



嫦娥书系

政
阳
自
述

主编

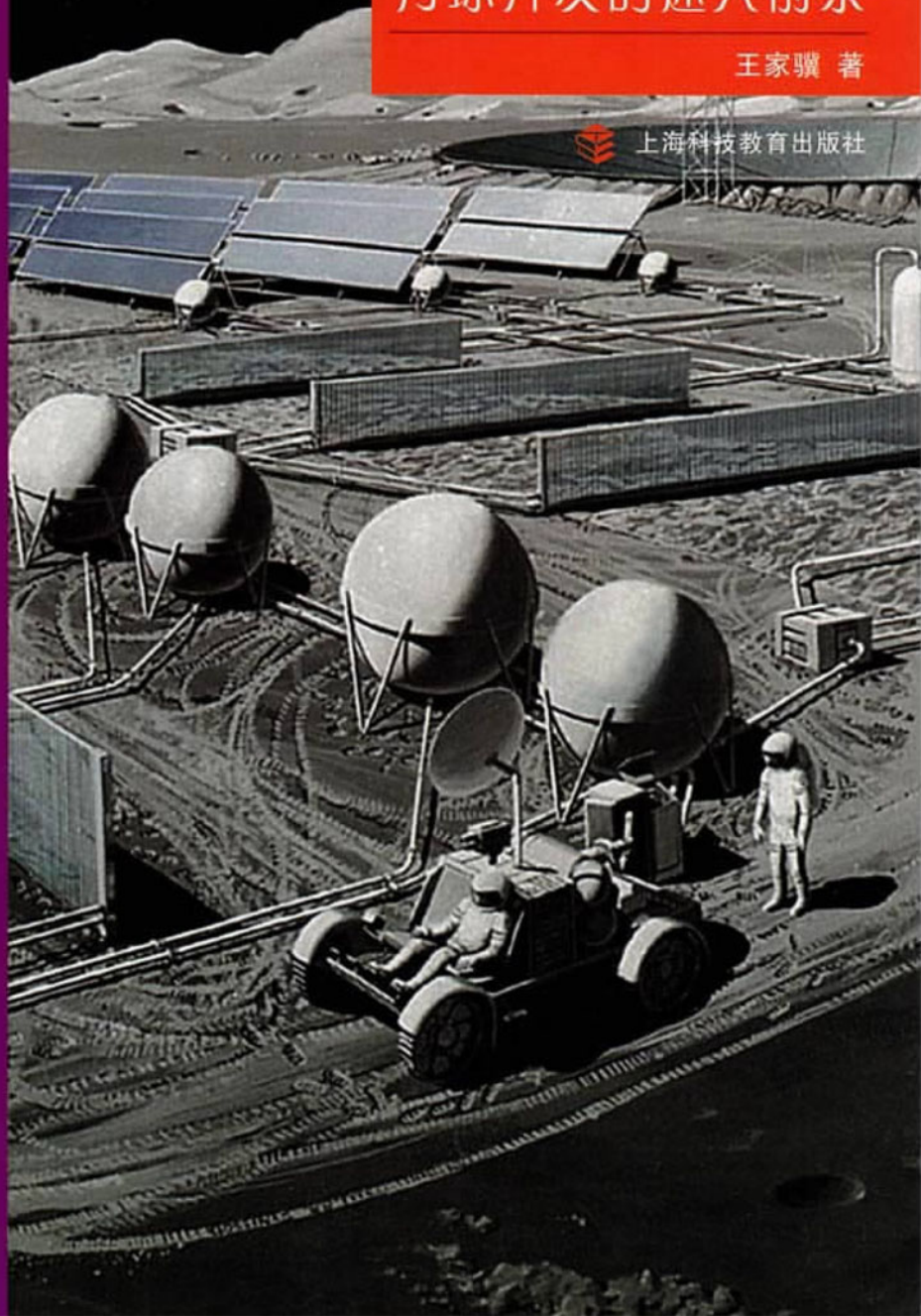
超越广寒

月球开发的迷人前景

王家骥 著



上海科技教育出版社



嫦娥书系

主编

欧阳自远

超越广寒

月球开发的迷人前景

王家骥 著

上海科技教育出版社



图书在版编目(CIP)数据

超越广寒:月球开发的迷人前景/王家骥著.

—上海:上海科技教育出版社,2013.8

(嫦娥书系/欧阳自远主编;6)

ISBN 978-7-5428-5648-7

I. ①超… II. ①王… III. ①月球探索—远景—普及读物 IV. ①V1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 047548 号

嫦娥书系

欧阳自远 主编

超越广寒 月球开发的迷人前景

王家骥 著

丛书策划 卞毓麟

责任编辑 卞毓麟

装帧设计 汤世梁

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上海科技教育出版社

(上海市冠生园路393号 邮政编码 200235)

网 址 www.ewen.cc

www.sste.com

经 销 各地新华书店

印 刷 莱芜市东方彩印有限公司

开 本 700×960 1/16

字 数 188 000

印 张 15

版 次 2013 年 8 月第 1 版

印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数 1—5 000

书 号 ISBN 978-7-5428-5648-7/P·19

定 价 39.80 元

嫦娥书系

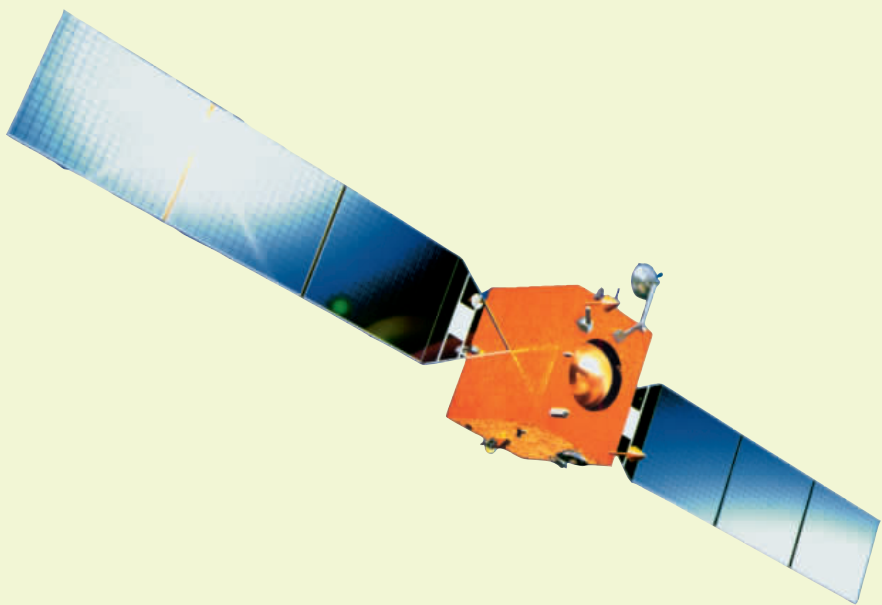
主 编 欧阳自远

副主编 卞毓麟 邹永廖

编 委 (以姓氏笔画为序)

王世杰 王家骥 卞毓麟 李必光

陈闽慷 张 焄 邹永廖 欧阳自远



■ 主编的话

21 世纪是人类全面探测太阳系的新时代。当代的太阳系探测以探测月球与火星为主线,兼顾其他行星、矮行星、卫星、小行星、彗星和太阳的探测;研究内容涉及太阳系的起源与演化,各行星形成和演化的共性与特性,地月系统的诞生过程与相互作用,生命的起源与生存环境,太阳活动与空间天气预报,防御小天体撞击地球及由此诱发的气候、生态的环境灾变,评估月球与火星的开发前景,探寻人类移民地外天体的条件等重大问题。

月球是地球唯一的天然卫星,是离地球最近的天体。自古以来,她寄托着人类的美好愿望和浪漫遐想,见证着人类发展的艰难步伐,引出了许多神话传说与科学假说。月球也一直是人类密切关注和经常观测的天体,月球运动和月相的变化不仅对人类的生产活动发挥了重大作用,还对人类科学技术的发展和文明进步产生了广泛而深刻的影响。

月球探测是人类走出地球摇篮,迈向浩瀚宇宙的第一步,也是人类探测太阳系的历史开端。迄今为止,人类已经发射 110 多个月球探测器,成功的和失败的约各占一半。美国实现了 6 次载人登月,人类获得了 382 千克的月球样品。月球探测推动了一系列科学的创新与技术的突破,引领了高新技术的进步和一大批新型工业群体的建立,推进了经济的发展和文明的昌盛,为人类创造了无穷的福祉。当前,探索月球,开发月球资源,建立月球基地,已成为世界航天活动的必然趋势和竞争热点。我国在发展人造地球卫星和实施载人航天工程之后,适时开展了以月球探测为主的深空探测。这是我国科学技术发展和航天活动的必然选择,也是我国航天事业持续发展,有所作为、有所创新的重大举措。月球探测将成为我国空间科学和空间技术发展的第三个里程碑。

中国的月球探测,首先经历了 35 年的跟踪研究与积累。通过系统调研苏、美两国月球探测的进展,综合分析深空探测的技术进步与月球和行星科学的研究成果,适时总结与展望深空探测的走向与发展趋势。在此基础上,又经历了长达 10 年的科学目标与工程实现的综合论证,提出我国月球探测的发展战略与远景规划,系统论证首次绕月探测的科学目标、工程目标和工程立项实施方案。2004 年初,中央批准月球探测一期工程——绕月探测工程立项实施。继而,月球探测二、三期工程列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》的重大专项开展论证和组织实施。中国的月球探测计划已正式命名为“嫦娥工程”,它经历了 2004 年的启动年、2005 年的攻坚年和 2006 年的决战年,攻克了各项关键技术,建立了运载、卫星、测控、发射场和地面应用五大系统,进入了集成、联调、试运行和正样交付出厂,整个工程按照高标准、高质量和高效率的要求,为 2007 年决胜年的首发成功,打下了坚实的基础。

中国的“嫦娥一号”月球探测卫星,为实现中华民族的千年夙

愿,即将飞出地球,奔赴广寒,对月球进行全球性、整体性与系统性的科学探测。为了使广大公众比较系统地了解当今空间探测的进展态势和月球探测的历程,人类对月球世界的认识和月球的开发利用前景,中国“嫦娥工程”的背景、目标、实施过程和重大意义,上海科技教育出版社在三年前提出了编辑出版《嫦娥书系》的创意和方案,与编委会共同精心策划了《逐鹿太空》、《蟾宫览胜》、《神箭凌霄》、《翱翔九天》、《嫦娥奔月》和《超越广寒》六本科普著作,构成一套结构完整的“嫦娥书系”。该书系的主要特点是:

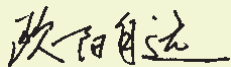
(1) 我们邀请的作者大多是“嫦娥工程”相关领域的骨干专家,他们科学基础坚实,工程经验丰富,亲身体验真切,文字表述清晰。他们在繁忙紧张的工程任务中,怀着强烈的责任感,挤出时间,严肃认真,精益求精,一丝不苟,广征博引,撰写书稿。我真诚地感激作者们的辛勤劳动。

(2) “嫦娥书系”是由六本既各自独立又互有内在联系的科普著作构成的有机整体。其中《逐鹿太空——航天技术的崛起与今日态势》,系统讲述人类航天的艰难征途与发展,航天先驱们可歌可泣的感人故事;《蟾宫览胜——人类认识的月球世界》,系统描述人类认识月球的艰辛历程,由表及里揭示月球的真实面目,追索月球的诞生过程;《神箭凌霄——长征系列火箭的发展历程》,系统追忆中国长征系列火箭的成长过程并展示未来的美好前景,是一首中国“神箭”的赞歌;《翱翔九天——从人造卫星到月球探测器》,系统叙述中国各种功能航天器和月球探测器的发展沿革,展望未来月球探测、载人登月与月球基地建设的科学蓝图;《嫦娥奔月——中国的探月方略及其实施》,系统分析当代国际“重返月球”的形势,论述中国月球探测的意义、背景、方略、目标、特色和进程,是当代中国“嫦娥奔月”的真实史诗;《超越广寒——月球开发的迷人前景》,是一支开发利用月球的科学畅想曲,展现了人类和平利用空间的雄心壮志与迷人前景。

(3) “嫦娥书系”力求内容充实、论述系统、图文并茂、通俗易懂,融知识性、可读性、趣味性与观赏性于一体。

(4) “嫦娥书系”无论在事件的描述上还是在人物的刻画上,都力求真实而丰满地再现当代“嫦娥”科技工作者为发展我国航天事业而奋斗、拼搏、奉献的精神和事迹,书中还援引了他们用智慧和汗水凝练的研究成果、学术观点和图片资料。特别值得一提的是,书系在写作过程中还得到了他们的指导、帮助、支持与关心。虽然“嫦娥书系”作为科普读物,难以专辟章节一一列举他们的名字,书写他们的贡献,我还是要在此代表编辑委员会和全体作者对他们表示衷心的感谢和深深的敬意。

在这里我要特别感谢上海科技教育出版社精心的文字编辑和装帧设计,使“嫦娥书系”以内容丰富、版面新颖、图文并茂的面貌呈献给读者。我们相信,通过这一书系,读者将会对人类的航天活动与中国的“嫦娥工程”有更加完整而清晰的认识。

A handwritten signature in black ink, reading '陈一志' (Chen Yizhi). The signature is fluid and stylized, with a horizontal line extending from the end.

二〇〇七年十月八日于北京

目 录



主编的话

引言 为什么要开发月球

第一章 月球机器人

- 机器人是开发月球的主力军 / 4
- 机器人的臂、手和腿 / 13
- 机器人的眼睛 / 18
- 机器人的大脑 / 20
- 机器人的耳和嘴 / 22
- 机器人的自我复制 / 24
- 嫦娥工程与机器人 / 26

第二章 人在月球上

- 人是开发月球的主角 / 31
- 人在月球上的“住” / 36
- 人在月球上的“衣” / 38
- 人在月球上的“食” / 40
- 人在月球上的“行” / 44
- 怎样的人能上月球 / 47
- 从旅游到移民 / 53

第三章 月球开发基地

- 月球开发的五个阶段 / 60
- 就地取材兴建月球村 / 65
- 生活必备三要素和能源 / 71



五花八门的建设方案 / 75

月球村里的农业 / 78

人造月球生物圈 / 82

未来月球畅想曲 / 85

第四章 月球的航天开发

月球上的太空城 / 89

月球太空实验室 / 95

月球太空旅馆 / 98

飞往火星的跳板 / 101

航天港和航天基地 / 104

月球航天飞行控制中心 / 109

人类通往宇宙的大门 / 112

第五章 月球天文台

向多波段发展的天文学 / 117

在月球上建造天文台 / 121

真正的巨无霸望远镜 / 130

搜寻外星智慧生物 / 133

超长基线的射电干涉仪 / 136

探测宇宙深处的基地 / 139

监视地球和近地空间 / 141

第六章 月球资源和产业的开发

太阳能和氦3能源 / 144

从矿产资源到加工工业 / 149

月球上的生物产业 / 155

月球上的信息产业 / 157

月球媒体和娱乐产业 / 160

交通运输和旅游业 / 163

月球上的房地产业 / 168

第七章 月球的战争与和平

和平开发月球的保障 / 171

未来月球在战争中的作用 / 177

幻想中的外星人占领月球 / 183

防止恐怖分子利用月球 / 185

未来月球战争怎么打 / 188

世界不会坐视月球军事化 / 191

保卫月球和平的强大力量 / 196

第八章 更遥远的世界

火星生命和火星上的水 / 199

从火星旅行到移民火星 / 205

木卫和土卫世界 / 210

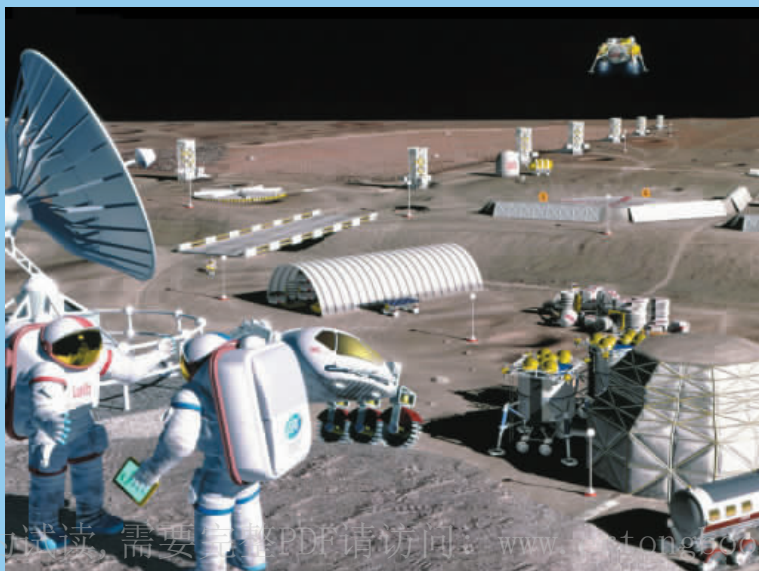
太阳系外的智慧生命 / 213

飞出太阳系 / 219

向太阳系外移民的幻想 / 222

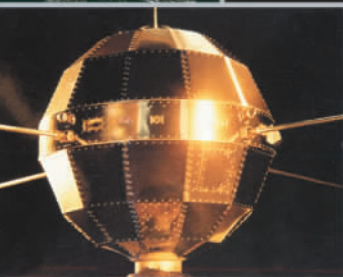
能超越空间和时间吗 / 225

结束语 人类文明的新阶段





嫦娥书系 ● 超越广寒 月球开发的迷人前景





人类在月球上进行开发活动艺术形象图

引言 为什么要开发月球

“探月工程一期的关键技术都已基本解决,我们正整装待发。”2003年3月,中国探月工程首席科学家、中国科学院院士欧阳自远在接受记者专访时这样说。

2004年1月,中国国务院正式批准绕月飞行工程立项。中国的探月工程命名为“嫦娥工程”,第一颗绕月卫星命名为“嫦娥一号”。

发射月球探测卫星只是中国整个探月工程的第一步。接下来的第二步将在月球“软着陆”,使用月球车在月面上巡回探测。第三阶段,要把机器人送上月球,在月球有代表性的区域进行采样,并把样品带回地球。整个探月工程将用10年以上的时间才能全部完成。然



而,即便如此,那也只是规模更大的月球开发事业的一个序曲。

20世纪50年代末人类进入太空时代以后,经过一次次的月球探测和载人登月活动,全世界都开始用新的眼光来打量这颗离人类最近的星球。

现在,人们已经认识到,月球是一个有着极其丰富资源的宝库。目前月球上已知有100多种矿物,其中有5种是地球上没有的。在月球表面厚厚的尘土里,蕴藏着一种非常重要的能源——氦3。它在地球上十分罕见,是可控核聚变的主要原料之一。目前,国际上正在加快可控核聚变反应堆的建设。如果有100吨氦3原料,核电站所产生的电能就足够全球使用一年。而据估算,月球上的氦3储量竟有100万~500万吨之多!这些氦3如果能够开发出来,保守地估计也够人类用上几万年。

月球虽然环境恶劣,但也有独特的优点。月球上引力很小,在那里建造发射场向空间发射航天器,成本将比从地球上发射低很多。月球上没有大气,在那里建造天文台能看得更远、更清楚,在那里建造太阳能发电站效率将更高。

总而言之,月球有着巨大的开发价值。

早在1970年,美国国家宇航局就已经制订了一个庞大的月球开发计划。1987年,美国女宇航员萨莉·赖德(Sally Kristen Ride)受宇航局委托,领导一个小组,较完整地提出了建立月球基地、开发月球的长远计划。

根据赖德的计划,将分三个阶段建成月球基地。首先,在20世纪90年代,对月球进行无人探测,测绘月面图,进行月球化学研究,寻找月球水源,深入研究月球环境,并选定月球基地建设地点。接着,在2000年至2005年,载人重返月球,并带去科学与生活设施,开展科学实验、制氧试验,并最终建立生活、居住和研究区。最后,2005年至2010年,逐步建立月球永久性居住基地,其

中有闭环生活系统,能开展科学研究、技术实验、矿产开发、材料加工等活动。

20世纪80年代末,国际宇航科学院认为,人类全面征服月球的时机已经到来,并建议在今后的25年内,包括中国在内的各个国家应携起手来,共同努力在月球上建立一个永久性的生活区和工作站。它可供50~100人居住,同时也是一个科研站、天文台和生产基地。从长远的观点看,月球基地也将是人类探索火星的出发点。21世纪结束以前,将建成具有高度自给能力的月球居民区。

现在看来,美国和国际宇航科学院的计划都过于乐观了。建立月球基地、月球发电站和开发月球资源将是艰巨的长期任务。不过,这里并不存在不可逾越的障碍。目前,一些国家已经开始新一轮的月球探测,以此为人类开发月球的下一步做准备。不久前,美国宣布了“新先锋月球探测计划”,明确今后的太空探测将以月球为主。欧洲空间局则计划在2020年之前分四个阶段进行月球探测,最后将完成月球基地建设,宇航员进驻永久性月球基地。2004年,他们发射了首个月球探测器。2007年9月14日,日本发射了“月神号”月球探测器。印度也提出了自己的探月计划,甚至连美国的一些私人公司也在计划发射探测器。

2004年12月,在中国土木工程学会第11届年会上,中国科学家已将“宇宙空间建设工程技术”提上议事日程,列入2020年前工程技术领域12项关键技术之一。它将配合已经正式启动的“嫦娥工程”,为在月球上建设科研基地做准备,最终达到和平开发利用月球,让月球为人类服务的目的。

可以相信,人类克服种种困难,在月球上建立基地、开展科研、进行开发等活动,将能在21世纪内实现。到那时,去月球旅游也将成为现实。

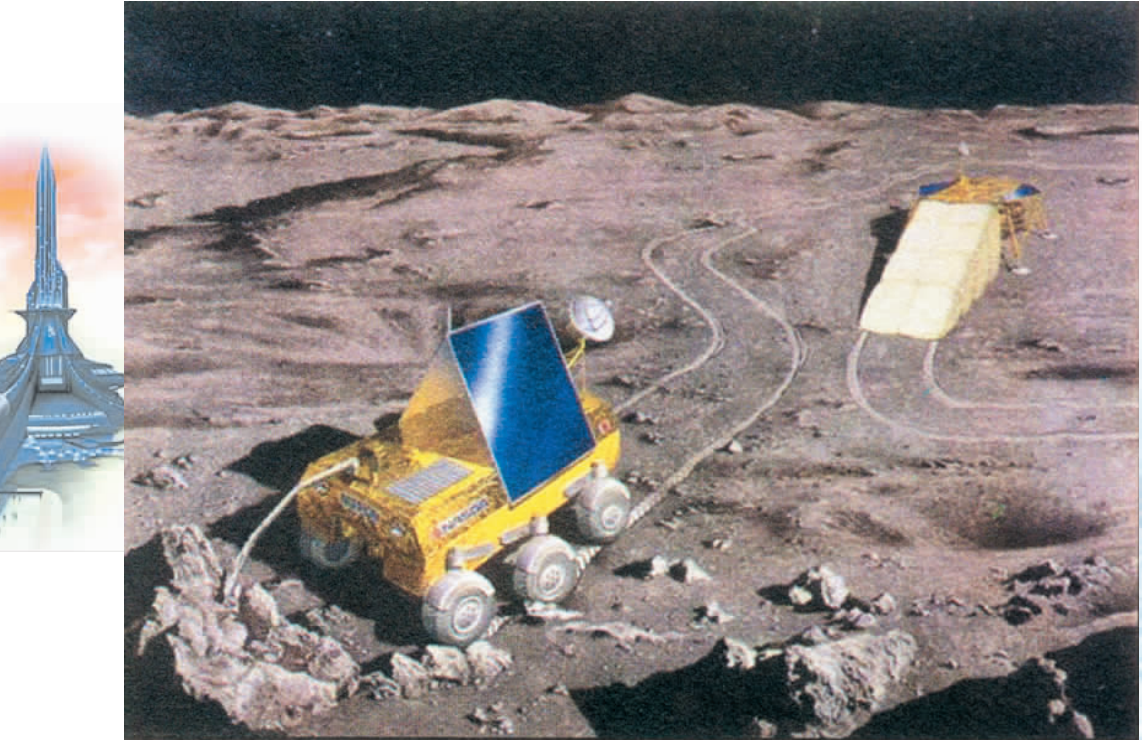


图1-1 探测月球的“机器人”——月球车在月面工作的艺术构思图

第一章 月球机器人

机器人是开发月球的生力军

月球是个没有空气、没有水、没有生命的世界,这是人类开发月球首先会碰到的障碍。

如果只是几个宇航员在月球上登陆,作几天科学考察就回来,那他们可以把氧气、水和食物带去。可是,开发月球就没有这么简单,那将是一项规模宏大的长期的工作,这些工作如果都由人来完成,需要多少氧气、水和食物才能满足他们的需要啊!

幸好,现在有了机器人。它们可以替人干一些特别繁重、危险的工作,或是在那些有毒、有害的环境中辛劳(图1-1)。

按照国际标准化组织的定义,“机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手,这种机械手具有几个轴,能够借助于可编程序操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置,以执行种种任务”。从这个定义可以看到,是不是具有类似人的外形,并不是构成机器人的必要条件。

那么,作为机器人,应该具备哪些必要条件呢?

机器人必须具有某些不同的功能和完成多样简单任务的实际能力。这意味着,机器人应该具有能够根据任务需要而变更的几何结构。

机器人必须具有对环境的自适应能力,即应该能够自我执行未经完全指定的任务。这一能力要求机器人能认识其环境,即具有人工知觉。

机器人都应由操作机、驱动单元及控制装置三大部分组成。操作机可进一步分为机械手、机座和移动机构等,其中机械手具有类似人手的功能,可在空间抓放物体或操持工具进行多种作业。驱动单元包括驱动器、减速器和内部检测单元。控制装置相当于人的大脑及感觉系统,由传感器、信号检测电路、计算机及软件等组成。

具有视觉、触觉、力觉等传感器的控制装置,既能遵照人输入的程序控制机器人的运动,又能根据传感器检测到的环境信息控制驱动单元,使操作机的运动能跟踪目标,保证任务的完成。一些移动式机器人的视觉传感器检测到路上有障碍物时,其控制装置能自动规划路径,绕过障碍物,达到操作人员指定的位置。这类具有感觉及决策功能的机器人统称为智能机器人。

人类探测和开发月球的历程始于 1959 年,形形色色的机器人正是人类开发月球的先遣队和生力军。

1959 年 1 月 2 日,苏联发射了“月球 1 号”探测器。两天后,这个探测器在离开月球几千千米的地方飞掠而过。1964 年 7 月 31 日,美国的“徘徊者 7 号”探测器在月球上实现硬着陆。所谓硬着陆,就