

# 医院影像设备（CT/MRI）预防性维护周期与成本效益关联分析

刘伯峰 孙睿琳

新疆医科大学第七附属医院 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**本文聚焦于医院影像设备中CT和MRI的预防性维护周期与成本效益的关联。首先阐述了CT和MRI设备在医院诊疗中的关键地位以及预防性维护的重要性，接着分析了不同预防性维护周期的设定方式及其影响因素，包括设备制造商建议、设备使用频率和强度、环境因素等。深入探讨了预防性维护周期与成本的具体构成，如直接维护成本、设备故障导致的间接成本等。最后提出优化预防性维护周期以实现成本效益最大化的策略和建议，旨在为医院影像设备的管理提供理论支持和实践指导。

**关键词：**医院影像设备；CT/MRI；预防性维护周期；成本效益

## 1 引言

现代医疗中，CT和MRI作为先进常用的影像诊断设备，能提供高分辨率人体内部图像，对疾病诊疗意义重大。这些设备技术复杂、价格昂贵，正常运行关乎医疗服务质量效率。预防性维护可确保其稳定运行，通过定期操作提前解决问题，降低故障概率、延长寿命。但维护并非越频繁越好，周期过短增加成本，过长则故障风险上升，影响诊疗并增加维修等费用。故研究其预防性维护周期与成本效益关联，找到最优周期意义重大。

## 2 CT 和 MRI 设备预防性维护概述

### 2.1 CT和MRI设备的工作原理与特点

CT设备利用X射线束对人体某一部位进行断层扫描，探测器接收穿过人体后的X射线信号，并将其转换为电信号，经过计算机处理后重建出人体内部的断层图像。CT扫描具有成像速度快、分辨率较高、能够清晰显示人体骨骼结构等优点，广泛应用于头部、胸部、腹部等部位的疾病诊断。MRI设备则是利用人体内的氢原子核在强磁场和射频脉冲的作用下产生共振现象，通过接收共振信号并经过计算机处理来获得人体内部的图像。MRI成像具有无辐射损伤、对软组织分辨率高、能够多参数成像等优势，特别适用于神经系统、关节软骨等部位的检查。这两种设备都具有技术复杂、精密程度高的特点，包含大量的电子元件、机械部件和光学器件，任何一个部件出现故障都可能影响设备的正常运行和成像质量。同时，设备的使用环境要求较为严格，如温度、湿度、磁场稳定性等，这也增加了设备维护的难度。

### 2.2 预防性维护的定义与分类

预防性维护是指为了防止设备出现故障或性能下

降，在设备正常运行期间定期进行的一系列维护活动。与事后维修（即设备出现故障后再进行维修）相比，预防性维护具有主动性、计划性和预防性的特点，能够有效地减少设备突发故障的发生，提高设备的可靠性和可用性。预防性维护可以分为定期维护和状态监测维护两种类型。定期维护是按照预先设定的时间间隔对设备进行全面的检查、清洁、保养和校准等操作，其维护周期通常根据设备的制造商建议、使用经验和实际情况来确定<sup>[1]</sup>。状态监测维护则是通过安装在设备上的各种传感器和监测系统，实时采集设备的运行参数和状态信息，如温度、压力、振动、电流等，并利用数据分析技术对设备的健康状况进行评估和预测。当监测到设备出现异常或潜在故障时，及时采取相应的维护措施。状态监测维护能够根据设备的实际运行状况动态调整维护计划，实现更加精准和高效的维护，但对设备的技术要求和监测系统的成本较高。

## 3 影响 CT 和 MRI 设备预防性维护周期设定的因素

### 3.1 设备制造商的建议

设备制造商在设备的研发、生产和销售过程中积累了丰富的经验，对设备的性能特点、故障模式和维护要求有深入的了解。因此，制造商通常会根据设备的设计寿命、部件磨损规律和使用环境等因素，为用户提供详细的预防性维护建议，包括维护周期、维护项目和维护方法等。这些建议是医院设定预防性维护周期的重要参考依据。一般来说，制造商建议的维护周期是在综合考虑设备可靠性和维护成本的基础上确定的，具有一定的科学性和合理性。然而，制造商的建议往往是基于普遍情况制定的，可能无法完全适应不同医院的实际使用情

况，因此医院在实际应用中需要根据自身情况进行适当的调整。

### 3.2 设备使用频率和强度

设备的使用频率和强度是影响预防性维护周期的重要因素之一。使用频率越高、强度越大的设备，其部件的磨损速度就越快，故障发生的概率也就越高。例如，一家大型三甲医院的CT设备每天要为数十名患者进行扫描检查，而一家小型社区医院的CT设备可能每天只有几名患者使用。显然，大型医院的CT设备需要更频繁的预防性维护，以确保设备的正常运行<sup>[2]</sup>。此外，设备的扫描参数设置、扫描部位等因素也会影响设备的使用强度。例如，进行高分辨率扫描或长时间连续扫描会加速设备的损耗，因此需要适当缩短维护周期。

### 3.3 环境因素

环境因素对CT和MRI设备的运行稳定性和寿命也有着重要的影响。温度、湿度、灰尘、电磁干扰等环境条件都可能影响设备的性能和可靠性。例如，高温环境会导致设备内部的电子元件过热，加速元件的老化和损坏；高湿度环境容易引起设备内部的电路短路和金属部件生锈；灰尘会堵塞设备的散热孔和通风管道，影响设备的散热效果；电磁干扰可能会干扰设备的信号传输和图像质量。因此，医院需要根据设备的使用环境特点，制定相应的环境控制措施，并适当调整预防性维护周期。在环境条件较差的情况下，需要缩短维护周期，增加对设备的清洁和检查频率，以确保设备在良好的环境下运行。

### 3.4 设备的历史故障记录

设备的历史故障记录是反映设备运行状况和故障规律的重要信息来源。通过对设备历史故障数据的分析，可以了解设备常见的故障类型、故障发生的时间间隔和故障原因等，从而为预防性维护周期的设定提供有力的依据。例如，如果发现某台CT设备在过去一年中每隔三个月就会出现一次图像伪影故障，经过分析发现是由于探测器老化引起的，那么就可以根据这一规律，将探测器的检查和更换周期调整为每三个月一次，以预防类似故障的再次发生。同时，历史故障记录还可以帮助医院评估设备的整体可靠性和维护效果，及时发现维护工作中存在的问题，并进行改进和优化。

## 4 CT 和 MRI 设备预防性维护周期与成本的具体构成及关联

### 4.1 预防性维护的直接成本构成

预防性维护的直接成本主要包括人力成本、物料成本和设备停机成本。人力成本是指参与预防性维护工作

的人员的工资、福利和培训费用等。CT和MRI设备的预防性维护需要专业的技术人员进行操作，这些技术人员需要具备丰富的专业知识和技能，因此人力成本相对较高。物料成本是指维护过程中使用的各种零部件、耗材和工具等的费用。例如，更换设备的滤网、灯泡、润滑油等都需要花费一定的物料成本。设备停机成本是指设备在进行预防性维护期间无法正常使用而导致的经济损失。对于医院来说，设备的停机意味着无法为患者提供诊疗服务，可能会影响医院的收入和声誉。设备停机成本的大小取决于设备的使用频率、诊疗收费标准和停机时间等因素。

### 4.2 设备故障导致的间接成本构成

设备故障导致的间接成本主要包括维修成本、诊疗工作中断成本和患者流失成本。维修成本是指设备出现故障后进行维修所花费的费用，包括零部件更换费用、维修人员的人工费用和维修设备的折旧费用等。与预防性维护相比，事后维修的成本通常更高，因为故障可能会导致设备多个部件的损坏，增加维修的难度和费用。诊疗工作中断成本是指设备故障导致医院的诊疗工作无法正常进行而产生的损失<sup>[3]</sup>。例如，CT设备故障可能会导致急诊患者的检查延误，影响患者的及时治疗，甚至可能引发医疗纠纷。患者流失成本是指由于设备故障导致患者对医院的信任度下降，选择到其他医院就诊而造成的经济损失。在医疗市场竞争日益激烈的今天，患者流失对医院的影响不容忽视。

### 4.3 预防性维护周期与成本的关联分析

预防性维护周期与成本之间存在着密切的关联。一般来说，随着预防性维护周期的缩短，直接成本会增加，因为更频繁的维护需要更多的人力、物力和时间投入。然而，间接成本会降低，因为及时的维护可以减少设备故障的发生概率，降低维修成本、诊疗工作中断成本和患者流失成本。反之，如果延长预防性维护周期，直接成本会降低，但间接成本会增加。因此，医院需要在直接成本和间接成本之间寻找一个平衡点，以实现总成本的最小化。

可以通过建立成本-效益模型来分析预防性维护周期与成本的关系。假设设备的总成本为C，直接成本为 $C_1$ ，间接成本为 $C_2$ ，则 $C = C_1 + C_2$ 。直接成本 $C_1$ 与预防性维护周期T成反比关系，即 $C_1 = k_1/T$  ( $k_1$ 为常数)；间接成本 $C_2$ 与设备故障率 $\lambda$ 成正比关系，而设备故障率 $\lambda$ 又与预防性维护周期T有关，一般来说，维护周期越长，故障率越高，可以假设 $\lambda = k_2T$  ( $k_2$ 为常数)，间接成本 $C_2 = k_3\lambda = k_2k_3T$  ( $k_3$ 为常数)。则总成本 $C = k_1/T + k_2k_3T$ 。通过对总

成本函数求导并令导数为零，可以求出总成本最小时的预防性维护周期  $T^* = \sqrt{(k_1/k_2)k_3}$ 。

## 5 优化 CT 和 MRI 设备预防性维护周期的策略和建议

### 5.1 建立科学的维护周期评估体系

医院应该建立一套科学的CT和MRI设备预防性维护周期评估体系，综合考虑设备制造商的建议、设备使用频率和强度、环境因素、历史故障记录等多方面因素，采用定性和定量相结合的方法，对设备的维护周期进行评估和确定。可以邀请设备专家、技术人员和管理人员组成评估小组，运用层次分析法、模糊综合评价法等工具，对各个因素进行权重分配和综合评价，得出合理的维护周期。同时，评估体系应该具有动态性和灵活性，能够根据设备的实际运行情况和环境变化及时调整维护周期。

### 5.2 加强设备状态监测与故障预测

引入先进的设备状态监测技术和故障预测方法，实时采集设备的运行参数和状态信息，并利用数据分析技术和人工智能算法对设备的健康状况进行评估和预测。通过状态监测和故障预测，可以及时发现设备的潜在故

障隐患，提前采取维护措施，避免故障的发生。同时，根据设备的实际运行状态动态调整维护计划，实现从定期维护向状态监测维护的转变，提高维护的精准性和效率<sup>[4]</sup>。例如，利用振动分析技术监测设备的机械部件的振动情况，通过分析振动信号的特征来判断部件是否存在磨损或松动；利用温度传感器监测设备内部的温度变化，及时发现过热故障等。

### 5.3 提高维护人员的技术水平和综合素质

维护人员的技术水平和综合素质直接影响到预防性维护工作的质量和效果。医院应该加强对维护人员的培训和教育，定期组织技术培训和交流活动，提高维护人员的专业知识和技能水平。培训内容不仅包括设备的原理、结构和维护方法，还应该包括故障诊断技术、数据分析技术和信息化管理知识等。同时，医院还应该建立健全维护人员的考核和激励机制，鼓励维护人员不断学习和创新，提高工作效率和质量。此外，医院还可以与设备制造商或专业的维修公司建立合作关系，邀请专家进行技术指导和培训，为维护人员提供更多的学习和交流机会。

表1 典型设备维护周期建议

设备类型	高风险部件	推荐维护周期	低风险部件	推荐维护周期
CT	球管、探测器、滑环	每3个月深度检查	外壳、操作台	年度清洁与功能测试
MRI	磁体、梯度线圈、冷头	每6个月性能校准	线圈接口、患者床	季度外观检查

### 结语

CT和MRI设备预防性维护周期与成本效益关联紧密，合理设定维护周期对医院至关重要。通过分析影响因素、成本构成及关联，可知需在直接与间接成本间找平衡。本文提出的优化策略，如建立科学评估体系、加强状态监测、提升维护人员素质等，为医院提供了可行方向。同时给出的典型设备维护周期建议。医院应结合自身实际，灵活运用这些策略和建议，实现影像设备预防性维护成本效益最大化，保障医疗服务质量与效率，提升医院综合竞争力。

### 参考文献

- [1]吴晓宇.影像科医学影像设备的保养及质量控制[J].中国医疗器械信息,2025,31(09):159-162.
- [2]孔江涛.医学影像设备的维修管理探讨[J].中国设备工程,2023,(18):66-68.
- [3]雷子镇,陈升,范向群,等.多院区一体化发展模式下F医院影像设备维保管理的改进[J].中国医疗器械信息,2025,31(05):34-36+57.
- [4]王立想.医学影像设备维修规范化管理分析[J].智慧健康,2024,10(27):15-17+30.