

555203

04993

DI QIU DE
GOU ZAO LUAN

地球的构造圈

J · H · 塔奇

地质出版社

5203

993

地球的构造圈

J.H.塔奇 著

张伯声 王 战 译

蒋荫昌 吴达文 校

地质出版社

地球的构造圈：其过去的发展及现今的性状

地球据信已经存在了46亿年，有一种单一、长期、深位、全球的驱动机制始终在起作用。据此，谨对地球的几何学、力学、热力、及化学等性状方面作一分析。

地球的构造圈

J. H. 塔奇 著

张伯声 王 战 译

蒋荫昌 吴达文 校

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：吴达文

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆印张：16³/₈字数：384,000

1984年8月北京第一版·1984年8月北京第一次印刷

印数：1—4,710册 定价：3.85元

统一书号：15038·新1060

译 者 的 话

关于地球的形成及其发展历史，中外地质学者提出过不少假说，而J. H. 塔奇所论的“构造圈式地球模式”可说是选料丰富，立论新颖。他吸取了许多有关地学、天文学、数学、物理学、化学等自然科学知识，分析了地球的形成及其地质发展的历史，解说了目前地壳构造的格局。他在本书中提出的论点，一反过去学说的意见，认为：作为太阳派生的原始地球和原始月球，最初是在近似的轨道上运转的；它们的大小差别并不像现在的地球和月球这样大；由于运动速度的差异，当原始月球在接近地球时分裂为八个八分体，其中的五个为原始地球吸引归并，成为地球，其余三个远离地球结合成为月球；被俘的几个“原始月块”形成地球的外圈，部份成为地壳；撞入地球的这些“原始月块”，在软流圈之上作有规律的迁移。历史的和目前的地壳结构、构造运动、地史发展以及与这些相关的特点，均受这种“构造圈式地球模式”的制约。因而，就“构造圈式地球模式”的论点来说，关于地球的形式和发展问题，是从太阳系内的天体力学演化过程和物质的自身属性上去寻求答案的。它对地球上的一切现象的探讨，自始至终都离不开原始月球的五个八分体同原始地球的结合及其结合后的相对运动的发展历史，一直追溯到已知地球的36—46亿年的过去。J. H. 塔奇正视“简单的板块构造说”所认为的“地壳板块“在地球上特大距离的“漂移”，但认为它们的移动漂而有序，移而不乱。

这本书在草译之后，由王战同志对照原文仔细复核一次，修正和增补了不少疏漏之处，并由魏岗峰、吴文奎二同志协助抄写校阅，特致谢忱。

张伯声

第二版序言

汉堡的科彭 (Koppen) 教授在力图劝阻阿尔弗雷德·魏格纳 (Alfred Wegener) 切勿再从事关于大陆漂移假说的详细分析时，曾讲过这样一段话：“当一个人的研究课题超过这门科学传统规定的界限时，自然会受到纵非全体也是部份有关学者的怀疑，并把他视为‘外行’” (Georgi, 1962)。果然不出所料，魏格纳关于大陆 漂移假说的 详细分析，几乎为科学界的所有人士冷落了五十多年。

当本书初版于1972年发行时，作者曾预计它会被科学界斥为异论。但情况并未发展到所设想的程度。来自世界各地的评论一般都是鼓励性的（除了某些理论及科学团体成员的评论比那些讲实际重应用的团体成员的评论多少有些不客气之外）。而且，各界读者对初版的肯定程度，都远远超过了最理想的设想。对采用初版中所阐发的观点而相继发表的“矿床学”（1973）、“月球”（1974）、“石油矿藏”（1974）、“铜矿”（1975）、“金矿”（1975）、“铀矿”（1976）、“地热储”（1976）和“地震”（在印刷中）等八本相关的著作说来，情况也都相同。

在初版中阐述的，并在本版中又再三重复的构造圈式地球模式概念，与其它全球构造假说的概念在两个突出方面有着本质的区别：（1）它体现了据信业已生存46亿年的地球内就已存在的驱动机制的几何学、力学、热力以及化学等各个方面；并且（2）它包含整个46亿年间深达1000公里的地球时-空格架。

和初版一样，第二版也试图说明，使用这两种区别所提出的解释，如何比通过其它全球构造假说所能提出的关于地球性状的起源、演化以及对现今特征的解释要更有意义。这种解释不仅适用于地球岩石圈板块，而且也适用于过去46亿年间于地球上部1000公里内演化的所有板块、岩块及其它形态的物质。

初 版 序 言

本书分析的是地球上部1000公里的演化。此分析的基本前提是：认为地表构造的发展，是经过长期在严格规定的制约性条件下起着作用的地球力引起的。根据对这些地表构造的全球性分析，就能解释所设深位力的性质及其可能的起源。

在此分析中包括三重中心概念：（1）地球构造圈是一个统一的动力实体，它是自开始有地球以来，而演化到其现今的状况及性状的；（2）构造圈的演化是通过在以往46亿年间持续起着作用的单一、全球性机制激发的；以及（3）地球内部性状及构造的地表显示，就是今天存在着这种机制的证据。此概念的重要组成部份，涉及从二元原始行星假说所导出的构造圈式地球模式。

以太阳系起源及力学的基本原理为依据的这一假说，建立一个如同原生太阳系实体的构造圈式地球模式。此种模式的驱动机制所使用的两种能源，都是自原始时期以来就已存在的。它们是：（1）地球成生时的不平衡形体；及（2）热力自地球内部向地球外部的流动（还可能有挥发物的流动）。根据这一概念，这种驱动机制在过去46亿年间，就产生出目前的构造圈构造以及构造圈性状的全貌。从而，地球表面的构造正是构造圈驱动机制的显示。

本书采用多方假设的研究方法，对当前有关构造圈的性状、构造及演化的假说作出审慎的评论，并提出构造圈式地球模式，作为可供选择的工作假说，并在现行假说的薄弱、不明确表态，或未曾涉及的那些领域里，加以运用。因为此假说无论在几何学方面或是在力学方面都是统一和全球性的，并且估量到整个46亿年的时间体系，所以对过去46亿年间地球构造圈演化的大量时空域来说，这种解释都能提供解答。

本书讨论了关于在构造圈演化区域中所观察到的结果及此假说所预测的结果之间的相互关系：大陆构造与大洋构造、地震、热流、岩浆活动、造山作用以及相关的地槽发展、重力异常、地磁及极性倒转、海底扩张、大陆漂移、板块构造以及地球内部性状的其它地表显示。

目 录

第一章	太阳系的起源	1
第二章	地-月体系	13
第三章	构造圈式地球模式	30
第四章	作为行星的地球	40
第五章	地球的地壳	47
第六章	构造圈	52
第七章	大陆的造山—克拉通构造	67
第八章	地球的深源地震	79
第九章	地热活动的全球格局	91
第十章	侵入及喷出活动	98
第十一章	地球的形态学	106
第十二章	造山运动	109
第十三章	地球的重力场	127
第十四章	地磁与极性倒转	132
第十五章	大陆与大洋	141
第十六章	海底扩张	148
第十七章	大陆漂移与极移	155
第十八章	板块构造与相关的影响全局的过程	163
第十九章	小行星、陨石及玻陨石	171
第二十章	积成的地球及其未来	177
参考文献		180

第一章 太阳系的起源

地球的构造圈包括深度大约达到1000公里的地壳和上地幔。本书是通过研究全球规模的地球内部性状的地表显示，来分析地球构造圈的发展历史的。而这些显示，看来是由长期在严格规定的制约性条件下起着作用的力造成的。

例如，一座大山就暗示存在长期的径向力。海底扩张和大陆漂移意味着存在作用于全球规模的切向力。地震则涉及应力的积累，而这些应力则来自具有径向和切向分量的长期力。这些以及其它的观察结果都意味着，产生出地表显示的内部力都是深位的、长期的和全球性的。

大多数关于地球构造圈演化的假说，都体现出这些内部力的全球性及深位性的性质，但没有回答有关这些力已作用了多久的问题。

如果产生出地球内部性状的力，从开始有地球时就已存在，那么，太阳系演化假说应能解释这些力的性质。如果这些由某种原因引起的力，是在地球形成以后产生的，那么太阳系演化假说就应当指明它们产生的时间以及它们如何保持住它们的深位的以及全球性的特征。

为了找出这些问题及相关问题的答案，本章首先研究关于太阳系起源的演化的假说。

现今太阳系的简述

地球与其它行星（或许不包括冥王星）所具有的如此众多的共同特点和特征，说明它们具有共同的起源。在讨论太阳系的起源时，可以把必须加以考虑的突出共同特征概括如下：

a. 所有行星都围绕太阳旋转且其运行轨道都接近圆形，这就与常沿高度偏心的椭圆形轨道而运转的有所不同。太阳系内行星的轨道，实际上都位于大约与太阳的赤道面成 6° 倾斜的同一平面上。所有的行星都以同一方向围绕太阳运转，而且在同一方向上围绕其各自的轴旋转，例外的情况是天王星，它的赤道面大约以 98° 而倾斜，此外可能还有金星，它的旋转看来是反向的。

b. 行星到太阳的距离形成一个级数，其中，行星之间的间距随着它们到太阳的距离的增大，而以非常近似于几何级数的速度增大。这种关系是博德（Bode, 1772）发现的，它预示在火星与木星之间还存在着另一个行星。三十年以后，果然发现了这个带，不过这个带所包含的不是一个行星，而是称为小行星的一群碎片，它们可能就是一个或几个行星碎裂后的残渣。

c. 在火星与木星之间的博德间隔，把行星分为两个不同的组。类地行星（水星、金星、地球和火星）都是小而具有较大密度的、并接近于太阳。它们在其自转轴上转动较慢，且只拥有少数几个卫星。类木行星（木星、土星、天王星、海王星）都是较大且距离太阳较远的行星，它们在其自转轴上转动较快且具有许多卫星。最远的冥王星似乎与此总情况不相符合，有可能它在以前是一个其它行星的卫星。和地球一样，其它类地行星可能

贫于气体元素，但是类木行星则较富于气体，特别是甲烷、氨，还可能有氢。

d. 尽管太阳含有太阳系全部99%的质量，但它却只提供出2%的角动量，其余的98%则提供于行星，而木星却几乎提供了此数量的全部。

今天的太阳系是由太阳、九大行星（其中很多都具有庞大的卫星系统）、小行星及陨星之类的无数较小天体、一个大的彗星族、以及在太阳系主要成员之间分布的宇宙尘和气体组成的。有证据表明，我们的太阳系不是独一无二的，而是许多其它恒星也具有类似于太阳系的行星体系。因此，多年以来天文学家对于恒星的诞生都非常感兴趣，这是因为太阳系的起源所遵守的总法则，很可能与其它恒星在星球演化中所遵守的完全相同。

简单地说，大多数天文学家相信，可以把一个恒星的演化作如下描述：在星际空间中有大量气体和尘埃在运动，而且作用于气体和尘埃的各种不同的力都处于稳定平衡之中。为这种体系所设想的原始力是：（1）那些由这些质点间的万有引力所引起的力和（2）由旋转所引起的离心力。因为在空间物质总是不均匀地分布的，所以在某个阶段，可以由于在空间物质分布的普遍不均匀性原理（Tatsch, 1977e），平衡体系总要变为不平衡或被打破平衡。这样就依次发生了凝聚作用，使气体和尘埃聚集到质量体系的中心。上面所简单说明的情况，就是多数人所一致认为的一个恒星是如何产生的论点。

在天文学家们中间虽然普遍同意这一假说，并把它看作是星体形成的最佳一般假说，但对于像一个恒星怎样形成一行星体系的细节，却还没有统一的意见。从而，天文学家、物理学家、数学家曾经提出过许许多多的假说，以说明围绕着太阳的准有序的行星体系的发展。

特别是在近几百年以来，许多著名科学家都把他们的注意力，转移到太阳系的起源问题上。结果是，自18世纪中叶以来，为了说明太阳系的成因，就曾提出过三十多种假说。这些假说全都易于受到批评，并且没有一种具有全面说服力，但其中有几种看来还有几分真理性和永恒性。

没有重温这三十几种假说的必要。这里只概述一些有代表性的假说，以强调说明太阳系演变的复杂性以及将所有观测资料纳入一个单一、协调、包罗万象的假说中去的困难性。

所有的假说都有一个共同出发点，就是认为，行星的物质包含有微小的质点。这些质点必须已是固体的或气体的，或二者的结合。它们无论如何也不可能已是液态的，因为在近乎真空的空间中，液体会立即蒸发。这些质点的聚集是所有假说中的第一个阶段，而且大家都同意，在此过程中都牵涉到热。因此，当一个新形成的行星只要不能从它的表面通过辐射而快速放热时，则趋向于变热。

据上述，可以了解到这些相互矛盾的关于太阳系起源假说的根据，因为下列问题尚未确定：原始颗粒是气态的还是固态的、抑或是二者的结合？它们过去是热的还是冷的？它们是来自太阳，或者来自外界的闯入者，抑或是来自散布于整个空间的其它宇宙物质？

意义不明之处是不可避免的，这是因为无论在哪里找到的宇宙物质，其基本成分都大体相同。因此，许多争论的问题依然存在，但可把上述问题的答案归入两大范畴：（1）按均变论者的看法是，设想行星是通过一个连续不断的、缓慢的过程形成的；以及（2）按灾变论者的看法是，设想行星是由于某种非同寻常的、猛烈事件的结果形成的。以下对这两大类中的某些假说作一扼要叙述。

星云说

试图对有关太阳系的演化系统提出科学假说的首次尝试可追溯到1796年，在这一年法国的一位著名天文学家西蒙·拉普拉斯（Laplace, 1796）正式提出“星云说”。实际上，几乎同所有的假说一样，拉普拉斯的想法并不完全是首创的，而是早在几年之前就由一位德国哲学家，伊美路尔·康德（E. Kant）提出过的。但通常把星云说归功于拉普拉斯，因为正是拉普拉斯而不是康德，把这一思想发展成为一个足够简单明了、且能为其他科学家所领会和检验的程式、从而乐于接受并作为工作假说的缘故。

拉普拉斯认为，在太阳系的开始阶段，所有的物质都是以一团炽热而缓慢旋转的气体“星云”的形态存在的，其范围比目前最远行星的范围还要大得多。然后他提出了一些简单的物理原则，来说明原始星云如何演变成为现今的太阳系。

根据拉普拉斯的概念，当此星云向外层空间散热时，就要变冷且体积缩小。因而这会使自转速度加快；并逐渐增加在赤道面中的离心力。结果，使这个星云慢慢演变成为薄透镜体的形状。最后旋转速度会增加，使周边的离心力与引力相等。当发生这种情况时，透镜状星云就抛出一个作为气体环的边缘条带，这时星云的其余部分继续向中心收缩而远离气体环。已经脱离的气体环，以其在分离时所取得的角速度，继续围绕原来的星云旋转。然后，随同中央星云的继续收缩，就又以同样的方式脱离出第二个环，接着又分出足够多的环，使得每一行星都能有一个环。拉普拉斯进一步设想，每个环中的质点互相吸引，最后使环破裂、收缩、形成球体，而继续在环绕原先占据的轨道上运转。

这样，在星云说里，拉普拉斯所提出的简明方案，似乎能逻辑地说明于十九世纪所观察到的太阳系的全貌。特别是，这一简明方案可以说明行星轨道的间距，它们几近圆形同心的轨道，它们大致在同一个平面上旋转，卫星体系的总体结构以及太阳的余热等。然而甚至拉普拉斯自己也认识到，他的方案中还存在一定的缺点。因此他在他的一部较大的著作中，把他的假说降低到附注的地位，并介绍说，他所创立的假说不过是“一个既未经观察又未经计算而得出的结果”。尽管如此，这方案的简明性使它仍然具有一定的吸引力。事实上，这个方案所具有的感染力是如此广泛，以致星云假说的比较严重的缺点，直到一百年以后才被认识到。

星云说的最明显的缺点是，如果现今的太阳是原来星云的残留体，而且是自从最里面的行星水星形成以后，收缩到其目前的体积的，那么，现在的太阳应该是个快速旋转的，薄的透镜体，然而，一如所熟知的，太阳基本上是个球体，而且旋转缓慢。

或许说，更加关键的是太阳系的角动量问题。实际上，一个行星的角动量就是驱策行星在其轨道上前进的力。其定量近似值为：其质量及其在单位时间里所掠过的面积，与那条连接着它使之绕其旋转的引力中心之间的假想线的乘积。在这方面，罗素（Russell, 1935）证明，整个太阳系并不具备足够的角动量，以致能在太阳系演化阶段的任何时期中抛出一个环。

星云说的第三个缺点，涉及行星旋转的方向。简单说来，如果行星是按照拉普拉斯的假说形成的，那么所有行星旋转的方向都应遵守克普勒定律（Kepler's laws），而与它们现在的旋转方向相反。

以上三点再加上其它的缺点，迫使拉普拉斯的星云说在进入本世纪时就被抛弃了。但

是在以后的章节中将会看到，当其它的概念会导出更多的严重缺点时，还要把这个假说的某些优点引进到现行的一些假说之中去。

潮裂说

张伯伦 (Chamberlin) 和莫尔顿 (Moulton) 两位科学家担负起分析星云说缺陷的责任，并用比较令人满意的概念——潮裂说 (Chamberlin and Salisbury, 1928) 取代星云说。他们设想可能在50—60亿年以前，直到太阳几乎与另一个恒星碰撞时为止，它在空间中都是独自运行的，由于两个恒星只在几百万哩的距离内通过，每个星球都由相互吸引的潮力而被部分的破裂。在那个闯入的星球，拖着它的碎屑随从急速撤回到太空中去时，靠近太阳的残余碎块，落入于围绕太阳的椭圆轨道，并聚集成为行星。由于所设想的碎块与微小的陨星相似，所以把它们称为“星子”。因此潮裂说的另一个名称是“星子说”。

在这种假说中，认为行星的卫星是较小的聚合体，它们距离原始行星太远而未被截取，但距行星较近，足以使它为行星所俘获。

这个假说的严重缺点，涉及行星的近乎圆形的轨道。张伯伦和莫尔顿为了纠正这个缺点而设想从太阳喷出的大部分物质，都消散或为巨大的云呈圆球形环绕太阳旋转。因而，星子凝聚物也在圆形轨道中运行。

然而，除了上面这一特定解释是否适当的问题之外，潮裂说还有其它的缺点。例如，斯皮彻尔 (Spitzer, 1939) 所做的分析指出，所有破裂物质都应瓦解成为巨大的烟尘和气体的云，而且它们永远不会凝聚成星子。当然，还有类木行星大部分是气态的。因此，除非在特殊的前提下，很难以从星子衍生出来。

鉴于上述的和其它的理由，杰弗里斯 (Jeffreys, 1918) 和琼斯 (Jeans, 1919) 侧重用太阳的巨大引力场来修正基本的潮裂说。但是，张伯伦和莫尔顿的潮裂说及其几种修正，还包括杰弗里斯和琼斯的气潮概念，却又面临着一个更加严重的问题。简单地说，这个问题产生于下述事实，即木星的角动量超过太阳系所有剩余的角动量；这就是说，将木星投射到它现在的轨道所需要的角动量，要比将所有其它行星投射到它们现在的轨道、并赋予太阳以其目前旋转所需要的角动量更多些。

由于这些及其它的原因，现在认为潮裂说的基本观念，不能充分说明太阳系现今的构造及性状。其结果是，用于太阳系起源的大多数新假说，又都恢复为已包含在相似于原来拉普拉斯星云假说之中且经过修正的概念上来了。其中之一，就是下一节中所要叙述的尘埃云假说。

尘埃云说

多年来天文学家就已熟知，在绝大部分的外层空间里，弥漫着尘埃云。因此，两位著名而有才华的天文学家，对太阳系的成因联合提出尘埃云假说就十分自然了。

于是，在1944年冯·卫塞克尔 (C.F. Von Weizsacker, 1944) 以太阳系是由尘埃云演化而来为前提，开始拟定这个假说。冯·卫塞克尔的基本设想是，在遥远的过去，太阳处于这一缓慢且其展布范围超过冥王星现今轨道的尘埃云的中心。根据冯·卫塞克尔的概念，尘埃云的各个质点能“自由的”或按克普勒轨道 (Keplerian orbits) 围绕太阳旋转。就是说，它们的角速度随着距离太阳的远近而逐渐有所不同。冯·卫塞克尔认为，由此就在太

阳周围的同心圆带内，产生出紊流涡流。

据上述，冯·卫塞克尔着手阐发从同心紊流涡流而发展出的原始行星体（图1—1）。简单地说，凝聚作用开始于假定的滚珠轴承型构造中，并逐渐增大，直到这种构造产生出可以吸引反向旋转涡流内所有物质的重力场时为止。在图形中的单个地带里，涡流间的互相吸引不相对抗，并逐渐使它们互相聚合成成为比目前的行星要大得多、弥散得多的原始行星。基于这一概念，当较大的原始行星发展出紊流涡流时，就会形成卫星。

奎珀（G·P·Kuiper, 1951）从理论上和数学上对冯·卫塞克尔的概念详加描述。尤其是奎珀假设太阳系是由宇宙成份的气态星云演变而成的。在这种宇宙成份中，占优势的是氢和氦，只有很少量的较重元素和许多种原子的质点。

根据奎珀的概念，原始星云是冷的；但由于各个质点的互相吸引而收缩，在其中心处变得比较致密，在其外缘处则逐渐变得较比稀疏。于是它开始缓慢旋转。当原始星云进一步收缩时，它的角动量就增大，结果是，赤道面上的离心力将尘埃云转变成凸镜形。但是和拉普拉斯不相同的是，奎珀假设在星云之内的一切深度上，离心力和内部引力都是平衡的。因此，当尘埃云收缩到冥王星的直径时，它就变得稳定并作为一个整体而旋转。

于是，根据克普勒第三规律，旋转的周期随着距离中心的远近而变化，因此，内部的转动就比外部的快得多。角速度的这些差异就产生出巨大而紊流的涡流。但不同于冯·卫塞克尔，奎珀设想紊流涡流未必一定生成在同心带上，而是在星云内的任何部位上都能产生。这样就形成和再形成了大大小小的涡流，直到少数几个最后获得稳定的形状时为止。它们又依次通过消耗那些较小和不稳定的涡流而生长。其结果是，这个星云到最后呈现为一个基本上由若干大而旋转的气团组成的形体，每个气团都形成一个行星。

于是，根据克普勒第三规律，旋转的周期随着距离中心的远近而变化，因此，内部的转动就比外部的快得多。角速度的这些差异就产生出巨大而紊流的涡流。但不同于冯·卫塞克尔，奎珀设想紊流涡流未必一定生成在同心带上，而是在星云内的任何部位上都能产生。这样就形成和再形成了大大小小的涡流，直到少数几个最后获得稳定的形状时为止。它们又依次通过消耗那些较小和不稳定的涡流而生长。其结果是，这个星云到最后呈现为一个基本上由若干大而旋转的气团组成的形体，每个气团都形成一个行星。

但也还有一些问题未能解决。其中之一涉及到自转的方向。如果年轻的原始行星在一大致呈圆形的轨道上运行，并扫除着也在这个轨道上运动的星子，那么合成的运行应是反向的。然而，并非所有的观察者都同意这样的分析。例如，惠普尔（Whipple, 1967）就这样说，假如这个年轻的原始行星正穿过在圆形轨道上运行的固体质点场而盘旋下降或上升时，它就应该已经形成有向前的旋转。或许能在这两个思想学派的什么地方找到它的答案。（详细论述参考Tatsch, 1979d）。

为了解释现今的卫星体系，奎珀—冯·卫塞克尔假说设想，每个原始行星比它如今相应地行星大得多，这不仅因为原始行星的密度小得多，而且还由于原始行星含有许多从那以后才散失掉的气体原素。因而，当此原始行星收缩时，便产生了凝聚成目前卫星体系的紊流涡流，其形成过程与原始行星的相似，只不过规模要小一些罢了。

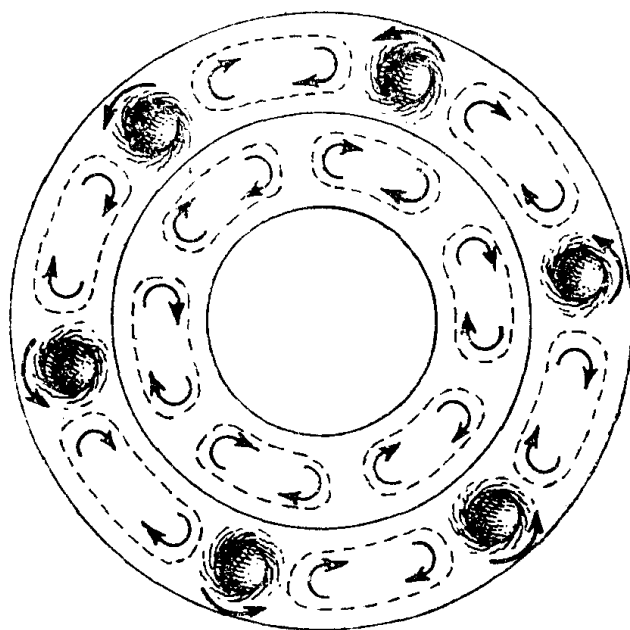


图 1—1 冯·卫塞克尔假说的示意图

表示太阳星云中的顺时针向涡流（短线）的同心环和反时针向“滚珠轴承”涡流的同心环
(J. C. Holden 据作者在初版中的略图修改而成)

当星云的中心部分继续收缩时，就要产生热，直至达到热核温度时为止。这又会使辐射的能量向外流溢，其数量足以把原来围绕着原始行星而稳定下来的大量气体驱散到外层空间中去。因为这种效应在最接近中心的部分也最大，较近中心的行星（水星、金星、地球和火星）丧失了它们的大部分气体成份，并凝聚成为固体。与此同时，远离中心的行星（木星、土星、天王星和海王星）却很少受到影响。事实上，它们的气体包裹层，完全有可能通过虏获一些由里面的行星向外吹散的气体，而很容易地增大体积。

由此可见，尘埃云假说解释了许多所曾观察到的太阳系的现象和特点。其中有：行星的间隔、它们几近圆形的轨道；它们在同一平面上的旋转、较大卫星系统的总体结构以及太阳的高温等等。此外，对大小行星之间的差异也做出了解释。并阐明了木星的巨大角动量，认为系派生于原始太阳，即原始旋转的尘埃云。

可是，同所有的假说一样，奎珀一冯·卫塞克尔的假说也有某些缺点。例如，由于星子过小，因此甚至从所假设的最小涡流体系也不能显示出凝聚作用。事实上，甚至最近和最大的小行星之一爱神星（Eros），也绝不是大体呈球形的（如对旋涡流体系的凝聚物所能预期的那样），而是一个十分凹凸不平的、三维不等的滚动岩石碎屑。种种理由说明这些原先形成于火星与木星之间，到后来都破裂成了碎屑的小行星，是一个大行星（或若干行星）的碎块。种种理由之中，也包括上述这两种理由。（详细论述参考Tatsch, 1977d）。

在陨星方面也存在同样的争论，因为陨星很难与奎珀一冯·卫塞克尔假说的涡流体系的基本演化理论相符。陨星这一课题，在下面第十九章中还要作更详细的探讨。这里只要提出陨石的矿物学性质，表明它们是在很大的压力和相当高的温度下结晶的，即它们是大小有如行星的天体碎屑也就够了。

奎珀一冯·卫塞克尔假说所面临的另一个问题，涉及太阳系行星已知的32个卫星之中，有六个作反向运行。根据这个假说，它们原来都是在正向轨道中形成的，但后来在离开了它原先的母体之后，采取了反向轨道，而后又返回到它们曾从那里逃脱出来的行星（但采取了反向的轨道），而另外的则偏离正轨窜到某个其它的行星上去（它们在这里采取了反向的轨道）。在本章下面的一节中，将对此详加讨论。

月球是独一无二的，作为卫星，它与其主行星地球相比时，相对而言是相当大的。因为这个以及其它的原因，它就为奎珀一冯·卫塞克尔假说和所有其它假说，提出了一个特殊的问题。因为这一问题很重要，它的细节将在独自列为一章的“地一月体系”中讨论。

在结束奎珀一冯·卫塞克尔假说之前，应该指出，许多观察者都认为，这个假说是解释太阳系演化的最好和最完善的假说（参见Jones, 1958）。

积成说

乌雷(Urey, 1959)曾经指出，行星是由小质点或陨石的积累而构成的。这个假说的主要引人之处，在于它避免了由太阳与行星间的不同成分所引起的问题。反之，它却不能解释小的陨石型天体的起源。地球现时每天只约受到500公斤陨石的撞击；在此速度下，地球的质量只能增长百亿分之一，或在30亿年的期间内，只能增厚一毫米。所以，根据乌雷的概念，在地球形成的初期，明显必须有小天体的特大来源。假如有这种来源的话，特别是对联合的地一月起源，作为一个单独的体系来考虑时，乌雷的概念肯定有某些引入的特点。为此，在下一章讨论地一月体系时，将扼要地重新研究乌雷假说。

尚未获得解答的关于太阳起源的问题

对上述有代表性的假说的回顾表明，还没有一个完全令人满意的假说，可以说明太阳系起源和演化的。所以，在分析地球的构造圈演化时，有必要对太阳系演化方案中的“遗漏方面”提出一些设想。而在作这些设想之前，最好先停下来扼要回顾一些尚未获得解答的，有关太阳起源的主要问题。

几乎可立即想到这种尚未获得解答的问题共有三个：（1）在太阳系中已知的32个天然卫星中，观察到有6个的运转是反向的；（2）观测的证据支持，存在着一个完整的铁-石质陨石系列；而且（3）观测的证据还支持，地一月之间存在着有成分、密度及其它特征的一些尚未被解释的差异。当然，所有这些还没有得到解答的问题，固然确实并非全都与地球构造圈的演化有直接的联系，然而，必须着重认识到，当使用任一太阳系的演化方案作为原始地球演化的基础时，至少都要设法解决这三个主要问题，因为看来这个构造圈，几乎是自原始地球生成以来，就在不断演化到其现今的状态的。

作者的“二元原始行星假说”（Tatsch, 1959及其以后的著作），为求得对上列三个关键性问题的解答，提供了一条途径。在着手进行下一章之前，可以先对此假说的适当部分，做一扼要叙述。

二元原始行星假说

重温有关太阳系起源的一些有代表性的经典假说，并注意到它们尚未解答的某些主要问题之后，目前宜于对当今一些假说的不足之处，既要逻辑观点出发，又要从过去大约50亿年间地质构造圈的演化的具体情况进行初步分析，做出合乎逻辑的设想。因此，请读者研究有关二元原始行星说的某些特点。这些作者为了解答经典方案尚未提出答案的问题时，所推导出的一个“工作假说”（Tatsch, 1959及其以后的著作）。

通过以上对有代表性的关于太阳系起源的假说的回顾，可见，一般地说，大多数的太阳系发展模式，都是建立在简单一元论结构的基础上的，例如，像可用图1—2图解式地表示出来。一元论的概念，忽略了凝聚为行星的物质的根本来源，它规定，在每条环绕太阳的轨道上，将基本只凝聚成一个行星或原始行星（例如，参见Kuiper, 1951, 1956; Urey, 1951, 1952, 1956, 1959, 1960; Alfvén, 1954; Levin, 1958; Schmidt, 1958; Lyttleton, 1961; Alfvén and Arrhenius, 1975）。

虽然从基本原理来看，除一元论之外的其它基本概念也是合理的，但通常多采用一元论，这一方面可能是由于它简单明了，另一方面是因为目前已知的行星结构，自然也都是是一元的。然而，在对太阳系的演化进行基本分析时，最好也能简单扼要地考虑到更加全面的“多元论”的概念（例如参见 Tatsch, 1977d）。在这种概念里认为，初始或在任一特定环绕太阳的轨道中的原始的行星，并不必须像图1—2所示的凝聚成单个星体，而是更可能像1—3所示的在任一环绕太阳的轨道上，凝聚成许多的行星或原始的行星的凝聚体。

显然，所假设的存在于任一特定原始环绕太阳的轨道之中的这种行星或原始行星的凝聚体的精确数目，多少是任意性的，而且，事实上对于最终产物（只要它是多于一个）也是无关紧要的，因为可以证明，任何多元行星结构，都会随着时间的推移，而有退化为二元结构并最后退化为一元结构的趋势（Tatsch, 1977d）。示意图1—4表示出，在一给定的

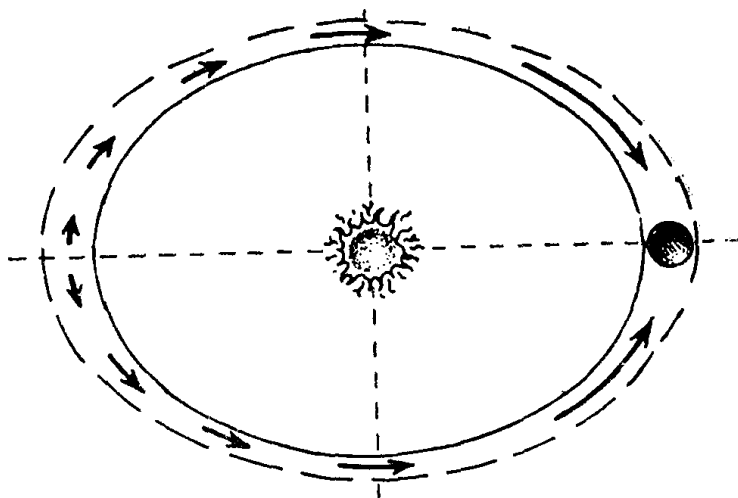


图 1—2 示意图表示行星形成于原始太阳周围的物质：基本的一元论概念
(J. C. Holden 据作者在初版中的略图修改而成)

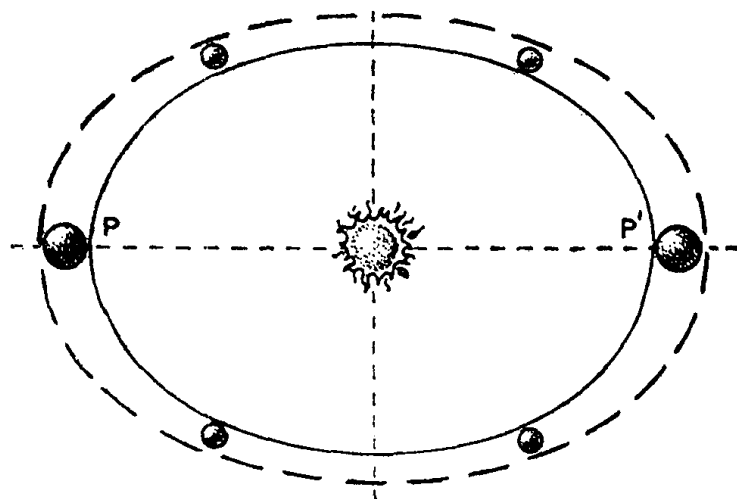


图 1—3 示意图表示来自原始太阳周围的物质的在一个行星轨道中的
假想凝聚物：基本的多元论概念。
(J. C. Holden 据作者在初版中的略图修改而成)

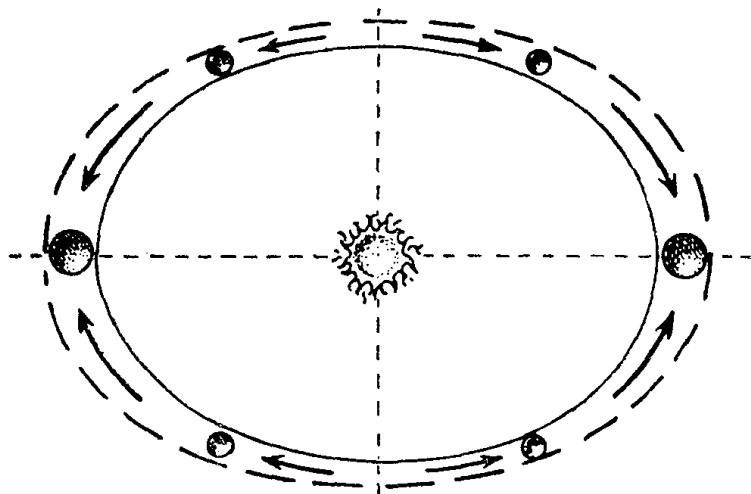


图 1—4 示意图表示行星形成于原始太阳周围的物质：基本的二元论概念
(J. C. Holden 据作者在初版中的略图修改而成)

环绕太阳的轨道上的多个行星、可能退化为一个二元结构的方式。

从所产生的二元行星结构，进一步退化为一元行星结构的某些实际过程的特征，是有意义的。因为在将二元原始行星假说用于原始地球的形成和演化时，它们对地球的构造圈演化是有影响的。

有关二元原始行星的结构退化到一元结构的基本分析，可以用下述基本二元模式来完成：现在来考虑与上述退化方案相符的两个行星规模的星体。那么，它们的质量几乎相同，并以几乎是同样的轨道及同一的速度围绕太阳运行，而且它们之间的原始间隔大约为 180° 。

图1—5是这一初始结构模式的示意图。中心星体代表原始的太阳体。两个在轨道上运行的星体，是原始行星及其假设的原体或孪生的星体，分别以 P 和 P' 表示。

如果在轨道上运行的两个星体的质量比中心星体的质量小，而且轨道为正圆形，且又无外来干扰会影响这一简单的三体体系，则此结构就与“稳定的”拉格朗结构之一相接近（例如，可参见Lagrange, 1972; Moulton, 1914; Whittaker, 1937; Finlay-Freundlich, 1958; Kurth, 1959; Brouwer and Clemense, 1961; Blanco and McCuskey, 1961; Danby, 1962）。

假设 P 和 P' 都是行星规模的星体，如上述，其各自的质量、轨道和速度并不严格相同，那么，图1—5中所示的这一几近稳定的拉格朗结构，将随时间的前进而退化成为示意图1—6中的另一种稳定的拉格朗结构（例如可参见上段所引用的任何一本参考书）。大致说来，这种原始体系的现代对应体系，也存在于脱洛伊小行星群の場合，这个小行星群在它们围绕现今的太阳运行时，和木星一起在拉格朗等边结构中受到同步牵引；根据二元原始行星假说，就木星来说，目前这个体系是一个假想原始体系的残留体（参见Struve等，1959, pp.143—144; Tatsch, 1959及其以后的著作）。

现在，来回忆一下，二元原始天体 P 和 P' 是行星规模的，而且它们各自的质量、轨道和速度并不必定相同，原始行星 P 及其原体 P' ，当它们绕原始太阳运行时，会围绕它们各自的稳定、等边的拉格朗位置摆动。这种摆动又会因外界随机的扰动所激发的谐振而及时得到加强，此扰动则是由于在行星演化的早期形成阶段中，太阳系内存在着极端的不均一性和扰动所致（例如，参见Kuiper, 1951; Tatsch, 1977d, 1977e）。所引起的谐振，最后会使原始行星 P 及其原体 P' 破碎（但是，自然不必定使它们二者分裂为破碎的碎块，因为万有引力和其它的力有助于将这些破碎的碎块联合到一起）。

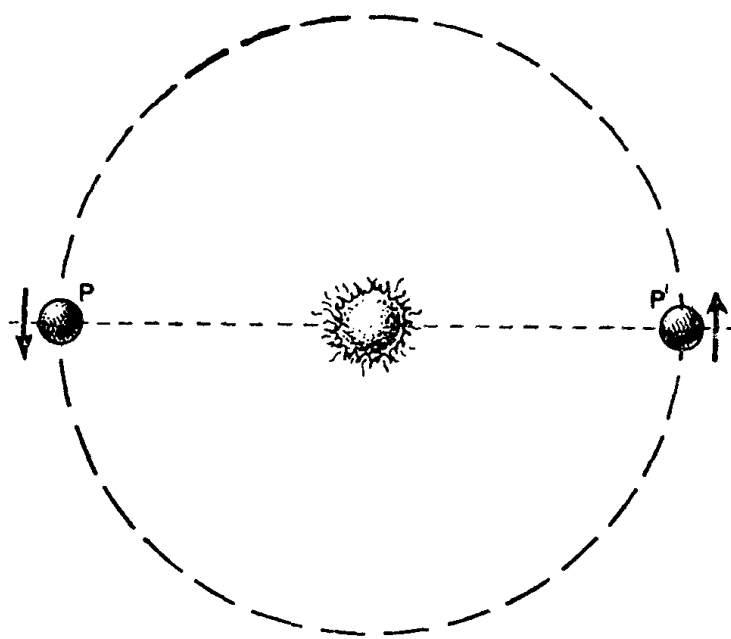


图 1—5 示意图表示二元原始行星假说中的初始二元行星结构

(J. C. Holden据作者在初版中的略图修改而成)

在其它情况都相同的场合下,设想一天体在谐振下所发生的碎裂是如此地和谐,从而碎裂部分的结构与原来天体的结构一模一样,如此,一个四面体就会碎裂成许多四面体等等。同样地,在这种情况下,一个球体就要碎裂成八分体,因为圆球体的八分体状碎块,

要比一球体其它有规则的碎块更接近于球形,球状八分体的重心,仅约比同一体积球体的重心移动了13% (例如,参见Tatsch, 1977d)。

因为示意图1—6中的结构并不完全稳定,原始行星 P 及其原体 P' 间的距离,最终会随时间的前进而缩短,于是这两个天体互相接近。当发生这种情况时,二者中的“弱者”就要沿着上述的破碎面分裂开来(因为一个天体比另一个的体积较小,一个比另一个较软弱。在特殊的情况下,可以忽略这种差别,两个天体自然会沿着破裂面大体同时分裂开来。但在一般情况下,只有一个破裂成为碎块,另一个虽然发生破裂,但仍保持原样)(Tatsch, 1959及其以后的著作)。

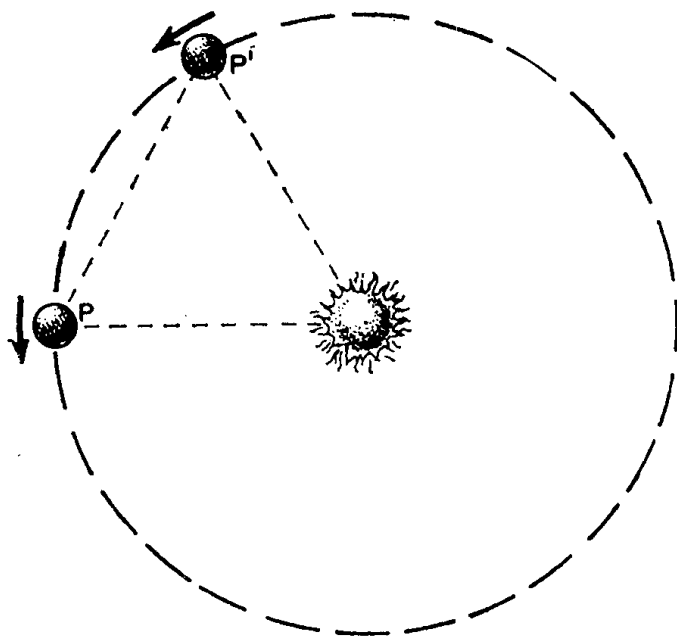


图 1—6 示意图表示二元原始行星假说中的暂时稳定的等边拉格朗结构

(J. C. Holden 据作者初版中的略图修改而成)

在研究一般情况之前,值得引人注意的是根据二元原始行星假说,在火星与木星之间的小行星带构成的一个假想行星,紫苑星(Aster),及其原体,即原始紫苑星的残体问题。在第十九章(小行星、陨石和破陨石)中,对此将进行较详细的讨论。

还有,在仔细研究一般情况的细节前,即在研究其中原始行星 P 和 P' 中只有一个分裂成其碎块、另一个虽然破碎但仍联合在一起的这种情况之前,需要说明的是,应对下面的分析作些简化。举例来说,当进行初步分析时,只需考虑其中仅分裂成一个理想球体的完好八分体的这种情况。尽管根据这种简化所得到的大致情况会适用于这种分析,但读者应认识到,在进行较深入的分析时,自然就不能使用这种简化,因为像原始地球那样的非球形、非均质星体的分裂,当然不能产生理想球体的完好八分体。实际上,更高级的分析表明,分裂为任何数量的几个部分,包括所假设的八分体,都是有可能的(Tatsch, 1959及其以后的著作)。

但是,对这种分析来说,只需要考虑分裂为所设八分体的情况。为了帮助形象地了解在此情况下的几何性质和机制,这里制备了二维示意图的伴生程序,以表示假想分裂星体,即原始星体 P' 的每个球形八分体的初始路线。再通过逐次研究每种可能的分裂方式,对此作进一步的简化。

如此,图1—7表示出一个非旋转的、假设在没有任何明显引力场中分裂的破碎球体的、球形八分体的路线。在此简单情况下,球形八分体是从基质量中心向外作幅射运动的(自然,它仍沿绕着原始太阳的近圆形轨道上继续运行)。