

核技术应用与国民经济

孙 汉 城

(中国原子能科学研究院)

本文阐述了核技术及其应用的意义与内容,着重介绍了辐照与信息技术在工业、农业、医学各领域中的应用。

五十年前当刚发现核裂变现象的时候,核科学还只是少数物理学家和化学家的科学。1945年,原子弹爆炸的蘑菇云使全世界都知道了原子能。可惜,这一形象令人可怕。以1958年日内瓦第一次原子能和平利用国际会议为标志,三十多年来核技术已广泛渗透到国民经济各领域,推动着生产的发展。一方面,它证明了科学技术是生产力这一真理,另一方面,又改变了它本身的形象。原子能不只是具有破坏性,更具有建设性。它不但使生产力蓬勃发展,而且已渗透到日常生活领域。例如,彩色电视机的耐高温电线就是由核辐射加工制造的。核医学拯救了千万人的生命。核分析为环境科学医出了重要贡献。

广义的核技术,包括核能技术与同位素、辐射技术两部分。现在,在发达国家,核能已成为不可缺少的重要能源之一。在有些国家,例如法国,核电已是最主要能源。我国核电起步较晚,经过多年奋斗,第一座三十万千瓦的核电站即将建成,核电必将在我国经济建设中发挥越来越大的作用。本文集中讨论狭义的核技术,即同位素与辐射技术。

同位素与辐射技术的应用,也有两重性。一方面,核技术是研究其他学科的有效工具,它与各门学科结合,生长出许多新的交叉学科。这些交叉学科的蓬勃发展,既有科学前沿的学术价值,又为开拓国民经济中新的应用提供了雄厚的基础。另一方面,核技术应用又直接为国民经济服务,深入到工农业生产和人们日常生活中。本文重点讨论核技术在国民经济中的直接应用。

同位素与辐射技术从功能来分,可大致分

为辐照与信息技术两类。辐照是利用核辐射能量高的特点,使被辐照物改性,可以说是改造世界。信息技术是利用核辐射的选择性和核辐射探测的高灵敏性,从客观世界获取信息,从而认识世界,为改造世界提供依据。

一、辐 照

可用于辐照的核辐射有X射线、 γ 射线、电子、离子和中子。辐射源有放射源、加速器和反应堆。辐射应用于农业,已取得很大成绩。我国的辐射育种工作处于世界领先地位,培育出的优良品种最多,其中获得国家发明一等奖的就三项。低剂量刺激生长的研究也很有成效,例如辐照蚕卵可使蚕丝增产20—30%,辐照鱼虾也有增产。

在医学上,放射线治疗是治疗肿瘤的主要手段之一。除常用的电子加速器与钴-60 γ 源以外,用放射性同位素标记的单克隆抗体,即带有核弹头的“生物导弹”,为治疗肿瘤带来了新的希望。

我国现有150多座钴-60辐照源。它们在医疗器材的辐射消毒,医药、棉花等的辐射灭菌,食品保鲜,热收缩管与膜、硅橡胶的辐射交联,丙烯酰胺的辐射聚合,聚乙烯接枝甲基丙烯酸电池隔膜和聚四氟乙烯超细粉的制备等方面作出了许多贡献。特别是一次性使用的医疗用品的辐射消毒灭菌,对于有11亿人口的大国避免交叉感染提高人民健康水平是十分重要的。

电子束辐照,在国外已成为新兴产业。电子辐照加速器总功率已比钴源总功率高出一个量级,在辐射加工中已获得广泛应用。在我国,电子束辐照也已起步。已运行的辐照加速器总功

率已超过 200 kW,各种类型的电子辐照加速器正在研制或生产,家用电器、汽车工业、交通运输业、电讯电力工业所用的各种耐高温电线、电缆,作为电缆连接和多种应用的热收缩管,输油、输气管连接用的热收缩带和多种薄膜,建材、家具涂层固化,隐形眼镜等等正在开发与生产,取得了显著的社会效益与经济效益.对治理环境很有前途的废气(烟道气)辐射处理也已开始研究,电子辐照可使 SO_2 , NO_2 等分解处理成肥料等有用物质,这既治理了环境,又发展了生产.

半导体材料与器件的辐射加工也有相当发展.利用反应堆中子辐照可将硅中的 ^{30}Si 变成 ^{31}P ,即在大块硅单晶中均匀掺入了磷,成为中子嬗变掺杂单晶硅(NTD Si),年产量已达七吨左右.快速可控硅用 10MeV 左右的电子辐照,可使开关时间从几十微秒缩短到几微秒,可代替传统的扩金工艺,现已为国内一些工厂采用.

离子注入在半导体材料与器件的研制与生产中已广为普及.改进金属材料的硬度和抗腐蚀性的“离子注入冶金学”正在逐步推广.国内目前流行的离子注入机是 200kV,200 μA 的弱流型.国际上已广泛应用流强为 mA 量级的中流机和 10mA 量级的强流机.1986 年,前者已有 1220 台,后者已有 720 台.我国强流机也已开始研制.兆电子伏量级的高能离子注入也已引起国内学者的注意,正准备起步.

我国已有同步辐射光源,即将有条件开展同步辐射光刻的研究,离子束蚀刻也将开展.

二、信息技术

核分析是高灵敏度的非破坏性的多元素同时分析的方法.一类是定性定量分析,即元素成分分析,有中子活化分析、中子引起瞬发 γ 分析、自然 α 和 γ 能谱分析、离子束分析、X 荧光分析、加速器质谱计、核径迹分析等,灵敏度可达 10^{-6} — 10^{-13} .另一类是物质结构分析(包括静态结构和动态动力学分析),具体有冷中子与热中子散射,由于中子波长与晶格间距相当而且能量与晶格振动能相当,并具有对轻元素灵敏,有磁矩等特点,广泛用于晶体结构、磁结构

与振动模式研究.沟道效应,用于研究晶体中杂质位置、缺陷.正电子湮没可用于研究物质中电子的空间分布与动量分布,特别适合于缺陷研究.超精细相互作用(穆斯堡尔效应、扰动角关联与角分布等)可用于研究磁性物质结构、物质内部电磁场分布等.核磁共振与核电四极矩共振可用于测定分子结构和晶体结构等.我国的核分析工作有较雄厚基础,在能源科学、材料科学、生命科学、环境科学、考古学、法医学和进出口商品检验等许多领域中作出了出色的贡献.

核分析技术应用于地质勘探,取得了巨大的经济效益.石油勘探中的核测井提供的地层数据资料占各种方法所提供的资料总和的 40%.煤田勘探中核测井也已普及.在有色金属(例如黄金)的勘探中,X 荧光分析与活化分析也成绩卓著.

核测量与核分析技术应用于工矿生产现场,可以实时地监测产品质量,在此基础上进行自动控制,对于保证质量和提高劳动生产率是大有可为的.密度计、厚度计、料位计、液面计、水分(湿度)计、核子秤等同位素仪表在我国冶金、石油化工、轻工、交通等行业发挥了很大作用.生产同位素仪表本身的直接经济效益并不大,但应用同位素仪表可为社会创造巨大的经济效益.例如铁道部门用的路基密度计,用于测量新建铁路通车后的路基密度变化.如果没有这项数据,按惯例要低速通车一年后才能高速运行.现在有了道床路基密度计,随时进行测量,可以大大缩短低速通车时间,有的新建铁路由此节约了 1500 万元.在生产流程中实时监测配料成分变化的多元素在线分析仪,在水泥等行业已实际应用,进一步向煤厂、铝厂等单位推广将取得更大效益.

随着国家建设事业的发展和安全措施的加强,火灾报警器的研制生产得到了蓬勃发展.这是我国同位素代表中产值最大的.每年数千万元的产品仍不能满足国内市场需求.

无损探伤随着工业生产产品质量要求的日益严格而不断发展.用放射源的无损探伤仪已

(下转第 524 页)