

导弹与航天丛书
固体弹道导弹系列

地面设备设计与试验

(上)

主 编 吴明昌



中国宇航出版社

·北京·

草
彈
子
航
天
丛
書

張
文
華

**《导弹与航天丛书》
编辑工作委员会**

名誉主任 宋 健 鲍克明

主 任 刘纪原

副 主 任 任新民 孙家栋

委 员	屠守锷	黄纬禄	梁守槃	陈怀瑾
	王 卫	权振世	谢昌年	赵厚君
	曹中俄	张新侠	高本辉	

办 公 室 宋兆武 史宗田 任长卿 孙淑艳

固体弹道导弹系列 编辑委员会

主 任 黄纬禄

副主任 陈德仁 王觉先 戴诗正 徐乃明
谈风奎

委 员 (按姓氏笔画排列)

吕应祥 朱忠惠 阮崇智 吴明昌
宋兆法 陈世年 钟万登 黄寿康
黄启珍

编辑部 宋兆法 何一清 李淑英 周显云

《地面设备设计与试验 (上)》

作者名单

主 编 吴明昌

副 主 编 李淑瑛 刘晋彦

作 者	吴明昌	刘晋彦	张兴忠	方铭祖
	赵贞发	李淑瑛	张佩元	陈文儒
	张舜矩	单年华	杨光玉	熊纪龙
	袁松林	操连成	王秀芬	蒋宗敏
	温厚纯	李海峰	林富年	王自本

工作人员 袁小路

重印版序

我国的航天事业在 50 多年的发展历程中，从无到有，从小到大，创造了以“两弹一星”、载人航天和绕月探测为重要里程碑的辉煌成就，构筑了专业齐全、功能配套、设施完备的航天科技工业体系，掌握了一大批具有自主知识产权的核心技术，积累了独具特色的航天工程管理经验和方法，造就了一支技术精湛、作风优良的航天人才队伍，孕育形成了具有鲜明时代特征的航天精神、“两弹一星”精神和载人航天精神，在世界高科技领域占有了一席之地，并在一些重要技术领域跻身世界先进行列，为维护国家安全、带动科技进步、推动经济发展、促进社会和谐和振奋民族精神作出了重要贡献。

回顾 50 多年的发展与建设，我国的航天事业，在创业中起步，在探索中发展，在改革中腾飞，走出了一条具有中国特色的创新发展之路，在取得辉煌成就的同时，通过无数航天科技工作者的探索与实践，也创造积累了十分宝贵的经验。为了将这些知识财富传承下来，用以指导新时期的航天重大工程实践，促进航天科技成果在更加广阔的领域推广应用，为推动国民经济建设和社会进步发挥更大的作用，自 20 世纪 80 年代起，数以千计的航天科技工作者历时 20 余年，从导弹武器、运载火箭和空间飞行器等航天产品的设计、研制、生产、试验等各个方面，系统总结了在实践中形成的理论、方法和工程经验，编纂了一部共 156 册、6500 余万字的鸿篇巨制——《导弹与航天丛书》，奉献给广大读者。

当前，面对世界格局多极化、全球经济一体化、科学技术突飞猛进以及新军事变革不断向纵深发展的新形势，航天科技工业

作为国家的战略安全基石以及科技进步、经济发展、社会和谐的重要推动力量，越来越凸现出其重要的战略地位。十七大以来，党和国家高度重视航天科技工业的发展，提出了富国强军的明确要求，部署了包括载人航天工程第二步、探月工程二期、高分辨率对地观测系统、新一代运载火箭在内的一系列国家重大工程和重大科技专项任务，可以说，航天科技工业正处于历史上任务最多、发展最快的重大战略机遇期，形势和任务对航天科技工业的发展提出了新的更高要求。如何抓住难得机遇，乘势而上，圆满完成国家任务，从而推动我国航天事业全面、协调、可持续发展，真正担负起富国强军、建设创新型国家和推动我国成为航天大国、强国的历史责任，是新一代航天科技工作者必须面对的重大考验。

因此，在新时期航天事业蓬勃发展和读者需求的强力推动下，重印《导弹与航天丛书》凸显了重要的现实意义和深远的历史意义。希望这部丛书能够使我国航天事业 50 多年的创新成果和实践经验，在新的历史时期彰显出无穷活力，给人以更加深刻的启示，从而推动更多的航天科技工作者在新的航天工程实践中，不断继承、完善、发展航天事业 50 多年形成的宝贵经验，积极探索新形势下航天科技工业发展的内在规律，努力建设航天科技工业新体系，使我国的航天事业在新的起点上不断谱写更加辉煌的历史篇章。

马兰瑞

2009 年 6 月

总 序

导弹与航天技术是现代科学技术中发展最快的高技术之一。导弹武器的出现，使军事思想和作战方式发生了重大变革；航天技术把人类活动的领域扩展到太空，使人类认识自然和利用外层空间的能力发生了质的飞跃。

导弹与航天工程是复杂的系统工程，它运用了现代科学技术众多领域的最新成果，是科学技术与国家基础工业紧密结合的产物，是一个国家科学技术水平和工业水平的重要标志。

中国人民经过 30 年的努力，依靠自己的力量，勇于开拓，坚韧不拔，在经济和科学技术比较落后的条件下，走出了自己发展导弹与航天技术的道路；造就了一支能打硬仗的技术队伍；建立了具有相当规模和水平的导弹与航天工业体系；形成了遍布全国的科研、生产协作网。这是党中央独立自主、自力更生方针的伟大胜利，是全国各地区、各部门大力协同，组织社会主义大协作的丰硕成果。

30 年来，我国已有多种型号经历了研究、设计、生产、试验、装备、使用的全过程，装备了各种射程的战略和战术弹道导弹、各种类型的防空导弹和飞航导弹，用多种运载火箭发射了不同轨道和用途的人造卫星。我国导弹与航天工业的这些重大物质成果，对增强我国的国防实力、促进经济发展、带动科技进步发挥了重要的作用。

我们不仅取得了丰硕的物质成果，而且积累了宝贵的实践经验。为了发展中国的导弹与航天事业，多少人投入毕生的精力，贡献了宝贵的智慧，付出了辛勤的劳动，备尝了失败的苦痛和成功的欢欣。付出高昂代价取得的实际经验，从书本上学不到，更

不可能从外国买来，只能靠自己在实践中总结。为了加速我国导弹与航天事业的发展，需要全面、系统地归纳以往研制过程中建立和应用的设计理论，总结其工程经验，用以指导今后的研制实践，并传授给导弹与航天事业一代又一代新生力量，使他们能在较高的起点上开始工作。为此，我们组织多年来从事导弹、人造卫星和运载火箭研制工作的专家与工程技术人员，编著了这套《导弹与航天丛书》。它以工程应用为主，力求体现工程的系统性、完整性和实用性，是我国导弹与航天技术队伍 30 年心血凝聚的精神成果，是多领域专业技术工作者通力合作的产物。

作为一项系统工程，要求参加导弹与航天工程研制工作的各类技术人员，不仅精通自己的专业，而且充分理解相关专业的要求和特点，在统一的总体目标下，相互协调、配合密切地工作。因此，本丛书也是导弹与航天技术队伍各专业间以及和其他有关人员进行技术交流的读物。

本丛书按液体弹道导弹与运载火箭（Ⅰ）、固体弹道导弹（Ⅱ）、防空导弹（Ⅲ）、飞航导弹（Ⅳ）、卫星工程（Ⅴ）等 5 个型号系列编排；对各系列共用的固体推进技术和空气动力学两种专业技术，将有关著作编为系列（Ⅵ和Ⅶ），其他共用专业技术则分别纳入 5 个型号系列中的一个系列，并供其他系列选用。

本丛书的各级编委会、各册的主编、副主编及各章节的作者是一个庞大的科学技术群体，为了编写好这部大型丛书，编著人员在组织和技术工作上都付出了巨大劳动。期望这套丛书能帮助人们加深对于导弹与航天技术的了解，促进中国的导弹与航天事业向更高的目标迈进。

《导弹与航天丛书》

编辑工作委员会

1987 年 8 月

固体弹道导弹系列

序 言

固体弹道导弹系列是《导弹与航天丛书》的系列之一。

固体弹道导弹与液体弹道导弹虽同属弹道式导弹，但在技术上有许多重要差别，尤其是固体推进剂和固体发动机与液体弹道导弹的相应部分区别更为明显。因此，无论是对导弹的总体设计技术、发射使用技术，还是随之而来的各个分系统的变化，都需要深入研究。特别是我国固体战略弹道导弹在发展初期选择了难度较大的潜艇水下发射和车载机动发射方式，又增加了一系列必须专门研究的新课题。对固体弹道导弹武器系统研制过程中特有的这部分经验应该加以总结，形成一个独立的系列。

由于固体弹道导弹具有多种优点，因而，世界各国把固体弹道导弹作为战略弹道导弹和战术弹道导弹的主要发展方向。我国固体战略弹道导弹的研制，从推进剂的探索开拓到型号定型、批生产，前后经历了近 30 年的漫长过程。30 年来，在“一穷二白”的基础上，自力更生、艰苦创业，几代人为之作出了无私的奉献。30 年的努力，终于结出了丰硕的成果。陆上机动和潜艇水下发射两个型号的相继定型，为增强我国国防力量作出了突出的贡献，也为后续型号研制开辟了道路。30 年的历程，积累了丰富的实践经验，也培育、锻炼了一支成熟的高素质专业队伍。本系列图书的编写，就是为了系统总结这一笔宝贵财富，使之“形诸文字，传之后世”。本系列图书取材兼顾理论与实际两个方面，而以后者为重点，务求实用。内容着重论述工程技术问

题，诸如设计要求、程序和方法以及研制各阶段的相应试验等，同时介绍一些新技术的应用和发展方向。对基本理论及其概念不作详细论述，对计算公式亦避免复杂推导，但引证力求准确。本系列图书可供本专业技术人员在工作中借鉴和参考，又可使新走上工作岗位的大学生和研究生能较快“入门”，在一个较高的起点上开拓前进，也可作为与本专业有关的院校、部队的教学参考材料。

本系列图书分为 14 册，其中导弹总体设计 6 册，控制系统 3 册，地面设备 2 册，固体发动机、惯性器件和伺服机构各 1 册。其他与液体型号相同的专业内容不再单独成书。

在本系列图书编写过程中，得到了各级领导的大力支持。主要撰稿者都是一些兼具基础理论和实践经验的技术骨干，从提供素材、提炼加工到编纂评审付出了艰辛的劳动。经过反复审校、修改补充，本系列图书终于定稿出版，与读者见面了。对提供宝贵研制经验的广大参与者和对本系列图书编写出版作出贡献的所有人员，在此一并表示衷心的感谢。

由于水平有限，加之缺乏经验，书中缺点错误在所难免，恳望专家、读者提出宝贵意见。

固体弹道导弹系列

编辑委员会

1991 年 3 月

前 言

《地面设备设计与试验》是由航空航天工业部二院地面设备研究所多年从事地面设备研究设计的众多专家，为综合应用研究、工程设计及使用维护而编写的。本书在内容上除必要的理论阐述外，侧重于结合工程设计实践，较全面、系统地总结了固体弹道导弹地面设备多年研究设计的经验，尤其是冷发射多功能发射车的设计与试验经验。

地面设备研制是一项系统工程。本书包括系统总体的设计及各组成设备的设计，在叙述地面设备各组成设备时，紧密联系总体要求，使之成为一个有机整体。各章内容都注意到工程设计和试验使用的结合。

全书分上、下两册。上册主要论述地面设备总体设计和发射设备总体设计与试验，并论述了发射设备部分组成部件的设计与试验。下册包括发射设备其余组成部分（液压系统、电气系统、挂车设计等）和电源设备设计、有线测量技术、装填设备设计及模态分析在地面设备中的应用等。

本书适合于导弹地面设备设计人员、有关工程技术人员及教学人员使用。

编 者

1993 年 12 月

重印说明

20 世纪 80 年代前期，我国向太平洋海域发射远程火箭、水下发射固体燃料火箭和发射地球静止轨道试验通信卫星等三项重要任务相继圆满完成，标志着中国航天事业的发展进入了新时期。面对更高的发展目标，以及航天技术干部平均年龄已达四十六七岁、许多技术专家年事已高、他们所掌握的理论和工程实践经验急需积累和传承的紧迫形势，当时的航天工业部领导果断决定：在圆满完成繁重的型号产品研制任务的同时，将我国导弹与航天事业创建以来各种型号产品研制的成果进行科学总结，编纂为《导弹与航天丛书》。20 多年来，陆续出版的丛书为不断涌现的航天新技术、新型号，为成长中的新一代航天科技工作者提供了并将继续提供宝贵的营养，对于继承我国老一辈航天科技工作者创造的成果、坚持走创新之路所起的作用是无可替代的。

编纂出版《导弹与航天丛书》是一项宏大的文字系统工程，和研制导弹与航天型号产品一样，经历了艰辛的奋斗历程。回顾以往，我们对当年作出编纂丛书这一历史性决策的郑天翔、陆平、张钧、李绪鄂、宋健等老领导表示深深的敬意；对以鲍克明为主任的丛书编辑工作委员会的开创性工作表示深深的敬意。1991 年以后，刘纪原担任丛书编辑工作委员会主任；在丛书编辑工作委员会的领导下，我们在 2007 年年底完成了全套丛书的出版工作。由于丛书出版工作历时 20 多年，各分册陆续推出，其间，丛书的很多分册已经售罄，应读者要求面世的按需印刷（POD）版也难以满足丛书配套使用的需要；《导弹与航天丛书》在航天事业发展中的重要性日益显现出来。

中国的航天事业，已进入到新的历史时期，航天科技集团

公司正在全面推进航天科技工业新体系的建设，根据航天事业继承、创新、发展的需要，航天科技集团公司领导决定重印《导弹与航天丛书》。借此机会，我们对多年来所有参与丛书编纂、出版工作的航天科技工作者表示衷心的感谢。

中国宇航出版社

2009 年 6 月

《导弹与航天丛书》

书 目

(156 册)

I、液体弹道导弹与运载火箭系列

- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1. 总体设计(上) | 19. 弹头技术(上) |
| 2. 总体设计(中) | 20. 弹头技术(中) |
| 3. 总体设计(下) | 21. 弹头技术(下) |
| 4. 结构设计 | 22. 遥测系统(上) |
| 5. 液体火箭发动机原理 | 23. 遥测系统(下) |
| 6. 液体火箭发动机设计(上) | 24. 发射技术(上) |
| 7. 液体火箭发动机设计(下) | 25. 发射技术(中) |
| 8. 液体火箭发动机试验 | 26. 发射技术(下) |
| 9. 液体推进剂 | 27. 结构静力试验技术 |
| 10. 控制系统(上) | 28. 结构热试验技术 |
| 11. 控制系统(中) | 29. 振动工程(上) |
| 12. 控制系统(下) | 30. 振动工程(下) |
| 13. 惯性器件(上) | 31. 强度环境试验设备与仪器仪表 |
| 14. 惯性器件(下) | 32. 材料工艺(上) |
| 15. 电液伺服机构 | 33. 材料工艺(下) |
| 16. 弹(箭)载计算机 | 34. 弹头弹体制造与火箭总装技术(上) |
| 17. 外测与安全系统 | 35. 弹头弹体制造与火箭总装技术(下) |
| 18. 弹(箭)上一次电源 | 36. 发动机制造技术 |

37. 控制系统设备制造技术

38. 惯性器件制造技术

39. 电液伺服机构制造技术

40. 传感器·变换器·磁记录器制造技术

II、固体弹道导弹系列

41. 导弹总体设计与试验

42. 流体动力·弹道·载荷·环境

43. 控制·检测·可靠性

44. 遥测·安全·监控

45. 导弹结构·材料·强度(上)

46. 导弹结构·材料·强度(下)

47. 固体火箭发动机

48. 控制系统设计

49. 控制系统弹上设备与可靠性

50. 导弹测试发控系统

51. 液浮惯性器件

52. 推力矢量控制伺服系统

53. 地面设备设计与试验(上)

54. 地面设备设计与试验(下)

III、防空导弹系列

55. 防空导弹体系总体设计

56. 防空导弹武器系统总体设计和试验

57. 防空导弹武器制导控制系统设计(上)

58. 防空导弹武器制导控制系统设计(下)

59. 防空导弹武器寻的制导控制系统设计

60. 防空导弹武器系统可靠性工程设计

61. 防空导弹武器系统维修工程

62. 防空导弹武器指挥控制通信系统

63. 防空导弹武器系统电子对抗技术

64. 防空导弹武器系统仿真

65. 防空导弹总体设计

66. 寻的防空导弹总体设计

67. 便携式红外寻的防空导弹设计

68. 防空导弹引信与战斗部配合效率和战斗部设计

69. 防空导弹自动驾驶仪设计

70. 防空导弹固体火箭发动机设计

71. 防空导弹测试技术与遥测系统应用设计

72. 防空导弹结构与强度

73. 防空导弹弹体制造工艺

74. 防空导弹雷达导引头设计

75. 防空导弹引信设计及仿真技术

76. 防空导弹天线

77. 防空导弹天线罩

78. 防空导弹无线电指令制导设备

79. 防空导弹弹载电子设备结构设计及集成工艺

80. 防空导弹武器制导站系统工程

81. 防空导弹制导雷达跟踪系统与显示控制

82. 防空导弹制导雷达天馈系统与微波器件

83. 防空导弹制导雷达收发设备

84. 防空导弹制导雷达伺服系统

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 85. 防空导弹制导雷达结构总体设计与
制造工艺技术 | 89. 防空导弹发射装置 |
| 86. 寻的防空导弹武器制导站设计与
试验 | 90. 防空导弹发射装置伺服系统 |
| 87. 防空导弹射击指挥仪设计 | 91. 防空导弹地面车辆 |
| 88. 防空导弹地面设备总体工程 | 92. 雷达目标特征信号 |
| | 93. 目标和环境的光学特性 |
| | 94. 防空导弹设计中的数值方法 |

IV、飞航导弹系列

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 95. 飞航导弹总体设计 | 107. 飞航导弹雷达导引头(下) |
| 96. 飞航导弹武器系统试验 | 108. 飞航导弹电视导引头 |
| 97. 飞航导弹气动设计 | 109. 飞航导弹红外导引头 |
| 98. 飞航导弹结构设计 | 110. 飞航导弹战斗部与引信 |
| 99. 飞航导弹电气系统设计 | 111. 飞航导弹火控系统 |
| 100. 飞航导弹动力装置(上) | 112. 飞航导弹射击指挥仪 |
| 101. 飞航导弹动力装置(下) | 113. 飞航导弹发射装置(上) |
| 102. 飞航导弹动力装置试验技术 | 114. 飞航导弹发射装置(下) |
| 103. 飞航导弹自动控制系统 | 115. 飞航导弹材料 |
| 104. 飞航导弹惯性器件 | 116. 飞航导弹加工工艺 |
| 105. 飞航导弹测高装置与伺服机构 | 117. 飞航导弹装调技术 |
| 106. 飞航导弹雷达导引头(上) | 118. 激光雷达 |

V、卫星工程系列

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 119. 卫星工程概论(上) | 128. 卫星姿态动力学与控制(3) |
| 120. 卫星工程概论(下) | 129. 卫星姿态动力学与控制(4) |
| 121. 卫星工程管理 | 130. 卫星热控制技术 |
| 122. 卫星结构设计与分析(上) | 131. 航天器进入与返回技术(上) |
| 123. 卫星结构设计与分析(下) | 132. 航天器进入与返回技术(下) |
| 124. 航天器轨道动力学与控制(上) | 133. 卫星电源技术 |
| 125. 航天器轨道动力学与控制(下) | 134. 通信卫星有效载荷技术 |
| 126. 卫星姿态动力学与控制(1) | 135. 空间相机设计与试验 |
| 127. 卫星姿态动力学与控制(2) | 136. 气象卫星有效载荷技术 |