

同位素技术的应用

张 维 成

同位素技术可以帮助人们了解物质变化的规律，分析和测定物质的特性，参与许多重要生产过程的自动检测和控制，例如可以自动检测在密封管道内正在流动介质的密度或浓度；可以自动检测密封容器内具有高温、高压、高粘、高腐蚀介质的液位或料位；可以自动检测压力、流量、湿度、成份和温度等各种参数，它具有简单、快速、无损、不接触，可以实现产品的自动检查和连续控制，有时还可以解决一些常规检查和测量方法所不能解决的问题。可以这样说，放射性同位素应用已深入人类生活的各个领域。人造卫星、宇宙火箭能源，放在月球上的能源，飞往金星、火星宇宙飞船的能源，地下山上、沙漠、冰川、孤岛、森林的能源、辐射源，核电池以及人体内心脏起搏器，大都与放射性同位素有关。工业生产中各种测试计器，各种过程的示踪，农业上的育种、防止病虫害，食品的保藏，医学上的诊断、治疗的各个方面，水文、气象、探矿、环境科学、海洋科学、自然资源及其它科学研究都在使用着各种放射性同位素。

据报导，应用放射性同位素的单位在美国近二万家，苏联有一万五千家，日本有四千余家，印度近千家，生产同位素的品种已超过3400种，其中同位素标记化合物有1034余种， α 、 β 、 γ 、 n 源有1700多种。我国同位素应用事业开始于五十年代后期，至今可生产放射源56种以上，同位素仪表产品四十多种。

一、同位素技术在工业上的应用

1. 在石油工业方面

目前广泛应用中子—中子测井和中子— γ 测井技术来勘探石油和天然气。中子—中子测井是根据中子碰到油和水层等氢丰富的地层时，中子被减速并被中子计数器记录下来。中子— γ 测井是中子通过石油含氢丰富的地层时，与周围氢核相碰撞，中子速度被减慢下来变成慢中子，它易被其它的物质俘获而产生 γ 射线并被 γ 探测器接受，记录仪器上出现了电流信号高峰。根据测得的结果，可以划分出油、气、水层。吉林大学、大庆油田测井研究所合作研制出放射性含水率—密度计用于石油生产测井，能在油、气、水三相流动下进行测定。在大庆1000多米的油井中试验成功，保证了油井的稳产和高产。兰州化学工业公司自动化研究所不仅研制成功了FLS—76型石油硫份分析仪，也研制成了FL—77型石油硫份在线分析仪。上海原子核所研制成放射性同位素检漏仪，能简便、准确地测出地下油管漏油的部位，从而避免了油的损失，防止了污染环境和火灾等。

2. 在冶金工业方面

在我国某个年产钢材300—400万吨的钢铁基地，在生产过程自动检测和质量控制的关键部位，采用了62台同位素仪表，以便知道钢板的厚度，镀层的厚度和液面的高低，从而进行自动控制，在热轧机上用的同位素

仪表已配上计算机在线运用。冶金部钢铁研究总院、鞍钢钢铁研究所、包钢冶金研究所等单位利用同位素示踪技术曾研究了连续铸钢出现气泡和夹杂的原因、轴承钢中夹杂物出没规律、钢中磷的分布、铁液中稀土的去向、平炉装料次序对熔炼的影响、炉墙侵蚀原因等，为改进生产工艺，提高产品质量提供了依据。冶金部钢铁总院采用同位素饱和平衡法，研究了重要合金元素铌在工业纯铁与 CaO-SiO_2 及 $\text{SiO}_2\text{-MnO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5$ 二种渣之间的分配，找出了分配系数与温度的关系，对提铌工艺很有指导意义。他们还建立了 α 粒子显微径迹照像技术测定硼在钢中的分布的方法。上海工业自动化仪表研究所研制出HHF—213型核辐射厚度计，安装在上海钢铁一厂、午阳轧钢厂对热连轧粗轧机组的终轧厚度和中板线的成品厚度进行测量。

3. 在轻工业方面

放射性同位素测厚仪近年来广泛地用于纸张、薄膜、涂层、镀层和渗层等厚度测量，它可分穿透式和反射式两种。保定造纸厂研制了“纸张定量自控装置”代替“手工撕块称重”办法，节省了时间、劳力，提高了产品的产量和质量。兰化公司自动化研究所研制成功FH-73型 β 射线厚度计，可连续测定塑料薄膜、电影胶片片基、纸张、橡胶等产品厚度。无锡轻工业学院建成了 ^{60}Co 放射源和静电加速器用于日常化工，例如制造表面活性剂，石蜡辐射氧化等，用于微生物育种，为酱油和酿酒业制造酵母菌种，还用于蔬菜和水果的保鲜贮藏方面。

4. 在化学工业方面

杭州橡胶厂，已在四滚压延机上使用了 ^{204}Tl 测厚机。兰化合成橡胶厂，太原晋安化工厂安装了兰化公司自动化所研制的FGDR—2型 γ 射线密度计。无锡彩印厂与上海科大、北京自动化研究所协作制成工业用加速器，用来辐照聚乙烯塑料，使它改性，其成品用于热收缩薄膜包装，效果很好，已获得

明显的经济效益。

5. 在建筑工业方面

水电部在长江葛洲坝工地采用中子水分计测沙的水分，结果良好。南京水利科学研究所研制成高浓度 γ 射线测沙仪。使用该仪器在长江口现场对挖泥船疏浚施工中泥浆的扩散及航道内浮泥层情况作了测量，为工程施工提供了依据。黄河水利委员会科学研究所研制成FH—422型同位素含沙量计。它能准确及时测报河水含沙量，掌握变化规律，对于河道整治、防洪、灌溉、水文预报、水库和电站的建设等有十分重要的意义。南京水利科学研究所利用 ^{131}I 做示踪剂，先后在安徽龙河口水库、河南龟山水库和鲇山水库观测坝基渗流，为水库的使用和整治提供了重要资料。南京水利科学研究所与镇江港整治委员会合作，利用 ^{45}Sc 做示踪剂，成功地观测了镇江港征润洲浅滩底沙的运动方向等，这对我国港口和航道的建设起了积极作用。

6. 在电力工业方面

江西某一电力试验研究所采用 γ 探伤技术，带电作业检测电力线接头，已经在220 kV分一珠高压线上收到了很大的经济效果，防止了多起断头停电事故。

另外像 γ 射线物位计已广泛的应用于冶金、化工、石油、建材等工业生产上。由于测量时不接触被测物，所以特别适用于测量釜、罐、塔等密封容器内处于高温、高压的高粘度、强腐蚀的液态介质的液位，对实现工艺参数控制和安全生产很有意义。又如 γ 射线测灰仪可连续测量通过测量槽的煤流的灰分，用它代替人工取样，烧灰的办法，既省时省力，又能及时指导洗煤生产，提高了精煤回收率，稳定了煤炭产品的质量。又如应用 γ 射线找水的方法，操作简便、测量迅速，不受地形影响，效率高，投资少，特别适合于山区和丘陵地带寻基岩裂隙水，准确率可达90%以上。 γ 找水在四川省已取得了很好的成绩。又如同位素电池，氦-85核子

灯, X射线荧光分析仪等在我国也已得到广泛的应用, 在许多方面解决了不少的技术难题。

二、同位素技术在农业上的应用

我国从1958年开始, 逐渐开展了辐射育种和同位素示踪方面的工作, 已在24个省市自治区建立了钴源, 有的地方还配备了铯源, 源强一般在五千居里左右, 也有达五万居里的(浙江, 江西), 甚至二十万居里(四川), 为开展辐照诱变工作创造了条件。多年来经辐射选育的早熟高产、优质抗病的水稻、小麦、棉花、大豆、花生、油菜等作物的新品种约有几百种, 推广面积达几千万亩。

农用同位素技术的另一个方面是同位素示踪。近年来主要在作物营养生理、土壤肥料、农药残毒、环境保护、畜牧兽医等方面取得了一些生产上和理论上的研究成果。浙江农业大学生物物理教研组自1963—1980年间, 利用同位素示踪技术研究农药残留及农产品中过量残留农药的排除等。研究结果为我国农药残留积累了基本资料, 为改进施药技术和防止农药污染提供了依据。从1976—1980年, 中国农业科学院原子能利用研究所, 浙江农业大学和湖北农科院等25个单位进行了应用同位素 ^{15}N 、 ^{14}C 研究氮肥增效剂肥效和残留的全国联合试验, 共获得20多万数据, 写出论文和研究报告150余篇, 为我国氮肥经济施用和氮肥增效剂的筛选提供了科学依据。1976年以来, 湖北省农科院原子能应用研究所利用 ^{15}N 、 ^{32}P 示踪法对几种水稻研究了氮肥的吸收利用和在土壤中固定与损失的状况等, 提出了“水稻氮肥一次全层基施法”。本法操作简便、省工、省肥、适用机械化作业, 很受农民群众欢迎。该所还应用放射性磷矿粉进行研究, 对磷矿粉肥的合理施用等提出了一些确切的科学依据。中

国农科院原子能利用研究所和北京农业大学自1975年至1979年五年中通过放射性示踪对各种腐植酸及其盐类与磷的互相作用关系, 腐植酸分解为磷矿粉的可能性及途径, 腐植酸对磷肥效果的影响, 以及对土壤中磷肥固定的抑制效果等进行了研究。根据研究结果提出建议: 试制生产腐植酸和氮、磷、钾的复合肥料, 它对速效磷肥起很好的保护与增效作用, 是值得推广的肥料品种。黑龙江省农科院多年来利用同位素示踪法对大豆、小麦、玉米、谷子等多种作物进行试验, 尿素利用率只有30—50%, 全省每年约有40—50万吨尿素没起到增产作用而损失。此研究不仅丰富了我国尿素施用理论, 而且为提高尿素的肥效减少损失提供了科学依据。中国农业科学院兰州兽医研究所于1972—1975年用放射免疫分析法, 对猪传染性水泡病快速诊断研究获得了肯定结果。该法特异性强、速度快、准确度高。近年来同位素示踪技术在水产、果树、蔬菜、植物保护等方面的研究工作亦在生产实践中起到了作用。

三、同位素技术在医学上的应用

无论在国内, 医学界使用同位素技术是最广的部门。在美国还规定没有同位素诊断手段的医院不准开业。我国县级以上的医疗单位, 大多数建立了同位素室, 程度不同的配备了同位素诊断仪器。例如井型闪烁探测器、液体闪烁装置、放射自显影、甲状腺功能仪、肾功能仪, 多用功能仪, 扫描机、强度计、放射免疫装置、 γ 照像机等。通过对病人的血、尿腺液检查和甲状腺、肝、肾、肺、心、脑、骨髓等的图象显示, 各项指标分析, 进行临床诊断, 采取有效的治疗手段。

放射治疗, 利用加速器, 特别是利用 ^{60}Co 源在我国治疗恶性肿瘤已很普遍。

放射性免疫分析法是一种利用放射性同

位素作示踪剂，测量微量物质的新技术。灵敏度高，可以检测到 $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 克，甚至 10^{-16} 克水平，特异性强、方法准确、简便、取样量少等。国外用此法测定了300种以上的生物活性物质及药物，并制成80多种试剂盒。改进并扩大了临床检验的质量和品种。该法对内分泌学、药理学、肿瘤学及心血管疾病等医学研究及临床诊断有很重要的作用。

活化分析及PIXE：活化分析是灵敏度极高，特异性很强的微量元素分析方法。能够探测 10^{-12} 克水平的微量元素，样品量只需几微升 ~ 0.1 毫升，固体量可以少至10毫克/ cm^2 以下。无损、样品制作简单、操作快速、可进行多元素分析，带电粒子活化分析既可用于表面分析，又可进行小面积（照射区限制在 0.5mm^2 以下）扫描。近年来PIXE发展很快，它对环境污染监测、食品检查、职业病、肿瘤学、冠心病、地方病和法医学等方面的研究和工作的价值。活化分析的应用大大促进了稳定性同位

素的临床应用。目前， ^2H 、 ^{13}C 、 ^{18}O 、 ^{26}Mg 、 ^{36}S 、 ^{41}K 、 ^{46}Ca 、 ^{56}Fe 、 ^{64}Ni 、 ^{70}Zn 、 ^{204}Pb 、 ^{74}Se 、 ^{84}Sr 、 ^{129}I 、 ^{199}Hg 等20余种稳定性同位素均可用活化分析进行测定。

医用同位素发展趋势是采用短寿命、能量适中及单一的同位素。采用这些同位素能使病人和工作人员所受的剂量降低，能得到较高的测量精确度，容许进行反复诊断而不受患者过去曾使用过该同位素的限制，废物处理及环境污染问题大为减少。这些优点只有当闪烁照像机，多丝正比照像机，正电子照像机，放射性同位素计算机处理断层扫描机等研制成功才能得到发挥，才有可能使用短寿命，缺中子同位素如 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等，才能显示出这些同位素在应用中的独特作用。

由上述可见，同位素技术是一门目前正在我国正在迅速发展的边缘性的科学。它是原子能利用中一个重要方面，也是核技术应用的重要组成部分。它的普及应用和推广提高对“四化”建设有很重要的作用。