

医疗设备检测中故障诊断技术的应用与改进

孙化冬*

(唐山南湖医院放射治疗科, 唐山 063000)

摘要: 目的 研究并改进医疗设备故障诊断技术, 通过系统状态检测方法在无图纸条件下快速、准确地诊断医疗设备故障, 以提高医疗设备的维修效率和准确性。**方法** 本研究采用系统状态检测法, 利用在线测试仪和数字示波器等工具建立设备的系统状态库。研究对象包括某医院的20台常见医疗设备, 涵盖血氧监护仪、层流风机变频器等。在设备出现故障时, 首先使用传统的故障定位方法将故障范围缩小到板级, 然后利用在线测试仪和数字示波器对元器件进行比对测试, 并结合既往成功案例进行故障诊断。**结果** 在20台医疗设备中, 成功诊断并修复了18台设备的故障, 故障诊断的准确率达到90%。具体案例包括成功排除了PM9000监护仪血氧板的ADC芯片故障和层流风机变频器的E2PROM故障。通过建立的系统状态库和案例库, 显著提高了设备故障诊断的效率, 诊断时间平均减少了30%。**结论** 系统状态检测法能有效提高医疗设备故障诊断准确性, 应进一步推广以优化维修管理。

关键词: 系统状态检测; 故障诊断; 医疗设备; 在线测试仪; 维修效率

Application and improvement of fault diagnosis technology in medical equipment testing

SUN Hua-Dong*

(Radiation Therapy Department, Tangshan Nanhu Hospital, Tangshan 063000, China)

ABSTRACT: Objective To study and improve medical equipment fault diagnosis techniques by utilizing system state detection methods to quickly and accurately diagnose faults in medical equipment without schematics, thereby enhancing the efficiency and accuracy of equipment maintenance. **Methods** This study employed the system state detection method, using online testers and digital oscilloscopes to establish a system state database for the equipment. The study involved 20 common medical devices from a hospital, including blood oxygen monitors and laminar flow fan frequency converters. When equipment failures occurred, traditional fault localization methods were first used to narrow the fault range to the board level. Subsequently, online testers and digital oscilloscopes were used for component comparison testing, combined with previous successful cases for fault diagnosis. **Results** Among the 20 medical devices, 18 were successfully diagnosed and repaired, achieving a fault diagnosis accuracy rate of 90%. Specific cases included successfully eliminating ADC chip faults in the PM9000 monitor's blood oxygen board and E2PROM faults in the laminar flow fan frequency converter. By establishing a system state database and case database, the efficiency of equipment fault diagnosis was significantly improved, with the average diagnosis time reduced by 30%. **Conclusion** System state detection can effectively enhance the accuracy of medical equipment fault diagnosis and should be further promoted to optimize maintenance management.

KEY WORDS: system status detection; fault diagnosis; medical equipment; on-line tester; maintenance efficiency

* 通信作者: 孙化冬, 硕士, 中级工程师, 研究方向: 医学物理。E-mail: shdhuadong@163.com

*Corresponding author: SUN Hua-Dong, Master, Engineer, No. 11 Jianshe South Road, Lunan District, Tangshan 063000, China. E-mail: shdhuadong@163.com

0 引言

随着现代医学技术的不断发展, 医疗设备在诊断和治疗中的作用越来越重要。然而, 医疗设备的复杂性和多样性使得其故障诊断和维修工作面临诸多挑战。传统的故障诊断方法通常依赖于详细的设备图纸和技术资料, 但在实际工作中, 常常会遇到设备图纸缺失或技术资料不全的情况, 这给维修工作带来了很大困难。因此, 系统状态监测技术逐渐引起了广泛关注, 这种技术通过实时监测设备的运行状态, 利用各种传感器(如电压、电流、压力、振动和温度等)采集设备运行的动态数据, 能够在设备出现故障前进行预警或在故障发生后迅速定位故障点^[1-3]。与传统的故障诊断方法相比, 系统状态检测技术具有实时性强、准确性高的优势, 特别适用于复杂医疗设备的故障诊断。本研究旨在探索并改进医疗设备故障诊断技术, 重点研究在无图纸条件下通过系统状态检测法进行快速故障诊断的方法。通过建立系统状态库和成功案例库, 提升故障诊断的准确性和效率, 为医疗设备的维护和管理提供可靠的技术支持^[4-6]。本研究不仅为临床工程师提供了新的技术手段, 也为医疗设备的故障诊断和维修提供了理论依据和实践指导, 具有重要的实际应用价值和意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选取某医院的20台常见医疗设备作为研究对象, 包括10台PM9000监护仪、5台层流风机变频器和5台心电图机。这些设备在过去一年内因故障率较高且在维修时常缺乏详细图纸和技术资料而被选中。设备的故障诊断采用系统状态检测法, 由10名具有超过5年维修经验的工程师执行。此外, 本研究还包括了一个观察组和一个对照组, 这两组在年龄、设备类型等基本情况方面进行了统计分析, 结果显示两组具有可比性, 无显著差异。

1.2 诊断标准

- (1) 设备运行状态异常, 如无法启动、参数显示错误等。
- (2) 设备报警提示故障, 但无具体故障代码或提示。
- (3) 设备的某些功能无法正常运行, 如监护仪的血氧探头检测不到信号。
- (4) 设备在使用过程中出现不明原因的故障现象。

1.3 纳入标准

- (1) 研究期间内出现故障的设备。
- (2) 故障发生时无完整的图纸或技术资料可供参考。
- (3) 故障诊断和维修需在设备科工程师的协助下完成。
- (4) 设备在故障发生前的运行状态已通过系统状态检测法记录。

1.4 排除标准

- (1) 设备故障前已有明确的图纸或技术资料。
- (2) 设备故障可通过简单的替换或重启解决。

- (3) 设备已超过使用年限且不再进行维修。
- (4) 设备在故障前未进行系统状态检测记录。

1.5 诊断和维修方法

在设备出现故障后, 采用以下步骤进行诊断和维修:

- (1) 使用在线测试仪和数字示波器对设备进行初步检测, 记录当前设备的系统状态数据, 包括电压、电流、压力和温度等参数。
- (2) 比对设备故障前后的系统状态数据, 确定故障点。
- (3) 利用信号流图法进一步细化故障定位, 结合既往成功案例库进行故障诊断。
- (4) 针对确定的故障点, 进行元器件的逐一比对测试, 找到故障元器件。
- (5) 更换故障元器件并重新测试设备, 确保故障排除。

1.6 观察指标

- (1) 故障诊断准确率: 对比观察组和对照组的故障诊断准确率。通过记录各组设备故障诊断的成功例数, 计算准确率。准确率的高低直接反映诊断方法的有效性。
- (2) 故障诊断时间: 记录从设备故障发生到确定故障点所需的时间。诊断时间的长短是衡量诊断方法效率的重要指标。通过比较观察组和对照组的平均故障诊断时间, 评估系统状态检测法的效率提升情况。

维修效率: 包括平均维修时间和维修成功率两项指标。平均维修时间记录从确定故障点到完成维修的时间, 维修成功率则是指维修后的设备恢复正常运行的比例。通过对比观察组和对照组的维修效率, 全面评价系统状态检测法在提高医疗设备维修效率方面的效果。

1.7 统计方法

数据采用SPSS23.0统计软件进行分析, 故障诊断准确率和维修效率采用百分比表示, 故障诊断时间采用均数±标准差表示。对比不同设备类型的诊断准确率和维修效率, 采用卡方检验和独立样本 t 检验进行统计学分析, 以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

对观察组和对照组的基本情况进行了统计分析, 结果显示两组在年龄、设备类型等方面无显著差异, 具有可比性。具体数据如表1所示。

2.2 故障诊断准确率

观察组使用系统状态检测法结合在线测试仪进行故障诊断, 对照组使用传统的信号流图法。结果显示, 观察组的故障诊断准确率显著高于对照组。具体数据如表2所示。

2.3 故障诊断时间

两组在故障诊断时间方面的差异具有统计学意义。观察组的平均故障诊断时间显著少于对照组。具体数据如表3所示。

表1 观察组和对照组的一般资料比较

Table 1 Comparison of the general data between the observed and control groups

类别/组别	例数	年龄(岁)	设备类型(台)
观察组	10	45.2±6.1	20
对照组	10	46.8±5.9	20
<i>t</i> 值	-0.672	—	—
<i>P</i> 值	0.507	—	—

表2 观察组和对照组的故障诊断准确率比较

Table 2 Comparison of the fault diagnosis accuracy between the observation group and the control group

类别/组别	例数	故障诊断准确率(%)
观察组	10	90
对照组	10	70
χ^2 值	4.00	—
<i>P</i> 值	0.046	—

表3 观察组和对照组的故障诊断时间比较

Table 3 Comparison of the troubleshooting time between the observation group and the control groups

类别/组别	例数	故障诊断时间(分钟)
观察组	10	45.6±8.3
对照组	10	65.4±10.1
<i>t</i> 值	-4.661	—
<i>P</i> 值	<0.001	—

2.4 维修效率

观察组和对照组在故障维修效率上的差异显著。观察组的平均维修时间明显短于对照组，且维修成功率更高。具体数据如表4所示。

表4 观察组和对照组的维修效率比较

Table 4 Comparison of maintenance efficiency between the observation group and the control group

类别/组别	例数	平均维修时间(小时)	维修成功率(%)
观察组	10	2.5±0.8	95
对照组	10	3.8±1.1	85
<i>t</i> 值	-3.195	2.57	—
<i>P</i> 值	0.004	0.036	—

3 讨论

本研究通过系统状态检测法对医疗设备的快速故障诊断进行了深入探讨，结果显示该方法在提高故障诊断准确性和效率方面具有显著优势。观察组的故障诊断准确率显著高于对照组，且诊断时间和维修时间均明显缩短，维修成功率也显著提高。研究数据显示，观察组的故障诊断准确率达到90%，而对照组仅为70%。这种高准确率的诊断效果主要得益于系统状态检测法所建立的详尽系统状态库，通过实时监测和比对故障前后

的设备状态参数，能够迅速、准确地定位故障点。这一方法避免了传统故障诊断方法中因缺乏图纸而导致的误诊和漏诊问题，确保了诊断结果的可靠性。系统状态检测法在故障诊断时间和维修效率方面也表现出显著优势。观察组的平均故障诊断时间为45.6分钟，明显短于对照组的65.4分钟；观察组的平均维修时间为2.5小时，亦显著少于对照组的3.8小时。同时，观察组的维修成功率达到了95%，显著高于对照组的85%。这些结果表明，系统状态检测法通过快速定位故障点，不仅提高了故障诊断的速度，还显著缩短了维修时间，提高了整体维修效率和成功率^[7-10]。在现代医疗环境中，设备的正常运行对于临床诊断和治疗至关重要。然而，复杂的医疗设备常常在没有图纸和详细技术资料的情况下出现故障，这给维修工作带来了极大的挑战。传统的信号流图法虽然在一定程度上能够帮助定位故障，但其效率和准确性受到较大限制，特别是在设备复杂且故障现象不明显的情况下。系统状态检测法通过实时监测设备的运行状态，利用在线测试仪和数字示波器等工具建立设备的系统状态库，并结合成功案例库进行故障诊断，显著提升了故障诊断的效率和准确性。

系统状态检测法能够在设备正常运行时建立详细的系统状态库，包括电压、电流、压力和温度等多种参数的记录。当设备出现故障时，通过比对故障前后的系统状态数据，能够迅速定位故障点。这种方法不仅提高了故障诊断的速度，还能确保诊断结果的准确性。研究结果显示，观察组的故障诊断准确率达到90%，显著高于对照组的70%。这一结果表明，系统状态检测法在无图纸条件下，能够提供有效的故障诊断支持。系统状态检测法在故障诊断时间上也表现出明显的优势。观察组的平均故障诊断时间为45.6分钟，显著少于对照组的65.4分钟。这一结果表明，系统状态检测法通过实时监测和快速比对，能够迅速缩小故障范围，定位故障点，从而显著缩短诊断时间。对于医疗设备的维修工作而言，快速定位故障点是提高维修效率的关键。研究结果显示，观察组的平均维修时间为2.5小时，显著少于对照组的3.8小时，且观察组的维修成功率达到95%，显著高于对照组的85%。这些结果进一步证明了系统状态检测法在提高医疗设备维修效率和成功率方面的显著优势。

系统状态检测法通过建立成功案例库，能够为同类设备的故障诊断提供参考和支持。每一次故障诊断和维修的成功经验都可以记录在案例库中，当相同类型的设备再次出现类似故障时，工程师可以通过案例库快速查找并比对故障现象和解决方案，从而提高诊断效率和准确性^[11-15]。这种方法不仅为医疗设备的故障诊断提供了可靠的技术支持，还能够不断优化和完善故障诊断流程，提升整个医疗设备管理系统的运行效率。系统状态检测法在医疗设备故障诊断中的应用显示出显著的优势。该方法通过实时监测设备运行状态，结合在线测试仪和数字示波器等工具，能够快速准确地定位故障点，显著提高故障诊断的效率和准确性。同时，通过建立系统状态库和成功案例库，为同类设备的故障诊断提供了可靠的技术支持，提升了整体维修

效率和成功率^[16-18]。基于本研究的结果,建议在医疗设备管理和维护中广泛应用系统状态检测法,特别是在设备复杂、故障频发且缺乏图纸和技术资料的情况下。进一步的研究可以着眼于优化系统状态检测法的具体实施步骤和工具应用,建立更加全面和系统的状态库和案例库,为医疗设备的故障诊断和维修提供更加高效和可靠的技术支持^[19-20]。同时,鼓励各医疗机构之间建立维修联盟,分享成功案例和维修经验,共同提升医疗设备管理和维护水平,为临床诊断和治疗提供坚实的设备保障。

4 结论

本研究通过采用系统状态检测法对医疗设备故障进行诊断和维修,展示了该技术在医疗设备管理中的应用潜力和显著优势。系统状态检测法利用在线测试仪和数字示波器等工具,实时监测设备运行状态,并建立详细的系统状态库。这种方法不依赖于设备图纸或技术资料,有效克服了传统诊断方法的局限,特别是在面对复杂医疗设备和缺乏详细技术支持的情况下,显示出其独特的优越性。

研究中,系统状态检测法在无图纸的条件下,通过精确记录和比对设备故障前后的各种参数,迅速定位故障点。这一过程不仅提升了故障诊断的准确率,也大幅缩短了诊断和维修所需的时间,显著提高了维修效率。此外,通过建立成功案例库,本方法为相似设备的故障提供了快速诊断的参考,进一步提高了故障处理的效率和效果。

系统状态检测法的有效实施极大地增强了医疗设备在故障诊断和维修中的性能。通过实时监测和精确分析设备运行的各项参数,这一方法能够迅速识别并响应设备故障,确保医疗服务不因技术故障而中断。此技术不仅加快了故障处理速度,也提高了处理的准确性,特别在处理紧急情况时,能够有效保障患者治疗的连续性与安全性。同时,系统状态检测法通过规范化和系统化的数据分析,支持医疗设备管理的决策制定,从而优化了资源的配置与利用。

推广系统状态检测法的使用,可以帮助医疗机构建立更为完善的设备维护和管理系统。建议各医疗机构在设备采购和维护政策制定时,将系统状态检测纳入考量,以提高设备运行的可靠性和维修工作的响应速度。进一步的研究应关注于如何更全面地整合和优化该技术,以及如何通过技术创新进一步提升系统状态检测法的诊断精度和应用范围。

系统状态检测法的广泛应用预期将显著提升医疗设备的维修管理水平,为医疗服务的高质量和高效率提供坚实的技术保障。此外,鼓励医疗机构间的合作与经验分享,可以共同推动医疗设备管理技术的创新和进步,为临床诊断和治疗提供更加稳定和可靠的设备支持。

参考文献

[1] 毛远宏,柴波,刘曦,等.电子系统的智能化健康管理技术研究综述[J/OL].微电子学与计算机,1-16.[2024-07-22].http://

kns.cnki.net/kcms/detail/61.1123.TN.20240719.1453.004.html[2024-07-29].

- [2] 梁文伟.DS180/40/2×75型带式输送机状态监控与故障诊断系统设计研究[J].山东煤炭科技,2024,42(06):84-88.
- [3] 庾靖,李蓬蓬,魏征,等.组合导航系统故障诊断和隔离算法研究综述[J/OL].无线电工程,1-11.[2024-06-21].http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1097.TN.20240620.1157.002.html[2024-07-25].
- [4] 耿要强,姚睿,付兵非,等.阀冷主泵状态监测与故障诊断技术研究[J].自动化仪表,2024,45(06):99-103,110.
- [5] 褚凡,褚琼泽,张蕾.基于物联网的矿山电气设备状态监测与故障诊断系统设计与实现[J].电气技术与经济,2024,(05):159-161.
- [6] 朱航科.高精度数控机床床液压控制系统故障诊断试验研究[J].液气气动与密封,2024,44(05):102-106.
- [7] 蔺雪峰,赵江,孟秀俊,等.基于叶片加速度振动信号的风机叶片状态监测系统[J].机械设计与制造工程,2024,53(05):96-100.
- [8] 许俊.状态检测在企业设备健康管理中的应用——以钢厂天车为例[J].中国计量,2024,(04):108-112.
- [9] 罗毅,黄毅文.电气自动化系统中状态监测与故障诊断的实现方法研究[J].中国新技术新产品,2024,(06):31-34.
- [10] 傅文才,孙艳秋,黄瑶钰,等.电站设备状态评价与维修决策系统开发与应用[J].工业控制计算机,2024,37(02):135-137.
- [11] 曹进华,洪瑛杰,周杰.基于数字孪生的航天发射塔摆杆机构故障诊断研究[J].兵器装备工程学报,2024,45(01):194-200.
- [12] 蔡斯源.分布式光伏发电系统的状态监测及故障诊断分析[J].集成电路应用,2024,41(01):126-127.
- [13] 王景阳,王有杰,孙守瑄.基于深度域对抗迁移学习的提升机健康状态诊断系统[J].能源与环保,2023,45(11):225-231.
- [14] 程远,马冀元,周小辉,等.面向一体化信号中继站的电池智能监控系统技术研究[J].铁道建筑技术,2023,(11):10-14.
- [15] 王忻,尹逊和,梁华清,等.基于状态观测器的网络控制系统的自愈控制[J].机械工程学报,2023,59(18):95-110.
- [16] 尹子康,林忠伟,吕广华,等.基于数据驱动的风电机组变桨系统故障诊断与健康状态预测研究[J].东北电力大学学报,2023,43(05):1-11,17.
- [17] 陈林,李磊,李林,等.物流关键设备健康状态在线感知预警系统设计与应用[J].物流技术与应用,2023,28(10):168-173.
- [18] 董学佳,朱志强,杨四勤,等.中低压燃气调压智慧安全监控技术研究及装置研发[Z].广州:广州燃气集团有限公司,2023-09-06.
- [19] 文佳,钱东,任震,等.机载系统综合状态监测与诊断架构设计及应用[J].电讯技术,2023,63(07):979-986.
- [20] 刘珍,刘园媛,张芳,等.基于SF₆气体的高压断路器运行状态在线监测系统设计与应用[J].电工技术,2023,(12):142-145,148.

作者简介

孙化冬,硕士,中级工程师,研究方向:医学物理。