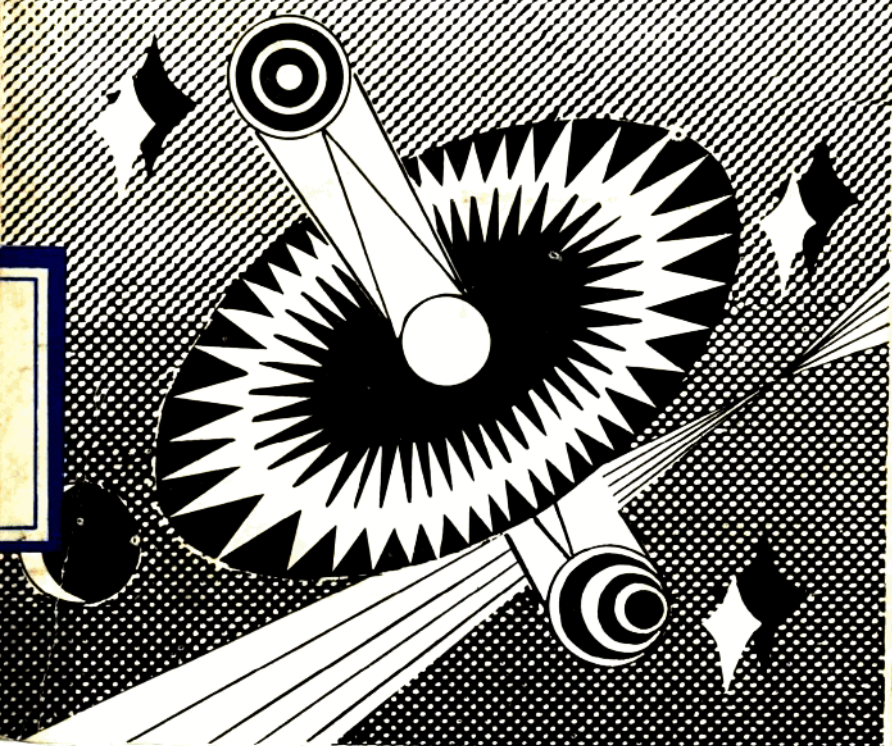


# 大宇宙与小宇宙

张端明 著



# 大宇宙与小宇宙

张端明 著

湖北教育出版社

鄂新登字第02号

大宇宙与小宇宙

张端明 著

湖北教育出版社出版、发行 新华书店湖北发行所经销

湖北教育出版社印刷厂印刷

787×930毫米32开本 6.75印张 2插页 110 000字

1992年1月第1版 1992年1月第1次印刷

印数：1—2 000

ISBN 7—5351—0761—3/0·19

定价：2.10元

# 目 录

- 一、楔子：遂古之初，谁能道之？……………1
- 二、庭院深深深几许，帘幕无重数  
——小宇宙一览……………13
- 三、吾与汗漫期于九垓之下，吾不可以久驻  
——几幅画面……………29
- 四、嫦娥应悔偷灵药，碧海青天夜夜心  
——序曲：月亮问题……………39
- 五、绿衣人似花，燧火来天涯  
——大、小宇宙研究相互促进……………50
- 六、千钧霹雳开新宇  
——果真有过大爆炸吗？……………59
- 七、此曲只应天上有，人间哪得几回闻  
——微波背景辐射的发现……………72
- 八、万物都生于火，亦复归于火  
——标准模型素描……………84
- 九、年年岁岁花相似，岁岁年年人不同  
——标准模型视界问题及其它……………97
- 十、念天地之悠悠，独怆然而涕下

——平坦性问题与中微子静质量 .....	105
十一、金风玉露一相逢，便胜却人间无数	
——反物质问题 .....	120
十二、上穷碧落下黄泉，两处茫茫都不见	
——标准模型中磁单极子问题 .....	133
十三、象喜亦喜，象忧亦忧	
——真空自发破缺简介 .....	145
十四、道始于虚露，虚露生宇宙	
——爆胀宇宙场景 .....	154
十五、火中凤凰，再造青春	
——新爆胀宇宙论一览 .....	165
十六、风休住，蓬舟吹取三山去	
——宇宙学向何处去 .....	177
十七、大千世界，极微胜景	
——大小宇宙谐和的统一图景 .....	189
后记 .....	207

---

## 一、楔子：遂古之初， 谁能道之？

---

大约公元前三百多年，在现在湖南资江县桃花港的地方，江水潺湲，波光粼粼，在东岸的凤凰山腰，金碧辉煌的楚王宫巍然屹立。

楚国的大诗人屈原，峨冠高耸，凝视宫庙两壁绘制的栩栩如生的彩画，面对三皇五帝、先皇贤哲的肖像，山灵水怪、天象山川的神奇胜迹，思绪万千，浮想联翩，不禁朗朗浩吟，发出他震撼千古的“天问”：

——请问：关于远古的开头，谁个能够传授？

那时天地未分，能根据什么来考究？

那时是浑浑沌沌，谁个能够弄清？

有什么回旋浮动，如何可以分明？

无底的黑暗生出光明，这样为的何故？

阴阳二气，渗合而生，它们的来历又在何处？

穹隆的天盖共有九重，是谁动手经营？

……

(原文：“曰：遂古之初，谁能道之？上下未形，

何由考之？冥昭晬暗，谁能极之？冯翼惟像，何以识之？明明暗暗，惟时何为？阴阳三合，何本何化？圜则九重，孰营度之？惟兹何功，孰初作之？”（此处用郭沫若的译文。）

原来，我国的先哲流行一种直观的朴素宇宙观，认为巨大的天穹，宛如半球状的盖子，日月星辰都依附于其上，天球绕着一个固定的极——所谓“天极”不断旋转。“天圆地方”，大地则是四方的，大地的四周，每边耸立着两个天柱，支撑着巨大的天球。

神思驰骋的屈原寻根问底，继续问道：

这天盖的伞把子，

到底插在什么地方？

绳子，究竟拴在什么地方，

来扯着这个帐篷？

八方有八个擎天柱，

指的究竟是什么山？

东南方是海水所在，

擎天柱岂不会完蛋？

二千多年过去了，时至今日，我们品味这些酣畅磅礴的千古绝响，还深深为诗人大胆探索“遂古之初”的难解之谜的批判精神感奋不已！这些铿锵有力的诗句，至今仍激励着我们探求宇宙起源的强烈的欲望。

面对浩渺无际的苍穹，关于宇宙的创生和演化，

我们的先哲百思不得其解，于是多少奇妙的神话应运而生。

关于盘古开天辟地的传说，至今回味起来还是饶有趣味的。你看，“天地浑沌如鸡子（即鸡蛋），盘古生其中。万八千岁，天地开辟。阳清为天，阴浊为地，盘古生其中，一日九变。神于天，圣于地。天日高一丈，地日厚一丈，盘古日长一丈。如此万八千岁，天数极高，地数极深，盘古极长。故天去地九千里。”多么动人的传说。

古代埃及人的“创世记”颇富于人情味。古埃及人认为，世界是由太阳神阿蒙·赖创造的。阿蒙·赖有三个孩子：两个儿子，一个叫舒，另一个叫克布，一个女儿叫努特。克布和努特时常吵闹，舒为了把他们分开，便把努特高高举起，又让克布卧倒。于是，努特化为天，克布变成地，舒则变化为空气。我们的宇宙原来诞生于太阳神的一次家庭纠纷。

古代巴比伦人以史诗的形式，将创世记的神话，记录在七块泥板上。我们从泥板上的楔形文字中，可看到距今已有三千八百余年的古巴比伦人的众神之王马都克开天辟地的故事。海妖基阿玛总是迫害众神，马都克将基阿玛杀死，并且将他的身体撕成两半，一半被掷向上方，变成了天，另一半摔到下方，便化为地和海洋。

宇宙之谜的探索从神话王国迈向科学之邦的道路是漫长而曲折的，可说是步履维艰，踽踽而行。



第一步，就是古人关于宇宙本质的种种天才的臆测。

古印度人曾认为，宇宙是由地、水、火和风构成的。古希腊的伊奥尼亚学派的代表人物泰勒斯（Thales）相信，宇宙的本源是水，大地是球面形状，周围被与海水相连的天穹包围，天体沿着天穹移动。他的两个学生阿那克西曼德和赫拉克利特（Heraclitus）则认为，万物皆源于火。这个学派对宇宙的认识，抛弃了神的束缚，这是十分难能可贵的。

独具慧心的毕达哥拉斯（Pythagoras）大胆提出，数生万物。由数生点，点生面，面生体，再由立体产生感觉和一切物体，产生世界的四种基本元素：水、火、土和空气。他进一步设想，“天盖”是由二十七层绕地球转动的同心“球壳”构成，并推测，“大地”是球形的，大地处于宇宙中央。

“古代最伟大的思想家”（马克思语）亚里士多德（Aristotle）科学地论断，大地确为球形。他还巧妙地设计了著名的九层水晶球天的天球模型。这九层天是宗动天、恒星天、土星天、木星天、火星天、太阳天、金星天、水星天和月亮天。

近代宇宙学的黎明开始于1755年。这年，德国哲学家伊·康德（Immanuel Kant）发表了“宇宙发展史概论”。康德的这本经典名作试图利用牛顿力学解释太阳系，乃至宇宙的起源。康德认为，当初在宇宙中弥漫着由许多微粒构成的星云物质，由于引

力的作用，星云中较大的微粒吸收较小的微粒凝聚成团块，而后继续吸收其它微粒，团块不断增大，最后，其中最大的团块形成了太阳，其它的团块则形成行星。

康德的星云说发表的时候并未引起人们重视。直到法国天文学家拉普拉斯(Laplace)提出太阳系起源的星云说，大家才想起，康德不是有过类似的见解么？

1796年，拉普拉斯在他的“宇宙体系论”的附录七中，详细描绘了太阳演化的图景。

与康德不同的是，拉普拉斯认为，原始星云是炽热的，星云由于冷却而收缩，因而自转加快，惯性离心力随之增大，星云变得扁平。在星云外缘，离心力一旦超过引力便分离出一个圆环。于是在继续冷却的过程中，会分离出许多圆环。由于物质分布的不均匀，圆环便进一步收缩，逐步演化为行星，中间部分则凝缩为太阳。

康德-拉普拉斯的星云说，是建立在星云观测、万有引力以及惯性离心力作用的科学基础上，对于太阳系行星运动的特点作出的统一解释。尽管它对太阳系的演化的勾画还是初步的，但是它的许多合理内核，它的基本构想，依然留存在现代宇宙学(尤其是太阳系演化的学说)中。

在康德-拉普拉斯的星云说影响下，各种天体演化学说相继问世，如近代张伯伦(T. Chamberlain)

和泰斯(J. Teans)的行星起源“灾变说”(某偶然靠近太阳的恒星,把太阳上一部分物质吸出,从而形成一个行星),又如苏联天文学家施米特的俘获说(太阳将星际云俘获,形成星云盘,然后演化为行星),等等,莫不起源于康德-拉普拉斯的星云说。

恩格斯高度评价康德-拉普拉斯的星云说,称许它是“从哥白尼以来天文学取得的最大进步”,在十八世纪僵化的自然观上“打开了第一个缺口”。康德曾经意味深长地说道:“给我物质,我就用它造出一个宇宙来!”这句话正好是星云说体现的唯物主义精神的生动写照。

现代宇宙学的奠基人是爱因斯坦(Einstein)。1917年,爱因斯坦“根据广义相对论对宇宙学所作的考察”,提出人类历史上第一个宇宙学的自洽的统一动力学模型。广义相对论描述了万有引力的规律。爱因斯坦认为,宇宙的演化由引力所支配。

广义相对论最富于魅力的想法是,引力只不过是四维物理空间弯曲程度的表现罢了。所谓物理空间,实际上指时空,即时间和空间的“连续统”。

德国数学家闵可夫斯基(Minkowski)在广义相对论的数学表述工作中,贡献极大。他在1919年召开的第八十届德国自然科学家会议上有一段精辟的论述。他说,在广义相对论中,“时间和空间本身,各自都象影子般消失,只留下时间和空间的一个融合体作为独立不变的客观的实体存在。”用术语表示

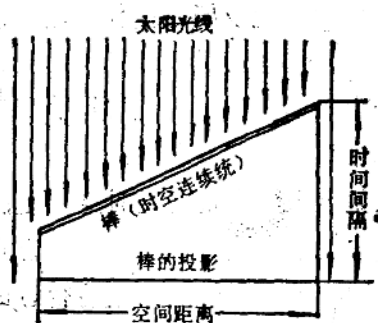


图 1 时空连续统

融合体就是连续统。

照广义相对论看来，质量大的物体，周围引力

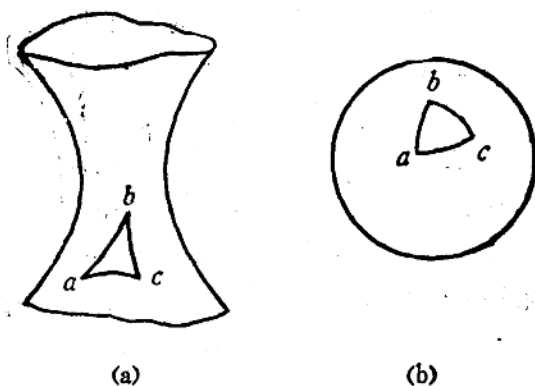


图 2 二维弯曲时空

(a) 图：单叶双曲旋转体，其曲率为负；图中三角形三内角之和小于 $180^\circ$ 。

(b) 图：球面，其曲率为正；图中三角形三内角之和大于 $180^\circ$ 。

场强，实际上相应空间弯曲程度越大，象一个凹下去的“洞”。我们通常说，周围物体受到引力场的吸引，实际上是周围物体慢慢“滑进”凹洞。图2我们用一个二维时空说明这种情况。

什么是宇宙？宇宙就是时空。爱因斯坦这个观念已成为现代宇宙说的基石之一。说到这里，我们不得不为我们的先贤们的深邃的智慧击节叫绝。

公元前三百多年，我国战国时期的尸佼说：“四方上下曰宇，往古来今曰宙”。大体同时的墨翟则说：“宇，弥异所也。”“宇，蒙东西南北。”“久（即宙），弥异时也。”“久，合古今旦暮。”这跟现代宇宙学的定义何其相似也。

爱因斯坦发现，在他给出的宇宙动力学方程中，如果附加两个条件：宇宙空间中物质分布均匀并且各向同性，就容易得到方程的一个“动态解”，或者说动态宇宙模型。实际上，几乎同时提出的德西特（W. de Sitter）模型，也有类似的结果。

苏联科学家弗里德曼（A. Friedman）在1922年根据爱因斯坦方程得到所谓标准解，或称弗里德曼模型。这个模型告诉我们，“宇宙”始原于一个“点”。这个“点”集中宇宙全部质量，其密度当然是无穷大。这种“点”就是数学中的奇点，然后宇宙开始均匀膨胀。

照弗里德曼看来，宇宙的物质总量有一个临界值。如果宇宙物质总量少于临界值，则宇宙的膨胀

会永远持续下去。这种宇宙叫“开放”型宇宙。宇宙中物质若大于此临界值，则物质的引力会足够强，以致造成物理空间很大的弯曲，从而促使膨胀停止。这种类型的宇宙叫“封闭”型宇宙。

照封闭型宇宙的演化规律，膨胀停止后，宇宙会转而收缩，星系团要越来越靠近，以致挤压在一起，最后竟会使分子、原子乃至基本粒子的结构都“破碎”，“夸克”或“亚夸克”都挤在一起（即所谓坍塌），宇宙又回复到超致密状态，甚至于集聚到一个原始奇点。

但是，我们的宇宙到底是“开放的”，还是“封闭的”呢？弗里德曼没有作出肯定的结论。因为，这需要取决于宇宙质量的估算，但这是一件极困难的工作。在后面我们会发现，时至今日，关于宇宙质量，或者说宇宙物质平均密度到底是多少，尚无定论。

动态宇宙模型，尤其是弗里德曼模型的基本要素，实际上今天仍然是现代宇宙学的基本出发点。但是，“天不变，道亦不变”的传统习俗的力量太强大了。在20年代，绝大部分人都笃信我们的宇宙在大范围内不会有什么演化，就是说，应该是“静态”的。

这一回，即使爱因斯坦也未能免俗。他不相信动态宇宙模型的物理图象，更不相信世界会有起点。因此，他对于自己给出的宇宙方程的“解”，无所措手足，难以置信。

怎么办呢？爱因斯坦竟然对他的方程“动起手·术”，无端加上一项，所谓宇宙学项，这一项具有斥力性质，其作用在于与引力平衡，从而“抑制”由于引力起因的宇宙演化。爱因斯坦从这个“修正”的宇宙动力学方程得到一个“静态”解。这个所谓静态模型认为宇宙是无界而有限的，就是说，宇宙是一个弯曲的封闭体，体积有限，但没有边界。

爱因斯坦的静态模型认为宇宙万古如斯，绝不变化，很合乎习俗的看法。但是，什么叫“封闭”？什么叫“有限无界”呢？这些概念对于一般人却是太新奇了。

举一个例子，假设有一种扁平动物生活在二维曲面上，它们只有平面概念，没有三维立体概念。对于这些动物，整个平面是无限而无界的，但平面上的圆就是有限而有界(圆)的了。

我们把这些动物放在二维球面上，对于这些只有二维感觉的小生命来说，球面就是有限但无界的。它们无法找到边界，同时却发现这个“球面宇宙”是“封闭的”。后面这一点，从三维空间来看，是不言而喻了。

照爱因斯坦来看，我们的宇宙在四维空间中，其三维空间的广延是“闭合的”，整个宇宙是有限而无界的。照一个“四维超人”看来，我们这些三维感觉的人的行为，就跟我们眼中的二维动物一样。我们沿着“三维球面”走，也许可以绕行球面多圈，却

无法找到球面的边界。

静态模型没有被实验证实。爱因斯坦的宇宙学项 $\Lambda$ ，从现代天文学资料估算，至多不过 $2 \times 10^{-56}$ 厘米<sup>-2</sup>。实际上，在现代实验精度之内，没有查觉 $\Lambda$ 的任何物理效应。爱因斯坦在生前已经意识到他的错误，他曾经感慨万分，说平白加上一个宇宙学项到宇宙学动力方程上，“这可能是我平生科学工作中所犯的最大错误了！”

话虽如此，但人们不要忘记爱因斯坦是现代宇宙学的奠基人。他给出的宇宙学的动力学方程，实际上制定了宇宙万物运行的法则。然而，传统俗见在他眼前布下的迷雾，使他在探索宇宙奥秘的征途中越起不前了。

坚冰已经打破，现代宇宙学的宫殿的门扉打开了。随着时光的流逝，一个令人难以置信的真理越来越清楚地展现在人们面前：宇宙中种种奥秘，无一不与微观世界——小宇宙息息相关，打开大宇宙迷宫的钥匙竟然隐藏在小宇宙之中。

一门新的学科诞生了，它叫粒子宇宙学。粒子宇宙学研究的领域是大宇宙与小宇宙汇合之处。其宗旨在于，从微观粒子的运动规律，探索宇宙的演化规律，它是现代宇宙学的一个基本方向。宇宙空间为微观粒子的运动提供各种可能的极端物理条件，如极高温、极高压、超高致密、超强磁场等等；也为各种高能物理现象提供了宏伟而理想的实验场



地。另一方面，宇宙的演化，它的早期状况和现状，完全由高能基本粒子的运动规律决定。

时至今日，我们的高能天体物理学家，不仅能凿凿有据地描述“遂古之初”惊心动魄的一幕，而且“创世纪”中分分秒秒的温度、压力、密度等等，都可以娓娓“道之”，人类的洞察力是何等深邃而不可思议啊！

本书主要描述极早期宇宙的壮丽景观。由于涉及的许多问题都是科学家最新的研究成果，大部分尚未定论，所以，我们往往采纳大多数科学家接受的观点。为了避免误会，对于不同意见，也适当予以介绍。

在探索宇宙迷宫之前，让我们先浏览小宇宙的国艳天香。我们总还记得，大宇宙迷宫的钥匙隐藏在小宇宙的茂林芳卉之中。