

# 小型化自屏蔽电子束辐照装置研制\*

唐华平<sup>1;1)</sup> 唐传祥<sup>2</sup> 刘耀红<sup>1</sup> 张化一<sup>2</sup> 陈怀璧<sup>2</sup>

1 (清华同方威视技术股份有限公司 北京 100084)

2 (清华大学工程物理系 北京 100084)

**摘要** 介绍了一种小型化自屏蔽电子束辐照装置的结构方案设计和工作原理. 该辐照装置已经完成了研制工作, 以加速器技术为核心, 突出了小型化和自屏蔽的设计理念, 实现了电子束能量 2.5MeV, 束流功率 1.2kW, 扫描宽度 300mm, 环境剂量 2 $\mu$ Sv/h 的技术指标, 可用于普通工厂的产品在线辐照或者车载式安装应用. 实际运行表明该辐照装置工作稳定、安全可靠、小型方便.

**关键词** 辐照装置 加速器 自屏蔽 小型化

## 1 引言

电子束辐照消毒灭菌技术应用于食品安全和医疗用品消毒领域已有多年的历史, 在水果、肉类保鲜, 在大豆、小麦、谷类、香料杀菌, 在一次性医疗用品的消毒、医疗废弃物的处理等方面发挥了重要作用. 他在常温下对产品进行处理, 对物质无损伤、能耗低, 无残毒和废物, 环保, 控制简便<sup>[1]</sup>. 小型或专用辐照装置, 机动灵活, 可在生产现场直接工作.

研制一种小型化自屏蔽的专用电子束辐照装置, 可应用于某些辐照处理量不大、无大规模场地、无防护建筑条件或者要求在线处理的场合, 如香烟过滤嘴辐照交联, 化妆品在生产过程中的辐照灭菌, 国家重要部门、重大活动、会议中心的邮件灭菌反恐, 已及银行的纸币灭菌等.

## 2 结构方案设计

小型化自屏蔽电子束辐照装置以加速器技术为核心, 由辐照机头、调制器、水冷系统室外机、控制台 4 个部分及它们之间的互连电缆组成.

### 2.1 辐照机头

辐照机头是系统的核心设备, 主要由加速管、扫描系统、束下传送装置、屏蔽装置、微波传输系统、磁控管及磁铁、脉冲变压器以及辅助系统组成. 辅助系统包括充气系统、AFC 系统、水冷系统、排风系统.

电子枪、加速管、漂移段与扫描盒密封成为一体结构, 束流系统整体密封效果好, 排气彻底. 束下传送装置采用同步双链式结构, 可靠性高, 且体积小. 双链位于扫描电子束的外侧, 避免了受到电子束的直接辐照. 屏蔽装置在结构上分为三大部分, 一是加速管的屏蔽, 二是扫描盒及辐照区域的屏蔽, 三是传送通道的屏蔽与出入口的转动屏蔽门. 排风系统通过在屏蔽装置中设置细长多弯迷宫式风道来排除辐照区域产生的臭氧. 传送通道采用转动屏蔽门式辐照机头的结构如图 1 所示.

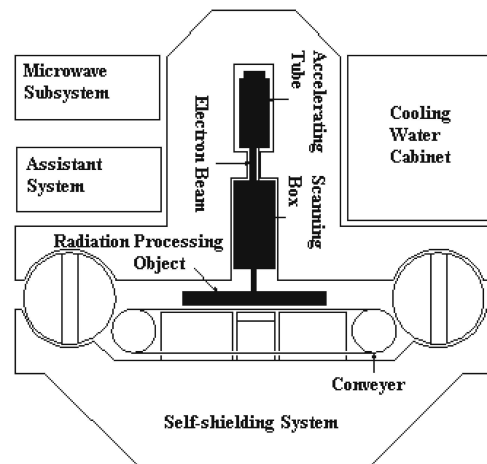


图 1 辐照机头结构

### 2.2 调制器

调制器是系统的脉冲高压功率源, 本系统采用高

2008 - 01 - 07 收稿

\* 北京市科技计划项目(D04040040021)资助

1) E-mail: tanghuaping@nuctech.com

频逆变充电模式取代传统变压器升压模式, 体积、重量均减小了三分之一左右, 在保障可靠性及稳定性的同时达到了小型化的要求. 调制器主要包括高频充电模块、PFN 脉冲成形网络、放电回路等几部分, 同时加速器工作所需的所有低压电源如电子枪灯丝电源、磁控管灯丝电源以及扫描电源等, PLC 控制系统也集成在调制器柜中.

### 2.3 水冷机组

水冷机组主要功能是冷却辐照机头内的发热部件, 它通过将水冷机组的冷却水循环系统与辐照机头结合在一起, 缩短水路长度, 降低了水阻, 也降低了对水压的要求. 水冷机组的制冷循环系统采用与空调类似的单独的室外机形式.

### 2.4 控制台

控制台是本系统运行的操作平台, 它通过电力及数据电缆同辐照机头和调制器相连, 控制台内装有 PLC 模块、AFC 电路及触发电路、测量电路及其他 PCB 线路板等. 控制台前面板上安装有操作及显示用的触摸屏、数据显示表头、操作按钮及安全联锁钥匙等.

电子束辐照装置通过小型化和自屏蔽设计之后, 其外形尺寸和重量如表 1 所示.

表 1 电子束辐照装置小型化后的体积和重量

sub block	$L \times W \times H / \text{mm}$	weight/kg
radiation head	1500 × 1477 × 1666	8500
modulator	1020 × 750 × 1290	350
control console	600 × 450 × 330	15
water cabinet(out door)	750 × 275 × 550	15

## 3 工作原理

小型化自屏蔽电子束辐照装置通过调制器将 AC380V 市电转化为满足磁控管和电子枪所需要的高压脉冲, 磁控管在高压脉冲作用下产生的微波功率经微波传输系统送入加速管, 电子枪产生的电子束流进入加速管后受到微波场的加速获得高能量, 然后进入扫描盒被扫描磁铁扫描成线形分布的束流并经扫描盒

底部的钛窗引出, 对物品进行电子束辐照, 实现消毒灭菌或性能改良等目的.

## 4 系统技术指标

小型化自屏蔽电子束辐照装置在完成安装调试后, 在 2006 年 3 月请中国计量科学研究院、北京市疾病预防控制中心、北京师范大学等单位的专家参与了技术指标的测试工作, 测试表明各项指标均达到了预期水平, 具体指标如表 2 所示.

表 2 小型化自屏蔽电子束辐照装置主要技术指标

item	technical datum
energy of electron beam	2.5MeV
average power of electron beam	1.2kW
beam stabilized time	≤5s
beam instability	≤±5%
Max. width of processed object	300mm
scanning unevenness	≤±8%
absorb dose(conveying speed)	60kGy(6mm/s) ~6kGy(60mm/s)
effective radiation depth of paper	10mm, single side radiation 23mm, double sides radiation
Max. throughput of mail sterilization	15kg/h
Max. radiation level of control console <sup>①</sup>	≤1.0μSv/h
Max. radiation level of environment <sup>②</sup>	≤2.0μSv/h
radiation level for operator <sup>③</sup>	≤1mSv/year
radiation level for public <sup>④</sup>	≤0.1mSv/year

① 辐照机头受辐照物品入口侧, 靠近辐照机头位置; ② 辐照机头其他三面, 距机头 2m 距离外; ③ 按每年最大工作 4000h, 其中加速器高压出束时间占 1/4, 为 1000h 计算; ④ 公众居留因子取 1/16.

## 5 结束语

小型化自屏蔽电子束辐照装置于 2006 年 3 月完成了各项技术指标测试, 实现了电子束能量 2.5MeV, 束流功率 1.2kW, 扫描宽度 300mm, 最大环境剂量 2μSv/h 的技术指标, 达到了预期要求. 本小型化自屏蔽电子束辐照装置可用于普通工厂的产品在线辐照或者车载式安装应用, 实际运行表明该辐照装置工作稳定、安全可靠、小型方便.

## 参考文献(References)

1 1 CHEN Dian-Hua. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,

2004, 18(1): 81—88 (in Chinese)

(陈殿华. 核农学报, 2004, 18(1): 81—88)

# Design of Miniature and Self-Shielding Electron-Beam Radiation Processing System<sup>\*</sup>

TANG Hua-Ping<sup>1;1)</sup> TANG Chuan-Xiang<sup>2</sup> LIU Yao-Hong<sup>1</sup>  
ZHANG Hua-Yi<sup>2</sup> CHEN Huai-Bi<sup>2</sup>

1 (Nuctech Company Limited, Beijing 100084, China)

2 (Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract** This paper describes the structure and work principle of a miniature and self-shielding electron-beam radiation processing system. Centering on the miniaturization and self-shielding, this system has been manufactured. Test results show that the energy of the electron beam is 2.5MeV, the average power of the beam is 1.2kW, the width of scanning is 300mm, and the radiation emission from this equipment to the environment is under 2uSv/h. This system is reliable, safe, easy to operate and suitable for online radiation processing for manufacture or setting on a vehicle.

**Key words** radiation processing system, accelerator, self-shielding, miniature

---

Received 7 January 2008

<sup>\*</sup> Supported by Beijing Science and Technology Plan Project (D0404004040021)

1) E-mail: tanghuaping@nuctech.com