

元素的分布

[苏联] B.B. 契尔定采夫著

胡受奚 孙大中译

中国工业出版社

元素的分佈

（根據1952年數據整理而成）

（根據1952年數據整理而成）

中國社會科學出版社

56.61
376

元素的分布

[苏联] B. B. 契尔定采夫著

胡受奚 孙大中译

中国1964年1月出版

本书运用地球化学、宇宙化学、天体物理学和原子核物理学的基本理论和实际资料叙述元素在地球和宇宙体中的分布，并概述放射性地质学 and 同位地球化学的一些基本问题。

在原子核稳定性的基本理论基础上研究了原子分布量的规律性。介绍并分析了各种原子核起源的假说。

本书可供广大的科学工作者及地球化学、地质学、物理学和天文学专业的高年级大学生、研究生、教师等参阅。

本书由胡受奚、孙大中译，甘源明、刘玉山校。

В. В. Чердынцев

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ

ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Государственное издательство

Технико-теоретической литературы

Москва 1956.

* * *

元素的分布

胡受奚 孙大中译

*

地质部地质书刊编辑部编辑 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社 (北京佟麟阁路10号)

(北京市书刊出版事业许可出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $9\frac{7}{16}$ ·字数237,000

1963年11月北京第一版·1963年11月北京第一次印刷

印数0001—2,060·定价(10-7)1.60元

*

统一书号: 15165·2565 (地质—251)

原 序

元素分布的學說与各种不同学科——物理学、地球化学、天文学等相接邻。許多原子核物理学和地球化学的著作都注意到这个对現代自然科学有重大意义的問題。首先应该提出 A. E. 費爾斯曼院士的地球化学的主要著作，可是在他的著作里几乎没有涉及到这个問題的物理学基础。在国外的著作中，可以指出戈尔德施密特、勃拉翁以及兰卡瑪和薩哈瑪的地球化学方向的报导，还可指出奥費尔和赫尔曼的报导，这个报导是分析原子核分布的理論著作，而与实验資料几乎完全隔絕。此外，还应当提到兰卡瑪的“同位素地质学”，这是一本关于自然元素的同位素成分的資料評論。

从原子核稳定性的观点来闡明元素分布量方面的学术論文，無論苏联或是其他国家的文献都是沒有的。

我們認為本著作的出版是适宜的。在这本书中扼要地敘述了元素分布量与宇宙化学成分变化有关的原子核作用學說的現狀，并探討了这个問題的理論闡述基础。本书适用于各种不同专业的广大讀者（物理工作者、地球化学工作者、地质工作者、化学工作者、天文工作者及地球物理工作者等）。我們竭力使敘述做到对于沒有原子核物理学知識的讀者也都能容易了解。主要的数学結論引証得不够严格。想必物理学家一定認為是太浅了，但是作者却認為这些对于許多讀者說来都是有益的。在本书中还顧及到1956年初所获得的和公布了的主要成果。

毫无疑问，在书中一定会有許多缺点的，不过，当我们试图包括与所敘述的問題存在有机联系的极其广泛資料的情况下，在某种程度上，这些缺点是不可能避免的。对本书內容提出的一切指正，作者将不胜感謝。

苏联科学院 И. Е. 斯塔利克通訊院士和 A. H. 穆林教授对原稿的审閱和有价值的批評，作者借此机会表示感謝。

B. B. 契尔定采夫

目 录

原序

緒論	1
----------	---

第一章 在地壳和宇宙体系中元素的分布量	5
---------------------------	---

§ 1. 元素分布量的研究	5
§ 2. 地壳中元素的分配	10
§ 3. 在各个体系中元素的分布量	21
§ 4. 同位素地球化学。地壳中同位素的分离	33
§ 5. 人工转变过程中原子核的形成	39
§ 6. 自然界中的自然放射性元素	56
§ 7. 地壳中的氦	71
§ 8. 自然物体中铅的同位素成分	77
§ 9. 放射性蜕变中间产物的地球化学	84

第二章 原子核稳定性的基本理论	103
-----------------------	-----

§ 10. 任务的提出。原子核的气体模型	103
§ 11. 原子核的能量和电荷	114
§ 12. 原子核的能量对电荷的依赖关系	128
§ 13. 原子核对 α -蜕变的稳定性	142
§ 14. 原子核对分裂的稳定性	167

第三章 同位素分布量的规律性及形成原子核的问题	182
-------------------------------	-----

§ 15. 同位素的分布量对 A 和 Z 的依赖关系	182
§ 16. 原子核分布量曲线的特点	194
§ 17. 原子核的年龄和核世界的演化	206
§ 18. 同位素分布量的理论。在非平衡体系中原子核的形成	224
§ 19. 在原子核热力学平衡条件下同位素的形成	231

文献	243
----------	-----

附录 主要表格	253
---------------	-----

緒 論

近代自然科学中許多理論問題的解决都要求研究元素的分布量，即元素在宇宙个别体系中的含量。元素的实际应用可能性，在相当大的程度上，也是决定于它們的分布量。門捷列夫周期表上的某些元素族是根据它們在地壳中稀少的分布量特征而得命名，这就是我們所說周期表上零族的“稀有气体”以及稀土元素。

“稀有元素”的術語广泛地应用在分析化学和工艺学中。

宇宙体中原子的原始分布量是决定于它們形成的条件以及原子核的稳定性。关于原子核的成因問題远远还没有得到解决，但很明显，在原始体系中原子的含量实质上是取决于它們核的性质，这就是說，同位素的分布量就是那些为原子核物理学家一直認為是少数重要参数之一。С. И. 瓦維洛夫在苏联科学院紀念弗·伊·列寧逝世二十周年的大会上的演講中曾說道：“有根据設想这样一些現象，如象螺旋状星云的光譜中有名的‘紅色位移’、地球和宇宙中元素数量分配的規律以及主要的植物学的現象等，在未来将要使近代物理学发生变化”〔1〕*。

对于我們实际所能了解到的宇宙体系中原子的原始分布量都被各种各样的次生作用所改觀。例如在地球形成的时候，在它的物质成分中，氢、氦以及其他許多元素的含量实质上已經减少了。因此，要搞清原子的原始分布量的主要規律是非常复杂的問題。宇宙的个别体系内部的物质成分通常是不均匀的。在宇宙个别帶中元素的含量，我們称为原子的分配，如地球化学文献中就采用这个術語。元素的分配主要是决定于該体系形成时的物理化学条件和它的状态。在某种程度上我們把元素的分布量与分配相对立起来，然而在許多情況下，要明显地确定这二种術語的界綫

* 方括弧中是图书目录的索引。請參閱本书最后的文献目录。

是不可能的。

研究原子分布量的特殊困难是在于它不同于其他的原子物理学的参数，只能对个别的体系（例如地壳、太阳的大气圈以及陨石）可以确定得足够精确。在许多情况下，元素的原始分布量在物质迁移过程中，即在元素分配过程中被改变，而且影响的范围常常不能从数量上来测定。

关于元素、同位素、原子核分布量的报导可以在原子核物理学和天文学的某些手册中见到，在所有关于地球化学的书籍中也一定能见到。按照戈尔德施密特的意见，认为地球化学有二个最基本的任务，一方面是搞清组成地球成分的量，而另一方面就是寻求各个元素的分配规律。前者取决于同位素原子核的性质，而后者取决于元素的原子性质以及电子壳层的构造。因此，地球化学分为二个部分：“原子核”地球化学和“原子”地球化学，同时“原子核”地球化学的基本问题就是地球以及概括宇宙体（广义的）中的元素的分布量问题。

我们把该体系中原子的原始分布量理解为这个体系形成时元素的含量。同最初成分的偏差，不仅是由物质的迁移作用所引起的，同时还有原子核的作用，如自然放射性蜕变、星球内部的热核反应或是在宇宙射线和放射作用影响下所引起的原子核的转变。甚至在实际上孤立体系中（例如地球中）原子的分布量还是不断地在变化着。在最近时期内，实验技术的发展能够发现许多改造地球成分的原子核作用，最近几年，我们对这个领域中的知识，无疑是大大地扩展了。B. H. 维尔纳茨基和 A. E. 费尔斯曼最先使地球化学具有动力的方向，并且确定了地球和宇宙体的原子历史作为地球化学的基本任务。这个方向在“原子核”地球化学（宇宙体同位素分布量的学说）中应该充分加以保存。

原子分布量的学说与许多学科，如原子核物理学、地球化学、天体物理学等密切相关。氢和氦的含量实质上决定了星球体系的动力和演化。有经济价值的矿床中元素的储量是决定于该元素在地球中的分布量。原子核地球化学一方面与宇宙学相联系，

而另一方面却是朝向实际問題的。

原子分布量的理論應該以原子核物理学和天体物理学为依据。直到現在，在理論方面研究得还是不够完善。問題的困难或許能用來說明試驗方面的成績不大，但是这些試驗是比較少的，这可能是由于这方面問題是界于各种学科之間的緣故。

我們提供在宇宙体不同地段中元素分布量的基本資料的汇报作为第一个任务（第一章），同时特別注意改变物质成分的原子核作用，如原子核的放射性蜕变和人工轉变。我們着重指出：这一章不包括資料的完全評論，多半只是包含那些能帮助构成同位素分布規律性的主要資料。这不可能沒有关于同位素稳定性的概念。

同位素稳定性的基本理論，在第二章中是在某些最簡單的模型的基础上加以敘述的。同时我們尽可能竭力来探討同位素两个特征之間的联系，这两个特征就是分布量和稳定性。彻底地引用远离热力学平衡状态的原子核体系的概念，因而，稳定性概念的意义是有限的，而且只能够附加在某个条件下所进行的某种核的作用。稳定性的理論無論是对于研究現有的放射性元素，或是对于查明原子分布量的規律性都是必須的。

第三章是闡述同位素分布量的主要規律。在这一章中也对分布量理論的著作予以評論，闡述了在 neutron 介质的解离平衡条件下原子核形成的理論。在敘述这方面問題时，尽量結合所观察到的規律。

分布量的理論与原子核的成因問題有着不可分割的联系，因此与宇宙学的假說也有密切的关系。当探討位于某些基础科学边緣上的元素分布量問題时是可以包括如地质学、地球物理学、宇宙学等这些科学的相近資料。但是到最近，宇宙学还远远沒有完善，其中某些主要課目只是剛剛形成。宇宙学的发展仅仅是部分地依賴于地球化学和宇宙化学的資料。在科学发展的某个时期，在它們具有足够完善的情况下，分別地拟定某些問題是有益的，而得出它們的結論近于真实性，應該广泛地綜合和結合由各种相

接近的学科所获得的成就。现在，“原子核”地球化学的主要任务，按照我们的意见看来，是在于查明同位素分布量的主要规律性，以及试图解释这些规律性，同时应该有某些指导性的有效假说。进一步应该使这些假说与宇宙学的资料相符合，根据最近几年来的成就来推测，这种假说是可以相信的，同时它很快就会具有足够严整的体系。

当研究原子分布量时，近代地球化学是广泛利用物理化学的研究方法：光谱分析、伦琴光谱分析、电化学法、质谱仪、中子仪以及其他原子核物理学的方法。从另一方面来看，最近在原子核领域里的许多研究是具有地球化学的方向。在我们的概要论评中，几乎没有涉及到测量方法的问题。地球化学无疑是有自己独特的研究方法，但是当它研究本身的资料时，也利用着由相邻学科所发展的测量方法。

我们谈谈术语的问题。在老的地球化学的文献中，是没有“分布量”（“распространенность”）这个术语，却是利用“分布”（“распространение”）这个术语。虽然苏联的地球化学的经典著作中是利用这个术语，但是我们将不保留它，因为在俄语中，“分布”通常被当作扩大、发展的意义来应用。在天文学的文献中采用“丰度”（“обилие”）的术语，这是从法兰西和盎格鲁-萨克逊的科学术语“Abundance”（丰度）字面上翻译来的。这个词同样是不能令人满意的，因为通常它有着过剩、丰富（изобилие）的意义，这对宇宙体系中的大多数元素来说是不恰当的。

第一章 在地壳和宇宙体系中元素的分布量

§ 1. 元素分布量的研究

大多数元素都属于所谓的稀有元素。这个“稀有元素”的概念是有条件的，它被一些不同因素所决定着，这些因素就是：

(1) 在地壳中含量小，这可能与该元素绝对分布量低有关，也可能与它在地壳形成时期中的消失有关。門捷列夫周期表上零族的稀有气体、汞和其它挥发元素都属于从地球上显著消失的元素之列；

(2) 地壳中元素的性状特征，即它们没有能力形成独立的矿物或矿床。例如稀有的铷，它在地壳中的含量大于铅、砷和铜的总和，但是在地球化学过程中，由于铷位于自己同族的钾之后，因此它不能形成任何独立的矿物，而只是在某些情况下，富集在岩浆结晶末期别的矿物中；

(3) 该元素在工艺技术上的困难和国民经济价值较小。例如钽在十进制表上是属于地壳中分布量最大的元素。通常在岩石的副矿物之中都有它的化合物（钽铁矿、榍石、钽磁铁矿），但是直到现在为止，钽依旧不能被大量利用，因此，这种元素依旧被当作稀有元素看待。

人类对元素的应用，经常是远远不能由它们的分布量来决定的。在人类的实践中，最初利用的自然金属是金和银。冶金学是从比较稀有的铜和锡开始的。在地球中分布较广的硅、铝、铁三种金属元素之中，只有铁才从古代一直利用到现代。金属铝仅是在1825年才发现，并且在最初十年内，它的价值象神话般的昂贵。至于说到金属硅，那末直到现在为止，还是很少被利用。

还在远古时代就已经知道了金、银、铜、铅、锑、锡、铁、锌、汞、硫和碳；除此以外，还利用了许多元素的氧化物和其他

化合物。在中世紀这一时期內，只发现了几种新的元素：鉍、神和磷。磷是第一个知道发现日期的元素（1669年）。在工业革命时代以后，技术的发展激发了广泛地和有成效地找寻新元素。从十八世紀初期到十九世紀中叶曾发现了約45种新元素。在这段时期中，許多元素同样只是以氧化物的形式被发现和被分离出来。例如1789年由克拉帕罗特在瀝青鈾矿中最先发现有鈾就是这样的例子。金属鈾是 1841 年由彼利戈获得的，而它的原子量只是在 1872年才被門捷列夫正确地測定。

分析技术的发展，成功地預言在分析平衡中一些含量不足百分之几的未知元素的存在。例如在分析透鋰长石矿物时发现了鋰，以及在很久以后分析硫銀鉻矿的时候又发现了鉻。研究綠柱石和純綠寶石結晶的相似性导致了鉍的发现。

到上世紀中叶，那时分析化学对于发现新的元素，在某种程度上已沒有可能性。从1844年当俄国的化学家 K.K. 克拉烏斯发现了釷起到1860年止，已知的元素名单上沒有新的补充。为了进一步研究，应用新的物理方法就显得特別重要了。由于光譜分析的幫助，在地球上发现了銨、鉍、銻、鉈，在日珥的譜綫中发现了氦。

在1869年門捷列夫发表周期律并預測了許多元素以后，找寻新元素就有了科学基础；就在1869年以后不久，在那些預測的元素中就发现了鐳和釷。分析化学的发展，幫助了稀土元素的分离，而真空技术的发展又导致了位于門捷列夫周期零族的稀有气体的发现。放射性射綫作用的发现，便发现了新的放射性元素，即鈾和釷的蜕变产物。这些蜕变元素在自然界的物体中是“无重量”数量的。最后，在应用伦琴分析的同时，发现了鋯（1922年）和鐳（1925年），在这以后，稳定元素的周期表就此被填滿了。

但早几年，在 1919 年卢瑟夫在发现人工改造元素可能性的同时，已使原子核发生分裂。在 1934 年，約里奧·居里夫妇获得在自然界中所不知道的第三个同位素，即人工的放射性同位素。以后曾发现几百种各种不同的新的不稳定原子核。在四十年

代中，用人工方法不仅获得了新的同位素，并且还获得了新的元素，既包括重的超铀元素，也包括門捷列夫周期表的中部原子序数为43和61的元素，由于鐳和鉅是没有稳定的同位素，因此，它們在自然界中是不存在的。发现化学元素的事业刚结束，而人們就着手創造新的元素。其中某些新元素（例如鈾）今天已經具有重大的国民經济意义。

随着新元素的发现，接着就研究它們的分布量。这种研究工作与发现新元素的工作密切到这样程度，以致发现元素的学者常常繼續的研究这种工作。关于地壳中元素分布量資料的第一个汇报是由克拉克在1889年^[9]所綜合的，以后，在三十多年的時間內，克拉克繼續发展了这些工作。地壳的平均化学成分的研究是根据分析化学的古典的方法，并且只包括在岩石中的含量不小于万分之几的那些元素。到后来这种研究才包括了重元素和稀有元素。研究这些元素是需要吸收和发展新的分析方法，这些方法如光譜法、伦琴法、极譜法等。例如发现鐳^[6]的諾达克夫妇和发现鉛^[8]的赫維什的卓越的工作，都是根据这些元素的地球化学的性质，采用濃縮被研究样品的化学方法及所得到的濃縮物中元素定量的伦琴分析法。

除了地壳的建造以外，隕石是能够直接研究的唯一的对象。应当指出：这些物体的主要分类是根据它們的成分来划分的，也就是根据主导元素的分布量来划分的。隕石的化学成分第一次有系統的研究是由諾达克夫妇^[7]和戈尔德施密特^[10]学派进行的。它們曾提出关于隕石的平均成分相当于地壳平均成分的原理。戈尔德施密特，以及以后的勃拉翁^[11]和尤列伊^[12]都在自己的元素的分布量的著作中应用了隕石的資料。这种傾向我們覺得是不正确的。無論什么样的观点都得遵从关于隕石的起源，这些物体在重量上只是行星体系的一小部份。它們形成的条件是不清楚的，同时对于各种隕石之間的关系又沒有足够的研究。毫無疑問，地壳元素的原始分布量是被次生作用所破坏了，这些作用在隕石上也曾发生过，可是隕石的次生作用，我們知道的較之地球物质的迁

移作用要少得多。

在研究地壳的同时(在历史上較研究地壳早一些),还研究了太阳和星球大气圈中元素的分布量,这种研究是在应用光譜学的資料来测定宇宙星球的化学成分成为可能以后才扩大的。曾經确定了星球大气中氢、金属、氮的含量。

根据星球的光譜类型曾拟定了所謂星球的格尔瓦尔德分类。在綜合天体物理学資料的同时,洛卡伊耶尔解释了光譜的次序是星球本身化学成分变的演化图解,这些工作对于研究元素分布量問題引起很大的兴趣,同时在一定程度上也促使了克拉克对地壳化学成分的研究。但是洛卡伊耶尔的观点在后来又被印度的学者麦德-納德-薩希^[13]的著作所推翻,他指出星球的各种不同的光譜类型并不相当于化学成分变化,而是相当于星球大气的温度和压力的差別,也就是相当于各个元素的原子刺激状态条件的差別;这就是說,光譜的格尔瓦尔德分类主要是温度的等級。同时也可以发现表面层温度相近、而化学成分却不相同的星球。

太阳的大气层是天体物理学中研究得最多的对象。列謝尔的著作^[14]指出在太阳的大气层中和地壳中的重元素分布量是比較接近的。以后天文学界的主要人物又研究了星球大气的成分^[15,16],但是这些测定的完全性和精确性是很不够的。在天体物理学中研究元素分布的方法比研究地壳成分更具有优越性,如果后者的测定是根据千万个長時間的和复杂的分析,那末,星球的成分就可以根据一些适当的光譜的研究来确定。但是天体物理学研究的完全性为星球壳层中原子的刺激状况和光譜短波部份为地球大气圈上层吸收所限制。

可惜,太阳和星球大气层中主要組份(氢和氮)的原子刺激状况是这样的:即定量测定有很大誤差。氢的主要光譜組、萊曼組是位于光譜的紫外光綫部份,这一部份光譜为大气的上层所吸收。附属的光譜組、巴尔麦組是位于光譜的可見部份。根据譜綫的强度来进行定量测定必需知道热力学的状况。关于太阳壳层物质的热力学平衡的推測只是大致适用的。事实上,太阳光譜与絕

对黑体的光谱是有一些偏差的。这些偏差影响了定量测定中的不精确性，如果根据相当于原子高能位之间的过渡谱线（正是氢原子产生的）来测定，就会引起特别大的不精确性。除了在另一些刺激条件（即日珥）中所发现氦以外，在太阳大气层中稀有气体的含量还不清楚。

研究气体星云的成分是很有趣的。曾指出过它们光谱中的所谓“星云”谱线，在以前认为是地球上未知的元素，而现在却认为它们是属于从被约束的介稳定状态原子的转变。这些转变只有在很难为我们实验室所能达到的低压状况下的行星星云的极端稀薄的圈层中才有可能。研究得最完全的是 NGC 7027^[17] 星云中主要元素的分布量，并且还获得了关于稀有气体含量的知识。

我们银河大部份物质（接近于一半）是处在星间气体的极稀薄的状态之中。这种气体的成分已经研究了，并且发现它与星球的大气成分一样，其中以氢占优势。

最近搞清了宇宙射线原始组份的特性，即研究了在这种特殊状态中物质的“化学成分”。

元素分布量问题密切地和同位素的分布量的问题相融合起来。一种元素的同位素就是原子世界的一个独立的单位，当原子核周围发生电子壳的时候，根据核电荷共同性的次生标志，在其本身存在的较后期（在比较低温和低压的条件下）统一起来。以后，原子的历史决定于它们的物理化学性质、电子壳的构造。一种元素的同位素是由电荷（原子序数）的一致性所统一起来的，并且是不可分离的，虽然根据核的其他标志来看，它们的区别不少于不同元素的同位素。

阿斯頓开始有系统的研究同位素是在二十世纪的第十年代，他是借他自己所设计的质谱仪的帮助来进行研究的。质谱仪测量不单是能确定同位素的原子量，除此以外，还能确定它们的质量和能量状态，以及它们的分布量。一般说来成份的研究是属于化学的范围，但是在质谱图解中所应用的方法决定了要用物理学来进行同位素成分的研究，然而这方面的研究在很长时期内，与研

究元素分布量的地球化学家和天文学家的工作几乎完全相脱离。

光谱法在同位素的研究中是有大的帮助。用这样方法曾发现了氢的重同位素，在物理学家和化学家资料中氢原子量之间的一致性进行这些工作的根据。研究同位素的核的方法是有一定意义的，这种方法如中子测量法。在研究铀吸收中子的特征的时候，不久就发现了这种元素的稀有的同位素。

现在，同位素的分析能够解决许多纯粹的地球化学的问题。在地球化学中特别分出同位素地球化学部份或“同位素地质学”；后者，不久以前，被兰卡珊作为专著发表。同位素地球化学超过我们称为“原子核”地球化学的范围，但是它不相同于原子核地球化学。在自然界中分离同位素的许多情况是由物理化学的作用所引起的，而并非原子核作用。

研究元素分布量（或是一般所说的原子核的分布量）的历史非常独特。最初的资料远在确定原子构造以前，就已为化学家和地质学家所收集。放在工作面前较窄的任务是测定地壳的化学成分，此对于矿床学的基础有实际的意义。关于存在元素的定量成份中某些规律性的最初思想，上世界的开头，在多别列涅尔、埃利·德·鲍蒙和菲利浦斯的著作中已带有暗示。门捷列夫明显地确定这个规律性，即轻元素与重元素占优势。在上世纪末，地球化学成为新的科学。现在，地球化学是依赖于近代的物理学、化学、地质学和天体学，但是它有自己的研究任务和自己的研究方法。

§ 2. 地壳中元素的分配

地壳化学成分的研究当然较任何其他宇宙对象的成分的研究要完全。但当研究元素的分布量时，不能单依靠地壳成分的资料来作为主导资料。在地球本身形成的时候，许多元素在某种程度上已变得贫乏，同时它的成分与原始的成分已有显著的不同。其次，地球本身的构造的不相同，因此，所收集的和批判地计算出来的关于地球表面矿物和岩石的材料，只能反映地球某一亮层的成

分。在这一节中，我們談談地壳中化学元素的分配，若不知道这种分配，就不能推測地壳的化学成分与整个地球的成分有什么样的区别。

地球的內部成分

現在可以認為关于太阳系物质是由太阳物质所形成的原理是公認的了。同时許多輕的和揮发元素发生大量消失。大部份苏联的宇宙学家都遵从由O. IO. 施密特^[19]所发展的太阳系起源的理論。按照O. IO. 施密特的意見，認為行星世界是从气体-尘埃的星云中发生的。其理論在叙述地球构造以前远远沒有完成，但是对我們重要的就是关于地球行星和隕石相統一的原理，今天这个原理显然是大家所公認的。

在研究地球成分的时候，應該利用关于地球构造的补充假說。根据地震波的研究可以得到关于地圈物质性质以及关于地圈之間有界面存在的某些知識，但是关于这些知識的地球化学解释現在还不一致。在400—600公里的深处，密度很快的变化，想必这是由这一带的主要矿物（橄欖石）轉变成另一种集合状态所决定的，这种状态在高压时是稳定的。大家都知道由鎳质鉄所构成地球的金属核心的概念，这个核心是与鉄隕石的主要矿物相似。整个地球的比重可以用这种金属核心存在的概念来解释，因为整个地球的密度比它表面岩石的密度要大得多。太阳系的其他星体（水星、火星、月亮、以及在最小程度上的金星），根据它們平均的比重来看，則远不及地球的密度，这就是說，对于太阳的成員說来，并不一定在所有的情况中都有鉄核的存在。鉄隕石只是隕石总数中的一小部份。

关于地球內部有沒有鉄核，或是中心带是由在地球深处的压力下具有很大密度的鉄和鎂的最簡單硅酸盐所构成的假說，到現在为止，还是爭論的問題（^[20]，65、81頁）。如果采用这些极端的情况，則地球中鉄的分布量的变化不超过2—3倍。在研究一个系統的成分时，这样范围的誤差是不能允許的，但在比較不