

两极磁铁边缘场测量

吕洪猷 蒋渭生 茅乃丰 毛兴旺

(中国科学院原子能研究所)

关键词: 磁铁 边缘场测量 有效边界 屏蔽

对于扇形磁铁边缘场分布早已有人作了许多工作,一般可表示成指数形式^[1],对于带有屏蔽套的边缘场也已经作了比较细致的工作^[2]。尽管如此,还是很难将磁边缘场预先做到准确的描述,因为它总是和具体的磁路结构联系在一起。因此,一般都需在磁铁建成后进行测量。

一般情况下,边缘场的工作都是测量磁中心平面上的边缘场沿中心线分布。如果磁路的对称性较好,或者对粒子运动分析的要求不高,只测量中心平面上沿中心线的边缘场分布就足够了。但是当磁铁结构不对称,漏磁较大或要求作精确的轨迹计算时,测量边缘场的空间分布就很必要了。我们的一台90°电磁分离器F-1的分析磁铁就是这种情况。它是C型的均匀场磁铁^[3],线圈绕在中心柱上,漏磁很大,而且对磁极面来说是不对称的,其两极面间的平行度偏差小于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。因此我们对它的边缘场的空间分布以及在各种屏蔽套尺寸下的边缘场进行了测量。在磁铁的工作场强1000—3000Gs范围内,测出的边缘场分布基本不变。测量数据为F-1磁铁轨迹的计算提供了充分的依据,并对类似的分析磁铁的设计提供了有益的参考。

一、测量方法

用德国西门子FA-24霍尔探头配合6位数字高压表测量磁场。探头用销钉定位,可以沿 x 方向每隔一个厘米测量一点。测量精度约2—3%。

测量座标取直角坐标系,以磁气隙的中心平面作为 $z=0$ 平面,以磁极的机械边界端面作为 $x=0$ 平面, $y=0$ 平面过磁极端的中心。

沿 x 方向做边缘场的积分,求出其有效边界,它到机械边界的距离为 S_0 。数值积分采用梯形公式。对测量数据的处理采用样条插值函数,这是比较精确和方便的。

二、无屏蔽套的边缘场

测量了 $G_0=10.5$ (单位cm,下同)无屏蔽套时的边缘场。我们取 $z=0, 2, 4; y=0, \pm 6$;沿 x 方向测得的边缘场空间分布,如图1、图2所示。图1描绘了不同高度 z 上的边缘场分布。从图中可见,在极端附近,由于极端头的尖角效应使 $z \neq 0$ 处的场强大于 $z=0$ 处的场强,靠近极面将有比较大的峰值出现,这同空间场展开式 $B_z(x, z) = B_z(x, 0) - \frac{z^2}{2} B_z''(x, 0) + \dots$ 一致。由此可知,在粒子束通过磁间隙时,不要太靠近磁极面为好,以免产生扭曲的象。图2描绘了中间平面上不同 y 位置的边缘场分布。从图2可见,边缘场是随 y 值增加而增强。这是由被测量的C型磁路的结构决定的。其线圈绕在极柱上,从极柱到极面之间有一个漏磁较大

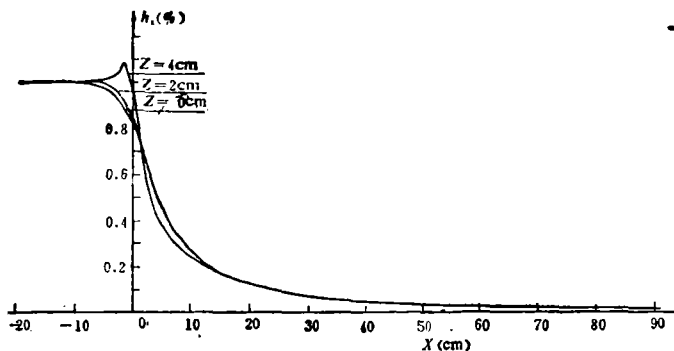


图1 $y=0$ 平面边缘场分布曲线

的磁轭, $y=6$ 的平面靠近极柱一侧, 因此这一侧的边缘场较强, 反之较弱。

显然, 按不同 y 值的边缘场分布求出的有效边界点是不同的, 分别为 $S_0(y=-6) = 0.88G_0$, $S_0(y=0) = 0.90G_0$, $S_0(y=6) = 0.93G_0$ 。这三个边界点的连接线近似为一直线段, 其相对于机械边界的倾角 $\beta = 2.53^\circ$, 该角即为边缘场沿 y 向由正到负逐渐减弱所形成的边界倾角。

显然对这种情况要计算粒子轨迹的象点, 只测 $y=0$ 的一条边缘场曲线是不够的。因此, 在 $z=0$ 平面上测量不同 y 值处的边缘场, 以便较准确地修正粒子束的象点是完全必要的。

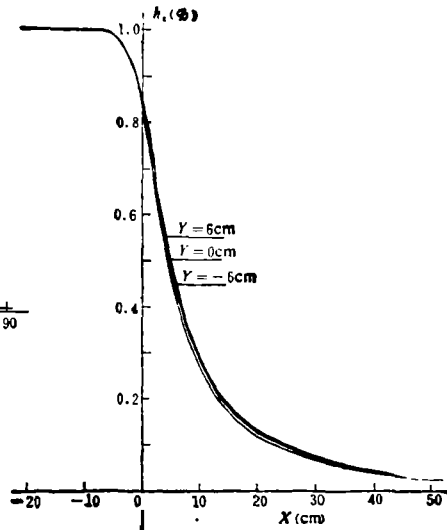


图2 $z=0$ 平面边缘场分布曲线

三、有屏蔽的边缘场

通常, 用软铁制成磁屏蔽套来屏蔽边缘场, 使原来向外无限延伸的边缘场分布曲线变得陡峭, 以便准确地进行离子运动的计算。我们做了各种尺寸的软铁块, 可叠成多种尺寸的屏蔽套。对有屏蔽的边缘场的测量结果如下:

1. D 与 S_0 的关系 在 $G_0 = 10.5\text{cm}$, $L = 20\text{cm}$, $W = 30\text{cm}$, $T = ST = 7.5\text{cm}$, $a = 15\text{cm}$, $b = 12.5\text{cm}$ 的参数下, 改变屏蔽套与极端的距离, 在 $D = 7.5, 10.0, 12.5\text{cm}$ 三种情况下测量的结果如图3a所示。显然, 边缘场的下降速率随着 D 的减小而变快。在 $x=20$ 附近, 三条曲线基本重合在一起, 这大约在屏蔽套的中间部分。在 $x=30$ 附近曲线又逐渐分开, 因为在 $x=30$ 附近屏蔽套截止, 而边缘场延伸得比较远, 因而它们屏蔽的差异又显露出来。

我们将曲线换算成有效边界以比较其强弱关系。如图3b所示, S_0 基本上随 D 线性增

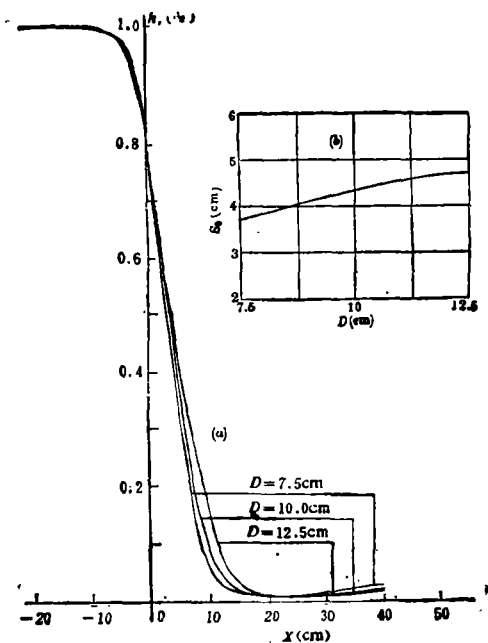


图3 (a) 带有屏蔽套的边缘场分布曲线
(b) D 与 S_0 的关系曲线

加,但在一个 G_0 以后 S_0 增加得比较缓慢。所以放置屏蔽的距离 D 要选得适当, D 最好选择一个气隙多一些,如磁气隙 $G_0=10.5\text{cm}$,选择 D 在 $10.5\text{--}12.5\text{cm}$ 之间就比较合适。

2. L 与 S_0 的关系 我们在 $G_0=2.5\text{cm}$ 、 $D=5\text{cm}$ 、 $T=7.5\text{cm}$ 、 $ST=7.5\text{cm}$ 、 $W=30\text{cm}$ 、 $a=1.5\text{cm}$ 、 $b=2.5\text{cm}$ 的参数下,改变 L 测量 L 与 S_0 的关系如图4所示。显然 S_0 随 L 的增加而平缓的下降。 L 的长短只影响屏蔽套后面剩余的漏磁通的多少。由于边缘场拖得很长,若想屏蔽得好就需要使 L 加得很长,如果使用同样厚的屏蔽套,既费材料又很笨重。为此,我们使用一个 L 为 5cm 的屏蔽套,后面再加一个薄壁屏蔽套,壁厚 $=0.4\text{cm}$,长 $=30\text{cm}$,宽 $=$ 高 $=18\text{cm}$,结果得到较好的屏蔽,如图5所示。这样,在实际设计屏蔽套时,可采用一个不太长的厚屏蔽套加一个较长的薄屏蔽套,套在传输管道外面,既便于调节屏蔽的距离 D ,又可实现较好的屏蔽作用。我们也测量了屏蔽的厚度与孔径在适当范围内变化对边缘场的影响,结果 S_0 基本不变。

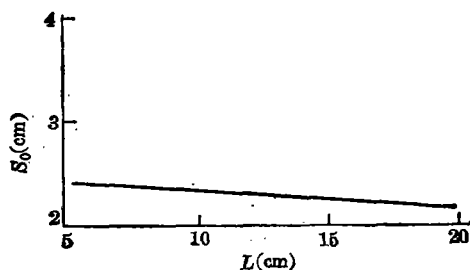


图4 L 与 S_0 关系曲线

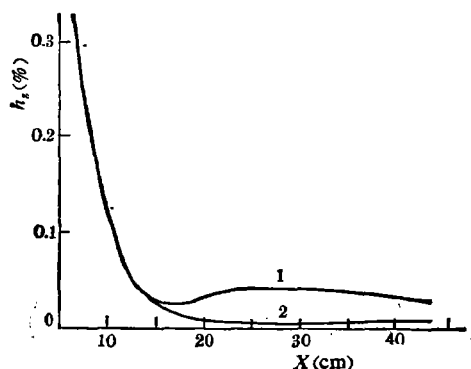


图5 屏蔽后的边缘场尾部延伸曲线
1. 不加薄壁屏蔽套 2. 加薄壁屏蔽套

四、结 论

综上所述,在所测C型磁路结构情况下,其边缘场在不同 y 位置上分布是不同的, y 从正到负,弥散场逐渐减弱,相当于有效边界面对于极端边界转一个角度,而使得粒子在纵向略有聚焦作用。

屏蔽套的厚度及长度主要根据主场强漏磁的强弱及对屏蔽的要求来选择;屏蔽套的孔径可主要根据传输管道的尺寸来决定;屏蔽套与磁极端的距离以 $G_0 < D < 1.2G_0$ 为好。

测量数据的处理和图表绘制得到了王学萍等同志的协助,甚表谢意。

参 考 文 献

- [1] H. A. Enge, *Focusing of charged Particles*, Vol. 2, p.239.
- [2] H. HU Bner and H. Wollnik, *Nucl. Instr.Meth.*, 86, 141(1976).
- [3] 蒋润生等, *原子能科学技术*, 3, 240(1975)。

(1983年12月23日收到)

Some problems about the spline curve fitting method

Qi Huiquan
(Qinghua University)

The parameters including knot numbers, knot positions and the weights associated with the systematic errors in the cubic spline curve fitting method were discussed. The conditions of using fitting criterion were given as well.

Keywords: spline function curve fitting

Fitting the energy level width by using Lorentzian and Gaussian convolutions

Gu Xiliang Qian Jinghua Guo Zhendi Hu Yude
(Fudan University)

The γ spectra from $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$ reaction were fitted by using Lorentzian and Gaussian convolutions. The widths of ^{28}Si levels produced by resonance reactions have been analyzed for the proton bombarding energy of 992 keV, 885 keV, 774 keV and so on. The results of $\Gamma_{992}=105\pm 4$ eV, $\Gamma_{885}=10.8\pm 3.0$ eV, $\Gamma_{774}=14.0\pm 0.5$ eV, $\Gamma_{767}=45\pm 6$ eV, $\Gamma_{937}=137\pm 14$ eV and $\Gamma_{1800}=470\pm 30$ eV were also compared with other published results.

Keywords: Lorentzian signal convolution of Lorentzian and Gaussian
energy level width (p, γ) reaction

Fringing field measurement of dipole magnet

Lü Hongyou Jiang Weisheng Mao Naifeng Mao Xingwang
(Institute of Atomic Energy)

The fringing field of a dipole magnet with a c-type circuit and homogeneous field in the gap has been measured including the distributions of fringing fields with and without magnetic shield. The measured data was analyzed by using the concept of virtual field boundary.

Keywords: magnet measurement of fringing field virtual field boundary
magnetic shield

Analysis of the abundance and labelled position of deuterium in ^2H -leucine

Dai Tengchang Zhang Jianhua Zhou Wenda Xia Zongqin
(Shanghai Second Medical College)

DL-(4,5- ^2H)-leucine was prepared by catalytic deuteration of its double-bond pre-