



中华人民共和国国家标准

GB/T 20130—2025

代替 GB/T 20130—2006

自屏蔽电子束辐射加工装置

Self-shielding electron beam facility for radiation processing

2025-04-25 发布

2025-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 装置组成及工作条件 2

5 技术要求 3

6 试验方法 5

7 检验规则 9

8 标志、包装、运输、随行文件及贮存 10

参考文献 12

图 1 参考点与参考面示意图 2

图 2 法拉第筒法测量示意图 6

图 3 直接测平均电流法测量示意图 7

图 4 剂量计法测量扫描不均匀度示意图 8

表 1 试验条件 5

表 2 自屏蔽电子束辐射加工装置检验项目 9



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。

本文件代替 GB/T 20130—2006《自屏蔽电子束消毒灭菌装置》，与 GB/T 20130—2006 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准适用范围(见第1章,2006年版的第1章)；
- b) 增加了“辐射加工”“电子束辐射加工装置”的术语和定义(见3.2、3.3)；
- c) 更改了“参考面”“束流强度”“束流功率”“束流扫描不均匀度”“束流扫描宽度”的术语和定义(见3.4、3.6、3.7、3.8、3.9,2006年版的3.2、3.4、3.5、3.8、3.7)；
- d) 删除了“能量不稳定性”的术语和定义(见2006年版的3.6)；
- e) 更改了“束流装置”“监测及控制系统”“屏蔽系统”(见4.1.1,2006年版的4.1)；
- f) 删除了“装置型号命名”(见2006年版的4.2)；
- g) 更改了“环境条件”(见4.2.1,2006年版的4.3.1)；
- h) 更改了“供电条件”(见4.2.2,2006年版的4.3.2)；
- i) 删除了“工作方式”(见2006年版的4.4)；
- j) 更改了“外观”(见5.1,2006年版的5.1)；
- k) 更改了“控制系统”(见5.2,2006年版的5.2)；
- l) 更改了“性能指标”(见5.3,2006年版的5.3)；
- m) 更改了“束流能量”(见5.3.1,2006年版的5.3.1)；
- n) 更改了“束流强度”(见5.3.2,2006年版的5.3.3)；
- o) 更改了“束流强度不稳定性”(见5.3.3,2006年版的5.3.2)；
- p) 更改了“束流功率”(见5.3.4,2006年版的5.3.4)；
- q) 删除了“扫描宽度”(见2006年版的5.3.5)；
- r) 更改了“束流扫描不均匀度”(见5.3.5,2006年版的5.3.6)；
- s) 更改了“电气安全”(见5.4,2006年版的5.4)；
- t) 更改了“辐射安全”(见5.5,2006年版的5.5)；
- u) 删除了“臭氧稀释排放”要求(见2006年版的5.6)；
- v) 更改了“运行要求”“开机”“恢复开机”“稳定运行”(见5.6,2006年版的5.7)；
- w) 更改了“整机性能试验”(见6.4,2006年版的6.4)；
- x) 更改了“束流能量”(见6.4.1,2006年版的6.4.1)；
- y) 更改了“束流强度”(见6.4.2,2006年版的6.4.3)；
- z) 更改了“束流强度不稳定性”(见6.4.3,2006年版的6.4.2)；
- aa) 更改了“束流功率”(见6.4.4,2006年版的6.4.4)；
- bb) 更改了“束流扫描不均匀度与扫描宽度”(见6.4.5,2006年版的6.4.5和6.4.6)；
- cc) 更改了“检验分类”(见7.1,2006年版的7.1)；
- dd) 更改了“判定规则”(见7.3,2006年版的7.3)；
- ee) 更改了产品合格证内容(见8.4.2,2006年版的8.4.2)。

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。

本文件由全国核仪器仪表标准化委员会(SAC/TC 30)提出并归口。

本文件起草单位:中国原子能科学研究院、同方威视技术股份有限公司。

本文件主要起草人:向益淮、王国宝、张立锋、朱志斌、崔爱军、秦成、余国龙、刘奕路、杨璐、覃怀莉、陈志强。

本文件于 2006 年首次发布,本次为第一次修订。



自屏蔽电子束辐射加工装置

1 范围

本文件规定了自屏蔽电子束辐射加工装置的组成、工作条件、技术要求、检验规则以及标志、包装及运输、随行文件、贮存等内容,描述了相应的试验方法。

本文件适用于电子束流能量为 0.5 MeV~5 MeV 的自屏蔽电子束辐射加工装置(以下简称“装置”)。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 16841 能量为 300 keV~25 MeV 电子束辐射加工装置剂量学导则
- GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB/T 25306 辐射加工用电子加速器工程通用规范
- HJ 979 电子加速器辐照装置辐射安全和防护

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自屏蔽 self-shielding

构成装置的屏蔽体,能将电子束流打在辐照物或吸收体上产生的 X 射线的泄漏剂量,在无需额外屏蔽的情况下减小到规定剂量限值以下。

3.2

辐射加工 radiation processing

电离辐射作用于物质,使其品质或性能达到预期要求的一种工艺过程。

3.3

电子束辐射加工装置 electron beam facility for radiation processing

产生、加速、引出电子束流用于辐射加工的装置。

3.4

参考面 reference plan

在直角坐标系中,由 X、Y 两轴组成的平面,如图 1 所示。

注:本文件中参考面与电子束流输出窗的距离规定为 1 cm~15 cm。

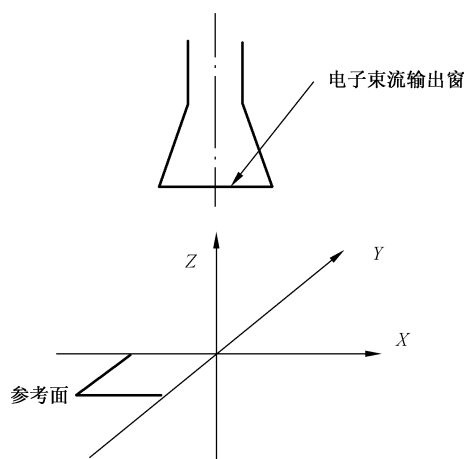


图 1 参考点与参考面示意图

3.5

电子束流能量 electron beam energy

E

电子束流(以下简称“束流”)中的电子通过加速装置获得的平均动能。

注：单位为 MeV。

3.6

束流强度 beam intensity

\bar{I}

在束流输出窗外参考面上束流收集靶测得的平均电流大小。

注：单位为 mA。

3.7

束流功率 beam power

P

对应束流能量与束流强度的乘积除以电子电荷。

注：单位为 kW。

3.8

束流扫描不均匀度 beam inhomogeneity scanning

在参考面上的束流扫描范围内束流密度分布的不均匀程度。

3.9

束流扫描宽度 beam scanning width

束流被扫描装置扫描展宽后在参考面上满足扫描不均匀度条件下的有效宽度。

4 装置组成及工作条件

4.1 装置组成

4.1.1 束流装置

束流装置主要包括束流产生装置、束流加速装置、束流引出装置及其他辅助装置。

4.1.2 束下装置

束下装置主要是指束下辐照承载台或货物输送装置。

4.1.3 监测及控制系统

控制系统主要包括束流装置控制系统、束下装置控制系统及辐射安全监测控制系统,以及它们之间的接口和协议。

4.1.4 屏蔽系统

屏蔽系统包括:束流装置屏蔽体、束下装置屏蔽体及其他屏蔽体,并具备货物进出口、装置检修通道、检修门及装置参数测试口。

应在货物进出口、装置检修通道或检修门处安装剂量监测装置。

4.2 工作条件

4.2.1 环境要求

环境应符合以下要求:

- a) 温度: $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $\leq 90\%$;
- c) 设备运行会产生臭氧,工作环境保持良好通风。

4.2.2 供电要求

供电应符合以下要求:

- a) 电压为交流三相四线制 $380\text{ V}/50\text{ Hz}$;
- b) 供电要求不低于产品说明书中给出的要求。

5 技术要求

5.1 外观

装置外观要求如下:

- a) 外观应平整光洁、色泽均匀、无明显划痕和损伤等缺陷;
- b) 面板应清洁,运动部件应操作灵活、功能正常。

5.2 控制系统

控制系统应具备以下功能:

- a) 正常开机和停机;
- b) 显示装置的主要参数;
- c) 装置状态及故障显示、报警及自动停机;
- d) 紧急停机;
- e) 剂量监测;
- f) 安全联锁。

5.3 性能指标

5.3.1 束流能量

束流能量测量值与束流能量标称值偏差应 $\leq 10\%$ 。

5.3.2 束流强度

束流强度测量值应不小于束流强度标称值的 95%。

5.3.3 束流强度不稳定性

束流强度不稳定性应 $\leq 5\%$ 。

5.3.4 束流功率

束流功率测量值应不小于束流功率标称值的 95%。

5.3.5 束流扫描不均匀度

束流扫描不均匀度应 $\leq 10\%$,扫描宽度可调。

5.4 电气安全

5.4.1 设备保护接地

设备保护接地应满足 GB 19517 的要求。

5.4.2 绝缘电阻

绝缘电阻应满足 GB 19517 的要求。

5.4.3 防电击

装置的电气设备在正常使用条件下应具备防电击功能,可触及零部件不应危险带电。可触及零部件与保护接地端子之间的电压不应超过有效值 30 V 或 60 V 直流。

5.5 辐射安全

5.5.1 辐射防护

辐射防护应符合 GB 18871 和 HJ 979 的规定。

5.5.2 自屏蔽要求

距离装置表面外侧 30 cm 处漏射剂量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

5.6 运行要求

5.6.1 开机

开机进入工作状态时间不大于 60 min。

5.6.2 恢复开机

停机不大于 1 h,恢复工作状态的时间不大于 20 min。

5.6.3 稳定运行


在标称束流能量及束流强度条件下,装置应能无故障连续运行不小于 4 h。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验条件应满足表 1 要求。

表 1 试验条件

环境参数	参考条件	试验条件
环境温度	20 ℃	15 ℃~35 ℃
相对湿度	65%	≤90%
大气压	101.3 kPa	86 kPa~106 kPa
供电电压(交流)	380 V	 380(1±10%)V
供电频率(交流)	50 Hz	50(1±2%)Hz

6.2 外观检查

以目测法和演示法检查装置。

6.3 控制系统试验

对控制系统进行目测检查和演示试验。

6.4 整机性能试验

6.4.1 束流能量

根据 GB/T 16841 的要求,用叠层法或楔形法进行束流能量测量和计算。

6.4.2 束流强度

6.4.2.1 法拉第筒法

装置扫描引出的束流强度可采用法拉第筒法进行测量,如图 2 所示。

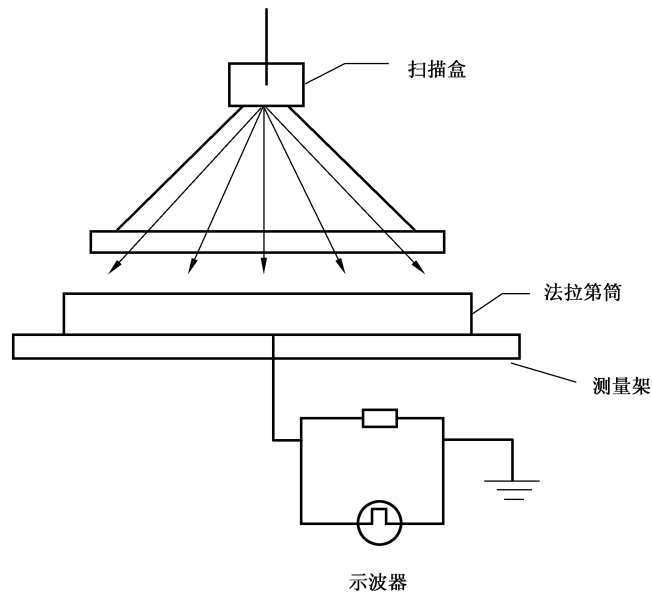


图2 法拉第筒法测量示意图

用厚度大于射程 R_p 的铝板做一个长度大于束流扫描宽度、宽度大于束斑直径、高度为 5 cm~10 cm 的铝盒作为法拉第筒，放置在参考面上，在额定功率下运行。为避免高能电子束流打在法拉第筒上产生二次电子，在法拉第筒上加一定的直流电压抑制二次电子。法拉第筒收集到的电子在采样电阻上产生脉冲，用示波器测量脉冲宽度和脉冲幅值，并根据公式(1)计算出束流强度 \bar{I} 值。

$$\bar{I} = \frac{t \cdot U}{1\,000 \cdot T \cdot R} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

t ——束流脉冲半高宽度，单位为微秒(μs)；

U ——脉冲幅值，单位为伏特(V)；

T ——脉冲周期，单位为毫秒(ms)；

R ——取样电阻，单位为欧姆(Ω)。

束流强度标称值 I 按公式(2)计算：

$$I = \frac{P}{E} \times e \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P ——装置束流功率标称值，单位为千瓦(kW)；

E ——装置束流能量标称值，单位为兆电子伏特(MeV)；

e ——电子电荷量， $e=1.062 \times 10^{-9}$ C。

6.4.2.2 直接测平均电流法

除法拉第筒法外，还可通过直接测平均电流法测量束流强度，如图3所示。

用厚度大于射程 R_p 的铝板做一个长度大于束流扫描宽度、宽度大于束斑直径、高度为 5 cm~10 cm 的铝盒作为法拉第筒，放置在参考面上，在额定功率下运行。为避免高能电子束流打在法拉第筒上产生二次电子，在法拉第筒上加一定的直流电压抑制二次电子。法拉第筒收集到的电子通过电流表直接读数得到束流强度 \bar{I} 值。

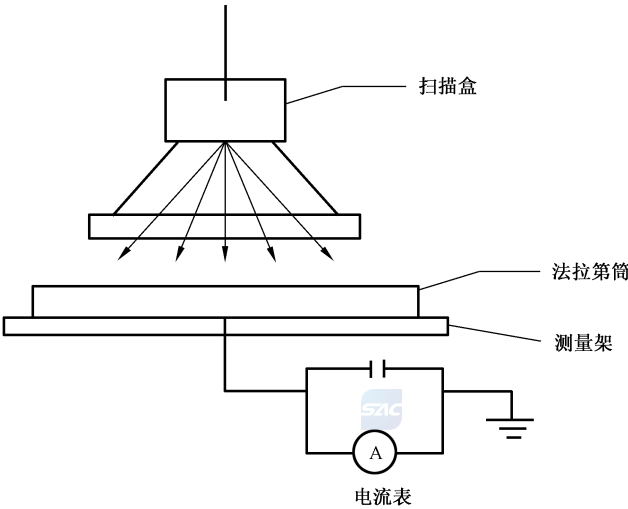


图 3 直接测平均电流法测量示意图

6.4.3 束流强度不稳定性

按照 GB/T 25306 的要求,进行束流强度不稳定性测量和计算。

6.4.4 束流功率

根据实测的束流能量值 E_P 与束流强度 \bar{I} ,按公式(3)计算出束流功率 P' 。

$$P' = \frac{\bar{I} \times E_P}{e} \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 P' ——束流功率,单位为千瓦(kW)；
 \bar{I} ——束流强度,单位为毫安(mA)；
 E_P ——束流能量,单位为兆电子伏特(MeV)；
 e ——电子电荷量, $e=1.062 \times 10^{-19}$ C。

6.4.5 束流扫描不均匀度与扫描宽度

按照 GB/T 16841 要求,用剂量最大值与最小值之差除以最大值与最小值之和,计算束流扫描不均匀度。满足扫描均匀性要求的条件下,对束流扫描宽度进行测量,如图 4 所示。
辅助定位方法采用在参考面上放置一块不小于束流扫描宽度的材料(通常选用塑料板或玻璃板),照射后材料上的照射痕迹值作为束流扫描宽度测量的定位。

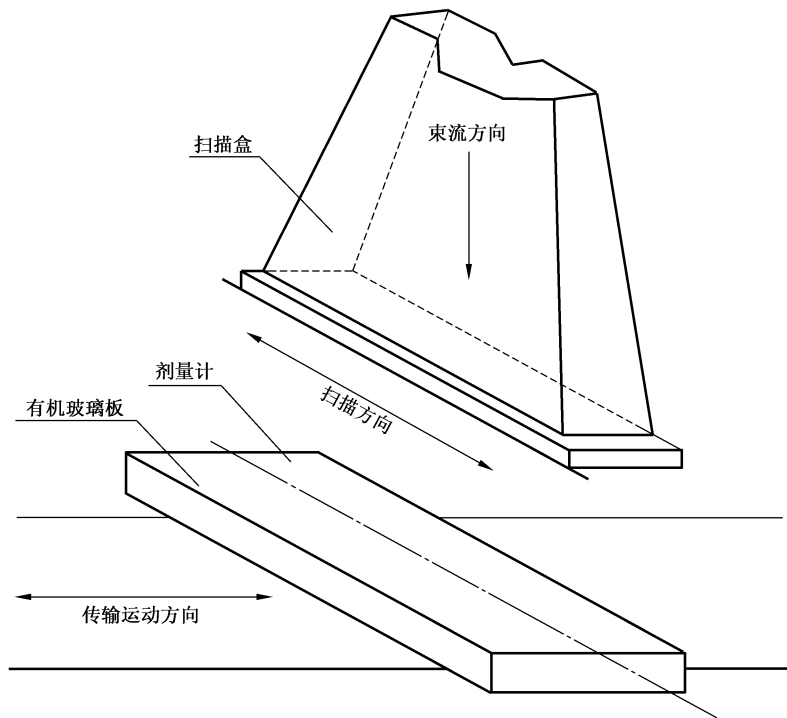


图4 剂量计法测量扫描不均匀度示意图

6.5 电气安全

6.5.1 设备保护接地

用接地电阻测试仪,测量电气设备外壳与接地端子间的电阻。

6.5.2 绝缘电阻

用 1 000 V 绝缘电阻表,检测相线、零线对地及设备金属外壳之间的绝缘电阻。

6.5.3 防电击

用 2 000 Ω 电阻并联交流电压表,直接测量待测可触及零部件与安全接地端子间的电压值。

6.6 辐射安全

应在装置运行的最大束流能量下的最大束流强度条件下,距离装置表面 30 cm 处任意选取不少于 20 个剂量监测点。利用符合要求的剂量率仪分别测量各点的剂量率。

6.7 运行试验

6.7.1 开机试验

从装置上电开始计时,并测量束流强度,记录从上电至束流强度达到标称值 90%的时间。

6.7.2 恢复开机试验

停机 1 h,从装置重新上电开始,并测量束流强度,记录从上电至束流强度达到标称值 90%的时间。

6.7.3 稳定运行试验

装置上电后,测量束流强度,束流强度达到标称值后连续运行 4 h。

7 检验规则

7.1 检验分类

装置的检验,分为型式检验和出厂检验。

7.2 检验项目

装置检验项目见表 2。

7.3 判定规则

型式检验中如发现不合格项,允许对产品的相关部件或分系统进行不超过两次的调整或更换,并重新检验(包括已检项目中有影响的全部项目)。如仍不合格,则应改进设计。

出厂检验中如发现不合格项,允许对产品的相关部件或分系统进行不超过两次的调整或更换,并重新检验。如仍不合格,则应判为不合格品。

表 2 自屏蔽电子束辐射加工装置检验项目

序号	项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
1	外观	●	●	5.1	6.2
2	控制系统	●	●	5.2	6.3
3	束流能量	●	●	5.3.1	6.4.1
4	束流强度	●	●	5.3.2	6.4.2
5	束流强度不稳定性	●	●	5.3.3	6.4.3
6	束流功率	●	●	5.3.4	6.4.4
7	束流扫描不均匀度	●	○	5.3.5	6.4.5
8	设备保护接地	●	●	5.4.1	6.5.1
9	绝缘电阻	●	●	5.4.2	6.5.2
10	防电击	●	●	5.4.3	6.5.3
11	辐射安全	●	○	5.5	6.6
12	开机	●	○	5.6.1	6.7.1
13	恢复开机	●	○	5.6.2	6.7.2
14	重新开机	●	○	5.6.3	6.7.3
注：●表示必检项目，○表示选检项目。					

8 标志、包装、运输、随行文件及贮存

8.1 标志

8.1.1 装置标牌

装置应在适当位置设置字迹清楚的永久性标志或标牌,其内容包括但不限于:

- a) 制造商名称;
- b) 装置名称;
- c) 装置型号;
- d) 出厂编号及出厂日期;
- e) 产品执行标准编号;
- f) 束流能量及束流功率。

8.1.2 部件铭牌

主要部件应在适当位置设置具有以下标志的铭牌:

- a) 部件名称;
- b) 制造商名称;
- c) 编号及日期。

8.1.3 提示性标志

与电气安全、辐射安全相关的显示或操作应使用明确标识,如名字过长可用缩略语,并在技术说明中列出缩略语的定义或解释。

8.1.4 警示标志

装置应设置醒目的“电离辐射”警示标志。警示标志及警示说明应符合 GB 18871 中规定的放射性符号及标志。

8.2 包装



8.2.1 装置宜分装于若干包装箱,包装木箱应符合 GB/T 12464 规定,箱内应有明细的装箱单。包装箱应有防雨、防潮、防震措施。部件在箱内应牢固定位,压木和部件接触面以及部件间应衬以适当厚度的软性材料,以防止运输过程中的松动和相互摩擦。

8.2.2 易碎部件应有专门设计的单独包装箱,以防在运输过程中造成损坏。

8.2.3 图示标志应符合 GB/T 191 中的相关要求。

8.3 运输

8.3.1 运输方式

经包装的装置部件应适用于汽车、火车、轮船等运输。

8.3.2 运输条件

应严格按照包装条件标明的运输条件进行装运。装运过程中不应重放、倒置,防止碰撞,应有防雨、防冻措施,对环境温度有特殊要求的部件应按订货合同规定运输。

8.4 随行文件

8.4.1 使用说明书

使用说明书的编写应符合 GB/T 9969 的规定,并包括以下内容。

- a) 技术说明书:产品特点、主要用途及适用范围、简要结构组成及工作原理、主要性能及参数,辐射安全保障措施、产品的工作条件、使用环境及安装要求等。
- b) 操作手册:操作及使用中的安全、辐射防护等说明及注意事项,操作程序、方法、防范措施及误操作的预防,运行的操作记录等要求。
- c) 维修手册:故障现象、原因分析及排除方法,日常运行维护、保养,正常维修程序,周期检修程序、方法,长期存放时的维护及保养等。

8.4.2 产品合格证

产品合格证应包含所执行的产品标准号、检验结果及结论、产品编号及生产日期、检验员代码或检验部门的签章等。

8.4.3 其他文件

随行文件应有备品备件清单和装箱单及装箱目录。

8.5 贮存

8.5.1 经包装的产品应贮存在环境温度大于 0℃、相对湿度不大于 90%、通风良好的室内。室内应无腐蚀性气体,并无强烈振动、冲击波及磁场的作用。

8.5.2 对贮存环境有特殊要求的部件,应在技术要求规定的环境中存放。

8.5.3 需长期保持真空状态的部件,应按技术要求定期抽真空。

参 考 文 献

- [1] GB 3095 环境空气质量标准
 - [2] GB/T 12464 普通木箱
-

