

附近发现了冻土——“冰湖”。1998年1月美国发射了“月球勘探者”号无人驾驶飞船,环绕月球飞行一年,探明月球的两极区域有大量的冰水存在,人类可以开发月球水源,并以月球为中间站到更遥远的空间寻觅“知音”。2003年6月人类又发射3个宇宙飞船向火星进发,探索火星上的生命和水。

近十年来已有12个火星探测器对火星实施探测。虽说目前还没有发现火星上有智慧的生命,但火星上有无生命的问题还在探索。在火星上有证据表明在几十亿年前有微生命存在。1984年在南极洲发现的ALH84001陨石,科学家认为是来自火星的陨石,它是火星表面与小行星或彗星碰撞后作为陨石落到地球上的。研究岩石的成分表明,这些陨石中存在化石微生物。这表明,在几十亿年前火星上的条件很可能有过相当温暖潮湿的气候,并且有过温泉,条件是适合生命的存在和维持的,有可能存在微观生命。

木星的卫星是现代人们探询地外生命的主要目标。1996年6月27日“伽利略号”飞船飞临木卫二。拍摄的图像表明:木卫二表面布满环形山,有山脊、裂缝和沟槽,表面为冰层所覆盖,还不断释放出氢原子和带电的氢离子,两极还有臭氧,有自己的磁场。“伽利略号”还发现木卫二上面的白色冰层有浅浅的沟壑纵横和一些巨大的裂痕,证明冰层下有大量的水,这就很可能有某种形式的生命存在。

## 第2节 银河系里的生命之光

现代,人类探索“天外知音”的计划早已越出了太阳系,而且取得初步成功,目前已发现了百余颗类太阳恒星有行星系统,使人类看到了银河系的生命之光。

人类探索太阳系外恒星的行星系统主要通过如下手段:(1)直接用高分辨率的望远镜和探测器对其成像;(2)用高精度的分光观测恒星光谱,测量谱线位移求恒星的视向速度变化;也可通过测量能谱的形状或分析化学元素及有无生命生存需要的液态水,大气及臭氧、二氧化碳等;(3)高精度的测量恒星位置的变化;(4)高精度的测光观测恒星的光度变化;(5)采用高时间分辨率测量恒星信号到达时刻的变化(对于一些脉冲星采用此项技术)。

人们最先把射电望远镜指向鲸鱼座 $\tau$ 星和波江座 $\epsilon$ 星,向那里发射21 cm射电电波,并期待着回答。这两个恒星所以候选,不仅因为温度、光度和质量与太阳十分类似,而且离我们的距离比较近。即使这样,若能收到发来回音的话,从鲸鱼座 $\tau$ 星来的电磁波信息需要11年,而波江座 $\epsilon$ 的信息要12年才能传到地球。天文学家监测鲸鱼座 $\tau$ 星和波江座 $\epsilon$ 星,到目前为止,没有听到所搜寻的信号。这个搜寻计划称作“小绿人”计划,可是“小绿人”却总是杳无音信。此后,人类不再等待而是采取更主动的行动。

从1960年起,美国国家射电天文台用直径90 m的射电望远镜,对着天鹅座

61 星及巴纳德星,不断地发送出氢的 21 cm 射电波信号。1970—1971 年又向另外 10 颗可能有行星存在的恒星发送了更大功率的联络信号,并采用了灵敏度高超的信号接收机,至今还没有收到回音。说也奇怪,1988 年 11 月 15 日,这架向地外“知音”发送信号的 90 m 射电望远镜突然坍塌,有人怀疑是外星人所为,后来又建造了直径 100 m 的射电望远镜,取代了它的位置。

1972—1973 年美国发射的先驱者 11 号、先驱者 12 号行星际飞船,带有  $14 \times 22.5 \text{ cm}^2$  的镀金铝板,刻有用二进制编码编写的有关太阳系和地球的各种信息,还有地球上男、女的裸像图于 1984 年飞出了太阳系。1977 年 8 月发射的旅行者 1 号、旅行者 2 号行星际探测器带有更多的音像资料,包括地上的天象、环境、人体及各种自然界、动物和人类的声音,其中还有中国古典音乐《高山流水》,也已送出太阳系,向宇宙空间呼唤着太阳系外的知音。

1982 年国际天文学联合会成立了“探索地外文明专业委员会”,专门负责地外文明的探索,与太阳系以外的智慧生命通信联络,最主要的工作是“收听”地外文明的无线电波。

1992 年人们为发现环绕脉冲星的 PSR1257+12 有 3 颗行星而惊喜,奇怪的是脉冲星居然有行星系统,而且有 3 颗行星围绕它转。1995 年又发现飞马座 51(51 Peg)有一颗行星。同年 10 月哈佛大学的“十亿频道地外电波分析计划”开始启动。他们用三个方向不同的天线,十多台最快速度的微机联网,搜索天线接收的信号。直到目前为止,已搜检出大量无法解释的信号。这是“外星人的呼唤”? 还是什么信息,有待进一步研究。

近年来,哈勃空间望远镜拍到绘架座  $\beta$  星周围有尘埃盘(图 27.1),图中的



图 27.1 哈勃空间望远镜拍摄的绘架座  $\beta$  恒星周围的尘埃盘图像,该星距我们 50 光年,由图可见其尘埃盘轴线有些轻微扭曲,推测很可能是由绕行的大行星造成的。此图下方的假彩色的照片中,恒星发出的强烈的光被挡住了,尘埃盘清晰可见,但行星太暗无法观测到



暗区有冥王星的轨道这么大,很可能有绕行的大行星系统。自 1996 年以来,天文学家已发现了一批距地球 70 l. y. 以内的恒星具有行星系统,如室女座 70、大熊座 47 星和飞马座 51 等(如图 27.2 所示)。其中大熊 47 距离我们 46 l. y.,它有两个木星级的行星。这些发现给探索外星人和外星文明带来了希望,它们再次确信我们的地球并不是宇宙中唯一有文明的行星。

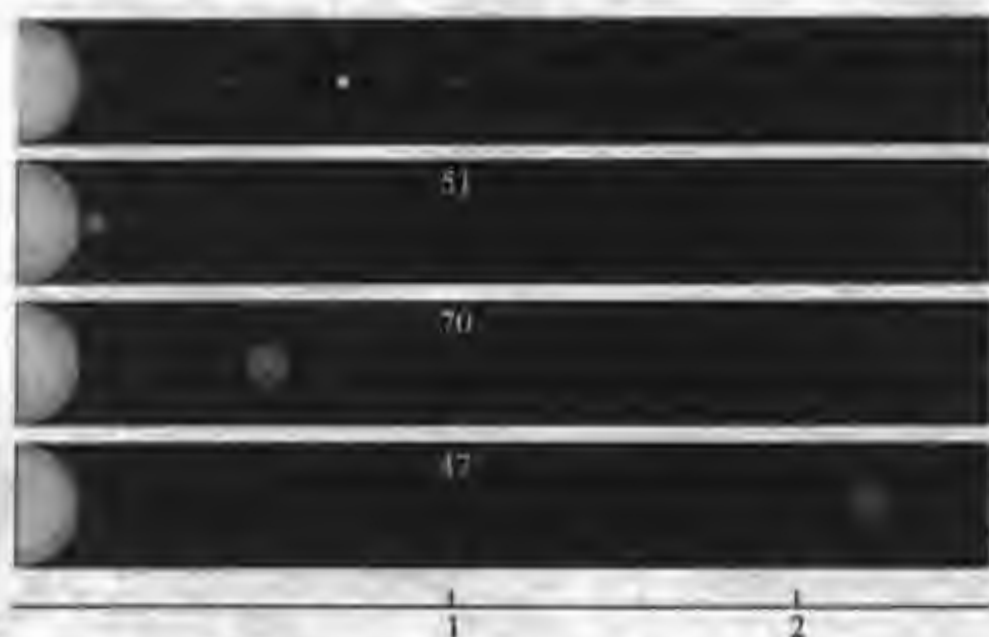


图 27.2 太阳、飞马座 51、室女座 70 和大熊座 47  
以及它们自己的行星

1998 年哈勃空间望远镜在猎户座大星云中也发现盘状物,很可能是行星系统,如图 27.3 所示,该行星系统中的恒星与我们的太阳大小相当。

1999 年天文学家发现仙女座  $\upsilon$  星( $\upsilon$  And)有 3 颗行星。同年还发现 HD209458 恒星有行星“凌日”现象。在 2000 年又探测到一颗叫 HD209458 的恒星由于被行星掩食发生的流量变化。

生命的起源不但需要适当的温度,而且必须具备碳、氢、氧、氮、硫和铁等重元素。这只有第二代的恒星才拥有。在银河系中,生态圈内的第二代太阳型的恒星总数约有 52 亿颗,第二代太阳型恒星的行星总数估计大约有 13 亿颗。环绕恒星周围的适合生命生存的温度带叫可居住带。较热的星如 A、F 型星有较大的可居住带,对于像太阳这样的恒星可居住带大约是 0.85 AU~2.0 AU;对于 F 型的星可居住带的范围是 1.2~2.8 AU;对于 M 型星可居住带是 0.02~0.06 AU;对于 O、B 型的恒星即使有行星也不用考虑,因为那里没有生命生存发展的条件。

1999 年,科学家启动了一项智能生物的研究工作(简称 SETI)(通信的网址是 <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>)。此项研究是用一种全新的“分散计算”方法来搜索外星人,寻找地外智慧生命的信息和回音。“分散计算”可以将网上单机用户连接起来,把大量从阿西博射电望远镜得到的原始数据资料分发给

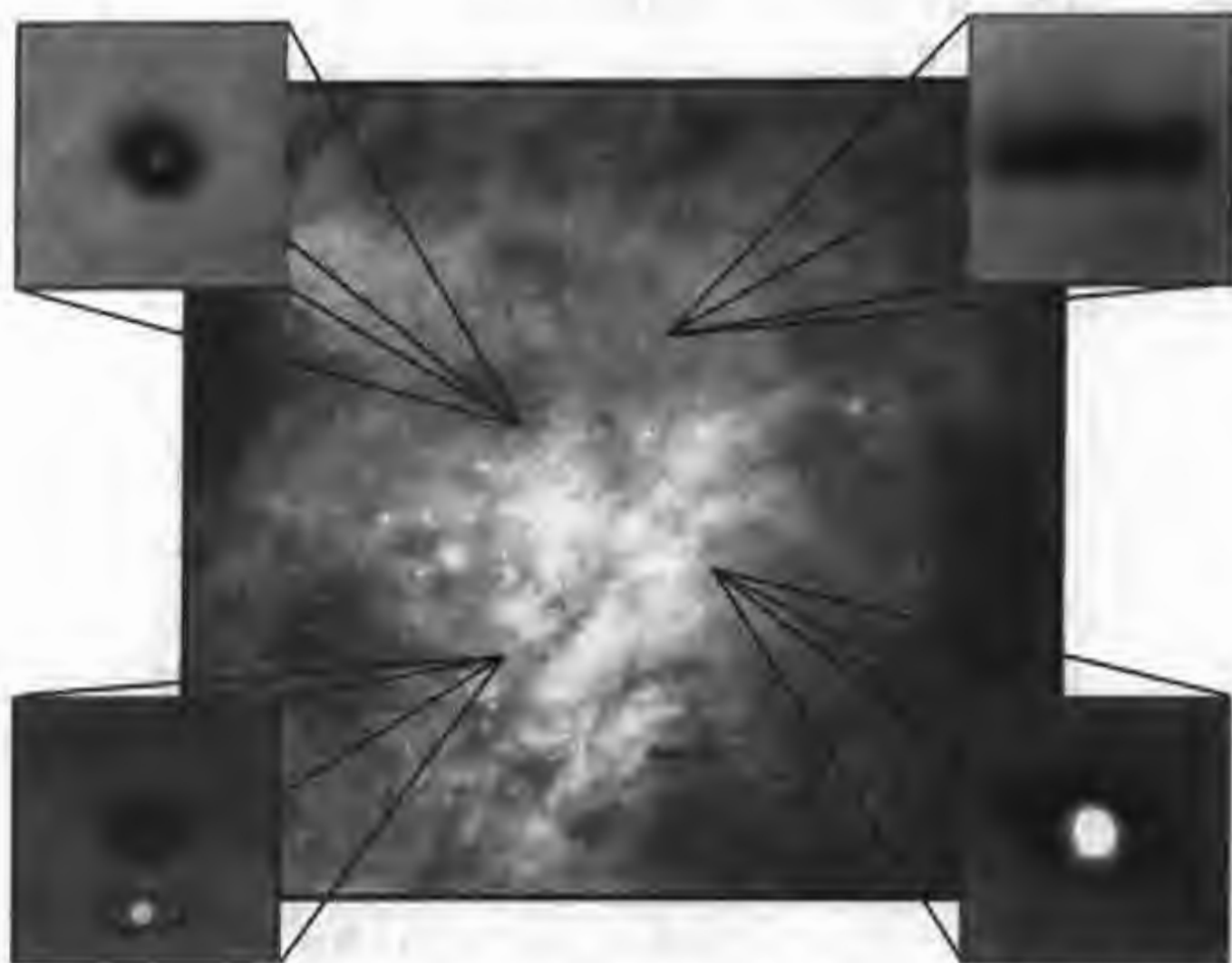


图 27.3 哈勃空间望远镜在猎户座大星云中发现盘状物,很可能是行星系统,  
左下脚的方块图所指行星系统中的恒星与我们的太阳大小相当

每一位计算机用户。阿雷西博射电望远镜被誉为人类所能修筑的通向宇宙的人类的“耳朵”。其巨大的球面天线实时监测着太空,寻找着宇宙智能物所能发出的任何射电波。

1999年4月,一个国际科学家小组向4颗距离我们50~70 l.y.的类太阳恒星发出了一系列射电信息的“宇宙邀请卡”。科学家是利用乌克兰一架口径70 m的射电望远镜连接的一个150 kW的发报机发送的,发送的也是二进制数学语言,因为只有这种语言,我们和宇宙中假定存在的地外生命能够沟通。如果地外文明能截取并记录下这些信息,那么他们会理解地球、太阳系、人体和我们的文化和技术水平的大致情况。此次是继1974年之后25年来又发送的一次有意识的星际广播。这表明人类加快了探索地外文明的步伐,深入了银河系寻觅人类的知音。

近年天文学家通过地面大望远镜观测到一些近距的恒星,它们的运动有周期性的摆动。由此推测它们是受一颗或几颗行星的引力影响。根据此原理,在2002年6月发现了20多个新的太阳系外的行星。

2002年发现距离我们地球41 l.y.的巨蟹座55恒星(视星等为6<sup>m</sup>,光谱型为G8型。比太阳的质量略小,光度为0.62 L<sub>☉</sub>)有两个行星,一个行星的质量约4个木星质量,另一个行星的质量为0.2个木星质量(参见图27.4)。



图 27.4 巨蟹座 55 行星系统的示意图

近年还发现距离地球 52 l. y. 的 HD190360A 恒星有颗行星,估计这颗行星最小质量与木星相同。在 HD46974 星的周围探测到一颗质量小的行星,只有木星质量的 0.12 倍。船尾座的 HD70642 有一个 2 倍于木星质量的行星,在近圆形轨道上运行,距母恒星的距离为木星距太阳距离的一半(如示意图 27.5)。



图 27.5 船尾座中一颗亮星 HD70642 有一个 2 倍于木星的行星,在近圆形轨道上运行,距母恒星的距离为木星距太阳距离的一半。此图是表示从这个行星的假想卫星上观看此行星系统。它距我们仅有 90 l. y. 的距离

截止到 2002 年底,已知道有行星系统的恒星总数达到 100 颗左右。表 27.1 列出了已探测到的银河系内除了太阳系之外,具有行星的恒星系统。图 27.6 所示为这些恒星系统的行星轨道半径与行星质量的关系图。

表 27.1 已探测到的银河系内除了太阳系外,具有行星的恒星系统

星名	光谱型	距离/l. y.	目视星等( $m_v$ )	行星的质量/ $m_k$
HD83443	K0		8.4	0.35;0.16
HD46375	G5		8.3	0.25
HD187123	G5		8.0	0.53
HD179949	F8 V	—	6.22	0.92
HD209458	F5		8.4	0.63
BD-103166				0.48
$\tau$ Boo	F7 V	49	4.51	4.1
HD75289	G0	148	6.36	0.46
51 Peg	G2.5 V	50	5.5	0.45
$\epsilon$ And	F7 V	57	4.37	0.68
HD168746	G5 V		7.7	0.24
HD162020	G5 V		9.3	13
HD217107	G5		6.21	12
HD130322	G5		8.5	1.1
HD108147	G0		7.15	0.34
GJ86				4.2
55 Cnc	K0 V	41		0.93
HD38529	G4 V		5.96	0.76
GJ876c				0.55
HD195019	G5		6.86	3.5
HD192263	K0		8.10	0.61
HD6434	G0		7.80	0.48
GJ876				0.6;1.9
$\rho$ CrB	G2 V	57	5.40	0.99
HD168443	G5		6.98	7.6
HD121504	G5		8.10	0.89
HD16141	G0		6.78	0.21
HD114762	F9 V	90	—	10
70 Vir	G4 V	59	4.98	7.4
HD52265	F8		6.37	1.1
HD1237	G0		6.66	3.4
HD37124	G0		8.60	1.1
HD202206	G5		7.86	14

续表

星名	光谱型	距离 /l. y.	目视星等( $m_v$ )	行星的质量/ $m_*$
HD12661	K0		8.1	2.8
HD134987	G4 V	125	6.44	1.5
HD168830	G0		9.5	2.9
HD89744	F6 V	55	5.81	7.1
HD92788	G5		7.18	3.8
$\epsilon$ Hor	G8 IV	45.9	5.4	2.9
HD177830	K0		7.22	1.2
HD210277	G0		6.63	1.2
HD27442	K1 V	56	4.44	1.4
HD82943	G0		6.73	2.3
HD222582	G5		7.9	5.1
HD160691	A2		9.5	1.9
16 CygB	G2.5 V	72	5.96	1.6
47 UMa	G0 V	46	5.06	2.6
HD10697	G4 V		6.15	6.0
HD190228	G5		7.60	5.0
14 Her				4.0
$\epsilon$ Eri	K2 V	10.76	3.75	0.87
PSR1829-10		33 000		0.03
PSR1257+12		1 600		0.008~0.01
O <sup>2</sup> Eri	K1 V	15.66	3.7	<5.1
61 Vir	G6 V	28.3	4.74	0.9~7.4
$\beta$ Boo	G8 III	22.5	4.54	1.6~7.5
$\tau$ Cet	G8 V p	11.8	3.5	<4.2
$\sigma$ Dra	K0 V	18.2	4.68	<6.1
61 CygA	K5 V	11.0	7.56	<3.4
$\gamma$ Cep	K1 IV	48.0	3.22	1.7
EV Lac	M4, S0	16.3	16.3	9.0
BD+68946	M3 V	15.3	9.2	8.0
$\rho^1$ Cnc	G8 II - III	44	5.15	0.93
$^2\rho$ Cnc	K0 V	41	5.94	0.93
HD46974	G5		7.6	0.12
HD190360A	G6 IV	71	5.70	1

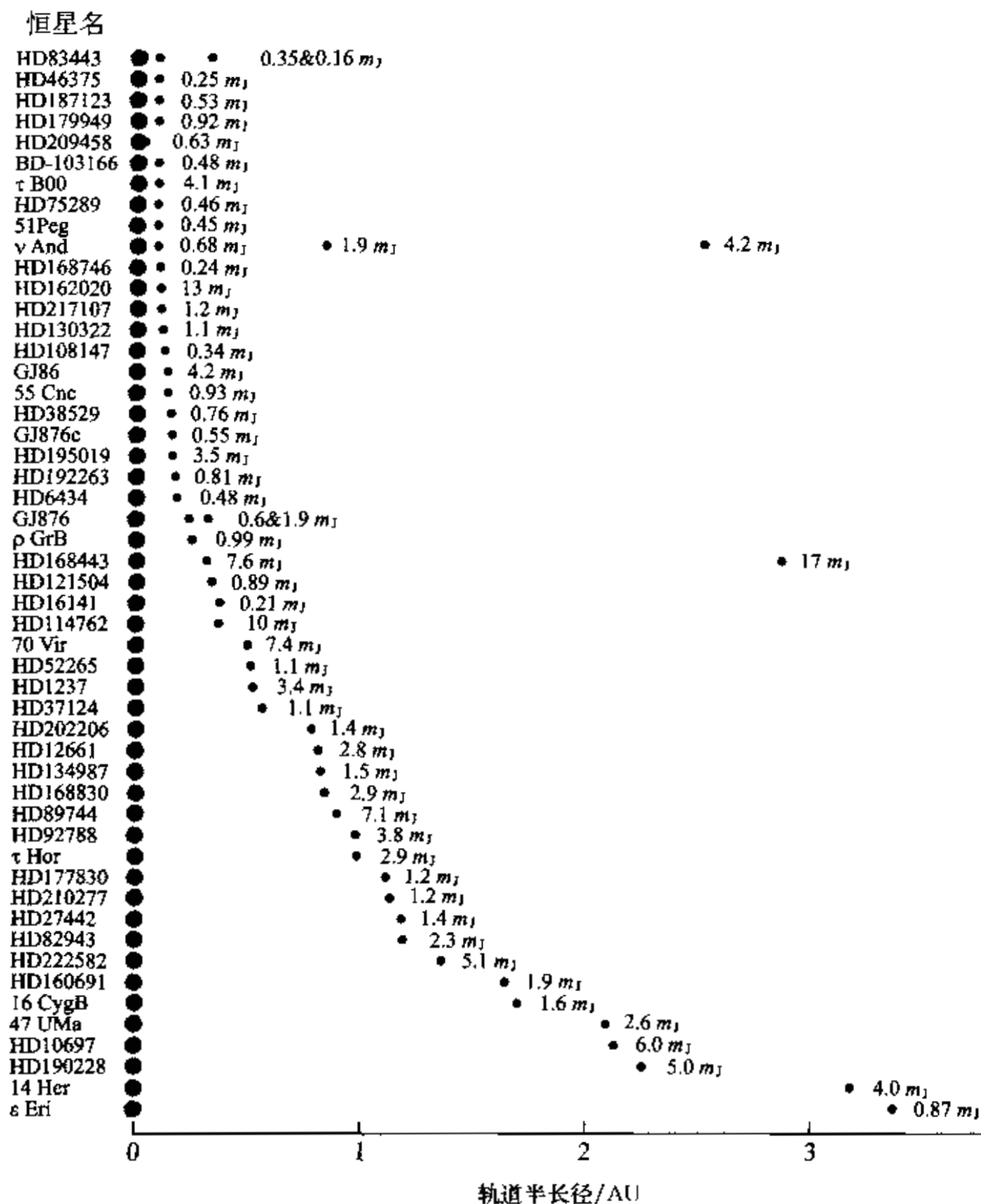


图 27.6 银河系内除了太阳系外的恒星系统,其行星其轨道半长径与行星的质量的关系图



## 习 题

1. 为什么说“人类并不孤独”? 目前哪些恒星的行星和卫星有希望找到具有高级智慧的人类知音,为什么?
2. 假定恒星的平均寿命有 50 亿年,估算一下在银河系里可居住的行星有



多少?

3. 一个宇宙飞船完成一次从地球到半人马座  $\alpha$  恒星(距离 1.3 pc)而且回来的时间要小于人的寿命(80 岁),它的速度需要多快?

4. 现代寻找地外行星有哪些重要方法?

5. 估计一下,光度为  $0.1 L_{\odot}$  的 K 型星周围的可居住带的范围。

## 附录

### 常用天文、物理常量

光速	$c=2.997\,924\,58\times 10^8\text{ m/s}$
万有引力常量	$G=6.672\,59\times 10^{-11}\text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
普朗克常量	$h=6.626\,0\times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$
玻尔兹曼常量	$k=1.380\,662\times 10^{-23}\text{ J/K}$
斯特藩-玻尔兹曼常量	$\sigma=5.669\,56\times 10^{-8}\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$
电子电量	$e=1.602\,192\times 10^{-19}\text{ C}$
电子静止质量	$m_e=9.109\,56\times 10^{-31}\text{ kg}$
精细结构常数	$1/\alpha=hc/2\pi e^2=137.036\,0$
第一玻尔轨道半径	$a_0=h^2/4\pi^2 m_e e^2=5.291\,775\times 10^{-11}\text{ m}$
经典电子半径	$r_e=e^2/m_e c^2=2.817\,938\,0\times 10^{-15}\text{ m}$
质子静止质量	$m_p=1.672\,661\times 10^{-24}\text{ g}$
中子质量	$m_n=1.674\,92\times 10^{-24}\text{ g}$
电子静止能量	$m_e c^2=0.511\,003\,4\text{ MeV}$ (兆电子伏特)
地球质量	$m_\oplus=5.976\times 10^{24}\text{ kg}$
地球赤道半径	$R_\oplus=6\,378.164\text{ km}$
天文单位	$1\text{ AU}=1.495\,979\times 10^8\text{ km}$
1 光年	$1\text{ l. y.}=9.460\times 10^{12}\text{ km}$
1 秒差距	$1\text{ pc}=3.086\times 10^{13}\text{ km}=3.262\text{ l. y.}$
地月平均距离	$3.844\,01\times 10^5\text{ km}$
太阳质量	$m_\odot=1.989\times 10^{30}\text{ kg}$
太阳半径	$R_\odot=6.959\,9\times 10^5\text{ km}$
太阳光度	$L_\odot=3.826\times 10^{26}\text{ W}$
太阳表面重力加速度	$g_\odot=2.74\times 10^4\text{ cm/s}^2$
太阳有效温度	$T_e=5\,800\text{ K}$
太阳 V 绝对星等	$M_V=4.84$
太阳 V 目视星等	$m_V=-26.73$
太阳常量(1976)	$f=1.36\times 10^3\text{ W/m}^2$
黄赤交角(2000.0)	$\epsilon=23^\circ 26' 21.448''$

# 参考文献

[1] Chaisson, McMillan. Astronomy Today. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1998

[2] Karttunen H, Kröger P, Oja H, et al. Fundamental Astronomy. 3rd edition. Berlin: Springer, 1996

[3] Robbins R R, Jefferys W H, Shawl S J. Discovering Astronomy. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1995

[4] 戴文赛主编. 天文学教程(上册). 上海: 上海科学技术出版社, 1961

[5] 李宗伟, 肖兴华. 天体物理学. 北京: 高等教育出版社, 2000

[6] 何香涛. 观测宇宙学. 北京: 科学出版社, 2002

[7] 刘学富. 观测天体物理学. 北京: 北京师范大学出版社, 1997

[8] 李启斌等. 90年代天体物理学. 北京: 高等教育出版社, 1996

[9] 中国大百科全书(天文学卷). 上海: 中国大百科全书出版社, 1980

[10] 黄润乾. 恒星物理学. 北京: 科学出版社, 1998

[11] 余允强. 大爆炸宇宙学. 北京: 高等教育出版社, 1995

[12] 艾伦 CW. 物理量和天体物理量. 杨建译. 上海: 人民出版社, 1972

[13] 苏宜. 天文学新概论. 武昌: 华中理工大学出版社, 2000

[14] Rudolf K. 千亿个太阳——恒星的诞生、演变和衰亡. 沈良照, 黄润乾译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1997

[15] Воронцов-Вельяминов, ВА. 天文学习题和练习汇编. 胡挹刚, 桑志治译. 北京: 高等教育出版社, 1956

[16] 刘学富, 李志安. 太阳系新探. 北京: 地震出版社, 1999

[17] 刘学富, 李志安. 我爱天文观测. 北京: 地震出版社, 1999

[18] 刘学富, 李志安. 神奇宇宙探秘. 北京: 地震出版社, 2001

[19] Shu Frank H. The Physical Universe: An Introduction to Astronomy. California: Mill Valley, 1982

[20] 天文网上资源

美国航天航空局 NASA(National Aeronautics and Space Administration).  
<http://www.nasa.gov>

美国航天航空局喷气动力实验室(NASA's Jet Propulsion Laboratory). <http://www.jpl.nasa.gov>

哈勃空间望远镜电信服务(Space Telescope Electronic Information Service). <http://www.stsci.edu/ftp/science/hdf/hdf.html>

天空与望远镜杂志 SKY Online(SKy & Telescope). <http://skyandtelescope.com>



[ G e n e r a l   I n f o r m a t i o n ]

书名 = 普通高等教育“十五”国家级规划教材      基础天文学

作者 =

页数 = 4 0 0

S S 号 = 0

出版日期 =

V s s 号 = 7 3 3 1 0 4 0 1

绪论	
第一篇 天文观测的基础知识	
第一章 星空运转与周日视运动	
第1节 星座与四季星空	
第2节 天体的周日视运动	
第3节 太阳的周年视运动	
第4节 天体的亮度和视星等	
习题	
第二章 天球和天球坐标系	
第1节 天球和天球坐标系	
*第2节 天球坐标系的变换	
习题	
第三章 天文观测时间系统	
第1节 平太阳时、世界时、区时与恒星时	
*第2节 原子时、历书时和力学时	
第3节 历法与节气	
*第4节 天体的出没时刻	
习题	
第四章 天文望远镜	
第1节 当代天文学望远镜	
第2节 天文光学望远镜系统	
第3节 天文光学望远镜的光学性能	
*第4节 光学望远镜的光学像差	
*第5节 光学望远镜的机械装置	
第6节 射电望远镜	
第7节 空间望远镜与空间探测器	
习题	
第二篇 我们的太阳系	
第五章 太阳系大家族	
第1节 太阳系大家族	
第2节 行星的视运动	
第3节 行星的轨道运动定律	
*第4节 行星运动轨道要素和运动方程	
第5节 太阳系的形成和演化	
习题	
第六章 水星与金星	
第1节 水星	
第2节 金星	
习题	
第七章 地球与月球	
第1节 地球在太阳系中得天独厚	
第2节 地球的物理特征与结构	
第3节 地球的内部构造	
第4节 磁层与辐射带	
*第5节 地球自转	

* 第 6 节	地球内部的地极移动
第 7 节	地球公转与四季
* 第 8 节	地球轨道参数变化
* 第 9 节	地球的沧桑演变
* 第 10 节	厄尔尼诺现象
* 第 11 节	地震
* 第 12 节	宇宙环境对气候的影响
第 13 节	保护环境珍惜地球
第 14 节	月球
习题	
第八章	地外行星
第 1 节	火星
第 2 节	木星
第 3 节	土星
第 4 节	天王星
第 5 节	海王星
第 6 节	冥王星
习题	
第九章	太阳系的小天体
第 1 节	小行星
第 2 节	彗星
第 3 节	流星和流星雨
第 4 节	陨石和陨石雨
习题	
第十章	日食与月食
第 1 节	月食
第 2 节	日食
习题	
第三篇	太阳和恒星世界
第十一章	太阳是一颗主序星
第 1 节	太阳的物理特征
第 2 节	太阳的内部
* 第 3 节	太阳的能量来源
* 第 4 节	太阳的空间探测
第十二章	太阳大气
第 1 节	光球
第 2 节	太阳的光球光谱
第 3 节	色球
第 4 节	过渡区和日冕
第 5 节	太阳风
第 6 节	太阳磁场
习题	
第十三章	太阳活动
第 1 节	太阳黑子活动
第 2 节	色球活动
第 3 节	日冕活动
* 第 4 节	日震
第十四章	日地关系
第 1 节	太阳是一个超级实验室
第 2 节	太阳对地球环境的影响
* 第 3 节	太阳对地球气候与地震的影响

习题	
第十五章	恒星的测量
第 1 节	恒星的距离
第 2 节	恒星的绝对星等与光度
* 第 3 节	恒星的辐射与温度
第 4 节	恒星的光谱
第 5 节	恒星的大小
第 6 节	恒星的质量
第 7 节	恒星的运动
* 第 8 节	恒星的自转
第 9 节	恒星活动与能源
习题	
第十六章	恒星的形成和演化
第 1 节	化学元素的形成
第 2 节	原恒星
第 3 节	主序前星
第 4 节	主序星
第 5 节	红巨星
第 6 节	恒星的归宿
习题	
第十七章	白矮星、中子星和黑洞
第 1 节	白矮星
第 2 节	中子星
第 3 节	黑洞
习题	
第十八章	双星
第 1 节	目视双星
第 2 节	食变双星
第 3 节	分光双星
* 第 4 节	双星的洛希模型
* 第 5 节	色球活动双星
* 第 6 节	X 射线双星
* 第 7 节	? 近双星的演化
习题	
第十九章	变星
第 1 节	变星的分类
第 2 节	脉动变星
第 3 节	激变变星
习题	
第二十章	超新星
第 1 节	超新星的分类
第 2 节	著名的超新星
* 第 3 节	超新星的爆发机制
习题	
第四篇	银河系与河外星系
第二十一章	银河系
第 1 节	银河系的外貌
第 2 节	银河系里的恒星族
第 3 节	星团
第 4 节	银河系的质量
第 5 节	银河系的较差自转



第6节	银河系的旋臂
第7节	银河系的中心
第8节	银河系的形成和演化
习题	
第二十二章	河外星系
第1节	星系的形态分类
第2节	星系的红移
第3节	星系的光度
*第4节	星系的质量
第5节	星系的形成和演化
习题	
第二十三章	活动星系
第1节	类星体
第2节	赛弗特活动星系
*第3节	蝎虎座B L天体
*第4节	其他活动星系
*第5节	活动星系核的统一模型
习题	
第二十四章	星际介质
第1节	星际消光
第2节	气体星云
*第3节	宇宙线和星际磁场
习题	
第二十五章	星系群与超星系团
第1节	星系群
第2节	星系团与超星系团
*第3节	暗物质
第五篇	膨胀的宇宙与宇宙中生命的探寻
第二十六章	宇宙学
第1节	中国古代宇宙观
第2节	欧洲宇宙学的发展
第3节	现代宇宙学的观测基础
*第4节	现代宇宙学
第5节	标准宇宙学——宇宙大爆炸模型
第6节	宇宙演化的简史
第7节	宇宙的年龄与未来
习题	
第二十七章	茫茫宇宙觅知音
第1节	太阳系的生命探索
第2节	银河系里的生命之光
习题	
附录	常用天文、物理常量
参考文献	