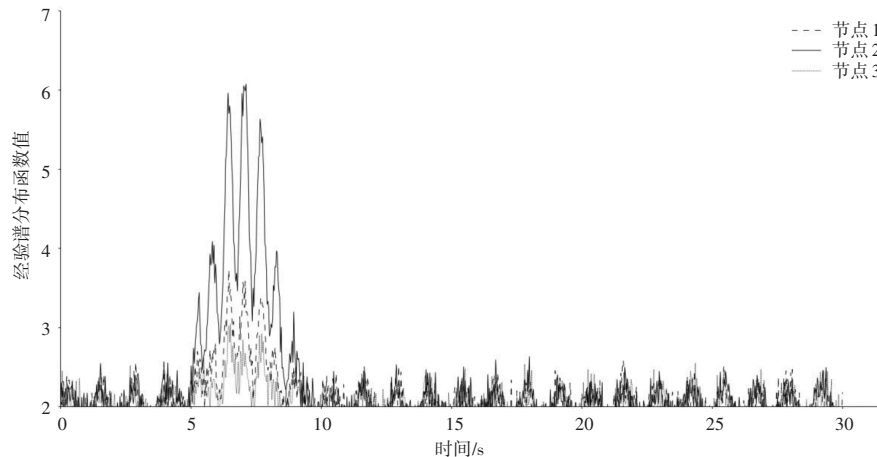


图6 电网节点监测

Fig. 6 Power grid node monitoring

### 3 结论

本文面向电网在实际生活中的运营情况,深入研究了管理策略,并设计了相应的自动化监测方法。经过实例测试验证,该方法能够较为准确地监测电网节点的运行状态,并通过分析其与预期运营管理策略的差异度,实现对电网运营状态的自动化监测。然而,由于条件有限,本文的研究内容尚存在一定的改进空间。电网运营涉及的环节众多,因此本文难以全面考虑所有细节性的影响因素。在后续的研究工作中,应进一步深入研究电网运营的细节性影响因素,以提高电网运营策略的实用性。此外,本文设计的电网自动化监测主要聚焦于节点运行数据的分析,尚未将用户满意度等数据纳入监测范围。为了进一步提升电网运营管理的实效性,未来可以研究针对多方面的电网运营数据的自动化监测,以实现更加精准的监测效果。

### 参考文献

[1] 叶颖津, 林玲, 阮迪, 等. 新型电力系统下电网企业有效资产运营效率评估[J]. 中国电力, 2023, 56(6): 185-193.  
 [2] WU H, WANG J, WU Z, et al. Multi-parameter optimized triboelectric nano-generator based self-powered sensor network for broadband aeolian vibration online-monitoring of transmission lines [J]. Advanced Energy Materials, 2022, 12(13): 2103654.  
 [3] 吴天逸, 冯楠, 高凯, 等. 轨道交通影响下上海电网直流偏磁多参量监测及治理研究[J]. 高压电器, 2023, 59(11): 84-91.

[4] KHALILI M, ALI DASHTAKI M, NASAB M A, et al. Optimal instantaneous prediction of voltage instability due to transient faults in power networks taking into account the dynamic effect of generators [J]. Cogent Engineering, 2022, 9(1): 2072568.  
 [5] 孙通, 张石, 张博, 等. 基于自适应去噪算法的电力设备在线状态监测研究[J]. 制造业自动化, 2023, 45(7): 26-30.  
 [6] XIANG L, YANG X, HU A, et al. Condition monitoring and anomaly detection of wind turbine based on cascaded and bidirectional deep learning networks [J]. Applied Energy, 2022(305): 117925.  
 [7] 闫博阳, 韩肖清, 李廷钧, 等. 计及能量-备用联合市场交易的含储能主动配电网运营策略[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(23): 131-140.  
 [8] 陈杰, 刘牧阳, 邓小宇, 等. 基于离散信息模型的电力系统汇集点惯量在线监测方法[J]. 电力系统保护与控制, 2023, 51(24): 44-52.  
 [9] 谢忠志. 基于电力系统通信的环境监测与电器控制网络发展模式关系[J]. 环境工程, 2023, 41(5): 264.  
 [10] 陈志同, 徐晋, 李国杰, 等. 基于变分模态分解和压缩感知的电力系统宽频振荡监测方法[J]. 电力系统保护与控制, 2022, 50(23): 63-74.  
 [11] 陈晨, 马三江, 刘鑫明, 等. DSP 和 ARM 在舰船综合电力系统电能质量监测装置的应用[J]. 舰船科学技术, 2022, 44(8): 108-111.  
 [12] 寿箭男, 崔维伟. 基于博弈视角的社区光储微电网系统运营研究[J]. 系统管理学报, 2023, 32(1): 42-52.  
 [13] 全龙翔, 王茜璇, 艾力·海如拉. 基于云存储与智能分析的电网运营数据处理系统[J]. 电子设计工程, 2023, 31(10): 79-82, 87.  
 [14] 冯小峰, 冯霞山, 张正峰, 等. 基于最大似然法和决策树的智能电能表计量误差检测方法[J]. 电测与仪表, 2024, 61(12): 205-211.  
 [15] 张灿, 吕伟才, 刘宇, 等. 基于遗传算法优化卡尔曼滤波模型的 GNSS CORS 监测数据处理研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(9): 83-86.

(上接第 95 页)

[7] 李奉顺, 张建红, 祝前峰, 等. 基于 U-Net 的焊缝特征条纹提取[J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(6): 103-107.  
 [8] 吴明畅, 杨绪运, 郑英贤, 等. 站场工艺管道小口径支管角焊缝相控阵超声检测工艺[J]. 压力容器, 2023, 40(6): 72-79.  
 [9] 魏雨晨, 李旭东, 刘治国, 等. 基于 GA-BP 神经网络的航空铝合金预腐蚀疲劳寿命预测[J]. 环境技术, 2022, 40(5): 178-182.  
 [10] 柴林, 郭峰, 熊天霞. 基于智能计算的周转器材消耗预测最优组合模型[J]. 环境技术, 2021, 39(5): 190-193.  
 [11] 李艳生, 万勇, 张毅, 等. 基于人工蜂群-自适应遗传算法的仓储

机器人路径规划[J]. 仪器仪表学报, 2022, 43(4): 282-290.  
 [12] 孙艳丰. 基于遗传算法和禁忌搜索算法的混合策略及其应用[J]. 北京工业大学学报, 2022, 32(3): 258-262.  
 [13] 周新宇, 吴志健, 王晖, 等. 一种精英反向学习的粒子群优化算法[J]. 电子学报, 2023, 41(8): 1647-1652.  
 [14] 裴小兵, 张春花. 应用改进区域遗传算法求解置换流水车间调度问题[J]. 智能系统学报, 2019, 14(3): 541-550.  
 [15] 张延华, 姜雄文. 基于改进遗传算法的电气设备仓库货位优化[J]. 控制工程, 2023, 30(4): 620-628.