

放射性同位素及輻射的应用

放射性同位素应用在国内外的发展概况

中国科学院原子核科学委员会同位素应用委员会

前 言

放射性同位素的应用是和平利用原子能事业中的一个重要方面。最近 15 年来,放射性同位素由于可以利用原子核反应堆来大量生产,已经从原来实验室规模的小量使用,迅速地发展成为在工、矿、农、医以及各門科学研究工作中广泛使用的新技术。放射性同位素的普遍应用,对于国民經济和人民健康所产生的良好效果是十分明显的,所以世界各国对于这个新技术的推广、应用都十分重视。我国,在党的英明领导下,放射性同位素应用有很大的发展。

这个报告包括:

(1)同位素应用的发展过程及其經济意义;(2)应用原理与必要条件;(3)国际上苏美两国的应用概况;(4)国内的应用概况;(5)今后的任务。

現分別作簡要的介绍。

一、放射性同位素应用的发展过程及其經济意义

放射性同位素应用的发展过程

放射性同位素应用的发展是和放射性同位素制备技术的发展分不开的。放射性物质的发展过程为先有天然放射性,接着有用加速器和中子源产生的人造放射性,再后有用反应堆产生的人造放射性,最后有裂变产物的放射性。放射性同位素的应用是和这四个阶段放射性同位素的生产能力相适应的。

早在本世紀初期,皮耶尔·居里和法国的两位医学工作者在使用鐳对动物进行試驗时,証明鐳的射綫对于摧毁有害的肿瘤細胞是有效的,这个工作距离发现天然放射性的 1896 年,才不过五、六年。接着放射性鐳在医学界中的应用引起人們极大的兴趣。大約又过了十年左右,鐳 D 被人作为示踪剂来进行化学反应方面的研究,并取得良好結果。这样人們才認識到应用放射性物质作为各門科学研究的工具是十分可能的。可是,在这一段时期放射性物质(主要的是鐳以及它的子体)的来源,只是限于从天然矿石中提炼而来,量少而价格昂貴,又兼品种不多,所以无法大规模应用。到了本世紀三十年代初期,在原子核物理工程方面有着飞跃的发展。1934 年发现了用天然放射性的 α 射綫对于輕元素的照射可以产生人造放射性,这样人們就找到了通过核反应来产生放射性的方法,使放射性物质增辟了一个新的来源。但是,用这种方法所得到的放射性是十分微弱的,而且半衰期甚短,所以用处不大。就在这一段时期(1930 年起),供核物理試驗用的許多种类型加速器都先后被設計并成功地試制出来了。利用加速器来加速氮

离子,可得到强度比天然放射性强得多、而性质与 α 粒子相同的射线。此外还在1932年发现了中子,1933年用化学浓集重氘的方法试验成功,利用中子照射和重氘离子轰击的方法也可以产生放射性。这样,人造放射性同位素的品种就大大增多了。然而,由于使用这些方法所能得到的放射性同位素的数量仍是比较少的,而且,生产的费用比较高,所以还不能大量开展应用,但是利用这样的人工放射性同位素来进行各方面的科学研究却已经相当普遍。其中比较突出的工作,如植物方面的光合作用、养料的运输与吸收,化学方面的离子交换,冶金方面的扩散问题,机械方面的厚铸件探伤,医药方面的白血球增多与骨瘤的治疗等就有利用人造放射性碳14,磷32,钠24,铜64,镱88,铯89等来进行的。此外,在这一段时间,人们对于各种新发现的人工放射性同位素的基本特性,如半衰期、射线的能量等进行了许多详尽的研究,这就给以后的大规模使用放射性同位素作了良好的准备。到了第二次大战结束之后,新兴不久的原子核反应堆技术有着飞跃的发展。通过反应堆来生产人工放射性同位素显示出许多优点,如产量高、成本低、品种多和可以同时生产许多种放射性同位素等,这就使得放射性同位素在各方面的应用能够迅速地发展起来。在这短短十多年的时间内,放射性同位素的应用,不仅已深入到各方面科学研究的实验室,而且在工业、农业、地质勘探等生产线上得到实际应用,这对于推动国民经济的发展起了一定的作用。放射性同位素生产的另一来源是利用裂变产物,裂变产物是反应堆的副产品,其中放射性同位素的含量甚高,品种甚多。据计算反应堆的功率每7瓦每年可以得到1个居里的有用放射性裂变产物,由于动力堆的不断发展,将来从裂变产物中获得的放射性将大大地增加。这些大量的同位素的供应将使同位素应用的内容更为丰富,例如裂变产物中的铯90,钷90和铯137都由于它们有较长的半衰期,分别成为极受欢迎的 β 放射源和 γ 放射源。

经济意义

放射性同位素的应用对技术革新和技术革命有重要意义。它在国民经济方面起的作用是十分明显的。世界上各国对于放射性同位素的应用都相当重视,并且取得了一定的成果。资本主义国家如美国在1957年由于应用放射性同位素而节约达5亿美元,同一年度日本节约为35亿日元,法国为5亿法郎。社会主义国家在这方面所取得的成就更为突出,如苏联在1957年由于使用放射性同位素在工业方面节约了12至15亿卢布。预计苏联在七年计划(1959—1965)结束时,在工业上由于在控制和自动化仪表方面应用了放射性同位素,将能节约50—60亿卢布。至于在农业、生物学和各门科学研究方面,由于使用放射性同位素作为研究工具而取得的成果,以及在医学方面由于使用放射性同位素作为诊断和治疗而使人民的保健工作多了一个保证等,更是无法用节约金额来说明其意义的。

二、放射性同位素应用的原理和推广同位素应用时应该具备的必要条件

放射性同位素的应用原理

放射性同位素应用的面非常的广,但总的说起来不外乎可分为射线的应用和示踪原子的应用两大类。兹分别介绍如下。

射线的应用 按照使用性质的不同可以分为三种:

i) 射线的直接利用:凡是把放射性同位素所放射出来的射线的能量直接转变为别种类型的能量,如电、光、热和机械能等,或转变为别种的射线,如中子、X射线等,然后加以利用的都叫做射线的直接利用。其中以原子电池、发光涂料、中子源和 β 射线激发X射线发生器等应用

較广。

ii) 輻射效应的应用: 这是利用物质經過射綫照射之后所产生的物理的、化学的和生物的效应, 以达到某种应用的目的。这方面应用比較有成果的如靜电消除、材料強化、高分子的聚合和共聚、高分子性质的改变、碳氢化物的氧化和卤化、馬鈴薯的抑制发芽、种子的刺激生长和变异选种, 物品的杀菌消毒和肿瘤的治疗等。輻射效应的应用, 一般需要用比較強大的放射源。这样的放射源除了使用鈷 60、銻 137 等同位素之外, 还可以使用反应堆用过的鈾棒或經過分离浓集的裂变产物。此外电子加速器, 如电子靜电加速器、电子直綫加速器等, 也可以提供强度十分高的 X 射綫和电子束, 作为代替放射性同位素的 γ 射綫和 β 射綫来使用。

iii) 放射性仪表和仪器的应用: 这是利用不同物质对于射綫具有不同吸收或不同散射的原理而制成的成套装置, 用以測定被测物质的某个物理参量。这样的仪表和仪器, 由于使用目的不同, 有着各种各样的类型, 如供测量厚度、密度、浓度用的厚度計、密度計、浓度計, 供測定液面位置用的液面計, 供控制用的 γ 射綫(或 β 射綫)繼电器, 供探伤和檢驗用的 γ 射綫探伤仪, 供地質勘探用的各种类型放射性測井仪。这些仪表和仪器, 目前已被广泛地采用, 有的已成为专业工作上不可缺少的必需装备(如測井仪, 探伤仪等)。

示踪原子的应用 放射性同位素的化学性质和它的稳定同位素的性质并无什么区别, 但它能放射出这一种或那一种容易被仪器探测到的射綫(α 射綫、 β 射綫、 γ 射綫、内轉換电子和 X 射綫等), 这就使得它无形中带上了一种特殊标记。因此, 当小量的放射性同位素与大量的稳定同位素混和在一起时, 可以通过对于射綫的测量, 測出稳定物质在某一变化过程、运动过程、生长过程、相互作用过程中的变动情况, 这就是示踪原子应用的原理。示踪原子的技术在很早的时候就已被采用。最近 20 多年来, 由于使用放射性示踪原子的方法而进行的各方面科学技术研究所发表的論文是非常多的, 这可以看出使用这个新技术的普遍性。示踪原子的应用可以归納成下列的几种典型方法: 跟踪法、定比法、稀释法、指示剂法、放射性分析法和自射綫照相等。

推广同位素应用时必须創造的条件

放射性同位素的应用在国民經济上的意义是如此显著, 在和平利用原子能事业中的地位是如此重要, 所以普遍推广放射性同位素的应用, 是目前应该迫切去做的工作。但由于放射性物质放出可以損害人体健康的射綫, 所以它和一般可以随便使用的物质相比, 是具有很大差别的。在推广使用的时候, 如果不得其法, 則会引起很大的损失。这里將談一談在推广放射性同位素应用的工作中, 必需創造那些条件, 才能够使这个工作迅速順利发展。总的說来这些条件可以归納为四个方面, 茲分述如下:

1. 人員的訓練与放射性知識的宣传普及 工作人員的訓練, 可以說是在推广同位素应用工作中首先应做的工作, 一般的工作人員, 对于放射性物质有两种看法。第一类人认为放射性物质十分神秘, 十分危險, 而不敢去接近它, 更談不到去使用它了; 第二类人认为放射性物质和一般的物质没有什么不同, 无须特殊注意, 因此就麻痺大意, 忽視了安全防护的重要。这两类人的看法对于工作的开展都是不利的, 应该通过短期訓練的方法, 使他們能够正确地掌握关于放射性同位素方面的知識和正确使用的方法。由于同位素应用所牽涉的面非常的广, 所以人員的培訓不应该限于某一种固定形式。就短期訓練班的方式來說, 应该具有下列这几种类型: (1) 綜合性的訓練班, 培养水平較高的干部, 达到熟悉原子核物理与放射化学的基础知識, 熟練輻射探测仪器与放射化学操作方法, 了解射綫防护原理以及掌握放射性同位素应用的原理和方法等。(2) 专业訓練班, 培养在各个专业上使用放射性同位素的专门技术干部, 达到熟練掌握

各該专业上使用的放射性同位素或放射性仪器,仪表的原理和方法,以及了解放射性物质的一般特殊性和防护知識等。这一类的訓練班是很多的,如“ γ 射綫探伤訓練班”、“放射性測井訓練班”、“放射性同位素临床应用訓練班”等。(3)探测仪器維修人員訓練班,培养維修探测仪器的技术干部,达到了解探测器与电子学綫路的基础原理,掌握同位素应用工作中探测仪器的維修技术。除了短期訓練之外,还应该有长期进修(半年至两年)和在高等学校、技术学校中增設与放射性同位素应用有关的課程等办法,以达到普及与提高相結合。

除了人員的培訓之外,一般的有关放射性同位素应用的宣传普及工作也是相当重要的。因为到目前为止,还有許多工作可以使用放射性同位素这样的新技术来解决問題,提高效率,而沒有用上或者还不知道有这样的一种技术可以使用,这都需要通过普及宣传的办法来引起人們的注意的。

2. 放射源生产供应工作 很明显,要应用放射性同位素,首先必須有放射性同位素。在目前,放射性同位素虽然多到1200种左右,但是其中大部分是半衰期太短或半衰期太长的(放射性比度太低),因此并无实际使用价值。半衰期合适,可以加以实际应用的放射性同位素还不到200种;其中比較常用的,才不过50种左右,容易制备而又用得最多的約为20—30种。所以在开展同位素应用工作时,如果能把最常用的20—30种同位素的供应做好,就可以絕大部分地满足对于同位素的要求。可是放射源的供应工作,除了同位素的生产之外,还牵涉到源之分装,标记化合物的制备以及放射源的运输,貯藏等一系列的問題,这些問題必須予以适当的注意和安排,才不至于使工作的开展受到阻碍。这里应该指出,常用的放射性同位素有的是从反应堆生产的,如钴60,磷14,錒90,鉍137,碘131等,有的是需要用加速器生产的,如鈉22,錳54等,所以在准备源的供应工作的时候,都应该将这些生产問題加以考虑。

3. 仪器的供应与研究試制工作 放射性同位素应用的工作,如果沒有配备上必需的测量仪器,則无法順利进行。这些仪器,由于应用的目的不同,种类十分繁多。大概有下列几类:(1)供测量放射性强度用的各种定标器(适用于盖革計数管、閃爍計数器、和脉冲电离室一类的探头);(2)供测量放射性强度用的各种弱电流测量装置(适用于电流电离室的探头);(3)供安全防护用的各种剂量率仪和剂量仪;(4)供各种目的使用的安装成套的放射性仪表和仪器,如厚度計、液面計、核輻射继电器、測井仪、探伤仪等;(5)供某些特殊目的用的仪器,如测能量用的能譜分析器;测微弱放射性用的反符合测量装置等。除了成套的仪器之外,对于各种各样的探头的供应,亦必須作妥善的安排,这些探头如各种通用类型的盖革計数管;医学上使用的小計数管,針狀計数管;供测量軟 β 射綫和 α 射綫用的薄窗計数管;供测量中子用的各种中子計数管;以及各种閃爍計数器等。为了长远着想,仪器的供应除了满足需要之外,还应该考虑到仪器性能的改良提高以及新仪器的試制問題,这就需要投入适当强的研究力量。

4. 安全防护的工作 为了使放射性同位素应用的工作能够安全地开展,安全防护的工作是非常重要的。安全防护工作具有积极的和消极的两方面,积极方面的工作是:(1)对于从事放射性同位素工作的人員,传授正确的安全防护知識和合于防护要求的放射性操作方法;(2)提供合于防护要求的工作場所(包括各种强度水平的放射化学实验室,各种射綫的照射实验室等);(3)对于放射性的污物、污水提供合理处理的方法。消极方面的工作則为由国家保健机关严格地执行关于放射性工作的审查監督工作,对于违反放射性安全操作的使用单位和工作人員給予严格的处理。

三、目前苏美两国应用放射性同位素的概况

由于放射性同位素应用的范围是非常的广泛,要想全面地介紹是很困难的,这里只簡略地

介紹苏美两国应用放射性同位素的情况。为了更好地向苏联学习，我們着重介紹在苏联的应用情况。

苏联应用放射性同位素的情况

由于苏联的党和政府一贯地对科学技术的重视，早在十月革命胜利后不久，就开始了天然放射性同位素的应用，最初的应用是采用放射性元素来治疗癌症，测定矿石的年龄以及解决分析化学中的一些问题等。

目前苏联放射性同位素的应用，已经由实验、研究与小规模试用阶段发展到很多部门在生产中普遍地大规模地应用，成为推动国民经济发展，提高生产力的一项先进的科学与生产技术。同时，放射性同位素技术，也已成为进行各种研究工作(如化学、医学、生物学等各种研究工作)中不可缺少的有独到优越性的手段。

为了顺利地开展放射性同位素应用的工作，苏联重视了放射性同位素的生产，无论在品种或在数量方面，增长的速度都是非常快的。例如，1957年苏联生产的放射性同位素是75种，1958年增加为90种以上，而在1959年末开张的同位素商店中，出售的放射性同位素却已有110种。与此同时标记化合物和辐射源的生产，也由1958年的360多种和100种分别增长为800多种和1000多种。在数量的增长速度方面，可用常用的同位素钴60和碳14的生产情况来说明，1954年生产钴60约5万居里，碳14约7居里；1958年这两种同位素已增长到：钴60为19万居里以上，碳14为200居里。

放射性同位素在苏联已被广泛地采用，经济价值很大。现在我们将苏联应用放射性同位素一部分意义重大的项目介绍于下：

在工业方面的应用 苏联应用同位素于工业上是有显著成效的，不但大大推动了工业生产的机械化、连续化和自动化，而且取得了极大的经济收益。无论在冶金学、金属铸造、机器制造、机器结构、仪器构造、力学和热工学，或在矿物勘探和加工等方面放射性同位素都取得了广泛的应用。以下将分别介绍几个方面的应用情况。

(1) **金属制件的探伤** 苏联广泛采用具有硬 γ 射线的钴60源来进行金属制件的探伤。它能够发现厚达300毫米的钢制件内部的损伤位置。而一般的X射线在透视厚达80—100毫米的钢制件时即非常困难。能量较小的 γ 射线同位素，如铯137、铱192、钷170亦常被采用于透视厚度较小的金属制件。

在显示制件内部损伤的方法方面，有照相法和电测法两种。后者是用闪烁计数器或 γ 计数管来进行记录的。

探伤检查方法，现在已深入到上千个企业中，使用了几千台ГВП-Co-50，ГВП-Co-5，ГВП-Co-0.5型探伤仪。此外，尚有不少使用铯137和铱192的型号为ГВП-Ir-5-2的探伤仪。

在制造直接显象的探伤仪方面，目前也进行了工作。在这样仪器中要应用电子—光学的转换器和复杂的电子学装置。

(2) **放射性测量和控制仪表** 放射性仪表是具有其他类型仪表所不能具备的特殊优越性能。利用射线在通过物质时的吸收和散射性质，原则上，对生产过程中的制件的厚度(如压延过程中的金属片、纸和带子等的厚度，镀层的厚度，管壁的厚度等)或物质的密度；密闭容器中颗粒体和液体表面的高度；温度；传送带上产品的计数等方面，放射性仪表都能作到自动测量和自动控制。又如在测量和控制钢的连续铸锭时液态金属的液面位置方面，就具有很大的经济价值。

苏联政府非常重视放射性仪表生产和研究设计工作,有不少机构在研究试制这方面仪表,到1958年为止,他们已生产了检查技术过程用的仪器几千种以上。

各个企业中都广泛使用了这方面的仪器,除了前面所提到的各种探伤仪以外,在测量和控制液面高度方面还使用了VP-4型液面测量仪。在建筑上和工厂中使用了密度计来测量矿浆,工艺溶液及其他混合物的密度。测量耐火制品熔结物密度有PKM和ПЖР等型放射性仪表。在测量冶炼材料厚度方面,使用了上述类型的仪器。

(3) 在石油工业中的应用 放射性同位素在石油工业中的应用主要是在勘察和开采两方面。1950年开始,苏联就广泛采用石油井的中子测井法,所用的源是本国大量生产的钷钷中子源。1953年开始大批生产放射性同位素测井的仪器,在1957年用这样方法探测过的矿井达到惊人的数量。1958年有上百个工业地球物理勘察队,使用了放射性测井的方法。

利用放射性仪器解决了很多油田中水—石油的接触面的问题,分出了油井中煤气层和石油层,从而改善了开采的方法。

在利用放射性方法勘探其它矿藏方面,也完成了很多工作,如对硼矿、煤矿、铝矿、镉矿、水银矿、锑矿和钼矿的勘探。在采用了所谓取矿样的选择法可分辨矿含0.2—0.3%以上的钨和汞的矿层,以及含0.6—1.0%以上的锑和钼的矿石。

(4) 在冶金工业中的应用 在冶金工业中,放射性同位素多被采用作为示踪剂,主要用来检查炼铁炉炉衬的耗损;了解炉料及气体在炼铁炉中的运动情况,以及进行一系列的科学研究工作。

现在苏联几乎所有的高炉都用了放射性同位素来检查炉衬的损耗情况,消灭了由于炉衬损坏而引起的事故。由于对炉料运动的研究,提出了改建高炉的意见,使得新高炉在生产效率方面提高10—20%。

在1958年苏联就有将近几十个研究机构和冶金工厂应用放射性同位素来研究、控制和调节黑色冶金的工艺过程,如象研究了钢槽的流体动力学和造渣作用的动力学。根据这方面的数据,就使在平炉中的熔化时间缩短20—40分钟,提高生产率5—10%。又如用放射性同位素来研究钢的非金属杂质的来源,从而拟定了降低这些杂质的措施等。

(5) 在机械制造业中的应用 在这方面放射性同位素多被用来研究摩擦和磨损现象,成功地研究了润滑剂和燃料轴的负载和转动速度对发动机零件的磨损的影响,以及研究了各种加入润滑油中的添加剂的防腐作用的机构等。

又如利用放射性同位素研究切削工具的磨损,使能建立一套合理的切削制度,从而节约了时间和材料。

此外,苏联还开展了在核辐射下,加强金属性能的研究。

在农业方面的应用 放射性同位素在农业方面的应用,在苏联也得到很大的开展,主要的工作和成果有以下几方面:

(1) 食品的保存 主要是利用射线来进行食物的消毒。为此目的,可利用 γ 射线和能量在15兆电子伏以下的电子束。各种食品在辐照下除了抑制微生物的生长外,本身亦产生一些化学的副作用,使其性质改变,这些改变与食品的种类和辐照的剂量有关。

苏联在马铃薯的抑制发芽方面,已得到明显的研究成果。当辐照剂量为10000伦琴时,能保存一年之久,辐照后的马铃薯可以酿工业用酒。在辐照装置方面也设计出可移动式5万克镭当量的钴60源辐照器。辐照还用来作为罐头食品的杀菌消毒的手段,密封在罐中的食品如生甜菜、胡萝卜、马铃薯,当用1—1.3兆物理当量伦琴的剂量辐照后可得到消毒,但不致引起色、香、味等质变;辐照1.2兆物理当量伦琴的生猪肉可在密闭包装中保存4个月,煮熟后未发

現有怪味,或不好的气味。

糧食貯藏方面主要是利用射綫来杀死糧食害虫以便于糧食貯藏。根据目前所得数据証明,当照射 10000 伦琴时可杀死全部害虫,此时糧食尚可食用,但已不能作种子。現在认为照 8000 伦琴最为适合,即既能食用又能留作种子。在这方面,苏联已有一强度为 20 万克镭当量的鈷 60 的工业輻照装置。

(2) 射綫杀蛹 射綫可用于杀死繅天然絲的茧蛹,此法較一般蒸煮法杀蛹能更好保証茧絲质量,可增产茧絲 5.8%。

此外,以射綫照射茧蛾,可以达到选育的目的(选出产絲量和生活能力較高的雄蛾),从而增产茧絲 20—30%。

(3) 合理施肥 用磷 32 作为标记原子以研究磷肥的合理施用。

(4) 輻射遗传和輻射选种 禾本科植物經照射后可得到一种收获量高,并且不倒伏的品种。小麦在照射后可得一种能抗锈病的品种。

(5) 用低剂量刺激植物生长发育。

此外,在研究大豆根瘤固定氮的机制、植物保护、植物生理和兽医方面,放射性同位素也都有应用。在农业的自动灌溉和农业机械中也有应用。仅农业机械中用放射性研究润滑油的經濟利用一項,就为国家节省了几百万卢布。

在生物学方面的应用 放射性同位素在生物学的研究中所起的作用是十分巨大的,它的作用有如显微镜在生物学中引起的革命相仿。对許多生物学部門說来,使用同位素方法已成为它的新的发展阶段。

无论是在生物化学、植物生理学、动物的生物化学或在普通生物学中,使用放射性同位素示踪都解决了一系列研究课题,例如应用同位素可以研究植物的各种組織的恢复过程;同化作用的生成和移动过程;养料的移动速度;植物中糖、橡胶、含油树脂等对人类有益的物质生成过程,以及其他許多过程。如肯定了甜菜植物中叶子是合成糖的主要地方,氮的固定作用不象从前所提发生在豆科植物的根球細菌細胞里,而是发生在其周围的球根組織中等。

在动物生物化学方面,利用标记原子方法研究了許多器官中所发生的細微临床的过程,观察了代謝的真实速度。在普通生物学中,利用碳 14 测定浮游植物光合作用的生产率的方法,去测定大水库的浮游植物的年产量;并利用磷和鈣的同位素,研究了物质的循环过程等等。

在医学方面的应用 在医疗卫生方面,应用放射性同位素,对保証与改善人民健康作出了重大贡献,用于诊断和治疗下列疾病方面是比较有效的,并已大量普遍的推行,如: (1) 用放射性碘 131 对甲状腺病进行诊断和治疗。 (2) 用放射性磷 32 治疗血液方面的疾病,特别是对紅血球增多症效果最佳。 (3) 用放射性同位素进行肿瘤定性和定位,用 γ 射綫治疗各种肿瘤已得到很大成就。 (4) 用放射性磷 32, 鈷 51, 鈉 24 的示踪血液诊断血液病; 研究輸血和血液貯藏的方法; 寻找好的代血浆。 (5) 用放射性磷 32 促进骨折愈合, 可使愈合期中的骨痂形成期由几个月甚至几年縮短为 16—20 天, 它对外科有重要意义。

此外还有用同位素治疗十二指肠潰瘍; 心脏病, 眼科症病等。

在化学方面的应用 苏联开始在化学研究上采用放射性同位素較其他国家为早, 在 1935 年—1938 年就曾系統地发表了关于卤素的同位素交换和接触过程机制方面的文章。現在在无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、化学动力学及化学工业等領域中, 都利用放射性同位素解决了一系列問題。如在无机化学中大量研究了各种同位素交换机制; 在无机盐晶体中組分扩散速度的研究方面, 引导至建立了固体—气体、固体—融熔体、固体—溶液系統的扩散交换理論; 又如有机化学中应用同位素决定了酯化和水解反应, 釀的还原反应时鍵的生成和

破裂位置等。在化学动力学中用放射性同位素研究了均匀相和不均匀相反应的机构,解决了很多热力学平衡问题。在化学工业中研究了許多氧化催化过程中, 催化剂氧的加入问题和利用鈣 45 研究水泥块的结构等。

值得提出的是一些物质在辐照下物理、化学性质的改变, 如象硫(固)化橡胶, 改变塑料的物理、化学性质等。这方面工作, 苏联亦在大量开展。

总之苏联在应用放射性同位素方面, 无论在应用的范围或在应用的数量上都是世界最先进国家之一。广泛地使用, 也给国家带来巨大的经济收益。在医学和科学研究中的应用, 为人民带来的健康和智慧, 其价值更是无法用经济观点来估计的。苏联在放射性同位素方面的应用是我国的榜样, 我们要虚心的向他们学习这方面的先进技术。

美国使用放射性同位素的概况

美国的放射性同位素的生产中心是橡树岭研究所和布鲁克海文研究所, 目前能生产的放射性同位素大约 900 种。1958 年 7 月底止, 橡树岭研究所已生产 50 万居里的放射性同位素, 其中主要是鈷 60。从该所运出的同位素看来, 1958 年比 1957 年增加 37%。在橡树岭研究所的实验室工厂中, 能制备几千居里的鈷 137、鉍 147、鈾 144、錒 90、鉍 99 等。1958 年 8 月美国原子能委员会宣布执行一个 400 万美元的同位素发展计划, 大力训练人员, 推广用途并提高生产。据 1958 年统计, 美国全国的学校、研究及生产单位所使用的高能辐照装置约有 40 个, 包括约 35 万居里的鈷 60 和 9 个利用放射性同位素元件的设备(不包括医药用的辐照装置, 加速器和射线发生器等), 其中最大的是橡树岭研究所的 20 万居里的辐照装置, 从 2 万到 6 万居里的设备共有四个。

据最近统计, 美国全国使用放射性同位素的单位: 工业 150 个; 医疗机构 2000 个; 大学 250 个; 个人、团体 4400 个以上, 进行同位素应用于各个方面的工作。现在就所作工作简述如下:

工业上的应用 在工业方面主要的应用是检漏、探伤及测厚等。所采用的放射性同位素包括鈉 24, 鈷 60, 鈷 137, 鉍 90, 錒 90 等。

在橡胶的辐射硫化作用、聚苯乙烯的辐射聚合方法以及用辐射引起共聚作用来改进塑料的性能等方面都进行了研究, 说明都有应用的价值。

在冶金方面, 也曾广泛使用放射性同位素来研究鼓风机中冶炼过程的许多动力特性。检验鼓风机衬壁的磨损、改进精炼和铸造技术、测定杂质含量, 确定金属在金属中的扩散率、合金相分布及表面缺点的检验等。所使用的放射性同位素有金 198, 銅 140, 磷 32, 铍 192, 銀 110, 錒 90, 鈷 60, 硫 35, 鉄 55, 鉄 59, 鈣 45 及鈾 101 等。

自发光源及原子电池等方面也应用较多。

农业上的应用 放射性同位素在农业上的主要应用是改进肥料、研究土壤、选育良种、研究生物养份、增加牲畜的繁殖能力、研究杀虫剂和除草剂的效应和效率、提高人们对植物生长的知识等。

其他在医学上对恶性贫血病、甲状腺症、心脏病、及甲状腺机能亢进病等的诊断及治疗, 血液及血浆容量的测量, 肿瘤部位确定等方面都应用了放射性同位素。

四、我国应用放射性同位素现状

解放后, 由于党的极大重视, 放射性同位素应用工作在短时间内很快地成长起来。近两年来, 在党的建设社会主义总路线和连续大跃进形势的鼓舞下, 我国同位素应用事业获得了十

分迅速而广泛的发展。现将同位素在工、农业和医学等方面的应用現况簡述如下:

工业方面

冶金工业 在鋼鉄工业中如何測定高炉砖衬损坏情况是个重要的問題, 因为高炉日夜开工, 在炉外很难知道炉内砖衬的变化情况。利用放射性同位素放在不同高度和不同厚度的衬砖里, 在炉外随时测放射性強度的变化, 即可明了损坏情况。既保証安全; 又可發揮高炉衬的最大利用率。

利用同位素在自动控制, 連續鑄錠和連續鑄管, 鋼水液面測定等方面, 已进行了一些試驗, 取得了一定成績。在金属物理方面, 利用放射性同位素所进行的研究工作, 亦取得某些成果。

地質、煤炭、石油工业 在探矿方面采用放射性 γ - γ , n - γ 测井方法, 得到很好的效果, 这是非金属测井的有效方法之一。

从經濟效果上来看, 采用同位素也有极大的意义。利用 γ - γ 测井, 配合鈷探进行局部无岩心鈷探, 鈷机台月最高生产率比过去增加了 6 倍。又在局部不取岩心的基础上进行全不取岩心, 台月生产率繼而比原来增加了 9 倍, 单位成本降低为原来的 1/10。

放射性液面調节器 (PPV-1 型放大器及 PIP-1 型可逆定位器)。PPV-1 型放大器等已經使用。解决了高压装置中自动化工作的最大阻碍——气动执行机构的关键, 只需 1 千克/厘米以下的空气, 即可开动各种高压手动閥。

石油科学研究部門也进行了許多工作

(1) n - n 测井仪的研究試制成功, 并已在現場使用。

(2) 試制了 PPV-1 型放射性液面調节器; 在中压液相加氫装置中高温, 殘渣分离筒上, 进行液面自动控制。使用情况良好, 反应灵敏使操作更加稳定, 波动范围由人工控制时的 100 毫米減到 30 毫米。对 YP-4 型随动式放射性液面計也进行了大型試驗, 效果良好。

机械、水电工业 (1) γ 探伤: γ 探伤是我国工业生产中利用最早的项目之一。水利电力系统, 1954 年开始利用放射性同位素探伤, 現已广泛采用这个新技术。1959 年 γ 探伤檢驗即达 10 万次左右。曾解决过这样突出的問題: 某发电厂的鍋炉本来不准备大修, 用 γ 射綫檢驗結果发现鍋炉有裂紋, 必需大修, 因此避免了可能爆炸的危險。另一次, 另一发电厂的鍋炉, 已到大修时期, 但用 γ 射綫检查結果发现并没有毛病, 免去了例行的大修工作; 节约了大批人力物力。 γ 探伤工作已取得良好的效果:

1) 保証了基建的安装质量: 从 1954 年采用 γ 射綫安装质量檢驗工作以来, 到目前尚未发现过当时檢驗认为合格的部位发生任何事故。

2) 保証了安全生产: 能及时发现隱性事故, 从而保証了人身安全。

3) 节约了国家資金: 如事先作好质量检查, 折修日期延迟 2 年, 就会大大节约国家投資。

4) 找出了一些缺陷的規律性, 从而可对同类型設備作先期的預防工作, 为改进設計提供了重要的参考。更主要的优点是投資少, 携带方便, 操作简单, 容易掌握, 可以检查任何物体内部缺陷, 并直接测到缺陷形状、大小, 从而可判断缺陷的性質等。

目前檢驗压接管质量一般用专门仪器檢驗其电阻大小来判断, 但在带电情况下檢驗有困难。因而对压接管进行非破坏性探伤檢驗是非常必要的, 某一中心实验室进行了用 γ 射綫对压接管絕緣瓷瓶等的探伤試驗, 在带电情况下检查压接管已获成功, 檢驗效果很好, 可以推广使用。对不影响送电进行檢驗具有重大意义。

机械制造部門也有許多单位开展了这一工作。其中以縮短曝光時間方面的成果最为突

出,他們找到用0.2毫米的鉛增感屏涂上一层0.3—0.4毫米的熒光材料,可以使曝光時間縮短2至2.5倍。应用方面如某重型机器厂利用 γ 射綫对起重机的上下盖板的焊縫及重要鑄件、水压机底座等进行了探伤試驗,經透視可以发现未焊透夹渣、气孔等缺陷。

某造船厂,曾利用 γ 射綫对船体焊縫、船用空气瓶焊縫,及其他鑄造零件等进行探伤工作,据該厂总结,此种方法已成为生产过程中必不可少的一道工序。成为控制和檢驗焊縫质量的主要仪器,效果非常滿意。

許多省市工厂亦已开始采用。

(2) 机械磨損的研究:

机器零件磨損的研究对改进零件設計,所用材料和工艺过程有很大的帮助,但通常零件在每次活动中磨損十分小,因此研究困难,若利用放射性同位素就可以使磨損的研究变得相当容易。一个机械研究所,利用同位素进行了刀具磨損的研究能满足迅速、精确、不停止切削而評定磨損的要求。初步估計比原来方法可以節約鋼材50倍左右,縮短時間25倍,并且可以得到精确的数据。

紡織工业 在紡織工业方面利用放射性同位素进行毛条均匀度自动控制,静电消除、射綫杀蛹、輻照纖維变性等研究,并已获得初步成果。

紡織研究部門进行了下面一些工作:

(1) 制成了車間温湿度自动控制仪,进行了系統試驗,效果良好。車間产量提高了3.1%,断头率减少了30%。这种仪器可广泛地用于各种需要控制温湿度的車間。

(2) 制成了毛条不均率測量仪,經工厂应用可連續进行測量,灵敏度可适应于自动控制系統的需要,比原来方法縮短两道工序,减少了短片段的不均率,提高了細紗产品质量。

(3) 进行了静电消除的研究,取得初步結果。

化学工业 在化学工业方面也取得初步成果。如用通常方法生产的农药666,其有效杀虫成分666丙体只占14—16%,而用鈷60, γ 射綫輻照可使丙体产量增高到18%。

有一化工研究单位,应用同位素制成了各种控制仪表:

(1) 环己烷硝化釜内用的鈷60液面測定器,当液面变化偏离規定位置 ± 10 毫米时,探测器即发出信号,在硝化釜攪拌情况下誤差为 ± 15 毫米。

(2) 浮子式继电器型 γ 射綫液面計,用于控制高压加氫工艺过程中氫与产品(液体)分离管的液面。当液面变化 ± 5 毫米时,指示仪即发出信号,至回到控制位置为止。

(3) 試制了PIV-3型携带式 γ 射綫液面指示器,可用于測量密闭容器及大貯柜的液面,仪器結構簡單,使用方便,測量誤差 ± 7 毫米。

水利土木工程 利用放射性同位素試制成功了測土壤密度的仪器。在某水庫施工期間,利用此种仪器,每次測定只需5—6分钟,比过去的环刀法提高效率6—10倍,節約了時間、人力和设备。并且解决了水庫隧洞电站及截水坝等工程质量检查中的困难,提高了质量。

有关单位并試制成功了适于測量污泥密度的晶体管輻射仪,对于測量河床、水庫、港湾污泥的密度极为便利。

鐵道研究部門和建筑工程方面的若干研究单位,亦进行了利用同位素測量土壤密度和土壤水份的研究和仪器試制工作,并取得了一定的成果。

同位素与射綫在农业上的应用

同位素在农业上的应用由于它的方法簡便,效果灵敏,所以有着非常广闊的前途。随着两年来全国各个战綫上的連續大跃进,同位素在农业方面的应用也是以跃进的速度迅速发展。

由于各地在开展此项研究工作时,密切地结合农业“八字宪法”和以粮为纲,带动其他的原则,在工作中取得了不少成绩。兹简要叙述如下:

电离辐射对农作物生长发育及产量的影响:这方面的工作全国各省市都在积极地开展,结果很好。根据农业科学研究单位的工作结果,可看出电离辐射对小麦、水稻、棉花、玉米、花生、黄瓜等作物是有着良好的刺激作用的,因而对提高单位面积的产量有显著的效果。

经过 γ 射线(X射线也如此)小剂量(100—5000伦)辐照之小麦、玉米、花生等作物,其发芽速度与未经辐照相比都表现有促进作用,且对花生之开花也有促进作用,不过对水稻和棉花却表现相反的效果,其原因有待作进一步的探讨。在8000伦以下之低剂量,不但对植物幼苗的生长有刺激作用,如莖秆茁壮,生长繁盛,以至到成熟都表现了这一特点,对其有效分蘖也有很好的促进作用。某一小麦优良品种经辐照后有效分蘖与未经辐照相比增加34.8%,小穗和干粒重都较未辐照的高,籽粒品质良好,这是增产的重要因素。试验结果初步得出小麦可增产50%、花生增产10—30%、玉米增产6—21%,但不稳定。总的来看,除水稻表现减产外,其它作物全有增产的效果。

电离辐射导致作物的变异的研究:试验证明,射线不但有增加产量,改进品质的作用,且能引起作物产生变异,经10000—25000伦照射的小麦,发现有双穗变异产生。这种情况不是偶然的,因为经10000伦,15000伦,20000伦,25000伦照射之小麦双穗出现之频率比自然变异高的多,最高达未经照射的(自然变异的)200倍。双穗小麦还具有良好的特性:莖秆强壮、可以抗倒,如果能进一步掌握变异规律,使遗传稳定下来,培育成功,在实践上双穗是有很大的意义的,可提高单位面积的产量。

在棉花方面所进行的试验工作亦得到了一些结果,总的看来减产的特征多于增产的,如叶片变形,气孔多,花粉小,呈不饱满的圆形或椭圆形,铃小呈畸形,不但结铃率低,且大量脱铃。

用示踪原子的方法研究作物的施肥问题:几个农业和生物研究单位利用磷32、钾42、碳14对小麦根外追施磷肥时示踪磷的运转和分布,有机肥对磷及钾素的刺激吸收,水稻在密植情况下光合强度的测定及同化物的转移、积累,进行了一系列的研究。

(1) 小麦根外追施磷肥时示踪磷的运转和分布:

在小麦的叶片上涂以标记过的过磷酸钙溶液,只经过两天,磷很快的被叶片吸收,运转到植株和小穗中去,其吸收的百分率最高的达到了施于叶片总量的25%。必须指出一点,标记过的过磷酸钙浓度不能太高,以标记过磷酸钙的放射性强度为16毫居里,浓度为0.5%和1%最好。浓度愈高进入叶片的愈低,小穗中百分率也愈低,其运输也很慢,甚至会使小麦叶片过早转黄变衰。

(2) 以磷32、钾42研究胡敏酸对小麦吸收磷素、钾素的作用:利用磷32、钾42研究由马粪中提取之胡敏酸对小麦磷素、钾素的吸收作用进行了一系列的试验。取得了一些结果:

1) 以磷32示踪研究胡敏酸对磷素的吸收作用:

多次试验结果得知,浓度在75ppm左右的胡敏酸对小麦幼苗吸收磷素有普遍良好的刺激吸收作用,不但表现在根部,且表现在叶中。由自射线照相看出磷分布于生长旺盛的根尖、叶尖、叶脉和分蘖节等部分。在2毫居里/100毫升时,没有放射性效应。

2) 以钾42示踪研究胡敏酸对小麦钾素的吸收作用:

初步试验结果,胡敏酸浓度在5—150ppm(其中以50—150ppm最好)对小麦吸收钾素有着很好刺激作用,吸收并不是随时间的增加而直线上升,吸收曲线在3小时有升高现象,9小时最高,12小时下降,至20小时又略上升。在50毫居里/100毫升时没有放射性效应。

(3) 利用磷 32 研究水稻对磷素的吸收规律及磷素的分布:

试验的初步结果看出, 水稻吸收磷素在生长初期, 特别是分叶到拔节期吸收的最快, 量也最多, 在孕穗期基本上稳定下来了。磷素分布在生命活动最强的器官, 如嫩叶、生长点、生殖器官的花絮中最多。因此, 为了保证植物生长旺盛, 必须在生长初期注意磷肥的充分供应。

(4) 利用碳 14 研究水稻密植的光合强度与同化物质的转移及积累:

水稻密植分两种处理, 25000 穴/每亩, 50000 穴/每亩(其中一组是试验前从 50000 穴/每亩拔出一半, 成 25000 穴/每亩)试验分三期进行, 即分化期、抽穗期、乳熟期。初步结果看出, 分化期光合强度下降较少, 乳熟期下降最剧烈, 抽穗期最高, 而 50000 穴/每亩的光合强度较 25000 穴/每亩强。由 50000 穴/每亩 → 25000 穴/每亩时光合强度上升, 其光合产物分化期转移根部较多, 乳熟期则根部较少, 叶子的光合速度与其光合产物之运输速度大致相近。

这样一些结果在理论上和生产实践上都有很大的意义, “肥”“密”是增产的重要因素, 若能很好的从理论上加以阐明和验证, 对农业丰产是有很好的指导意义的, 从而可以确保农业发展纲要的提前完成。

(5) 应用同位素研究早期预防小麦倒伏措施的工作, 得出良好的结果。

(6) 应用磷 32 研究了棉花对磷的吸收和磷的分布的工作。

利用电离辐射保藏粮食和薯类的研究: 这方面已进行了比较系统和全面的研究, 并取得很好的结果。

(1) 仓库害虫的致死和不孕剂量的研究:

从试验结果看出 γ 射线对仓库害虫的作用是非常明显的, 经过多次重复试验, 可以肯定, 在 10000—30000 伦的剂量下, 不但可以杀死为害粮食的主要仓库害虫, 且可以使之不孕。

(2) 利用 γ 射线抑制马铃薯发芽的研究:

从试验结果看, 10000—15000 伦足以抑制 23 种品种的马铃薯发芽, 即使在适于发芽的条件下进行贮藏, 也能延长其贮藏期, 增加食用率。

(3) 辐照粮食的营养成分和营养卫生的研究:

试验初步看出, 杀死仓库害虫和抑制马铃薯发芽的剂量, 并未引起小麦、水稻、玉米、马铃薯营养成分的明显改变, 用其饲养鼠、狗、猴, 除食小麦的动物体重稍有差异外, 其他组不论在血相或在体重方面并无显著的影响, 这给应用于实践提供了有力的证据。

(4) γ 射线对粮食产量和工艺性能的影响:

从研究结果看出, 8000 伦以下的剂量对小麦无明显的减产作用, 随着剂量的增加则严重的影响了种子的生长和发育, 减产很明显。其工艺性能方面, 由研究结果看出, 经 10000—90000 伦辐照之小麦, 其面筋的质量和数量与未经辐照的基本上一致, 经 22 万和 280 万伦辐照后其面筋有明显的变质现象, 如延伸性下降, 含量低, 用以作成的面包体积小, 色发暗, 且有臭味。

其它方面的应用: (1) 利用磷 32, 进行了固氮菌对磷素的吸收同化的研究, 初步结果指出, 固氮菌吸收土壤中的磷素是在一定的温度(30 度吸收最多)和 pH (pH = 7 最好)下进行的, 且其吸收磷素的速度随磷 32 的强度的增加而递减。(2) 用磷 32, 钴 60 对家蚕卵孵化能力的影响作了初步的研究, 证明磷 32, 钴 60 对家蚕胚子孵化的发育及孵化均有提高作用, 钴 60 的效果较磷 32 为显著。(3) 应用磷 32 研究水蚤、球藻对鱼类的营养价值, 已取得初步的结果。(4) 在畜牧兽医方面, 利用示踪原子方法对猪气喘病进行的研究, 也积累了一些经验。

医 学 方 面

同位素在医学上的应用可分为三个方面:

诊断上的应用: 放射性碘 131 已被用来诊断甲状腺的机能是否正常和检查脑瘤的位置, 钠 24 用来测量血液循环的速度, 诊断血管有无阻塞或硬化。

已试验成功了医疗用的“自动闪烁扫描器”, 用来测定体内的放射性分布, 可以诊断甲状腺等器官的位置, 形状大小及其他功能, 还可以寻找转移的肿瘤或定肝癌、脑瘤等, 应用效果良好。

另外试制成功了小型腔内计数管, 可用来诊断食道癌、胃癌、直肠癌等, 对癌症的早期诊断有重大意义。

针状计数管用于脑瘤术中的诊断和鼻咽腔癌的诊断, 亦已在临床上开始应用。

利用放射性磷 32 对于皮内的注射而观察其被吸收百分之五十和百分之八十所需的时间, 可以诊断出高血压第二、三期患者和风湿性心脏病伴有第一、二级血液循环机能不全患者的局部组织血流是否延缓。

用碘 131 作甲状腺机能亢进示踪诊断若干例, 其效果准确, 方法简便, 病人无任何痛苦, 与临床诊断一致。

应用放射性碘 131 标记的蛋白来测定病人的血循环和心输出量等也已进行。

治疗上的应用: 治疗的主要疾病如癌症, 各种肿瘤、甲状腺机能亢进、血液病、慢性皮肤癌等都取得很好的效果。

北京肿瘤医院应用钴 60 治疗机对癌症所作的工作, 已取得了可喜的成果。曾有好几个完全治愈的肺癌和食道癌的病例。利用镭针治疗子宫颈癌有显著的效果。在应用碘治疗甲状腺亢进和应用 γ 射线照射治疗皮肤癌也都取得了一定的效果。

如某医院用放射性治疗子宫颈癌, 对一些患者作临床观察, 当单纯用镭体外辐照时, 痊愈者占 50%, 显著好转的约 40%, 当用镭和钴 60 综合治疗时痊愈者占 84.6%, 显著好转者占 10% 以上。

另一医院, 用铯 90 治疗各种慢性皮肤病、慢性神经性皮炎, 效果极其显著。

另一单位利用放射性磷 32 治疗神经性皮炎, 痊愈者占 19.12%, 显著好转者占 39.7%。

用磷 32 治疗红血球增多症已有多例, 效果良好。

用碘 131 内服法治疗甲状腺机能亢进患者, 亦得到相当满意的效果。病人用碘 131 总量大多为 4 至 8 毫居里, 服药后 1 至 3 月内, 症状基本消失, 可以恢复工作。

医学研究 在医学研究方面, 紧紧结合了我 国具体情况对应用同位素作了一系列的研究, 有的单位已开始使用放射性磷 32 等, 进行中医、中药的作用和柳枝接骨机制的研究。

1. 胚胎发育的研究。将含硫 35 的蛋氨酸注入已受精的鸡蛋, 证明只有正在生长的细胞才吸收养料。将硫 35 以甲硫氨酸注入白鼠腹腔, 16 小时后取出肝肾、肌肉和肠进行分析, 得出合成蛋白质的速度, 以肠为最快, 其次是肾肝和肌肉。

2. 药物在体内吸收和排泄情况的研究。如以锦钹注射给家兔, 三天内有 35% 的放射性从尿中排出, 从粪中排出的则极少。这个工作对治疗血吸虫病的用药剂量, 提供了珍贵的参考资料。

3. 醋酸在体内的氧化和合成的研究。将碳 14 标记的醋酸钠注射到白鼠体内, 实验结果证明醋酸进入体后, 可以氧化成二氧化碳, 也可以合成为脂酸及胆固醇等重要物质。

4. 利用磷 32 标记的磷酸氢钠, 研究射线对于红血球磷代谢的影响, 得出红血球摄取磷的

改变系由于骨髓的造血机能被射线抑制而来的。

5. 利用示踪原子的方法,总结中医、中药的疗效,如柳枝接骨和针灸的机制等,也摸索出一些经验。

五、今后的任务

总的说来,我国在党的英明领导下,放射性同位素应用发展速度是十分迅速的。而且目前仍然继续以更高的速度向前跃进。总结着过去几年的经验、展望着未来的广阔而美好的前景,对于今后放射性同位素应用的工作,我们认为应该有列三方面的工作。(1)极力普遍推广著有成效的放射性同位素应用技术和方法。(2)改进、提高现有应用的技术水平,并解决工作中所存在的问题。(3)开展放射性同位素的新应用、新方法的研究。

总之,我国放射性同位素应用的前景是非常美好的。我们深信,在我国优越的社会主义制度下,在总路线的光辉照耀下,在大中小并举、土洋并举等一整套两条腿走路的方针及集中领导同大搞群众运动相结合的方针的指导下,在持续的大跃进形势鼓舞下,我们一定能够在短时间内使我国这一门科学技术迅速地达到世界的先进水平。

应用放射性同位素研究平炉炼钢装料次序

中国科学院山西分院

本文扼要地叙述了一次生产规模的平炉炼钢装料次序的现场实验。从结果看来,现行的装料次序有不合理之处。实验还获得了冶炼过程中某些变化的重要材料,为进一步研究提供了有价值的资料和实验。

本工作是在炼钢厂的大容量“平炉”(150吨)中进行的。以装料次序及其熔化过程作为研究题目。

一、问题的提出

在用废钢矿石法治炼的大平炉中,装料熔化期几乎占去了整个冶炼时间的绝大部分。为了提高劳动生产率,迅速地增加钢产量,设法缩短装料熔化期就有着重要的意义了。

当然影响装料熔化期长短的因素很多^[1],例如:炉子的加热能力、燃料的质量、原材料的化学组成及其形状等等。在这里非金属炉料的装料次序及其熔化过程,对装料熔化期的长短,有着重大的影响,因而对它加以研究也是必要的。

应用放射性同位素就给广泛而又深入地研究装料次序及其熔化过程提供了可能性,这也为显著的缩短装料熔化过程提供了可能性。

二、实验方法

我们用放射性同位素钴60作示踪元素,这是由于放射性钴60有着这样的特性^[2]:它存在于炼钢熔池里,既不被氧化,也不转移入炉渣,也不挥发。这样就给我们考虑防护问题以很大的方便,即可以不考虑炉渣的处理问题。

根据文献[2、3]的介绍,我们确定每吨钢的放射性同位素的消耗量,为0.124毫居里。从