

赵江南  
编著



# 宇宙新概念



全国优秀出版社  
武汉大学出版社

武·汉·大·学·素·质·教·育·教·材

# 宇宙新概念



赵江南 编著

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

宇宙新概念/赵江南编著. —武汉: 武汉大学出版社, 2003. 5  
武汉大学素质教育教材  
ISBN 7-307-03934-6

I. 宇… II. 赵… III. 天文学—高等学校—教材 IV. P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 032576 号

责任编辑: 杨 华 责任校对: 程小宜 版式设计: 支 笛

---

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: [wdp4@whu.edu.cn](mailto:wdp4@whu.edu.cn) 网址: [www.wdp.whu.edu.cn](http://www.wdp.whu.edu.cn))

印刷: 武汉市汉桥印务有限责任公司

开本: 850×1168 1/32 印张: 8.125 字数: 206 千字

版次: 2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-03934-6/T·63 定价: 12.00 元

---

版权所有, 不得翻印; 凡购买我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题,  
请与当地图书销售部门联系调换。

## 前 言

宇宙是如何起源的，又是如何演化、发展、灭亡的？自古以来一直是人类最感兴趣和不断探索的问题。关于宇宙的问题，历史上曾出现过各种神话故事，但作为一门科学，应该建立在严格的理论和实验基础上。宇宙学无论在科学上还是在哲学上都是一个探索中的问题，并没有现成的确切答案，所以科学的态度对认识宇宙尤为重要。

从柏拉图、亚里士多德的地心说，到哥白尼的日心说，从牛顿的万有引力理论到爱因斯坦的广义相对论，人类就是这样一步一步地来认识自然规律的。

人类是从认识太阳、月亮、太阳系中的行星开始认识宇宙的。很长一段时间，宇宙被认为是空间上无边无际、时间上无头无尾的物质的总和。随着科学技术的发展，人类已经观察到宇宙的边缘，这是距地球约 100 多亿光年的类星体。一些天文观测事实和理论研究使人们相信宇宙产生于爆炸的一瞬间，所以宇宙的概念发生了根本的变化。不仅如此，人们还能了解距地球十分遥远的恒星的物理状态。人们的足迹开始涉及其他星球。天文学的研究需要人们认识自然的最新知识，需要最先进的技术，而且天文学永远是人类认识自然的最前沿的科学。但是天文学又是最古老的科学，它几乎是伴随人类同时产生的，现代天体和宇宙所有的新概念都经历了漫长的发展，所以现代天文学是建立在人类不断追求和摸索的基础之上的。

远古时代关于宇宙的神话传说可称为人类认识宇宙的启蒙时期。

CAD 65/61

人类的祖先发展到从事农牧生产的时候，就逐渐意识到日月运行、昼夜交替、寒来暑往这些天象变化与他们的生活有着极为密切的联系。历法的制定就是因为生产的需要。这是人类研究宇宙的第一章，是认识宇宙的开端。与此同时，他们对变化多端又遵循规律的天象赞叹、恐惧、信服和崇敬，于是产生了对控制自然力量的崇拜，从而有了神话和宗教的出现。世界各民族都有它自己的关于开创宇宙的神话，在这些神话中都能找到主宰宇宙各种天象的神。随着生产的发展、社会的变革、科学的不断进步，人类征服自然、支配自然的能力日益增长，人类放弃了宇宙是由神来支配的想法，开始了试图用科学的方法来解释宇宙的尝试……

天文学是自然科学中最基本的科学。天文学虽然是一门最古老的科学，但又永远是最前沿的科学。所有的学科中，天文学与哲学的关系最为密切，两者互相依存、互相促进：一方面，哲学是一门研究世界观的学问，世界观就是宇宙观，它在阐明关于宇宙的最根本观点——宇宙是精神的还是物质的，宇宙是静止的还是运动的时，离不开天文学为之提供的科学证据；另一方面，天文学在研究它的一些重大理论问题时，离不开哲学的指导，要精确地描绘宇宙、宇宙的发展、人类的发展，以及这种发展在人们头脑中的反映，就必须用辩证唯物主义的方法，使我们的理论不偏离科学的轨道。作为一门基础科学，天文学的任何进步都对人类社会有重要的积极意义。

现代天文学的研究还可以启发人们去思考、探索与人类的现在和将来息息相关的各种应用技术。如对太阳发光及能量来源机制的研究，获得了核聚变理论。宇宙中还有更多比聚变能量更高的天体存在，这就向人们提出了存在新的更有效的能源转换规律的可能性。这对地球上深受能源问题困扰的人类，难道不是一个福音吗？目前，天文学给出的更多的是问题，而非答案。如，黑洞真的存在吗？宇宙中除地球以外其他地方有生命吗？有比人类更高级的生命吗？还有新的物质、能量形式存在吗？一旦这些问

题得到解决，必将引起自然科学的重大变革。

我们知道，文化素质教育是大学生素质教育的重要内容之一，提高大学生文化素质不仅是高等学校人才培养的基本要求，同时也是现阶段提高我国高等教育竞争力的迫切需要。素质教育不仅包括人文科学、艺术类的教育，而且包括自然科学技术的方方面面。

对非天文学专业的学生进行天文学的教学，在国外大学比较普遍，国内大学却并不多见，有的学校在自然辩证法的教学加进了天文学的内容，但往往未能反映最新的研究成果，且内容不够系统。

据我们现在所掌握的资料，武汉大学把天文学作为素质教育的内容在国内大学教学中尚属首次。“宇宙新概念”正是武汉大学每学期向全校所有本科生开设的天文学方面的公共选修课。1995年以来，选修过该课程的学生已达6500人以上，是理工类公共选修课中最受欢迎的课程之一。1999年该课程被首批列入武汉大学重点建设课程名录。

本课程的学习，对学生正确理解马克思主义哲学的核心，掌握自然辩证法的本质有极其重要的参考作用。学习这门课程，对提高学生的科学文化素质，提高辨别是非的能力，反对邪教，都有着极为重要的意义。

“宇宙新概念”作为一门公共选修课，总的授课时间为36学时，因此它不可能涉及深奥的数学运算，但对每个概念及其物理意义，需用最简洁易懂的语言加以概括和总结，这样才能做到形象生动。作为一门全校性公共选修课，面对文、理、工、医各年级学生，对其内容的选取必须考虑到授课对象的特点。天文学的范围太广了，我们当然不可能深入地讲解天文学的各个细节，而且这也不符合公共课的目的。我们希望以天体物理为主要内容，系统地介绍天文学的主要概念。20世纪60年代天文学的四大发现改变了人类对宇宙的看法，也有必要介绍这些重要发现。刚刚

闭幕的第 24 届国际数学家大会，请到了科学伟人、天体物理学家史蒂芬·霍金作专题报告，表明了中国政府对天文学的关注和重视。霍金教授被认为是 20 世纪仅次于爱因斯坦的杰出科学家，他关于宇宙起源和演化的理论有必要向学生作一个简单介绍。

不断收集整理天文学研究的最新成果，不断补充和更新教学内容，不断采用先进的教学手段和方法，才能使这门课的教学更生动，效果更显著，从而达到提高大学生文化素质的目的。对复合型人才来说，必须具备广阔的知识面，而不应局限于某个狭窄的专业里。

基于上述原因，我们在试用 7 年的自编教材——《宇宙新概念》、《天文学导论》的基础上，经过进一步修订、补充，编写成一部新的公共选修课教材——《宇宙新概念》公开出版。

在大学生中开设天文学方面的课程，本身就是一件开创性的工作，需多方协作才能不断完善。空间探测技术的发展，人们对宇宙的认识越来越深入，几乎每天都有新的观测结果、新的观点看法问世。网上、报纸杂志上也不乏这方面的最新报道。如何及时收集这些信息，分门别类、归纳总结，并将这些成果融合到教学中去，其工作量是非常巨大的。然而只有做到了这一点，才能真正体现“宇宙新概念”这门课中的“新”字。

编者 1983 年毕业于南京大学天文系天体物理专业，现为武汉大学空间物理专业在职博士，武汉大学电子信息学院副教授，受过天文学方面系统而良好的教育，基础扎实，不仅使这门课取得了良好的教学效果，而且使教材的编写相得益彰。

如果有校内的同事、兄弟院校同仁曾做过这方面的工作，或有兴趣做这项工作，我们不妨多多联系，共同提高。

书中若有不当之处，欢迎批评指正。

编者

2003. 4

## 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....               | 1  |
| § 1.1 天文学研究的对象、方法和意义 ..... | 1  |
| 一、天文学研究的对象 .....           | 1  |
| 二、天文学研究的方法 .....           | 1  |
| 三、天文学三大分支 .....            | 2  |
| 四、天文学研究的意义 .....           | 3  |
| § 1.2 现代天文学的起源及发展简述 .....  | 4  |
| 一、地日说 .....                | 5  |
| 二、日心说 .....                | 8  |
| 三、近代天文学 .....              | 9  |
| 四、现代天文学 .....              | 11 |
| § 1.3 时间和历法 .....          | 13 |
| 一、地平坐标系 .....              | 13 |
| 二、节气 .....                 | 16 |
| 三、时间 .....                 | 18 |
| 四、历法 .....                 | 19 |
| § 1.4 天文学和哲学关系略论 .....     | 21 |
| 一、天文学在哲学进步中的作用 .....       | 21 |
| 二、哲学对天文学的指导作用 .....        | 22 |
| § 1.5 天文望远镜 .....          | 23 |
| 一、天体的辐射 .....              | 24 |
| 二、光学望远镜 .....              | 25 |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 三、光学望远镜发展简史 .....      | 27     |
| 四、射电望远镜 .....          | 30     |
| 五、射电望远镜发展简史 .....      | 31     |
| § 1.6 我国天文研究现状简介 ..... | 33     |
| 思考题 .....              | 34     |
| <br>第二章 太阳系 .....      | <br>35 |
| § 2.1 太阳 .....         | 35     |
| 一、太阳的基本参数 .....        | 36     |
| 二、太阳大气 .....           | 37     |
| 三、太阳的能量来源 .....        | 40     |
| 四、太阳中微子之谜 .....        | 42     |
| § 2.2 地球和月球 .....      | 45     |
| 一、地球的基本参数 .....        | 45     |
| 二、地球大气 .....           | 46     |
| 三、地球的自转、公转和地轴进动 .....  | 47     |
| 四、月球的基本参数 .....        | 47     |
| 五、盈亏现象 .....           | 48     |
| 六、月球的表面状况 .....        | 48     |
| 七、日、月、地天文现象 .....      | 49     |
| 八、日地空间 .....           | 52     |
| § 2.3 太阳系的其他天体 .....   | 56     |
| 一、九大行星 .....           | 56     |
| 二、太阳系的小天体 .....        | 61     |
| 三、冥王星是九大行星之一吗? .....   | 66     |
| § 2.4 太阳系的起源和演化 .....  | 67     |
| 一、太阳系起源的研究简史 .....     | 68     |
| 二、太阳系起源的现代观点 .....     | 71     |
| 三、太阳系的演化 .....         | 72     |

---

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 四、太阳系起源和演化的哲学思想 .....      | 74  |
| 思考题 .....                  | 76  |
| <br>                       |     |
| 第三章 恒星 .....               | 77  |
| § 3.1 恒星参数的测定 .....        | 79  |
| 一、恒星的距离 .....              | 79  |
| 二、恒星的亮度和视星等 .....          | 81  |
| 三、恒星的光度和绝对星等 .....         | 83  |
| 四、恒星的大小、质量和密度 .....        | 84  |
| § 3.2 恒星光谱及其相关性质 .....     | 85  |
| 一、光谱概念的物理基础 .....          | 85  |
| 二、恒星光谱与氢原子谱线 .....         | 87  |
| 三、恒星的光谱、颜色和表面温度之间的关系 ..... | 90  |
| 四、恒星的赫罗图 .....             | 91  |
| § 3.3 变星和新星 .....          | 93  |
| 一、造父变星 .....               | 94  |
| 二、新星和超新星 .....             | 95  |
| § 3.4 恒星集团 .....           | 97  |
| 一、双星 .....                 | 97  |
| 二、聚星 .....                 | 99  |
| 三、星团 .....                 | 99  |
| 四、星协 .....                 | 100 |
| § 3.5 星云和星际物质 .....        | 101 |
| 一、星云 .....                 | 101 |
| 二、星际物质 .....               | 102 |
| § 3.6 恒星的起源和演化 .....       | 103 |
| 一、恒星的内部结构 .....            | 104 |
| 二、恒星的年龄 .....              | 105 |
| 三、引力收缩阶段 .....             | 106 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 四、主星序阶段 .....              | 107 |
| 五、红巨星阶段 .....              | 108 |
| 六、爆发阶段 .....               | 109 |
| 七、临终阶段 .....               | 109 |
| 八、小结 .....                 | 110 |
| § 3.7 恒星起源与演化中的哲学思想 .....  | 114 |
| 一、新陈代谢是恒星演化的基本规律 .....     | 114 |
| 二、吸引与排斥的对立统一是恒星演化的动力 ..... | 116 |
| 三、质量互变是恒星演化的主要规律 .....     | 117 |
| 思考题 .....                  | 118 |
| <b>第四章 星系</b> .....        | 119 |
| § 4.1 银河系 .....            | 121 |
| 一、银河系的结构 .....             | 121 |
| 二、银河系的运动 .....             | 123 |
| 三、星族 .....                 | 123 |
| 四、银河系经典理论与起源学说简介 .....     | 124 |
| § 4.2 河外星系 .....           | 124 |
| 一、河外星系的分类 .....            | 125 |
| 二、星系团 .....                | 127 |
| 三、银河系附近的三个著名星系 .....       | 128 |
| 四、多普勒效应和谱线红移 .....         | 129 |
| § 4.3 正常星系和特殊星系 .....      | 131 |
| 一、正常星系 .....               | 131 |
| 二、特殊星系 .....               | 132 |
| 三、类星体 .....                | 133 |
| 四、哈勃常数 .....               | 136 |
| 五、类星体红移的可能机制和能量来源 .....    | 137 |
| 思考题 .....                  | 140 |

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第五章 特殊天体 .....          | 141 |
| § 5.1 白矮星和黑矮星 .....     | 142 |
| 一、白矮星 .....             | 142 |
| 二、黑矮星 .....             | 143 |
| § 5.2 中子星和脉冲星 .....     | 144 |
| 一、脉冲星 .....             | 144 |
| 二、中子星 .....             | 146 |
| § 5.3 黑洞和白洞 .....       | 149 |
| 一、引力坍缩与黑洞 .....         | 149 |
| 二、黑洞的性质 .....           | 153 |
| 三、寻找黑洞 .....            | 155 |
| 四、天鹅座 X-1 的特征 .....     | 156 |
| 五、白洞和虫眼 .....           | 157 |
| 六、白洞的性质 .....           | 159 |
| 思考题 .....               | 160 |
| 第六章 宇宙论 .....           | 161 |
| § 6.1 两种不同的时空观 .....    | 161 |
| 一、牛顿时空观 .....           | 162 |
| 二、相对论时空观 .....          | 164 |
| § 6.2 3K 宇宙微波背景辐射 ..... | 169 |
| 一、消除不掉的噪声 .....         | 169 |
| 二、宇宙起源的大爆炸理论 .....      | 171 |
| 三、背景辐射的确认 .....         | 176 |
| 四、背景辐射的均匀性 .....        | 178 |
| § 6.3 宇宙的形状和年龄 .....    | 179 |
| 一、宇宙的形状 .....           | 180 |
| 二、宇宙的年龄 .....           | 182 |
| § 6.4 宇宙学的其他模型 .....    | 183 |

---

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 一、稳恒态模型 .....         | 183 |
| 二、疲劳光宇宙论 .....        | 185 |
| 三、阿普天体 .....          | 186 |
| 四、星系和反星系 .....        | 186 |
| 五、收缩的宇宙 .....         | 187 |
| § 6.5 宇宙的暴胀模型 .....   | 188 |
| 一、大爆炸理论的缺陷 .....      | 188 |
| 二、大统一理论 .....         | 189 |
| 三、暴胀宇宙模型 .....        | 191 |
| § 6.6 宇宙中的其他问题 .....  | 193 |
| 一、下落不明的质量 .....       | 194 |
| 二、宇宙中的暗能量 .....       | 197 |
| 三、宇宙线及其起源 .....       | 197 |
| 四、化学元素的产生 .....       | 200 |
| 五、宇宙中的常数 .....        | 203 |
| 六、人类面临的挑战 .....       | 205 |
| § 6.7 霍金宇宙观简介 .....   | 206 |
| 一、奇性定理 .....          | 207 |
| 二、不确定原理 .....         | 209 |
| 三、黑洞不是那么黑了 .....      | 211 |
| 四、时间的形态 .....         | 214 |
| 五、p-膜理论 .....         | 215 |
| 六、虚时间 .....           | 216 |
| 七、全息术在量子引力论中的应用 ..... | 216 |
| 八、从膜到泡泡 .....         | 219 |
| 九、回到从前 .....          | 220 |
| § 6.8 宇宙中的哲学问题 .....  | 223 |
| 一、宇宙起源中的辩证法 .....     | 223 |
| 二、宇宙演化中的辩证法 .....     | 225 |

---

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 思考题.....               | 228 |
| 附录一 常用天文常数.....        | 229 |
| 附录二 88 个星座名称 .....     | 230 |
| 附录三 有关天文学的诺贝尔物理学奖..... | 232 |
| 附录四 关于本书数据的一点说明.....   | 242 |
| 参考文献.....              | 243 |

## 第一章 绪 论

### § 1.1 天文学研究的对象、方法和意义

天文学是自然界最基本的科学。俗话说：上知天文、下知地理。这是对个人知识渊博的一种赞美。

#### 一、天文学研究的对象

早期天文学研究的对象主要是天体，而现代宇宙学则包括观测所及的时间、空间和物质的总和。对某个具体的天体而言，它的位置、分布、运动、结构、物理状态（如温度、压力、体积等）、化学组成和演化规律等都是要研究的内容。天体的结构可分为三个层次，即太阳系、银河系和总星系。这三个层次一个高于一个，太阳系包含在银河系内，总星系又包含了银河系和其他河外星系。

#### 二、天文学研究的方法

由于天体的空间尺度和时间过程、能量形式和能量绝对值等远远超出了地球实验室所能提供的条件，所以天文学的研究方法和手段也应有别于现有其他学科的研究方法和手段。大家知道，对一个宏观物体，如车辆的运动，应用牛顿力学就绰绰有余了；对一个微观客体，如电子、原子的运动，就应该用量子力学的理论来研究；对一个天体，我们称之为宇观问题，如星系的运动，

显然上述牛顿力学和量子力学都失去了意义，而应采用相对论力学。

天文学的研究方法包括经验方法和理论方法两种。前者以尽可能多地获取宇宙信息为依据，后者以从理论上解释上述宇宙信息的含义为目的。单纯的理论分析很难确定宇宙、天体新的本质和特殊的属性，往往要通过观察才能发现这些属性。因此，天文学的理论和模型应当建立在不断地概括总结经验材料的基础上。另外，观测所获得的大量原始资料，只有通过理论分析才能在新的天文学理论中发挥作用。

经验方法又分为两种：

1. 观测方法：主要借助于光学望远镜和射电望远镜来获取宇宙的信息。

2. 实验方法：它是观测手段发展到高级阶段的产物，如人造卫星、登月飞船、航天飞机、空间探测器、太空望远镜、空间站等都是人类用于探测宇宙的实验手段。

理论方法主要是指利用数学、力学、物理学和其他学科的成果，通过理论推理而得到有关天体的科学结论的一种综合分析方法。

### 三、天文学三大分支

天文学大体可分为三个重要分支：天体测量学、天体力学和天体物理学。

1. 天体测量学：研究和测定天体的位置和运动，建立基本参考坐标，确定地面点的坐标，测量时间等。

2. 天体力学：研究天体的力学运动和形状。由于多体问题的力学求解非常困难，所以天体力学主要考虑太阳系的天体运动。例如用摄动理论和数值方法编算天文年历。

3. 天体物理学：应用物理学的技术、原理和理论，研究天体的形态、结构、化学组成、物理状态和演化规律等。它的次级

学科很多,按照所研究的对象可分为太阳物理学、太阳系物理学、恒星物理学、恒星天文学、星系天文学、宇宙学、宇宙化学、X射线天文学、中微子天文学;根据其观测手段又可分为射电天文学、空间天文学和高能天体物理学;从研究方法上又可分为实测天体物理学和理论天体物理学。

本书所涉及的内容基本上属于天体物理学的范畴。

#### 四、天文学研究的意义

作为一门基础自然科学,天文学的任何进步都对人类社会具有重要的积极意义。直到今天,精确的时间和历法仍然是按照太阳系和恒星的运动确定的。上海天文台和陕西天文台的主要工作就是测时:应用测时仪器观测选定的恒星,获得准确的时刻;守时:用守时工具,如天文钟、原子钟等,计量时间;授时:利用无线电波发布时间信号。大家熟知的北京时间就是由陕西天文台发布的。

最近几十年,各种人造卫星和空间探测器频频进入太空,对它们运动轨道的控制离不开天体力学的精密计算。而对太阳物理现象(如黑子、耀斑)的研究将直接影响到地面导航、通信等。

现代天文学的研究还可启发人们去思考、探索与人类的现在和未来息息相关的各种应用技术。如通过对太阳能量来源机制的研究,获得了核聚变理论。尽管人类尚未完全掌握受控核聚变技术,但利用核裂变产生能量的核电站已遍布全球。宇宙中还有很多比核聚变能量更高的产能形式存在于天体中,尽管这些形式至今尚未完全弄清,但这已给人类提出了存在新的更有效能量转换形式的可能性。

而对在校大学生介绍科学的宇宙观和方法论,对提高学生的科学文化素质、提高辨别是非的能力、反对邪教的危害等有着极为重要的意义。

浩瀚的宇宙展现了无比的壮丽,同时也展现了无穷的神秘。