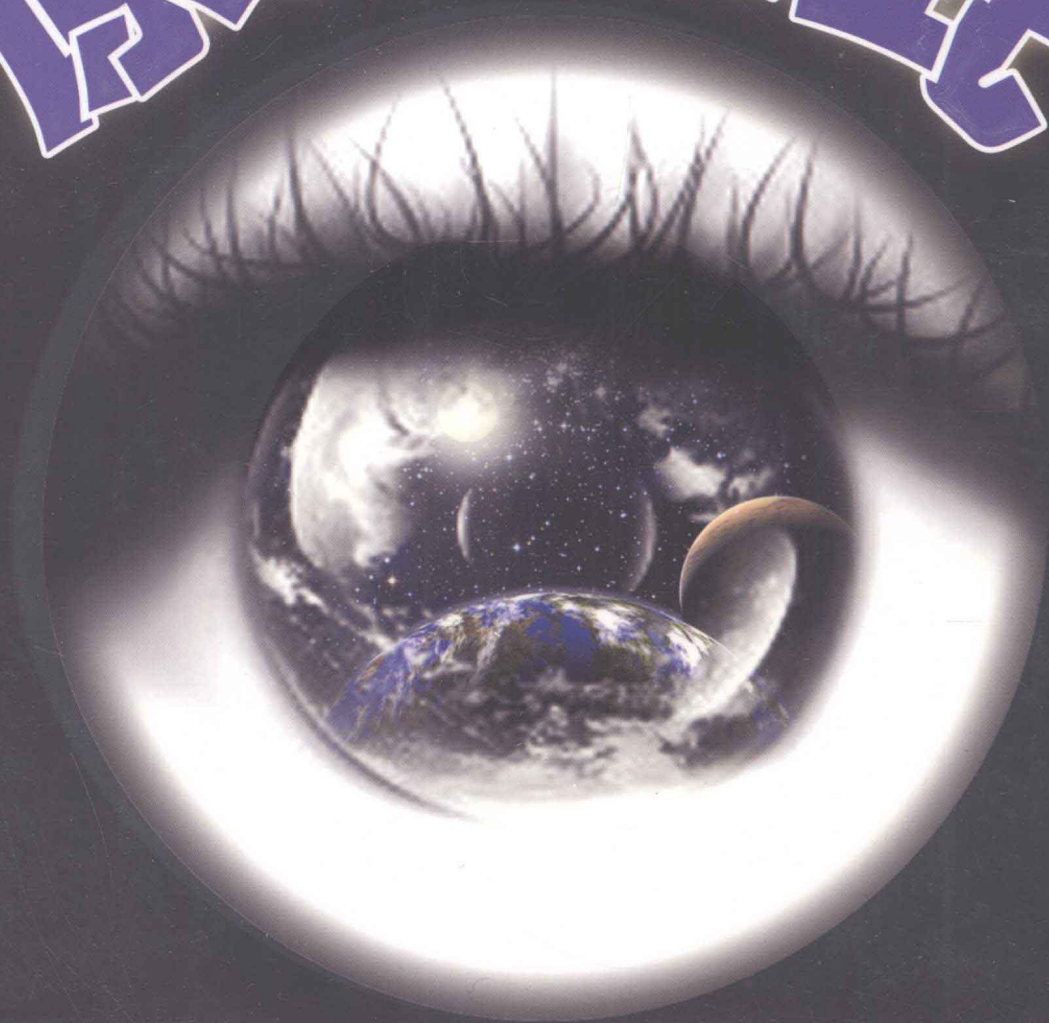


科学

原来如此



无限寥廓的 宇宙

主编 赵君亮

上海科学技术文献出版社

科学 原来如此

主编 赵君亮
无限寥廓的宇宙



上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

无限寥廓的宇宙 / 赵君亮主编. — 上海: 上海科学技术文献出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 5439 - 4683 - 5

I. ①无… II. ①赵… III. ①宇宙 - 普及读物 IV. ①P159 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 263403 号

本书出版得到上海科普创作出版专项资金的资助

责任编辑: 张 树

封面设计: 周 婧

科学原来如此丛书

无限寥廓的宇宙

主 编 赵君亮

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

制 版: 南京理工排版校对有限公司

印 刷: 常熟市华顺印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 15.25

字 数: 304 000

版 次: 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 11 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5439 - 4683 - 5

定 价: 30.00 元

[http: //www. sstlp. com](http://www.sstlp.com)

《科学原来如此》丛书编写工作委员会

顾 问:叶叔华

主 任:陈积芳

副主任:缪其浩 杨秉辉

编 委:甘德福 严玲璋 陈皆重 李正兴

张 树 周 戟 赵 炬 赵君亮

施新泉 钱平雷 奚同庚 高海峰

秦惠婷 黄民生 熊思东

(以姓氏笔画为顺)

《科学原来如此》丛书编辑工作委员会

主 任:赵 炬

副主任:张 树 李正兴

编 委:陈云珍 李 莺 钱晓文

《科学原来如此·无限寥廓的宇宙》分册编委会

主 编:赵君亮

编 委:王家骥 陈 力 林 清 赵君亮 傅承启

(以姓氏笔画为顺)



前言

“宇宙之大，无奇不有”。自古以来，日月星辰和它们所表现出的种种奇异天象一直吸引着人们的注意，并由此诞生了许多神话故事和美丽的诗篇，而天文学便是由人类对宇宙中天体的这种好奇心和探索精神孕育、发展起来的。日月食的发生有什么规律，如何准确预报？陨星和拖着长尾巴的彗星是否会对地球和人类造成严重威胁？太阳是怎样诞生的，有朝一日它会爆炸吗？超新星爆发是怎么一回事，从中我们能学到些什么？外星人能否存在，存在于何处，他们会不会比人更聪明，我们能和他们取得联系吗？宇宙是如何形成和演化的，它在未来又会有什么样的归宿？等等这类引人入胜的问题便构成了天文学的研究方向，它们有的已经解决或者基本上得以解决，有的并没有完全弄清楚或者还很不清楚，而对有些问题的研究还只是刚刚开始。正因为如此，类星体、黑洞、引力波、暗物质、暗能量等等新名词不断涌现，并日益为广大公众所熟知，以至引用。

本书编写的目的是要向读者概要而又比较全面地介绍近代天文学的一些主要内容。天文学是一门自然科学，它有着极为漫长的发展史和丰富的内涵。今天，天文学已经与物理学、数学、化学、地球科学、生物学以及高新技术紧密地联系在一起，这给通俗易懂地编写本书带来了一定的困难。另一方面，探索宇宙无疑是一门非常有趣的学问，重大天象（如日全食、彗木相撞等）的出现往往会引起全人类的兴趣和关注，而空间时代的到来更使天文学从纯粹的观测科学逐步向实验科学发展，这就为本书注入了大量日新月异的内容，从而对作者提出了更高的要求。

为了使读者能由浅入深、由近及远地取得对天文学一些重要问题的认识，本书内容的编排原则是，从人类所居住的地球出发，依次涉及月球、行星、彗星、小行星、流星、卫星、太阳、恒星、银河系、星系和宇宙，其间插入一些重要的相关知识、历史掌故、最新成就和公众普遍感兴趣的问题。尽管参与本书编写的几位作者有着比较丰富的科普创作经历，要想在“原来如此”的框架下，把天文学的基础知识、历史沿革、重大发现、天文学家的主要贡献，以及通过空间探测所取得的最新成果，以尽可能通俗的语言向读者逐一介绍是颇为不易的。天文学的内容太丰富了，本书自然不可

能囊括其全部要点。我们谨希望在阅读本书之后,读者能窥一斑而略知全豹,他们的一些疑难和关心的问题能得以释然,或者能为他们进一步了解天文学打下一定的基础。如果有一部分读者,特别是年轻读者,因阅读本书而成为天文爱好者,以至于立志将来从事天文学工作,那不啻是我们之奢望了。

赵君亮

2005年4月



目 录

地球形状及其圈层结构	001
地球上一天长度的变化	003
人的重量因地而变	005
投票决定地球上的经度起算点	007
如果地球自转轴与地球公转轨道面垂直	009
地球发展史的撞击灾变说	012
月球的诞生	014
月球上的山和海	016
月球的背面和“腹”中秘密	018
说“月”种种	020
潮起潮落跟着月亮走	022
日食、月食的发生规律	024
三角学和星星的距离	026
“天界列国”——星座	028
北极星的变迁	030
今古黄道十二宫	032
中国古代的三垣二十八宿	034
真太阳时和平太阳时	036
多出的一秒——闰秒	038
农历难有“闰春节”	040
年的长度和缺失的十天	042
游荡和会打圈的星星	044
开普勒从 8' 之差发现行星运动三定律	046
太阳系天体的运动规律	048
地内行星的凌日现象	050
年轻人用笔和纸发现海王星	052
冥王星的风波	054



搜索第十大行星	056
科学家的私心和土星环的发现	058
太阳系内形态各异的行星环	060
太阳系中的卫星世界	062
寻找“丢失”的行星	064
小行星的起源	066
哈雷与哈雷彗星	068
彗木相撞及其思考	070
彗星的结构和起源	073
流星雨的魅力	075
太阳和太阳系的形成	077
沸腾的太阳表面	079
人造日食观日冕	081
破解七色阳光中隐藏的秘密	083
戴上“有色眼镜”看太阳	085
太阳光和热的来源	087
太阳内部结构的理论推断	089
寻找失踪的太阳中微子	091
倾听太阳的脉搏	093
太阳活动的 11 年周期	095
太阳的 X 光照片	097
日地关系和太空气候	099
太阳的死亡和白矮星	101
太阳的复杂空间运动	104
难以觉察的恒星高速运动	106
从恒星颜色知其表面温度	108
恒星“双胞胎”和“多胞胎”	110
给远方的恒星“称重”	112
绚丽多姿的梅西叶天体	114
美丽的星云世界	116
星际空间中的有机分子	118
分子云和恒星的形成	120



流产的恒星	122
恒星演化的活化石——星团	124
不同质量恒星的命运	126
蟹状星云与超新星爆发	128
形形色色的黑洞	130
化学元素的制造厂	132
变星的真相	134
量天尺——造父变星	136
天体距离测定与宇宙距离尺度	138
银河不同于银河系	140
银河系的复杂空间结构	143
天体博览馆——银心	145
从麦哲伦开始的天文发现	147
仙女星云本质之争	149
星系的哈勃分类	151
星系之间的超级碰撞	153
星系团和超星系团	155
黑幕下的暗物质	157
活动星系和类星体	159
比核能效率更高的能源	161
量天的超新星	163
神秘的宇宙暗能量	165
γ 射线暴的真面目	167
奥伯斯佯谬	169
“白痴”的问题	171
宇宙学的古往今来	173
爱因斯坦放出的妖魔	175
贝尔博士的小绿人	177
宇宙,在“砰”声中诞生	179
宇宙的暴涨	181
大爆炸的余辉	183
划破宇宙黑暗的第一缕星光	185



引力,最后的赢家	187
探测引力波的望远镜	189
引力波与脉冲双星	191
宇宙的归宿	193
宇宙的年龄	195
宇宙灯塔	197
诞生高等智慧生命的苛刻条件	199
UFO 现象与外星人风马牛不相及	202
识别外星人智能的方法	204
在家搜寻地外文明	206
从宇宙电波中“大海捞针”	208
两种不同的生命起源学说	210
恒星和银河系的宜居带	212
寻找生命的空间计划	214
搜索太阳系外行星的方法	216
接收无线电波的射电望远镜	218
望远镜越做越大越好	220
到地球外去做科学实验	222
天文学的新时代	224
未来的空间天文望远镜	226
月球天文台	228
月球上的天象景观	230





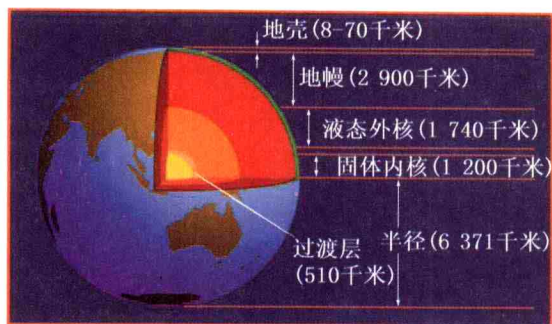
地球形状及其圈层结构

提出地球是球形这一概念最早可追溯至公元前五六世纪。不过,当时希腊毕达哥拉斯学派的哲学家们只是从球形最为完美这一观念出发而产生这种看法的,并没有科学根据。五百多年后,亚里士多德注意到月食时月球上地球的影子是一个圆,首次以科学的观点论证了地球是一个球体。

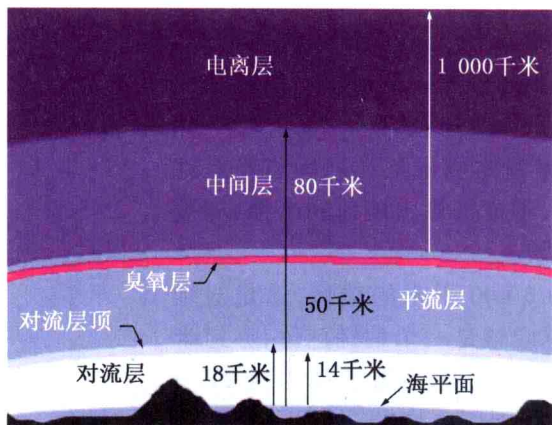
人们早就试图通过实测的方法来确定地球的大小。公元前3世纪,古希腊地理学家埃拉托斯特尼成功地用三角测量方法测得了阿斯旺和亚历山大城之间的子午线长度。中国唐朝开元十二年起,在著名天文学家、佛学家张遂(即一行)的指导下,由南宫说率领的测量队在河南省平原地区进行了类似的工作。从这类测量的结果,不难推算出地球的半径,即地球的大小。

通常我们可以说地球是一个半径约为6400千米的球体,这是对地球形状最粗略的描述。比较严格地说,地球应该是一个扁椭球体,赤道半径约为6378千米,两极方向略微扁一些,极半径比赤道半径约短21千米。地球的这种形状是由地球诞生初期的状态所决定的,其中一个重要因素是地球有自转。一个有自转的物体,只要它不是理想的刚体,那么经过或长或短的一段时间后,最终必然形成扁椭球体。说得更严格一点,地球的赤道也是一个椭圆,这样地球就是一个三轴椭球体。不仅如此,精确的大地测量表明,地球的南北半球并不是对称的,南极向外凸出约10米,北极向内凹进约30米。正因为如此,有人说地球具有梨状的外形,这个“梨子”的端部就在地球的北极。

固体地球大体上可以分为地壳、地幔和地核三部分,其间有两个间断面。位于地表以下平均约30多千米处的是莫霍洛维奇间断面,简称莫霍面。在地表以下约2900千米处的是谷登堡—维舍特间断面。莫霍面以上是地壳,其厚度在大陆部分为数十千米,在大洋底部只有几千米,岩石的成分有花岗岩等。莫霍面和谷登堡—维舍特间断面之间的是地幔。地幔的厚度约有2800千米,根据所含矿物成分的不同又可分为上地幔和下地幔,其中深度1000千米以上部分为上地幔,以下部分为下地幔。地幔物质的主要成分可能与橄榄岩相类似。地核的半径约为3480千米,其中外核是一种液态圈层,厚度为2200千米,而固态内核的半径约为



地球内部结构示意图



地球大气

1 280 千米。地核主要由铁和镍等金属物质构成。迄今为止,有关几千米以下的地球深层结构,都是通过对地震波传播规律的研究间接推测出来的。

地球除了海洋以及固体部分以外,周围还有一层厚厚的空气,称为大气层。地球表面附近的空气密度比较高,离开地面越远空气的密度越低,通常所说的标准大气压就是指海平面附近空气的压强。严格来说,大气层没有明确的边界,不过一般认为大气层的厚度约为 1 000 千米左右。大气层下部的 8~18 千米高度带称为对流层,具体情况随纬度、季节以及其他一些条件而异。总体上说,赤道地区对流层最厚,两极上空对流层最薄。在对流层中,大气对流运动显著,温度随高度的增加而迅速下降。对流层以上到约 50 千米高度处是平流层,大气主要是平流运动。在平流层中,大气的温度变化不大,随高度的增加只是略微上升,故又称同温层。

臭氧层位于平流层的顶部。离地面 50~85 千米的一层称为中间层,温度随高度的增加而下降,最高处降为 -80℃。再往上就是电离层,电离层是以上诸层中最厚的一层。从温度变化来说,85 千米以上称为热层,温度随高度的增加而上升,最高处(高度 500 千米)可达 1 100℃左右。

总的来说,从地核深处到大气层,地球表现为一种圈层结构。最外面的是大气层,称为大气圈。地幔上部有一个厚度约为 200 千米的区域,其中的固态物质中混有少量液态物质,这一区域称为软流圈。软流圈以上的地幔连同地壳并称为岩石圈,厚度约为 100 千米。地球表面上由海水和陆地水组成的系统称为水圈,其中海水占总量的 97.3%,而大气中的水蒸气仅占 0.001%,水圈的形成已有 30 亿年的历史。地球上的各种生态系统,包括动物、植物、微生物等等,也构成了一个连续的圈层,称为生物圈。生物圈中的各种生物在地球上生活、繁衍、进化,从而使我们的地球变得生机勃勃、绚丽多彩。

(赵君亮)



地球上一天长度的变化

如果有人告诉你,地球上每一天的长度并不是严格相同的,你也许会感到惊讶或者不可思议。然而,事实的确如此,地球上一天长度(日长)并不是恒定不变的,而是有着微小的变化,造成这种日长变化的原因是地球自转速度的不均匀性。1979年12月27日,英国皇家格林尼治天文台曾宣布,1980年的到来将迟1秒,或者说1979年的最后1分钟有61秒,而不是通常的60秒!为了说明这个问题,我们得从时间的定义谈起。

在天文学上和日常生活中,规定以地球自转一周所经历的时间为1天。为了使用上的方便,又把1天等分为24小时,1小时等分为60分,1分再等分为60秒。因此,决定昼夜变化规律的地球自转周期成为最基本的时间计量依据,这一方面是因为日常生活和工作的需要,另一方面在于长期以来人们认为地球自转是非常均匀的,相当于一台质量非常好的时钟,可以用来计量时间的流程。在天文学上,这种以地球自转为基础的时间计量系统称为世界时,并为世界各国所采用。

20世纪以来,随着观测技术的进步和观测精度的提高,天文学家确认地球自转速度是不均匀的。这一重要发现动摇了以地球自转作为时间计量基准的传统概念,世界时的地位出现了问题。

地球自转速度有三种变化,即长期变慢、不规则变化和周期变化。地球自转的长期减慢使日长在每100年内大约增长1~2毫秒(1秒=1000毫秒),两千年来的累积效应是使以地球自转周期为基准所计量的时间慢了两个多小时。

所谓不规则变化是指地球自转速度除了有长期减慢的趋势外,有时会转得快一些,有时又会转得慢一些。

地球自转速度的周期性变化有多种成分。20世纪30年代发现季节性变化,这种变化主要由太阳的潮汐作用引起。此外还有一些更短周期(主要是1个月和半个月)的变化,幅度只有1毫秒左右,主要起因于月球的潮汐作用。

鉴于地球自转速度存在上述变化,在今天用世界时系统来计量时间就显得不够精确、不够均匀了。1958年国际天文学联合会决定,从1960年起采用历书时来取代世界时。所谓历书时是以地球公转运动周期(回

归年)为基准,定义回归年长度(365.242 2 日)的 $1/31\,556\,925.974\,7$ 为一秒,称为历书秒,而 86 400 历书秒为 1 天。1967 年国际计量委员会进一步决定,以更均匀的原子时来代替历书时。

现在,新的问题又来了。尽管历书时或原子时系统的一天长度,要比世界时系统中一天的长度更为稳定,但人们的生活规律却必须纳入世界时系统,这是因为决定昼夜变化规律的是世界时,而不是历书时或原子时。要是不考虑这一点,经过一段时间后,历书时或原子时系统总的时间长度就会与世界时系统中同样秒数的时间长度相差 1 秒,两种时间系统中的时刻就会不同步,而这种差异的长期累积是不容许的。为了解决这一矛盾,国际计量局统一规定,自 1972 年起,在每年年底或年中,对世界时增加或减去 1 秒,以平衡因地球自转不均匀性所造成的日长变化,这 1 秒称为闰秒。闰秒由原子钟算出,如果与原子时系统比较,世界时时时刻相对落后,则需要添加闰秒,以保证两种时间系统中时刻之间的同步,差异不超过 1 秒。

1972 年以后,到 1999 年之前世界时已添加了 22 次闰秒。然而,观测表明,长期以来一直呈减慢趋势的地球自转速度自 1999 年起开始加快,因而到 2003 年世界时已经连续 5 年没有添加闰秒了。

(赵君亮)

证明地球自转

一、牙签法

先用一只脸盆装满水,放在水平且不易振动的地方,待水静止后,轻轻放下一根木质细牙签,并在牙签的一端做一个记号,记住牙签的位置,过几个小时后(最好在 10 个小时以上),再去看来你就会发现,牙签已经转动了一定角度,看起来好像是牙签在转动,其实它并没有转动,而是地球在转动。在北半球,牙签作顺时针转动,因为地球自转在北半球看起来是逆时针方向的。南半球则与北半球相反。

二、炮弹法

地球时刻不停地自转,地面上水平运动的物体,必然相对地发生持续的右偏(北半球)或左偏(南半球)。根据这种现象,人们分析射出的炮弹运动的方向,就能证明地球在自转。

三、重力加速度法

地球在时刻不停地自转,由于惯性离心力的作用,地面的重力加速度必然是赤道最小,两极最大;地球不可能是正球体,而必然是赤道略鼓,两极略扁的旋转椭球体。重力测量和弧度测量的结果,证实了这些观点的正确性,也就从一个侧面证实了地球的自转。





人的重量因地而变

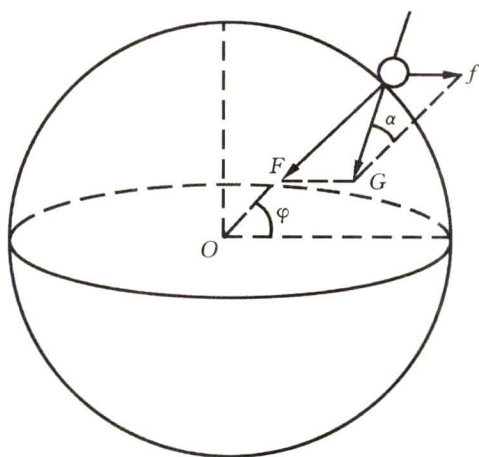
你也许看到过这样的镜头：宇航员在月球表面上行走，但他们的行走方式有点古怪，不是像地球上正常人的步行，而是有点像在跳跃式地前进。由于人到了月球表面，体重减少为地球上的 $1/6$ ，人的感觉有点“飘飘然”，步子也就变得不稳了。理论上说，如果你在地球上能够跳过 1.2 米的高度，那么在月球上你就可以跳过 7.2 米高的两层楼房。

质量和重量是两个不同的概念。质量 m 是物质的一种固有属性，一个物体 A 的质量是指该物体中所包含物质的数量。重量则是对物体 A 在另一个很大的物体 B （如地球、月球等）上所受作用力大小的一种量度，一般情况下主要的作用力是物体 B 对物体 A 的万有引力。如果我们先来考虑地球这样的大物体，那么由于它有自转，地球上所有的物体除了受到地球引力 F 的作用外，还会受到因自转引起的离心力 f 的作用。因此，物体 A 的重量 G 可以用 F 和 f 的合力来量度，而物体重量的大小就与它所受到的引力和离心力的大小有关。对于有自转的天体来说，由于离心力的存在，物体所受到的重力（重量）总是小于或等于它所受到的引力。

根据牛顿定律，引力 $F = mg$ ，其中 m 是物体的质量，在地球上 g 就是地球的重力加速度。在地面以上， g 的数值取决于地球的质量 M 和物体 A 到地球中心的距离 r ，距离越远， g 的数值越小。另一方面，离心力 f 的大小与物体 A 所在的纬度 φ 有关，赤道上的离心力最大，纬度越高离心力越小，在地球的两极离心力为零。

从上面的讨论我们不难知道，质量为 m 的一个物体 A ，它的重量并不是固定不变的，而是与大物体 B （这里是地球）的质量 M 、物体 A 到地心的距离 r 以及物体 A 所在的纬度 φ 有关。地球的形状大致是一个扁的旋转椭球体，因此地面上不同纬度处的物体到地心的距离也是不同的，纬度越高物体到地心的距离越小。综合以上因素可知，在地球上，离地球表面越远，物体的重量越小；另一方面，纬度越高，物体的重量越大。特别有趣的是，在地球中心，由于物体所受到的来自地球各部分物质的引力作用互相抵消，离心力也不存在，所以不管物体的质量有多大，重量总是为零。

现在我们来查看月球。月球质量约等于地球质量的 $1/81.3$ ，月球半径约为地球半径的 $3/11$ ，因此月球表面的重力加速度（ 1.62 米/秒^2 ）只有地



重力 G 与
引力 F 和离心
力 f 之间的关
系示意图

球表面重力加速度(9.8 米/秒^2)的 $1/6$ 。由于月球的自转速度很慢,离心力的影响可以忽略不计。因此月球上宇航员的体重只有他在地球上体重的 $1/6$ 。于是,已经长期习惯于在地球上活动的宇航员,一旦到了月球上便会有一种轻飘飘的感觉,走起来就像是在一跳一跳地前进。

太阳的质量是地球质量的 33 万倍,太阳半径为地球半径的 109 倍,太阳表面的重力加速度是 274 米/秒^2 ,约为地球表面重力加速度的 28 倍。如果我们暂不考虑太阳的高温,那么一个体重 60 千克的人,到了太阳表

面体重便增加到接近 1 680 千克!人会因自身体重所累而寸步难行,甚至动弹不得。

大质量恒星到晚期会变成中子星。中子星是一种致密的奇异天体,其质量可能超过太阳质量,而半径却只有 10 千米左右,密度高达每立方厘米 $10^8 \sim 10^9$ 吨,比白矮星密度高出一亿倍。简单的计算表明,中子星表面的重力加速度为 $1.2 \times 10^{12} \text{ 米/秒}^2$,是白矮星表面重力加速度的 40 万倍,约为地球表面重力加速度的 1 300 多亿倍。60 千克体重的人在那儿就会重达 80 亿吨,简直令人匪夷所思!

不但地球,宇宙中的各类天体大多有自转运动,这样就必然存在离心力,也会影响到物体的重量。离心力的大小与大物体的自转角速度的平方成正比。有一类中子星的自转速度很快,可达每秒转动 1 000 周。对于这种快速自转的中子星来说,赤道上的离心加速度可达 $4 \times 10^{11} \text{ 米/秒}^2$,约为重力加速度的 $1/3$ 。这就是说,体重 60 千克的人在这样一颗快速自转中子星赤道表面上的实际重量应为 $80(1 - 1/3) \approx 53.3$ 亿吨。

物体的质量不会因物体所处的地点和条件的不同而发生改变。现在,你可以明白质量和重量这两个概念有多大的不同了吧。

(赵君亮)

