

中国科学技术前沿

SCIENCE AND TECHNOLOGY AT THE FRONTIER IN CHINA

中国工程院版

第 11 卷

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

中国科学技术前沿. 第 11 卷 / 中国工程院编. —北京:
高等教育出版社, 2008. 10

ISBN 978 - 7 - 04 - 025138 - 8

I. 中… II. 中… III. 科学技术 - 概况 - 中国 IV. N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 139644 号

策划编辑	沈 俐	责任编辑	谭 燕	封面设计	张 楠
责任绘图	郝 林	版式设计	史新薇	责任校对	姜国萍
责任印制	尤 静				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	889 × 1194 1/32		
印 张	16.625	版 次	2008 年 10 月第 1 版
字 数	410 000	印 次	2008 年 10 月第 1 次印刷
插 页	1	定 价	79.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25138 - 00

编辑委员会

顾 问：宋 健 侯云德

主 编：徐匡迪

副主编：刘德培 金国藩 柳百成

委 员：（以姓氏笔画为序）

朱晓东 刘德培 李伯虎 李椿萱

沈德忠 陈毓川 金国藩 金鉴明

柳百成 徐匡迪 唐启升 崔俊芝

甄永苏

编 辑 部

董庆九 刘 静 王国祥

目 录

航 天 工 程

“嫦娥一号”卫星的技术成就与中国深空探测 展望	叶培建 彭 兢 饶 炜 孙泽洲(5)
中国首次月球探测工程科学探测系统及信息的初步 分析	姜景山 孙辉先(41)
中国首次月球探测卫星载荷微波探测仪	张晓辉 姜景山 王振占 张德海(103)
中国通信卫星发展的里程碑	周志成(133)

能 源 工 程

大陆边缘地质和矿产资源	姚伯初 吴能友 吴时国 李家彪(177)
节能减排的循环流化床燃烧技术	岳光溪(211)
多喷嘴对置式水煤浆气化技术	于遵宏(257)
高瓦斯复杂地质条件安全高效煤矿开采	袁 亮(301)

生 物 工 程

中国现代养羊业中科学技术研究进展	赵有璋(341)
我国海洋生物技术发展回顾与展望	相建海(399)

建 筑 工 程

中国铁路桥梁的发展与展望	秦顺全(439)
--------------------	----------

II 目 录

信 息 技 术

决策科学与技术在企业中应用研究的新进展 杨善林(487)

CONTENTS

Aviation Engineering

Technical Achievements of CE—1 and Prospect of China Deep
Space Exploration

..... Peijian Ye Jing Peng Wei Rao Zezhou Sun(37)

China First Lunar Probe Project Preliminary Analysis in Scientific
Exploration System and Information

..... Jingshan Jiang Huixian Sun(98)

Design for Chang'e I Lunar Microwave Sounder

..... Xiaohui Zhang Jingshan Jiang Zhenzhan Wang
Dehai Zhang(128)

Nigcomsat—1, China First Exported Communications

Satellite Zhicheng Zhou(170)

Energy Engineering

The Geology of the Continental Margins and Mineral Resources

..... Bochu Yao Nengyou Wu Shiguo Wu Jiabiao Li(207)

Circulating Fluidized Bed Combustion Technology with High

Efficiency and Low Emission Guangxi Yue(253)

The Opposed Multi - Burner Coal Water Slurry Gasification

Technology Zunhong Yu(296)

Safety and High Efficiency Mining under Methane Rich and

Complicated Geological Conditions Liang Yuan(335)

II CONTENTS

Bioengineering

- Research Progress of Science and Technology on Modern Sheep
Husbandry in China Youzhang Zhao(394)
- Retrospect and Prospect of Marine Biotechnology in China
..... Jianhai Xiang(434)

Architecture Engineering

- The Development and Expectation of Railway Bridge in
China Shunquan Qin(481)

Information Technology

- Evolution of Application of Decision Science and Technology to
Enterprises Shanlin Yang (520)

航 天 工 程

Aviation Engineering

中国空间技术研究院深空探测领域首席专家

叶培建



“嫦娥一号”卫星的技术成就 与中国深空探测展望

叶培建 彭兢 饶炜 孙泽洲

中国空间技术研究院

一、前 言

人类的航天活动一般可分为地球应用卫星、载人航天和深空探测三大领域,深空探测是人类探索未知世界、拓展生存空间的活动。经过近四十年的发展,我国在地球应用卫星和载人航天两个领域已经取得令人瞩目的成就。在此基础上开展面向太阳系的深空探测活动,是航天技术发展的必然选择,将有助于人类进一步了解宇宙、认识太阳系、探索地球与生命的起源和演化,获取更多科学认识。

月球作为地球的近邻,是人类开展深空探测的起点和前哨站。“嫦娥一号”卫星是我国第一个月球探测器和深空探测器,由中国空间技术研究院负责研制,2007年10月24日发射升空,2007年11月7日已成功进入环绕月球运行的工作轨道,迄今为止科学探测仪器工作正常,已获取大量信息。“嫦娥一号”卫星的成功标志着我国在月球探测领域取得了历史性突破,成功地迈出了深空探测的第一步,被看做是继人造卫星、载人航天之后,中国航天的第三个重要里程碑,也是我国航天器研制中自主创新的一个典范。

我国的月球探测工程是20世纪90年代提出的,并专门成立了“863”月球探测课题组进行研究论证。1998年,国防科工委组织多位专家和相关单位进行了规划论证。2000~2003年间,综合

分析国际上月球探测已取得的成果,以及世界各国“重返月球”的战略目标和实施计划,考虑到我国科学技术水平、综合国力和国家整体发展战略,初步确定了我国月球探测的近期目标,简称为“绕、落、回”三步走规划。

在2004年绕月探测工程经国务院批准立项之后,我国中长期科技发展规划形成之前,由国内多位院士和专家组成的论证组再次对月球探测工程的后续安排进行了研讨和论证。在2006年1月对外公布的我国中长期科技发展规划中,载人航天和月球探测被列为重大专项之一。

二、绕月探测工程

(一) 绕月探测工程的技术目标

我国首次月球探测工程——绕月探测的总目标包括:

- (1) 研制和发射我国第一颗月球探测卫星。
- (2) 初步掌握绕月探测基本技术。
- (3) 首次开展月球科学探测。
- (4) 初步构建月球探测航天系统。
- (5) 为月球探测后继工程积累经验。

(二) 绕月探测工程任务的科学目标

绕月探测工程任务的科学目标包括四个方面:

- (1) 获取月球表面三维影像。
- (2) 分析月球表面有用元素含量和物质类型的分布特点。
- (3) 探测月壤厚度。
- (4) 探测地月空间环境。

(三) 绕月探测工程的系统组成

绕月探测工程共由五大工程系统组成,分别是:

- (1) “嫦娥一号”月球探测卫星。
- (2) CZ—3A 运载火箭。
- (3) 西昌卫星发射中心。
- (4) 地面测控通信系统。
- (5) 地面应用系统。

(四) “嫦娥一号”卫星概貌

1. 总体技术方案概貌

“嫦娥一号”卫星充分借鉴了我国多年的卫星研制经验,同时充分强调自主创新,大胆地采用了多项新技术手段以保证实现绕月探测的任务目标。“嫦娥一号”卫星物理上共有 9 个分系统,分为服务系统和有效载荷两个部分。服务系统包括:结构、热控、制导、导航与控制(GNC)、推进、供配电、数据管理、测控数传、定向天线分系统;有效载荷包括:五类(八台)科学探测仪器和一套有效载荷数据管理系统。此外,出于工程研制的需求,还有一个总体分系统和一个综合测试分系统。

“嫦娥一号”卫星的构型如图 1-1 所示,卫星的发射质量约 2 350 kg,干重 1 150 kg,推进剂 1 200 kg,携带 140 kg 的载荷在距月面 200 km 的极月圆轨道上对月球及月球空间进行科学探测,卫星的寿命为 1 年。

CE—1 卫星的主结构是由中心承力筒和多块蜂窝夹层板组成的一个长方体箱形结构,分为上、下两舱。结构分系统(图 1-2)的质量为 217 kg,承载能力为 2 350 kg,本体尺寸为 2 000 mm × 1 720 mm × 2 200 mm。

热控分系统采用了多项主动和被动热控技术,包括散热面涂层、多层隔热材料、加热器、温度传感器、热管、加热控制器等,以保证寿命期内各分系统的仪器设备温度要求。由于“嫦娥一号”卫星所经历的热环境变化范围大,热设计边界条件复杂,系统较多地采用了主动控温设计。

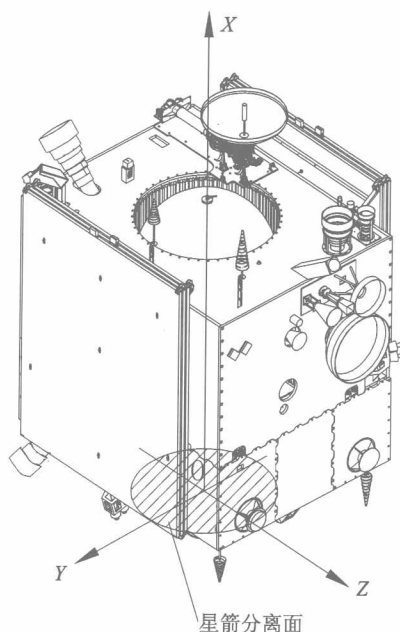


图 1-1 “嫦娥一号”卫星总体构型

制导、导航与控制 (GNC) 分系统由各类敏感器、执行机构和控制器组成,其主要任务是完成各飞行阶段轨道和姿态的变换控制。“嫦娥一号”卫星的稳定方式为整星零动量,反作用轮控制下的三轴稳定。对月指向姿控精度优于 $1^\circ (3\sigma)$,对月指向姿控稳定度优于 $0.01^\circ/\text{s}$,姿态测量精度优于 $0.15^\circ (3\sigma)$ 。

推进分系统采用双组元统一推进系统,主要任务是与 GNC 分系统配合,向卫星提供慢旋、速率阻尼、目标捕获、各种姿态的建立与保持、轨道控制和修正等所需动力。推进分系统配置中包含 1 台 490 N 主发动机和 12 台 10 N 推力器、推进剂贮箱和管路等。

“嫦娥一号”卫星的太阳翼为单自由度对称式双翼,采用有背场的单晶硅太阳电池阵,太阳电池片总贴片面积为 22.7 m^2 ,最大输出功率大于 1 450 W,同时使用镍氢蓄电池组(寿命末期容量大

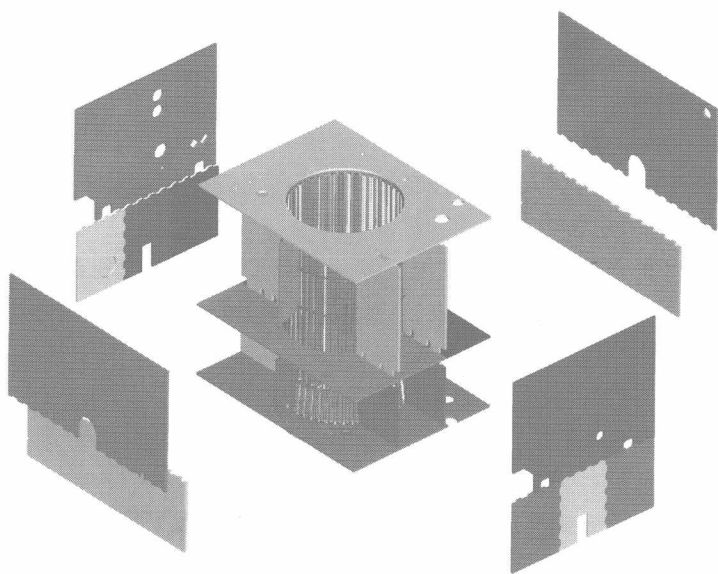


图 1-2 “嫦娥一号”卫星的结构分系统

于 $48 \text{ A} \cdot \text{h}$) 构成联合电源。二次电源采用分散供电方式, 将一次母线电压变换成各分系统及设备所需要的电压; 总体电路实现星上一次电源分配和控制, 以及火工品的管理和控制。

数管分系统是二级分布式容错计算机系统, 由中央单元、远置单元和遥控单元, 以及一套双冗余的串行数据总线和数管分系统软件组成, 用以实现卫星遥测、遥控、程控、自主控制、校时等整星控制和管理功能。

“嫦娥一号”卫星的测控数传分系统首次完成距地球近 $40 \times 10^4 \text{ km}$ 以外的测控通信任务。其中测控子系统使用 S 频段测控全向天线、定向天线和测控应答机等设备, 完成各飞行阶段的遥测遥控任务; 数传采用 S 频段和 BPSK 调制体制, 数传能力为 3 Mbit/s ; VLBI 设备使用 X 频段, 采用 BPSK 体制, 需要 VLBI 测轨时, 通过信标天线提供到地面 VLBI 接收站的链路。