

DOI: 10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2021.04.050

基于无线传感器节点的化工设备状态监测研究

崔金玉

(延安职业技术学院, 陕西 延安 716000)

摘要:为提高化工设备状态监测能力,创建了一种基于无线传感器节点的化工设备状态监测模型。采用无线传感器组网的方法进行化工设备状态参数分析和特征提取,通过参数辨识和节点优化部署的方法,进行化工设备状态参数融合和节点轮换调度。提取化工设备状态的特征量,对采集的化工设备状态信息进行谱密度特征分析,根据无线传感节点采集到的化工设备状态信息谱密度特征差异性进行异常状态特征检测和分析,实现了化工设备状态监测和工况可靠性分析。仿真结果表明:该方法可靠性高,稳定性好,提高了化工设备的稳态工作能力。

关键词:无线传感器节点;化工设备;状态;监测;工况特征

中图分类号:TP274 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)04-0190-03

Research on Condition Monitoring of Chemical Equipment Based on Wireless Sensor Node

CUI Jinyu

(Yan'an Polytechnic College, Yan'an 716000, China)

Abstract: To improve the ability of chemical equipment condition monitoring, a chemical equipment condition monitoring model based on wireless sensor nodes is proposed. Chemical equipment status parameter analysis and feature extraction are carried out by wireless sensor networking. Chemical equipment status parameter fusion and node rotation scheduling are undertaken by parameter identification and node optimal deployment, and feature quantities of chemical equipment status are extracted. Spectral density feature analysis is implemented on collected chemical equipment status information, and abnormal status feature detection and analysis are conducted according to spectral density feature difference of chemical equipment status information collected by wireless sensor nodes, thus realizing chemical equipment status monitoring and working condition reliability analysis. The simulation results show that the improved method has high reliability and good stability, which enhances the steady-state working ability of chemical equipment.

Keywords: wireless sensor node; chemical equipment; status; monitoring; working condition characteristics

0 引言

随着无线传感器组网技术的发展,通过优化的信息处理技术和安全预警控制技术进行化工设备状态监测和故障监测,提高化工设备工况状态的特征分析能力以确保化工设备运行的稳定性,其相关的检测监测技术已经受到人们的极大关注。研究化工设备状态监测方法,在提高化工设备的稳定性和安全性方面具有重要意义^[1]。

对化工设备状态监测是建立在状态特征分析和结构重组技术上的。构建化工设备状态监测的可靠性参数分析模型,通过模糊度约束控制,进行化工设备状态监测和信息融合处理。传统方法中,对化工设备状态监测方法主要有:关联规则挖掘的监测方法、统计信息分析的监测方法、模糊度特征匹配的监测方法等^[2-3];通过自相关特征匹配和信息融合,进行化工设备状态监测。但传统方法的自适应性不高,可靠性不好。针对上述问题,本文提出基于无线传感器节点的化工设备状态监测模型。首先对化

工设备状态数据采集进行优化处理,合理部署无线传感器节点,在此基础上实现状态信息融合;通过提取化工设备运行状态特征量和控制监测输出,完成监测优化和工况可靠性分析;最后进行仿真测试分析。文中阐述了本文方法在提高化工设备状态监测和故障工况可靠性分析能力方面的优越性能。

1 化工设备状态数据采集及优化处理

1.1 化工设备状态参数采集的无线传感器节点部署

构建基于无线传感器节点的化工设备状态监测模型,优化无线传感器节点分布,通过无线传感器节点的空间轮换调度和状态参数融合,进行存储控制^[4]。采用 ZigBee 组网技术,进行无线传感器节点监测和信息融合控制,并在存储介质中实现化工设备状态数据存储,得到无线传感器节点部署及化工设备状态监测系统的设计结构图如

作者简介:崔金玉(1988—),女,陕西延安人,讲师,硕士,研究方向为过程装备与控制工程。

图 1 所示。

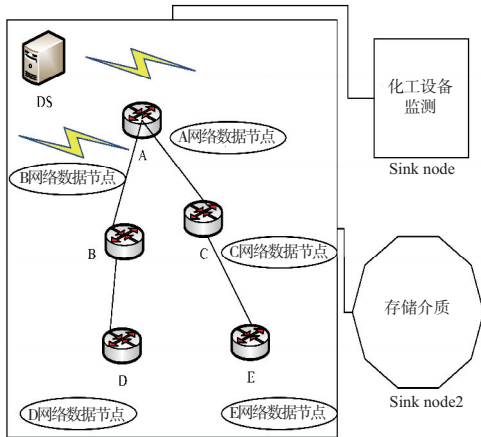


图 1 化工设备状态监测的设计结构图

图 1 所示的化工设备状态监测结构图,是以重油催化裂化装置化工设备为研究对象^[5],得到在平衡点附近,重油分馏塔化工设备的系统状态参量分布集为

$$h = t + \|s(r) + b\| \quad (1)$$

式中: t 为化工设备状态监测方法参数; $s(r)$ 为统计信息分析数据; b 为模糊度特征匹配参数。

通过无线传感器^[6-7]节点进行化工设备状态信息采集后的轮换调度,构建大数据融合模型,通过模糊度决策和对信息特征分布式重组,构建化工设备状态信息监测的统计特征量,以顶部抽出流量作为化工设备状态的关联规则特征集,分析化工设备状态系统的预测输出与当前状态的差异性,构建化工设备状态监测的指数函数 V ,则

$$V = \frac{b+m}{t} + h \quad (2)$$

式中 m 为无线传感器节点。

结合化工设备的运维状态管理和时域控制分析,进行化工设备的运维状态特征重组,通过参数辨识和节点优化部署的方法,进行化工设备状态参数融合和节点分布设计,得到无线传感器节点部署。

1.2 状态信息融合

在无线传感器节点部署和优化采集的基础上,进行化工设备的状态信息融合,提取特征量,对采集的化工设备状态信息进行谱密度特征分析,构建周期性空间互联系统模型,分析化工设备的运行状态安全监测的统计特征量^[8],得到周期性耦合分析模型为

$$f(v) = V + (m+j) \quad (3)$$

式中 j 为化工设备状态的特征量。

通过对化工设备的运行状态特征进行信息融合,在状态特征矢量列向量构成的状态分布空间中,得到化工设备状态信息的谱密度信息,通过二乘拟合控制^[9-10],得到稳态特征量分布为

$$q = \sum_{v=1} f(v) + |V_j + V_b| \quad (4)$$

式中: V_j 为化工设备状态信息分布的载频分布; V_b 为化工

设备状态监测的灵敏度特征分量。

考虑一类具有重复运行特性设备周期管理信息,对运行化工设备状态信息的统计特征量进行模糊采样,则有

$$z_j = \frac{V_j + V_b}{q} + j \quad (5)$$

采用系统综合分析的方法,进行化工设备的运行状态判断,得到化工设备状态监测的信息融合阈值判决式为

$$g(e) = L + z_j + q \quad (6)$$

式中 L 为化工设备状态的无线传感器节点采集的时间周期。

由此得到化工设备状态的谱密度特征为

$$w = \sum_{e=1} g(e) + (L + \mu) \quad (7)$$

式中 μ 为化工设备状态监测的统计特征量。

根据上述分析,对采集的化工设备状态信息进行谱密度特征分析和状态监测。

2 化工设备状态监测优化

2.1 化工设备运行状态特征提取

对化工设备监测的实时数据采用信息融合和模糊层次分析的方法进行频谱特征分解,采用动态 ARMA 模型进行化工设备运行状态综合调度,建立特征分析的统计特征量,结合描述性统计分析的方法,对化工设备状态监测的无线传感信息进行谱密度分解^[11],得到状态监测的可靠性分布概率密度满足下式:

$$D = \frac{\mu+k}{w} + L \quad (8)$$

式中 k 为化工设备运行状态综合调度参数。

通过经验模态分解的方法,建立化工设备状态监测的无线传感信息融合模型^[12-13],得到无线传感监测的模糊度函数为

$$T = \|U+I\| + D \quad (9)$$

式中: U 为化工设备状态监测的正交规范矩阵; I 为初始化工设备状态监测的无线传感信息的聚类中心 $F(x_i, A_j(L))$, $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, k$ 。

2.2 化工设备状态监测输出控制

通过关联度特征分析的方法,建立化工设备状态监测的稳态特征分析模型,在无线传感器采集系统终端,得到化工设备状态监测的输出参数分布集为

$$x(t) = \frac{\theta}{A+B} + (f_g + f_m) \quad (10)$$

其中: 化工设备的运行状态特征分布基频和谐波分量为 A/B ; θ 为化工设备的运行谱分解系数; f_g 为化工设备运行状态监测的振动频率; f_m 为化工设备状态监测的无线传感信息采样的频率。

基于人工智能控制技术^[14-15]进行化工设备监测的智能数据分析,得到化工设备状态监测的信息传递模型为

$$z(e) = \frac{f_g + f_m}{N} + \sum_{t=1}^N x(t) \quad (11)$$

式中 N 为化工设备状态监测的节点数。

通过多模态参数分析,得到化工设备状态监测的输出稳态特征量

$$b_g = z(e) + f_g + N \quad (12)$$

利用化工设备监测智能实时数据流监测的输出结果进行信息融合,得到多模态属性分布集,根据无线传感节点采集的化工设备状态信息的谱密度特征差异性进行异常状态融合,得到自适应寻优的迭代为

$$f(u) = K_e + b_g + z(e) \quad (13)$$

其中 K_e 为化工设备监测实时数据。

采用信息融合和模糊层次分析方法,采用自回归分析进行化工设备监测采集和统计分析,得到实时监测数据模糊度特征量及统计序列为

$$g_i = \|p_i + p_i\| + \sum_{u=1}^n f(u) \quad (14)$$

式中: p_i 为第 i 个传感器节点采集的化工设备状态监测模糊序列; p_i 为前 i 个监测节点采集的设备信息。至此可实现化工设备状态监测和工况可靠性分析。

3 仿真测试分析

设定化工设备状态监测的无线传感器节点个数为 120,设备信息存储节点数为 50,对化工设备监测的数据采样间隔为 0.65 s,传感器进行设备信息采集的时间间隔为 0.69 s,对设备工况信息检测的幅值为 24,干扰强度为 -25 dB,根据上述参数设定,得到化工设备状态信息采集输出如图 2 所示。

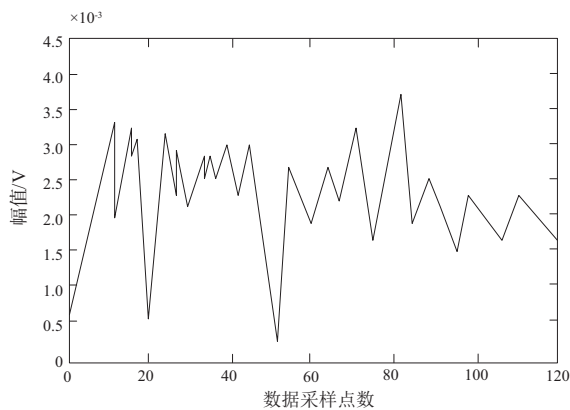


图 2 化工设备状态的无线传感信息采集

以图 2 的采集数据为研究对象,进行化工设备的状态工况信息特征提取,结果如图 3 所示。

分析图 3 得知,本文方法进行化工设备状态监测的工况信息融合聚类性较好,这是由于本文通过无线传感器节点部署和优化采集化工设备状态参数,对化工设备的状态进行信息融合,提取化工设备状态的特征量,提高了化工设备状态监测的准确性,得到对比结果见表 1。分析表 1 得知,本文方法进行化工设备状态监测的输出准确性较高。

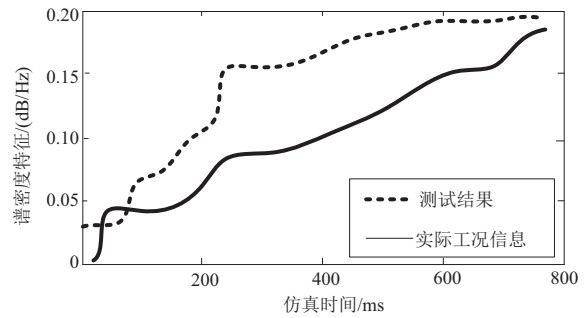


图 3 化工设备状态工况信息提取

表 1 化工设备状态监测精度对比 单位: %

迭代次数	本文方法	关联规则	粗糙集匹配
10	93.2	83.3	78.2
20	95.6	89.2	79.1
30	97.1	89.6	86.2
40	98.8	90.1	88.4

由表 1 可知相较于关联规则和粗糙集匹配方法监测精度均在 78% 以上,而本文方法的监测精度在 93% 以上。因此在化工设备状态监测中,本文方法的准确性更高。这是由于本文通过多模态参数分析,计算化工设备状态监测的输出稳态特征量,对其进行信息融合,利用谱密度特征差异性进行异常状态融合,得到自适应寻优,从而达到提高监测精度的目的。

4 结语

采用无线传感器节点的优化部署和信息采集的方法,进行化工设备状态监测,以提高化工设备的状态可靠性运行和管理能力。本文提出基于无线传感器节点的化工设备状态监测模型,采用动态 ARMA 模型进行化工设备运行状态的综合调度,建立化工设备运行特征分析的统计特征量,根据无线传感节点采集的化工设备状态信息分析其谱密度特征差异性,实现化工设备状态监测和工况可靠性分析。研究表明,本文方法可靠性较高,稳定性较好,监测精度较高。

参考文献:

- [1] 周凯,赵又群,徐瀚,等. 位移相关减振器对匹配机械弹性车轮的汽车操纵稳定性的影响[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2019, 33(2): 20-26.
- [2] 赵景波,倪彰,贝绍轶,等. 电动汽车阻尼可调减振器多模式切换控制研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(6): 158-164.
- [3] SCHÖNBAUER B M, STANZL-TSCHEGG S E, PERLEGA A, et al. The influence of corrosion pits on the fatigue life of 17-4PH steam turbine blade steel[J]. Engineering Fracture Mechanics, 2015, 147: 158-175.
- [4] LIU C, LIU S J, GAO S B, et al. Fatigue life assessment of the centrifugal compressor impeller with cracks based on the properties of FV520B[J]. Engineering Failure Analysis, 2016, 66: 177-186.

(下转第 211 页)

4 结语

研制了一套索段精密测控与自动连接设备,实现索网中各索段长度与张力的高精度控制。通过对节点零件安装精度、结构件变形、设备测量精度等因素的分析和控制,实现索段长度精确控制。实测索段长度最大偏差为 0.06 mm;通过高精度张力电机对张力进行精准加载,实测索段张力最大偏差为 0.18 N;同时采用液压压接的方式保证了夹套压接前后索段的张力和长度的一致性。

参考文献:

- [1] 王欢欢,刘占省,何建.全柔性空间索网结构分析发展综述[C].聊城:全国现代结构工程学术研讨会,2016.
- [2] 杨庆山,姜忆南.张拉索-膜结构分析与设计[M].北京:科学出版社,2004.
- [3] 夏劲松.索膜结构的构造理论和柔性天线的结构分析[D].杭州:浙江大学,2005.
- [4] 李琴琴.大型索网结构网面形状优化设计[D].西安:西安电子科技大学,2008.
- [5] MURPHEY T. Historical perspectives on the development of deployable reflectors [C]//50th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC

Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, Palm Springs, California, Reston, Virginia: AIAA, 2009

- [6] HIGUCHI K, ISHIMURA K. A survey of space structures research in Japan [C]//50th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, Palm Springs, California, Reston, Virginia: AIAA, 2009.
- [7] SEMLER D, TULINTSEFF A, SORRELL R, et al. Design, integration, and deployment of the TerreStar 18-meter reflector [C]//28th AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC - 2010), Anaheim, California, Reston, Virginia: AIAA, 2010.
- [8] MEGURO A, SHINTATE K, USUI M, et al. Inorbit deployment characteristics of large deployable antenna reflector onboard Engineering Test Satellite VIII [J]. Acta Astronautica, 2009, 65 (9/10): 1306-1316.
- [9] 范叶森,马小飞,李正军,等.绳索长度误差对索网天线网面精度影响的分析方法[J].华南理工大学学报(自然科学版),2014,42(8):64-69,83.
- [10] 邢恩振.空间可展结构中绳索动力学的研究[D].北京:北京理工大学,2015.

收稿日期:2020-08-31

(上接第 192 页)

- [5] 李伟峰,王磊.船舶机械设备的常见故障及状态监测与诊断技术研究[J].自动化与仪器仪表,2018(6):32-34.
- [6] 陈海军,韦鹏,吕金华,等.电气设备在线振动监测中传感器布置位置的优化研究[J].机械制造与自动化,2019,48(5):193-195,214.
- [7] 赵立英,王敏珍.输电线路杆塔接地状态在线监测技术研究[J].现代电子技术,2019,42(12):100-103,107.
- [8] WANG D, LIANG L, HU J B, et al. Analysis of low-frequency stability in grid-tied DFIGs by nonminimum phase zero identification [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2018, 33(2): 716-729.
- [9] WANG W Y, STAFFORD G G S, BARNES M, et al. Stability limitation and analytical evaluation of voltage droop controllers for VSC MTDC [J]. CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2018, 4(2): 238-249.
- [10] WANG W Y, BEDDARD A, BARNES M, et al. Analysis of active power control for VSC-HVDC [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2014, 29(4): 1978-1988.
- [11] ZHOU J Z, DING H, FAN S T, et al. Impact of short-circuit

ratio and phase-locked-loop parameters on the small-signal behavior? of a VSC-HVDC converter [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2014, 29(5): 2287-2296.

- [12] ARANI M F M, MOHAMED Y A R I. Analysis and performance enhancement of vector-controlled VSC in HVDC links connected to very weak grids [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2017, 32(1): 684-693.
- [13] GUO C Y, ZHANG Y, GOLE A M, et al. analysis of dual-infeed hvdc with lcc-hvdc and vsc-hvdc [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2012, 27(3): 1529-1537.
- [14] GUO C Y, LIU W, ZHAO C Y, et al. Small-signal dynamics and control parameters optimization of hybrid multi-infeed HVDC system [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2018, 98: 409-418.
- [15] NI X J, GOLE A M, ZHAO C Y, et al. An improved measure of AC system strength for performance analysis of multi-infeed HVdc systems including VSC and LCC converters [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2018, 33(1): 169-178.

收稿日期:2020-09-28