

生命起源的化学基础

SHENG MING QI YUAN DE HUA XUE JI CHU

(日) 原 田 馨 著

上海科学技术出版社

生命起源的化学基础

〔日〕 原田 馨 著

庚 镇 城 译

徐 科 校

上海科学技术出版社

化学进化

——生命の起源の化学的基础——

原田 馨 著

1971 年

生命起源的化学基础

〔日〕原田 馨 著

庚 镇 城 译

徐 科 校

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.75 字数 205,000

1978 年 4 月第 1 版 1978 年 4 月第 1 次印刷

书号: 13119·703 定价: 0.77 元

译者的话

远在史前时期，生命起源的问题就引人思索了。人们在试图解决这个问题的漫长岁月中，曾提出过许多假说，如特创论、自然发生论、生源论和宇宙生命论等，但都不能正确地回答这个问题。只是在达尔文的进化论特别是马克思主义的辩证唯物论创立之后，人们才找到了解决生命起源问题的正确途径。早在一百年前，伟大的革命导师恩格斯就明确指出：“生命的起源必然是通过化学的途径实现的。”现代自然科学完全支持这一光辉论断。

根据地球年代学的研究，地球约是在四十五亿年前形成的。从生命产生与发展的角度看，四十五亿年的地球史可分为三个阶段。

第一个阶段是化学进化阶段，发生在地球形成后的十~十五亿年间。在这个阶段中，地球上发生了多种多样的化学变化，完成了一系列量变质变过程。无机物形成低分子生物有机化合物，低分子生物有机化合物形成高分子生物有机化合物，进而再形成复杂的多分子体系，最终发展成为原始的生命体。六十年代末，微生物学家在非洲南部前寒武纪的地层中发现了一种古老的细菌化石，它的生存年代大约在三十二亿年前。最近在前寒武纪古生物学方面又有了新的重要发现。据报告，在南非的斯威士兰系的古老的堆积岩中发现了 200 多个在显微镜下也可以清楚看到的与原核藻类非常相似的微小生物化石。其生存年代为 34 亿年。因而，生命起源的时间亦即化学进化转变为生物进化的时间就应在三十四亿年前或更早些时候。

第二个阶段大约从三十亿年前开始到十亿年前。在这个时期中，原始单细胞生物在结构与功能方面逐步复杂化和完善化，并实现了向多细胞生物的演变。这方面的研究近年来也开始活跃起来。

第三个阶段是从十亿年前开始到现在，生物界发生了愈加丰

丰富多彩的进化。同前两个阶段相比，人们对这个时期特别是古生代寒武纪(约始于六亿年前)以后的生物类群兴衰更替的情况，由于有化石资料的帮助，了解得最多。

关于发生在地球和其他天体上的化学进化及前生物学进化的研究，在近二十年里，由于有从生物学开始直到宇宙化学、宇宙物理学的一系列学科的努力，而取得了重大进展。从一九五七年以来，已举行过五次国际会议。一九七二年，还成立了研究生命起源问题的国际学会(International Society for the Study of the Origin of Life, 略称 ISSOL)。这个领域进展很快，科学家们正满怀信心地朝着揭开生命起源之谜的目标迈进。

当然，在前进的路上还存在着许多有待解决的疑难问题，其中最大者大概要算是化学进化怎样转化为生物进化的问题。苏联奥巴林的团聚体理论(1936)，英国贝尔纳的粘土表面理论(1952)，瑞典埃仑司弗尔特的生命之池的理论(1960)，美国福克斯和本书作者原田的类蛋白微球体理论(1959)以及日本江上不二夫最近提出来的海生颗粒理论等，都是企图解决这个问题的。其中，团聚体理论和类蛋白微球体理论积累了较多的实验根据。本书对这两种理论作了颇为详细的介绍。但是，原始细胞究竟是通过什么途径形成的，迄今还无定论。

我国科学工作者在唯物辩证法的指导下，首先人工合成了结晶牛胰岛素并测定了该胰岛素的空间结构，为蛋白质研究领域作出了重要贡献。在党的十一大路线指引下，勤劳智慧的中国人民还一定会作出新贡献。

本书较为全面和系统地介绍了生命起源研究的发展和成果，有一定的参考价值。因此，遵照“洋为中用”的方针，将它翻译出来。本书原名为《化学进化》，因其副题更为醒目、明确，故用原书副题作为正题。由于我们水平不高，译文中错误之处在所难免，希读者批评指正。

一九七七年十二月

目 录

译者的话	1
第一章 天文学背景	1
一、恒星的诞生和进化	1
二、星际物质	6
三、太阳系的形成	9
四、原始地球的形成	11
第二章 地质学背景	14
一、地质学上的年代决定	14
二、前寒武纪时代的微古生物	17
三、化学化石	29
四、生物元素	39
第三章 原始地球上的条件	42
一、原始大气	42
二、能量	48
第四章 低分子生物有机化合物的形成	61
一、以往的研究	61
二、碳氢化合物	62
三、脂肪酸	64
四、氨基酸的形成	65
五、糖	87
六、嘌呤	89
七、嘧啶	102
八、核甙	104
九、核甙酸	105
十、卟啉	110
第五章 高分子生物有机化合物的形成	112
一、聚甘氨酸理论	114

二、氨基酸的加热,热聚缩合,类蛋白质	122
三、在水溶液中形成肽	145
四、利用脱水缩合剂形成肽	146
五、氨基酰腺甙酸的聚缩合	150
六、多糖	151
七、寡核甙酸	154
第六章 类蛋白物质的催化作用	157
第七章 有机化合物的光学活性的起源和发展	163
一、光学活性物质的存在及其机能	163
二、进化观点	165
三、各种实验事实	167
四、光学活性的发展	178
第八章 由高分子物质构成的多分子体系	182
一、团聚体	184
二、类蛋白微球体	188
三、类蛋白质和类核酸物质的相互作用及组织化	194
第九章 地球外物质及其起源	199
一、陨石中的有机物质	199
二、玻璃陨石	214
三、月球样品的研究	215
参考文献	221

第一章 天文学背景

一、恒星的诞生和进化

在叙述原始地球上的化学物质进化之前，我认为有必要先考察一下原始地球的天文学背景。因为原始地球的形成以及后来在它上面发生的化学物质的进化只是宇宙中物质进化的一个环节，构成宇宙发展史中的一个场面。

我们的太阳存在于银河系中。银河系虽一向被人们认为是和涡状星云一样，呈现漩涡状的(图 1.1)，可是，由于银河系中存在气体尘埃，所以它的形状却从未能用光学望远镜看到过。最近由于射电望远镜的发展，用中性氢原子的 21 厘米波探索银河系内的氢密度之后，银河系的形态才逐渐搞清楚。它是典型的涡状星云(图 1.2)。一般认为，银河系具有直径为 8~9 万光年的扁平结构，其中心部位的厚度为 1 万 6 千光年，太阳所在部位附近的厚度为 5 千光年。太阳的位置离银河系中心 2 万 7 千光年，处于银河系的一个漩涡臂中。

在用现代光学望远镜能够观测到的范围内 (~20 亿光年)，有几十亿个和我们银河系一样的星云，大体均匀地分布着。这些星云各自含有 10~1000 亿个恒星。人们还知道银河星系群形成了仙女座星云、大小麦哲伦星云等约 20 个星云和局部星云群。



图 1.1 在大熊座的涡状星云 M81
(蒙特威尔逊和帕洛马天文台)

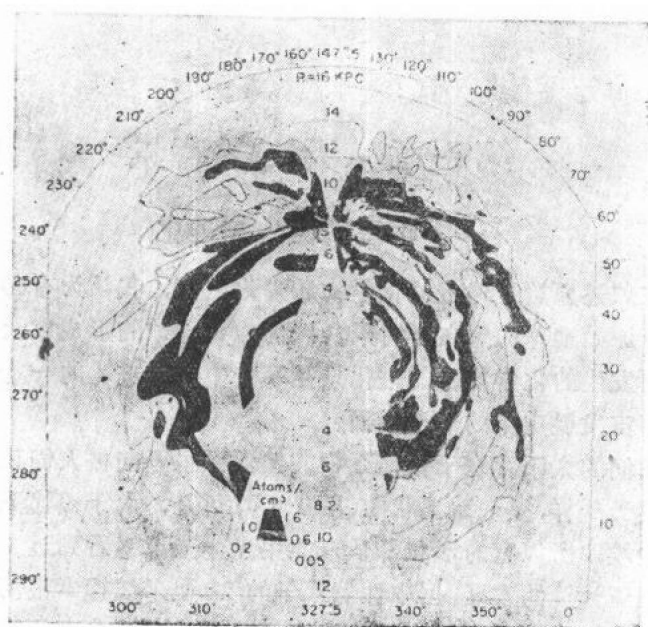


图 1.2 银河系中的中性氢原子的分布(J. H. Oort 等)

这种星系群是怎样形成的呢？迄今还搞不清楚。关于宇宙的起源，有大爆炸理论，稳恒态理论等。但不论哪一种理论都不能充分说明宇宙的起源。一般认为，原来存在于宇宙空间中的原始物质发生凝聚形成了原始星云，原始星云中的气体尘埃进一步凝聚而产生几十亿颗恒星，并且认为这个过程目前还在进行着。

氢是宇宙中最丰富的元素。由于巨大气体尘埃的凝聚，其中心部分温度逐渐增高，密度加大。凝聚体的中心终于达到异常炽热的程度，于是开始热核反应，在把氢变成氦的同时，放出了巨大的能量。这样终于形成星球。在高热星球的内部 (10^8K) 氢再生成碳、氮、氧；温度更高 (10^9K) 时，终于合成镁、铁。到了能量消耗殆尽，不再能由热核反应放出能量的时候，该星球的某些物质成为超新星并发生爆炸，由核反应所产生的物质和能量逸散到宇宙空间，结果也就壮丽辉煌地结束了星的一生。借助于这种热核反应，由氢原子生出了宇宙中的各种元素。因此，可以认为最原始的宇

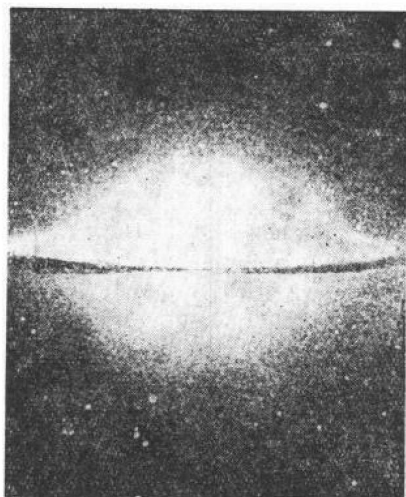


图 1.3 室女座的涡状星云NGC4594
(蒙特威尔逊和帕洛马天文台)

宙几乎只是由氢元素构成的。产生出来的重元素由于星球的物质发放或超新星的爆炸而分散到宇宙空间。这些气体尘埃重新凝聚再形成星。可能是由于这类过程的反复进行，宇宙中的元素被混合成为均匀状态的了。宇宙元素组成中的轻元素是根据太阳、恒星及星云的光谱决定的，而重元素则是通过陨石的化学分析决定的（表 1.1）。

太阳位于银河系的一个漩涡臂之中，和太阳相同的恒星则集中在银河系的扁平的漩涡臂中。这些星杂乱无章地形成一个群体，因而称为疏散星团。另外，银河系中还有许多星（几万~几十万）集拢成球状一团，称为球状星团（图 1.4）。但是这种球状星团不集中在银河系的圆板上，而是广泛地分布在包含着银河系圆板的球状空间。目前疏散星团中的星一般被列为第一族族的星，球状星团中的星被列为第二族族的星。如果根据那个按绝对星等（亮度）和光谱型（温度）对恒星进行分类的赫—罗图（Hertzsprung-Russell diagram）来观察第一族族星及第二族族星时，前者位于主星序上，分布于从右下方到左上方的线上（图 1.5）。球状星团的星则离开主星序，分布在右上方（图 1.6）。现在一般认为，第二族族星较

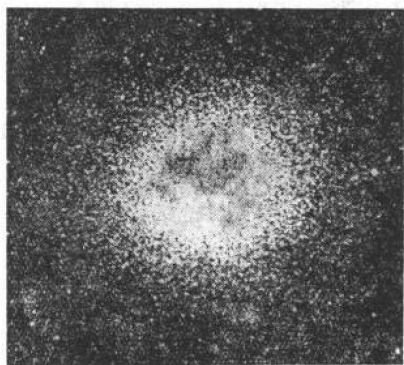


图 1.4 武仙座的球状星团M13
(蒙特威尔逊和帕洛马天文台)

表 1.1 地球及宇宙中的元素组成

原子序数		整个地球 (A)	宇宙 (B)	亏损比 $\log(B/A)$
1	H	84	3.5×10^8	6.6
2	He	3.5×10^{-7}	3.5×10^7	14
6	C	71	80,000	4.0
7	N	0.21	160,000	5.9
8	O	35,000	220,000	0.8
9	F	2.7	90	1.5
10	Ne	1.2×10^{-6}	50,000	10.6
11	Na	460	462	0
12	Mg	8,900	8,870	0
13	Al	940	882	0
14	Si	10,000	10,000	0
15	P	100	130	0.1
16	S	1,000	3,500	0.5
17	Cl	32	170	0.7
18	Ar	5.90×10^{-4}	1,200	6.3
36	Kr	6×10^{-8}	0.87	7.2
54	Xe	5×10^{-9}	0.015	6.5

第一族星古老，第一族星是由第二族星发生的热核反应的产物所形成的新星。

在赫—罗图中的疏散星团和球状星团的这种差别，主要是来自它们的年龄和进化程度的不同。当疏散星团的一群恒星形成的时候，质量大的星位于主星序的左上方，质量小的星位于主星序的下部。恒星一生的大部分时间在主星序上度过，缓慢地经主星序上升到左上方。一般认为，恒星达到一定年龄之后就逐渐进到右上方。上升到右上方是表明直径变大，温度下降，即变成了所谓的

- a: 星际气体由于重力作用而凝聚
- b: 由于 C—N 反应, 氢生成氦
- c: 星的膨胀
- d: 红巨星
- e: 中心温度变高时, 氦开始燃烧
- f: 发生重力性收缩, 成为白矮星
- g: 走向星的坟地

二、星 际 物 质

如前所述,星云是由宇宙物质凝聚而成,恒星是由原始银河系的物质凝聚所生。即使在现在,在恒星际间也存在着稀薄的气体尘埃,但这些星际物质的分布是不均匀的。在现今的银河系内,以发光的气体作为背景,可以看到由星际物质凝聚成的暗黑的气体尘埃块。有名的马头星云就是这种气体尘埃块。同时,由于存在着浓厚的星际物质,使来自遥远恒星的光发生散射(图1.8)。一般认为,由于这些星际物质的凝聚,迄今还在继续地产生着新星。

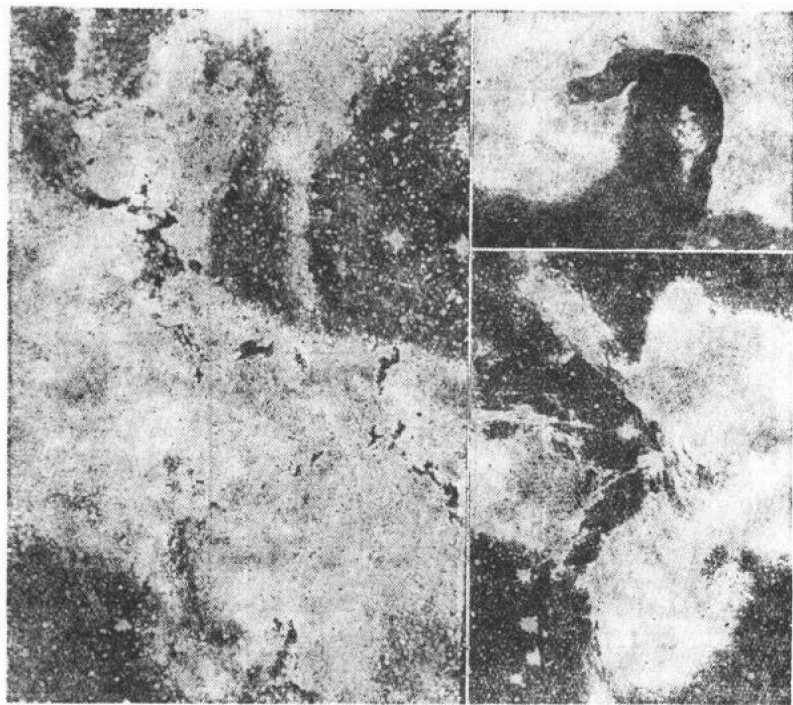


图 1.8 (左)麒麟座的星云 NGC2237,以红色光摄影
(蒙特威尔逊和帕洛马天文台)
(右上)猎户座的马头星云,以红色光摄影
(右下)由昴星团座中的星际物质所造成的光散射
(耶基斯天文台)

星际物质中的气体和尘埃的质量比约为 100:1, 尘埃的直径是 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 厘米。由于这些尘埃特别要吸收、散射光, 所以尘埃的存在对处在银河面上的 6 千~1 万光年以上的远方星球的观测难于进行。尘埃的化学组成和气体的成分大致相同, 大概是由氢、碳、氮及氧等元素组成的分子。星际物质的密度非常小, 每一立方厘米大约一个原子。人类能够造出的最高水平的减压是 10^6 分子/立方厘米, 由此可见星际物质的密度是多么小的值。我们银河系中的星际物质的量是太阳质量的 10^9 倍, 大约是银河系全部质量的 1/100。一般认为, 星际物质处在恒星附近时, 温度非常高并发生离子化; 而远离恒星的星际空间物质, 其温度为 100°K 。通过分光分析法研究星际气体的组成, 知道它与恒星大气的最外层的是相似的。氢和氦是主要成分, 低原子量的元素次之, 金属元素(Ti, Na, Fe, Ca, K)则非常少。还有 CH, CN 等简单的游离基的存在, 这一点借助于吸收线也证实了。

彗星虽不是星际物质, 可是一般认为其元素组成与星际物质是相似的(图 1.9)。另外, 由于彗星临近太阳时会发光, 根据这一特点可以观测包含在彗星中的分子。已确定在其头部有 C_2 , CN, C_3 , CH, OH, NH, NH_2 , CH^+ , OH^+ ; 在其尾部有 CO^+ , N_2^+ , CO_2^+ 。有人认为, 这些分子也是在原始太阳系形成的时候产生的, 在温度比较高的原始太阳系星云中, 物质发生化学反应会产生出各种化学物质的。

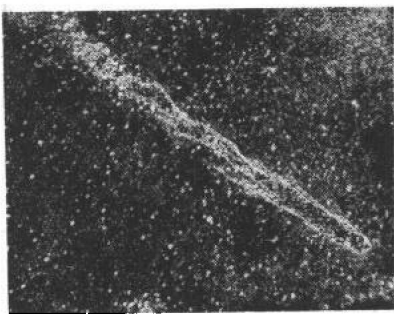


图 1.9 莫尔豪斯彗星
(1908)(利克天文台)

从五十年代初开始, 随着射电天文学的进展, 已经能够利用微波从事星际物质的研究, 开始积累了关于星际空间的新知识。中性氢原子放射出波长 21 厘米的电波。利用这种电波对氢原子天体中的氢原子分布进行了研究, 如前所述, 在太阳附近的银河系所呈现的漩涡臂的状态已被观测到了。21 厘米波不单单能测出氢的存

在,利用多普勒效应还能测出氢的运动状态。还有,用 18 厘米波可测出 OH 游离基。根据 18 厘米波观测到的 OH 游离基在星际空间的分布是集中在恒星附近的高温区域,与 21 厘米波观测结果不同。最近,通过微波研究,在星际物质中找到了 NH_3 (1968)^{[1]*}, H_2O (1969)^[2] 及甲醛(1969)^[3]。从有非常多的氢存在这一事实来看,甲醛的存在在热力学上是很奇妙的。恐怕这是在远古时期由于某种原因形成的甲醛,由于温度极低和高度真空的关系而发生了冻结,并一直被保存下来了的缘故。因此,如果星际气体的密度加大,和温度上升的话,那么甲醛将在有大量氢存在的情况下,被还原成为甲烷。到了七十年代(1970年),特别是在银河方向的宇宙空间发现了一氧化碳分子的存在^[4]。根据利用火箭的紫外线吸收光谱,已经查明在银河系的暗黑的气体尘埃中存在着分子状态的氢气(H_2)^[5]。尤其有趣的发现是,杜尔、斯奈德等在宇宙空间找到了氰化氢,而氰化氢一般则被认为是非生物途径合成生物有机物的一种重要前驱体^[6]。另外,特纳等人观察到来自银河系星云的中心方向由丙炔腈($\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$)射出的辐射线^[7]。关于氰化氢、一氧化碳及丙炔腈在非生物途径合成有机物过程中所起的作用将在后边讲到。关于宇宙空间的化学物质,微波天文学正在提供为生物学家、化学家所料想不到的有趣情报。将迄今为止的发现汇总起来如表 1.2。

表 1.2 用微波检出的宇宙空间分子

发现的分子	发 现 者	发现的年代
H(原子)	尤恩 等	1951
OH	温里布 等	1963
NH_3	锺 等	1968
H_2O	斯奈德 等, 锺 等	1968
HCHO	斯奈德 等	1969

* 系参考文献标号,我们将各章参考文献汇集于本书卷末。——译者注。

(续上表)

发现的分子	发 现 者	发现的年代
CO	威尔逊 等	1970
CN	杰弗茨 等	1970
CH ₃ OH	鲍尔 等	1970
HCN	斯奈德 等	1971
CH $\equiv$ C—CN	特纳 等	1971
HCOOH	朱克曼 等	1971
HCHS	斯奈德 等	1971
CH $\equiv$ C—CH ₃	弗雷德里克 等	1971
HNCO	弗雷德里克 等	1971
HNC	弗雷德里克 等	1971

三、太阳系的形成

关于世界起源的思考也许可以说是和人类的历史一起开始的。但是,关于太阳系起源的科学性见解,一般认为是从笛卡尔、斯韦登伯格、布丰等人的理论开始的。康德在 1755 年发表了《宇宙发展史》,认为太阳系是由存在于宇宙空间的稀薄的气态物质逐渐集结,经过凝聚和冲撞的过程,形成了以太阳为中心的周围环绕着行星系的太阳系。拉普拉斯进一步从力学角度主张太阳系是由于高温气体云的收缩而产生的。这种见解被称为康德—拉普拉斯星云说。

太阳系构成一个物理性体系,因而具有各种物理性质。它们是:

- (1) 行星几乎在同一平面上
- (2) 行星的公转方向一致
- (3) 行星轨道的半径之间存在着波得定则,呈规律性排列
- (4) 太阳自转方向和行星公转方向相同

(5) 行星的质量是太阳系全部质量的 $1/750$ ，但行星的角动量却占太阳系角动总量的 98%。

康德—拉普拉斯的星云说能够说明太阳系所具有的许多性质，但是不能说明行星系所具有的异常角动量。

为了说明太阳系角动量的异常分布，可以认为行星系是由于某种外力的作用而形成的，即当还没有行星系的原始太阳与附近的恒星接近时，由于后者的引力作用，使原始太阳的物质喷到空间，这些物质的一部分绕太阳公转，于是产生了行星。在这种理论当中有钱伯林、莫尔顿的遭遇说，金斯、杰弗里斯的潮汐说。可是，这些学说也未能说明行星的角动量问题。罗素、利特尔顿进一步着眼于宇宙中有许多双星这一点，从而认为太阳原来也是双星，由于其它恒星接近太阳这个双星，从太阳伴星中吸出物质，伴星和通过星离开太阳远去，而从伴星中吸出的物质则在太阳的周围形成了行星系。这个学说是把角动量的问题解决了，但是由伴星放出的物质的温度是很高的，显然不会凝聚成为行星。于是，由于恒星和太阳接近而产生行星系的这种说法终于被抛弃。从几率上来说，太阳和其它恒星接近的这桩事情本身也是极少有可能出现的。如果把太阳比作是一个直径为 1.5 厘米的玻璃球，那么离太阳最近的星也大约有 500 公里。在密度这样稀薄的空间中运动的恒星，能接近得那么凑巧以致产生出一个行星系来，这种情况几乎是不可能有的。

于是，从前的康德—拉普拉斯的星云说又复活了起来，以代替这些接近理论。C. F. 魏茨泽克(1944)设想，原始太阳的周围由圆板状的气体云包围着，这些气体云处于紊流状态，在公转面里边形成大小不同的涡流，涡流与涡流之间积累着物质，这些物质汇集起来发展成为行星。凯珀也持这种星云说立场。施米特(1944)同样主张行星系是由气体云形成的。他认为，太阳在空间运动时遇到气体云，将气体云捕获过来。捕获过来的气体云在太阳周围旋转，由于冲撞的缘故，逐渐成为圆的轨道，逐渐成为圆板状。当密度达到一定程度时，粒子开始凝聚，终于形成行星系。根据这个理论来