

SFC 的中心区改造

马钟仁

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 本文描述了 SFC 中心区的新结构, 采用 ECRIS 后, 在中心区安装了螺旋线型静电偏转器, 磁极和 D 电极都作了修改, 送入 HIRFL 的首次束流 $^{40}\text{Ar}^{8+}$ 的流强可大于 $1.2\mu\text{A}$.

关键词 内部区域, 螺旋线型静电偏转器.

HIRFL 的注入器 SFC 采用电子回旋共振离子源 (ECRIS) 后, 改为轴向注入系统, 对中心区做了新的设计.

中心区问题是多参数, 综合目标的复杂课题, 中心区的电、磁场分布形态和注入元件的几何参数, 都直接影响初始轨道的性质, 必须考虑下列因素: (1) 首圈能量增益是否够大; (2) 进入加速区后的加速相位是否够小; (3) 轨道对中是否好; (4) 轨道中心在加速全过程中是收敛还是发散, 在三次谐波加速时, 轨道中心偏离和加速相位偏离相互关联, 中心区的参数设计是很临界的, 因此需要做大量的细致工作.

我们先讨论中心区的注入问题, 再讨论电场、磁场等有关问题.

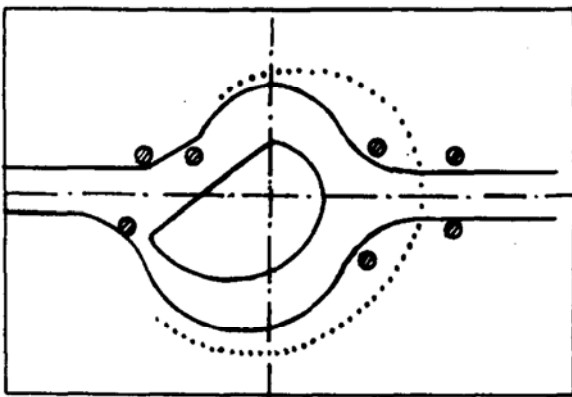


图 1 中心区电极结构

在中心区, 轴向注入系统的束流偏转元件是螺旋线型静电偏转器, 由于是首次安装使

用, 考虑到加工难度, 采用直槽 ($\beta=0$), 参数见表 1. 粒子运动的径迹由以下方程组描述

$$X = \frac{A}{2} \left[\frac{2}{1-4K^2} + \frac{\cos(2K-1)b}{2K-1} - \frac{\cos(2K+1)b}{2K+1} \right]$$

$$Y = \frac{A}{2} \left[\frac{\sin(2K+1)b}{2K+1} - \frac{\sin(2K-1)b}{2K-1} \right]$$

$$Z = -A \sin b$$

式中, A 是电偏转半径, b 是偏转角度, $S = Ab$ 是粒子路径长度, R 为中心面上粒子的磁偏转半径, 参数 $K = A/2R$.

表 1

偏转器高度	6cm	槽型	$\beta=0$
磁曲率半径	2.5cm	电极宽度	20mm
电、磁半径之比 K	1.2	电极间距	8mm

中心区电极结构如图 1 所示, D 合是重新设计加工的, 以保证有较好的刚性, 为适合三次谐波加速的需要, 触须上装有柱状吸极, 以改善电场分布, 电场是用超松弛法计算的, 这是一个我们自己编写的适于在小型机上运行的专用程序, 边界可以自动形成, 自动描出等位线图, 精度可以满足束流动力学研究的要求.

束流经偏转器偏转到中心面上, 轴向运动散角很大, 为此, 要采取一系列措施进行匹配. 我们使用了一种很有效的方法, 就是中心区首圈区域有较陡的泵浦场下降沿, 使束流进入 D

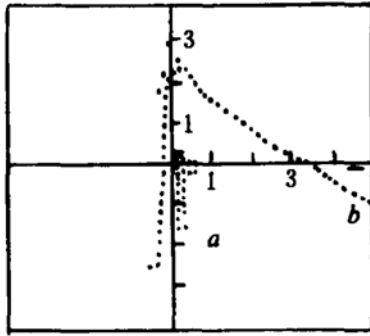


图 2 轨道中心分布

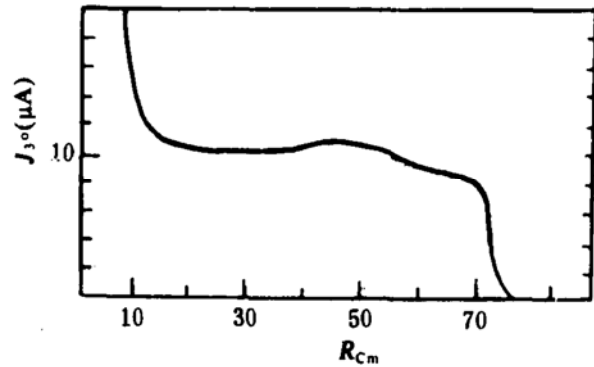


图 3 ⁴⁰Ar⁸⁺ 三次谐波加速时束流径向分布

合时受到压缩,这样,中心区泵浦场担负双重任务,一方面起轴向运行匹配的作用,同时还要校正首次越隙相位. 1991年,磁场复测和重新垫补过程中,我们通过四轮原型修正,得到了理想的柱头结构. 更换了主磁铁线圈,并重新测量了磁场. 于此同时,由于真空室整体吊装,重新加工了适于真空室内安装的支架,仪器仍用多探头霍尔片技术,测磁点密度提高到径向间隔 2cm,轴向间隔 1°. 基础场激磁电流间隔 50A. 仪器校正精度好于 $2 \times 10^{-4}T$, 等时场垫补公差在 $\pm 5 \times 10^{-4}T$. 实际调束证明,场的垫补设置是正确的,相位测量结果相移在

$\pm 3^\circ$ 范围内.

为了三次谐波加速能顺利出束,对中心区做了大量的理论分析工作,加速全过程分析表明,轨道中心分布稳定,图 2 曲线 a 表示中心区参数在预定值时轨道中心在加速全过程中的落点,曲线 b 表明参数偏离时的情况,径向运动研究表明,加速器有较好的通导能力. 调束时得到的径向束流分布如图 3 所示,目前稳定供束 ⁴⁰Ar⁸⁺ 为 1.2μA 以上,初步满足了向主器供束的要求.

Modifying of SFC Centre Region

Ma Zhongren

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract The new structure of SFC centre region is described. After an ECRIS was used, a spiral inflector had been assembled at the centre of the machine. The magnetic plog and the Dee electrode were modified. The current of the first beam ⁴⁰Ar⁸⁺ sent to HIRFL is more than 1.2μA.

Key Words centre region, spiral inflector.