

内 部

同位素与射线应用 成果选编

国家科学技术委员会五局编

一九八一年九月

前 言

同位素和射线的应用是原子能利用的一个重要方面，是一项影响面广的新技术，对于发展国民经济很有意义。在这方面，我们取得了许多可喜的成果，一些成果在生产上已经发挥效益。但是，总的说来，应用推广的还很不够。为了进一步推广这些成果，为四化做出更多的贡献，我们编辑了《同位素与射线应用成果选编》，供有关方面选用时参考。

这次选编的成果，主要是根据有关单位提供的材料和我们掌握的情况编辑的，在技术上比较成熟、经济上效益大、有推广意义的成果，共九十一项。因为时间紧，没有来得及广泛征求意见进行评审，加之我们水平有限，了解情况不够全面，一定会有不妥之处。有些重要的成果也可能没有选入。请提出批评、指正。

目 录

理、工

活化分析.....	(1)
质子X荧光分析.....	(1)
穆斯堡尔谱学的应用.....	(2)
γ 射线物位计.....	(2)
核辐射厚度计.....	(3)
γ 射线密度计.....	(4)
放射性含水率—密度计.....	(5)
γ 射线测灰仪.....	(5)
河水含沙量计.....	(6)
中子水分计.....	(6)
石油硫份分析仪.....	(7)
放射性同位素X射线荧光分析仪.....	(7)
离子感烟式火灾自动报警装置.....	(8)
γ 射线焦炉三车联锁装置.....	(8)
γ 射线自动探伤仪.....	(9)
地下油管检漏仪.....	(9)
γ 找水.....	(10)
辐射交联聚乙烯热收缩管和膜.....	(10)
含氟聚合物的辐射交联.....	(11)
硅橡胶的辐射交联.....	(11)
丙烯酰胺的辐射聚合.....	(12)
三氟氯乙烯本体辐射聚合.....	(12)
三氟氯乙烯与乙烯辐射共聚合.....	(13)
丙烯酸与丙烯酸丁脂共聚物的辐射合成及其在胶片中的应用.....	(13)
辐射制备锌—氧化银电池隔膜材料.....	(14)
辐射接枝聚四氟乙烯及其在机床导轨上的应用.....	(14)
辐射化学法制聚全氟乙丙烯均相离子交换膜.....	(15)
辐射化学法改善木材尺寸稳定性.....	(15)
H—20丙烯酸酯涂料及其电子束辐射固化.....	(16)
辐射羊毛消毒灭菌.....	(16)
用 γ 射线对医院污水污泥消毒灭菌.....	(17)
同位素示踪技术在冶金上的应用.....	(17)
利用放射性同位素研究机件磨损.....	(18)
同位素示踪法观测坝基渗流和泥沙运动.....	(18)
半导体器件的氦—85检漏.....	(18)

氪—85核子灯	(19)
---------------	------

农 业

“原丰早”水稻的辐射选育及在生产上的应用	(23)
“南梗34” (中梗)	(23)
早籼新良种“红南”	(24)
“鄂麦6号”	(24)
“宁麦3号”	(25)
“津丰1号”小麦	(25)
“吉单101”玉米	(26)
“鲁原单4号”玉米杂交种	(26)
“晋辐一号”高粱	(27)
“龙辐梁一号”高粱	(27)
“鲁棉一号”棉花	(28)
“铁丰18号”大豆	(28)
“黑农16号”大豆	(29)
“黑农26号”大豆	(29)
“粤油22号”花生	(29)
“粤油551号”花生	(30)
甘兰型油菜“甘油5号”	(30)
九号大白菜	(31)
夏秋用家蚕“辐36×751”	(31)
低剂量照射蚕卵刺激增产	(31)
辐射保藏粮食	(32)
马铃薯、洋葱、大蒜的辐射贮藏	(32)
辐射保藏鲜猪肉	(33)
辐射保藏板栗	(33)
辐射保鲜蘑菇	(34)
同位素示踪法研究农药残留和安全用药标准	(34)
应用同位素示踪法研究氮肥增效剂的肥效和残留	(35)
水稻氮肥一次全层基施法	(36)
应用放射性磷矿粉研究磷矿粉肥的合理施用	(37)
同位素示踪法研究腐植酸对磷肥的增效作用	(38)
尿素在土壤中的移动、损失和利用	(38)
放射免疫分析法快速诊断猪传染性水泡病	(39)

医 学

肝胆显影	(43)
颅内肿瘤的脑扫描诊断	(43)
^{113m}In 心血池扫描剂的应用	(43)
放射性核素心血管闪烁摄影的临床应用	(44)
^{131}I -6-碘胆固醇的肾上腺显影	(44)

核素泪道摄影的临床应用.....	(45)
γ 照相机的临床应用	(45)
碘-131治疗甲状腺机能亢进症.....	(46)
应用胶体金—198治疗耳廓假性囊肿	(47)
放射免疫分析的临床应用.....	(47)
放射自显影方法.....	(48)
同位素彩色扫描仪.....	(49)
γ 照相机	(50)
放射免疫自动分析仪.....	(51)
医用同位素防护器具.....	(52)
可调式微量定量加液器.....	(52)
同位素及其制品	
稳定性同位素.....	(55)
回旋加速器制备的放射性同位素.....	(55)
放射源.....	(56)
放射性药物.....	(56)
“母牛”配套药盒.....	(57)
放射免疫分析试剂盒.....	(57)
放射性标记化合物.....	(58)

活 化 分 析

活化分析是将需要分析的样品用射线照射,使某个或几个稳定同位素产生核反应而变为放射性核素,再用仪器测定放射性核素的性质和强度,即可定量的得知样品的组分。根据照射射线(粒子)种类的不同,可分为中子活化分析、带电粒子活化分析和 γ 光子活化分析。活化分析是现代先进的痕量分析技术之一,对于研究微量元素的分布规律和作用,改进生产工艺,提高产品质量可提供很有价值的科学数据。活化分析的优点是灵敏度高,对大部分元素的绝对探测极限是 10^{-9} 克,有的可低到 10^{-14} 克,浓度极限是 10^{-6} — 10^{-13} ;可以同时测定样品中几种元素;分析时可不破坏样品,简便、快速,可实行自动化分析。

1. 中子活化分析

原子能研究所、有色金属研究总院等开展了堆中子活化分析、快中子活化分析工作,建立了仪器中子活化分析和放射分离的活化分析方法。先后分析了高纯金属、半导体材料、地质样品、环境样品和生物样品等。对高纯物质中金属杂质的分析可测定20余种元素的含量,除Fe、Ni分析灵敏度为 10^{-8} 外,Cu、Na、Au、W、As、Sb、Cr、Ba、La、Sm、Co、Sc、Zn、Ta、Hf、Ag、Rb、Cs、U、Th等元素的分析灵敏度都在 10^{-9} 以上。地质样品,可测40乃至50种元素。环境样品中水和空气分析可测定Na、Ca、Cl等20余种元素,探测极限 10^{-6} — 10^{-9} 微克。原子能研究所建立的加速器快中子活化分析自动装置,双管道,样品和标准品能同时进行照射,样品可以转动。测量精度 $< 2\%$ 。进行了水泥中Ba的分布,金属铍中氘的分析,分离铀树脂中硅和磷的分析等。

2. 带电粒子活化分析

上海原子核研究所利用回旋加速器的质子、氘和 α 粒子成功地分析了半导体材料(硅、锗、砷化镓等)、高纯材料(铜、铁、铍、钽、铌、氧化钨、石英等)中的硼、碳、氮、氧等微量元素,为半导体及高纯材料工艺的改进和提高起了一定作用。测定硅中氧、碳、硼、钠的灵敏度分别为0.05、0.01、0.001、0.005ppm。还用于氧化物的分析。所测元素不仅限于轻元素(硼、碳、氮、氧),并且扩大到中等原子序数的元素(钠、钙)。原子能研究所在静电加速器上也进行了质子活化分析工作,测定了高纯硅中硼和磷的浓度分析,为控制半导体生产的工艺过程提供了数据。

质 子 X 荧 光 分 析

质子X荧光分析是70年代初出现的多元素微量分析技术。它是利用加速器产生的能量为1至数兆电子伏的质子束轰击待测样品,使样品中元素的原子受激发射特征X射线,通过能谱仪测定其能量和强度,从而确定样品中元素(原子序数 ≥ 13)的组成和含量。该方法的特点是:灵敏度高,达1—0.1ppm;快速、简便,只要几分钟就可以知道一个样品中10—20种元素的含量;分析时可以不破坏样品(特别适用于珍贵文物和法医学样品的分析);适用性广,样品可以是固体粉末、液体、气体,甚至活的生物机体,其形状和大小也可不受限制;将质子束可聚焦成1—100微米的细束,可分析样品表面各点微区中元素的分布,探测的元

素量可少到 10^{-15} 克, 样品量可少到毫克以下。目前, 已广泛应用于环境科学、生物学、医学、表面科学、材料科学、考古学、法学等领域。

复旦大学静电加速器实验室建立了质子 X 荧光非真空分析和真空分析装置及有关设备, 开展了多种课题的研究。例如: 分析了越王剑等珍贵文物, 发现了古代冶金工艺中硫化技术, 初步否定了我国钾、钙、玻璃源于西方的说法, 进一步证实了我国古代冶金工艺中的铬化技术比西方早一千多年; 配合古屍研究分析了历代古屍头发中的微量元素成分; 探索微量元素在生命科学中的作用; 开展了对各种材料、进口另件的元素成分鉴定工作; 环境样品的研究工作等。目前分析的精度是 10—30%。

上海原子核研究所在回旋加速器上建立了全自动质子激发 X 射线分析系统。系统包括: 自动靶室、束流测量系统、X 能谱测量和数据在线电子计算机处理系统, 并配有靶号显示和电视监测装置。样品交换、X 能谱测量、数据在线自动处理及结果输出打印等过程全盘自动化, 无需人手操作。大大提高了设备利用率和实验精度, 在短期内可分析大量样品。靶室内一次可装样品 40 片, 每个样品分析周期约 15 分钟, 可同时输出 8 种元素 (K、Ca、Fe、Cu、Zn、Br 等) 的定量分析结果, 总误差约 10%。已用于: 月岩样品的多元素分析; 中医阴阳学说的物质基础探讨; 辐射损伤与修复过程中血清微量元素变化的研究; 人体疾病与人发中微量元素成分研究; 中草药微量元素成分分析等。

穆斯堡尔谱学的应用

穆斯堡尔谱学是利用原子核对 γ 射线的无反冲共振吸收研究物质微观结构的新学科。它在自然科学的各个领域都有广泛的应用。由于它对共振能量的依赖关系很灵敏, 当原子核周围环境有了变化时, 其共振吸收谱就产生相应的变化, 经过分析和处理便可以得到有关物质微观结构方面的某些认识。穆斯堡尔谱线非常窄, 可以观测到 10^{-7} eV 的变化, 分辨率达 10^{-10} — 10^{-12} , 而且只有同一的同位素才能显示有穆斯堡尔效应, 因而有极高的选择性, 可以研究多组分复杂物质中特定元素的情况。

中国科学院高能物理研究所、地质研究所、上海原子核研究所和南京大学、北京钢铁学院等四十几个单位先后开展了穆斯堡尔谱学研究工作, 主要应用于地质、磁学、化学、生物等方面, 取得了许多重要成果。例如: 金伯利岩的穆斯堡尔研究为寻找天然金刚石提供了线索; 辉石矿物成因的穆斯堡尔研究, 为找矿理论提供了实验数据; 对催化剂、固氮和铁—肌蛋白模拟物的穆斯堡尔谱研究对催化剂的机理有了进一步的了解; 用穆斯堡尔谱学分析海水腐蚀产物, 解决了 X 射线分析方法所不能解决的一些问题, 等等。在方法方面, 一些单位建立了内转换电子谱仪, 应用了背散技术、计算机解谱方法。在谱仪方面, 南京电子管厂和北京综合仪器厂已有工业产品。

γ 射线物位计

γ 射线物位计是利用 γ 射线穿过被测物料后其强度随物位的高低而变化, 再由电子仪器显示出料面或液面的位置, 可广泛应用于冶金、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、塔等密闭容器内处于高温、高压的高粘度、强腐蚀的液态介质的液位，对于实现工艺参数控制和安全生产很有意义。

1. **FGL—2型 γ 射线料位计。**研究单位：兰州化学工业公司自动化所。测量范围：0—200毫米、0—2000毫米；反应时间：5、20、50秒；长期稳定性： $\pm 3\%$ 满标100小时。先后在兰化石油化工厂、北京有机化工厂、大连合成纤维研究所、大庆化肥厂、天津碱厂等使用。

2. **UFK—212型核辐射料位控制器。**上海工业自动化仪表研究所研制。上海精艺电讯仪表厂生产。当计数率 ≥ 50 次/秒时，仪表“报警”及继电器输出触头“动作”；反应时 ≤ 3 秒。在冶金、化工、机电、轻纺等部门使用，效果良好。

3. **FL型放射性同位素料位计。**黑龙江省技术物理研究所研制。FL—1型，为定点料位检测。FL—II型为连续式测量，带有上、下限报警器。哈尔滨炼油厂安装同位素料位计后，原油收率由24%提高到46%，最高达50%。收率每提高1%，每天可增加净利润6千元。FL—III型，主要用于液化气罐装置的检测，还可用于大液化气储罐液位监测。

4. **LWJ—77型 γ 射线料位计。**清华大学研制。灵敏度：每秒输入脉冲信号20个可使继电器动作；反应时间：小于10秒。已在水泥、冶金、化工、石油、煤炭和采矿等部门使用。

5. **水泥旋窑 γ 射线料位计和石英玻璃连熔炉 γ 射线液面自动控制仪。**研制单位：建筑材料研究院。用于水泥厂旋窑，可提前15—20分钟预报水泥旋窑内来料趋势，有利于看火工人提前采取措施，对于提高窑的快转率、减少跑生料、避免形成后结圈及保护窑皮均有好处。同时为电子计算机自控水泥旋窑提供了重要参数。已在水泥厂推广使用。在石英玻璃连熔炉上采用 γ 射线料位自动控制仪，解决了连熔生产石英玻璃时液面测量和保持恒定的问题，使石英玻璃液面波动不超过3毫米。

核 辐 射 厚 度 计

核辐射厚度计具有不接触测量的优点，适合于连续生产中对运动着的带状产品进行厚度检测，测量准确迅速，对产品无损伤。

1. 纸张测厚仪

国营保定造纸厂研制的“纸张定量自控装置”(ZDK78-01型)，采用 Co-147 放射源，测量范围20—160克/米²，反应时间6—7秒。代替了长期以来纸张定量靠“手工撕块称重”的办法。已在五台长网纸机上使用。据该厂计算，使用在一台年产7000吨胶板纸(80克/米²)的纸机上，提高了纸的成品率，减少了损纸率，掌握定量下偏差节约了用浆，增加了有效作业时间，提高了产量，方便了操作，每年可为国家节约22.59万元。

广东省测试分析研究所研制的Scs—35 β 射线厚度计，测量范围20—100克/米²，统计误差不大于被测纸样称值的0.3%，反应时间： ≤ 5 秒。在广州造纸厂、北京造纸总厂等安装使用。

武汉温度计厂生产HHF—113型纸页定量连续测量仪。测定范围20—100克/米²，测量精度小于 $\pm 1\%$ 。

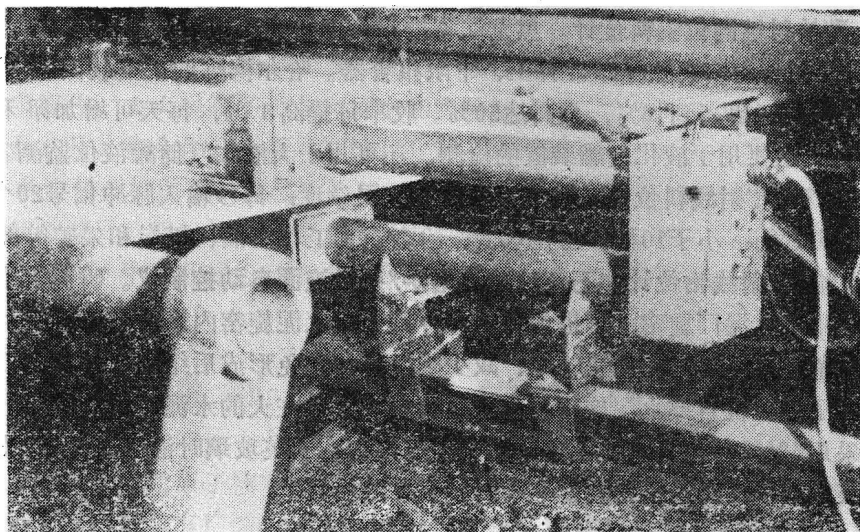
2. 薄膜测厚仪

兰州化学工业公司自动化研究所研制的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、橡胶等产品的厚度，以便及时调整。对于密度为1.4的材料，采用钽—147源时，测量范围40—100微米；采用铈—204源，100—500微米；铯—90源，500—2000微米。静态误差 $\leq \pm 1\%$ 。在一家化工厂使用，使聚脂薄膜纵向厚度不均匀性由10%降到8%。在一家橡胶厂使用，使帘布覆胶均匀率满足了质量要求，达到 ± 30 微米。

3. 钢板测厚仪

上海工业自动化仪表研究所研制的HHF-213型核辐射厚度计，测钢板（热轧）厚度范围8—50毫米，测量精度 $\pm 1\%$ 。适于热连轧粗轧机组的终轧厚度和中板线的成品厚度测量，先后安装在午阳轧钢厂和上海钢铁一厂。



核辐射厚度计在造纸机上检测纸张厚度

γ 射线密度计

γ 射线穿过介质时其强度的衰减与介质密度有关，测量穿透射线的强度即可知道介质的密度。由于仪器不接触被测介质，因而适于测定密封容器和管道内的液态、固态或液固混合物的密度。

1. MDJ—1型放射性同位素密度计。研制单位：国营建安仪器厂。测量范围：1.0—2.0克/厘米³（管径 $\phi 100$ —300毫米）。用于连续测量管道或流槽内物质的密度、浓度、液固比等。配以控制仪表，能进行自动调整，使系统处于最佳运行。鞍钢、包钢、首钢、武钢以及郑州铝厂等应用该仪表获得了满意的效果。包钢浓缩机沉砂浓度自动测量后，一年可节约4.15万元；过滤机给矿浓度自动调节后，一年可节约11.25万元。

2. NNF—212型核辐射密度计。研制单位：上海工业自动化仪表研究所。用于测量管道内矿浆、泥浆、水泥浆等介质的密度或浓度。测量范围12—65克/厘米²（管径 $\times$ 密度），误差 ± 0.01 克/厘米²（管径为150毫米）。在选矿中使用这种仪表测量矿浆浓度并进行自动控制，提高了金属矿的回收率、产量和生产率。

3. FGDR—2型 γ 射线密度计。研制单位：兰化公司自动化所。测量范围：0—2.3克

/厘米³，精度：±0.002克/厘米³，被测管径：100—180毫米。先后在兰化合成橡胶厂、金川有色金属公司选矿厂、淮南望峰岗选煤厂、太原晋安化工厂等使用。

放射性含水率——密度计

放射性含水率——密度计用于石油生产测井，能在油、气、水三相流动情况下，进行测量。井下仪器结构只有一个探头，同时测密度和含水率两个参数。研制单位：吉林大学、大庆油田测井研究所。测量原理是：油和气是碳氢组成，水是氢氧组成，其差异在于碳和氧。当光子能量较低时，碳和氧的吸收系数差别较大，因而利用低能光子源可测原油的含水率；当光子能量较高时，吸收系数差异较小，因而利用高能光子可测出油、气、水三种混合物的密度。镅—109源放出两种能量的射线，能量分别为22keV和88keV，可以分别用于测含水率和密度。仪器测量含水率的范围是0—100%，误差±3%；测密度范围0—1.00克/厘米³，误差±0.03；仪器耐压：150公斤/厘米²，工作温度：20°—45℃；排量上限可达：150米³/日。地面仪器设有模拟计算器，使测量数呈直读显示和数字显示。还设有讯号源，可随时进行校验。使用时具有数据直观、测量范围宽、测井时效高、易于防护等优点，是我国独创的一种生产测井新仪器。在大庆1000多米的油井中37次试验均获得成功，对保证油田稳产、高产有重要意义。

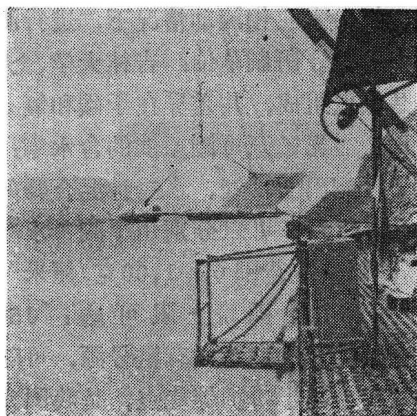
γ射线测灰仪

STH—1型数字式低能γ射线测灰仪是煤炭科学研究院唐山研究所研制的。它利用γ射线反散射强度与煤样灰分含量在一定范围内成反比的关系而设计的。该仪表可以用数字直接显示被测煤样的灰分值，是煤炭产品质量自动快速检查的专用仪表。当煤样粒度小于13毫米，煤样水分在12—14%之间，灰分介于4—13%时，测量平均误差小于±0.5%；当灰分介于13—30%时，平均测量误差小于±1%。它可以间断测量单个煤样灰分，也可以连续测量通过测量槽的煤流的平均灰分。采用此仪表可以代替人工取样、烧灰的办法，使煤炭产品质量的检查速度由二小时降到一分钟以内，从而及时指导洗煤生产，提高了精煤回收率，稳定了煤炭产品的质量，减轻了化验人员的劳动强度。据徐州夹河选煤厂试用，测定1004个煤样灰分，平均误差为±0.33%。通过二个月的生产对比，没使用测灰仪时，精煤外运的批合格率74.6%，使用测灰仪后，达到了100%。

河水含沙量计

黄河是世界上泥沙最多的河流。准确及时测报河水含沙量，掌握变化的规律，对于河道整治、防洪、灌溉、水文预报、水库和电站建设等有十分重要的意义。过去黄河测沙，一直采用取样法，费工费时，难于掌握沙峰过程。在深水流急的情况下更难以进行。黄河水利委员会水利科学研究所研制成功了FH—422型同位素含沙量计。测沙的原理是利用不同含沙量

的水沙介质对入射 γ 射线的散射强度的衰减的不同,通过测定 γ 射线散射的强度即可知道含沙量。测量范围:采用铯—137源,15—1000公斤/米³;用镭—241源,7—400公斤/米³。与目前取样测沙相比,75%的测点落在了 $\pm 5\%$ 的误差范围内,符合国家水文测验规范的要求。在十个水文站推广,使用六年共测了含沙量6453次,测悬移质输沙率277次,提高了测报质量,尤其在监测沙情变化上显示了突出的优点。



含沙量计在起吊入水

他们还研制成功了FT—1型低含沙量计,相对偏差 $\pm 10\%$ 时,可测最低含沙量为0.6公斤/米³;相对偏差 $\pm 5\%$ 时,可测最低含沙量为1.3公斤/米³。可测最大含沙量为250公斤/米³。八小时长期稳定性优于万分之四。在黄河小浪底等几个水文站实测,取得了满意的结果。

南京水利科学研究所利用 γ 射线穿透物质时被吸收的原理研制成功了高浓度 γ 射线测沙仪。测沙范围分三挡:0—100公斤/米³、0—500公斤/米³、0—1000公斤/米³;测量精度: $\pm 10\%$ 。曾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,取得了一些不同施工方法、不同水文条件下的泥浆扩散资料,为分析挖泥船的施工

效果提供了依据。该仪器对于研究浮泥的生成及活动规律、正确提供通航水深和加速航道建设等提供了观测手段。

中子水分计

中子水分计是根据中子源发射的快中子与被测物料中水的氢原子核碰撞而损失能量变成热中子,热中子的多少随水分大小而异,在一定的水分范围内,存在线性关系。因此,通过标定后的中子水分计可以直接读出含水量的百分数。测量时不需要取样,直接测量,反应迅速、灵敏。

1. SHD—1型中子水分计。研制单位:南京大学、无锡市无线电八厂。主要用来测量颗粒较细材料的水分,如:钢铁工业上测烧结料水分,建筑工程上测砂的水分,铸造工业上测型砂的水分等。测量范围:0—30%含水率,误差: $\pm 0.5\%$ 。在南京市混凝土构件二厂混凝土拌合楼使用,并配上电子计算机控制砂料水分,保证了水灰比的稳定和混凝土构件的质量。在梅山工程烧结厂控制二次混合料的水分,提高了烧结矿的质量和产量。

2. 便携式中子土壤水分计。研制单位:江苏省农业科学院、南京大学。仪器准确度小于0.5%,精确度(即总相对标准差)小于0.2%。此仪器测土壤水分的优点是:不破坏土壤自然结构,能够连续、快速测定土层剖面的含水量,不受土壤物理状态的变化和土壤滞后现象的影响。

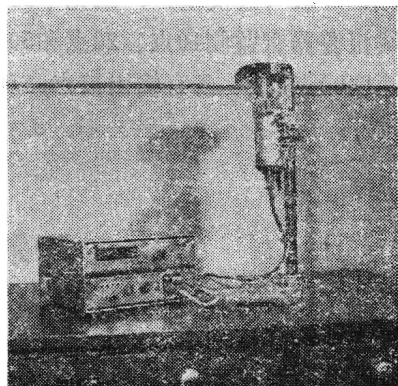
石油硫份分析仪

兰州化学工业公司自动化所研制的FLS-76型石油硫份分析仪是实验室型仪表,由源靶组件、样品杯系统、X射线探测器和信号变换器四部份组成。鎳-241产生的60keV的 γ 射线打到银靶上,激发出特征X射线。碳氢元素对该射线具有相同的吸收系数,而硫的吸收系数则大的多。根据吸收系数的差别,并对样品的密度进行补偿,即可测定出硫的含量。测量范围:0—5%硫,精度 $\pm 0.02\%$ 硫。本仪器先后在胜利炼油厂、南京炼油厂、青岛石油化工厂等应用,均作到无故障运行。其中一台应用已达四年之久,报出数据一万多个。用户反映,仪表测试准确、可靠、迅速、方便。过去测定石油含硫一直用灯法、管式炉法等手工分析,分析一个样品需要一、二个小时,而用本仪器只需几分钟即可报出数据,因而能及时指导生产,保证产品质量,且节省人力,提高了工效。他们还研制成功了FL-77型石油硫份在线分析仪。

放射性同位素X射线荧光分析仪

分析装置由放射源、X射线探测器和非色散分光型谱仪等组成。当被测元素受到放射性同位素源放出的射线激发时产生特征X射线(荧光)。测得荧光的能量和强度,就可以知道是什么元素及其含量。能够非破坏性的快速分析固体、粉末和液体样品中原子序数大于16的元素。可用于找矿、实验室和“在线”分析。

1. XYF-A型和B型可携式放射性同位素X荧光分析仪。研制单位:黑龙江省技术物理研究所。B型比A型多了运算部份,由荧光数码管直接显示百分含量。对铁的 K_{α} 谱线能量分辨率为61.3%,分辨时间 ≤ 1 微秒,可测量的百分含量为0.01—100%。仪器能量线性在10keV以下好于1%。在葫芦岛锌厂测定抛渣中锌含量,与极谱分析相比,工作效率提高2—3倍,合格率达92%以上。



XYF型X荧光分析仪

2. 台式放射性同位素X荧光分析仪。研制单位:上海原子核研究所。在上海铜厂使用,炉前分析铅黄铜中的铅含量0.8—3.0%,误差小于0.1%;分析锡黄铜中的锡含量1—7%,误差小于0.1%。在上海吴淞水泥厂使用,分析泥水中的CaO和 Fe_2O_3 含量,取代了化学分析,并监测配料中的CaO含量。

3. TGT76-1型“在线”钙铁分析仪。研制单位:建筑材料研究院水泥研究所。用于首都水泥厂1.2号生料磨,与电子定量喂料装置和模拟计算机组成了生料磨配料自动线,第一次实现了自动取样、“在线”连续分析、自动喂料,并达到了生料配料自动控制。他们研制的TGT76-Ⅱ型“离线”钙铁分析仪适于干法水泥厂推广,仪器准确、可靠、数据直观、使用方便。

4. “在线”测定感光胶片含银量。研制单位：上海材料研究所。在银含量1—8克/米²范围内，相对误差小于±5%。可用于“在线”测定和实验室常规测定感光胶片的含银量。对于改善生产管理、提高产品质量和产量、节约白银和其他原材料，以及实现胶片生产的自动化很有意义。

5. 放射性同位素X荧光测井仪。研制单位：成都地质学院。仪器由井下探头及地面操作仪两部分组成，由400米长电缆连接。可用于钻井测量锡、锑、钼、银、铀等元素的含量和矿层厚度。在某锡矿井实测锡的分析灵敏度为0.1%锡，数据当即可得。为地质找矿增加了井下定量测定矿藏元素含量的新手段，实现了钻孔现场的非破坏性的快速分析。还可用于地面原生露头测量以及室内粉末样品分析。

离子感烟式火灾自动报警装置

离子感烟式火灾自动报警装置是利用放射性同位素放出的射线对空气的电离作用和烟雾的反作用报警。整个装置由探测器、区域报警器和集中报警器三部分组成。探测器安装在房间内。当火灾阴燃时，烟雾进入探测器的外电离室，使其电离电流减小，等效电阻增大。但内电离室是密封的，烟进不去，等效电阻不变。这时，内外电离室的分压关系有所变化，从而输出信号给报警器。区域报警器和集中报警器把有火情的房间号显示出来，并发出音响讯号，以便及时采取扑救措施。这种装置灵敏度高、报警快、监护面积大、自动化程度高、便于控制。适用于宾馆、饭店等高层建筑及物资、档案等重要库房，以及工矿企业、机关和住户等。

国营二六二厂和北京市消防科学研究所等协作，试制成功了FJ-2700型感烟式火灾报警装置。报警灵敏度有三级：Ⅰ级（禁烟场所），减光率10%/米；Ⅱ级（居室），减光率20%/米；Ⅲ级（会议室），减光率30%/米。保护面积，根据安装高度而异，30—100平方米。区域报警器有监测10点、20点和50点三种。集中报警器可与100个区域报警器联用，巡回检测速度60点/秒。备有输出接点，可与自动灭火、事故广播、事故照明、加压、排烟等设备联动。

γ射线焦炉三车联锁装置

在炼焦生产中，出焦时如何保证推焦车的推焦杆、拦焦车的导焦栅、熄焦车的接焦厢保持一条直线，避免一千多度高温的红焦外溢，是保证炼焦正常生产和工人安全的关键问题，长期没有解决。过去，三车联系是由哨长吹哨指挥或载波电话联系，一些安全生产搞的好的单位平均每年仍会出现三、四次“红焦落地”事故，轻者中断生产，重者烧毁设备、伤及人身。清华大学和北京焦化厂研究了“焦炉γ射线三车连锁装置”。利用γ射线直线传播不受外界影响的特点，做了只有三车对准时推焦杆才能动作把红焦推出炭化室。在红焦已经推出的情况下，如果熄焦车司机发现出焦状态异常或者熄焦车不能顺利接焦时可以发出事故刹车信号，立即停止推焦杆前进，并从推焦车仪器上给出相应信号通知推焦车司机。拦焦车和熄焦车司机都能在驾驶室内从仪器上看到“即将推焦”、“正在出焦”、“出焦结束”和“出焦

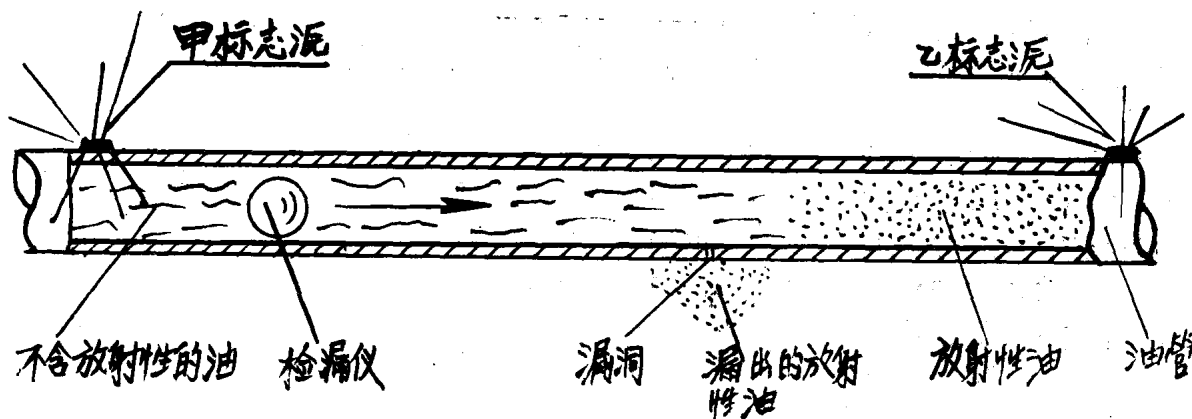
间歇”四种灯光信号，方便地了解到整个出焦过程，解决了炼焦生产上长期没有解决的三车联锁问题。在北京焦化厂运行一年多证明，三车联锁装置对号准确、反应灵敏、可靠性高、抗干扰能力强，适于焦化操作。

γ射线自动探伤仪

利用放射性同位素的γ射线进行工业无损探伤，是无损检验技术主要手段之一。它具有设备简单、操作方便和直观性强的优点，尤其对某些大型铸、锻件和焊缝的探伤更为合适，在国内已推广使用。为了提高探伤效果和保证操作人员安全，北京电力试验研究所研制成功了GT-2型γ射线自动探伤仪，可供0.5克镭当量钴-60、2克镭当量铯-137、1克镭当量钨-152+154放射源的远方自动探伤。仪器探头较小，工作方便，特别适合于中心透视和位置困难场合的射线探伤工作。主要性能：射源可移出长度约2米，移动速度约0.5米/秒；自动控时范围一小时，最小计时数一分钟；音响时间15秒±10秒，动作误差<30秒。仪器由控制器和动力容器两部分组成。控制器重3公斤，装有电源指示、动作指示、动作按钮、电锁及计时器等元件。动力容器重34公斤，装有动作指示、继电器、动力马达、控制接点、贮丝瓶及防护容器等元件。平时，射源在防护容器内。工作时，射源可自动控制进入工作位置。当工作快到预定时间时，计时器导通音响讯号，音响约15秒左右，讯号结束，仪器自动给出射源返回指令，射源自动返回到防护容器内，仪器自动停止工作。此探伤仪已由浙江宁海地方产品工业公司安排生产。

地下油管检漏仪

飞机场等地下油管常因受腐蚀或质量问题而发生漏油事故，不仅造成油的损失，还可以污染环境、引起火灾等。上海原子核研究所研究了放射性同位素检漏仪。其检漏原理如图示：先把含有放射性 ^{131}I —苯的航空油加入待检管道内，接着加入没有放射性的航空油，然后放入检漏仪悬浮于航空油中。当放射性油流经漏洞时从漏洞中漏出并留在土壤中。随油移动

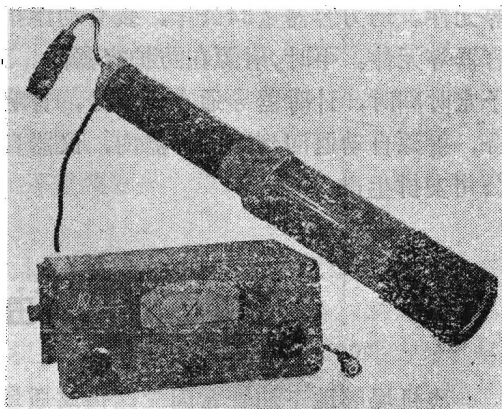


的检漏仪便能探测并记录漏出的放射性油，从而测出油管漏油的部位。此检漏仪为园球形，外径为110毫米，适于直径为6英寸以上的油管。当仪器运动速度为1000米/小时，一次可检测5000米长的油管，灵敏度为15—20微居里¹³¹I。使用的放射性比度为20微居里/升，可以查出漏油量为2升/小时的漏洞。在四个机场试用，共检查16公里的油管，查出了六个漏洞。

此法使用简使、准确、经济。原则上亦可用于原油管道及其它化工管道检漏。

γ 找 水

四川省原子核应用技术研究所研究和应用了γ找水方法。原理是：地下水的运动破坏了基岩的放射性物质原来的均匀分布，在基岩裂隙部位相对聚集或分散，造成地表γ本底的相对增高或降低。通过γ本底的测量和水文地质的分析即可以判断该裂隙有无地下水及水量大小。一般来说，γ本底变化带越长越宽，变化相对值越大，相对本底区域来说，水量也越大。γ找水法操作简单、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找基岩裂隙水，准确率可达90%以上。已找到水源几十处，受到各方面的欢迎。如：四川仪陇县城和南京汤山作厂一单位，解放后打了大量的井，仅200米左右的深水井就有12眼。除个别井成功外，其余都失败了，投资损失达数十万元，居民吃水问题始终未解决。1980年仪陇县试用γ找水一号井，只打53米，日出水已超过约500吨。现在县城居民吃水问题已基本解决，而打井费用还不到一万元。国营建安仪器厂现已生产车载和步行探测两用的找水仪（ZS—102型，如图）。



辐射交联聚乙烯热收缩管和膜

聚乙烯经高能射线照射后便得到交联聚乙烯，其耐热性、机械性能大为提高，原有的电性能基本不变，同时具有特殊的“记忆效应”，可以制成热收缩材料，如热收缩管和热收缩膜等。

辐射交联聚乙烯热收缩管可作为导线、电缆、工业管道的接头护管材料，起防腐防潮作用，已成功地应用于人造卫星电线电缆的接续部分。吉林市辐射化学研究所扩试和小批量生产的辐射交联聚乙烯热收缩管，其性能指标：凝胶率30—60%；内径3—150mm，扩张比1.5—3.0；壁厚0.5—2.5mm；长度200—900mm；纵向收缩率<20%。

辐射交联聚乙烯热收缩薄膜作为一种新型的电工绝缘材料和高分子整形材料，已成功地应用于高压电缆的中间接头和终端头，高压潜水电机的绝缘密封，微电机环氧固化整形以及国防工业用强力射频电缆的主绝缘层。江苏无锡彩印厂小批量生产的辐射交联聚乙烯热收缩薄膜的技术指标：交联度40—80%；纵向收缩率(100℃)20—40%；允许不均匀度±1.5%；

纵向极限抗张强度 $250\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上；纵向断裂伸长率 $\geq 150\%$ ；体积电阻系数（ 20°C ） $\geq 1 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ ；击穿强度（ 20°C ） $> 100\text{kV}/\text{mm}$ 。吉林市辐射化学所试制的交联聚乙烯热收缩膜，凝胶率30—60%；壁厚0.1mm；折径350mm；纵向拉伸30%。

含氟聚合物的辐射交联

中国科学院长春应用化学研究所研究了氟—46（四氟乙烯—六氟丙烯共聚物）、氟—4（聚四氟乙烯）、氟—30（三氟氯乙烯—乙烯共聚物）、氟—406（四氟乙烯—全氟甲基乙烯基醚共聚物）、氟—2406（偏氟乙烯—四氟乙烯—全氟甲基乙烯基醚三聚物）及氟—4010（四氟乙烯—全氟正丙基乙烯基醚共聚物）等含氟聚合物的辐射交联反应。通过大量试验，能在一定条件下，获得多种辐射交联的含氟聚合物。突破了过去长期认为聚四氟乙烯只能进行辐射裂解不能进行辐射交联的传统观念。

辐射交联氟—2406和氟—406都是耐高温及耐低温性能极好的氟橡胶。辐射法交联度高，可在液氮和液氦温度下使用。

辐射交联氟—46具有良好的耐高温耐开裂耐辐射性能。现已小批量生产，作为反应堆工程材料。

辐射交联氟—30，提高了氟—30的使用温度，使其有可能在 200°C 下长期使用。

硅橡胶的辐射交联

硅橡胶可在 -115° — $+315^\circ\text{C}$ 下使用，耐各种老化能力强，柔软性好，无毒无味，生理惰性好，对人体组织刺激性小，有良好的电气绝缘性和结构稳定性等。

过去硅橡胶用化学法交联（即硫化），需添加硫化剂，在高温高压下，需几十分钟到几小时，制品中残留有硫化剂碎片。化工部上海化工研究院负责，上海橡胶制品五厂、上海橡胶制品研究所、江苏吴县文教医用塑料厂参加，利用电子射线辐射交联，不需要添加硫化剂，可在常温常压下进行交联，只需几分钟，甚至更短。工艺简单，制品纯度高。利用甲基乙稀基硅橡胶辐射交联制备的产品，其性能指标：扯断力 $\geq 85\text{kg}/\text{cm}^2$ ；伸长率 $\geq 520\%$ ；邵氏硬度53—60度，不变形。

甲基乙稀基硅橡胶做成的医用导管，经北京、上海等地十余家医院试用，优于化学法制品。用于人体补液、输血、引流等都较满意，特别是用于体内，炎症反应轻，内分泌物较少，甚至没有，病员反应较舒适。

用能量 1.5Mev 、流强 $100\mu\text{A}$ 的电子静电加速器为辐射源，年产60吨医用导管。和化学交联进行经济估算比较，辐射法能量消耗（ $3.8\text{kW} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ）为化学法（ $10.6\text{kW} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ）的三分之一，成本（ $56.90\text{元}/\text{kg}$ ）略低于化学法（ $58.70\text{元}/\text{kg}$ ）。

丙烯酰胺的辐射聚合

聚丙烯酰胺是一种高分子聚合物,作为絮凝剂、增稠剂、减阻剂等广泛应用于石油、煤炭、冶金、纺织、造纸等工业上。国内用一般化学法生产的聚丙烯酰胺多数是浓度低的水溶液,分子量低,包装、运输和使用都不方便。利用钴-60的 γ 射线辐射聚合的方法可以得到高分子量、高纯度、水溶性好的粉状聚丙烯酰胺。

二机部北京第五研究所利用辐射聚合得到的粉状聚丙烯酰胺,分子量为100—700万。苏州安利化工厂已经投产,供给油田、矿山、轻纺工业等十几个单位使用,受到了好评。

黑龙江省技术物理研究所进行了辐射聚合丙烯酰胺的中间试验。产品有非离子型、阴离子型和水膨型的聚丙烯酰胺,有胶板状、胶粒状和粉末状三种,分子量500—1000万。水膨型的膨胀倍数为几十到几百。在大庆油田钻井中应用,提高钻井速度25—35%,节约重晶石三分之一,一口钻井可节约投资万元左右,并可防止卡钻事故。在采油上做低残渣压裂剂和选择性堵水剂,在煤炭上处理尾矿水,冶金上用于金矿选矿,以及制药工业上应用,均取得满意的效果。

中国科学院长春应用化学研究所深入研究了辐射聚合反应与单体浓度和纯度、反应温度、剂量和剂量率、以及添加剂等的关系,得到了分子量高达1150万、2000万、2600万的聚丙烯酰胺。

三氟氯乙烯本体辐射聚合

聚三氟氯乙烯具有表面硬度高、电性能好等特性,是氟塑料的主要品种之一。化工部上海化工研究院详细地进行了该产品辐射动力学的研究,找出了制备各种失强温度的产品的规律,制备了热稳定性好的产品。产品物理机械性能为:

燃点	208°C
分解温度	385—395°C
热稳定性(270°C, 5h)	<0.15%
可燃性	不燃
粘均分子量	$2.5 \times 10^5 - 2.9 \times 10^5$
抗拉强度	$>400 \text{ kg/cm}^2$
延伸率	50—100%
耐击穿电压	16.1—18.5 kV/mm
体积比电阻	$4.0 \times 10^{16} - 4.0 \times 10^{17} \Omega \cdot \text{cm}$
介电常数(10^6 Hz)	2.43—2.52
介电损耗角正切值(10^6 Hz)	0.0076—0.0087
失强温度	240—300°C

用辐射聚合法生产,成本比国产化学法低,质量比化学法优越,且稳定,工艺简单。目前应用户要求进行小量的生产。