

超导回旋加速器 主磁铁气隙中平面磁场测量方法

Superconducting cyclotron
The magnetic field measurement method of main sector in mid-plane

2018 - 04 - 16 发布

2018 - 05 - 16 实施

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：宋云涛、徐曼曼、毕延芳、李恒博、程鸣、冯汉升、陈永华、陈根、杨庆喜、丁开忠。

超导回旋加速器 主磁铁气隙中平面磁场测量方法

1 范围

本标准规定了超导回旋加速器主磁铁气隙中平面磁场测量方法的术语和定义、测量原理、测量条件、测量设备、测量步骤和测量报告。

本标准适用于超导回旋加速器主磁铁气隙中平面磁场的分布测量。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JJG 242-1995 特斯拉计检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气隙 gap

两组磁极之间的空间区域。

3.2

中平面 median plane

位于两组磁极气隙间的对称面。

3.3

中平面中心 center of median plane

磁极气隙中平面与磁铁中心轴线的交点。

3.4

中平面半径 radius of median plane

中平面中心到磁极在中平面投影的最远距离。

3.5

霍尔探头 hall probe

根据霍尔效应制作的一种测量磁场的传感器。

3.6

X轴 X axis

在中平面上，过中平面中心的直线。

3.7

Y轴 Y axis

在中平面上，过中平面中心，与X轴垂直的直线。

4 测量原理

由于超导回旋加速器主磁体气隙比较小，而磁场强度比较大，在低温超导领域，采用霍尔探头作为磁场测量的工具。将霍尔探头置于主磁铁气隙中，使霍尔探头的敏感区中心点在气隙中平面上。采用旋转运动机构和径向运动机构带动霍尔探头在中平面内分别做旋转运动和径向运动，使其运动范围覆盖整个峰区和谷区。根据磁场测量需求，确定采样点的轴向间距和径向间距，霍尔探头每移动到一个采样点，都会自动采集该点的磁感应强度值，并自动存储数据。

测试原理图如图1所示。

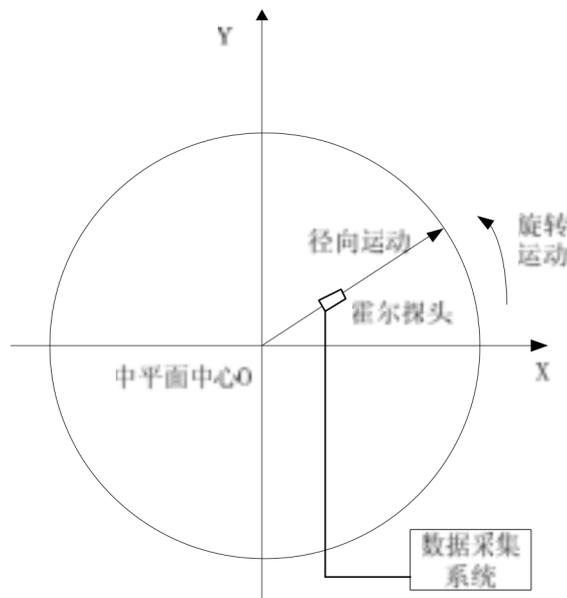


图1 测试原理图

5 测量条件

- 5.1 测量磁场时，加速器主机上的主磁铁、磁轭、引出磁通道、超导磁体等与产生磁场相关的部件应完成装配。其他部件不应安装。
- 5.2 超导回旋加速器的气隙为 10 mm，误差不超过±1mm。
- 5.3 测试环境温度范围为 22℃~26℃。
- 5.4 机械运动机构应灵活自由、无卡滞。

6 测量设备

6.1 霍尔探头

6.1.1 一般要求

霍尔探头应在检定周期内，霍尔探头允许工作温度范围为 $-196^{\circ}\text{C}\sim+200^{\circ}\text{C}$ 。霍尔探头的精度、量程、尺寸、工作温度应符合磁场实际测量要求。霍尔探头的位置允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，角度允许偏差为 $\pm 0.1^{\circ}$ 。

6.1.2 霍尔探头的固定和布置

霍尔探头应牢固的固定在测量机构上。霍尔探头的敏感区中心点应位于气隙中平面上，霍尔探头水平平面与磁场方向相互垂直。

6.2 位置传感器

6.2.1 角度传感器精度为 0.1° 。

6.2.2 位置传感器精度为 0.5mm 。

6.3 温度传感器

温度传感器的量程和精度应满足测量需求，可为单独的温度传感器，或与霍尔探头集成封装好的温度传感器。

6.4 运动机构

6.4.1 运动机构应完整装配并安装上霍尔探头。

6.4.2 运动机构的运动范围、运动步长和精度应符合设计要求。

6.4.3 在静止和运动状态中，不得与任何部件发生干涉。

6.5 控制系统

接口良好、通讯正常。

7 测量步骤

7.1 极坐标法

7.1.1 调整好运动机构和控制系统。极坐标法运动机构应检验的精度有：径向运动轨迹应与中平面中心的重合，相对于中平面的偏移应不超过 $\pm 0.5\text{mm}$ ，旋转运动轨迹相对于中平面的偏移应不超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

7.1.2 霍尔探头径向运动到加速器中平面中心 O ，以此作为起点位置。

7.1.3 霍尔探头径向运动 10mm 。

7.1.4 霍尔探头旋转运动角向由 0° 位置开始，按照角向步长为 1° 增加，每个测量点处分别采集磁场、位置、温度数据。旋转运动的角度范围由 0° 开始，至少超过 360° ，直到所有测试点完成。

7.1.5 霍尔探头再开始径向运动，运动范围为 $-20\text{mm}\sim(\text{中平面半径}+20)\text{mm}$ ，以径向步长为 10mm ，移动至下一个位置，重复步骤7.1.4。

7.1.6 测量结束后，霍尔探头返回到加速器中平面中心。

7.1.7 具体测量示意图见图 2。

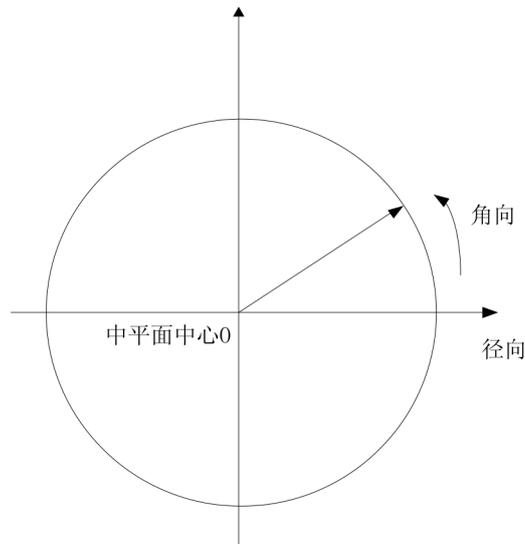


图2 极坐标法测量示意图

7.2 直角坐标法

7.2.1 调整好运动机构和控制系统，直角坐标法运动机构应检验的精度：沿 X 轴、Y 轴方向的运动轨迹分别相对于中平面的偏移应不超过 ± 0.5 mm。

7.2.2 沿着 X 轴方向，将霍尔探头运动到加速器中平面中心 O，以此作为起点位置。

7.2.3 沿着 Y 轴方向，将霍尔探头移动，步长为 10 mm 作为一个测量点，每个测量点采集磁场、位置、温度数据，直到 Y 轴方向的移动范围内的测量点测试结束。

7.2.4 霍尔探头沿着 X 轴方向运动按照 10 mm 步长，移动至下一个测量位置处，然后重复步骤 7.2.3，直到 X 轴方向的移动范围测试结束，最后霍尔探头回到加速器中平面中心处。

7.2.5 根据运动机构设计特性，也可将上述霍尔探头沿 X、Y 轴的运动顺序颠倒。

7.2.6 具体测量示意图见图 3。

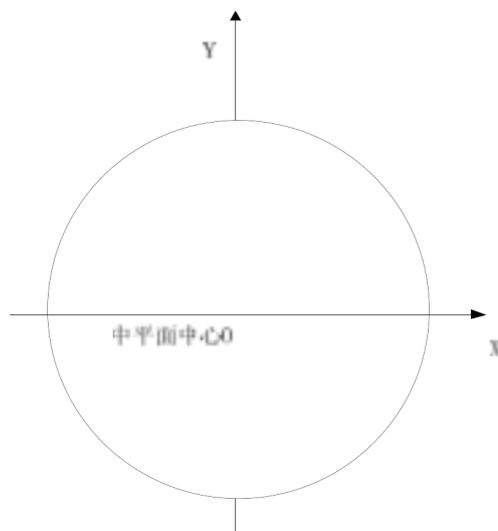


图3 直角坐标法测量示意图

8 测量报告

测量报告内容包括但不限于：

- a) 本标准号；
 - b) 气隙尺寸；
 - c) 环境温度；
 - d) 测量方法；
 - e) 测量时间；
 - f) 磁场测量数据。
-