



科学普及

神奇的宇宙

宇宙家族成员大比拼

张法坤 编著

人类对奥妙无穷的宇宙的认识首先是从地球开始的，然后由地球伸展到太阳系，进而延伸到银河系，再扩展到河外星系和总星系，最后再回到地球上。正是这些内容构成了宇宙，丰富了宇宙的内涵。本书介绍了有关恒星和行星形成的新进展。书中讨论了暗星云中孤立恒星的产生、星团和星云的形成、星际气体和尘埃的“生态学”以及可能产生黑洞的剧烈星暴，并把星系演化的过程与地球上生命的起源联系起来。

<<<



中国出版集团
现代出版社



SHENQIDEYUZHOU

神奇的宇宙

宇宙家族成员大比拼

张法坤◎编著



中国出版集团



现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙家族成员大比拼 / 张法坤编著. —北京: 现代出版社, 2012. 12

(神奇的宇宙)

ISBN 978 - 7 - 5143 - 0933 - 1

I. ①字… II. ①张… III. ①宇宙学 - 青年读物②宇宙学 - 少年读物 IV. ①P159 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 275052 号

宇宙家族成员大比拼

编 著	张法坤
责任编辑	刘春荣
出版发行	现代出版社
地 址	北京市安定门外安华里 504 号
邮政编码	100011
电 话	010 - 64267325 010 - 64245264 (兼传真)
网 址	www.xdcbs.com
电子信箱	xiandai@cnpitc.com.cn
印 刷	北京市业和印务有限公司
开 本	710mm × 1000mm 1/16
印 张	12
版 次	2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 2 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 5143 - 0933 - 1
定 价	29.80 元

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载



前 言

浩瀚深邃的夜空，神秘的星星从古至今吸引着人类关注的目光，他们为什么闪闪发光？地球、太阳、太阳系和恒星是怎样形成的？有行星环绕的恒星多不多？诸如此类的问题，激起了人们对星空的思索、讨论和热烈的争辩。

人们通过对星空的长期观测，了解了太阳、月亮、行星、恒星等众多天体的运动规律，以此掌握了通过星辰辨别方向的方法，并根据星辰出没的规律安排农业生产，最终依据天体运行规律制定了完善的历法体系，人类的文明也从此有了明确的日期记录。人类通过坚持不懈的观测和探索，记录了诸如流星雨、彗星、超新星爆发等大量的天文现象，通过对全天星空的区域划分，创建了完善的星座体系，这不仅有利于天文学的研究，而且形成的星座文化，也丰富了人类的思想。

望远镜的发明使天文学进入了一个崭新的阶段，人们和星空的距离一下子被拉近了，星星的秘密一个一个被我们所了解，宇宙的奥秘逐步被人类破解。同时，美丽的星空所包含的无穷奥秘更激发了人们对太空的美好想象和憧憬，由此，数不胜数的与此相关的神话故事、民间传说也成为了人类文学宝库中非常重要的组成部分。

最近 500 年以来，普遍的经验、观测和实验结果日益提升着我们对周围宇



宙的认知。随着黑暗的中世纪欧洲的终结，文艺复兴催生了现代科学的发展。早期的欧洲学者，继承了阿拉伯天文学的传统，为了观测太阳、月亮和行星，又为了了解地球上物体的性状，开创了用数学手段描述星辰的运动规律。牛顿通过他的引力理论，把月亮的运动与落体的运动联系起来。

由伽利略、开普勒和牛顿开创的科学革命为工业革命奠定了深厚的理性基础，而这一切都导致了人类的巨大科学进步。它也促使天文学获得了一系列深刻的发现，使我们对宇宙有了目前的了解。



目 录

行星世界大观

行星形成的理由	1
行星的类别	6

太阳系行星概述

变化的星云盘	24
水 星	29
金 星	33
地 球	37
火 星	47
木 星	51
土 星	58
天王星	64
海王星	67

认知恒星

观察恒星	71
------------	----



恒星的概况	80
恒星的成分和光谱	99
恒星的起源、年龄与结构	112
恒星的诞生与死亡	119
恒星的演化	126
恒星的归宿	142

恒星家族

双 星	153
红外源、X 源、 γ 源	156
星 云	157
恒星集团	161
星 族	165
银河系与河外星系	169
星系团和总星系	179
宇 宙	182



行星世界大观

“行星”一词的由来已无从考证，在古希腊语中意谓“流浪者”，中国古代称之为“五行”、“游星”、“惑星”等等。这些称呼形象地表现了行星在天穹“四处流浪”的特征，以区别固定不动的恒星。从古至今人类依靠不断进步的天文观测技术，已发现了约一千多颗系外行星。

人类有关行星的最新消息是美国国家地理网站发布的，科学家发现的围绕一颗距离地球 375 光年的恒星运行的两颗巨大的行星，是迄今为止发现的最古老的外星世界。据估计，已经有 128 亿岁的主星及其两颗行星可能是在宇宙刚刚诞生时形成的，发生在宇宙大爆炸之后不超过 10 亿年。科学家们估计，茫茫宇宙中每两颗恒星中就有一颗拥有行星，大约每 200 颗恒星就能找到一颗行星处于宜居带。并且这只是最保守的估计，很多恒星拥有不止一颗行星。由此可以想见，我们已知的行星与未知的行星是多么悬殊，但这并不妨碍我们对行星的认知。

行星形成的理由

引力吸积说

今天地球和其他类地行星基本上是固态的，所以只能是由固体质点和固体块集聚形成的。类地区里由于温度高，气物质和冰物质绝大部分都挥发掉了。



天王星和海王星也是固态的，但大部分是冰，最多的是水冰和水化氨冻结成的冰。木星和土星的核心部分是由土物质和冰物质组成的固体，中部和外部是液态的，中部主要是金属氢，外部主要是分子氢。

尘粒在星云盘内气体中下沉时就已开始集聚了，它们一边下沉，一边集聚。这是行星形成过程的初始阶段，尘粒的集聚只能靠碰撞。尘粒之间有相对运动速度，包括热运动和随着气体湍流的运动。如果两尘粒大小差不多，相碰时可能碰碎，但也可能是一个尘粒和另一尘粒的一部分（碎块）结合起来。如果大小相差很多，那么，碰撞的结果常会是较小尘粒的全部或部分被较大的尘粒吃掉。当尘粒长大到不能再称为尘粒而应当称为星子时，大的星子遇到小的星子或尘粒，就更容易把它们吃掉。这个过程叫做碰撞吸积，由于运动和碰撞的随机性，由尘粒形成的星子在大小方面可以相差很多，尘层形成后，由于密度增大，碰撞会更加频繁，星子就长大得更快。那时，在今天每个行星所占据的区域里总会出现一个最大的星子，这样的星子便是行星的胚胎，称为行星胎，如果最大的星子不久以后在碰撞中被碰掉了相当大的一部分，不成为最大星子了，那么原来第二大的星子就升上来，成为行星胎。

当行星胎半径大到一千米左右时，它的质量已经大到需要考虑它对星子的吸引了。在这以前，集聚只靠碰撞，只有星子碰到行星胎时才会被吃掉；现在，只要星子接近行星胎到一定距离，它的运动方向就会由于行星胎的吸引而弯曲，逐渐接近行星胎，最后被吃掉。行星胎的生长主要靠引力，称为引力吸积。在一段时期内，碰撞吸积和引力吸积都起作用；以后，引力的作用便大大超过碰撞的作用，只需要考虑引力吸积了。

星子的平均半径越大，空间密度（单位空间体积内星子的数目）就越小。由于星子运动的随机性，从一个局部范围看，星子的分布可以很不均匀，每个星子常会处于一个不对称的引力场中，从而受到加速。所以，随着星子的增大，星子间的相对速度不是减小，而是缓慢地增大。星子是由尘粒形成的，原来的尘层已不能再称为尘层，而应当改称为吸积层。

星子都在绕太阳公转，所以它们之间的引力相互作用既会改变速度，也会改变公转椭圆轨道的偏心率和倾角。在今天的地球轨道处，轨道偏心率等于0.04的星子之间可以出现大到每秒60米的相对速度。今天小行星的轨道偏心

率平均为 0.14，它们之间的相对速度大到约每秒 3 千米。

在类地行星区里的气物质和冰物质都挥发掉以后，只剩下土物质，而在土物质的星子集聚成行星以后，就再没有剩下多少东西了。在木土区里，固态的尘粒和星子集聚成行星的固态核，当其质量增大到 10^{25} 克数量级时，固体核便开始吸积周围的大量的气物质，使它们成为行星的一部分，由于压力大，气体被压缩成液体，所以，木星和土星的外部是液体，其中主要成分是氢，氢和氦占了这两个行星质量的绝大部分。这样，木星和土星的体积和质量就比其他六个行星大得多，但平均密度却比其他六个行星小。在天海区里，由于离太阳远，太阳的吸引力微弱，逃逸速度小，气体逐渐逃逸掉了。气体的逃逸是很慢的，但由于星云盘里离太阳越远物质越稀薄，所以天海区里物质的密度比木土区和类地区都小得多，行星的形成过程进行得很慢，所以当天王星和海王星长大到足够吸积气体时，气体已经跑光了。所以，天王星和海王星的体积和质量比木星和土星小，除大气以外，整个是固体，大部分是冰。

施密特于 1945 年计算出，地球的形成过程用了 70 亿年的时间。后来，他的学派的一个成员指出，施密特在计算时忽略了引力吸积，才得到这样长的时间。如果考虑引力吸积，则地球的形成只需要 1 亿年左右的时间。魏札克和霍意耳等也得到行星形成所用的时间在 1 亿年左右。近年来，人们认识到星云盘里的尘埃会沉到赤道面邻近，使密度增加，从而使行星的形成过程大大加快。但是，不同的人得出的行星形成的时间很不一样，有短到几千年的，也有长到几千万年的。这个问题需要进一步研究，星云盘外部的物质密度比内部小，所以越靠近太阳的行星形成得越快：水星最先形成，海王星最后形成。我们应当对不同的行星分别定出其形成所用的时间。

黑洞喷射说

除了上述的行星形成理论以外，还有最新的行星形成的理论：行星是从黑洞中产生的。并为此找到了确凿的证据：银河系中央



黑 洞



的小型黑洞能够超速“喷射”行星。在此之前，科学家认为只有特大质量黑洞才能以超速喷射行星。

研究人员称，实际上小型黑洞要比特大质量黑洞喷射更多数量的行星。1988年，美国洛斯阿拉莫斯国家实验室物理学家杰克·希尔斯预言，银河系中央的特大质量黑洞能破坏双子行星平衡，束缚一颗行星，并以超高速将另一颗行星喷射出银河系。自2004年以来，天文学家共发现了9颗被特大质量黑洞高速排斥的行星，他们推测这种特大质量黑洞的质量是太阳的360万倍。然而，美国哈佛—史密森天文物理中心赖安·奥利里和阿维·利奥伯从事的研究表明，银河系中央许多小型黑洞喷射出大量行星。



黑洞喷射

这些小型黑洞的质量大约只有太阳的10倍，一些研究认为银河系中央至少有25000个小型黑洞围绕在特大质量黑洞附近。当某些小型黑洞将行星喷射出银河系时，它们会进一步地靠近特大质量黑洞。利奥伯说：“小型黑洞比特大质量黑洞喷射行星的速度更快！研究被喷射行星的轨迹和速度将有助于天文学家测定多少黑洞会喷射行星以及它们是如何喷射行星的。”同时，他们也承认

开展此项研究是很不容易的，现有的太空望远镜无法观测到银河系中央特大质量黑洞区域，该区域浓缩存在着许多小型黑洞。

研究人员推测，被特大质量喷射的行星速度达到709千米/秒，它们在银河系引力束缚下速度可能会更慢，估计这些行星被喷射时的初始速度达到1200千米/秒。然而，被小型黑洞喷射的行星速度要更快，行星在小型黑洞的排斥作用下速度可达到2000千米/秒，从而脱离银河系。

知识点

引 力

任意两个物体或两个粒子间的与其质量乘积相关的吸引力，是自然界中最普遍的力，简称引力，有时也称重力，在粒子物理学中则称引力相互作用，它和强力、弱力、电磁力合称4种基本相互作用。引力是最弱的一种，两个质子间的万有引力只有它们间的电磁力的 $1/10^{36}$ ，质子受地球的引力也只有它在一个不强的电场（1000 伏/米）受到的电磁力的 $1/10^{10}$ 。因此研究粒子间的作用或粒子在电子显微镜和加速器中运动时，都不考虑万有引力的作用。一般物体之间的引力也是很小的，例如两个直径为1米的铁球，紧靠在一起时，引力也只有 1.14×10^{-3} 牛顿，相当于0.03克的一小滴水的重量。但地球的质量很大，这两个铁球分别受到 4×10^4 牛顿的地球引力。所以研究物体在地球引力场中的运动时，通常都不考虑周围其他物体的引力。天体如太阳和地球的质量都很大，乘积就更大，巨大的引力就能使庞然大物绕太阳转动。引力就成了支配天体运动的唯一的一种力。恒星的形成，在高温状态下不弥散反而逐渐收缩，最后坍缩为白矮星、中子星和黑洞，也都是由于引力的作用，因此引力也是促使天体演化的重要因素。

延伸阅读

洛斯阿拉莫斯国家实验室位于美国新墨西哥州的洛斯阿拉莫斯，1943年成立，以研制出世界上第一颗原子弹而闻名于世。洛斯阿拉莫斯是一个当之无愧的科学城和高科技辐射源。实验室在二战期间由罗斯福总统倡议建立，一直由加利福尼亚大学负责管理。这里云集了大批世界顶尖科学家，目前共有1.2



万名雇员，每年经费预算高达 21 亿美元。物理学家奥本海默是实验室的第一任主任。世界上第一颗原子弹和第一颗氢弹都在此诞生，使这个实验室蜚声海内外。

该实验室是一所由能源部与加利福尼亚大学联合管理的多计划研究机构。其研究工作分两大类：武器研究，包括开发满足目前军事需要的核弹头、设计试验先进技术方案，以及通过相关科学技术领域的实验与理论研究，维持一项创新性武器研究计划；非武器研究，包括核裂变、核聚变、中等物理加速、超导、生物医学、非核能及基础能源科学等。

行星的类别

行星的定义

如何定义行星这一概念在天文学上一直是个备受争议的问题。国际天文学联合会大会 2006 年 8 月 24 日通过了“行星”的新定义，这一定义包括以下三点：①必须是围绕恒星运转的天体；②质量必须足够大，它自身的吸引力必须和自转速度平衡使其呈圆球状；③必须清除轨道附近区域，公转轨道范围内不

能有比它更大的天体。

此定义仅适用于太阳系内的行星，所有的太阳系外行星被排除在外。在 2001 年国际天文联合会针对太阳系外行星作以下定义（2003 年有修订）：

1. 物体的真实质量在能进行氘聚变的热核反应极限之下（目前的计算相当于是 13 个木星质量的太阳系物质），环绕着恒星的天

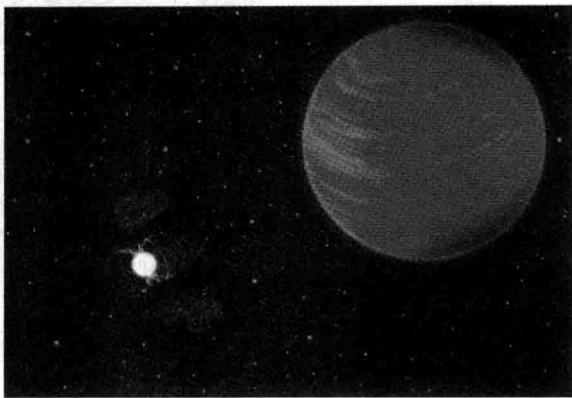


行 星

体是行星（不考量形成的方式）。最低的外太阳系行星质量、尺寸应该等同于太阳系内的行星。

2. 次恒星的真实质量应该在能进行氦聚变的热核反应极限之上，无论是如何形成或位于何处，称为褐矮星。

3. 在年轻星团中的自由天体，质量低于氦聚变极限之下的不是行星，但归类为次褐矮星（也可以是其他任何被认可的名称）。



褐矮星

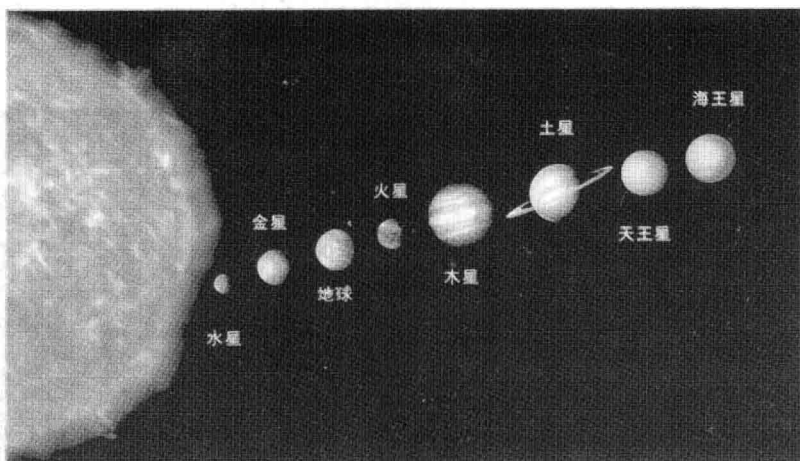
依据上述的两个标准，我们可以将已发现的行星，分别以太阳系内行星和太阳系外行星两大类做简单的介绍。

太阳系内行星

类地行星（包括水、金、地、火）、巨行星（木、土）及远日行星（天王、海王）。矮行星或称“侏儒行星”，体积介于行星和小行星之间，围绕太阳运转，质量足以克服固体应力以达到流体静力平衡（近于圆球）形状，没有清空所在轨道上的其他天体，同时不是卫星。矮行星是一个新的分类。定义的标准尚不明确。

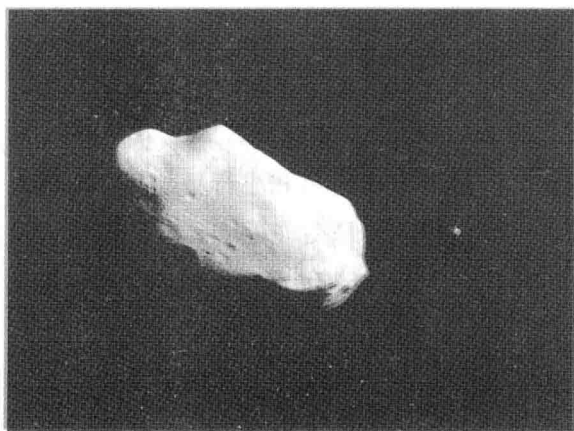
在2006年8月24日在捷克首都布拉格举行的第26届国际天文学大会中确认了矮行星的称谓与定义，决议文对矮行星的描述如下：1. 是轨道绕着太阳的天体；2. 有足够的质量以自身的重力克服固体应力，使其达到流体静力学平衡的形状（几乎是球形的）；3. 未能清除在近似轨道上的其他小天体；4. 不是行星的卫星，或是其他非恒星的天体。在行星的基本定义上，科学家们大致上认同这样的说法：直接围绕恒星运行的天体，由于自身重力作用具有球状外形，但是也不能大到足够让其内部发生核子融合。

矮行星是太阳系外围较小的天体，或称为小行星。在行星的基本定义上，



太阳系八大行星

科学家们大致上认同这样的说法：直接围绕恒星运行的天体，由于自身重力作用具有球状外形，但是也不能大到能清除在近似轨道上的其他小天体。



小行星

但是实际上，最终的定义会比这复杂得多，有的天文学家倾向于把太阳系外围较小的天体称作“矮行星”，而另外一些人则愿意把它们叫做“小行星”，或者“柯伊伯带行星”，还有一些人则根本不想用到行星这个词。

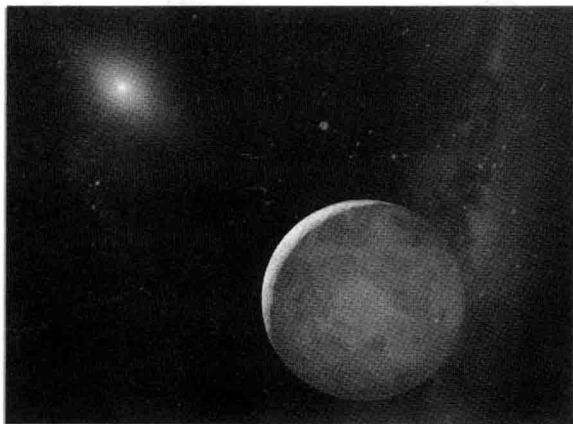
相信矮行星的数目会很多，随着观测的不断进步，会越来越多。在布拉格举行的国际天文学协会第26次会议上，国际天文学协会术语委员会已正式决定以后不再称冥王星为“行星”，而是称其为“矮行星”。

矮行星它们的特点是外幔和表面由冰冻的水和气体元素组成的一些低熔点的化合物组成，有的其中混杂着的一些由重元素化合物组成的岩石质的矿物

质，厚度占星体半径的比例相对较大，但所占星体相对质量却不大，内部可能有一个岩石质占主要物质组成部分的核心，占星体质量的绝大部分，星体体积和总质量不大，平均密度较小，一些大行星的卫星也具有这种类似冰矮星的结构。

像木卫二、三、四，土卫一、六等，对于行星级的冰矮星来讲，最大的是齐娜，直径大约 2400 千米，最小的卡戎，直径约 800 千米左右。像谷神星这样的距太阳较近的行星，表面的冰物质主要是水，而冥王星和卡戎的表面冰物质主要是水和熔点更低的甲烷、氮、一氧化碳等物质。过去曾将这些矮行星算作小行星中的一类，直到 2006 年才将它们从一般小行星中分离出来，划作单独的一类，称为矮行星，并把冥王星和冥卫一归入其中。

矮行星的这种星体结构和它产生的地处太阳系外围的低温环境和自身的质量有关，一方面，太阳的温度不足以将它们的气体元素组成的低熔点物质驱散，另一方面，它们自身的原始质量较小，星体本身不能将氢、氦等较轻的轻元素气体束缚住。



矮行星

但星体收缩产生的热量

也不能将较重一些的气体元素组成的化合物如水和碳氢化合物等完全驱散，而会保留下一部分，同时它的足够的引力又使它足可以形成分层的物质结构，使较轻的物质浮于较重的由重元素组成的岩石质物质的表面，并随着星体以后的冷却，在表面上凝固下来，因此，会形成具有这种物质结构的星体。

冥王星

冥王星曾被认为是离太阳最远的一颗大行星，它绕太阳运行一周历时 248 年之久，平均速度每秒只有 3.0 英里。它距离太阳大约 40 天文单位，其表面

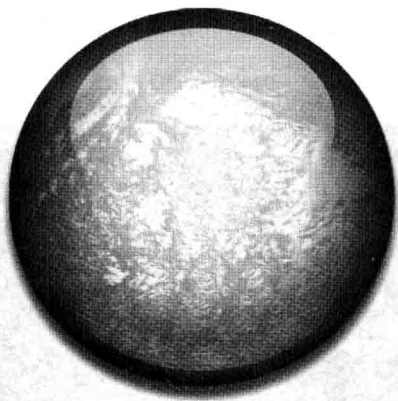


温度大概是 -230 摄氏度。关于冥王星的直径大小问题尚未定论，尽管已经估计其最大值为 3600 英里（有人也测定它并不比月亮大，即在 2170 英里以下）。这一估计的依据是冥王星的细小视圆面在天空中运行时对恒星的掩食情况。大小是地球的六分之一与五分之一之间，质量只有地球的两千分之一。

卡戎星（候选矮行星）

卡戎星是 1978 年华盛顿美国海军天文台的天文学家詹姆士·克里斯蒂发

现的。直到现在，它仍被看成冥王星的一颗卫星。在冥王星赤道上空约 1.9 万千米的圆形轨道上运转，其运行周期与冥王星自转周期相等。近年来的观测表明，“卡戎”其实与冥王星构成了双行星系统，同步围绕太阳旋转。另外，“卡戎”的直径超过 1000 千米，质量约为 190 亿亿吨，大约是冥王星的一半，其密度与冥王星相似。有专家推测，远古时冥王星与一颗庞大天体发生了碰撞，导致一大块碎片从中



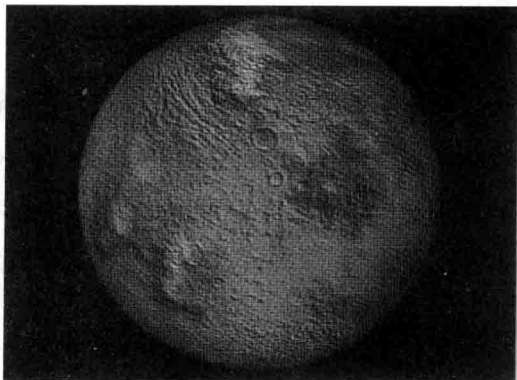
卡戎星

分离出来，最后形成了“卡戎”。

阋神星

阋神星（Eris，厄里斯）在被正式命名前暂时编号为 2003 UB313，名字暂称为齐娜（Xena）。

相对于 200 多年前发现的谷神星和近 30 年前发现的卡戎，齐娜是一个完全陌生的新来者，它是在 2003 年被发现的。齐娜的公转轨道是个很扁的椭圆，它公转



阋神星