



信息表

电子束技术

电子束 (EB) 是辐射加工行业和研究中使用的三种电离辐射之一, 另外两种是伽玛射线和 X 射线。

最初为科学研究设计的第一批电子加速器安装于 20 世纪 50 年代。电子束加速器现在用于各种行业, 但主要用于增强材料的物理和化学特性。主要应用于电线、电缆和热收缩产品用的聚合物交联。加速后的电子还可用于使微生物失活或减少污染水中病原体, 如医疗器械消毒或植物检疫生物安全应用, 或有毒副产物的数量。



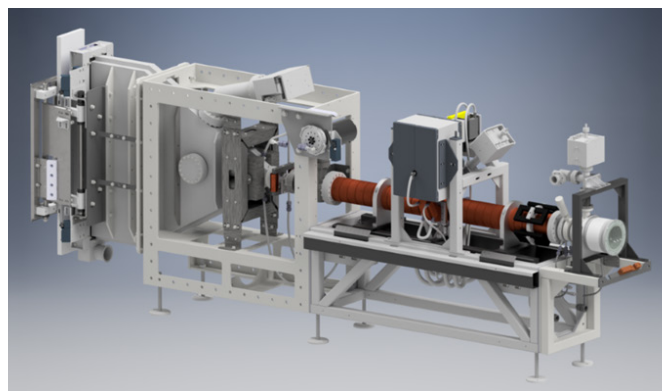
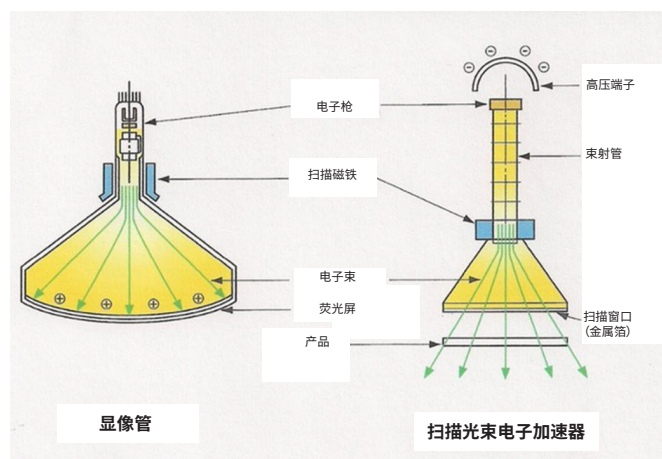
全球运行的数千台工业加速器大部分安装在生产场所,但也有些机器用于合约辐射处理服务中心。还有数千种加速器在医院和诊所使用,用于医学诊断或癌症治疗。

加速器技术

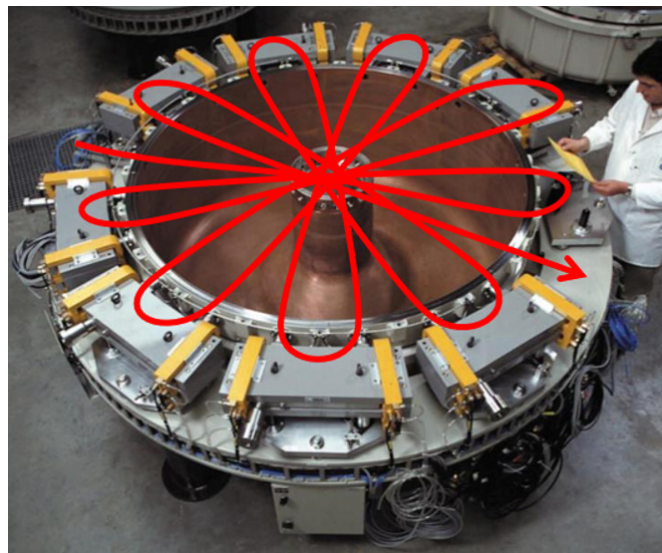
电子加速器是耐用型电气设备,可以像任何其他工业电气设备一样开启或关闭。为了有足够的能量穿透物质,电子加速器在真空中将阴极产生的电子加速并形成光束。这种光束可以通过磁铁朝所需的方向弯曲,然后等到从扫描喇叭中伸出后,再扫描待处理的产品。其原理与现已停产的阴极电视机相同。

产生加速电子的方式多种多样。

- 在直流电机 (DC) 中,应用高电压梯度来加速电子。比如 Dynamitron[®], 它由电压倍增电路组成,能量高达 5 MeV, 电流高达 160 mA (低能时)。世界各地有数百条 Dynamitron[®] 交联电线和电缆。其他类型的直流电机包括 Cockcroft Walton 发电机、Van de Graaff 机器 (用于研究) 和电感磁芯变压器 (ICT)。
- 被称为 Linacs 的线性加速器是最受欢迎的高能工业加速器之一。射频直线加速器使用射频空腔,其中产生的电压对电子群进行连续“推动”。在高达 50 kW 的光束功率下,驻波腔的频率介于 0.8 到 9 GHz 之间,能量从 1 到 10MeV 不等。在辐射处理方面,它们能产生高达 10MeV 的能量,光束功率高达 50 千瓦。
- 在圆形机器中,利用射频加速度,通过磁场维持圆形轨道。这是回旋加速器和同步加速器的设计原理,但对于辐射处理,参考了 IBA 制造的 Rhodotron[®], 其能量从 5 到 10 MeV 不等,光束功率高达 560kW。



Credit Mevex



Credit IBA Industrial

电子加速器的关键特性

加速器通常分为：

- 高能机器 (5-10 MeV)，通常用于消毒医疗器械或处理食物；
- 用于电缆和电线的中等能量机器 (0.3-5 MeV)；
- 用于表面处理 (固化或微生物净化) 的低能耗机器 (≤ 300 keV)。

以千 (keV) 或百万 (MeV) 电子伏特表示的电子**能量**决定了物质的穿透深度。对于大多数工业应用，能量限制在 10 MeV 以内，以保持阈值以下，在经过处理的产品或包装中可能会产生短寿命的放射性同位素。电子的质量和电荷会降低其穿透物质的能力，这是该技术的主要缺点，尽管只要密度足够低，就可以处理厚达几十厘米的产品。

电子加速器还需要具备屏蔽措施，以防止电子在材料中释放能量时产生穿透性 X 射线。屏蔽装置可以是用于伽玛射线和 X 射线的混凝土掩体，在能量较低时，也可以是由钢板制成的体积较小的屏蔽装置，属于机器的一个组成部分。

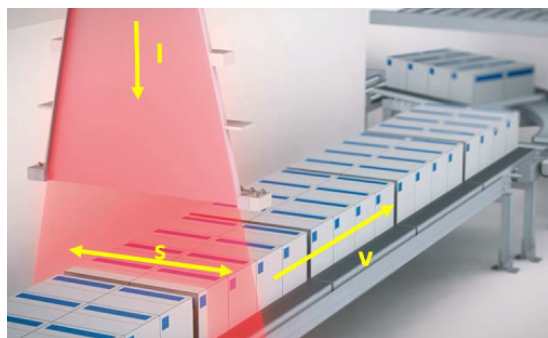
电子束处理可在短时间内传递大量能量。因此，**剂量率**很高，通常是每秒千格雷，而伽玛辐照通常是每小时千格雷。因此，极快的处理速度有时会对聚合物产生有利影响。

加速器的**功率**(单位 kW) 控制产量，即在给定剂量和时间内可以照射的产品数量，例如每小时吨数，这与加工材料的密度有很大关系。功率 (P, 单位 kW)、加速电压 (U, 单位 MV) 和光束电流 (I, 单位 mA) 存在方程关系

$$P = U \times I.$$



Credit Wuxi El Pont



Credit Medicam

另一个重要参数是扫描宽度，它决定了产品在光束下移动时可以被有效照射的宽度。输送到产品的剂量由产品在光束下的传播速度进行调整。

剂量分布模式与伽玛射线和X射线大不相同，其最大剂量与最小剂量之比更高。



在过去二十年中, 电子加速器的使用数量急剧增加。

前景

现在, 越来越多的供应商提供的机器比以往任何时候都更可靠、更灵活且更易于操作。诸如使用超电导率之类的新应用和创新可能会使电子束技术在未来更具吸引力。随着大电流电子束加速器的出现, 在某些情况下, 将电子束功率转换为 X 射线也可能成为一种商业上可行的伽玛射线替代方法。