



发射场卫星 工作指南

FASHECHANG WEIXING GONGZUO ZHINAN



张平 冯艳 余伟元 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十一五”统编教材

发射场卫星工作指南

张平 冯艳 余伟元 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

发射场卫星工作指南 / 张平, 冯艳, 余伟元编著.

—北京: 国防工业出版社, 2011. 6

总装部队军事训练“十一五”统编教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 07372 - 0

I. ①发... II. ①张... ②冯... ③余... III. ①人造卫星 - 航天器发射场 - 教材 IV. ①V551.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 065807 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 9½ 字数 268 千字

2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

总装备部军事训练统编教材 编审委员会

(2009)

主任委员 夏长法

副主任委员 乐嘉陵 赵洪利

委 员 于俊民 李 钢 黄水潮

安敏建 陈长贵 姚志军

杨开忠 白凤凯 裴承新

姜世忠 张 渊 陈正兴

秘 书 石根柱 余敬春

前 言

随着国家经济建设和社会发展对各类卫星需求的日益增长,近年来我国加快了卫星立项、研制、发射和应用的步伐,发射场承担的卫星发射任务不断增多。为适应新形势下卫星发射任务需要,提高发射场技术人员专业水平和发射场卫星发射能力,在总装备部机关的安排下,太原卫星发射中心组织编写了《发射场卫星工作指南》。

《发射场卫星工作指南》共分9章:第1章绪论,主要阐述了卫星工程组成、人造卫星组成及分类、发射场设施设备、卫星发射准备及实施的基本情况;第2章天文学基础知识,主要介绍了宇宙、太阳系、天球、时间和历法的基本概念;第3章近地空间环境,介绍了空间电磁辐射、地球大气、地球电离层和空间粒子辐射的基本概念及对卫星的影响;第4章卫星运行轨道,介绍了天体力学基本定律、常用坐标系、基本轨道要素、卫星轨道分类、星下点轨迹和卫星轨道要素的选取等相关知识;第5章卫星平台,介绍了卫星平台各分系统的组成及基本工作原理;第6章卫星有效载荷,介绍了侦察卫星、气象卫星、地球资源卫星和海洋卫星有效载荷的基本工作原理;第7章卫星发射场电性能测试,介绍了卫星电性能测试内容及状态、测试原理及方法、测试系统、卫星测试故障的判断分析及归零程序等知识;第8章卫星发射操作,介绍了卫星发射操作程序、卫星发射场精度检测、推进分系统检漏及加注、卫星与发射场及运载火箭的接口关系等相关内容;第9章卫星发射安全,介绍了卫星发射安全方面的相关概念、卫星发射安全管理、推进剂加注后安全距离确定、火箭残骸落区安全控制、国外发射场卫星发射安全控制等相关知识。

编写本教材时,我们参考了《卫星工程概论》、《太原卫星发射中心用户手册》和《西昌卫星发射中心用户手册》及卫星系统有关资料,同时得

到了太原卫星发射中心、航天科技集团公司第八研究院、东方红卫星有限公司的领导和专家们的大力支持与指导,在此表示衷心的感谢!同时对支持本教材出版的所有同志深表谢意!

由于编者水平有限,书中的疏漏和不妥之处在所难免,殷切希望各位专家、读者提出宝贵意见。

编 者

2010 年 6 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 卫星工程组成	1
1.2 人造卫星的分类及组成	2
1.2.1 人造卫星的分类	2
1.2.2 人造卫星的组成	3
1.3 卫星发射场	6
1.3.1 概念	6
1.3.2 发射场组成及任务	6
1.3.3 发射场发射能力	8
1.3.4 测试发射工艺流程	10
1.4 卫星发射	11
1.4.1 概念	11
1.4.2 卫星发射准备	12
1.4.3 卫星发射实施	12
第2章 天文学基础知识	14
2.1 概述	14
2.2 宇宙	14
2.2.1 层次结构	15
2.2.2 多样性	15
2.2.3 运动和发展	16
2.3 太阳系	16
2.3.1 太阳	17
2.3.2 行星	19

2.3.3	卫星	21
2.3.4	小行星	24
2.3.5	流星体和彗星	25
2.4	天球	25
2.4.1	天球的概念	25
2.4.2	天球坐标系	26
2.4.3	分至点	27
2.5	时间和历法	27
2.5.1	时间及其计量	27
2.5.2	太阳时	28
2.5.3	协调时	28
2.5.4	标准时、区时	29
2.5.5	历法简介	29
第3章	近地空间环境	32
3.1	概述	32
3.2	空间电磁辐射	34
3.2.1	基本概念	34
3.2.2	空间电磁辐射对卫星的影响	35
3.3	地球大气	36
3.3.1	地球大气的分层结构	36
3.3.2	地球大气对卫星的影响	38
3.4	地球电离层	39
3.4.1	电离层的结构	39
3.4.2	电离层对卫星的影响	40
3.5	空间粒子辐射	41
3.5.1	基本概念	41
3.5.2	空间辐射效应对卫星的影响	42
第4章	卫星运行轨道	45
4.1	概述	45
4.2	天体力学基本定律	45

4.2.1	天体力学二体问题	45
4.2.2	万有引力定律	46
4.2.3	开普勒三大定律	46
4.2.4	卫星飞行所需宇宙速度	48
4.3	常用坐标系	49
4.4	轨道要素	51
4.4.1	基本轨道要素	51
4.4.2	发射场纬度及发射方位角对轨道倾角的影响	53
4.5	卫星轨道分类	53
4.5.1	地球同步轨道和地球静止轨道	54
4.5.2	太阳同步轨道	55
4.5.3	回归轨道	57
4.5.4	卫星星座	58
4.6	星下点轨迹	59
4.6.1	星下点轨迹概念	59
4.6.2	无旋地球上的星下点轨迹	60
4.6.3	旋转地球上的星下点轨迹	61
第5章	卫星平台	62
5.1	概述	62
5.2	结构与机构分系统	62
5.2.1	组成与形式	63
5.2.2	对材料的要求	65
5.3	热控分系统	67
5.3.1	星上设备的温度要求	68
5.3.2	热控措施的选择	69
5.3.3	被动热控技术	70
5.3.4	主动热控技术	74
5.3.5	卫星应用的制冷方法	77
5.4	姿态与轨道控制分系统	77
5.4.1	系统组成	79

5.4.2	常用的控制模式	80
5.4.3	常用姿态敏感器	82
5.4.4	三轴稳定卫星的姿态控制	85
5.5	测控分系统	87
5.5.1	电波传播及无线电频率	88
5.5.2	遥测、遥控多路传输原理	89
5.5.3	跟踪测轨基本原理	91
5.5.4	卫星测控网基本情况	93
5.6	数据管理分系统	96
5.6.1	功能和原理	96
5.6.2	硬件组成及工作原理	98
5.6.3	软件的组成	101
5.7	电源分系统	102
5.7.1	发电装置	102
5.7.2	储能装置	107
5.7.3	电源控制装置	110
5.7.4	卫星供配电	115
5.7.5	电源变换器	116
5.8	推进分系统	117
5.8.1	推进系统主要参数	118
5.8.2	推进分系统功能	119
5.8.3	推进分系统类型	120
5.8.4	输送系统	122
5.8.5	推力器	122
5.8.6	推进剂和推进剂管理	126
第6章	卫星有效载荷	129
6.1	概述	129
6.2	侦察卫星有效载荷	130
6.2.1	成像侦察卫星有效载荷	130
6.2.2	电子侦察卫星有效载荷	134

6.3 气象卫星有效载荷	137
6.3.1 可见光红外扫描辐射计	137
6.3.2 微波辐射计	139
6.3.3 红外分光计	141
6.3.4 紫外臭氧探测仪	142
6.3.5 空间环境监测器	143
6.4 资源卫星有效载荷	144
6.4.1 光学成像遥感器	145
6.4.2 多光谱类遥感器	147
6.4.3 高空间分辨力类遥感器	148
6.4.4 成像光谱仪类遥感器	149
6.4.5 合成孔径雷达	150
6.5 海洋卫星有效载荷	150
6.5.1 光学遥感器	151
6.5.2 微波遥感器	152
6.6 数据传输分系统	154
第7章 卫星发射场电性能测试	156
7.1 概述	156
7.2 电性能测试内容及状态	159
7.2.1 测试内容	159
7.2.2 测试状态划分	159
7.2.3 测试流程	161
7.2.4 测试模式	162
7.3 测试原理及方法	165
7.3.1 测试信号的基本流程	165
7.3.2 测试系统的基本结构	166
7.3.3 测试接口	167
7.3.4 测试环路	168
7.3.5 测试级别	169
7.4 测试系统	170

7.4.1	分级管理的地面测试系统	171
7.4.2	总控设备	172
7.4.3	分系统专用测试设备	175
7.4.4	有效载荷专用测试设备	189
7.4.5	测试系统软件	193
7.5	卫星测试故障判断分析和归零程序	194
7.5.1	故障的定义和分类	195
7.5.2	卫星故障模式	196
7.5.3	故障判定的方法和步骤	197
7.5.4	分析故障的基本方法	198
7.5.5	故障(问题)归零工作程序	201
7.6	测试常用的几个术语	206
7.6.1	数据处理术语	206
7.6.2	电子学术语	207
7.6.3	发射场术语	210
第8章	卫星发射操作	216
8.1	概述	216
8.2	卫星发射操作程序	216
8.2.1	卫星发射一般流程	216
8.2.2	卫星发射协调制度	216
8.2.3	卫星进场前准备工作	220
8.2.4	卫星操作	223
8.2.5	星箭地联合操作	225
8.2.6	发射阶段操作	227
8.2.7	撤收阶段工作	230
8.3	卫星发射场精度检测	231
8.4	卫星推进分系统检漏及加注	234
8.4.1	卫星推进分系统检漏	234
8.4.2	卫星推进剂加注	237
8.5	卫星与发射场接口关系	245

8.5.1	发射场与卫星总体技术接口	245
8.5.2	发射场技术区与卫星的技术接口	247
8.5.3	发射场发射区与卫星的技术接口	249
8.5.4	发射场 C3I 系统与卫星的信息交换	252
8.6	卫星与运载火箭接口关系	252
8.6.1	卫星对运载火箭运载能力要求	253
8.6.2	星箭机械接口要求	253
8.6.3	星箭电气接口要求	253
8.6.4	星箭环境接口要求	254
第9章	卫星发射安全	257
9.1	概述	257
9.2	发射安全相关概念	258
9.3	卫星发射安全管理	259
9.3.1	发射场安全组织	259
9.3.2	技术区安全管理	260
9.3.3	发射区安全管理	261
9.3.4	参试人员安全管理	263
9.3.5	火工品安全管理	265
9.3.6	推进剂安全管理	266
9.4	推进剂加注后安全距离确定	267
9.4.1	爆炸威力	267
9.4.2	爆炸后的冲击波超压与安全距离	268
9.4.3	爆炸碎片的危害范围	269
9.4.4	爆炸噪声等级	269
9.4.5	爆炸安全距离	270
9.5	火箭残骸落区安全控制	270
9.5.1	落点位置控制	271
9.5.2	准确划定落区	272
9.5.3	风对残骸落点的影响	273
9.6	国外发射场卫星发射安全控制	274

9.6.1	建立专职发射场安全管理机构	274
9.6.2	合理划定风险范围和等级	276
9.6.3	制定统一的发射场安全条例	277
9.6.4	全面落实各种安全措施	279
9.6.5	加强安全培训考核	281
附录 1	CZ-2C/FP/卫星发射倒计时程序	283
附录 2	CZ-2C/FP/卫星发射 GO/NO GO 准则	285
参考文献		287

第 1 章 绪 论

环绕地球在空间轨道上运行(至少一圈)的无人航天器,简称人造地球卫星。自 1957 年 10 月 4 日苏联成功发射世界上第一颗人造地球卫星 Sputnik 以来,世界各国均加大了各种卫星的研制、试验及使用的步伐。从天气预报到自然灾害的监测、从卫星通信到地球资源的勘探,卫星技术的应用给人类的生产、生活方式带来了巨大的变化。

随着卫星技术的日益成熟,近年来,我国加快了各种不同用途应用卫星的研制、试验的进程,卫星发射任务呈现出密度高、技术新、种类多等特点。为确保卫星入轨后正常工作,把好卫星上天前最后一道质量关,发射场系统必须提供优良的保障设施、高效的组织系统和严格的质量控制体系。发射场从事卫星发射的工程技术人员必须了解天文学、近地空间环境、卫星轨道等方面的基础知识,熟悉卫星平台、不同类型卫星有效载荷的组成及工作原理,掌握卫星在发射场测试、发射操作和发射安全等相关知识。

1.1 卫星工程组成

卫星工程是一项庞大而且复杂的系统工程,一般由卫星系统、运载火箭系统、发射场系统、测控系统 and 应用系统等五大系统组成,见图 1.1-1。

卫星系统的主要任务是在地球大气层外探索、开发和利用太空资源;运载火箭系统的主要任务是按入轨姿态要求将卫星送入预定轨道;发射场系统的主要任务是完成卫星和运载火箭的发射;测控系统的主要任务是完成对运载火箭、卫星的跟踪、测量、监视、指挥和控制;应用系统的主

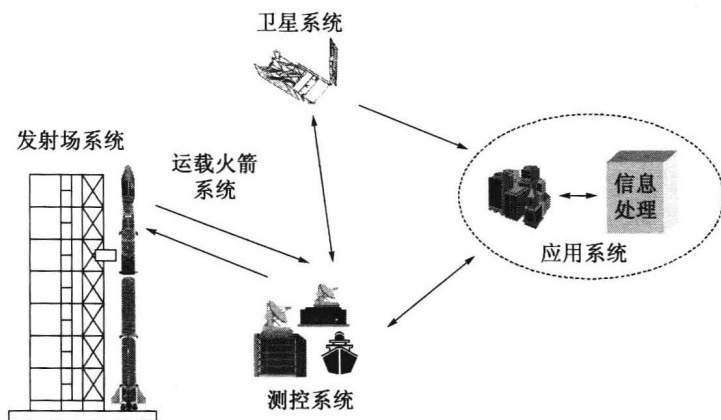


图 1.1-1 卫星工程组成示意图

要任务是完成卫星应用数据的接收、处理和应用。

1.2 人造卫星的分类及组成

1.2.1 人造卫星的分类

从不同角度考虑,人造卫星有多种分类方法。

按运行轨道高度不同,可分为低轨道(LEO)、中高轨道(MEO)、地球静止轨道(GEO)等;按运行轨道倾角不同,则可分为极地轨道、赤道轨道、斜倾角轨道等;按轨道运行周期划分,则可分为太阳同步轨道、地球同步轨道等。

按质量划分是近些年来对卫星新的分类方法。目前还无固定的划分标准,一种常见的划分标准为:1000kg 以上的为大型卫星,500kg ~ 1000kg 为中型卫星,100kg ~ 500kg 为小型卫星,10kg ~ 100kg 为微型卫星,10kg 以下的为纳米卫星。

根据卫星用途,卫星则可分为科学卫星(Science Satellite)、技术试验卫星(Technology Experimental Satellite)和应用卫星(Application Satellite)3种。

用于科学探测和研究的卫星称为科学卫星。科学卫星主要包括空间物理探测卫星和天文卫星。科学卫星主要借助望远镜、光谱仪、电离计、压力测量仪和磁强计等仪器研究高层大气、地球辐射带、地球磁层、宇宙线、太阳辐射和极光,观测太阳和其他天体。比较著名的哈勃(Hubble)望远镜便是最典型的科学卫星。

进行新技术试验或为应用卫星进行试验的卫星称为技术试验卫星,常简称为技术卫星。航天技术中的新原理、新技术、新方案、新仪器设备和新材料往往需要在轨道上进行试验,试验成功后才投入实用。这类卫星数量较少,但试验内容广泛,如:重力梯度稳定试验;电火箭试验;生物对空间环境适应性的试验;载人飞船生命保障系统和返回系统的验证试验;交会对接试验;新传感器的飞行试验和轨道上截击试验等。

直接为国民经济和军事服务的卫星称为应用卫星。按其是否专门用于军事目的又可分为军用卫星(Military Application Satellite)和民用卫星(Civilian Application Satellite),有许多应用卫星都是军民兼用的。在所有人造地球卫星中,应用卫星种类最多,发射数量也最多。

根据卫星具体用途可进一步将应用卫星划分为导航卫星、通信卫星、侦察/监测卫星、气象卫星、测地卫星、地球资源卫星、预警卫星和多用途卫星等。

1.2.2 人造卫星的组成

卫星由若干分系统(或系统)组成,按基本功能可分为有效载荷和保障系统两大类:有效载荷是直接执行特定任务的分系统;保障系统是为有效载荷正常工作提供支持和保证的各分系统的总称。因此,卫星通常可划分为有效载荷和卫星平台两大部分。在一种卫星平台的基础上,可以发展为卫星公用平台。卫星公用平台是指根据不同的航天任务,进行局部适应性修改,可支持多种有效载荷以构成不同卫星的卫星平台。

1. 有效载荷

有效载荷是指卫星上直接完成特定任务的仪器、设备或系统,又称专用系统。有效载荷有时还包括试验生物、各种试验件和试件等。有效载荷是卫星的核心部分,不同用途卫星的主要区别在于装有不同的有效载