

# 团 体 标 准

T/CIRA XXXX—XXXX

## 辐射加工用电子加速器束流扫描均匀性检测 铝棒法

Measurement of beam scanning uniformity of electron accelerators for radiation processing—aluminum rod method

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国同位素与辐射行业协会 发布



# 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 检测原理 .....	2
5 检测装置 .....	2
6 技术要求 .....	4
7 装置安装 .....	4
8 检测步骤 .....	4
9 结果评价 .....	4
10 文件记录 .....	5
附录 A（资料性） 均匀度实时检测装置测量均匀度数据 .....	6

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国同位素与辐射行业协会提出并归口。

本文件起草单位：华中科技大学、无锡爱邦辐射技术有限公司、中广核达胜加速器技术有限公司、湖北金汉江精制棉有限公司、湖北祥源新材科技股份有限公司、武汉爱邦高能技术有限公司。

本文件主要起草人：黄江、樊明武、张宇蔚、侯志强、周航旭、魏琼、潘际林、张晶、陆洁平、范宗清、李芳。

## 引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到一种辐射加工中辐照均匀度在线实时检测系统相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：黄江、樊明武、张力戈、左晨、杨军、余调琴、曹磊。

地址：430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。



# 辐射加工用电子加速器束流扫描均匀性检测 铝棒法

## 1 范围

本文件规定了使用移动铝棒法进行辐射加工用电子加速器束流扫描均匀性检测的原理、检测装置、技术要求、装置安装、检测步骤、结果评价和文件记录的要求。

本文件适用于束流能量200 keV~10 MeV，束流功率小于25 kW辐射加工用电子加速器束流均匀性的测量，其他加速器的束流能量和功率情况可参考执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 25306-2010 辐射加工用电子加速器工程通用规范

## 3 术语和定义

GB/T 25306界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**铝棒法** aluminum rod method

使用铝棒在参考面上测量束流宽度范围内不同位置处的束流强度，从而得到束流扫描均匀性。

注：铝棒法的实现方式包括铝棒阵列和移动铝棒两种，本文件使用的检测装置基于移动铝棒的方式。

### 3.2

**参考面** reference plane

辐射场中选定的垂直于束流轴线的平面。

注1：通常取参考面在束流引出窗外并与引出窗相距不大于200 mm。

注2：如图1所示，在直角坐标中，与束流中心轴——Z轴相垂直的X、Y两坐标组成的平面为参考面，Z轴与参考面相交的点O为参考点。

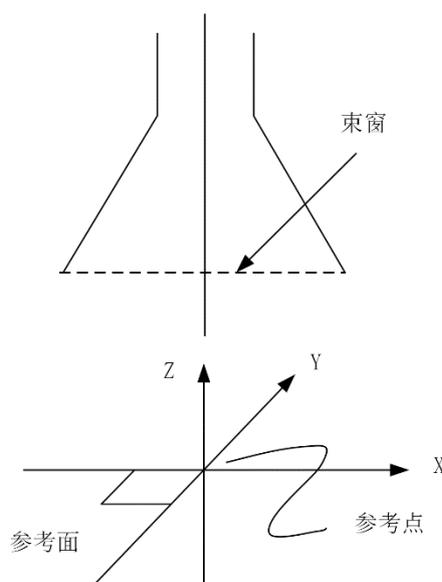


图1 参考面示意图

[来源:GB/T 25306-2010, 3. 5]

3.3

束流扫描宽度 electron beam scanning width

在参考面上形成的垂直于产品运动方向的束流扫描宽度。

[来源:GB/T 25306-2010, 3. 15, 有修改]

3.4

束流扫描不均匀度 electron beam scanning uniformity

在参考面上, 束流扫描宽度内, 束流密度分布的不均匀程度。

[来源:GB/T 25306-2010, 3. 16]

4 检测原理

移动铝棒法检测束流扫描均匀性的原理是使用位于束流窗下参考面上的铝棒截获扫描的电子束, 根据加速器实际束流扫描宽度设定铝棒移动范围, 通过连续收集加速器束下电子束, 对地形成电信号。经过光电转换、光纤传输及数值处理后, 将束流扫描不均匀度结果以数值和曲线等形式实时显示。

电子束经铝棒采集得到电流, 经信号采集电路转换与放大, 得到采样电压, 采样电压表达式见式(1):

$$U = I \times R \times n \times \eta \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$U$ —— 采样电压, 单位为伏特 (V);

$I$ —— 束流强度平均值, 单位为毫安 (mA);

$R$ —— 采样电阻, 单位为千欧姆 (k $\Omega$ );

$n$ —— 电路放大倍数;

$\eta$ —— 电子收集装置收集效率。

取采样电压最大值 $U_{max}$ 和最小值 $U_{min}$ , 计算出束流扫描不均匀度 $U_x$ , 见式(2):

$$U_x = \frac{U_{max}-U_{min}}{U_{max}+U_{min}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$U_x$  —— 束流扫描不均匀度;

$U_{max}$  —— 采样电压最大值, 单位为伏特 (V);

$U_{min}$  —— 电子收集装置收集效率。

5 检测装置

装置组成框图如图2所示, 包括:

- a) 可调台架装置: 由可调台架和一维运动平台组成, 具体结构如图 3 所示;
- b) 电子收集装置: 由铝棒和绝缘底座组成, 具体结构如图 4 所示;
- c) 信号采集与传输: 由采集箱、控制箱、线缆和光纤组成;
- d) 冷却及测温装置: 冷却装置由冷油机、变压器油和管道组成; 测温装置;
- e) 显示与控制: 由 PLC 及上位机控制界面组成。

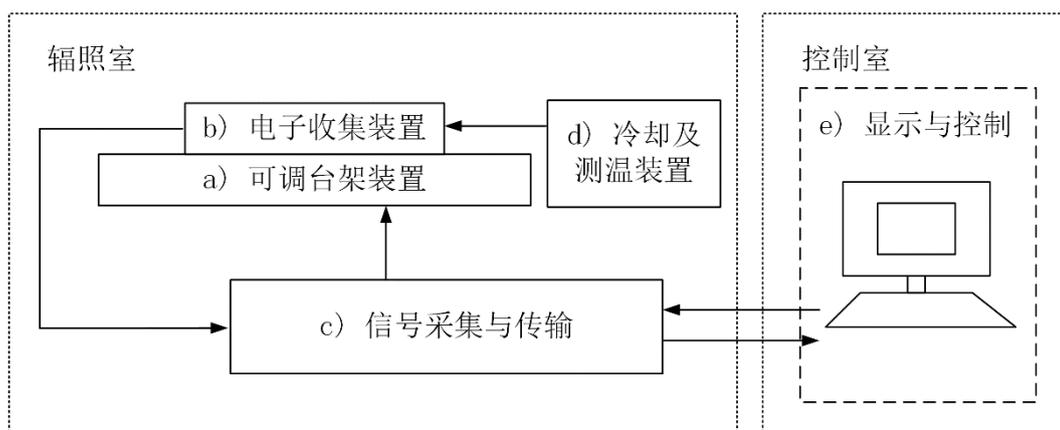


图2 装置组成框图

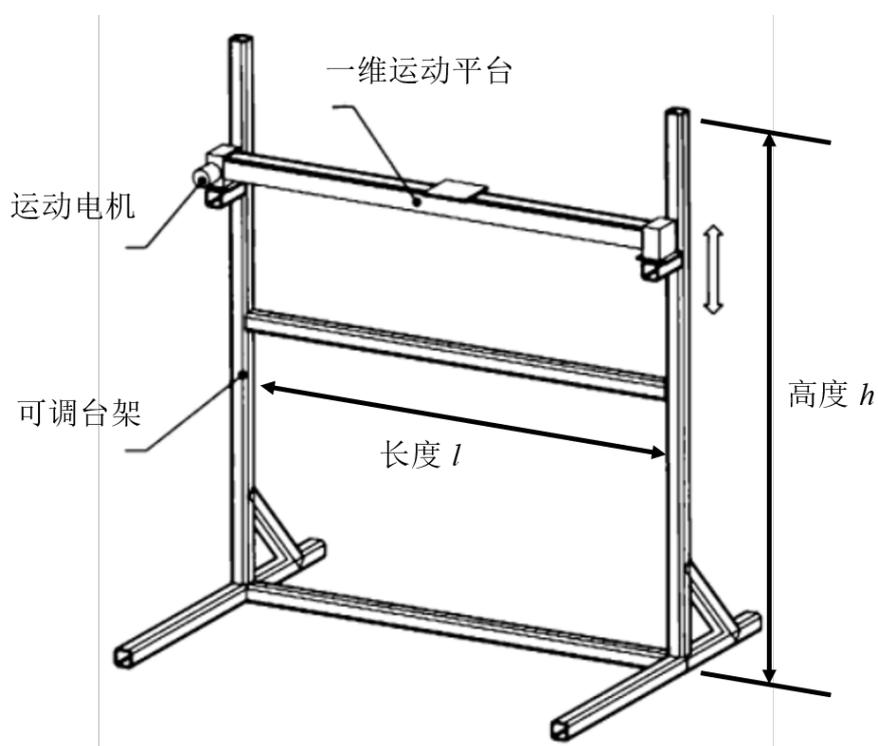


图3 可调台架装置结构图

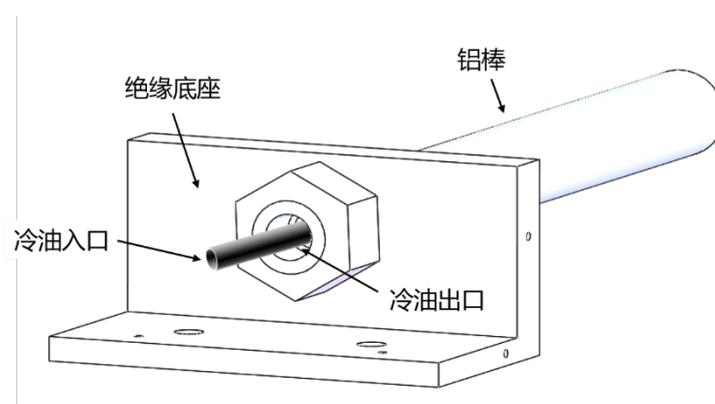


图4 电子收集装置结构

## 6 技术要求

### 6.1 检测条件

6.1.1 电子加速器装置应满足 GB/T 25306-2010 第 9.2.1 条检验条件的要求。

6.1.2 辐照室应满足检测装置安装在加速器束下参考面上的空间要求。

### 6.2 一般要求

6.2.1 可调台架装置应稳固，无明显变形，一维运动平台长度应大于束流扫描宽度。

6.2.2 采集箱和线缆应做辐射防护，光纤应选用铠装光纤。

6.2.3 冷油机变压器油应透明、无沉淀物和悬浮物。

6.2.4 显示器能实现设置功能，包括起始及停止位置、系统启动和停止、信号采集、均匀度测量结果。

### 6.3 功能要求

6.3.1 一维运动平台应能够在运动行程范围内连续正常工作。

6.3.2 铝棒参数按照 GB/T 25306-2010 进行选择。

6.3.3 冷却装置启动后，变压器油在管道内可以正常循环。

6.3.4 测温装置应能够测量铝棒与绝缘块固定连接位置处的温度。

6.3.5 系统启动后，应能够测量并显示束流分布曲线及束流扫描不均匀度。

6.3.6 测量完成后，束流扫描不均匀度测量结果和温度测量结果的数据记录报告保存在数据表中。

## 7 装置安装

7.1 电子收集装置与冷却及测温装置连接，固定于可调台架装置上。

7.2 可调台架放置于加速器束流窗下，调整台架高度与位置，使铝棒最上面母线应在参考面上并与  $y$  轴方向平行，运动方向与参考面  $x$  轴方向平行。

7.3 采集箱放置辐照室内，通过线缆与运动平台、电子收集装置连接。

7.4 控制箱放置控制室内，连接到显示器。

7.5 光纤从辐照室引出至控制室，连接采集箱和控制箱。

7.6 可调台架装置、采集箱外壳及冷油机外壳接地保护。

## 8 检测步骤

检测步骤包括：

- a) 根据加速器束流扫描宽度，设置电子收集装置的采样点数、运动速度、运动范围和运动周期，运动周期应不小于 3 个周期；
- b) 启动加速器，设置加速器束流能量和束流强度；
- c) 加速器热稳定后，启动均匀度实时检测装置，获取束流分布曲线，存储束流扫描不均匀度测量结果及采样电压平均值；
- d) 改变加速器束流强度，重复步骤 c)；
- e) 测试完毕，关闭加速器。

## 9 结果评价

### 9.1 采样电压结果评价

#### 9.1.1 线性相关系数

在不同束流条件下，测量得到扫描宽度范围内各点采样电压，计算采样电压的平均值，对采样电压与束流强度进行线性拟合，得到线性相关系数。

#### 9.1.2 电压结果评价

如果线性相关系数大于0.95,则装置对辐照加速器束流的响应正常,若线性相关系数小于0.95,则需对装置进行检查。

9.1.3 采样电压结果评价参见附录A,附表A.4。

## 9.2 不均匀度结果评价

由式(2)计算得到的束流扫描不均匀度 $U_x$ ,根据GB/T 25306-2010第5.3.4条束流扫描不均匀度的要求,若不均匀度 $U_x \leq 10\%$ ,则被测量的加速器束流均匀性满足技术要求,若不均匀度 $U_x > 10\%$ ,则被测量的加速器束流均匀性较差,不满足技术要求。

不均匀度结果评价参见附录A,附表A.4。

## 10 文件记录

记录每一次均匀度测量结果,内容包括:

- a) 日志:记录测量日期,检测员,设备开机和关机时间;
- b) 加速器设备参数:记录被测量的电子辐照加速器设备型号,测量过程中加速器的束流能量、束流强度等运行参数;
- c) 检测结果:记录测量过程中得到的束流扫描不均匀度测量结果,束流宽度范围内采样电压平均值,采样电压平均值与束流强度的线性相关系数;
- d) 结果评价记录:记录装置对辐照加速器束流的响应情况,加速器运行时束流扫描不均匀度是否满足技术要求,以文档的形式给出。

## 附录 A

(资料性)

## 均匀度实时检测装置测量均匀度数据

## A.1 3 MeV 高频高压型电子辐照加速器

加速器运行参数：1.2 MeV，0~18 mA。

运动行程设置为110 cm，表中每厘米取1个数据点，5 mA测量数据如表A.1所示，10 mA测量数据如表A.2所示，18 mA测量数据如表A.3所示。

运动行程范围内采样电压的平均值、最大值、最小值及束流扫描不均匀度如表A.4所示。

表A.1 5 mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~5	0.437	0.424	0.433	0.436
5~10	0.420	0.417	0.430	0.420	0.423
10~15	0.423	0.411	0.425	0.430	0.435
15~20	0.430	0.433	0.431	0.435	0.443
20~25	0.428	0.446	0.441	0.434	0.448
25~30	0.446	0.432	0.448	0.452	0.439
30~35	0.447	0.453	0.452	0.447	0.440
35~40	0.447	0.456	0.452	0.462	0.465
40~45	0.458	0.451	0.457	0.467	0.460
45~50	0.456	0.464	0.467	0.458	0.464
50~55	0.457	0.450	0.461	0.461	0.448
55~60	0.461	0.456	0.463	0.456	0.455
60~65	0.461	0.467	0.457	0.468	0.454
65~70	0.460	0.462	0.452	0.456	0.449
70~75	0.457	0.459	0.454	0.460	0.443
75~80	0.449	0.442	0.439	0.441	0.448
80~85	0.444	0.446	0.445	0.432	0.441
85~90	0.448	0.435	0.444	0.445	0.436
90~95	0.435	0.425	0.436	0.428	0.426
95~100	0.412	0.420	0.423	0.423	0.426
100~105	0.418	0.427	0.426	0.409	0.421
105~110	0.419	0.422	0.409	0.421	0.423

表A.2 10 mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~5	0.853	0.849	0.848	0.853
5~10	0.865	0.857	0.855	0.844	0.850
10~15	0.851	0.855	0.847	0.847	0.851
15~20	0.852	0.864	0.858	0.862	0.868
20~25	0.863	0.873	0.878	0.879	0.876
25~30	0.880	0.889	0.886	0.876	0.882
30~35	0.895	0.898	0.898	0.889	0.912
35~40	0.899	0.904	0.904	0.896	0.918
40~45	0.913	0.907	0.916	0.922	0.930
45~50	0.921	0.929	0.928	0.922	0.920
50~55	0.931	0.920	0.927	0.916	0.932
55~60	0.930	0.930	0.928	0.927	0.934

表 A.2 10mA 时测量数据 (续)

相对位置 cm	采样电压 V				
	60~65	0.937	0.925	0.932	0.925
65~70	0.940	0.930	0.925	0.939	0.940
70~75	0.930	0.931	0.936	0.938	0.932
75~80	0.924	0.920	0.935	0.927	0.929
80~85	0.920	0.917	0.927	0.925	0.920
85~90	0.917	0.927	0.925	0.917	0.925
90~95	0.917	0.912	0.904	0.915	0.892
95~100	0.892	0.887	0.891	0.895	0.888
100~105	0.884	0.875	0.884	0.863	0.874
105~110	0.871	0.885	0.873	0.868	0.869

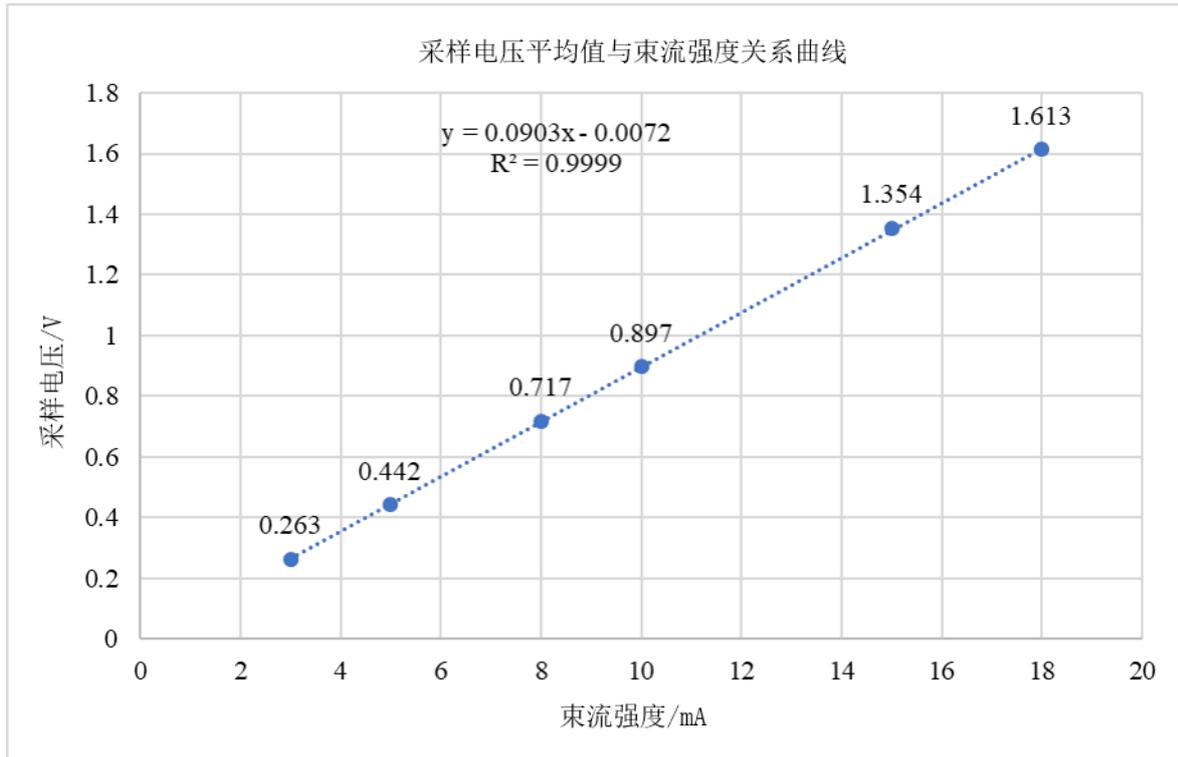
表A.3 18 mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~5	1.531	1.539	1.541	1.518
5~10	1.526	1.528	1.517	1.525	1.537
10~15	1.526	1.525	1.516	1.542	1.543
15~20	1.535	1.529	1.543	1.562	1.545
20~25	1.554	1.556	1.579	1.580	1.583
25~30	1.574	1.597	1.599	1.591	1.600
30~35	1.606	1.606	1.611	1.606	1.631
35~40	1.632	1.633	1.633	1.638	1.650
40~45	1.643	1.649	1.660	1.660	1.656
45~50	1.660	1.668	1.678	1.675	1.676
50~55	1.672	1.671	1.663	1.682	1.687
55~60	1.672	1.671	1.679	1.678	1.700
60~65	1.690	1.683	1.678	1.679	1.686
65~70	1.674	1.692	1.678	1.676	1.665
70~75	1.669	1.678	1.680	1.667	1.675
75~80	1.671	1.670	1.663	1.679	1.666
80~85	1.658	1.648	1.653	1.646	1.648
85~90	1.643	1.639	1.643	1.636	1.629
90~95	1.639	1.606	1.611	1.618	1.615
95~100	1.594	1.586	1.592	1.606	1.581
100~105	1.580	1.586	1.573	1.562	1.559
105~110	1.580	1.557	1.549	1.562	1.564

表A.4 测量结果汇总

束流强度I mA	平均值 $U_{av}$ V	最大值 $U_{min}$ V	最小值 $U_{max}$ V	束流扫描不均匀度 $U_s$
3	0.263	0.285	0.239	8.78%
5	0.442	0.470	0.409	6.94%
8	0.717	0.754	0.664	6.35%
10	0.897	0.944	0.843	5.65%
15	1.354	1.416	1.264	5.67%
18	1.613	1.685	1.502	5.74%

对采样电压平均值和束流强度进行线性拟合，如图1所示，求得线性关系为0.999。



图A.1 采样电压平均值与束流强度关系曲线

结果评价：

采样电压结果评价：被测量的加速器运行参数在1.2 MeV，3 mA~18mA时，采样电压与束流强度线性关系系数大于0.95，均匀度实时监测装置对束流强度的响应正常。

不均匀度结果评价：在不同束流强度条件下，加速器束流扫描不均匀度均小于10%，加速器束流扫描均匀性较好，满足技术要求。

#### A.2 1 MeV 绝缘芯型电子辐照加速器

加速器运行参数：1 MeV，0~25 mA。

运动行程设置为70 cm，表中每0.5 cm取1个数据点，10 mA测量数据如表A.5所示，20 mA测量数据如表A.6所示，25 mA测量数据如表A.7所示。

表A.5 10mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~2.5	0.635	0.620	0.651	0.632
2.5~5	0.648	0.645	0.629	0.635	0.630
5~7.5	0.656	0.626	0.645	0.617	0.632
7.5~10	0.644	0.624	0.648	0.624	0.644
10~12.5	0.646	0.653	0.643	0.635	0.627
12.5~15	0.634	0.618	0.634	0.627	0.624
15~17.5	0.624	0.623	0.648	0.654	0.651
17.5~20	0.634	0.656	0.649	0.633	0.645
20~22.5	0.623	0.643	0.635	0.645	0.618
22.5~25	0.649	0.619	0.617	0.617	0.645
25~27.5	0.621	0.641	0.645	0.643	0.640
27.5~30	0.627	0.624	0.616	0.632	0.619
30~32.5	0.613	0.629	0.636	0.624	0.612
32.5~35	0.615	0.634	0.622	0.617	0.635

表A.5 10mA时测量数据（续）

相对位置 cm	采样电压 V				
35~37.5	0.623	0.639	0.641	0.614	0.637
37.5~40	0.618	0.616	0.638	0.622	0.614
40~42.5	0.637	0.635	0.623	0.617	0.641
42.5~45	0.621	0.610	0.612	0.611	0.618
45~47.5	0.626	0.615	0.610	0.618	0.613
47.5~50	0.620	0.618	0.643	0.623	0.617
50~52.5	0.642	0.630	0.620	0.622	0.612
52.5~55	0.619	0.640	0.651	0.645	0.627
55~57.5	0.641	0.615	0.638	0.627	0.618
57.5~60	0.627	0.613	0.634	0.624	0.626
60~62.5	0.619	0.630	0.622	0.642	0.643
62.5~65	0.630	0.621	0.625	0.624	0.644
65~67.5	0.640	0.653	0.628	0.625	0.623
67.5~70	0.646	0.652	0.625	0.643	0.621

表A.6 20mA时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
0~2.5	1.326	1.323	1.302	1.332	1.326
2.5~5	1.346	1.309	1.312	1.312	1.305
5~7.5	1.305	1.302	1.290	1.320	1.306
7.5~10	1.324	1.305	1.319	1.285	1.312
10~12.5	1.303	1.327	1.321	1.311	1.299
12.5~15	1.319	1.302	1.320	1.313	1.339
15~17.5	1.303	1.320	1.330	1.320	1.318
17.5~20	1.312	1.326	1.328	1.328	1.328
20~22.5	1.321	1.326	1.324	1.306	1.302
22.5~25	1.319	1.328	1.326	1.306	1.328
25~27.5	1.323	1.319	1.304	1.328	1.318
27.5~30	1.306	1.318	1.304	1.306	1.317
30~32.5	1.315	1.321	1.296	1.304	1.314
32.5~35	1.317	1.298	1.316	1.298	1.296
35~37.5	1.313	1.291	1.295	1.288	1.288
37.5~40	1.297	1.318	1.310	1.290	1.318
40~42.5	1.299	1.306	1.308	1.309	1.320
42.5~45	1.320	1.309	1.325	1.322	1.309
45~47.5	1.299	1.312	1.310	1.323	1.338
47.5~50	1.315	1.312	1.306	1.308	1.296
50~52.5	1.302	1.304	1.337	1.306	1.313
52.5~55	1.324	1.328	1.339	1.319	1.317
55~57.5	1.313	1.328	1.329	1.347	1.325
57.5~60	1.349	1.328	1.331	1.343	1.323
60~62.5	1.313	1.323	1.345	1.352	1.321
62.5~65	1.339	1.335	1.350	1.306	1.328
65~67.5	1.302	1.338	1.312	1.343	1.328
67.5~70	1.330	1.305	1.310	1.285	1.301

表A.7 25mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~2.5	1.601	1.632	1.631	1.642
2.5~5	1.622	1.616	1.625	1.617	1.607
5~7.5	1.601	1.600	1.591	1.599	1.603
7.5~10	1.604	1.633	1.605	1.617	1.616
10~12.5	1.602	1.608	1.612	1.624	1.598
12.5~15	1.596	1.628	1.603	1.596	1.608
15~17.5	1.617	1.588	1.622	1.624	1.617
17.5~20	1.638	1.628	1.605	1.617	1.613
20~22.5	1.624	1.613	1.620	1.606	1.603
22.5~25	1.638	1.632	1.625	1.611	1.624
25~27.5	1.600	1.627	1.615	1.592	1.628
27.5~30	1.624	1.589	1.595	1.591	1.584
30~32.5	1.586	1.589	1.588	1.606	1.598
32.5~35	1.591	1.605	1.600	1.596	1.583
35~37.5	1.616	1.593	1.575	1.591	1.586
37.5~40	1.572	1.605	1.592	1.597	1.579
40~42.5	1.615	1.590	1.622	1.614	1.590
42.5~45	1.588	1.595	1.611	1.611	1.633
45~47.5	1.621	1.614	1.602	1.619	1.606
47.5~50	1.641	1.608	1.604	1.601	1.611
50~52.5	1.600	1.621	1.633	1.603	1.600
52.5~55	1.606	1.627	1.619	1.630	1.619
55~57.5	1.617	1.614	1.620	1.603	1.613
57.5~60	1.599	1.617	1.583	1.599	1.616
60~62.5	1.624	1.601	1.609	1.581	1.588
62.5~65	1.614	1.627	1.619	1.617	1.591
65~67.5	1.591	1.594	1.597	1.603	1.603
67.5~70	1.592	1.583	1.619	1.600	1.607

## A.3 5MeV 高频高压型电子辐照加速器

加速器运行参数：3.5MeV，0~5mA

运动行程设置为85cm，表中每厘米取1个数据点，1mA测量数据如表A.8所示，3mA测量数据如表A.9所示，5mA测量数据如表A.10所示。

表A.8 1mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
	0~5	0.005	0.017	0.035	0.057
5~10	0.101	0.121	0.133	0.140	0.141
10~15	0.136	0.131	0.127	0.123	0.121
15~20	0.119	0.117	0.116	0.114	0.114
20~25	0.113	0.111	0.110	0.110	0.109
25~30	0.108	0.108	0.109	0.109	0.108
30~35	0.107	0.107	0.107	0.107	0.108
35~40	0.106	0.106	0.107	0.107	0.106
40~45	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
45~50	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
50~55	0.107	0.105	0.107	0.107	0.107
55~60	0.107	0.108	0.109	0.107	0.107
60~65	0.108	0.109	0.109	0.111	0.112
65~70	0.111	0.113	0.113	0.115	0.119

表A.8 1mA时测量数据(续)

相对位置 cm	采样电压 V				
70~75	0.120	0.124	0.128	0.133	0.138
75~80	0.143	0.143	0.139	0.125	0.104
80~85	0.080	0.058	0.035	0.017	0.005

表A.9 3mA时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
0~5	0.004	0.008	0.013	0.026	0.060
5~10	0.108	0.171	0.258	0.356	0.447
10~15	0.521	0.565	0.578	0.570	0.549
15~20	0.529	0.514	0.502	0.494	0.486
20~25	0.480	0.475	0.471	0.468	0.464
25~30	0.463	0.462	0.461	0.459	0.457
30~35	0.454	0.455	0.453	0.451	0.451
35~40	0.451	0.450	0.449	0.449	0.450
40~45	0.449	0.447	0.446	0.445	0.446
45~50	0.447	0.447	0.449	0.448	0.447
50~55	0.448	0.448	0.448	0.449	0.449
55~60	0.450	0.450	0.450	0.452	0.452
60~65	0.451	0.454	0.455	0.459	0.462
65~70	0.461	0.464	0.469	0.473	0.477
70~75	0.482	0.492	0.505	0.522	0.541
75~80	0.562	0.580	0.581	0.557	0.504
80~85	0.423	0.321	0.234	0.161	0.102

表A.10 5mA时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
0~5	0.006	0.019	0.035	0.062	0.102
5~10	0.162	0.236	0.337	0.485	0.652
10~15	0.799	0.913	0.976	0.998	0.990
15~20	0.957	0.917	0.894	0.874	0.856
20~25	0.844	0.831	0.824	0.814	0.807
25~30	0.802	0.799	0.797	0.793	0.789
30~35	0.786	0.787	0.783	0.780	0.780
35~40	0.780	0.776	0.774	0.774	0.773
40~45	0.774	0.772	0.770	0.769	0.767
45~50	0.768	0.769	0.770	0.769	0.768
50~55	0.767	0.767	0.765	0.766	0.769
55~60	0.769	0.771	0.771	0.772	0.771
60~65	0.775	0.775	0.775	0.779	0.783
65~70	0.783	0.789	0.793	0.797	0.802
70~75	0.807	0.820	0.833	0.851	0.871
75~80	0.903	0.943	0.979	0.993	0.976
80~85	0.915	0.796	0.646	0.491	0.336

## A.4 10MeV 射频电子辐照加速器

加速器运行参数：10MeV，1mA。

运动行程设置为100cm，表中每厘米取1个数据点，1mA测量数据如表A.11所示。

表A.11 1mA 时测量数据

相对位置 cm	采样电压 V				
0~5	0.023	0.027	0.032	0.037	0.042
5~10	0.048	0.054	0.060	0.067	0.074
10~15	0.074	0.082	0.091	0.101	0.111
15~20	0.123	0.136	0.150	0.164	0.179
20~25	0.194	0.207	0.218	0.226	0.229
25~30	0.232	0.232	0.232	0.232	0.230
30~35	0.231	0.229	0.231	0.232	0.234
35~40	0.235	0.234	0.234	0.234	0.238
40~45	0.240	0.243	0.243	0.242	0.245
45~50	0.244	0.248	0.247	0.245	0.246
50~55	0.245	0.249	0.244	0.242	0.236
55~60	0.232	0.234	0.229	0.228	0.220
60~65	0.217	0.219	0.218	0.219	0.212
65~70	0.208	0.202	0.196	0.191	0.183
70~75	0.179	0.175	0.173	0.169	0.164
75~80	0.162	0.157	0.153	0.144	0.136
80~85	0.129	0.120	0.114	0.103	0.094
85~90	0.082	0.067	0.054	0.038	0.025
90~95	0.012	0.002	0.004	0.007	0.008
95~100	0.009	0.010	0.010	0.009	0.009