## 核磁测温

**2.1 技术难点**

**（1）如何解决外部磁场变化和核磁设备磁场强度不均匀而产生的相位噪声。**

基于核磁的测温法需要外部磁场在时间和空间上保持稳定，但是由于扫描过程中高强度梯度场的工作、超导电流的持续损耗、磁体结构或者梯度线圈的环境变化等因素可能造成磁场的漂移，进而引起相位变化，导致测温结果的失准。

**（2）如何在核磁测温过程中进行人体运动的矫正减少相位中心的偏移而产生温度误差。**

核磁测温法应用人体测温时，由于人体始终有细微的运动（如呼吸、血液流动等），导致拍摄的核磁图像的相位存在空间上的误差，进而影响测温的精准度。

1. **如何缩短核磁测温的时间从而更加精准地控制温度变化减少对人体正常组织的损伤。**

核磁共振扫描采集图像过程需要消耗一定的时间，无法获得实时温度，这对加热过程和温度变化的控制要求非常严格。必须要保证加热温度是在可控的范围内温度变化。

**2.2创新点**

**（1）高精度、高度自动化的噪声过滤算法**

现有的核磁测温的算法高度依赖人为地设计噪声函数来抵消磁场噪声，由于不同设备、不同采集环境噪声类型不同，无法通过单一的函数来处理。我们使用深度学习算法，自动地判断噪声类型，通过梯度拟合方法实现自动去除噪声，有效地解决了外部磁场变化和磁场强度不均匀而产生的相位噪声。

**（2）采用多基线、多参考点和运动抑制方式进行运动矫正**

基于多基线、多参考点的动态参考相位方法，即对多个相邻的相位图进行对比，使用前一时刻的相位图作为其参考相位图，相比于传统的单一参考相位图，该方法会很大程度上减小扫描间运动对测温结果的影响。同时研究利用运动幅度与相位变化的关系，测温算法中添加运动抑制参数进行运动矫正。

**2.3 研究内容**

本项目研究基于核磁的可应用于加热疗法的实时测温技术，建立治疗温度与人体组织损伤之间的联系。针对当前基于核磁的测温算法中存在的磁场漂移和运动矫正问题，从测温方案设计和相位差计算算法等方面进行改进。

首先，使用相位拟合排除磁场噪声对测温的影响，即研究使用深度学习算法自动判断噪声类型，并利用降噪网络进行过滤，将结果用于温度计算。其次，研究使用多基线、多参考点以及多种运动抑制技术进行运动矫正，即利用运动规律和相位差异之间的关系，采用多个基线数据加权，同时采集距离加热源点不同位置的参考点进行比对，从而达到运动矫正的目的。

**2.4技术路线**

为了解决在核磁图像的采集过程中由于环境变化产生的磁场噪声，研究了自动去除噪声点的过滤算法，该算法利用基于深度学习的降噪网络搜索相位数据，剔除异常相位点，保留仅由加热引起相位变化的点，从而达到去除噪声的目的。同时，研究采用多基线、多参考点以及运动抑制的技术解决运动矫正的问题。利用神经网络分别获得不同时间和位置的基线相位与加热相位的相关性，对基线图像进行叠加用于计算相位变化，得到精准的温度变化数据。