

F 92

EJ/T 971—1995
辐射加工用电子加速器
通用规范
1995-07-05 发布
1995-11-01 实施
中国核工业总公司发布

附加说明：

本标准由中国同位素与辐射行业协会辐射加工专业委员会和核工业标准化研究所提出。
本标准由核工业标准化研究所、中国原子能科学研究院、机械部北京机械工业自动化研究所、中国计量科学研究所和辐射加工专业委员会组成编制组负责起草。
本标准主要起草人：贺宣庆、汪达基、黄正新、庞瑞草、车饱印。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了辐射加工用电子加速器的分类及型号命名、技术要求、检验方法、检验规则、包装、运输和贮存。

本标准适用于辐射加工的电子束能量为 0.15~15MeV 的各类电子加速器。

2 引用标准

GB 5172 粒子加速器辐射防护规定

GB/T 15447 X、 γ 射线和电子束辐照不同材料吸收剂量的换算方法

3 术语

3.1 辐射加工

利用电离辐射（主要指 γ 射线或电子束）照射物品，使其达到某种要求的一种加工工艺。如高分子材料改性、辐射保藏食品、医疗用品消毒、环境污染处理等。

3.2 参考面与参考点

如图 1 所示，在直角坐标中，X、Y 两坐标轴组成的平面为参考面，Z 轴在电子束中心，原点 0 为参考点。本标准中参考面与束流输出窗的距离当电子束能量大于 1MeV 时规定为 10~15mm；电子束能量低于 1MeV 时为 5~10cm（具体尺寸由制造单位根据实验结果在产品说明书中给定），每次鉴定不能更改。

3.3 电子束能量（以下简称能量）

电子通过加速装置获得的动能。符号为 E ，单位为 MeV。

3.4 电子束流强度（以下简称束流强度）

在束流输出窗外的参考面上的铝收集靶测得的扫描后的平均束流强度。符号为 I ，单位为 mA。

3.5 电子束流功率（以下简称束流功率）

对应于电子束能量的电子电位与束流强度的乘积。符号为 P ，单位为 kW。

3.6 能量不稳定性

在确定的加速器参数下，给定时间内由于加速器参数自然变化引起的电子束能量的变化率，以百分比表示。

3.7 束流不稳定性

在确定的加速器参数下，给定时间内由于加速器参数自然变化所引起的束流强度的变

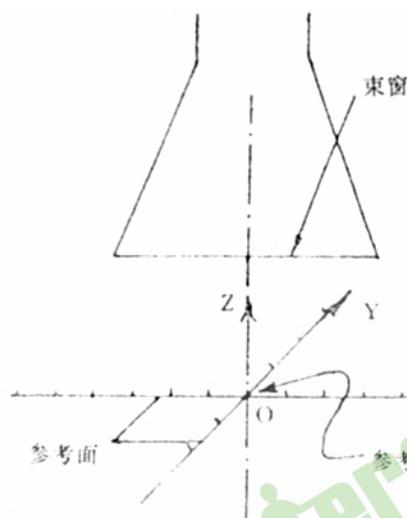


图1 参考点和参考面示意图

化率。以百分比表示。

3.8 扫描宽度

束流被扫描装置扫掠展宽后在参考面上的有用宽度。单位为 mm。

3.9 扫描不均匀度

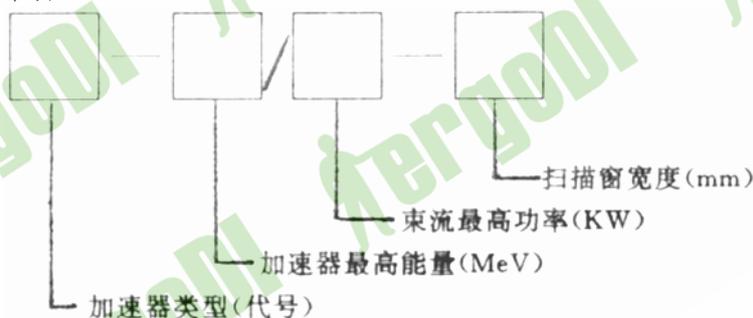
在参考面上测得的扫描宽度内束流分布的不均匀度。以百分比表示。

4 产品分类及型号命名

4.1 产品分类

辐射加工用电子加速器分直流高压型和（高频）脉冲型两大类。直流高压型加速器常用的有电子帘加速器、绝缘芯变压器型加速器、中频共振变压器型加速器、高压倍加器型加速器、高频高压型加速器、电子静电加速器等；（高频）脉冲型加速器常用的有高频谐振腔型加速器、电子直线加速器等。

4.2 产品型号命名



代号以汉语拼音字母表示：

- DL——电子帘加速器；
- DY——绝缘芯变压器型加速器；
- DG——中频共振变压器型加速器；
- DB——高压倍加器型加速器；
- DD——高频高压型加速器；
- DJ——电子静电加速器；
- DX——高频谐振腔型加速器；
- DZ——电子直线加速器。

举例说明：高频高压型加速器，最高能量 2.5MeV，输出功率 50kW，扫描窗宽度为 1000mm，型号命名表示为 DD-2.5/50-1000

5 技术要求

5.1 安装使用的环境条件

环境温度 15~35℃

相对温度 <80%
大气压 70~110kPa
一次水入口水温小于 30℃，水流量满足设计要求。

5.2 供电条件

三相交流 380V（或单相 220V），电压波动不超过±5%（当地电网达不到此条件时，用户应加电压自动调整装置）。

频率为 50±1Hz。

供电功率按加速器型号及束流功率不同，在产品说明书中分别提出。

5.3 整机性能指标

5.3.1 电子束能量

能量应连续或分挡可调，其可调范围应符合设计指标；
控制台上的能量指示与实测能量偏差不大于±10%。

5.3.2 束流强度

束流强度应连续或分挡可调，其可调范围应符合设计指标。
控制台上的束流指示与实际值的偏差不大于±5%。

5.3.3 束流功率

束流功率应达到设计要求。

5.3.4 扫描宽度

扫描宽度应达到设计要求。

5.3.5 能量不稳定度

能量不稳定度小于±5%。

5.3.6 束流不稳定度

束流不稳定度小于±10%。

5.3.7 扫描不均匀度

在扫描宽度内扫描不均匀度小于±10%。

5.3.8 可靠性

允许 24h 连续工作，检验时按不少于 4h 满功率连续运行考验。

加速器停机后处于高真空保持状态，非故障停机时间小于 1h，恢复工作状态的时间不大于 15min。

加速器停机后处于真空保持状态，非故障停机时间不超过 48h，重新开机进入工作状态的时间不大于 150min。

5.4 控制系统

控制系统的设计要遵循确保人身、设备、剂量安全的原则。

5.4.1 加速器的开机和停机操作必须在控制台上进行。

5.4.2 控制系统必须具备如下控制功能：

- a. 正常开机和停机的逻辑控制；
- b. 设备故障显示、报警及自动停机；
- c. 安全联锁保护，包括辐照厅门联锁、剂量联锁、停扫联锁、高压接地联锁、排风系统控制联锁等；
- d. 紧急停机。

5.4.3 控制台上应能显示加速器的主要参数。

5.4.4 辐照厅内供电、控制、测量电缆（线），应采用耐辐照的电缆（线），或加金属保护管或保护罩。

5.5 接地

5.5.1 设备间应有良好的接地线连接，并采用一点接地原则与外部接地系统相连接。外部接地系统接地电阻按加速器型号不同，在各自的技术说明书中提出。

5.5.2 如有对接地系统特殊要求的设备，应在技术说明书中专门提出。

5.6 辐射防护及臭氧稀释排放

5.6.1 辐射防护设计必须符合 GB 5172—86 中第 3 条、第 4 条的规定，在产品说明书上应给出防护墙厚度的建议数据。自屏蔽加速器其周围剂量漏泄量应低于国家规定的剂量限值。

5.6.2 制造单位要向用户提出臭氧排放量的要求。

5.7 外观

设备的外形及内部接线应整齐、布局合理。所有部件表面应平整光洁、色泽均匀，不得有伤痕、龟裂等缺陷。

5.8 关键部件的预期寿命

应给出关键部件（如加速管、电子枪、束流输出窗的箔膜等）的预期寿命。

6 检验方法

检验应在满足使用环境条件及供电条件下进行。

6.1 整机性能测试

根据额定能量范围，取最低、中间、最高三种能量的加速器工作参数测试整机性能技术指标。

6.1.1 电子束能量

在参考点上用薄膜剂量计均匀叠层法或交替叠层法测量电子束能量，见附录 A（补充件）。

叠层法测得的能量实测值与控制台上能量指示值两者偏差应不大于±10%。

6.1.2 束流强度

6.1.2.1 根据加速器类型及束流功率的不同情况，可选用下述两种方法之一检验束流强度：

a. 在束流输出窗外的参考面上用覆盖住输出窗宽度与束流扫描角引长线相交所形成面积的铝收集靶上对地串接 1 Ω 或 10 Ω 精密电阻，用 1.0 级直流毫伏表测铝收集靶对地电压，换算成束流强度。

b. 用精度好于 1.0 级的直流电流表直接测量直流高压回路电流，减去除束流以外其他直流高压的分支电流，即为束流强度。

6.1.2.2 控制台上束流指示值与靶上实测值的偏差应不大于±5%。

6.1.3 束流功率

从实测的电子束能量值与束流强度计算出束流功率 P。

6.1.4 能量不稳定性

加速器达到热平衡后，在加速器运行参数不作人为调整的情况下，测量 1h 内加速器输出电子束能量的变化，每隔 5min 记录一次控制台上能量指示表值，按公式（1）计算能量不稳定性：

$$\frac{\Delta E}{E} = \pm \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：E_{max}——为测量中能量的最高值；

E_{min}——为测量中能量的最低值。

6.1.5 束流不稳定性

加速器达到热平衡后，在加速器运行参数不作人为调整的情况下，测量 1h 内束流强度的变化，每隔 5min 记录一次控制台上束流强度指示表值，按公式（2）计算束流不稳定性：

$$\frac{\Delta I}{I} = \pm \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：I_{max}——为测量中束流的最大值；

I_{min}——为测量中能量的最小值。

6.1.6 扫描不均匀度

加速器达到热平衡后，在参考面上用不少于 9 根 φ 15mm 的铝管或铝棒均匀排列组成的分布靶测量扫描宽度内的束流分布，按公式（3）计算出扫描不均匀度：

$$\frac{\Delta I_f}{I_f} = \pm \frac{I_{f\max} - I_{f\min}}{I_{f\max} + I_{f\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：I_{fmax}——为分布靶中束流的最大值；

I_{fmin}——为分布靶中束流的最小值。

6.2 可靠性检验

6.2.1 连续运行检验

加速器达到热平衡后，在额定输出功率情况下，加速器连续运行 4h，4h 内非外界因素引起自然停机的累计停机时间不大于 10min。4h 考验后停机检查各部件无过热或烧坏现象。

6.2.2 重复开机检验

加速器全部停机，保持高真空状态，1h 后重新按操作程序开机，达到额定功率正常工作时间不大于 15min。

6.3 控制联锁检验

在加速器开机过程中，选择主要联锁保护系统人为输入故障模拟信号（试验项目由制造单位与用户共同商定），观察故障显示、报警和保护动作是否正常。

6.4 外观

以目力观察。

7 检验规则

7.1 辐射加工用电子加速器检验，一般情况下分出厂检验和现场检验两种。

7.2 出厂检验是指用户在制造单位进行设备的初步验收，根据技术合同内容规定的检验项目，按第 6 章检验方法逐项进行，检验合格后形成检收文件，双方在文件上共同签字。

7.3 现场检验是指制造单位在用户现场安装调试后的正式交接验收，根据技术合同内容规定的检验项目，按第 6 章检验方法逐项进行，检验合格后形成正式验收文件，双方在文件上共同签字，并办理正式移交手续。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 铭牌

国内销售产品铭牌必须用中文表示，出口产品可中英文兼用或用英文表示。

8.1.1 产品铭牌

产品主机应在适当明显位置固定具有以下标志的铭牌：

- a. 产品型号；
- b. 制造单位名称；
- c. 产品出厂编号和出厂日期。

8.1.2 部套铭牌

主要部套应在适当位置固定以下标志的铭牌：

- a. 部套名称；
- b. 制造单位名称；
- c. 制造编号及日期。

8.1.3 部件铭牌

显示仪表、操作开关、按钮、指示灯等都要有说明其显示或操作对象内容的标牌，如名字过长可用缩语，并在技术说明书中列出缩语的定义或解释。

8.2 随机技术文件

提交用户的技术文件应包括下列内容：

- a. 技术说明书；
- b. 操作手册；
- c. 维修手册；
- d. 安装、维修用图纸；
- e. 备件清单；
- f. 出厂检验合格证；
- g. 装箱单及装箱目录。

8.3 包装

8.3.1 每台产品应分装于若干包装箱，箱内有详细的装箱清单。包装箱应有防雨、防潮措施。部件在箱内必须牢固定位，压木和部件接触面以及部件间应衬以适当厚度的软性塑料，以防止运输过程中的松动和相互摩擦。

8.3.2 重要部件及易碎部件应有专门设计的单独包装箱，保证在运输过程中不致损坏。

8.3.3 包装箱上应有下列标志：

- a. 产品名称和型号；
- b. 产品出厂编号；
- c. 毛重；
- d. 体积（长×宽×高）；
- e. 共几箱、第几箱；

f. 有“小心轻放”、“防雨”、“不准倒置”、“由此起吊”等标志。

8.4 运输

8.4.1 运输方式按订货合同进行。

8.4.2 被运输件必须按规定包装，装运过程中严禁重放、倒置、防止碰撞，要有防雨措施，对环境温度有特殊要求的部件如加速管、电子管等必须按订货合同中规定的条件下运输。

8.5 贮存

8.5.1 包装好的产品应贮存在环境温度 0~40℃、相对湿度不大于 90%、通风良好的室内。室内应无腐蚀性气体与无强烈震动源。不准在露天存放。

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下存放。

8.3.3 需长期保持真空状态的部件，应按技术要求定期抽真空。

附录 A

叠层法测量电子束能量

(补充件)

A1 均匀叠层法

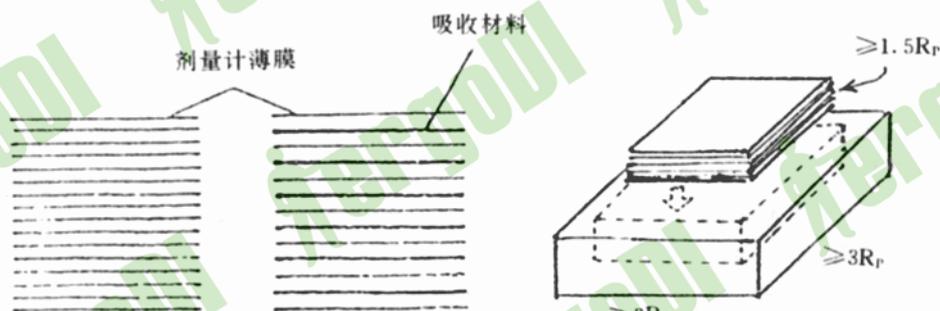
用薄膜剂量计本身叠成电子束不能穿透的厚度，如图 A1 (a) 所示。此方法仅用于较低能量的电子束 (<0.3MeV)。

A2 交替叠层法

用薄膜剂量计和一定厚度的吸收材料交替层叠到大于或等于 1.5 倍的电子束实际射程 (R_p)。如图 A1 (b) 所示。此方法用于较高能量的电子束 (>0.3MeV)。

A3 叠层放置

放了防止散射束的影响，叠层应置于辐照盒内，如图 A1 (c) 所示。



(a) 均匀叠层法

(b) 交替叠层法

(c) 辐照盒

图 A1 叠层法示意图

A4 计算方法

在能量范围为 $1\text{MeV} < E_p < 50\text{MeV}$ 时，可引用 GB/T 15447-95 中计算公式 (10)：

$$E_p = 0.22 + 1.9R_p + 0.0025R_p^2 \dots\dots\dots (A1)$$

式中： E_p ——低原子序数或有效原子序数接近水的材料入射表面处电子束的最可几能量，MeV；

R_p ——电子束实际射程，cm。

某些物质的实际射程与连续慢化近似射程值 (CSDA) 可从 GB/T 15447-95 的附录 C 和 D 中查得。