



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

同 位 素 技 术

彭根元 主 编

应用物理及生物类专业用

北京农业大学出版社

(京)新登字 164 号

图书在版编目 (CIP) 数据

同位素技术/彭根元主编. —北京: 北京农业大学出版社, 1994.10

ISBN 7-81002-609-7

I. 同… II. 彭… III. ①同位素-理论②同位素应用
IV. ①S124②0562.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 06437 号

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路 2 号)

清华大学印刷厂印刷 新华书店经销

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20

字数: 467 千字 印数: 0~1500 册

定价: 11.30 元

前 言

同位素技术就其含意说应该包括核素示踪和核辐射技术的应用。本书仅指核素示踪技术在农业生物学中的应用。同位素技术是农业生物学研究的有力工具。近年来,由于探测仪器和分析方法的飞速发展,科学研究不断向纵深发展,这种技术的重要性日益增长,正广泛地应用于生物及农业科学的各个领域,成为科学研究中不可缺少的有效手段。

本书分基础知识、示踪方法和具体应用三个部分。基础部分主要介绍有关核物理和放射化学及同位素示踪技术的基本原理。还扼要地阐明了同位素示踪动力学的基本原理和概念以及对放射性物质的安全操作与防护措施。方法部分重点叙述了核素(放射性和稳定性)的探测方法,包括常用的放射性探测器、质谱计、 ^{15}N 光谱仪、放射性自显影,同位素稀释法、放射免疫分析及中子活化分析等。应用部分重点介绍了同位素技术在植物营养生理与代谢中的应用;在动物营养及繁殖中的应用;在分子生物学及生物技术中的应用以及示踪法在农学科研中的应用。

同位素技术涉及的知识面和实验技术很广,而且还在不断地发展,新的技术相继出现,层出不穷。本书由于篇幅所限,只能力求介绍基本原理及广泛的应用技术和方法。

本书由北京农业大学彭根元同志负责主编,王福钧同志为副主编,参加本书编写的有:彭根元(第一、五、七、十一章),王福钧(第三、九、十章),吴殿武(第二、八章)和杨根海(第四、六章)。

本书在编写过程中承蒙陈子元教授审阅,特此致谢。限于编者的水平难免有错误之处,恳请读者批评指正。

彭根元

1993 年 10 月

目 录

第一章 同位素技术的基础、原理与设计.....	(1)
第一节 同位素技术的理论基础.....	(1)
一、原子核的物理性质.....	(1)
二、核素的化学特性.....	(16)
三、稳定性同位素的分离和测定.....	(29)
第二节 核素示踪法的原理及任务.....	(32)
一、核素示踪法的概念.....	(32)
二、核素示踪技术的基本依据和特点.....	(32)
三、核素示踪法应用的基本范围.....	(33)
四、核素示踪法的任务.....	(34)
五、核素示踪法的限制因素.....	(35)
第三节 核素示踪试验的设计原则.....	(36)
一、核素与标记化合物的选择.....	(36)
二、示踪剂用量的估算.....	(38)
三、示踪剂的开瓶、稀释、转化与分装.....	(40)
四、示踪剂引入方法的选择.....	(42)
五、放射性示踪实验的管理.....	(45)
六、样品的采集和制备.....	(45)
七、计数、记录与测量装置方法的选择.....	(50)
八、放射性示踪试验数据的统计加工.....	(52)
第四节 稳定性同位素示踪技术.....	(52)
一、稳定性同位素应用与发展.....	(52)
二、稳定性同位素示踪实验设计安排.....	(53)
第二章 代谢示踪动力学.....	(56)
第一节 示踪动力学与代谢库分析.....	(56)
一、代谢示踪动力学概述.....	(56)
二、代谢库和代谢库模型.....	(56)
第二节 代谢示踪动力学基本参数.....	(57)
一、速率.....	(57)
二、速率常数.....	(57)
三、示踪物的引入方式.....	(58)

四、代谢库系统的稳定状态.....	(59)
五、同位素稳定状态.....	(59)
六、更新率.....	(59)
第三节 单库系统.....	(60)
一、放射性比活度曲线表达式.....	(60)
二、从实验数据确定系统的动力学参数.....	(60)
第四节 两库系统.....	(62)
一、放射性比活度曲线表达式.....	(62)
二、实验放射性比活度曲线的图解分析.....	(64)
三、从实验放射性比活度函数求解动力学参数.....	(66)
四、库2放射性比活度的达峰时间与前身—产物关系.....	(66)
第五节 三库系统.....	(68)
一、动力学方程.....	(68)
二、求解三库系统动力学参数的工作方程及其使用.....	(69)
第三章 放射性核素的安全操作及放射性防护.....	(72)
第一节 辐射剂量及辐射对人体的影响.....	(72)
一、辐射剂量及单位.....	(72)
二、辐射对人体的影响.....	(73)
三、本底辐射.....	(75)
第二节 辐射防护标准.....	(75)
一、我国现行的辐射防护规定.....	(76)
二、辐射防护研究的进展.....	(76)
第三节 辐射防护措施.....	(80)
一、内照射的防护.....	(80)
二、外照射的防护.....	(80)
三、外照射剂量的计算.....	(83)
第四节 放射性核素的安全操作.....	(84)
一、放射性示踪实验室及实验室规则.....	(84)
二、辐射防护监测.....	(85)
三、表面放射性污染及其清除.....	(85)
第五节 放射性废物的管理及处置.....	(87)
一、放射性废物的收集和存放.....	(87)
二、放射性废物的处理.....	(87)

第四章 放射性及稳定性核素探测	(89)
第一节 放射性探测的基本原理.....	(89)
第二节 放射性探测器.....	(90)
一、气体电离探测器.....	(90)
二、固体闪烁计数器.....	(92)
三、液体闪烁计数器.....	(93)
四、半导体探测器.....	(102)
五、探测器性能比较及其对测样的要求.....	(102)
第三节 放射性测量数据的处理.....	(104)
第四节 质谱计的工作原理及基本构造.....	(107)
一、质谱计的基本原理.....	(107)
二、质谱计的基本构造.....	(109)
第五节 ^{15}N 的质谱分析.....	(112)
一、样品制备的方法.....	(112)
二、质谱 ^{15}N 分析.....	(113)
第六节 稳定性核素 ^{13}C 、 ^{18}O 的质谱分析.....	(115)
一、稳定性核素 ^{13}C 的质谱分析法.....	(115)
二、稳定性核素 ^{18}O 的质谱分析法.....	(116)
第七节 稳定性核素 ^{15}N 的光谱分析.....	(116)
一、 ^{15}N 光谱分析的原理.....	(116)
二、 ^{15}N 光谱分析的方法.....	(119)
三、 ^{15}N 光谱分析的制样方法.....	(120)
四、同位素丰度的计算.....	(120)
第五章 放射性自显影	(122)
第一节 放射性自显影的原理和条件.....	(123)
一、放射性自显影的基本原理.....	(123)
二、影响自显影质量的因素.....	(129)
第二节 宏观自显影.....	(130)
一、植物样品的自显影.....	(130)
二、动物样品的自显影.....	(131)
三、放射性纸层析和薄板层析自显影.....	(132)
四、土壤整段标本的放射性自显影.....	(133)
第三节 光学显微自显影.....	(133)

一、乳胶涂布的方法	(134)
二、染色	(137)
三、光学显微自显影的观察与分析	(138)
第四节 电镜自显影	(139)
一、基本原理	(139)
二、主要特点	(139)
三、制备过程	(139)
第五节 自显影的几种特殊制备方法	(142)
一、双标记自显影	(142)
二、彩色自显影	(143)
三、快速自显影	(143)
四、不规则标本自显影	(143)
第六章 同位素稀释及放射免疫分析	(144)
第一节 同位素稀释分析法	(144)
一、同位素稀释法的基本原理	(144)
二、正同位素稀释法	(144)
三、反同位素稀释法	(145)
四、连续稀释法	(146)
五、测定系统的容积	(147)
第二节 放射免疫分析的基本原理	(148)
一、放射免疫分析技术的建立及发展	(148)
二、抗原、抗体及抗原抗体反应	(149)
三、放射免疫分析基本原理	(150)
四、数据处理和标准曲线绘制	(152)
第三节 放射免疫分析的试剂	(154)
一、抗原的制备	(154)
二、标记抗原的制备	(155)
三、抗血清制备	(157)
四、分离剂	(161)
第四节 影响放射免疫测定的因素	(162)
一、影响灵敏度的因素	(162)
二、温度对免疫反应的影响	(162)
三、pH 和其它因素对免疫反应的影响	(162)
第五节 免疫放射度量分析	(162)

一、IRMA 原理	(162)
二、免疫放射度量分析与放射免疫分析的比较	(164)
三、纯放射性抗体的制备	(164)
四、测定步骤	(165)
第七章 活化分析	(167)
一、主要优点	(167)
二、活化分析的局限性	(167)
第一节 中子活化分析原理	(168)
一、中子引起的核反应	(168)
二、中子在核反应中的能量关系	(169)
三、中子反应截面	(169)
四、靶核在中子流中的转化	(170)
五、活化分析中的基本方程式	(171)
六、辐射的探测	(172)
第二节 中子活化分析的基本方法	(173)
一、中子活化分析样品和标样的制备	(173)
二、无化学分离的中子活化分析	(174)
三、可活化的示踪技术	(174)
四、放化分离中子活化分析	(175)
五、活化分析中应注意的问题	(175)
第三节 植物样品的中子活化分析	(176)
一、样品的处理方法	(176)
二、照射样品的包装	(176)
三、标准样品的制备	(176)
四、非破坏性活化分析的实例	(177)
第四节 动物样品的活化分析	(180)
一、样品的采集	(181)
二、样品前处理	(181)
三、照射与冷却	(181)
四、试验实例	(181)
第五节 土壤、水样品的活化分析	(183)
一、土壤样品的活化分析	(183)
二、河川水样品活化分析	(184)
第八章 同位素技术在植物生理和代谢研究中的应用	(188)
第一节 在植物基本代谢研究中的应用	(188)

一、光合作用中的碳同化途径	(188)
二、脂肪转化碳水化合物的乙醛酸途径	(193)
三、磷酸戊糖途径贡献率的测定	(195)
四、在植物蛋白质合成研究中的应用	(197)
第二节 在植物次级代谢研究中的应用	(199)
一、核素示踪次级代谢的方法原则	(199)
二、植物次级代谢核素示踪实例	(201)
第三节 在植物激素研究中的应用	(204)
一、应用同位素稀释法定量激素	(204)
二、结合型植物激素的酶与酸碱水解	(205)
三、植物激素的放射免疫测定	(206)
四、放射性乙烯的测定	(209)
第四节 应用同位素技术研究植物生理的若干指标与方法	(211)
一、碳同位素比—— $\delta^{13}\text{C}$ 值	(211)
二、光合速率	(212)
三、光呼吸的检测	(213)
四、光合产物分布与 ^{14}C -同化物分析	(213)
五、植物养分运输速度与相对质量转移速率	(214)
六、光合磷酸化活力	(215)
七、磷化物分析	(216)
八、固氮活性	(216)
九、营养元素的利用率	(218)
第五节 在根吸收离子研究中的应用	(218)
一、离子进入根的途径	(218)
二、离子的膜通量与主动运输	(219)
第九章 同位素技术在动物营养、繁殖及诊断疾病研究中的应用	(222)
第一节 机体组织成分的测定	(222)
一、血容量的测定	(222)
二、机体水分的测定	(225)
三、可交换性矿质养分的测定	(226)
第二节 物质在动物体内转移与代谢的研究	(227)
一、消化道流量和体积的测定	(227)
二、物质的吸收、分布与代谢	(229)
三、消化与排泄	(230)
第三节 器官功能状态的研究与疾患的诊断	(232)
一、RIA 应用于母畜繁殖评价与疾患诊断	(232)

二、器官闪烁显像术与骨骼闪烁显像诊断	(234)
三、甲状腺功能的检查与形态诊断	(235)
四、肝脏功能的测定与形态诊断	(236)
第十章 同位素技术在分子生物学研究中的应用	(238)
第一节 核素示踪法是研究遗传物质及其分子结构的重要手段	(238)
一、 ^{35}S 、 ^{32}P 标记蛋白质及核酸的噬菌体感染实验	(238)
二、DNA 复制机制研究中的同位素示踪技术	(240)
三、放射性自显影在研究 DNA 复制模型、复制方向中的应用	(242)
第二节 DNA 分子杂交研究中的同位素示踪技术	(247)
一、DNA 分子杂交	(247)
二、DNA 和 RNA 的离体放射性核素标记	(250)
三、DNA 和 RNA 的活体放射性核素标记	(253)
四、同位素示踪技术在基因检测中的应用	(255)
第十一章 同位素技术在农业研究中的应用	(258)
第一节 同位素技术在土壤肥料研究中的应用	(258)
一、土壤有效养分的测定方法	(258)
二、测定及提高肥料利用率的研究	(263)
三、同位素技术在土壤水盐动态研究中的应用	(266)
四、固氮研究中的同位素技术	(271)
第二节 同位素技术在农药研究中的应用	(273)
一、农药在环境和生物体内的吸收、分布、残留和降解的研究	(273)
二、化学污染物质在模拟生态系统中的分布和变化的研究	(282)
第三节 同位素技术在植物保护研究中的应用	(284)
一、在植物病理研究中的应用	(284)
二、在农业昆虫学研究中的应用	(287)
第四节 同位素技术在植物根系研究中的应用	(289)
一、从土壤引入放射性示踪剂测定植物根系的吸收活力	(289)
二、从地上部引入示踪剂测定根系分布的方法	(290)
三、应用营养隔离法测定玉米不同类型根系及作物根系活力活体的测定法	(291)
四、研究植物根系的其它同位素示踪法	(291)
附录一 部分常用放射性核素表	(293)
附录二 部分常用物理常数	(301)
附录三 放射性衰变计算表	(302)

第一章 同位素技术的基础、原理与设计

第一节 同位素技术的理论基础

众所周知,自然界所有的物质是由各种元素组成的。已经发现了 109 种元素,其中 17 种“超铀元素”是人工方法制造的。这表明,元素仅仅是一定条件下相对稳定的结构单位,并不是永恒不变的。可想而知,随着人为衰变技术的发展,将有更多的核素被制造出来。

组成元素的基本单位是原子。原子是很小的粒子,其直径约为 10^{-8}cm ; 原子的质量也很小,一个氢原子的质量只不过 $1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$,即使最重的天然元素铀原子的质量也只有 $3.95 \times 10^{-25}\text{kg}$ 。

原子是由带正电的核与沿一定轨道环绕核运动的带负电的电子壳所组成。一个电子所带的电荷为 $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ (库仑),通常以字母 e 表示。原子核所带的正电荷(以 e 为单位)即门捷列夫周期表中的原子序数。原子核的正电荷数恰好和电子所带的负电荷相等,所以原子呈中性。

原子内的电子是按一定规律分布的,每一轨道最多只能容纳两个电子,几个轨道组合在一起就形成电子壳层结构,离核最近的壳层称 K 层, K 层有两个电子(K 电子)。其次的一层称 L 层,它有 8 个电子,以此类推。各壳层容纳的最大电子数为 $2n^2$, n 为层数。但是最外层不能超过 8 个电子。K 层上的电子能位最低,距离核愈远壳层上的电子能位愈高。因此电子从外壳层跃迁到内壳层时,会放出能量;反之,则需吸收能量。电子质量很轻,仅为 $5.485803 \times 10^{-4}\text{u}$ ($9.109538 \times 10^{-31}\text{kg}$),仅是氢原子质量的 $1/1837$ 。

一、原子核的物理性质

(一) 原子核的组成

原子核是由质子(p)和中子(n)组成的。质子实际上是氢的原子核,质量为 1.007276u ($1.672648 \times 10^{-27}\text{kg}$)。带一个单位正电荷;中子是不带电的粒子,质量为 1.008665u ($1.67495 \times 10^{-27}\text{kg}$),比质子略重。既然质子和中子是组成原子核的基本单元,所以它们又称为核子。原子核的质量约等于原子量减去核外电子质量之和,由于电子质量与核的质量相比微不足道,且原子所含的电子最多也不过 100 多个,因此,原子核的质量近似等于原子的质量。

原子核的大小:对于原子核大小的理解与寻常对物体大小的理解有所不同。一种是指组成原子核的粒子间的距离,或核电荷的分布范围;另一种是指核力的作用范围,即核力作用的半径。但由这两类基本实验得到的关于核半径的数值差异不大。

实验证明：原子核的体积 (V) 与其质量 (m) 成正比：

$$V \propto m \approx A \quad A \text{ 为原子核的质量数}$$

同时，大量实验证明，原子核是近于球形的，故常用核半径来表示核的大小，这样上式可变为：

$$R \propto A^{1/3} \text{ 或 } R = r_0 A^{1/3} \quad (1-1)$$

式中 r_0 为比例常数。若 $A=1$ ，则 $R=r_0$ 表示一个核子的大小，用不同方法得到 $r_0 = (1.2 \sim 1.5) \times 10^{-15} \text{m}$ 。于是，原子核的体积便可写成：

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A \quad (1-2)$$

若原子核质量为 m ，则核内核物质的平均密度为：

$$\rho = \frac{m}{V} \approx \frac{A}{V N_A} = \frac{3}{4 \pi r_0^3 N_A} \quad (1-3)$$

非常接近于常数。式中 N_A 为阿佛加德罗常数。若将 N_A, r_0 值代入上式，得 $\rho \approx 10^{17} \text{kg/m}^3$ 。可见，核物质的密度大得惊人！

核电荷也是原子核的重要特征之一，通常原子是中性的，而电子壳带负电；可见原子核是带正电荷，而且所带电荷数应等于核外电子壳的电荷数。如核带 $+Z$ 个电荷时，不难理解，该核的电荷数即是组成该核的质子数。

如果一个原子核含有 Z 个质子和 N 个中子，则原子核的质量总是小于这些核子的质量和，该差数即为质量亏损 (ΔM)。根据质能联系定律：

$$\Delta E = \Delta M c^2 \quad (c \text{ 为光速}) \quad (1-4)$$

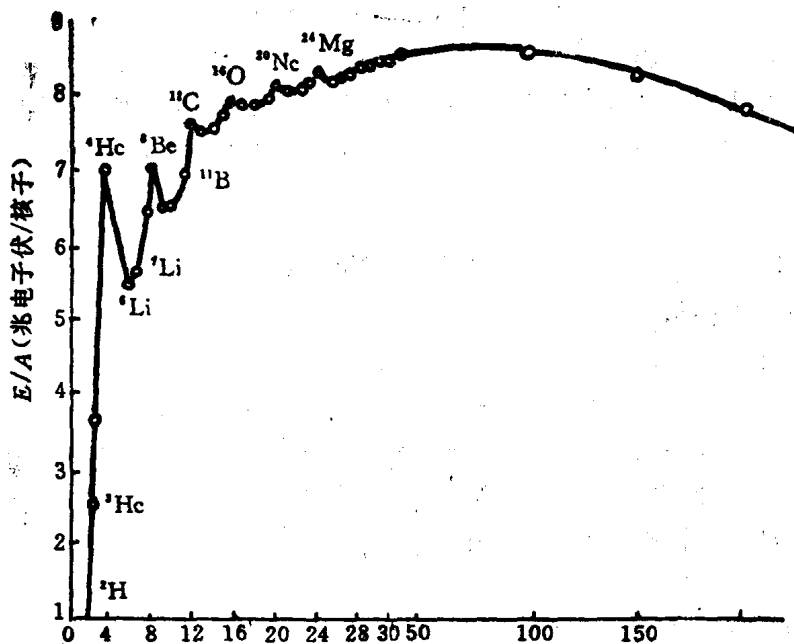


图 1-1

当质子和中子结合成原子核时,就能放出和 ΔE 相当的能量,该能量即为结合能(又称比结合能)。因此比结合能反映了核的稳定性,即比结合能越大,核越稳定;反之,核越不稳定。大多数原子核的比结合能为 8MeV (图 1-1),而一些很轻或很重的核素比结合能较小,因此在轻核聚变或重核裂变时,均会放出大量能量。

结合能 (ΔE) 可用 (1-5) 式进行计算。例如磷-31 的结合能计算如下:

$$\begin{aligned}\Delta M &= (ZM_H + ZM_n) - M_{\text{原}} & (1-5) \\ 15 \text{ 个氢原子质量} &= 15.117375 \text{ u} \\ 16 \text{ 个中子的质量} &= 16.138640 \text{ u} \\ \text{合计为:} & 31.256015 \text{ u} \\ \text{磷-31 原子的质量} &= 30.973765 \text{ u} \\ \text{质量亏损 } \Delta M &= 0.282250 \text{ u},\end{aligned}$$

所以,磷-31 的结合能 $\Delta E = 931.502 \text{ MeV/u} \times 0.282250 \text{ u} = 262.9 \text{ MeV}$ 。比结合能等于 $\Delta E/A = 262.9/31 = 8.48(\text{MeV})$ 。

在原子核内,核子之间除了有质子-质子间的静电斥力外,尚存在一种很强的具有吸引性的力,叫做核力。核力的特点是大而力程短,其作用范围只有 10^{-13}cm 左右,且与核子带电与否,运动状态无关。

(二) 核素的概念与分类

1. 核素:核素是具有特定核特征(即具有一定的质子数、中子数及核能级)的一种原子。例如,质子数为 15,中子数为 17 的磷和质子数为 27,中子数为 33 的钴,都称为核素。

通常用 ${}_Z^AX$ 或 ${}_Z^AX$ 形式表示一种核素,其中 X 代表原子的符号, A 和 Z 分别表示质量数和质子数。如碳-14 核素可用 ${}_{6}^{14}\text{C}$ 或 ${}^{14}\text{C}$ 表示,磷-32 核素可用 ${}_{15}^{32}\text{P}$ 或 ${}^{32}\text{P}$ 表示。

在各核素中,其中子数(n)和质子数(p)的比值是有一个特定的值,对于 Z 较小的核素 $n/p \approx 1$, (${}_1^1\text{H}$ 和 ${}_2^4\text{He}$) 随着 Z 值的变大, n/p 也跟着变大。当 $Z \geq 83$ 时, $n/p \approx 1.5$ 。当某核素的 n/p 值接近特定值时,该核素即处于稳定态,即为稳定性核素。如 ${}_1^1\text{H}$ 、 ${}_6^{12}\text{C}$ 、 ${}_7^{14}\text{N}$ 和 ${}_{15}^{31}\text{P}$ 等。当 n/p 值大于特定值时,该核素处于不稳定状态,能自发地发生核衰变,以辐射过多的能量,变成稳定性核,这种核素称为放射性核素。如 ${}_1^3\text{H}$ 、 ${}_6^{14}\text{C}$ 、 ${}_{15}^{32}\text{P}$ 和 ${}_{16}^{35}\text{S}$ 等。

目前已经知道的核素达 1800 种左右,其中 1500 种左右属于放射性核素。如农业生物学中应用的核素有 50~60 种。较重要的稳定性核素的丰度与放射性核素的基本性质,分别见表 1-1 及附录(放射性核素表)。

将已知的各种核素按 N 和 Z 进行排列,作出了多种核素表及核素图。在表中包括了核素的基本性质,如核素的丰度或半衰期及衰变类型等。图 1-2 是普通核素图的一部分,它以 Z 和 N 分别作纵横坐标,在图中也表明了核素的丰度或半衰期及衰变类型等。

表 1-1 几种重要稳定性核素在自然界的丰度 (%)

元 素	核 素	丰 度 (%)	元 素	核 素	丰 度 (%)
氢	^1H	99.985	硫	^{34}S	4.21
	^2H	0.015		^{36}S	0.017
碳	^{12}C	98.89	氯	^{35}Cl	75.77
	^{13}C	1.11		^{37}Cl	24.23
氮	^{14}N	99.63	钾	^{39}K	93.26
	^{15}N	0.37		^{41}K	6.73
氧	^{16}O	99.76	钙	^{40}Ca	96.94
	^{17}O	0.038		^{42}Ca	0.647
	^{18}O	0.204		^{43}Ca	0.135
钠	^{23}Na	100		^{44}Ca	2.09
				^{46}Ca	0.0035
镁	^{24}Mg	78.99		^{48}Ca	0.187
	^{25}Mg	10.00	铁	^{54}Fe	5.8
	^{26}Mg	10.01		^{56}Fe	91.8
磷	^{31}P	100		^{57}Fe	2.15
				^{58}Fe	0.29
硫	^{32}S	95.02			
	^{34}S	0.75			

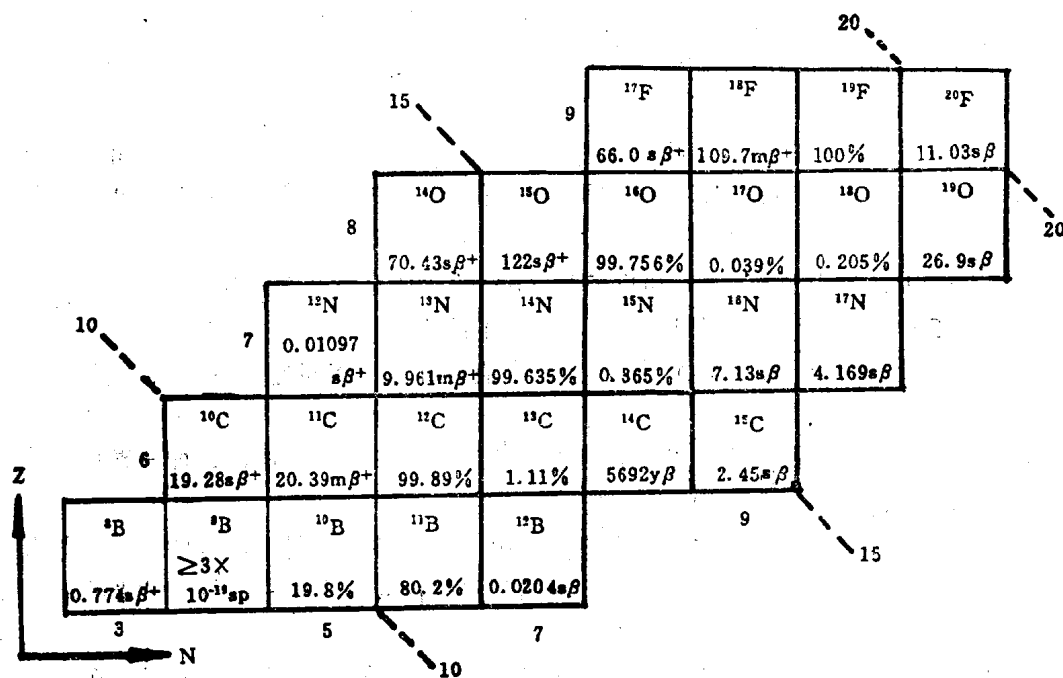


图 1-2 普通核素图的一部分

2. 同位素：具有相同的 Z 值而 A 值不同的一系列核素称为该元素的同位素。例如， Z 都为 6 而 A 可分别为 11、12 和 14 的核素 ^{11}C 、 ^{12}C 和 ^{14}C 都是碳的同

位素，它们亦互为同位素。

一般说，每一种元素都有若干个同位素。例如，碳元素有 11 个同位素，汞有 29 个同位素。在每一种元素的同位素中，有的是稳定的，叫稳定性同位素；有的则不稳定，能放出各种射线，称放射性同位素。如碳的同位素中，就有 6 种是放射性同位素。

应该指出：关于同位素这个术语，由于习惯上的原因有时用得不够确切。因此在应用“核素”的地方，却往往用了“同位素”。例如，我们常见到“在研究中使用了同位素 ^{32}P 和同位素 ^{60}Co ”这类词，正确的应该是：“在研究中使用了核素（或放射性核素） ^{32}P 和核素 ^{60}Co ”。也可以讲“在研究中使用了磷的同位素 ^{32}P 和钴的同位素 ^{60}Co ”。

（三）放射性衰变

上面已经讲到放射性核素的原子核会自发的克服核力的束缚，改变核结构，放出某种辐射而转变成另一种原子核，这种现象称核衰变或放射性衰变（简称衰变）。研究发现，衰变时放出的辐射具有一系列特殊的性质。如能使气体电离，使某些荧光物质发光，使照相底片感光，具有穿透性，能破坏组织及产生热效应等。另外，还发现在磁场中，不同辐射的偏转不同。

通常将衰变前的核称母体核，衰变后产生的核称子体核。子体核有的稳定，有的不稳定，它会继续衰变，生成第二代以至更多代子体，直至生成稳定性核素为止（形成了放射系）。下面对放射性衰变类型、衰变定律及放射性活度的单位分别介绍如下：

1. 放射性衰变类型：放射性核素的衰变类型是多种多样的，有 α 衰变、 β 衰变、 β^+ 衰变、 γ 衰变 和电子俘获等。此外，还有为数不多的自裂变和放射中子等。每种放射性核素的衰变过程和状态，可简明地用衰变图来表示。

（1） α 衰变：从放射性核素的原子核里放射出 α 粒子的过程称为 α 衰变。 α 粒子由 2 个中子和 2 个质子组成，其质量等于氦核质量，所以， α 粒子实际上就是氦原子核。由 α 粒子的性质可知，凡发生 α 衰变后产生的子体核，其质量数 A 比母体核减少 4 单位，核电荷也即原子序数 Z 降低 2 单位。 α 衰变都用下式表示：



式中 Q 为衰变能，其值等于母体核的质量和子体核及 α 粒子的总质量的差。由于在实际应用中，都采用连同绕行电子质量的核素的质量，所以

$$Q = m_Z - (m_{Z-2} + 2m_e + m_\alpha)$$

式中的 m_Z 、 m_{Z-2} 、 m_e 及 m_α 分别表示母体核素、子体核素、电子及 α 粒子的质量，而 $2m_e + m_\alpha = m_{\text{He}}$ （为 ${}^4\text{He}$ 的质量），所以

$$Q = m_Z - (m_{Z-2} + m_{\text{He}}) \quad (1-7)$$

采用核素质量后， α 衰变方式又可写成：

