

科技百年回顾

众说纷纭论地球

朱新轩 温家洪 编著
曹毓秀 朱咏胜

上海科学技术文献出版社

“科技百年回顾”丛书编委会

主 编 袁运开

副主编 盛根玉

编 委 （以下按汉语拼音排序）

陈蓉霞 黄建国 罗祖德

钱振华 钮泽富 王身立

徐毅毅 于尔辛 朱新轩

总 序

以 19 世纪末、20 世纪初 X 射线、放射性与电子的发现为开端,以量子力学与相对论这两个物理学新理论的创建为标志,科学技术由经典走向现代,发生了革命性的变更,步入了一个崭新的历史发展新阶段。特别是第二次世界大战以来,在近半个世纪中,几乎各门科学技术领域都有了深刻的变化,出现了新的飞跃,并且不断产生了并且继续衍生出一系列新的科技分支,像原子构造、分子构造、核能、激光、半导体、超导体、X 射线技术、信息技术、分子设计、量子生物学、宇宙物理、量子医学等一系列新的科学技术分支,就都是在狭义相对论与量子力学的指导和影响下发展起来的,它们都像雨后春笋般地纷纷问世。由于科学技术的飞跃拓展,它不仅继续向微观深入,而且走向宏观系统,走向复杂和综合,人们不断扩大了对自然界认识的深度与广度。从微观、宏观到宇观,从静态到动态,从局部到整体,从常态到非常态,从有序到无序,从无机到有机,从无生命体系到生命体系,从简单到复杂,从确定到不确定,从线性到非线性,随着科学思维模式、认知走向与研究实践的发展,人类已经更深入地探索了自然界的奥秘,揭示了它的一些特征与客观规律,为利用和改造自然,协调人类与自然的关系,使之服务于人类,创设了十分有利的条件。目前它正以空前的规模与速度应用于生产、生活与管理,使社会物质生产、社会生活与实际工作的各个领域都面貌焕然一新,以致对人们的思维方式、思想意识乃至价值观念都产生了重大的影响。在世纪之交的今天,回顾人类在这 100 年中所走过的路程,我们会欣喜地发现,20 世纪科学技术对社会进步的推动作用,已远远超过了人类历史上的任何时代。20 世纪是人类社会的物质文明发展最快的世纪,是新技术革命的时代,这个物质文明的进步和新技术革命的力量源泉正来自自然科

学基础理论的不断突破。而物质文明与新技术革命的发展又反过来促进了自然科学基础理论的前进步伐,形成了一个良性循环的态势。

邓小平同志指出:“科学技术是第一生产力”,我们的党与国家把“科教兴国”作为战略方针,体现了客观规律,适应了实际需要,反映了时代特征,正是它为我们指明了前进的方向。

近半个世纪以来,科学技术从 1945 年起,几乎每十年一轮,经历了五次伟大的革命,它先后以原子能的释放和利用,人造卫星的发射成功,DNA 重组实验的实现,微处理机大量生产与广泛使用和软件的大规模产业化为标志,促使人类开创了核利用的新时代;摆脱地球的引力,向外层空间进军的新历程;跨进了可控制遗传与生命过程的新阶段;揭开了扩大人脑功能的新篇章;使人类步入了信息社会的新纪元。而信息革命作为新技术革命的主流与龙头,现在仍处于蓬勃发展的状态之中。与此同时,以克隆羊复制成功为标志,使分子生物学进入了直接为人类服务的新阶段。而核聚变反应研究的发展,则为解决人类面临的未来能源危机展现出光明的前景;纳米技术的成功与发展,又为 21 世纪的产业革命显现出耀眼的光辉;地球科学与环境科学的推进,为解决资源、环境、生态和自然灾害,实现人类社会的可持续发展,带来了明亮的曙光;宇宙空间技术与海洋开发技术的深入推进,更为 21 世纪人类活动领域和利用自然的范围,开拓了无限广阔的天地;如此等等。但是科学技术的飞快发展,正像一把双刃剑,它带给人类的也不全是光明,人类只有把科学技术进步的成果全部致力于和平与发展,才会迎来 21 世纪最美好的时代。

本丛书站在世纪的交汇点上,回顾人类走过的 100 年科技历程,展望未来。它的特点一是选取发展始于 20 世纪初或发明于 19 世纪末、发展于 20 世纪的科学技术,加以介绍;二是以时间发展为序,一题一文,独立成章,重点介绍重大突破、发展转折或对人类社会所产生的巨大影响;三是在力求客观的基础上,关注人们的精神力量和推动科技发展的外在因素,宣传和平与发展;四是着力做到

图文并茂,形象表达与文字阐述相结合;五是书末附以各分册相应学科发展的年表,给读者以更清晰的线索,便于查阅。

本丛书的作者大多数是华东师范大学科学技术方面的正、副教授,医院和航天部门的专家、湖南师大遗传学教授也参加了这个编写行列,共享其成。普及科学技术是党与国家的要求,上海科学技术文献出版社与我们这批科技教育工作者也正是为了贯彻这个方针,立足于为提高全民族科技意识与科技水平服务的真诚愿望,以高中及其以上文化程度的普通市民为主要读者对象,投入了这项工作。编写力求深入浅出,生动活泼,通俗易懂,适应普及,便于阅读。我们热切期望本套丛书对广大读者有所裨益。

袁运开

写于上海华东师范大学

前 言

地球,人类的摇篮和栖息地,我们祖祖辈辈生活在她的怀抱里,繁衍生息。因此,从这个意义上,我们人类很早就开始了对地球的认识。譬如“天圆地方”、“天长地久”、“地动山摇”、“山崩地裂”、“沧海桑田”、“高岸为谷,深谷为陵”等,都反映了早期人类对地球最朴素、最直观的了解和描述。但是,人类对地球认识又是很不够的,就像人类对自身的机体至今还不真正了解一样,人类对地球的认识还有许多“谜”,地球的许多方方面面,至今还不是一清二楚。

辩证唯物主义的认识论告诉我们,世界上有许许多多暂时不被人们认识的事物。但是,世界上不存在人类根本不能认识的事物。人类对地球的认识正同人类对整个自然的认识一样,是逐步深化的,经历了由知之不多到知之较多,由只认识局部到认识整体,由认识上的错误到取得正确认识的过程。而这一切,归根结底取决于科学技术的进步和与此相关联的正确的世界观(宇宙观)和方法论。

地球科学还很年轻,这是因为,一方面它所研究的对象,即地球客体是一个“庞然大物”,人们对她一下子难以把握。就拿地球的形状来说罢,长期以来人们对其认识就好像是瞎子摸象,往往把局部当成整体。几个世纪以来,随着科学技术的进步,人们对地球形状的认识虽然不断前进,并逐渐接近客观实际。但是,总不免有“雾中看花”的感觉。只有到了 20 世纪 50 年代,人造地球卫星上天以后,从穹天俯视地球,“庞然大物”一下子变成了“小小环球”,她的真实面貌才一目了然,尽收眼底。另一方面是地球作为一个天体,她所“导演”的许多自然现象具有高度的综合性和复杂性,从简单机械位移到复杂的物理过程和化学反应,无所不包,无所不有。当生命在地球上出现以后,生命活动也参与了地球再造,所以,地球

科学所揭示的自然现象从某种意义上来说,比物理学、化学要复杂的多。然而地球科学对于许多自然现象和规律的解释,又必须借助于物理学、化学等学科的最新成果。这样,地球科学势必要滞后于物理学、化学,甚至生命科学。这也是符合自然科学各门学科顺序发展的规律的。譬如地球的年龄问题,在 20 世纪初放射性元素被发现并用于地球测年之前,人们对地质事件只能确定其相对年龄,而无法知道它的绝对年龄。只有当同位素测定绝对年龄的方法被应用之后,人们对各种地质事件发生的时间才有了确切的了解。又如,地核的物质组成问题,至今还是一个谜,实际上这是一个高温高压状态下的物态问题,只有当人们能够在实验室里模拟出类似于地球核心的温度和压力时,才可能对地核的物质组成作出科学的推断。因此,地球科学的发展,在一定程度上必须依靠现代精密科学——物理学、化学的发展。这也是近一百年来,地球科学之所以取得比较快的发展的关键所在。早在一百多年前,英国著名地质学家赖尔在阐述地质学与诸门自然科学的联系时说过:“地质学家也同样必须精通化学、物理学、矿物学、动物学、比较解剖学、植物学;简言之,他必须精通任何有关有机物和无机物的科学。”一百多年过去了,地球科学与其他自然科学之间联系愈来愈密切,它们之间的相互交叉、相互渗透更为广泛,而且还产生了像地球物理学、地球化学等一批边缘学科。正因为如此,我们说,近一百年地球科学的进步是非常快的,它远远超过了过去任何时段的发展。现在人们对地球的认识较之一百年以前,要深刻得多,正确得多。尽管如此,我们还不得不指出,由于地球科学的特殊性,它所研究的地球客体及其演化的历史是任何人所不曾经历过的过程,再加之这一过程是不可逆的,直到目前人们还无法在实验室里把它重现出来。所以,现在人们对地球的认识,在许多方面还停留在假说阶段,这也是地球科学与数学、物理学、化学乃至生物学所不同的地方。承认这一点,绝对不是否定迄今为止地球科学所取得的成就。恰恰相反,不论是现在还是将来,在研究地球认识地球的过程中,一定要重视假说。因为假说是进行理论思维的一种形式,是通向科学真理

的阶梯。随着自然规律的不断被揭示,一个假说过时了,代替而来的是一个新的假说。没有假说的这种交替,地球科学的理论也许永远不会进步。

最后需要向读者说明的是,本书所涉及的问题不是地球科学的全部,而是其中的一部分。之所以选择这些内容,主要出于对人类所居住的地球从整体上把握,而不局限于细枝末节。另外,这些问题涉及的面较广,较少受到地球科学某一分支学科的限制,而且也是许多人所关心的基础性知识方面的问题,特别是对于青少年,更是其构筑自己知识大厦不可少的一部分。相信本书的出版,定能得到广大读者,特别是青少年的欢迎。

目 录

前言	(1)
一、地球的外貌和年龄	(1)
人类对地球形状的认识	(1)
地球年龄有多大	(3)
物理学家和地质学家孰对孰错	(5)
放射性元素——地球年龄的“计时钟”	(6)
古生物钟——一种潜在的地球编年证据	(12)
天外来客和月岩带来的时间信息	(13)
二、揭开地球内部的奥秘	(16)
地震——照亮地球内部的明灯	(16)
“入地”比“上天”难	(24)
以“天”比“地”，由“天”知“地”	(26)
三、极地探险和科学考察	(31)
围绕着最先到达南极极点的角逐	(31)
从高空“俯视”南极洲	(35)
开展国际合作和建立研究基地	(37)
北方航路的开通和北极的探险与科学考察	(50)
中国的南、北极考察	(54)
四、对地壳运动的认识	(62)
从“收缩说”到“膨胀说”	(62)
长盛不衰的经典理论	(66)
敢于标新立异的人	(71)
大陆漂移说的复兴	(76)
从大陆走向大洋	(80)
不能忘记中国这块大陆	(90)

五、海洋——人们注目的新领域	(99)
自然资源的天然宝库	(99)
新的探测技术大显神威	(101)
不寻常的航行	(108)
携起手来,共同研究和开发海洋	(115)
在祖国蓝色的“国土”上	(119)
附录 大事年表	(122)

一、地球的外貌和年龄

人类对地球形状的认识

地球到底是什么形状,这是一个古老而又常新的问题。所谓古老,是指人类生活在地球上,由于生产和生活上的需要,很早以前就关注着地球的形状,并且以直观的知觉描绘着地球的形状,作出了种种解释。所谓常新,是指人类对地球形状的认识,又处于不断的变动和更新之中,随着时间的流逝,各种各样的关于地球形状的新的解释不断代替原有的解释,使人们对地球形状的认识越来越接近客观实际。特别是 20 世纪以来,由于科学技术的进步,人们对地球形状的认识已经进入到能够进行精确测量和比较正确把握的时代。回顾人类对地球形状认识的历史,不难看出,人们对客观事物认识的无限潜力和科学技术的魅力。

为了能更真实的反映地球的实际形状,19 世纪末人们曾提出了“大地水准面”的概念。所谓大地水准面,德国的李斯丁把它定义为:“不受潮汐影响,气压变化和波涛骚扰,并与重力水准面相重合的自由开阔的海平面”。重力测量的结果告诉我们,海面在重力作用下是一个等位面,换句话说,就是在这个面上的重力位各处都是相等的。如果我们把这个等位面延伸通过陆地(它与地面不相重合,但非常接近),就形成一个封闭的曲面,这个封闭的曲面就是通常理解的“大地水准面”。我们所说的地球的真实形状,就是指与这个大地水准面十分接近的形状。因此,如何求出大地水准面就成了 20 世纪以来研究地球形状的课题。

了解大地水准面,当然可以通过三角测量和天文测量相结合的方法,也可以根据重力测定的结果来取得。但是,地球是如此之大,而且有三分之二以上的面积为海洋所覆盖,陆地上又有高山大

川,要完成上述测量是很不容易的事情。所以半个多世纪以来,尽管许多学者进行了种种努力,但收效甚微。人造卫星发射的成功,终于使人们对地球形状的研究揭开了新的一页,大大的向前迈进了一步。

1958年3月17日美国向天空发射了“先锋1号”探测卫星。它以椭圆轨道绕地球运转,每两个小时三十分绕地球一圈。通过对人造地球卫星轨道的观测,发现其轨道有某种微微偏离假设的地球椭球体轨道的现象,说明赤道的水准面并不是一个很完美的圆。赤道的直径在某些地方比另一些地方长430米。1959年2月17日美国又发射了另一颗人造地球卫星“先锋2号”。观测的结果也告诉了我们同样的事实。马松、赫尔、奥格菲、埃格尔和斯库埃等学者在研究了人造地球卫星的运行轨道以后得出结论:地球好像一只梨。这个梨形地球的水准面较之椭球体地球,北极高13米,南极低23米(图1-1)。梨形地球的认识,显然比椭球体地球又前进了一步。这种认识是靠今天的先进技术进行非常精细的测量得来的。尽管两者的差别与地球这个庞然大物相比微不足道,但毕竟来之不易。

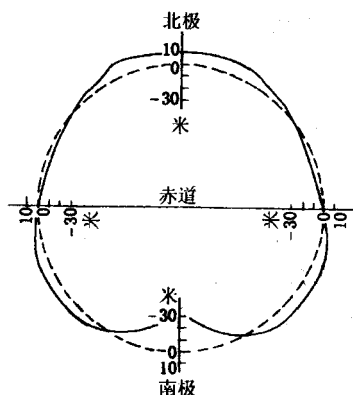


图 1-1 大地水准面和扁球面

人造地球卫星的上天,为人们研究地球的形状提供了新的观测手段,而且其观测精度也大大提高。例如地球的扁率,利用重力测量和大地测量相结合的方法测出的精度,最高为三百分之一。而

利用人造地球卫星轨道的变化,测出的地球扁率精确度可达到三万分之一,一下子提高了两个数量级。现在,世界上已有不少国家可以发射人造地球卫星,许多观测卫星不断地在宇宙空间运转,为人们提供了大量的观测资料。人们利用卫星观测资料,并结合地面观测,对地球形状的细枝末节有了更多的了解,例如从美国年轻测量学家拉普所绘制的“世界地球水准面地图”上可知,除了南北极外,还有好多地方凸起和凹陷,如澳大利亚的东北部,地球水准面高出地球椭球面 60 米。印度半岛以南有一 105 米的大凹坑。新几内亚岛附近又凸起了 73 米。随着观测的深入,这类发现会越来越多。因此,现在人们很难给地球的形状下一个确切的定义,干脆用“不规则球体”这个模糊却又比较贴切的概念描述地球的形状。美国著名科普作家阿西莫夫在其 1972 年出版的《宇宙、地球和大气》中是这样描述的,“从宇宙空间观看地球时,它既不像个梨,也不像个鸡蛋,而像一个很圆的球”。但是,“对大地水准面的细致研究告诉我们,……地球上既然有那么多稍呈扁平状的区域和那么多稍向外鼓出的区域,因此,最好还是把它说成是一个不规则的球体”。

综上所述不难看出,人类对地球形状的认识经历了正圆球体、椭球体、大地水准体、不规则球体四个阶段,一个比一个进步,越来越接近地球形状的客观实际。但是,即便在科学技术发达的今天,人们对地球形状的认识还没有穷尽。因为地球形状是地球这一客体物质运动的结果和必然反映。地球的物质运动永远不会停息,地球的形状就会不断地变化着,因此,人们对地球形状的认识也永远不会停留在一个水平上,总是有所前进,有所进步。

地球年龄有多大

地球的年龄是研究地球历史的标尺。在认识地球的过程中,如果人们没有正确的时间概念,将会陷入误区,不仅对地球过去历史过程中的千变万化可能作出错误的解释,而且对目前我们所面临的地球上千姿百态的景象难以理解。

在我们深入了解地球年龄之前,首先必须明确有关地球年龄的四个概念,即天文年龄、地质年龄、绝对年龄和相对年龄。

在我国古代广泛流传着“天长地久”这句成语,它虽然不包含明确的地球年龄的含义。但是,它把“天”和“地”联为一体来形容事物的久远,却是很有道理的。在科学昌明的今天,科学家所说的地球的天文年龄,就是指的地球作为一个天体从开始形成到现在的年龄,这也是地球年龄的最大时间尺度。要探究它,就必须了解地球的起源,即从原始星云到形成地球的过程。要知道,地球是同太阳和太阳系的其他行星一起形成的。由星云到形成地球、太阳和其他行星,有一个漫长的过程,计算它们的年龄究竟从什么时候算起呢,很不明确。因此,人们把固体地球的形成作为地球的肇始之日。这样算来,地球的天文年龄大约为 46~60 亿年。

地质年龄是指地球上开始了地质作用(侵蚀、沉积、构造运动等等)之后到现在这个时段地球的年龄。尽管这个年龄的开始点也很难确定,但是,有一点是很明确的,就是地质年龄肯定要小于天文年龄。

绝对年龄是指地球上各种地质作用和矿物、岩石的实际年龄。如世界上最雄伟的山脉喜马拉雅山横空出世于 6 500~2 330 万年前,这个数字就是指的喜马拉雅山造山运动的绝对年龄。又譬如说地球自形成至今大约已 46 亿年了,也是指地球的绝对年龄。绝对年龄可以用放射性元素的同位素测定,因此,又叫同位素年龄。

相对年龄是指根据生物演化和岩层形成的顺序而确定的各种地质事件和现象之间的先后次序和新老关系。它只能确定某一地质事件比另一地质事件老或者新,发生在前或发生在后,而不能确切知道这一地质事件到底是多少年以前发生的。就像我们日常生活中,有人只知道张三比李四大,但不知道张三和李四究竟有多大的年龄一样。因为在地质工作中不需要样样事情都必须知道它们的绝对年龄,只需知道它们之间新老关系和先后顺序就可以了。相对年龄较之绝对年龄较早的得到了应用,并有了比较完善的测定方法。

物理学家和地质学家孰对孰错

直到 19 世纪所有参与地球年龄问题研究的天文学家、物理学家对地球年龄的估算都偏低了。除了英国天文学家哈雷估算的 10 亿年外,其他科学家如卓利、赫尔姆霍兹、汤姆森等估算的年龄只有几千万年。这一数值是地质学家无论如何所不能接受的。在地质学家看来,地球的演化是一个缓慢的过程,而且在整个演化过程中,各种自然力的作用,譬如高山的隆起,岩石的风化,河流的冲刷等,都是以大体相同的速率进行的。因此,今天我们所看到的自然景象决不是“一朝一夕”形成的,一定经过了漫长的时间。这是赫屯、赖尔等地质学创始人学术思想的核心和坚定不移的信条。他们之所以认为物理学所给出的地球年龄不可信,大体上有以下理由:一是从地球上广泛覆盖的沉积岩来看,有人估计寒武纪以来的总厚度约 160 公里,如果以每 2.886 年可以堆积 1 米的速度计算,不可能是在几千万年中所能形成的。而且地质学家认为,现在人们所看到的沉积岩的厚度是经过风化、侵蚀等残缺不全的。即便如此,按照沉积地层所估算的地球年龄至少在 4.8 亿年以上;二是从生物进化的角度来看,如此之短的时间无法满足生物进化的要求。我们知道,19 世纪后半叶,生物学家已经在探索从原始单细胞到复杂高级动物所经历的进化过程。众多的生物化石证明,要完成这样的进化是需要时日的,如果没有 10 亿年甚至更长的时间,是不可能的;三是物理学家给出的年龄随意性太大了。汤姆森基于同样原理,一次估算地球的年龄为 2 亿年。不久又改为 2 000~4 000 万年,数值相差这么大,不能不令人怀疑它的准确性。正是在这样的学术背景下,当时围绕着地球的年龄问题掀起了一场跨学科的争论。

在历史的进程中,不同学派,不同学术观点的争论是层出不穷,屡见不鲜的。应该说,出现学术争论是好事,它能激励人们的探索精神,推动科学的进步。通过争论,可以明辨是非,坚持真理,修

正错误。通常所说的真理越辩越明就是这个道理。在这场争论中，就当时的科学水平和认识水平来看，很难绝对地说谁对谁错。物理学家坚信自己给出的地球年龄是正确的。地质学家，还包括一部分生物学家则相信 10 亿年以上的年龄更符合地球的实际情况。因此，当时两种观点相持不下，谁也说服不了谁。但是，真理毕竟只有一个，它的确定往往不是在问题提出时，而是在得到科学事实证明时。到了 19 世纪末，由于放射性元素的发现，终于使情况发生了根本性的变化。因为放射性元素不断释放出巨大的能量，使地球不仅不是在变冷，而是在不断增温变热。这一事实就从根本上否定了汤姆森在估算地球年龄时，地球由热变冷这一前提。既然前提错了，其估算的地球年龄还有什么意义。所以到 19 世纪末这场争论已经明确，物理学家错了。

放射性元素——地球年龄的“计时钟”

放射性元素的发现是自然科学上的一项划时代成就，它极大地推动了各门自然科学的发展，并且为准确地测定地球的年龄提供了武器，从此，地球年龄的研究进入了一个新的阶段。

放射性现象是法国物理学家贝克勒尔首先发现的。1896 年他在进行一次物理实验时，无意中看到一种特殊的现象，就是原来用不透明纸包好的感光底片不知是什么光所致，产生了雾影。他分析了产生这一现象的原因，断定是放置于实验室里的铀盐发出的一种射线所致。贝克勒尔的这一发现，引起了旅居法国的著名物理学家居里夫人的注意，她认真地研究了这一现象，不仅证实了贝克勒尔的发现，而且还观察到原始铀矿的放射性强度与含铀的多寡有密切关系，二者成正比。于是，她推断铀矿中可能含有放射性更强的物质。为此，她进行了不懈的工作，于 1898 年成功地分离出了这种物质，一种新的元素，取名为镭。

放射性现象及放射性元素的发现，为地球测年学展现出一道亮丽的曙光。英籍物理学家卢瑟福眼疾手快，马上用于地球年龄的

测定。1902 年他和牛津大学的研究生索迪一起首先提出了放射性蜕变原理,并且指出铀、钍经过衰变产生氦。人们根据含铀矿物中所产生的氦可以测定地球的年龄。他的这一设想曾于 1904 年 9 月 19 日至 25 日在圣路易斯举行的国际科技会议上向与会者公布。1905 年他在耶鲁大学作锡里曼讲座时又以此为内容发表了学术演讲。这篇讲稿于 1906 年冠以《放射性蜕变》的书名,由耶鲁大学出版。因此,卢瑟福可以称得上是放射性测年学的鼻祖。

在科学史上不乏这样的先例,当某一门学科发展到一定阶段,特别是面临新的突破时,新的理论和新的发现会层出不穷的出现。在卢瑟福发现了放射性蜕变原理的同时,耶鲁大学的化学家波特伍德也发现了这一现象,而且认为通过实验可以测定不稳定同位素的衰变速度,求出“半衰期”。利用“半衰期”作为“时钟”,就可以计算出地球的年龄。两人在学术上的共鸣,促成了科学上的合作。波特伍德根据卢瑟福的建议,于 1907 年分析了含铀矿物中的铅的量值,取得了第一个 U-Pb 法绝对年龄。

卢瑟福和波特伍德的发现,开辟了用放射性同位素测定地球年龄的新纪元。但是,这一方法要得到广泛的应用,还有待时日。因为这一工作对元素分析的精度要求非常高,在人们掌握非常精确的分析手段之前,是不可能被广泛采用的。然而到了 1919 年,出现了转机。这一年,英国物理学家阿斯頓发明了质谱仪。这一仪器可以利用电场和磁场使化学同位素分离,并得出相应的称量。这样,就为利用放射性元素及其衰变所产生的同位素测定地球年龄开了方便之门。后来,这一仪器又通过不断改进,到 1933 年阿斯頓开始用于放射性铅同位素的分析。以后质谱仪就得到了广泛的应用。

人们知道,在地球上广泛地分布着各类岩浆岩,在这些岩浆岩中含有放射性元素铀和钍。当铀和钍衰变时,便会产生稳定的元素铅。运用质谱仪,人们测出了铅有三种同位素:

