

【知行天下科普丛书宇航系列】

# 宇宙

# 中航行

张邦固 著

YUZHOU ZHONG HANGXING



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

【知行天下科普丛书宇航系列】

# 宇宙

# 中航行

张邦固 著

YUZHOU ZHONG HANGXING



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

## 内容提要

宇宙航行去做什么？宇宙真的在膨胀吗？真发生过宇宙大爆炸？会一直膨胀下去吗？地球是怎样形成的，太阳是怎样形成的，银河系呢？坍缩理论有道理吗？本书科学地讨论上述问题，还讨论了星际航行的燃料、飞船的速度、飞行的时间、飞船的规模等。为方便读者了解，本书对目前探测到的太阳系、银河系、宇宙整体运动等也有介绍，探讨了其中的规律性。本书适合具有高中以上文化水平并对宇宙、对宇宙航行知识感兴趣的读者参考阅读。

责任编辑：祝元志

责任校对：董志英

封面设计：刘伟

责任出版：卢运霞

## 图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙中航行 / 张邦固著. —北京：知识产权出版社，2014.2  
ISBN 978-7-5130-2560-7

I. ①宇… II. ①张… III. ①航天—普及读物 IV. ①V4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 114083 号



## 宇宙中航行

张邦固 著

---

出版发行：知识产权出版社 有限责任公司

社址：北京市海淀区马甸南村1号

邮编：100088

网址：www.ipph.cn

邮箱：bjb@cnipr.com

发行电话：010-82000860 转 8101/8102

传真：010-82005070/82000893

责编电话：010-82000860 转 8513

责编邮箱：13381270293@163.com

印刷：北京中献拓方科技发展有限公司

经销：新华书店、网上书店及相关销售网点

开本：787mm×960mm 1/16

印张：17.75

版次：2014年2月第1版

印次：2014年2月第1次印刷

字数：230千字

定价：38.00元

ISBN 978-7-5130-2560-7

---

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题，本社负责调换。

# 前 言

神舟五号、六号、七号，嫦娥一号、二号、三号……先后上天。探月计划已经启动，宇宙航行事业展开了。

让我们为这人类最伟大的事业增砖添瓦。

1994年，笔者的《恒星起源动力学》出版了。它揭示，不同于基本上忽略了引力的宏观世界，在以引力为主的宇观世界，粒子的速度除了具有与其位置无关的热运动部分之外，还具有由引力带来的与其位置有关的部分。基于这个思想，这本书给出了一个新的动力学方程。在均匀、旋转、膨胀、含吸积心等数种初始条件下，方程的解可以解释相应恒星的起源。解方程过程中自然出现的几个常数与天文观测数据基本相符。

笔者的《宇宙奥秘》于2002年出版，《空间奥秘》2008年由清华大学出版社出版。它们正面地、科学地论述了我们这个正在膨胀的宇宙将来会收缩，叙述了大爆炸的起因，下一次大爆炸发生的必然性和大约的时间……

这些知识以及恒星起源、演化，包括天体运动的基本规律，是了解天体分布的钥匙，也是研究宇宙航行所必备的。

本书用通俗的语言，科学地介绍这些理论，并初步讨论了火箭燃料的几个问题、在太阳系和银河系等几个层次航行可能遇到的困难和可能的解



决办法。

《空间奥秘》2004年出师不利，市场反馈不尽如人意，2008年，清华大学出版社对其进行改版，给予了四号字的“高待遇”并迅速推出，这触发了我继续创作的愿望和激情。我衷心感谢清华大学出版社宋成斌编辑及同仁的支持，也要感谢知识产权出版社对我的新作《宇宙中航行》的青睐。让我们携起手来，宣传科学，普及科学，为提高民族科学素养共同努力。

本书的部分资料取自“百度百科”。作者在此衷心感谢百度网和相关撰稿人。

# 目 录

第一章 观测到的宇宙 .....	1
第一节 太阳系 .....	2
1.1 太阳 .....	3
1.2 行星际物质 .....	3
1.3 内太阳系 .....	4
1.4 中太阳系 .....	7
1.5 外海王星区 .....	9
1.6 邻近的区域 .....	13
第二节 距离的测量 .....	14
2.1 天球面 .....	14
2.2 度量距离的阶梯 .....	15
第三节 银河系 .....	16
3.1 银盘 .....	21
3.2 银心 .....	23
3.3 银晕 .....	24
3.4 周边星系 .....	34
3.5 银河的未来 .....	37



第四节 红移 .....	37
4.1 波动 .....	37
4.2 多普勒效应 .....	40
4.3 特征光谱 .....	40
4.4 吸收光谱 .....	42
第五节 膨胀的宇宙 .....	43
5.1 哈勃关系 .....	43
5.2 大爆炸宇宙假说 .....	44
第六节 宇宙微波背景辐射 .....	44
6.1 黑体辐射 .....	44
6.2 意外的发现 .....	47
6.3 光子平衡态 .....	48
<b>第二章 宇宙过去、现在和未来 .....</b>	<b>50</b>
第一节 大爆炸 .....	50
1.1 标准模型 .....	50
1.2 趋势 .....	52
1.3 奇点起源说 .....	53
1.4 白矮星 中子星和黑洞 .....	54
1.5 空间的平直性 .....	55
1.6 宇宙将会收缩 .....	57
第二节 宇宙收缩 宇宙的“年龄” .....	61
2.1 光子平衡态必然膨胀 .....	61
2.2 宇宙从膨胀到收缩的转折 .....	62
2.3 怎样收缩 .....	63
2.4 收缩极限 .....	64

2.5 宇宙年龄 .....	67
第三节 孤立系统 .....	71
3.1 计算 .....	72
3.2 黑洞 .....	72
3.3 影响 .....	72
第四节 宇宙的熵与宏观世界的不同 .....	73
4.1 力学第二定律 熵增原理 .....	73
4.2 宇观系统的熵 .....	74
4.3 我们宇宙的熵在不断减少 .....	75
第五节 我们宇宙质量中心的方位 .....	75
5.1 观测 .....	76
5.2 方向 .....	77
5.3 距离 .....	77
第六节 大宇宙 .....	78
6.1 大宇宙的图像 .....	78
6.2 星星发光的影响 .....	79
6.3 黑洞的空间 .....	81
6.4 我们宇宙过去的弯曲闭合与现在的平直 .....	84
6.5 空间与物质 .....	85
6.6 大红移天体 .....	85
6.7 对我们宇宙大小的推测 .....	86
6.8 小结 .....	88
第七节 恒星和星系起源 .....	89
7.1 引力不稳定性 .....	89
7.2 相空间 .....	91





7.3	新方程 .....	93
7.4	孤立气团的形成 .....	97
7.5	恒星生成 .....	99
7.6	星系形成 .....	110
<b>第八节 恒星演化 .....</b>		<b>116</b>
8.1	赫罗图 .....	116
8.2	传统模型 .....	118
8.3	恒星的状态 .....	123
8.4	太阳核聚变概率 .....	124
8.5	目前太阳状态 .....	128
8.6	检验 .....	129
8.7	结束主序期的膨胀 .....	131
8.8	变星 .....	136
8.9	推论 .....	139
8.10	一个自由度 .....	143
8.11	大质量恒星 .....	145
8.12	新星 超新星 .....	149
8.13	小质量恒星 .....	150
<b>第三章 不同以往的宇宙航行 .....</b>		<b>153</b>
<b>第一节 动机 .....</b>		<b>153</b>
1.1	好奇 .....	153
1.2	探索 .....	153
1.3	发展 .....	154
1.4	生存 .....	154
<b>第二节 动力 .....</b>		<b>155</b>

2.1 燃料效率	155
2.2 化学燃料	156
2.3 原子核裂变	156
2.4 核聚变	157
2.5 反质子	159
2.6 激光	160
第三节 大飞船小社会	164
<b>第四章 宇宙航行的几个阶段</b>	<b>167</b>
第一节 太阳系内	167
1.1 月球	167
1.2 火星	181
1.3 金星	196
1.4 木卫三	211
1.5 土卫六	216
1.6 冥王星	228
1.7 阋神星	234
1.8 塞德娜	236
1.9 永久性空间站	239
1.10 小结	239
第二节 银河系内	239
2.1 燃料	240
2.2 第一道天堑	240
2.3 宇宙航行方向原则	241
2.4 比邻星	241
第三节 飞出银河系	243



## 宇宙中航行

3.1 出发	243
3.2 距离	243
3.3 速度	244
第四节 向我们宇宙的边缘前进	244
<b>第五章 伟大事业</b>	246
第一节 平安舟	246
第二节 木星	247
2.1 概况	247
2.2 卫星	256
2.3 人类探索	259
第三节 平安之旅	264
3.1 使命	264
3.2 椭圆轨道	265
3.3 环境	266
第四节 未来	267
<b>名词术语</b>	268
<b>后记</b>	271

# 第一章

## 观测到的宇宙

我们先介绍观测到的宇宙。

神州五号、六号和七号，嫦娥一号、二号、三号……先后上天，航天员乘飞船成功绕地球飞行，让人们确信，我们生活的大地只是一个大球的一部分，这个大球就是地球。本书的介绍就从地球所属的太阳系开始。太阳系结构如图 1.01 所示。

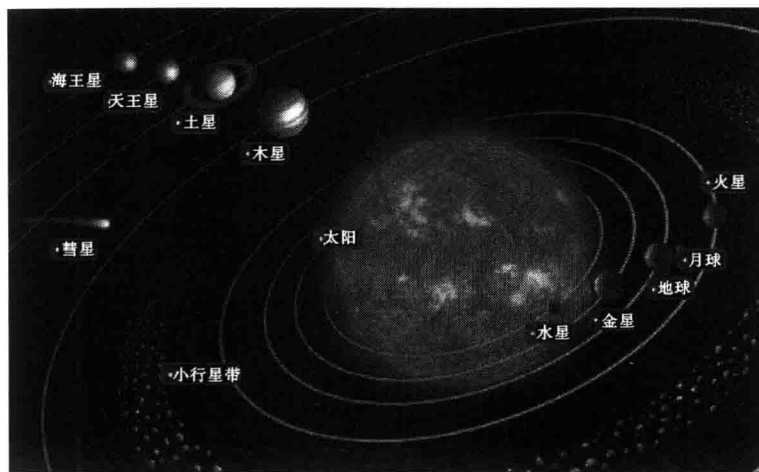


图 1.01 太阳系结构图



## 第一节 太阳系

太阳系（图 1.01）是以太阳为中心、所有受到太阳引力约束的天体的集合体，包括 8 颗行星、至少 165 颗已知的卫星、3 颗已经辨认出来的矮行星和数以亿计的小天体，以及小行星、由许多小岩石组成的小行星带、柯伊伯带的天体、彗星和星际尘埃。在柯伊伯带之外还有黄道离散盘面和太阳圈以及依然处于假说阶段的奥尔特云。

依照到太阳的距离由近及远，行星序是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。8 颗行星中的 6 颗有天然的卫星环绕着。在外侧的行星都有由尘埃和许多小颗粒构成的行星环环绕着，而除了地球，肉眼可见的行星在东方多以“五行”命名，在西方则全都以希腊和罗马神话故事中的神仙命名。三颗矮行星是：冥王星，柯伊伯带内最大的天体之一；谷神星，小行星带内最大的天体；属于黄道离散天体的阋神星。

太阳系的主角是位居中心的太阳，它是一颗光谱分类为 G2V 的主序星，拥有太阳系内已知质量的 99.86%，并以引力主宰着太阳系。木星和土星是太阳系内最大的两颗行星，占了剩余质量的 90% 以上。目前仍属于假说的奥尔特云，还不明确其质量会占有多少百分比。

太阳系内主要天体的轨道都在地球绕太阳公转的轨道平面（黄道）的附近。行星都非常靠近黄道，而彗星和柯伊伯带天体，通常都有比较明显的倾斜角度。

由北方鸟瞰太阳系，所有的行星和绝大部分的其他天体，都以逆时针（右旋）方向绕着太阳公转，但也有例外的，如哈雷彗星。

环绕着太阳运动的天体都遵守开普勒行星运动定律，它们的轨道都是以太阳为焦点的椭圆。这些绕行的天体越靠近太阳时速度越快。行星的轨道接

近圆形，但许多彗星、小行星和柯伊伯带天体的轨道则是高度椭圆的。

在这么辽阔的空间中，有许多方法可以表示太阳系中每个轨道的距离。实际上，距离太阳越远的行星或环带，与前一个天体的距离就会更远，只有少数例外。例如，金星在水星之外约 0.33 天文单位，而土星与木星的距离是 4.3 天文单位，海王星又在天王星之外 10.5 天文单位。天文单位是距离的一个单位，由日地距离定义，约为 1.5 亿千米。

太阳系的结构可以大概地分为以下五部分。

### 1.1 太阳

太阳是太阳系的母星，也是最重要的成员。

太阳在分类上是一颗中等大小的黄矮星，不过这样的名称很容易让人误会，其实在我们的星系中，太阳是相当大且明亮的。恒星是依据其表面温度与亮度来分类的，通常，温度高的恒星也会比较明亮，而遵循这一规律的恒星都会位于所谓的主序带上，太阳就在这个带子的中央。但是，比太阳大且亮的星并不多，而比较暗淡和低温的恒星则很多。

太阳是在宇宙演化后期才诞生的第一星族恒星，它比第二星族的恒星拥有更多的比氢和氦重的元素。比氢和氦重的元素是在恒星的核心形成的，必须经由超新星爆炸才能释放到宇宙空间。换言之，第一代恒星死亡之后宇宙中才有这些重元素。最老的恒星只有少量的元素，后来诞生的才有较多的元素。

### 1.2 行星际物质

除了光，太阳也不断地放射出质子流和电子流，也就是所谓的太阳风。这条微粒子流的时速为 150 万千米，在太阳系内创造出稀薄的大气层（太阳圈），范围至少达到 100 天文单位（日球层顶），也就是我们所认知



的行星际物质层。太阳的黑子周期（11 年）活动和频繁的闪焰、日冕物质抛射在太阳圈内造成的干扰，产生了太空气候。伴随太阳自转而转动的磁场在行星际物质中所产生的太阳圈电流片，是太阳系内最大的结构。

地球的磁场在与太阳风的互动中保护着地球大气层。水星和金星则没有磁场，太阳风使它们的大气逐渐流失到太空中。太阳风和地球磁场交互作用产生的极光，可以在地球的磁极（如南极与北极）附近看见。

宇宙线是来自太阳系外的。太阳圈屏障着太阳系，行星的磁场也为行星自身提供了一些保护。宇宙线在星际物质内的密度和太阳磁场周期的强度变动有关，因此，宇宙线在太阳系内的变动幅度究竟是多大，仍然是未知的。

行星际物质至少在两个盘状区域内聚集成宇宙尘。第一个区域布满了黄道尘云，此区域位于内太阳系，并且是黄道光起因。黄道尘云可能是小行星带内的天体和行星相互撞击所产生的。第二个区域大约伸展在 10 ~ 40 天文单位的范围内，可能是柯伊伯带内的天体在相似的互相撞击下产生的。

### 1.3 内太阳系

内太阳系在传统上是类地行星和小行星带区域的名称。这个区域挤在靠近太阳的范围内，半径比木星与土星之间的距离还短。

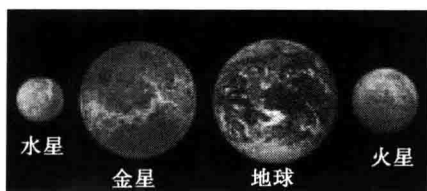


图 1.02 所有的内行星

四颗内行星（图 1.02）或类地行星的特点是密度大、由岩石构成，只有少量卫星或没有卫星，也没有环系统。它们由高熔点的矿物，比如硅酸盐类的矿物，组成表面固体的地壳和半流质的地幔，以及由铁、镍构成的

金属核心所组成。四颗内行星中的三颗（金星、地球和火星）有实质的大气层，都有撞击坑和地质构造的表面特征（地堑和火山等）。内行星这个名称容易和比地球更接近太阳的内侧行星（水星和金星）混淆。行星运行在一个平面，朝着一个方向。

水星是最靠近太阳（0.4 天文单位），也是最小的行星（相当于地球质量的 5.5%）。它没有天然的卫星，仅知的地质特征除了撞击坑外，只有大概是在早期历史与收缩期间产生的皱折山脊。水星，包括被太阳风轰击出的气体原子，只有微不足道的大气。目前尚无法解释相对来说巨大的铁质核心和薄薄的地幔形成原因，目前的假说是巨大的冲击剥离了它的外壳，年轻时期的太阳能抑制了外壳的增长。

金星距太阳 0.7 天文单位，它的体积尺寸与地球相似（相当地球质量的 86%），也和地球一样有厚厚的硅酸盐地幔包围着核心，还有浓厚的大气层，并存在内部地质活动的证据。但是，它的大气密度比地球高 90 倍，且非常干燥，也没有天然的卫星。它是颗炙热的行星，表面的温度超过 400℃，很可能是大气层中有大量的温室气体造成的。没有确凿的证据表明金星的地质活动仍在进行中，但是，没有磁场保护的大气应该会被耗尽，因此有人认为金星的大气经由火山的爆发获得补充。

地球（距太阳 1 天文单位）是内行星中最大且密度最高的，也是唯一地质活动仍在持续进行中并拥有生命的行星，它也拥有类地行星中独一无二的水圈和被观察到的板块结构。地球的大气也与其他行星完全不同，被存活在这儿的生物改造成含有 21% 的自由氧气。地球只有一颗卫星，即月球；月球也是类地行星中唯一的大卫星。地球公转（绕太阳）一圈约 365 天，自转一圈约 1 天。太阳并不是总是直射赤道，因为地球围绕太阳旋转时，其自转轴稍稍有些倾斜。

火星（距太阳 1.5 天文单位）比地球和金星小，只有以二氧化碳为主





的稀薄大气。它的表面有巨大而密集的火山（例如奥林匹斯山），水手号峡谷有深邃的地堑，显示不久前仍有剧烈的地质活动。火星有两颗天然的小卫星，即戴摩斯和福伯斯，它们可能是被捕获的小行星。

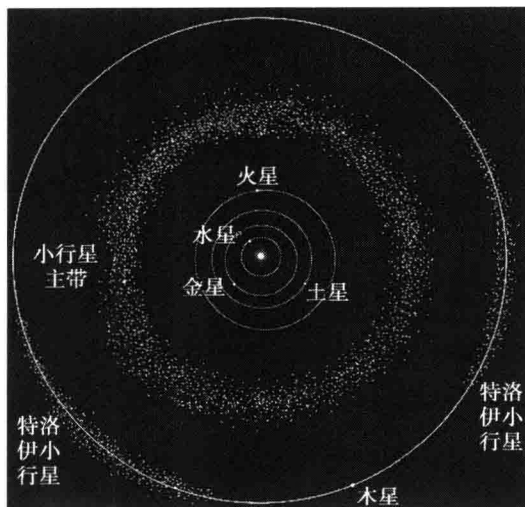


图 1.03 小行星的主带和特洛伊小行星

小行星是太阳系小天体中最主要的成员，主要由岩石和不易挥发的物质组成。

主要的小行星带（图 1.03）位于火星和木星轨道之间，距离太阳 2.3 ~ 3.3 天文单位，它们被认为是在太阳系形成的过程中，受到木星引力扰动而未能聚合的残余物质。

小行星的尺度从大至数百千米、小至微米的都有。除了最大的谷神星，所有的小行星都被归类为太阳系小天体，但是有几颗小行星，像灶神星、健神星，如果能被证实已经达到流体静力平衡的状态，可能会被重分类为矮行星。

小行星带拥有数万颗，可能多达数百万颗，直径在 1 千米以上的小天体。尽管如此，小行星带的总质量仍然不可能达到地球质量的千分之一。小行星主带的成员是稀稀落落散布的，所以至今还没有太空船在穿越时发生意外。

直径在 0.1 毫米至 10 米的小天体称为流星体。

谷神星（距太阳 2.77 天文单位）是主带中最大的天体，也是主带中唯一的矮行星。它的直径接近 1000 千米，因此自身的引力已足以使它成为