

天体的演化

戴文赛 编著

科学出版社

天体的演化

戴文赛 编著

科学出版社

1977

内 容 简 介

本书主要评述近二、三十年来国外关于恒星、太阳系及星系的起源和演化的研究成果,某些地方也提出了作者本人的一些见解。本书力图说明各类天体和自然界的其他事物一样,都是按照辩证法的规律在运动,在发展,不断地发生和变化着。

本书几乎用了一半的篇幅来介绍现代关于恒星、太阳系、银河系及河外星系的基本知识,包括有最新资料,这有助于读者更好地理解天体演化的内容。

本书叙述力求通俗易懂,具有科普读物的特点,可作为高等学校天文、物理、地球科学各专业以及哲学专业的参考书,也可供广大工农兵和一般干部阅读。本书对于读者学习自然辩证法在有关问题上也有一定参考价值。

天 体 的 演 化

戴 文 赛 编 著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977 年 10 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1977 年 10 月 第 一 次 印 刷 印张: 7

印数: 0001—30,660 字数: 155,000

统一书号: 13031·626

本社书号: 907·13—5

定 价: 0.57 元

前 言

毛主席教导我们：“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律。”建立在现代科学基础之上的、人们关于天体的起源和演化的研究，再次证明了这一马克思主义的科学原理。恩格斯指出：“事情不在于把辩证法的规律从外部注入自然界，而在于从自然界中找出这些规律并从自然界里加以阐发。”（《反杜林论》，人民出版社1970年版，第10页）

天体起源和演化的研究，特别是关于恒星演化的研究，最近二十年来取得了很大进展。本书就是试图用辩证唯物主义的观点和方法来概括这方面的研究成果，勾画出各类天体的演化史图景。当然，就今天的认识水平所描绘出来的这种图景不可能是完善的，作者将努力指出其中哪一方面、哪一个发展阶段的历史还不确定，或者显然需要修改，并尽可能指出具体存在的问题。这样，读者就会了解到，要完全弄清天体的演化，还需要作大量的进一步的研究。

天体演化的研究涉及到天文学的各个分支，也需要物理、化学、地球科学等多方面的知识。因此，本书在绪论中论述天体演化的研究方法时也简要地提到了有关物质结构的一些基本知识。第一、三、五章分别介绍有关恒星、太阳系和星系的有关知识，第二、四、六章才是论述天体演化问题本身。由于这样的安排，读者在阅读本书时若遇到不好理解的段落，可以暂时放过去，也许在继续读到后面有关部分时就会明白。

作者在本书中概括别人的研究成果，同时也提出了一些自己的看法（主要在绪论和第四章中），这些都一定会有不少

缺点和错误,欢迎读者批评指正。作者希望,本书的出版能够引起大家对天体演化研究的注意和兴趣,开展讨论,使我们对这一问题的认识逐步深入和提高。同时希望,本书能对读者学习马列主义经典著作在有关问题上起到参考作用。

编著者

1975年8月

目 录

前言	v
绪论	1
一、研究天体演化的意义	1
二、研究天体演化的方法	6
三、吸引和排斥	10
四、天体的层次	12
第一章 恒星世界概况	18
一、恒星不恒	18
二、恒星的距离	19
三、恒星的质量	20
四、恒星的光度	21
五、恒星的颜色和光谱型	22
六、赫罗图	42
七、变星	25
八、白矮星	31
九、脉冲星和中子星	32
十、恒星的大小和密度	33
十一、恒星的运动	34
十二、恒星的磁场	34
十三、恒星的化学组成	35
十四、恒星集团	36
十五、星云	41
十六、红外源、X源、 γ 源	48
十七、星族	48
第二章 恒星的起源和演化	51
一、恒星的结构和能源	51

二、恒星的年龄	54
三、赫罗图的演化意义	56
四、引力收缩	60
五、主序阶段	64
六、红巨星阶段	65
七、恒星的脉动	66
八、恒星的爆发	68
九、高密恒星——恒星演化的最后阶段	70
十、双星的形成和演化	74
十一、恒星起源问题	76
第三章 太阳系概况	81
一、行星和卫星的轨道运动	81
二、行星和卫星的距离分布	85
三、行星和卫星的质量、半径和密度	88
四、太阳系天体的自转	91
五、太阳系的角动量分布	92
六、小行星	96
七、彗星	98
八、陨星	101
九、其他对太阳系史研究有用的资料	104
第四章 太阳系的起源和演化	108
一、太阳系的运动特征和结构特征	108
二、康德和拉普拉斯的星云说	110
三、灾变说	115
四、本世纪的各种星云说	119
五、星云盘的形成和演化	123
六、行星的形成	128
七、卫星的形成	131
八、角动量分布的说明	136
九、距离规律的说明	138

十、行星自转的起源	143
十一、小行星的形成	146
十二、彗星的形成	147
十三、太阳系的演化	149
第五章 银河系和河外星系	154
一、银河系的结构	154
二、星系的分类	161
三、星系集团	166
四、星系的自转和空间运动	170
五、星系的大小、质量、光度	171
六、星系核活动	173
七、星系的谱线红移	177
八、类星体	178
第六章 星系的起源和演化	181
一、星系的演化	181
二、银河系的形成和演化	185
三、星系起源问题	187
四、星系旋臂的形成	195
五、宇宙论介绍	198
结束语	203
附录一 天体质量的测定	205
附录二 维里定理	207
附录三 潮汐作用	209

绪 论

天体史是指各类天体的起源和演化的历史，是“关于现存世界是通过什么方式和方法产生的理论”。（恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第53页）具体说来，天体的起源就是指某个天体在什么时候、从什么形态的物质、以什么方式形成的；当物质从别一种形态发展到某一种天体形态时，我们说这样一个天体就形成了。天体的演化，是指天体形成以后又经历了怎样的演变过程。通常说的天体演化，往往也把起源包括在内。我们人类居住的地球是太阳系里的一个行星，当然也是一个天体，但是，由于它同我们人类的关系十分密切，对于它的起源和演化，我们有必要单独加以细致的研究。于是，天体的起源同地球的起源、生命的起源和人类的起源一起合称为“四大起源”，它们是自然科学中最著名的基本理论问题。本书就是根据天文学近年来新的研究结果以及其他科学部门的有关新成果，概括地介绍今天人们对于天体历史的认识，其中主要是对太阳系的历史、恒星的历史和星系的历史的认识。

一、研究天体演化的意义

毛主席指出：“在人类的认识史中，从来就有关于宇宙发展法则的两种见解，一种是形而上学的见解，一种是辩证法的见解，形成了互相对立的两种宇宙观。”研究天体史，最主要的是它的哲学意义。现代科学研究表明，一切天体都有它发生、

发展和衰亡的过程。科学地揭示和阐发这一客观规律，总是否定了唯心论和形而上学，而为唯物论和辩证法提供了证据。

形而上学的唯心主义者认为，包括日月星辰在内的天地万物都是上帝创造的，它们一旦被创造出来，就一直是那样，形态和结构永恒不变，运动方式也永恒不变。这同今天人们对于天体历史的科学认识完全不相符合。例如，1658年，英国的一个名叫乌索尔的主教根据基督教《圣经》第一卷《创世纪》里的故事和有关日期，“推算”出上帝用六天时间创造了天地万物包括人类，完成的日子应是在公元前4004年10月23日星期日上午，即距今不到六千年。这是典型的神创论，其荒谬是显而易见的。因为，今天人们依靠科学，利用地球上岩石里放射性物质及其蜕变产物的相对含量，已推算出地球的年龄不少于46亿年。而且天体演化的研究还表明，虽然地球和月球、其他行星以及太阳的年龄都是几十亿年，但各种天体的年龄很不一致，有些恒星的年龄超过了一百亿年，又有些恒星的年龄不到一百万年。同时，新的天体还在不断产生出来。

关于宇宙的理论总是和哲学思维密切联系着的。在我国古代，关于“天不变”和“天变”的论争就反映了两种宇宙观之间的斗争。汉代的董仲舒说什么“道之大，原出于天，天不变，道亦不变”。宋代的司马光也说：“天地不异也，日月无变也，万物自若也”。这种“天不变”的思想是唯心主义和形而上学的自然观。另一方面，先秦的荀况明确指出要“明于天人之分”，认为“天行有常，不为尧存，不为桀亡”，主张“制天命而用之”。宋代的王安石更指出：“天文之变无穷，人事之变无已”；“天之高也，日月星辰阴阳之气，可端策而数也”。认为一切自然现象和变化运动都是可以认识而且是可以掌握其规律的，这种自然观具有朴素的唯物主义和辩证法思想。

在西方古代,围绕着对自然界的认识,两种宇宙观的斗争也十分激烈。在古希腊,一方面有柏拉图、亚里士多德等人主张天体都是神圣的、完美无瑕的,由一种特殊的称为“以太”的东西组成(地上万物则由水、土、气、火四种元素组成),它们是永恒不变的。另一方面,赫拉克利特、德谟克利特等人则主张“一切皆流,一切皆变”,认为自然界的一切“都处于永恒的产生和消灭中,处于不断的流动中,处于无休止的运动和变化中”。但是,古希腊人辩证的自然观由于还只是直觉的东西,不是以观测、实验为依据的严格的科学研究的结果,它无力战胜教会的宗教教条。因此,以后在长达一千多年的中世纪里,大多数的人还不得不被迫接受上帝在六天内创造出天地万物的宗教说教。那时,“科学只是教会的恭顺的婢女,它不得超越宗教信仰所规定的界限,因此根本不是科学。”(恩格斯:《反杜林论》,人民出版社1970年版,第333页)十五世纪后期,哥白尼提出日心地动说,向自然事物方面的教会权威提出挑战,“从此自然科学便开始从神学中解放出来”。(恩格斯:《自然辩证法》,人民出版社1971年版,第8页)以后,在十七、十八世纪,人们把自然界分成许多部分,分别对它们进行具体的研究,形成了各门自然科学,积累了大量资料,取得了很大进展。开普勒发现了行星运动的规律——行星运动三大定律。牛顿提出万有引力定律,对这些规律进行了概括。然而,研究上的分工,对自然界的解剖、分析,却带来了机械的、形而上学的自然观。这种僵化的自然观,不承认自然界有时间上前后相继的历史。恩格斯指出:“这个总观点的中心是自然界绝对不变这样一个见解。不管自然界本身是怎样产生的,只要它一旦存在,那末在它存在的时候它始终就是这样。行星及其卫星,一旦由于神秘的‘第一次推动’而运动起来,它们便依照预定的椭圆轨道继续不断地旋转下去,或者无论如何

也旋转到一切事物消灭为止。恒星永远固定不动地停留在自己的位置上，凭着‘万有引力’而互相保持这种位置。地球亘古以来或者从它被创造的那天起（不管那一种情形）就毫无改变地总是原来的样子。”（《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第10页）牛顿明确宣称：“引力可以使行星运动，但是没有神的力量就决不能使它们作现在这样绕太阳而转的运动。”（牛顿：《给本特雷大主教的信》）康德在这种僵化的形而上学的自然观上打开了第一个缺口，他于1755年提出的太阳系起源和演化的星云假说，是第一个科学的天体演化学说。恩格斯指出，这是“从哥白尼以来天文学取得的最大进步”。（《反杜林论》，人民出版社1970年版，第54页）在康德的学说里，“关于第一次推动的问题被取消了；地球和整个太阳系表现为某种在时间的进程中逐渐生成的东西。”“在康德的发现中包含着一切继续进步的起点。”（恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第12页）

从康德到现在，二百多年过去了，这段时间里大量的科学实践使我们对于包括天体史在内的自然界历史的认识大为前进。但是，当前在世界范围内，天体演化研究中两种认识路线、两种宇宙观的斗争仍然十分激烈。人们对于宇宙的认识，是自然观的重要组成部分，同时又是哲学宇宙观的科学基础。现代资产阶级特别是帝国主义和社会帝国主义，总是妄图给天文学上的最新成就以唯心主义和形而上学的解释，宣扬宇宙有限论和宇宙创造论等等，反对辩证唯物主义，为其本阶级的反动统治服务。如果说，历史上的科学家曾以其自发的唯物主义观点在解释宇宙上作出过贡献，那么，我们今天的科学工作者就必须自觉地以马克思主义哲学为指导来研究天体的历史，解释宇宙，批判自然科学中的唯心论、形而上学等资产阶级观点，而自觉地捍卫辩证唯物主义。“自然界是检验辩证

法的试金石,而且我们必须说,现代自然科学为这种检验提供了极其丰富的、与日俱增的材料,并从而证明了,自然界的一切归根到底是辩证地而不是形而上学地发生的。”(恩格斯:《反杜林论》,人民出版社1970年版,第20页)这就是我们研究天体演化的最首要的意义。

研究天体演化对于生产斗争和科学实验也有重要的意义。

地球史的研究和天体史的研究密切相关。地球起源就是太阳系起源过程的一部分。地球的早期发展史和地球的形成方式有直接的关系,地球的大气、海陆的形成和地壳的运动都是地球演化的组成部分。研究地球的化学组成、地球的热史、地球自转的起源和变化原因,都必须和太阳系起源的研究联系起来考虑。地球上冰川期的形成,可能全部或部分地是由于天文的原因。月球和行星内部结构的研究可以为地球内部结构的研究提供资料。而以上这些地学问题,同人类的生产活动都有直接的关系。

巨大的天体还是研究万有引力本质和研究物质结构的天然实验室。天体史的研究会对解决引力本质和物质结构这两个基本理论问题作出贡献。

万有引力是普遍存在于任何两个物质客体之间的相互作用。但是,关于这种相互作用的本质,至今仍然没有公认的答案。天体的质量一般都很大(太阳的质量就比地球大33万倍),它们相互之间所施的引力也很大。一个天体本身各部分之间也有很大的吸引力,称为自吸引。有些天体的引力大到它们的光线都射不出去。决定天体的运动、结构和演化的最主要的相互作用就是万有引力。所以,天体的研究,尤其是把天体当作不断发展着的物质的研究即天体演化的研究,对于解决万有引力本质这个重要的基本理论问题会起很大的作

用。

天体同地上物体一样，也是由分子、原子、基本粒子所构成。但是，许多天体上却具备有地上实验室所不能得到或者还未能得到的极端条件：大尺度、大质量、高密度、高压、高能量和持久的高温等。这为研究物质结构提供了良好的条件。在地面实验室里，500 万大气压就已是“超高压”，可是太阳内心的压力比这还要大六、七万倍。目前最大的加速器提供的高能粒子的能量是 10^{11} 电子伏数量级，而最近发现的称为脉冲星的天体所发出的粒子的能量可达到 10^{21} 电子伏。地上一一次最猛烈的火山爆发释放出 10^{27} 尔格的能量，而一次超新星爆发释放的能量就达 10^{48} 尔格，一次星系核活动释放的能量更达到 10^{56} 尔格甚至超过 10^{60} 尔格。演化到晚期的恒星，其内心长时间地保持高达几亿度的高温和保持极高的压力。所以，天体演化的研究，也就是研究物质在非常大的空间和时间尺度上的运动发展，对于物质结构的研究会有重要的意义。

二、研究天体演化的方法

研究天体的发生和发展，当然需要利用现代自然科学的理论成果和先进的观测手段，但是，更为主要的，必须要用辩证唯物主义作为指导。自然界本身就是按照辩证法发展的，我们研究天体演化涉及到大尺度的空间和时间，而空间和时间不仅是自然科学研究的对象，本身就属于哲学的范畴。如果用形而上学的方法来研究天体演化，我们就必然会陷入混乱。

人的正确思想只能从社会实践中来。我们在研究天体演化时，必须坚持唯物主义的反映论，反对唯心主义的先验论。

和一切科学研究一样，我们研究天体演化，首先需要充分地占有资料。我们把搜集到的大量天文观测资料加以整理、比较、分析、综合，找出它们之间的真实联系，提出关于天体演化的假说和理论，然后，再用观测来检验。离开观测资料凭空臆造的天体发展过程，无论它们看起来是如何美妙，如何能自圆其说，但毕竟不会是天体的真正发展史。

观测天体的手段，从十七世纪初发明望远镜到现在已经三百多年，随着生产和科学的进步，取得了很大的发展。尤其是近三十年来，由于射电望远镜、火箭、人造地球卫星、空间探测器和红外观测等新技术用于天文观测，为我们研究天体演化积累了丰富的资料。观测天体的波段从过去的光学波段（包括可见光、近红外光和近紫外光）扩展到了无线电波段、远红外和远紫外波段，以及X射线波段和 γ 射线波段。观测到的空间范围（从而时间范围）也大为扩大，我们现在已能观测到距我们远达100亿光年的天体。还发现了许多过去不知道的新型天体，如类星体、脉冲星、X射线源和红外源等；以及许多新现象，如星系核爆发、金星逆自转、微波“背景辐射”和星际空间存在着几十种分子（包括无机分子和有机分子）等。所有这些材料，都是我们编写天体历史时的依据。

但是，研究天体演化有它的特殊困难。这主要是天体一生的寿命实在长得无法比拟，例如，前面曾经提到，一颗恒星的寿命通常达几十亿年。从天体演化的时间尺度来看，不仅我们单个人的寿命，就是我们人类的历史，也不过是短暂的一瞬。人类观测恒星留下来的最早的系统记录，是公元前350年左右我国战国时代楚国人甘德所编的《星占》八卷，和魏国人石申所编的《天文》八卷；它们被后人合编成《甘石星经》。《甘石星经》中记载了120颗恒星的位置（黄经和距北天极的度数），对于今天的天文研究有一定的价值，但是距今也不过



图 0.1 在月球上拍摄的地球的照片

二千多年，研究恒星演化还需要知道恒星的距离、光度、质量和半径等各种数据，而这样的研究是从十九世纪才开始，所以恒星演化史资料的积累实际上不过是近一百多年以来的事。要想以一百多年这样短时间内积累起来的资料去描绘出长达几十亿年的恒星历史来，用通常的跟踪一个事件的方法来研究，显然是不可能的。所以，研究天体演化在应用资料上，我们采用的是生物进化史研究所用的一个方法。

研究一种特定的具体生物的生命史，我们可以选定该种生物的一些个体，跟踪观察它们的生老病死。然而，研究生物从简单的低级形态发展到复杂的高级形态的进化史，单靠这种方法就很不够。虽然深埋于不同地层中的生物化石可以向我們提供一些关于古代不同时期生存的生物——例如恐龙——的知识，但这毕竟要有我们关于今天现存的处于不同

发展阶段的——低级的和高级的——生物的知识帮助，才能理解。对于现存的、大量的处于不同发展阶段的生物类型加以研究，再把研究得来的资料加以整理、比较、分析、综合，是我们研究生物从简单到复杂，从低级到高级的发展进化史的一个重要方法。研究天体演化史主要用的也是这种方法。例如恒星演化研究，近一百年已逐步证明，今天我们观测到的各种各样的恒星，它们正处于各种不同的发展阶段，也就是有年青的，年老的，各具有不同的年龄。我们把年龄各不相同的恒星观测资料集中起来加以综合研究，就可以写出恒星一生的历史来。

我们居住的地球是太阳系的成员，太阳系里的其他天体离我们比太阳以外的其他恒星都近得多。然而，太阳系历史的研究却并不比恒星史的研究容易。因为，太阳本身的形成和演化虽然是恒星史的一部分，可以和恒星史的问题一起解决；可是，太阳系史却包括了太阳系内行星和其他太阳系成员的形成和演化，而我们直接观察到的行星系统却只有太阳系这一个，除此而外，我们还未能直接观测到别的恒星的行星系统（如果有的话）。太阳系发展的历史只能根据对太阳系内各天体观测所得的资料和一般恒星早期演化的资料来加以研究。行星本身不发光，只反射恒星的光，即使是离太阳最近的几个恒星有行星系统，我们也无法从望远镜里看到，因为它们反射的光从很远处去看实在太微弱了。但是，仍有迹象表明，有的恒星和太阳一样也具有行星。二十多年来，在离太阳较近的恒星中，发现有十来颗恒星在由更远的恒星组成的背景上作波状移动。这种波状轨迹，很可能是这些恒星有一个或几个行星，由于恒星和它们所有的行星绕共同的质量中心转动而造成的。这种现象对于太阳系演化的研究无疑也具有参考价值。