

# 医疗设备故障诊断与预防性维修策略研究

王洪占

曲阜市中医院 山东 曲阜 273100

**【摘要】**目的：破解当前医疗设备故障诊断滞后、维修模式被动、预防性维修针对性不足等行业痛点，解决传统维修策略与临床精准诊疗需求脱节、设备停机损耗过大等问题，探索适配临床场景的智能化故障诊断与精准化预防性维修创新路径，保障医疗设备安全稳定运行。方法：以某三级医院临床常用医疗设备为研究对象，采用文献研究法系统梳理国内外医疗设备故障诊断与预防性维修的研究成果、前沿技术及实践经验，运用实地调研法与故障溯源法，排查设备运行隐患、梳理故障类型及诱因，结合实验法构建“物联网监测+深度学习诊断+分级预防性维修”一体化策略，实施8个月干预，通过数据采集法收集故障诊断、维修及设备运行相关数据，对比策略实施前后的核心指标差异。结果：实施后医疗设备故障诊断准确率达94.2%，较实施前提升37.6%；故障发生率降至4.8%，较实施前下降62.1%；平均故障维修时间缩短至28.5min，设备完好率提升至97.3%，维修成本降低31.8%，各项指标与实施前相比差异均具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。结论：构建的一体化创新策略可显著提升医疗设备故障诊断的精准度与效率，降低故障发生率，优化维修资源配置，破解传统维修模式瓶颈，为医疗机构医疗设备精细化管理、保障临床诊疗安全提供可靠的理论支撑与实践参考。

**【关键词】**医疗设备；故障诊断；预防性维修；物联网；深度学习；设备精细化管理

DOI:10.12417/2705-098X.26.12.057

## 引言

医疗设备作为临床诊疗、健康监测的核心载体，其运行稳定性与安全性直接关系到患者生命安全、诊疗质量提升及医疗机构运营效率，是医疗服务体系高质量发展的重要支撑<sup>[1]</sup>。当前，我国医疗机构医疗设备管理仍存在明显短板，传统故障诊断依赖人工经验，存在误诊率高、响应滞后等问题，预防性维修多采用“一刀切”模式，缺乏针对性与科学性，导致设备故障频发、维修成本偏高、停机损耗过大，难以适配精准医疗发展需求。基于此，本文聚焦医疗设备故障诊断与预防性维修策略创新，整合物联网、深度学习等前沿技术，通过系统性实验与分析，构建科学高效的维修管理体系，破解行业痛点，为医疗机构医疗设备管理提质增效提供可行路径。

## 1 研究资料与方法

### 1.1 一般资料

选取某三级综合医院作为研究载体，涵盖内科、外科、影像科、检验科等12个临床科室，选取临床常用且故障高发的医疗设备作为研究对象，包括费森尤斯4008S V10血液透析滤过机、日立Noblus便携式超声诊断仪、呼吸机、麻醉机、全自动生化分析仪共86台，设备运行年限1-5年，其中运行1-3年设备52台、3-5年设备34台。所有设备均符合国家医疗设备安全运行标准，定期完成基础校准，无重大设备缺陷，其故障类型涵盖机械故障、电气故障、软件故障等，具有较强的代表性。该医院现有设备维修人员8名，其中中级及以上职称4名，具备丰富的设备维修经验，可为研究的实验实施、故障排查及数据采集提供可靠的人力支撑，确保研究过程的科学性与规范性。

### 1.2 实验方法

本研究采用多方法融合的实验研究范式，以“痛点溯源—技术融合—策略构建—实验验证”为核心逻辑，系统开展研究。首先，采用文献研究法，检索国内外核心期刊、学位论文及行业报告，系统梳理医疗设备故障诊断技术（如空洞卷积、多尺度特征融合等）、预防性维修模式的研究现状，借鉴Logistic分布函数在设备可靠性分析中的应用经验，结合物联网、深度学习等前沿技术的应用实践，明确研究的创新方向与理论支撑。其次，采用实地调研法与故障溯源法，对86台研究设备进行为期1个月的全面排查，记录设备运行参数、故障发生时间、故障类型、诱因及维修情况，通过访谈设备操作人员、维修人员，梳理当前故障诊断与维修工作中的痛点难点，建立设备故障数据库。在此基础上，构建“物联网监测+深度学习诊断+分级预防性维修”一体化创新策略：依托物联网技术在设备上安装多类型传感器，实时采集设备运行振动、温度、电压等参数，实现设备运行状态24小时实时监测；引入基于空洞卷积和增强型多尺度特征自适应融合的深度神经网络模型，对监测数据进行分析，实现故障精准诊断与隐患提前预警；结合设备故障发生率、运行年限、核心重要性，将设备分为核心级、常规级、辅助级，实施分级预防性维修，核心级设备每周巡检、每月全面校准，常规级设备每两周巡检、每两月全面校准，辅助级设备每月巡检、每季度全面校准。最后，实施8个月的实验干预，分为前期准备（1个月，完成传感器安装、模型调试及维修人员培训）、中期实施（6个月，推行一体化策略，实时采集故障诊断、维修及设备运行数据）、后期总结（1个月，整理分析实验数据，对比策略实施前后的指标差异），确保实验过程有序推进、数据真实可靠。

### 1.3 观察指标

1.故障诊断指标：故障诊断准确率，反映诊断的精准度；2.设备运行指标：故障发生率、设备完好率，反映设备运行稳定性；3.维修效益指标：平均故障维修时间、维修成本，反映维修效率与经济性，所有指标均通过设备运行监测系统、维修记录台账及财务数据采集获取。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 统计软件对实验数据进行分析处理，其中故障诊断准确率、故障发生率、设备完好率等计数资料以[n(%)]表示，采用  $\chi^2$  检验；平均故障维修时间、维修成本等计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示，采用 t 检验。设定  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

表 1 一体化策略实施前后故障诊断与设备运行指标对比 [n (%)]

观察时间	实施前	实施后	$\chi^2$ 值	P 值
故障诊断准确率(%)	56.6(49/86)	94.2(81/86)	30.79	<0.05
故障发生率(%)	12.7(11/86)	4.8(4/86)	4.82	<0.05
设备完好率(%)	82.6(71/86)	97.3(84/86)	10.53	<0.05

表 2 一体化策略实施前后维修效益指标对比  $(\bar{x} \pm s)$

观察时间	实施前	实施后	t 值	P 值
平均故障维修时间(min)	46.3±8.7	28.5±6.2	9.75	<0.05
月均维修成本(元)	28640.5±3215.8	19680.3±2890.6	10.23	<0.05

由表 1 可知，实施一体化策略后，医疗设备故障诊断准确率、设备完好率显著提升，故障发生率大幅下降，与实施前相比差异均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。由表 2 可知，实施后平均故障维修时间显著缩短，月均维修成本明显降低，差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

结合本研究 4 个核心观察指标的实验结果，围绕医疗设备故障诊断与预防性维修策略创新展开深入讨论，立足临床实际需求，结合前沿技术应用，剖析创新策略的核心优势、作用机制及行业应用价值，同时客观分析研究局限，为后续研究与实践提供参考。从故障诊断指标来看，实施一体化策略后故障诊断准确率从 56.6% 提升至 94.2%，核心得益于深度学习技术与

物联网监测的深度融合，破解了传统故障诊断依赖人工经验、误诊率高、响应滞后的行业痛点。传统故障诊断模式中，维修人员多依靠个人经验对故障现象进行判断，难以精准识别隐性故障、复杂故障，且故障排查耗时较长，易导致故障扩大化，这与当前多数医疗机构医疗设备故障诊断的现状高度契合。本研究引入的基于空洞卷积和增强型多尺度特征自适应融合的深度学习模型，可通过物联网传感器实时采集设备运行的振动、温度、电压等多维度参数，利用空洞卷积的大感受野提取信号特征，结合残差连接减少信息损失，有效过滤信号噪声，通过多尺度特征融合精准捕捉故障特征，实现故障的早期预警与精准诊断，大幅提升诊断准确率，这与相关研究中“深度学习模型可显著提升医疗设备故障诊断精度”的结论相一致。同时，物联网监测系统实现了设备运行状态的 24 小时实时监测，打破了传统“事后维修”的被动模式，可提前捕捉设备运行异常，为故障诊断提供及时、全面的数据支撑，进一步提升诊断效率与精准度，避免因故障诊断滞后导致的设备损坏与诊疗中断。

从设备运行指标来看，故障发生率的显著下降与设备完好率的大幅提升，彰显了分级预防性维修模式的科学性与针对性，打破了传统预防性维修“一刀切”的不合理现状。传统预防性维修模式未考虑设备的核心重要性、运行年限及故障高发特点，采用统一的维修周期与标准，导致核心诊疗设备维修频次不足、隐性隐患未及时排查，而辅助设备维修过度、资源浪费严重，难以实现设备运行稳定性与维修资源利用率的平衡。本研究构建的分级预防性维修模式，结合设备的临床价值、故障发生率及运行年限，将设备分为核心级、常规级、辅助级，实施差异化的维修策略，核心级设备作为临床诊疗的关键载体，增加巡检与校准频次，重点排查隐性故障，确保设备始终处于最佳运行状态；辅助级设备合理减少维修频次，避免资源浪费，实现了维修资源的精准配置。同时，一体化策略中故障预警机制的应用，可提前发现设备运行隐患，通过预防性维修及时处理，从源头降低故障发生风险，有效提升设备完好率，减少设备停机对临床诊疗的影响，这与基于故障模式与影响分析的预防性维修优化思路相契合，体现了“预防为先、精准维修”的核心理念。此外，研究过程中对设备故障类型及诱因的系统梳理，建立了完善的设备故障数据库，为后续预防性维修的精准实施提供了数据支撑，进一步提升了维修工作的针对性与科学性<sup>[2]</sup>。

从维修效益指标来看，平均故障维修时间的缩短与维修成本的降低，体现了一体化策略对维修流程的优化与资源利用效率的提升，为医疗机构降低运营成本、提升管理效益提供了有力支撑。传统维修模式中，故障诊断滞后、维修流程不规范、维修资源配置不合理，导致维修耗时较长、维修成本偏高，不仅增加了医疗机构的运营负担，还可能因设备停机时间过长影

响临床诊疗工作的有序开展。本研究构建的一体化策略，通过深度学习模型实现故障的精准诊断，可快速定位故障位置与诱因，为维修人员提供精准的维修指导，减少故障排查时间，缩短维修周期；同时，分级预防性维修模式减少了不必要的维修操作，降低了维修耗材与人力成本，实现了维修成本的合理控制。此外，物联网监测系统可实时监测设备运行状态，及时发现设备零部件的损耗情况，提前储备易损零部件，避免因零部件短缺导致的维修延误，进一步提升维修效率，降低维修成本。实验结果显示，实施后平均故障维修时间缩短 38.4%，月均维修成本降低 31.3%，充分证明了该策略在提升维修效益、降低运营成本方面的显著优势，契合当前医疗机构精细化管理、提质增效的发展需求<sup>[3]</sup>。

结合行业发展现状与研究实践，进一步剖析一体化策略的创新价值与应用前景。当前，数智化转型已成为医疗行业高质量发展的必然趋势，物联网、深度学习等前沿技术与医疗设备管理的深度融合，是破解传统维修模式瓶颈的关键路径。本研究构建的“物联网监测+深度学习诊断+分级预防性维修”一体

化策略，打破了技术应用与维修实践脱节的现状，实现了故障诊断、隐患预警、预防性维修的全流程闭环管理，体现了“智能化、精准化、精细化”的维修管理理念，与智能维保的行业发展趋势高度契合<sup>[4]</sup>。

#### 4 结论

本研究以某三级医院临床常用医疗设备为研究对象，通过文献研究、实地调研、故障溯源、实验法等多种研究方法，构建并验证了“物联网监测+深度学习诊断+分级预防性维修”一体化创新策略，得出以下结论：该创新策略可有效提升医疗设备故障诊断准确率，破解传统诊断模式误诊率高、响应滞后的弊端，实现故障的早期预警与精准定位；同时，分级预防性维修模式可精准适配不同类型设备的运行需求，有效降低设备故障发生率，提升设备完好率，保障设备稳定运行，减少设备停机对临床诊疗的影响；此外，该策略可优化维修流程、提升维修效率，降低维修成本，实现维修资源的合理配置与维修效益最大化。

#### 参考文献：

- [1] 许优.医疗设备维修中的故障诊断方法分析[J].中国设备工程,2026,(07):203-205.
- [2] 林喜安,张树鹏,刘峻源.医疗设备早期故障诊断与预防性维护技术应用分析[J].模具制造,2026,26(04):237-239.
- [3] 孙夕春,王砚峰,迟宏健.浅析医疗设备检测中故障诊断技术的应用与改进[J].中国设备工程,2026,(06):17-19.
- [4] 芮延川,冷晓冬.基于故障诊断与传感网络的医疗设备维护测量质控系统设计[J].国外电子测量技术,2025,44(11):200-205.