

超导回旋加速器 谐振腔自动锻炼方法

Superconducting cyclotron

The automatic conditioning method of the resonant cavity

2018 - 12 - 29 发布

2019 - 01 - 29 实施

安徽省市场监督管理局

发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由合肥中科离子医学技术装备有限公司提出。

本标准由安徽省超导回旋加速器标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：合肥中科离子医学技术装备有限公司、安徽省质量和标准化研究院、中国科学院等离子体物理研究所。

本标准主要起草人：陈根、巢楚颀、赵燕平、宋云涛、程鸣、陈永华、杨庆喜。

超导回旋加速器 谐振腔自动锻炼方法

1 范围

本标准规定了超导回旋加速器谐振腔自动锻炼方法的术语和定义、方法原理、条件、设备、步骤和结论。

本标准适用于超导回旋加速器谐振腔的锻炼。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

谐振腔 resonant cavity

在射频波段能够提供加速粒子所需的电场的封闭空腔。

2.2

多电子倍增效应 multipacting

在高电场的作用下，频繁的碰撞电离不断产生出带正电荷的空穴和带负电荷的电子的现象。

2.3

锻炼 conditioning

通过持续性的脉冲和连续波馈入腔体，达到克服谐振腔内多电子倍增效应的手段。

2.4

直接合成器 direct digital synthesizer

用一个或多个高频率稳定度的参考频率源，产生多个与参考频率稳定度相同或相近的新频率的合成器。

2.5

调谐 tuning

将谐振腔恢复到谐振状态的行为或过程。

2.6

调谐环 tuning loop

对谐振腔进行调谐的控制环路。

2.7

入射功率 forward power

设备输出到电容极板或电感线圈的所有功率的总和,即最终被负载吸收的有效功率和未被吸收的功率总和。

2.8

反射功率 reflected power

当负载与设备处于非理想匹配时,入射功率中的一部分不能被负载吸收,消耗在设备的输出回路的功率总和。

3 方法原理

自动锻炼系统采用直接合成器设计和制造信号源,输出与腔体匹配的射频信号,根据谐振腔的多电子倍增区域,输出不同幅度、不同占空比的脉冲功率及连续功率,经发射机将功率放大后馈入腔体,对腔体进行锻炼,直到跨越多电子倍增区域。锻炼过程中,谐振腔温度上升,腔体谐振频率降低,自动锻炼系统通过控制运动机构的运行从而带动微扰棒上下移动完成谐振频率的自动调节,功率稳定地馈入腔体进行锻炼。具体原理如图1 所示。

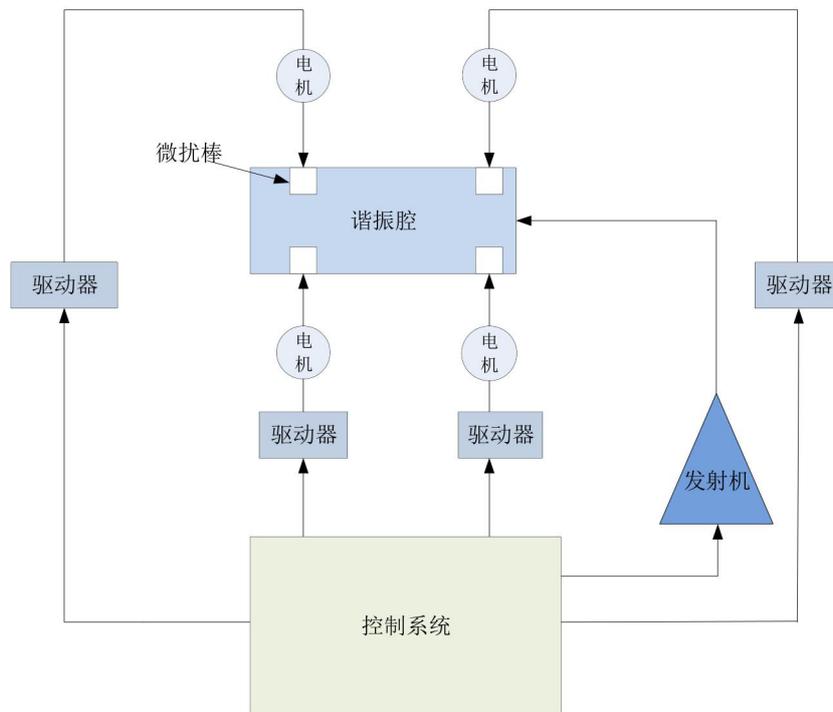


图1 谐振腔自动锻炼原理

4 条件

4.1 谐振腔进行锻炼时,应保证加速器集成装配完成,水冷系统、真空系统正常工作。

- 4.2 加速器真空度应不低于 9×10^{-3} Pa。
- 4.3 锻炼环境温度范围应为 $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ 之间，湿度范围应为 45%~60% 之间。
- 4.4 加速器真空异常连锁信号、水冷异常连锁信号及反射保护连锁信号均应正常。
- 4.5 调谐电机限位连锁信号应正常。

5 设备

5.1 发射机

发射机主要技术指标如表 1 所示。

表1 发射机主要技术指标

技术指标	要求
输入功率, dBm	≤ 10
输出功率, kW	0~100 (脉冲及连续波)
增益, dB	≥ 80.8
电压驻波比	≤ 1.57
谐波抑制, dBc	> 40
反射保护, kW	> 2.5

5.2 位置传感器

位置传感器量程为 (0~100) mm，精度为 1 mm (输出 0~10V 模拟信号)。

5.3 温度传感器

温度传感器量程为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.4 运动机构

5.4.1 由电机及其驱动器组成，应完整装配，带动 4 个微扰棒上下运动。

5.4.2 运动范围为 (0~100) mm，运动速度小于等于 5 mm/s。

5.5 控制系统

控制系统主要技术指标如表 2 所示。

表2 控制系统主要技术指标

技术指标	要求
输入功率, dBm	10
输出功率, dBm	-24~7.5
带宽, MHz	± 1
系统延时, μs	≤ 2

6 步骤

6.1 馈入脉冲功率，高电平幅度宜为 2 kW，低电平幅度宜为 1 kW。

6.2 通过手动调节电机的方式，上下移动微扰棒找到谐振点后，控制系统调谐环打开，自动控制微扰棒移动，达到入射功率最大，反射功率最小的状态。

6.3 馈入脉冲功率，高电平幅度按照最大输出功率的 0.1%的步进增加，每个千瓦点分别记录微扰棒位置、腔体温度以及异常现象。低电平幅度按照最大输出功率的 0.1%的步进增加，应保持低电平幅度比高电平的幅度小 1 kW，直到所有的功率点都完成脉冲锻炼。

6.4 脉冲锻炼过程中，如发生打火、反射功率过高等异常现象，则需重复 6.3 步骤，直到完成脉冲锻炼。

6.5 馈入连续功率，设置连续波的幅度宜为 1 kW，打开调谐环路，调谐稳定应至少 30 min。

6.6 幅度按照最大输出功率的 1%的步进增加，每个千瓦点功率稳定调谐应至少 30 min，记录微扰棒位置、腔体温度以及异常现象，直到所有的功率点完成连续波锻炼。

6.7 连续波锻炼过程中，如发生打火、反射功率过高等异常现象，则需重复以上步骤，直到完成连续波锻炼。

6.8 完成连续波锻炼后，谐振腔完成锻炼。

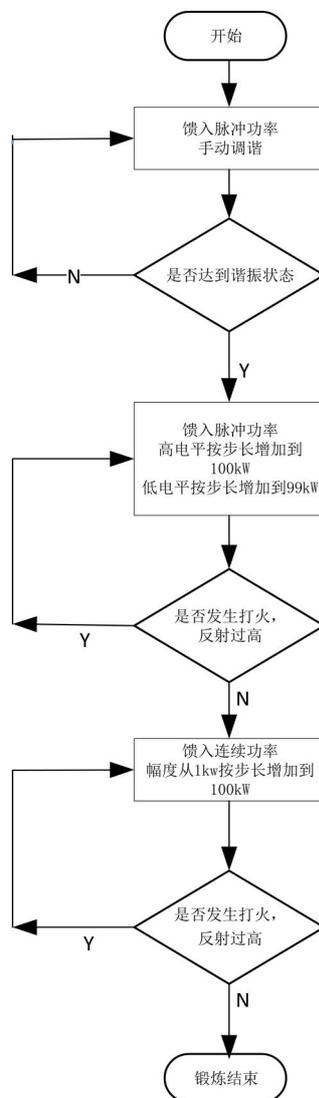


图2 步骤流程图

7 结论

最大输出功率能顺利馈入谐振腔，并稳定运行不少于 8 h，谐振腔自动锻炼完成。
