

 中国科学卫星系列

Dark Matter

寻找暗物质

打开认识宇宙的另一扇门

中国科学院国家空间科学中心
中国科学院紫金山天文台 编著
新华社对外部中国特稿社

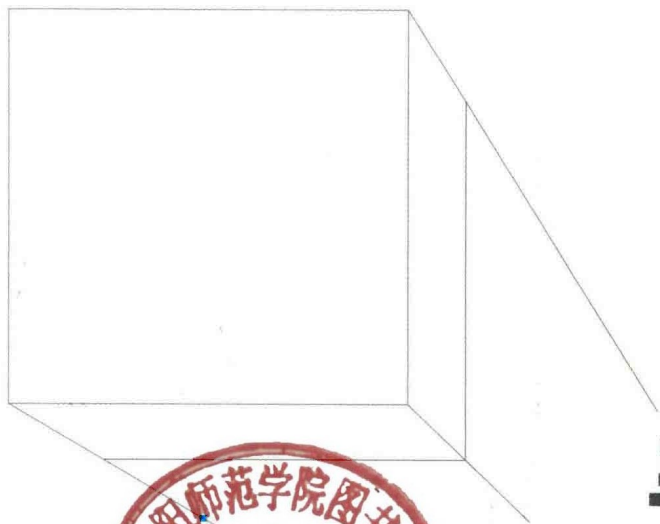
仰望星空，
我们看到的只是宇宙的冰山一角；

为了认识人类所在的世界，
科学家们从未放弃探索；

暗物质的发现，
或将成为21世纪最激动人心的时刻！



科学出版社



寻找 暗物质

打开认识宇宙的另一扇门

中国科学院国家空间科学中心
中国科学院紫金山天文台 编著
新华社对外部中国特稿社



科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

寻找暗物质：打开认识宇宙的另一扇门 / 中国科学院国家空间科学中心，中国科学院紫金山天文台，新华社对外部中国特稿社编著.
—北京：科学出版社，2016

ISBN 978-7-03-049040-7

I. ①寻… II. ①中… ②中… ③新… III. ①暗物质—研究
IV. ①P145.9

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第140527号

责任编辑：侯俊琳 田慧莹 崔慧娴 李橙媛 / 责任校对：蒋 萍
责任印制：张 倩 / 封面设计：有道文化
版式设计：北京美光设计制版有限公司

编辑部电话：010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年7月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2016年7月第一次印刷 印张：6

字数：120 000

定价：38.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)



序 P r e f a c e

“四方上下曰宇，古往今来曰宙”。从古至今，人类对宇宙苍穹、浩瀚星海的思想与探索从未停歇。爱因斯坦曾说过：“未来科学的发展无非是继续向宏观世界和微观世界进军。”而空间科学恰好同时占据了自然科学宏观世界和微观世界的前沿，开展的正是大到宇宙天体、小到极端条件下原子与分子运动规律的探索。

基础研究是科学之本、技术之源。空间科学利用航天器平台在太空中开展科学研究，正是基础研究的重要前沿阵地。空间科学不仅能够探索太空奥秘、拓展人类认知能力、为人类知识体系贡献原始创新，还能够促进空间技术创新、服务国家需求、实现和平利用太空，是提升大国地位的重要战略制高点。

中国科学院空间科学先导专项是我国迄今为止最大规模的科学卫星系列计划，也是我国首次以重大基础科学发现为主要目标的科学卫星系列计划。暗物质粒子探测卫星作为中国科学卫星系列的首发星，意义非凡，它标志着人类在探索宇宙奥秘的进程中又迈出了重要一步。

经过百年，人类对物质世界的认识又一次处在了十字关口，而暗物质是一个非常关键的突破口。暗物质之所以被称为“暗”，是因为我们对它——这个比我们能够看见的物质还要多4倍的神秘物质还知之甚少，目前还只能通过引力作用进行推

算。揭开暗物质之谜将是继日心说、万有引力定律、相对论及量子力学之后，基础科学领域的又一次重大飞跃。

暗物质粒子探测卫星借助其在粒子能谱、粒子分辨能力、粒子到达方向的判别精度上国际领先的探测能力，绘制来自宇宙的及高能的粒子的能谱图和相应的空间分布图，判断是否存在由于暗物质粒子碰撞湮灭后转化成的极高能明物质粒子，并绘制其能谱曲线和判断其主要来自宇宙中哪些方向。通过这些现象，分析判断暗物质在宇宙中的分布甚至对其组成进行分析，从而探索“不可见宇宙”如何影响银河系和宇宙的去、现在和未来，了解宇宙的起源和结构。

除暗物质卫星外，空间科学先导专项中首批立项和研制的卫星还包括：“实践十号”返回式科学实验卫星、量子科学实验卫星和硬X射线望远镜卫星。此外，我们为未来5到10年的空间科学卫星也做好了准备，计划在未来5年再研制并发射5颗新的科学卫星，实现空间科学卫星系列的稳定可持续发展，实现中国空间科技创新能力从“跟踪”为主向“并行”和“领跑”转变，让中国人对人类的知识创新做出重要贡献。

吴 季

2016年5月



前言 F o r w a r d

2015年11月的一天,我接到中国科学院国家空间科学中心综合办公室的电话,问我能否为即将发射的暗物质粒子探测卫星写一本科普小书,我感到很兴奋。中国科学院空间科学先导专项是中国真正以科学为目标的空间探索计划,而暗物质粒子探测卫星是空间科学先导专项的首发星,又是去寻找神秘莫测的暗物质,我为有如此重要意义的太空探索而着迷,就爽快地答应了。

我所供职的新华社对外部中国特稿社主要从事深度报道,历史上非常重视科学报道,曾经为*Science*等国际顶级专业期刊供稿。很可惜,因为种种原因,这一业务中断了许多年。我本人刚刚工作时,曾经做过一段时间科技记者,一直对科技新闻很有感情,从2015年开始回归专攻科技报道。我觉得编写这本科普小册子对于中国特稿社的报道业务会很有好处,我们可以做更深入的采访,积累更丰富翔实的新闻报道素材。

为了给本书以及我们的新闻报道积累更多的素材,我在卫星发射前半个月就到了酒泉发射基地。我的首要采访对象就是暗物质卫星首席科学家常进。试着找了几次常首席,他很客气地说欢迎,但就是没有答应接受采访。我很理解,科学家在那种情况下一定满脑子想的都是怎样保证卫星发射成功,没有时间和心情接受采访。但后来常首席得知我们还承担了科普书的编

写任务，而且遇到了很大困难，就立即把自己写的文章发给我，并答应给我作科普。

我看到了科学家的为人。常首席为暗物质卫星所付出的已经远远超过科学家的职责。他并不怎么谈自己，我当时虽然没有听到我想要的故事，却从幽默、低调的首席身上学到了很多：执着追求，实在做事。

本书主要包含四个方面的内容：第一部分介绍中国和西方的宇宙观发展历程，牛顿、爱因斯坦、哈勃等如何逐渐改变人们对宇宙的认识，直至人们意识到宇宙中还存在看不见的暗物质；第二部分主要讲述人类的航天发展史以及为何要到太空中去开展科学探测和研究；第三部分重在科普，包括暗物质是怎么回事、科学家对暗物质已经有了哪些认识、探测暗物质的几种方法、中国暗物质粒子探测卫星的情况。在暗物质粒子探测卫星成功发射后，我们又增加了关于暗物质卫星“悟空”名字的由来、发射现场特写以及暗物质卫星科学家的故事等内容。

我们为能够见证和记录中国科学家在暗物质探索方面所做的创新和努力而感到幸运，也衷心祝愿中国的科学家们能早日解开这一宇宙巨大谜团，为人类贡献中国的智慧。

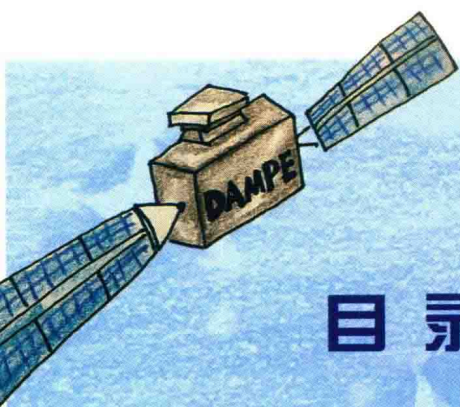
在此，特别感谢中国科学院国家空间科学中心对我们的信任；感谢吴季主任对本书的指导；感谢范全林主任的鼓励，在我想打退堂鼓的时候依然相信我们能做到；感谢美丽又心细的李橙媛精心编辑；感谢常首席以及他带领的紫金山天文台科学应

用团队的帮助和鼓励；感谢中国航天科技集团八院“长征二号丁”运载火箭团队，是他们将“悟空”安全精准地送到预定轨道，也是由于“长征二号丁”总指挥谈学军，我得以在卫星被盖上整流罩前，亲眼看到了卫星；感谢新华社对外部的领导特批我到酒泉基地进行长达半个月的采访；感谢对外部副主任韩松老师在卫星发射当天亲临现场指导，并执笔写出既生动又立意高远的现场特写；感谢中国特稿社领导和同事的支持，能让我们在繁忙的新闻报道中抽出时间来编写此书；感谢编写团队小伙伴们的辛勤付出，我们合作十分愉快。

由于作者并非物理或天文专业人士，书中难免存在疏漏和错误，敬请读者批评指正。

喻 菲

2016年5月



目录 Contents

序	i
前言	iii

01

人类如何认识宇宙?

悠久的天文观测	2
从地心说到日心说	4
原来宇宙是膨胀的!	6
暗物质的故事开始了……	10

02

人类怎样进入太空?

从万户到齐奥尔科夫斯基们	17
德国火箭和美苏太空竞赛	20
中国人的太空梦	22
在太空开展科学探测和研究	24

03

到太空寻找暗物质!

暗物质是一种怎样神奇的存在?	26
为什么寻找暗物质这么重要?	31
条条大路通罗马: 暗物质探测的三种方法	35
中国为何要发射暗物质卫星?	42

04

暗物质粒子探测卫星

首席科学家详解暗物质粒子探测卫星	46
有关暗物质粒子探测卫星的N个明白事实	53
面对面·对话首席科学家	60
追捕暗物质的“刀客”	70

05

5 4 3 2 1, 点火!

大家给我起名叫“悟空”	78
暗物质卫星升空记	81
参考文献	86

01 人类如何认识宇宙？

文明的曙光刚刚开始显现。我们的祖先坐在篝火旁，仰望满天星斗。相比今天总是盯着手机或电脑的我们，古人更接近宇宙。日月星辰的运转提示他们何时播下种子、何时收获果实……从那时起，他们就开始从繁星间寻找意义。

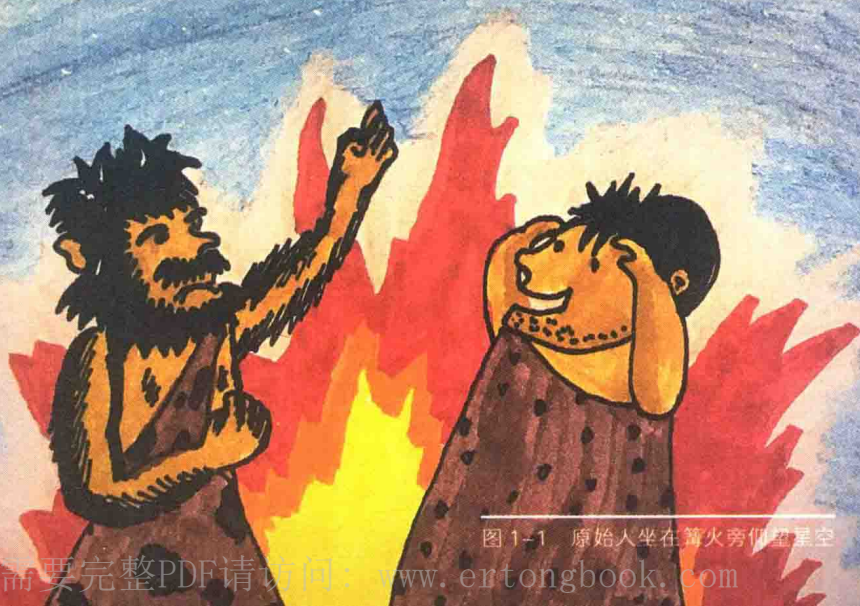
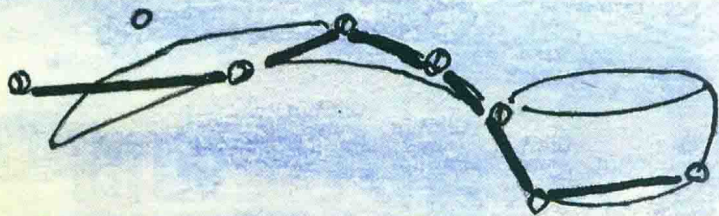


图 1-1 原始人坐在篝火旁仰望星空



悠久的天文观测

作为世界上天文学发展最早的国家之一，中国在四千多年前就有文字星象记载。先民们通过对日月等天象的观察来确定时间、方向和历法。

中国传统天象观测多应用于农业。从事农艺耕种、繁殖牲畜等，需要人们掌握季节的更替。先民通过长期观察动物蛰伏、候鸟迁徙、植物枯荣等，发现了季节变化的规律。

在注意到天象与昼夜、寒暑、四季等密切关系的基础上，先民们产生了“天人感应”的观念，认为天象可以预测个人的吉凶祸福或事件的成败。古代统治者都自认为是天子，受天命而君临天下。他们希望能够通过天象观测而预知自己和国家的命运。

中国人留下了世界上最早的关于太阳黑子、彗星、日食、客星（新星或超新星）的记录。尽管以现代科技来看，这些记录并不够精确，但在几百年甚至上千年前已是难得，其中一些在今天仍具有研究价值。

公元前28年（西汉成帝河平元年），中国就有了关于太阳黑子的记录，而欧洲直到公元807年才有最早的黑子记事。世界上关于哈雷彗星的最早记录见于《春秋》：“鲁文公十四年（注：公元前613年）秋七月，有星孛于北斗。”后来，《史记·六国表》中又记载道：“秦厉共公十年（注：公元前467年）彗星见。”这



是人类对哈雷彗星回归最早的两次观测记录。而一般认为，西方直到公元66年才出现关于哈雷彗星的记载。从公元前240年到公元1910年，中国有超过500次有关彗星的记录，其中哈雷彗星的28次回归均得到详细记载，还首次指出彗星彗尾总是背向太阳。

在中国殷代甲骨文中，就已有新星的记载，堪称世界上最早的新星记录。从殷代至公元1700年，中国记录了约90颗新星和超新星，其中最引人注意的要算宋仁宗至和元年（公元1054年）位于金牛星座附近的超新星爆发。这颗超新星爆发被确认为是“蟹状星云”的前身。

随着天象观测资料的积累和思维的发展，中国人开始思考天地是怎样形成的？又是由什么组成的？天地会不断演变还是亘古不变？宇宙是有限还是无穷……

战国时期的尸佼曾说：“四方上下曰宇，往古来今曰宙。”（《尸子》）这就是说，东南西北上下为“宇”，过去、现在和将来为“宙”。与尸佼同期出现的《墨经》的见解则更进一步：“宇，弥异所也；久，弥异时也。”它认为，“宇”包括所有不同的场所，“宙”包括所有不同的时代。这其实就包含了无限时空的初步认识。

唐代的柳宗元在《天对》中对空间无限性问题做了更加精辟的论述：“无青无黄，无赤无黑，无中无旁，乌际乎天则？”在他看来，天没有所谓的中心。到了元明时期，出现了无穷的天体系统的观念，将人们对宇宙无限性的认识进一步提升。

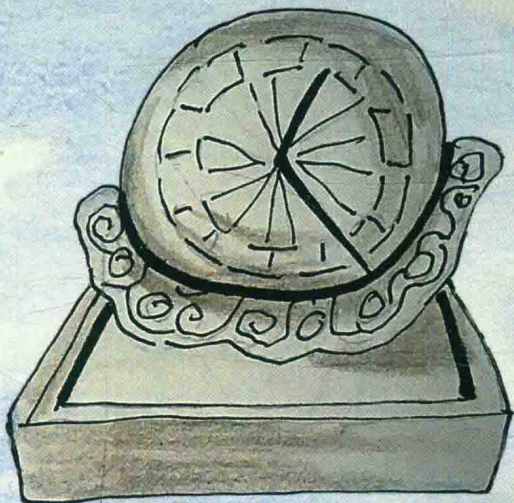


图 1-2b 我国古人观象发明了日晷



图 1-2a 我国古人观象发明了浑天仪

从地心说到日心说

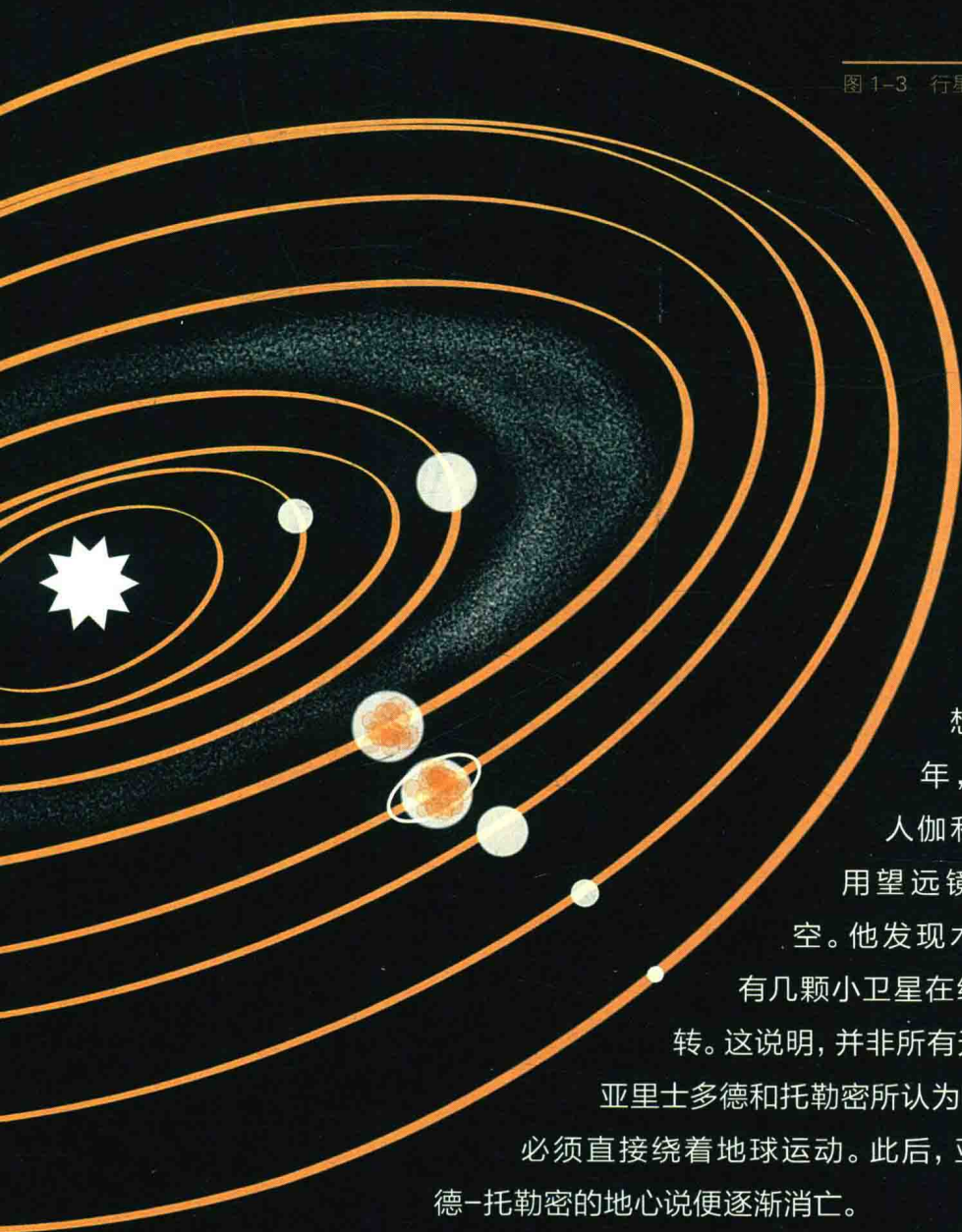
古希腊人发现，发生月食时，地球投射到月球上的影子始终是圆的，而且，在南方看到的北极星出现在天空的位置比在北方看到的位置低。根据这两个证据，亚里士多德在公元前340年证明地球是一个圆球。亚里士多德深信，地球位于宇宙的中心。

公元2世纪，古希腊天文学家托勒密形成了一种完整的宇宙模型。他认为地球位于中心，周围有八大天球，分别承载了月球、太阳、恒星以及当时所知的五颗行星。基督教教会接纳了托勒密的模型，因为它与《圣经》的记载相符。

然而，波兰教士哥白尼在1514年提出了一种更为简单的模型，他认为太阳位于中心且静止不动，地球和其他行星都绕着太阳在圆轨道上运动。

过了差不多一个世纪后，人们才开始接受哥白

图 1-3 行星绕着太阳转



尼的思想。1609年，意大利人伽利略开始用望远镜观测夜空。他发现木星周围有几颗小卫星在绕着木星转。这说明，并非所有天体都如亚里士多德和托勒密所认为的那样，必须直接绕着地球运动。此后，亚里士多德-托勒密的地心说便逐渐消亡。

与伽利略同时期的德国天文学家开普勒对哥白尼的理论作了修正，他计算出行星运动的轨道不是圆形的而是椭圆的。他对行星运动的研究已显现出万有引力定律的雏形。

图 1-4 它砸到了牛顿的脑袋？



原来宇宙是膨胀的！

牛顿与万有引力

有关苹果砸到牛顿头上而使他发现万有引力的故事并不可信，另一个更为靠谱的故事是这样的：

1684年8月，英国天文学家哈雷因为想找到行星为何沿椭圆形轨道运转的答案，到剑桥拜访有着非凡才能和古怪性格的数学教授牛顿。哈雷问牛顿，如果太阳的引力与行星离太阳距离的平方成反比，那么行星运行的曲线会是什么样？

牛顿立即回答，会是一个椭圆。哈雷既高兴又惊讶，问他怎么知道的。牛顿说：“我计算过。”哈雷要他的计算材料。牛顿找了一会儿，却没有。这就如同今天有人说他已经找到治愈癌症的

方法，却想不起处方放在哪儿。

牛顿答应哈雷再算一遍，并写一篇论文。他依照诺言做了。有两年时间，他关起门来，涂涂画画，精心思考，最后拿出了他的杰作：《自然哲学的数学原理》。这本书的问世让牛顿闻名遐迩。

《自然哲学的数学原理》被认为是“最难看懂的书之一”，但对于看得懂的人来说，这本书是一盏明灯。《自然哲学的数学原理》的核心是牛顿三大运动定律以及万有引力定律。它从数学的角度解释了天体的轨道，而且指出了天体运行的引力——万有引力。宇宙里的每个物体都在吸引其他的物体。当你坐在那里，你就在用自己小小的引力场吸引周围的一切物体：墙壁、天花板、灯、小猫……同样，这些东西也在吸引着你。

忽然之间，宇宙里的许多事情都能得到解释了：行星如何运转；大海里为何潮水涌动；为什么炮弹沿着特定弹道飞行；为什么我们脚下的地球在以每小时几百公里的速度旋转，而我们却没有被甩进太空……

爱因斯坦与相对论

19世纪即将结束时，整个世界回荡着科学家们发明创造出的各种机器所发出的叮叮咣咣的声响。科学家们已经提出很多非常重要且神气的普遍定律。许多人认为，包括电学、磁学、气体学、光学、声学、动力学等在内的物理学大部分谜团已被解开，科学家们已经没多少事情可做了。

实际上，世界很快进入了一个科学的新世纪，科学从宏观物理学向微观物理学转变，量子时代的大门开启了。科学家发现了粒子和反粒子的汪洋大海，一切都是那么古怪，东西瞬间