

现代宇宙学的 观念和理论

〔美〕 J. 辛格 著

科学出版社

现代宇宙学的 观念和理论

[印]J.辛格 著

马星垣 陈福生 车饱印 译
成松林 许 霖 杨 建
李有刚 校



科学出版社

1986

004633

内 容 简 介

本书全面叙述了过去半个世纪中宇宙学的基本理论发展概况及当代科学中最富有趣味而又十分困难的问题。该书通过世界上最优秀的科学家对各种宇宙学理论见解和发现的问题向读者做了准确生动的描述和清晰真实的介绍。作者用过人的理解力和洞察力、生动的比喻以及灵巧的描述,对各种各样的宇宙学理论均客观公正地指出它们的优点和不足,对某些宇宙学学者的唯心主义观点也做了一定程度的揭露和批评。阅读此书可以使读者进一步加深对现代宇宙学理论的认识和理解。

Jagjit Singh
GREAT IDEAS AND THEORIES
OF MODERN COSMOLOGY
Dover Publications Inc. 1970

现代宇宙学的观念和理论

〔印〕J. 辛格 著

马星垣 陈福生 车饱印 译
成松林 许 霖 杨 建

李有刚 校

责任编辑 彭英

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

北京市通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1986年10月第一次印刷 印张: 11 3/4

印数: 0001—2,600 字数: 266,000

统一书号: 13031·3331

本社书号: 5135·13—5

定价: 2.20元

译 者 序

本书作者贾格吉特·辛格是第一位获得联合国教科文组织卡林格科学普及奖的亚洲人。他于1912年5月出生于印度北部城市阿木里查，1933年获拉合尔(现属巴基斯坦)旁遮普大学数学硕士学位。先后在印度铁路部门和医药部门担任高级职务，曾任印度全国最大的医药公司主席和总经理。他是印度科学与工业研究院出版的《科学通报》的主编、英国“伦敦皇家统计学会”会员、加尔各答的“印度统计协会”会员、美国北卡罗莱纳“数理统计协会”会员，他还曾任“印度运筹学学会”理事长以及在运筹学方面的政府顾问。曾代表印度出席第三届世界运筹学学会联合会代表大会。他写作的范围极广，在数学、天体物理学、宇宙学(尤其是爱因斯坦的相对论与时空概念)、统计学、信息科学等方面他写了许多科普文章和书籍。他的著作有《数学的观念：它的本质及应用》、《现代宇宙学的观念和理论》、《信息论的宏伟构想：语言和控制论》以及《铁路的故事》等。其中一些被译成荷兰文、意大利文和日文出版。由于他出色的从事科学普及工作，于1963年获得卡林格奖。

《现代宇宙学的观念和理论》被选入科学名著，由美国道佛尔出版社再版。该书全面叙述了过去半个世纪中宇宙学的基本理论的发展概况。包括：恒星和星系是怎样形成的？行星是如何演化的？在其它星球上有没有生命存在？宇宙的时空特征是怎样的？……。这些当代科学中最富有趣味又十分困难的问题，吸引了半个世纪以来世界上最优秀的科学家，

象金斯、爱丁顿、爱因斯坦、狄拉克、伽莫夫、霍伊尔、阿耳文……等都曾经企图回答这些也许是不可能回答的问题，他们的创造性的思想和理论以及引起的热烈的争论成为当代科学最生动、最激动人心的章节之一。《现代宇宙学的观念和理论》一书综合概括了所有重要宇宙学理论，并且对它们作了创造性的评价，讨论了各种宇宙学理论和观念的哲学上的含义。诸如对爱因斯坦的相对论和时空概念，阿耳文的行星形成理论，金斯和爱丁顿的天体物理理论，霍伊尔的“不断创生”和伽莫夫的“大爆炸”理论，以及狄拉克和乔丹的宇宙论和其他一些宇宙学学者的研究成果和贡献，都作了准确生动的描述和清晰、忠实的反映。作者的书不仅仅是对原理论的重复改写，而是以科学的唯物主义观点进行解释和评论。作者具有过人的理解力和洞察力，并且善于生动的比喻和灵巧的描述，从而使那些最艰难、抽象的概念变得易于理解。对各种各样的宇宙学理论均能客观公正地指出它们的优点和不足，对某些宇宙学学者的唯心主义观点也都作了一定程度的揭露和批评。正是本书这些优点鼓励译者把本书翻译出来贡献给我国读者。

原书(修订版)共十八章，其中第八章和第十一章分别讨论米耳恩和爱丁顿的宇宙论，其内容仅有科学史意义，没有太大的参考价值，因此译者把它们完全省略掉了。参加本书翻译工作的分别为陈福生(第一、十、十一、十二章)、马星垣(第二、三章)、杨建(第四章)、车饱印(第五、六、七章)、许毅(第八、九章)、成松林(第十三、十四、十五、十六章)。李有刚审校全部译文。由于译者中外文水平和宇宙学知识有限，译文中或有不少欠妥之处，敬希读者们批评指正。

修订版序言

本书初稿写成后的十年来，天文观测和物理学理论的日渐充实，从根本上改变了宇宙学的前景。一些天文观测揭示了在当时甚至想都没想到过的某些天体和天体事件的存在。突出的例子有：类星体、射电星系、黑体3.2厘米微波背景辐射（目前认为是我们宇宙“创生”时留下的遗迹），等等。但是在这些发现中，最新的、最令人兴奋的还得数脉冲星的发现，尽管迄今为止只观测到了40颗脉冲星^{*}，但它决不是稀少的。自从1968年2月首次宣布发现脉冲星以来，英国的《自然》杂志上除了发表关于宇宙学的文章外，有关脉冲星的文章和资料也大量涌现。的确，按照《自然》杂志的形象化描述，最近几年已经跨进了宇宙学和天文学的“葡萄收获期”。

物理学理论的类似进展，特别是五十多年前出现的爱因斯坦相对论——正是它导致了宇宙学的产生，不仅产生了许多新的思想，而且也发展了爱因斯坦相对论本身。这些物理学理论的新进展，包括：引力坍缩现象、磁湍流效应和宇宙电动力学、核物理学在了解恒星演化中的作用、超新星爆发等。对这些宇宙现象的新的说明与解释，不仅正在改变着宇宙学，而且也可望改变我们根据地面经验建立起来的基础物理学。

因此，不得不对原书进行广泛的修改以适应新的增订版的需要。原书大部分章节都已重写过，并增加了全新的两章。我最初的设想是用增订的这两章替下原有的两章——分

* 目前已发现的脉冲星约近400颗。——译者注

别讨论米耳恩宇宙论和爱丁顿宇宙论的第八章和第十一章。虽然在二、三十年前这些宇宙论观点曾风行一时,但现在已经脱离了宇宙学思想的主流,然而因听从劝告(我对劝告通常是尊重的),最后我还是决定保留它们,如果读者对它们兴趣不大,可以把它们完全省略掉*。

对于一门正在发展中的学科,其发展速度甚至比其它科学技术领域的正常“指数”变化率还要快的学科,要写一本包括最新成就的书是不可能的,但是有一点可以期望,即新的增订版将能经受住今后若干年内宇宙学研究的考验,它在基本问题方面对宇宙学研究现状所作出的评价仍将是合理而且适当的。

J·辛格

* 这两章中译本已删去。——译者注

目 录

译者序	
修订版序言	
绪论	1
第一章 永恒的探求	1
第一部 天体物理理论	11
第二章 天火的物理学——一篇天体物理学绪言	11
第三章 恒星是怎样生存和死亡的	38
第四章 恒星的生成	64
第五章 星系的诞生	85
第六章 星系的诞生：湍流的作用	97
第二部 宇宙学	117
第七章 空间、时间与万有引力或相对论宇宙学	117
第八章 宇宙学和不断创生论	162
第九章 一个新的宇宙学原理	190
第十章 类星体和宇宙学	210
第十一章 核物理学和新宇宙学	223
第十二章 最后的结帐日	236
第三部 起源	260
第十三章 元素的起源	260
第十四章 行星世界的起源	278
第四部 宇宙中的生命	319
第十五章 宇宙中的生命	319
第十六章 上帝和宇宙学	345
附录 ……谈谈我们是怎样了解宇宙的	353
中英人名对照表	363

绪 论

第一章 永恒的探求

人们可以把宇宙学看成是基督教义中所说的智者：“第一个人未曾完全认识他，最后一个人也不会更多了解他”。因为宇宙学是人类所有知识的这样一个分支，在这里，我们用最长的测深锤也不可能在遥远的将来，也许永远也不可能伸达底部。当然，认识到这种无穷的复杂性只是最近的事。然而这不仅没有减少我们的兴趣，相反地，它更加激发了我们对那种从一开始就支配了人类思想的宇宙的思索，这种认识宇宙的愿望是模糊而又强烈的。人类是多么伟大，他渴望着知道宇宙是怎样开始，又将怎样告终，关于宇宙是怎样开始的问题的确是人类最早开始思索的问题。这就是为什么某种原始的宇宙论在整个古代文化中会作为宗教或传说的一部分而得到发展，甚至先于天文学而发展起来的原因。当然，早期的宇宙学思考家都是极其天真的。他们主要满足于从一些神话中去了解宇宙的起源，如从毗瑟笪（印度教三大神之一）所掀起的大海漩涡；天帝与浑沌的结合；象蒂基那样一位海神的渔业开发；远古的海神玛杜克的屠杀，以及她抬起上半身来形成天空的传说，从大海上浮现的圣灵；或者简单地从一个全能的上帝的命令等去了解宇宙的起源。但是由于过去三个世纪来各个科学领域的共同努力，理性取得了令人惊叹的成就，它不仅削弱了那些荒唐无稽传说的感染力，而且也增强了在宇宙学这个领域中采用理性探索的希望，对于宇宙奥秘的探索，我们是有希望得到更加满意的答案的。

然而，直到今天，尽管科学已经取得了使我们惊叹的巨

大进步，企图征服宇宙学的科学家仍然完全清楚，在这个诱人的研究领域，即使没有什么危险，也还充满着巨大的困难。因为如果宇宙是天地万物的总体，它包含着从微小的电子到最遥远的星系和类星体等一切东西，那么每当我们询问起关于我们所能想象到的这个包罗万象的宇宙的起源问题时，我们就会感到困难重重。如果我们的愿望小一点，只是想探究某物的起源，而不是探究象整个宇宙那样一个无所不包的宇宙的起源，那我们还可望得到满意的答案。例如，假定我们要探究生命的起源，一个很好的答案可能是：它起源于病毒，或者更进一步，起源于原生质的某种原子的或电子的形态。当我们开始谈论象整个宇宙这样一个包含着一切的实体的起源时，情况就完全不同了。假定我说目前的宇宙状态是起源于某种较早时期的状态，那么立即会产生这样一个问题：这个较早时期的状态又是起源于什么状态呢？如此可以无止境地追溯下去。

要从这种无止境地追溯的困境中摆脱出来，只有三种方法——或者说应该说只有两种方法，因为第三种方法实际上只是一种回避而不是回答。现在我们先谈这个回避的方法，我们也许可以把过去的各种状态作一番安排，让我们的宇宙以某种次序通过这些状态而演化至今，这样做过之后，我们也许会发现有一个状态，它在某种程度上可以说象是由全部数字组成的数列中的零。在这里我们避而不谈关于在这个零状态之前又是什么状态的问题。第二种摆脱的方法——第一种真正的摆脱法——依赖于运气。如果机缘凑巧，有可能发生的是，宇宙按某种次序经历各种演化状态，正象时针上的指针依次扫过表盘上的各个数字那样。如果是这样的话，这种演化状态的循环本身就可以永无止境地反复进行。这样就不存在开始和结束，宇宙的运动就象一条无尽头的波动曲线。

最后一种摆脱的方法是简单地假定宇宙永恒地存在，而且总是和今天的状态一样，因此也就根本没有开始或演化。

所有这三种摆脱的方法实际上已被许多形形色色的思想家采用了。上面提到的第一种方法，引起了某些推测，即宇宙是由于一次爆炸而从零状态开始的，这有点类似于圣经的说法；宇宙是按照上帝的旨意从“大海表面的一片昏黑”中产生的。把宇宙的起源追溯到一道命令上去，看来是很难令人满意的。

但是其他的两种摆脱方法也都有他们的缺点。第二种方法，即无限反复的方法，使我们想起了那位在地狱前庭踩着疯狂的节奏徒劳地不停奔跑的意大利诗人但丁。而第三种方法则要求有一种自始至终不断起着作用的奇特力量在阻止宇宙的变化。

下面继续列举在这个研究领域中的困难：我们的第二个困难在于我们所掌握的有关宇宙的真实本质及其广延性的观测资料仍然非常有限。它的最远范围，借助于世界上效力最大的望远镜，包括光学望远镜和射电望远镜，我们已经能够看到大约80亿光年的距离^{*}，也就是说，光线以每秒30万公里的速率走过这段距离将需要花80亿年的时间，大约相当于756万亿亿公里。这个范围似乎大得不可思议，然而，如果宇宙是无穷的话，这个范围与空间的总范围比较起来，实际上还是微乎其微的。即使我们接受了宇宙不是无限的主张（如某些专家所说的），80亿光年的距离也只不过是这些科学家所认为的宇宙的“最大”距离的一小部分。根据这样一些贫乏的数据，把宇宙作为一个统一体来研究的演化理论就会象在生物演化的研究中只考虑某一类，比如说灵长类动物而不去

* 现在已达130亿光年的距离。——译者注

过问其他形式的各种生命一样。

我们的第三个困难是：宇宙演化所需要的时间比起人的一生时间，甚至比全部人类文明的时间还要长得多。这好象寿命只有几个小时的一只果蝇对具有各式各样年龄的一群人瞥过一眼之后，就试图弄清楚成年人与婴儿之间的关系一样。

人们试图求助于其他科学领域的帮助来克服宇宙学所固有的这些困难。这就是为什么宇宙学必然成为天文学、物理学，哲学甚至于纯数学等学科的会合点的原因。宇宙学必然要用到天文学和物理学，因为根据地面现象的研究所发现的物理定律已被推广运用到天空的范围。例如，苹果落地的定律已被推广运用到恒星在星际空间中的运动上。这样，就有可能把由直接观测所得到的各种天文数据加以综合而得出某种有条理的宇宙学上的情节。但是这种方法可能出问题，最根本的问题就在于这些所谓的定律不一定能够应用到作为一个整体的宇宙，尽管这些定律在我们迄今所探索过的宇宙的微小角落里已经被证实是正确的。正如布里奇曼所指出的，根据这种情节作出的宇宙学上的推论，确实是令人毛骨耸然的。为了证实它们，不得不用宇宙学来验证这些“基础”，或者说用来验证我们所引用的物理学原理的内在的合理性和逻辑性。换句话说，必须根据某些先验的假定为真实的宇宙学原理或公理，借助于哲学来努力推演出所观察到的物理定律，诸如万有引力定律、电动力学定律等。然而从先验的观念出发去推演科学定律的哲学尝试，在过去一直没有成功过。希腊人根据演绎几何学的发展引进了这种思想，然而由于他们喜欢用审美观点来观察事物而受到限制。中世纪的人们继承了这种思想但没有希腊人的那种限制。结果是一场灾难——进步思想普遍受到一些学究的诡辩和无谓挑剔的阻碍。法国作

家、哲学家伏尔泰在小说《扎迪格》中对庸医赫姆斯的嘲笑是毫不过份的，这位医生在扎迪格的眼伤自行痊愈后还写了一本书来“论证”那伤是不可医治的。

事实是，我们关于宇宙的知识一方面依赖于经验和观测，另一方面依赖于思维和演绎推理。这就是为什么每一项观测都密切地与理论相贯通的理由，反之亦然。举个例子，象确定恒星位置这样一个纯粹观测的一般题目，除了需要作与大量理论基础有关的一系列改正与调整外，几乎涉及到全部的光学理论。甚至对于观测误差的改正，若不深入钻研到统计理论的核心，就会无法着手进行。另一方面，万有引力这个包罗万象的理论的建立，需要有大量的行星观测资料，这些资料由第谷·布拉赫和开普勒几乎花了一个世纪的时间才完成。

倘若不管理论与观测在各种程度上的互相贯通，而从一组公理出发，通过纯粹的推理，仍然有可能系统地阐述某些类型的知识。但是由推理所得的结论必然依赖于所精选的公理的内容。如果它们概括了从观测得到的大量的原理，那么这些由推理所得的定律将具有相当可观的内容，而且是很有意义的——建立在被认定为无需证明的真正的基礎上。另一方面，如果他们只归纳了少数几个观测事实，那么这些推演出的定律就成了空洞的东西——也许其中有一些具有启发价值，顶多如此而已，并不能摆脱进退两难的状况。这就是为什么基础物理定律的先验“论据”如果不是有明确的特别说明的话，很可能只不过是预先策划好的骗人手法。爱丁顿从他所认定的一组先验原则出发，对观测到的星系后退速度*所作的推断就是一例。因为观测到的速度目前已由于巴德、桑德奇以及其他一些人对星系距离相继作了几次重大修改而大大

*见第五章。

地减小了，因此人们怀疑是否值得重视这类推断。

然而，主要问题并不在于一条表面上看起来没有错误的物理定律的先验论据后来可能会暴露出问题这样一种危险性上，在宇宙学研究中使用先验论据的主要困难在于，从一些看来同样有理的不同宇宙学公理出发会得出不同类型的宇宙和支配它们的不同定律来。如何在它们之间进行选择呢？这时的纯数学家需要用快刀斩乱麻的手段解决困难，这把快刀就是宇宙学家只应该关心建立一切可能的宇宙模型，正如一个几何学家要创立一切可能形式的几何学而丝毫不必关心我们周围空间的实际几何学是什么样子。于是，这些宇宙模型的结构已成为一门纯粹的数学，一种心灵的自由创作，一条警句，然而去证实所创立的模型中哪些与我们的实际宇宙是同一的这件事，即使不是无关的细节，至少已成为不重要的事了。

我们不必太认真地非要纯数学家作出他的选择，最坏的情形也只不过表明(正象A·N·怀德海所说的)专家学识在复杂的现实问题面前显得极端懦弱罢了——在许多领域中这种倾向却正在变得越来越普遍。关于这一点更恰当的见解是，究竟是否存在任何真正的选择。正如H·丁格尔所提出的问题：既然有一个而且仅有一个宇宙，那么它的唯一性(如果可以这么说的话)究竟是本质的呢还是偶然的？我们能否想象，当一位造物主着手创立一个宇宙的时候能够从怎样的一整套体系或一系列可能的宇宙中进行选择？或者，是否任何对现实宇宙的可能设想的替换形式都必然不可能存在？这个问题在我们能够确定纯数学家把宇宙作为一个整体看待的方法是正确的之前，必须得到回答。丁格尔似乎怀疑这种方法的正确性，因为他觉得对可能存在着不同于我们周围宇宙的另外一种宇宙这件事还没有把握。显然，宇宙学的目前状况与

非欧几里德几何学发明之前的几何学状况没有什么不同。那时没有一个人怀疑能够有一种而且仅能有一种空间形式——这种形式的空间性质包括在欧几里德几何学中，我们至今仍在学校中学习这些内容。哲学家，象康德甚至“证明”过只有一个空间，我们所谓的那些“空间”只是这一个空间的若干部分，并不能代表它的整体。但是由于纯数学家的创造性，我们现在有了丰富的几种空间类型，其中欧几里德空间正好是一个实例。因此，只要我们不回避下面的问题，即将各种可能宇宙模型中的某一种模型证认为与我们周围现实宇宙是一致的，而且说明为什么它是能够存在的一种现实宇宙模型，那么我们似乎没有正当的理由来否定数学家建立概念性的宇宙模型的可能性。一味要求对这些宇宙的存在先有一个正式的证明，就会阻碍建立某种可能的先进方案。

上面讨论的结果是，我们可以用三种不同的观点来探索宇宙的问题。第一，通过将物理学理论和天文观测相结合，我们可以建立起某种有条理的宇宙情节。第二，我们可以根据某些基本定律如相对论和热力学定律，建立起一系列宇宙模型，然后试图在它们中间找出一个，证认它与我们生活在其中的现实宇宙相一致。第三，我们可以根据在基本哲学基础上所选择的若干原始宇宙学公理或原理，作合理的演绎并试着描绘出宇宙的起源和它的可能的演化。人们可以想象，有这么多的方法将是有好处的：能够使它们的结果得到交叉检验。但实际上却使人们为难，因为由不同方法得到的结论，正好是互相矛盾的，而且很不幸，至今还没有看出有什么办法能使它们和谐一致或从它们之中挑选一个。

或使它们一致或在它们之间确定其一，都是很难做到的，其原因有两方面：第一，我们通过观测所获得的宇宙知识还有大量的空白点，这些空白点使许多矛盾的概念都能说

得通，这种情况和想在一个具有两个未知数的方程中试图求出唯一的一个解的情况有点类似，我们知道这是办不到的，除非我们找到了另一个方程。相当于求解不定代数方程的困难，在宇宙学中又增加了 n 倍。现在全世界拥有巨大望远镜装备的一些大天文台都在进行着大量的观测，设法填补这些空白点，他们提供了一些附加“方程”以弥补原有的不足，然而这些新“方程”通常又包含有新未知数，这些未知数又要求有更新的“方程”，这个过程反复进行直至无穷。因此，新观测所带来的新问题通常和它们所解决了的问题几乎一样多，这也就不足为奇了。于是，随着我们观测宇宙时所用的辐射范围的扩大，不仅是可见光，而且是从长无线电波一直到短X射线，我们了解宇宙的能力也在不断提高，同时也为宇宙学增添了一些新的难解之谜。其中的一个突出例子就是用巨大射电望远镜发现的一种完全新型的天体，即所谓类星体（见第二章和第五章）及中子星（见第三章），人们怀疑中子星就是最近由火箭携带仪器所探测到的X射线辐射源。显然，天文学和宇宙学的观测可以是无止境的，而一个人对学识的追求却总有一个限度。这就导致了前面所指出的第二个困难——为了收集足够的基本观测事实以使宇宙学的种种理论脚下的那些流砂般滑动的现有基础坚实起来，需要有几乎无限长的时间。此外，我们为了在互相竞争的理论中决定取舍而设计的观测实验，在许多情况下所得到的观测差异都非常微小，以致需要上百年甚至上千年的充分积累才能看出这些差异。

因此，宇宙学家们被迫要从除了纯科学的原因之外的许多其他可能的原因——审美的、感情的、道德的甚至是形而上学的原因中去选择那些合乎他们心意的答案。这样，对一位爱丁顿理论的信奉者来说，宇宙自身无限反复循环的概念，从道德标准看来完全是“倒退”，他宁可看着宇宙象热力

学第二定律所预言的那样呻吟着达到热死^{*}，也不愿意接受宇宙自身永恒而又徒劳地反复循环的观点。另一方面，对一位托尔曼理论的信奉者来说，当他把这种极端“道德退化”的无限循环过程当作维持宇宙永远生机勃勃的唯一办法来接受时，宇宙有始有终的理论却是和他格格不入的。近年来，类星体的发现表明，它是这样一种宇宙学上的谜，那些根据创始人的偏爱而创立的种种截然相反的推测都到这里来寻求支持，因此目前的宇宙学正是处于名副其实的百花盛开阶段。宇宙毕竟是非常大的，关于它，我们还了解甚少。只要具备足够的发明才能，几乎任何事物都可以得到解释或解释清楚。这就是为什么从不同领域如粒子物理、化学、核起源、地质学、天体物理学、射电天文学等引进的各式各样的概念几乎都可以借用来种植在宇宙学这个花园里生根发芽的原因。例如，狄拉克和乔丹创建一种新概念的宇宙学，即大自然的普通常数，象引力常数等，它们并非真正的常数，而是会随宇宙的“年龄”而变化的。同样地，邦迪和利特尔顿在与通常所认为的电子和质子的电荷大小相等的信念稍稍不同的设想基础上建立了一种宇宙论。R·O·卡普还将霍伊尔的假设进一步推广建立了另一种宇宙论，霍伊尔的物质连续创造的假设是以物质不仅是连续地不知从什么地方创生出来(见第八章)而且又因泯灭而连续地不知消失在什么地方为前提的。把连续创生和连续泯灭这两个孪生的概念结合在一起，卡普主张引力并不是传统所认为的“物质的开始曲”，而是泯灭时的“天鹅之歌”。

近代宇宙学的研究迫使我们的体会与早期宇宙学家拉迈特里和海克耳在他们的著作中所阐述的关于科学见解不可能

^{*} 见第十二章。