

新形势下医院医疗设备维修维护管理模式探讨

李晓龙

勐海县人民医院，云南西双版纳傣族自治州，666200；

摘要：随着智慧医疗深入推进与医疗设备智能化升级，医院设备管理复杂度剧增，传统运维模式弊端凸显，亟需探索新型管理模式。基于此，本文针对新形势下医院医疗设备维修维护管理面临的挑战，探讨创新管理模式的路径与方法，提出融合信息化技术、优化资源配置、强化全生命周期管理的新型模式框架，阐述该模式在提升设备运维效率、降低运营成本、保障医疗安全等方面的作用，为医院医疗设备管理现代化转型提供理论与实践参考。

关键词：新形势；医疗设备；维修维护；管理模式；全生命周期

DOI：10.69979/3029-2808.25.10.044

引言

在智慧医疗飞速发展和医疗设备智能化程度越来越高的新形势下，医院对医疗设备的维修维护管理工作也面临着许多新的挑战。设备种类越来越多，技术复杂度也在不断增加，人工主导、被动应对的传统管理模式已经很难满足需要，迫切需要探索更加高效和科学的管理模式。文章从新形势下医院医疗设备管理特点和需求入手，对创新管理模式建设思路和实施途径进行了探讨，目的是为提高医院医疗设备运维管理水平，确保医疗服务质量和方面提供有益参考。

1 新形势下医院医疗设备维修维护管理的需求

1.1 设备技术迭代催生专业化维护需求

随着高端医疗设备如医学影像设备和生命支持系统的智能化和集成化水平逐渐提高，这些设备的内部构造也变得越来越复杂，以多模态影像融合设备为例，融合 CT、MRI 等多学科技术进行故障排查，需要多学科知识的同步应用。传统的“经验式”检修已经很难满足需要，医院急需一支集电子工程、计算机科学和临床医学跨学科知识于一体的专业检修队伍，才能对设备故障进行准确诊断和高效检修^[1]。

1.2 设备全生命周期管理的精细化管控

医疗设备自购置、使用至报废全过程管理对维修维护工作提出了更高的要求。在采购阶段需根据设备的性能和故障率来分析其成本效益；在使用阶段应建立动态维护档案并对设备的运行数据进行实时监控；报废阶段需对残值进行评估，并依据国家法律法规报废处理。另外，国家卫健委在医疗设备质控管理方面要求严格，这也推动了医院建立全生命周期精细化管理体系并将预防性维护和应急维修相结合。

1.3 成本控制和效益提升推动管理革新

基于 DRG/DIP 付费改革的大环境，医院需要减少设备的运维成本和提高使用效率。一方面通过对配件库存管理的优化和智能预警系统的应用来降低配件积压；另一方面，引入第三方专业维保服务，以市场化模式降低运维成本。另外，通过物联网技术实时分析设备运行数据，发掘设备使用潜力、延长使用寿命、兼顾经济效益和社会效益。

2 新形势下医院医疗设备维修维护管理模式

2.1 基于物联网的设备状态实时监测模式

以物联网为基础的实时设备状态监测模式，以先进的传感和数据传输技术为支撑，建立了全方位的设备监测网络，在武汉大学人民医院的实际操作中，为医院的 68 台 CT 设备和 42 台 MRI 设备安装了高精度的传感器。其中，温度传感器的精度达到了 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ，振动传感器的分辨率为 0.005mm/s ，而电流传感器的误差则被控制在 $\pm 0.3\%$ 之内。这些传感器在 1200Hz 采样频率下对装置运行数据进行实时采集，通过 5G 网络上传到中央管理平台上，数据传输延迟基本稳定在 15ms 之内，该系统利用深度学习中的卷积神经网络（CNN）技术，对收集到的振动频率、电流形态等信息进行深入分析，从而构建设备正常工作的基线模型^[2]。当设备参数与基线的偏差大于设定的阈值时，例如 CT 球管的温度大于 70°C ，MRI 梯度系统的振动幅度大于 $0.3\text{mm} \cdot \text{s}$ ，该系统会立即启动报警。自从采用这种模式后，武汉大学人民医院的 CT 设备出现的突发故障频率已从年均 32 次减少到 11 次，同时 MRI 设备的停机时间也从年均 140 小时减少到了 52 小时。经过实时的电力监控，CT 设备的能效比从原先的 1.7 增长到了 2.2，这意味着单个设备每年可以节省高达 18000 千瓦时的电量，从而显著减少了

运营和维护的成本，同时监测系统能够产生设备的健康评分为满分 100。在得分小于 75 分的情况下，维护工单会由系统自动推送，以提醒工程师有针对性的检查。设备的健康评分预测的准确性高达 88%，这为预防性的维护工作提供了坚实的科学支撑。

2.2 全生命周期的动态档案管理模式

基于区块链技术的全生命周期动态档案管理模式，实现医疗设备自购置至报废整个过程中数据的可追溯和不可篡改，在四川大学华西医院，每一台新购置的医疗器械都会被赋予一个独特的电子身份标识（UID），该标识会录入 32 项基础数据，包括设备的型号、技术规格和供应商的详细信息等。在使用阶段，系统每日自动采集运行时长（精确到分钟）、使用频次、累计工作小时数等 21 类动态数据，档案系统使用以太坊区块链技术对记录进行实时上链维护，保证数据真实、完整^[3]。该系统内建设备寿命预测模型是以 Weibull 分布算法为基础并结合医院内 1500 台同类型设备运行数据来预测其剩余使用寿命。经实际验证，该模型对超声设备的寿命预测误差控制在±280 小时以内，对生化分析仪的预测误差在±320 小时以内，在设备报废环节，系统通过评估核心部件损耗程度、维修成本、剩余价值等 18 项指标，自动生成处置建议。四川大学华西医院在采纳这种模式之后，设备的报废残值回收效率提高了 65%，每台设备的平均回收金额增加了 9 万元，设备报废处置的合规性达到了 100%。与此同时，档案系统还实现了对设备历史数据进行快速调阅，过去查询设备档案大概为 30 分钟，而如今只需两分钟就能查询完毕。

2.3 多部门协同预防性维修模式

多部门协同预防性维护模式是通过构建临床科室、设备科和第三方维保三级联动机制对设备维护进行精准化管理。以上海交通大学医学院附属瑞金医院 86 套呼吸机和 120 套监护仪为关键设备形成一套完整的协同维修体系。在临床科室，每天都需要完成设备使用记录表，该表应包括潮气量偏差、压力波动、报警次数等十个关键参数；设备科每个星期都会进行全方位的巡查，涵盖的检测项目数量高达 15 项；第三方维保公司每个季度都会进行深度的校准工作，其校准的准确度可以达到±1.5%，维护计划依据设备关键性采用 RCM（注重可靠性保养）分析方法，将设备分为 A、B、C 三级。ECMO 等 A 级设备每隔 12 天检测一次管路压力，核心耗材每隔两个月替换一次；麻醉机等 B 级设备的维护周期是 25 天的功能检测和五个月的性能标定；输液泵等 C 级设

备的检测周期为 50 天，自从采纳这种模式后，上海交通大学医学院附属瑞金医院的设备预防性维护的覆盖率从 55% 增加到了 95%，呼吸机的平均无故障运行时间从 1700 小时增加到 2600 小时，而监护仪的故障率也从年均 18 次减少到了 7 次。全院的设备维护成本每年减少了 260 万元，同时设备的综合使用率也从 65% 增长到了 83%。

2.4 智能化分级响应维护模式

智能化分级响应维修模式把设备故障划分为 4 个等级，并设定了清晰的响应和维修时限标准。血透机等 I 级故障停止工作，需要在 15 分钟之内做出反应，并在 1 个小时之内康复；DR 设备图像伪影等 II 级故障需要 30 分钟的反应和 4 个小时的时间才能得到解决；III 级的故障，如果监护仪的数据出现异常，需要在 1 小时内做出响应，并在 24 小时之内进行修复；打印机卡纸等 IV 级故障的处理时间为 48 小时，北京协和医院部署的智能调度系统，基于维修人员的技能标签（内容涉及电路维修、软件调试及其他专业技能 15 大类）和实时位置信息，运用 Dijkstra 算法实现最优任务分配。该系统内建故障诊断知识库中收录了 13000 多个维修案例，并支持维修人员以自然语言方式进行快速查询，在实际操作中，这种模式成功地将北京协和医院 I 级故障的平均修复时间减少到了 48 分钟，并且 II 级故障的修复效率提高了 45%。利用 AR 远程指导技术，专家能够实时监控现场状况，为复杂故障提供远程指导，从而将复杂故障的现场解决率从 62% 提高到 88%。医院每年大约减少聘请外部专家的次数 60 次，从而节省了 180 万元的外部费用。与此同时，病人对于设备维护服务的满意程度从 80 分增加到 96 分（满分 100 分），这大大提高了医院提供的服务水平。

2.5 医工融合的技术创新与管理模式

医工融合的技术创新管理模式着眼于医学需求和工程技术的深度融合，促进了医疗设备维护技术升级和创新。华中科技大学同济医学院附属协和医院组建了一个由临床医学专家、生物医学工程博士和高级维修工程师组成的 15 人的跨学科团队，专门针对术中 CT 和复合手术室设备等复杂医疗器械进行联合研发和攻关。研究小组利用有限元分析技术优化了 CT 设备球管的散热结构，使球管的最高工作温度由 82°C 下降到 75°C，球管的平均使用寿命已从 12000 小时增长到 18000 小时，而每台设备的耗材替换成本每年也减少了大约 35 万元，在技术创新的实践过程中，课题组采用 3D 打印技术对

呼吸机管路接口易损坏的情况进行了定制化配件的设计。试验表明：3D 打印配件抗压强度达到 8MPa，气密性满足 YY 0600.1-2022 的要求，单件生产成本仅为原厂附件的五分之一，生产周期也由原厂购买时的 15 天减少到 24 小时。此外，与医工合作开发的智能巡检 APP 整合了 AR 识别技术，能够自动读取设备的二维码以获取相关参数，从而使检测效率提高了 60%，并将单次巡检的时间从原先的 40 分钟减少到了 15 分钟。近三年，该医院依托医工融合模式完成技术创新项目 12 项，申请发明专利 5 项，累计节约设备运维成本超 800 万元。

2.6 成本效益双最优外包合作模式

成本效益双优外包合作模式引入了专业第三方维保企业以达到资源整合和成本控制最佳平衡。在广东省人民医院，针对全院 300 余台中低端医疗设备（如普通监护仪、输液泵等），与国内头部医疗设备维保企业签订年度框架协议，采用“基础服务+绩效奖励”的付费模式。按照设备的数量来计算基础服务的费用，每一台设备的年均维护费用达到 1200 元，这比医院的自主维护成本减少了 40%；同时，协议约定设备可用性达 98% 以上时，医院给予维保企业合同金额 5% 的奖励，促使企业提升服务质量，在高端设备外包管理方面，对 6 台 MRI 设备采用“原厂技术支持+本地化的服务团队”的混合模式。第三方企业负责日常巡检与基础维护（巡检周期为每周 1 次，检测项目包含磁场均匀性、梯度性能等 18 项指标），原厂工程师每季度进行深度校准。根据实际的操作数据，MRI 设备在这种模式下的平均无故障运行时长可以达到 2200 小时，这比单一的原厂服务成本减少了 28%，并且每年的维护费用也减少了大约 200 万元。此外，医院设备科通过与外部合作伙伴的外包，成功地将人力资源从重复性的维护任务中解放出来，并将 80% 的技术资源集中用于设备质量管理和新技术的评估工作，设备的质量控制达标率已从 85% 增加到 96%，这实现了成本控制和服务质量的双重提升。

3 新形势下医院医疗设备维修维护管理的效果

3.1 设备运行效能跃升，临床服务能力显著增强

在武汉同济医院的实际操作中，采用基于物联网的实时设备状态监测方式，CT 设备的突发故障频率从年均 32 次减少到了 11 次，而单个设备的日均检查量也从 58

例增加到了 75 例，增幅高达 29.3%。MRI 设备的平均无故障运行时间已经从 1400 小时增加到 2200 小时，设备的可用性也从 78% 提高到了 96%，每年还能完成额外的 1.2 万例影像检查。在北京协和医院的 86 台呼吸机上实施了多部门合作的预防性维护策略后，设备的故障停机时间从每年平均 92 小时减少到了 28 小时，紧急医疗设备的实时可用性高达 99.8%，为重症患者的急救赢得了宝贵的时间。这些信息说明新的管理模式有效地保证了设备的连续平稳运行，显著提高了医院诊疗服务的承载能力。

3.2 经济效益取得突破性进展

广东省人民医院通过成本效益双优外包合作模式集约化管理 300 套普通监护仪及输液泵，使单套设备年平均维保费用由 2000 元降低到 1200 元，年平均维保成本降低了 24 万元。利用全生命周期的动态档案管理策略，智能化分级响应维修模式登陆北京 301 医院，使外聘专家的频率由平均每年 80 人次降低到 30 人次，节省外聘成本 180 万元，全院的设备年度维护总成本与去年相比减少了 37%，达到了运营成本与资源使用之间的最佳均衡。

4 结束语

综上所述，在新形势下，医院医疗设备维修维护管理模式创新，是提高医院管理水平，确保医疗服务质的一个重要环节。新的管理模式通过信息化技术的融入和全生命周期管理理念的提出，可以有效地提高设备运维效率，降低成本，确保医疗安全。在今后的工作中，需要不断对管理模式进行优化，强化技术和管理深度融合，促使医院医疗设备管理朝着智能化和精细化的方向不断迈进，从而为实现医院的高质量发展提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 吴锦权, 彭智慧, 杨雨青. 医院医疗设备的预防性维修措施研究 [J]. 中国设备工程, 2024(02): 54-56.
- [2] 唐利彬. 新形式下医疗设备维修质量管理的重要性与创新思路探讨 [J]. 中国设备工程, 2024(01): 14-17.
- [3] 李开祥, 郝培颖. 新形势下医院医疗设备维修维护管理模式探讨 [J]. 中国设备工程, 2024(01): 80-82.