

工业射线计量现状

富永 洋

(日本原子能研究所同位素部应用开发室主任)

一、日本·日本原研

在日本,放射性同位素(RI)工业应用的
表1

一个主要的对象是工业计量。在多数场合里,使用装密封源的射线剂量仪器和非破坏性检查装置,一些仪器和有关的技术达到了世界先进水平。进入八十年代,在日本企业

在日本民间企业里使用的RI仪器、装置

仪器、装置类别	主要应用领域	使用的RI
1. 非破坏检查装置	非破坏检查公司(628)钢铁(94)	$^{192}\text{Ir}(645)$ $^{60}\text{Co}(239)$
2. 厚度计	钢铁(507)造纸(467)化学(284)	$^{85}\text{Kr}(611)$ $^{241}\text{Am}(498)$ $^{90}\text{Sr}()$
3. 液面计	化学(482)钢铁(311)纤维(208)	$^{60}\text{Co}(919)$ $^{137}\text{Cs}(449)$
4. 密度计	化学(162)建筑(73)造纸(51)	$^{137}\text{Cs}(483)$ $^{60}\text{Co}(25)$
5. 水分计	钢铁(227)玻璃、土石(22)	$^{241}\text{Am}(256)$
6. 静电消除装置	化学(210)	$^{210}\text{Po}(219)$
7. 联锁装置	钢铁(31)	$^{60}\text{Co}(48)$
8. 钢坯位置探测器	钢铁(70)	$^{60}\text{Co}(61)$
9. 气体色谱装置	化学(385)计量服务(216)	$^{63}\text{Ni}(913)$ $^3\text{H}(88)$
10. 硫黄分析计	石油(212)电、煤气(113)	$^{241}\text{Am}(349)$ $^{55}\text{Fe}(64)$

括号内的数字是台数。

定的意义。

三、结 语

综上所述,随着穆斯堡尔谱学研究工作深入,穆斯堡尔实验技术和方法学也在不断地发展。除了以上介绍的几种新方法之外,还有高压穆斯堡尔谱学技术,高速和低速穆斯堡尔谱学技术, γ 激光和特殊应用等方面,这些实验技术和方法都扩大了穆斯堡尔谱学的应用范围。可以预计,随着新的实验技术的发现,穆斯堡尔谱学与这些新技术的配合使用,一定会推动穆斯堡尔谱学的发展。

参考文献

- [1] 夏元复,核物理动态, 3(1986),21
 [2] 李士等,原子能科学技术, 21(1987), 380
 [3] R. I. Cohen, et al., Methods Exp.

- Phys., 11(1974), 307
 [4] B. B. Triplett, et al., AIP Conf. Proc., 38(1977), 11
 [5] E. Gerdau, Intern. Conf. on the Appl. of the M. E. Melbourne Australia, 17—21 August, 1987, P. *I.04
 [6] S. L. Ruby, 同[5], P. *I.05
 [7] W. Meisel, Modern Phys. in Chemistry, 1976
 [8] M. Kopcewicz, Intern. Conf. on the Appl. of the M. E. Melbourne, Australia, 17—21 August 1987, P. *I.08
 [9] L. Pteifter, J. Appl. phys., 42 (1971), 1725
 [10] S. L. Ruby et al., Phys. Rev. Lett., 14(1965), 591
 [11] S. S. Hanna, et al., Phys. Rev. Lett., 4(1960), 177

里使用的各类仪器的台数已接近饱和,唯有气体色谱装置还有增加的趋势。这是一种在实验室中使用的特殊的分析装置,用了电子俘获探测器(ECD,一种电离室,内装弱 β 源 ^{63}Ni ,使气体电离)。所有仪器、装置总计11000台,其中色谱装置6500台,其它4500台。没有包括卷烟目测仪591台(专卖公司所有)。这些仪器按类别、应用的领域,使用的同位素列在表1中。每种仪器按每个使用单位的台数:厚度计、液面计、水分计平均5台以上,气体色谱装置1.6台。按行业使用的仪器台数多少来排列:化学1595,钢铁1355,造纸726,非破坏性检查633,纤维317。在这5个主要行业中每个使用单位的平均台数为7台,特别在钢铁工业中达到12台之多。这5个行业使用台数占总台数的70%。其它16个行业中平均台数为2.4台。

在日本,使用的RI仪器、装置大部分安装在生产线上,这和欧美多用移动型、携带式的各种RI计量仪表成为明显的对照。在日本使用 $100\mu\text{ci}$ 以下的密封源的仪表不作统计,例如使用 $50\mu\text{ci}$ 的 ^{252}Cf 中子源和 $100\mu\text{ci}$ 的 ^{60}Co γ 源的含水率密度计(用来测定土壤中的含水密度),还有,荧光灯管(含 $0.1\mu\text{ci}$ 或更少量的 ^{147}Pm),夜光表(使用 $100\mu\text{ci}$ 以下的 ^{147}Pm),烟感知器(使用约 $5\mu\text{ci}$ 的 ^{241}Am)等。放电管和夜光表分别年产一亿个和两千万个,烟感知器用在各种建筑中有数百万个。

日本原子能研究所,以 ^{252}Cf 的应用为中心,进行了中子计量基础研究和高技术开发。 ^{252}Cf 是最强的RI中子源,经过自发裂变放出平均能量为 2MeV 的有连续能量分布的中子,同时也放出相当强的 γ 射线(平均能量 1MeV ,放出的 γ 光子数是中子数5.5倍)。同时利用 ^{252}Cf 的中子和 γ 射线是一个新课题。通常利用中子, γ 射线是干扰。在同时利用这两种辐射时,开发了高精度计量水分和密度的方法。这个成果已经由日立制作所制成成品,提供日本君津炼铁厂使用,测定焦炭

水分,提高了高炉操作水平。进一步将这个技术发展,不仅能够测定密度和厚度的变化,而且在多元素情况下也可以分析化合物的组成。对块状的煤、矿石等不均态物质也有可能进行连续的在线分析。

在日本原研已经拟定了 ^{252}Cf 的中子、 γ 射线、中子俘获 γ 射线三重利用方案。测定由 ^{252}Cf 中子引起的次级 γ 射线谱的方法预期可以成为分析各种金属元素的多元素分析法。此外,原研受日本动力事业团的委托(为了反应堆运行安全,要求研制出能测出 ^{10}B 的浓度 0.1ppM 的高灵敏度连续测量仪器),利用重水对 ^{252}Cf 中子的减速及硼对 ^{252}Cf 中子的吸收,开发出了精度可以自动保证的实用仪器。利用中速中子,以数百毫升的试样,就能得到高的测定灵敏度。

为了安全措施和工程管理需要,对核裂变物质的非破坏性分析越来越多。作为方法之一,有使用中子源的活化分析。用 ^{252}Cf 的中子照射可以作短寿命核素的放射性分析,以收集有关 ^{235}U 浓缩程度的数据。

热中子射线照相术已受到日本国内的重视。作为一个新的非破坏性检查方法,使用它能够知道在x射线、 γ 射线检查不出的物体内部的缺陷(例如金属结构物中的有机物质)。用热中子射线照相术要得到清晰度好的中子像,通常要用微粒胶片和强的热中子束。作为中子源,使用反应堆和加速器是合适的。但检查对象要是在现场,而且是飞机的大部件而不是小的部件,要原封不动地检查时,就需要中子源本身小型、轻量、不要动力,而且能够安全移动,在这种场合,RI中子源就是最有利的。

到目前为止,已从使用 $250\mu\text{g}$ ^{252}Cf 起逐渐增加源强到现在的约 1mg ^{252}Cf ($\sim 0.5\text{ci}$),并开发了使用 ^{252}Cf 的热中子的射线照相装置和技术。作为一种新的尝试,还开发了同时曝光以得到热中子像和 γ 射线像的n- γ 同时射线照相方法,这些成果大致能满足宇宙火箭用的热处理品的性能检查。但是关于像的质

量, 如果使用小于10mg的 ^{252}Cf , 就难于和小型回旋加速器抗争。另外如果在现场不能做迅速检查, 就缺乏经济实用意义。作为能够大幅度改善这些问题的新方法, 今后期待着电子摄像法的实用化开发。

二、欧美·Harwell研究所

根据IAEA1962~4年的调查数据, RI仪器、装置美国有8000—9000台, 英国有2037台, 法国有1465台, ECD气相色谱装置13000台, 这表明欧美发达国家20多年前RI仪器、装置的应用就已经高度普及。这些国家以后的发展更不待说。仅英国Amersham国际公司每年向美国提供的 $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ 中子源就有两千多个, 大部分用在了土木建筑行业做水分计。用RI仪表探查石油、煤和各种矿产资源的历史也很悠久, 尤其近年来的发展使人注目。开采天然资源的条件现在越来越恶劣, 因此对探查技术的要求越来越高。在这个领域里最新的射线应用技术进展详见“Inter. J. Appl. Radia. Isotopes”的核地质力学特刊号。

本来可以利用 γ 射线和x荧光分析的地方也可以利用中子。如利用中子的散射减速测定孔隙率, 中子引起的 γ 射线谱测定方法等。利用中子进行地层探查, 使用了能得到脉冲强中子源的中子发生器。最近在美国的Sandia国立研究所新开发了小管径(外径38mm)的14MeV中子发生器, Eetatron, 由Kaman科学公司在市场销售。预期这个技术能广泛应用于勘探铀矿等矿产。

轻便的以及在线的分析仪器(低能x, γ 射线的应用)中有利用低能 γ 射线的背散射, 测定煤中灰分含量的灰分计, 有利用激发特征x射线的x荧光分析仪, 都已经广泛使用, 并在继续开发。半导体探测器和(Ne—Ar)正比计数管已使用在矿石浮选在线分析仪中。使用了这些高分辨能量探测器的x荧光仪同时能分析出好多种元素。

液面计和厚度计的使用数量大, 应用范围广。例如在清凉饮料储存容器上装一个液面计, 利用 ^{241}Am γ 射线的穿过, 可以指示容器中的液面。这个简单的装置在美国每年要用100mci的 ^{241}Am 源数百个。

英国Harwell研究所是英国原子能公司下属的最大的原子能研究中心, 约4000人, 是近代欧洲RI工业应用开发的范例。

RI和射线应用的开发部门最先是在离Harwell不远的Wantage研究所内, 现在属于Harwell研究所。作为RI工业应用主体的计量和示踪应用组属于核物理部, 开头叫工业物理组, 现在的正式名称是“Applied Nuclear Geophysics Group”, 负责人是C. G. Clayton, 全组15人(研究人员10人, 技术员5人), 进行与资源开发有关的射线计量技术开发和服务, 开发计划的名字叫“Nuclear Techniques in mining and Quarring and Radioisotope Instruments and Techniques in Industry (NUTMAQ/RINTIN), 另外在核物理部内还有地球物理示踪组, 非破坏检查、放射化学分析、核材料测定组等。

现在, 与RI和射线工业应用开发有关的人员分别在进行三方面的工作: 基础研究, 目的在于实用化和普及的开发, 以及技术服务。与Harwell研究所有联系的产业界积极支持这样的研究工作。在最近的广告上表明了Herwell的中子射线照相、x射线照相等非破坏性检查技术使英国的航空发动机具有国际竞争力而输往美国市场, 对此做出了贡献。

近年来Harwell研究所每年60%的经费由合同收入提供。Clayton小组的情况是, 100%的经费, 大约50万英镑是自己干活挣的。从60年代末Harwell就向这个方向努力, 逐渐提高合同收入的比例。RI应用开发部门从Wantage时代就和外面协作进行新技术开发。明确重点项目, 确保优秀人才, 在先进的技术研究开发领域里, 稳步而又顺利地取得成果。可以说Harwell已经完全摆脱了曾

经经历过的停滞状态，而转变成为有活力的研究所。

Clayton的RI工业应用组最近的课题有以下一些：

1. x荧光分析：制造和出售深地层轻便分析仪，使用RI源及自己开发的x射线管。

2. 射线计量仪器：和电子学部门协作，制造和出售从勘探铀和石油用的地层检测仪器到一般的放射性测量仪器。

3. 数据分析：在英美两国十个公司里建立了资源勘探服务，在使用大型计算机的理论计算、数据分析方面进行协作。

4. 海底勘探：制造了在海底使用的天然放射性 γ 谱勘探机，在英国周围的海域连续不断地勘探数年之久。后来又制造了使用 ^{252}Cf 的中子俘获 γ 射线勘探机，在地中海进行勘探。 γ 勘探机对后处理工厂排泄到海底的 ^{137}Cs 放射性的测定也做出了贡献。

5. 煤分析仪：从利用低能 γ 射线背散射到中子诱发 γ 射线的应用。

6. 示踪应用：在以石油化工为主的各种工业领域内进行了流量测定、检漏等。

(牛芳节译自日本“原子力工业”，

题目是译者加的)