

团 体 标 准

T/CNS 11—2019

纸包装光油电子束固化技术规范

Specification of electron beam curing of varnish for paper packaging

2019 – 05 – 27 发布

2019 – 09 – 01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 总体要求 2

5 电子束固化装置技术要求 3

6 固化工艺设计 3

7 光油上光技术要求 4

8 运行管理 5

附录 A（资料性附录） 80keV~300keV 电子束深度剂量分布 7

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国核学会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中广核达胜加速器技术有限公司、浙江中烟工业有限责任公司、浙江美浓世纪集团有限公司、中国科学院近代物理研究所、西安理工大学、中国印刷科学技术研究院有限公司。

本标准主要起草人：罗洪文、陈川红、王辉、王可、张子民、杜芳琪、曹从军、刘亚男、朱焕铮、陆洁平、陆俊、李中平、刘蓓、梁伟扬、季左。

纸包装光油电子束固化技术规范

1 范围

本标准规定了纸包装光油电子束固化的总体要求, 以及电子束固化装置、固化工艺设计、光油上光技术和运行管理等要求。

本标准适用于凹印、胶印、柔印等印刷方式的纸包装表面光油的电子束固化。电子束能量适用范围在80 keV~300 keV之间。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 7975 纸和纸板颜色的测定(漫反射法)

GB/T 9286 色漆和清漆漆膜的划格试验

GB 9754 色漆和清漆-不含金属颜料的色漆漆膜之20°、60°和85°镜面光泽的测定

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB/T 22895 纸和纸板 静态和动态摩擦系数的测定 平面法

GB/T 25306—2010 辐射加工用电子加速器工程通用规范

GB/T 26395—2011 水性烟包凹印油墨

GB/T 34675 辐射固化涂料中挥发性有机化合物(VOC)含量的测定

CY/T 127 用于纸质印刷品的印刷材料挥发性有机化合物检测试样的制备方法

YC/T 207 烟用纸张中溶剂残留的测定顶空-气相色谱质谱联用法

T/CNS 1 辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范

3 术语与定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

电子束 electron beam

经过电场加速形成的具有一定动能的单向电子流。

3.2

电子束固化光油 EB curable varnish

仅适用于电子束固化的透明涂饰剂, 无光引发剂, 亦称EB光油。

3.3

电子束固化 EB curing

利用电子束辐照使得EB光油从液态瞬间转化为固态的过程。

3.4

上光 coating

在印品表面涂布透明光亮材料的工艺,固化后起到防潮、抗刮、耐摩擦等保护和增加印刷品装饰的作用。

3.5

电子束能量 **electron beam energy**

电子束中加速电子的平均动能。

3.6

电子束固化装置 **EB curing facility**

利用加速器为光油固化产生一定能量电子的装置。它包括:电子加速器、束下装置、屏蔽体及其相关配套系统和软件。

3.7

吸收剂量 **absorbed dose**

任何电离辐射授予质量为 dm 的物质的平均能量 $d\bar{\epsilon}$ 除以 dm 所得之商,即:

$$D = d\bar{\epsilon} / dm \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D ——吸收剂量,单位为戈瑞(Gy, $1\text{Gy} = 1\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

3.8

剂量速度积 **the product of dose and speed**

在一定的幅宽下,产品辐照吸收剂量和束下传输速度的乘积,反映了加速器的生产能力,常用 $D\cdot v$ 表示,单位 $\text{kGy}\cdot\text{m}/\text{min}$ 。

3.9

深度剂量分布 **depth-dose distribution**

电子束垂直于介质平面入射时,沿射束中心轴随深度变化的吸收剂量关系曲线。

3.10

氧阻聚 **oxygen inhibition**

在固化过程中,空气中的氧分子会与自由基发生反应,导致涂层底层固化而表面未固化的一种现象。

3.11

安装鉴定 **installation qualification (IQ)**

获得证据,并文件化证据的过程,用于证明设备已按技术规范或协议要求提供并安装。

3.12

运行鉴定 **operational qualification (OQ)**

获得证据,并形成文件化的过程,用于证明按照设备运行程序使用设备时,已安装的设备有能力在预定要求范围内运行。

3.13

性能鉴定 **performance qualification (PQ)**

获得证据,并形成文件化的过程,用于证明已安装且按运行程序运行的设备,能按预定的标准持续稳定地生产出满足产品规范要求的产品。

4 总体要求

4.1 采用电子束固化的印刷单位应获得相关部门颁发的辐射安全许可证。

4.2 电子加速器固化装置应采用自屏蔽结构,屏蔽体外辐射剂量应符合 GB 18871 的要求,辐射防护应急管理应符合 GB/T 25306—2010 中的 8.1.3 中 c) ~ g) 的要求。

4.3 电子加速器装置应符合 GB/T 25306 中的相关要求,运行维护和管理符合 T/CNS 1 中的相关要求。

- 4.4 电子加速器的束流强度应连续可调,并可实现与印刷速度联动。同时,应根据光油涂层厚度选择合适的电子束能量。
- 4.5 光油应使用 EB 光油,无溶剂。
- 4.6 生产车间环境应保持在规定的操作条件下,以保证印刷工艺符合相关规定要求,确保印刷品质量。
- 4.7 印刷过程应符合印刷相关标准要求。

5 电子束固化装置技术要求

5.1 电子加速器装置

- 5.1.1 纸包装光油电子束固化装置宜选择合适能量电子加速器,根据印刷速度要求选择合适的束流强度。
- 5.1.2 电子加速器装置的主要技术参数应符合 GB/T 25306—2010 中第 5 章的要求,检测方法应符合 GB/T 25306—2010 中的 9.2.3,其中:
 - a) 电子束能量不稳定性 小于等于 2%;
 - b) 束流强度不稳定性小于等于 2%;
 - c) 剂量不均匀度小于等于 10%。

5.2 电子加速器额定生产能力参数标注

电子加速器装置应标注其额定生产能力参数,具体形式为: $D \cdot v @ W @ E$,其中 W 代表辐照宽度 (mm), E 代表电子束能量 (keV)。

例如,电子束能量为 110 keV,辐照宽度 910 mm,在产品最大传输速度为 400 m/min 时,产品辐照吸收剂量为 30 kGy,则应表示为 12000 kGy·m/min@910 mm@110 keV。

5.3 束下装置

- 5.3.1 束下装置应为自屏蔽结构。
- 5.3.2 应设有束流收集冷却装置,用于带走辐照产生的多余热量。
- 5.3.3 束下传输系统应与印刷生产线联动,传输速度可控并定期校准。
- 5.3.4 为消除氧阻聚对表面固化的影响,束下装置宜配备有除氧装置。

5.4 控制系统

- 5.4.1 控制系统设计应以确保人身、设备以及环境辐射剂量安全为基本原则。
- 5.4.2 控制系统应至少具备如下功能:
 - a) 加速器开机和停机操作应满足印刷设备总体控制要求;
 - b) 印刷速度与束流强度的联动功能,应满足印刷工艺要求的束流升降逻辑;
 - c) 设备故障显示、报警以及故障自动停机功能;
 - d) 具备安全联锁功能,至少应包括辐射安全联锁、设备故障联锁、断纸保护联锁等;
 - e) 紧急情况下的一键停机功能。
- 5.4.3 控制台上应显示电子束能量、束流强度、束下传输速度、氮气流量等主要参数。

6 固化工艺设计

6.1 原材料

EB光油。

6.2 电子束能量

电子束能量由光油涂层厚度决定。参照附录A给出的深度剂量分布曲线，建立光油涂层厚度与电子束能量的对应表，并在上光生产前履行确认程序。

6.3 吸收剂量

每种产品均需确定光油固化所需的吸收剂量，建立该产品光油固化与吸收剂量的对应表，并在上光生产前履行确认程序。

6.4 氧浓度控制

氧浓度宜控制在 286 mg/m^3 （即200 ppm）以下。一般采用在辐照区域内通高纯氮气的方式除氧。

6.5 固化速度

固化速度应与加速器剂量速度相匹配。

7 光油上光技术要求

7.1 生产车间环境要求

7.1.1 生产车间温度宜控制在 $(25\pm4)^\circ\text{C}$ 。

7.1.2 生产车间相对湿度宜控制在 $(50\pm10)\%$ 。

7.1.3 为了光油不被污染和工作环境安全，上光工位应保持洁净和通风。

7.2 上光前准备

7.2.1 纸包装印刷品和光油应在生产车间环境中放置4h以上，使之与生产环境温、湿度相适应。

7.2.2 应确认氮气供应系统正常工作，氮气信号已连接并传输，且辐照区氧浓度控制达到6.4的要求。

7.2.3 应确认电子加速器输出能量与上光油厚度所需能量一致。

7.2.4 应确认电子束固化装置满足开机要求。

7.3 光油涂布量

7.3.1 光油涂布量应根据纸包装印刷品材质和最终产品效果工艺需要设定，在产品印刷工艺设计阶段应考虑并设计光油涂布量的参数。其中，凹印光油上光方式的涂布量，由凹印印版决定，柔印和胶印光油上光方式的涂布量由网纹辊决定。

7.3.2 同批次产品涂布量应均匀一致。

7.4 操作要求

7.4.1 纸质印刷品上光前应除粉、压平。

7.4.2 卷对卷上光时应保持张力稳定，平张纸上光时应保证输纸正确，避免歪斜。

7.5 产品质量要求

7.5.1 外观

目测成品表面应干净、平整、光滑，无明显的外观缺陷。

7.5.2 光泽度

同一批次印刷品，其相同部位的光油光泽度差别应小于等于5GU，应按GB/T 9754 中的方法进行测试。

7.5.3 挥发性有机化合物（VOCs）和安全性要求

7.5.3.1 VOCs 残留应满足相关行业要求，VOCs 检测需符合 GB/T 34675 和 CY/T 127 要求。

7.5.3.2 EB 光油固化半成品引发剂残留不应被检出，应按照 YC/T 207 中的测试方法测试。

7.5.4 结合牢度

EB光油与印刷品的结合牢度应大于等于90%，参照GB/T 9286 中规定的方法进行测试。

7.5.5 耐摩擦性

EB光油上光后的印面耐磨性（ A_s ）应 不小于 70%，参照GB/T 26395—2011中的5.8测试。

7.5.6 摩擦系数

EB光油表面静态摩擦系数和动态摩擦系数均应小于等于0.5，参照GB/T 22895中的方法测定。

7.5.7 爆线

用2.5倍纸厚宽度的暗线和3.5倍纸厚槽宽的暗线槽，上下配合模压后，压痕区不应有宽度大于0.2 mm，长度大于1 mm的裂痕。压痕后，每10 cm长度内，宽度不大于0.2 mm，长度不大于1 mm的裂痕不应超过6个。

7.5.8 色差

电子束固化上光后，四色实地油墨及纸张空白位的CIE LAB ΔE_{ab}^* 色差值应符合表1的要求。采用GB/T 7975的色差检测方法测定。

表1 四色实地油墨及纸张空白位的 CIE LAB ΔE_{ab}^* 色差值

颜色	黄	品红	青	黑	空白位
色差值	≤ 3.5	≤ 3.5	≤ 3.0	≤ 3.0	≤ 2.0

8 运行管理

8.1 安装鉴定（IQ）

在电子束固化装置和质控设备按要求安装后，其安装鉴定至少应包括以下内容：

- 形成电子束固化装置的操作程序文件；
- 确认电子束固化装置的运行过程满足设计要求，测试方法和结果应做好记录并存档；
- 确认电子加速器装置的辐射剂量水平满足设计要求，测试方法和结果应做好记录并存档；
- 确认并记录电子束的特征（电子束能量、束流强度、剂量不均匀度等）满足要求，并记录存档；
- 电子束固化设备进行改造或进行可能涉及性能参数的维修后均应进行再确认；
- 确认所有仪器设备均已经过校准。

8.2 运行鉴定（OQ）

- 8.2.1 通过对印刷光油的固化测试，确定按操作规程能够满足产品固化的要求。
- 8.2.2 确定过程中断对产品造成的影响并做好记录，存档。
- 8.2.3 建立电子加速器装置的特征参数（电子束能量、束流强度、辐照宽度等）、印刷速度和剂量间的关系。
- 8.2.4 至少每年对吸收剂量及剂量不均匀度进行校准，涉及电子束性能变化的器件维修后，应对装置的特性进行再确认。

8.3 性能鉴定 (PQ)

- 8.3.1 固化前应进行备选光油的确认，以确定不同光油的加工参数。
- 8.3.2 通过实际产品的电子束固化实验，确定电子束能量，传输速度，束流强度等运行参数。
- 8.3.3 记录每次性能鉴定的结果并存档。

8.4 确认的审核和批准

- 8.4.1 IQ、OQ 和 PQ 中获得的信息应通过审核并记录。
- 8.4.2 依据评审结果，应对每一批号产品制定过程进行规范化和文件化。

8.5 日常监测

定期监测设备运行的特征参数并记录存档。

8.6 记录

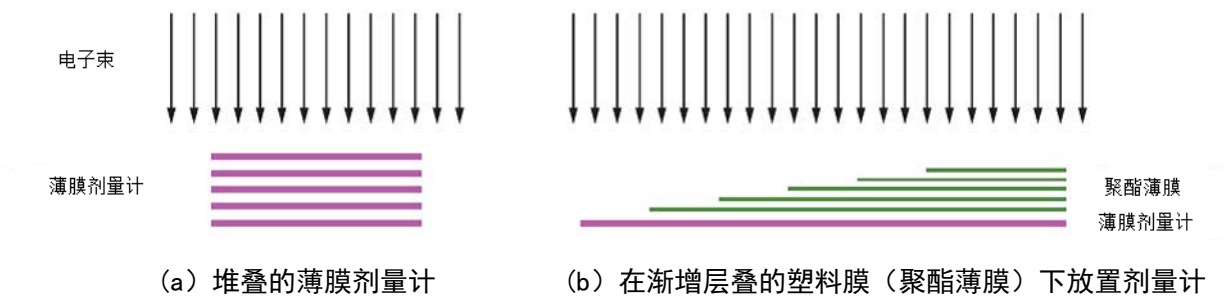
- 8.6.1 建立光油固化设备及工艺的运行、维护及日常生产活动记录制度，记录内容至少应包括：
 - a) 光油性能参数；
 - b) 系统运行时间及运行控制参数；
 - c) 光油固化涂层性能参数；
 - d) 设备故障或非故障停机记录，包括停机原因和停机时间；
 - e) 设备的运行维护和保养状况；
 - f) 定期产品检测及评估结果等；
 - g) 检测仪器的校准与记录。
- 8.6.2 记录应保证准确、及时、完整和可追溯，记录保存时间不少于 3 年。

附 录 A
(资料性附录)
80keV~300keV 电子束深度剂量分布

A. 1 测量方法

高能电子束深度剂量分布通常为在同质模拟材料的不同深度放置剂量计,通过测定剂量计的吸收剂量来测定。对于低能电子束,由于穿透能力有限,一般有两种方法,具体如下:

- a) 采用堆叠的剂量计膜来测量深度剂量分布,参见图 A. 1(a);
- b) 在渐增叠层的薄塑料膜下放置剂量计来测量深度剂量分布,参见图 A. 1(b)。



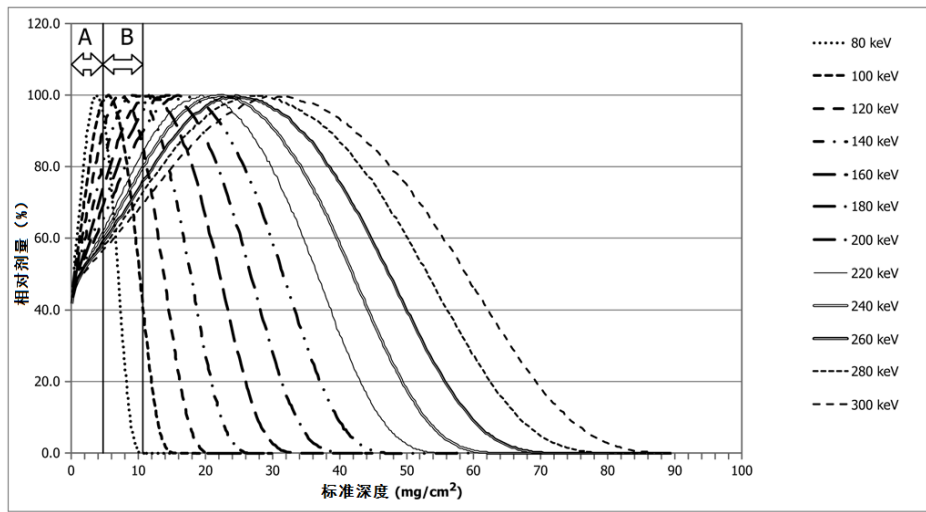
图A. 1 深度剂量分布的测量方法

A. 2 注意事项

- A. 2. 1 在测量过程中,所有的剂量计应放置在一个合适的基底材料上,保证剂量计的平稳。
- A. 2. 2 深度剂量分布由束流能量、束流窗钛膜厚度、束流窗和产品表面之间的距离、束流窗和产品表面之间气体的成分和温度等因素共同决定。因此在保证上述参数一致的前提下,应多次测定深度剂量分布,确定操作时的不确定性。
- A. 2. 3 束流穿透能力由推算的射程确定,但由于只能测定部分的深度剂量,无法测量准确计算射程,只能是一个推算值。

A. 3 应用实例

- A. 3. 1 推算低能电子束深度剂量分布曲线



注1：曲线归一至100%标准剂量。

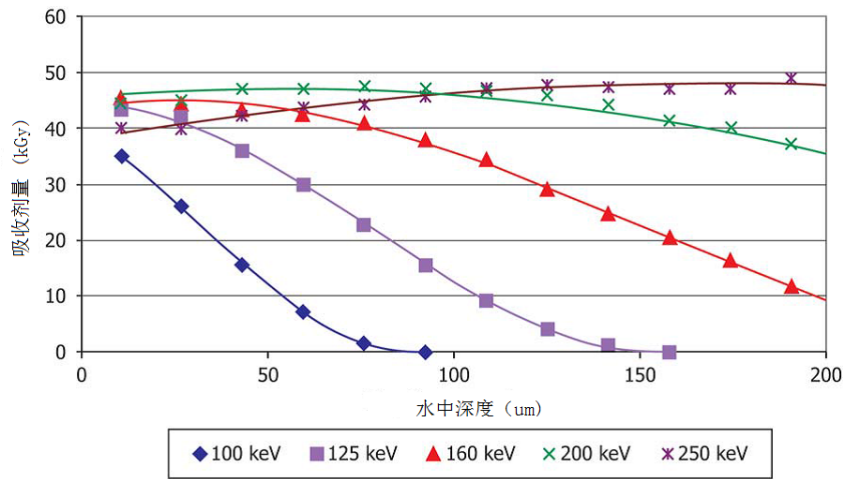
注2：蒙特卡罗代码：EGSnrc, DOSRZnrc(5), Cut-off energy 1 keV。

注3：例证束流窗和空气隙厚度：A：10 μm 钛膜束流窗；B：5 cm 空气隙。在水中 10 mg/cm^2 等于100 μm （特定密度 1 g/cm^3 ）。

图A.2 计算得到的水中的深度剂量分布曲线（特定密度 1 g/cm^3 ）

A.3.2 实测低能电子束深度剂量分布曲线

低能电子束在水中的深度剂量分布测量实例参见图A.3。



图A.3 同台电子束设备在不同能量段下在水中测得的深度剂量分布