

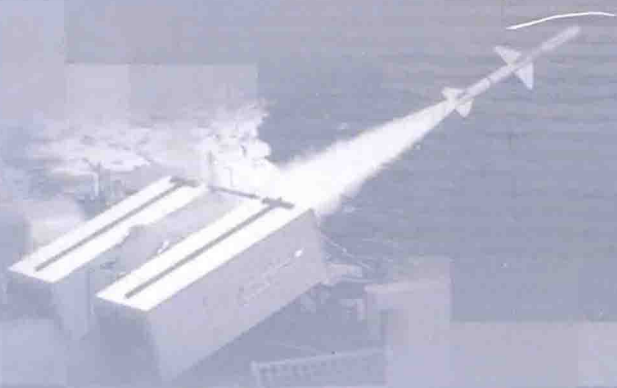


# FANGKONG DAODAN SHEJI

# 防空导弹设计

[俄] B.T.斯维特洛夫 等著  
N.C.戈卢别夫

本书编译委员会 译



中国宇航出版社

# 防空导弹设计

[俄] В.Г. 斯维特洛夫 等著  
И.С. 戈卢别夫  
本书编译委员会 译

中国宇航出版社

1999. МОСКВА Издательство МАИ

图书在版编目(CIP)数据

防空导弹设计/(俄罗斯)戈卢别夫等著:《防空导弹设计》编译委员会译. —北京:中国宇航出版社,2004.7

ISBN 7-80144-846-4

I. 防... II. ①戈... ②防... III. 防空导弹—设计  
IV. TJ761.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 068538 号

出版  
发行

**中国宇航出版社**

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830  
(010)68768548

网址 [www.caphbook.com/www.caphbook.com.cn](http://www.caphbook.com/www.caphbook.com.cn)

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)  
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑  
北京市阜成路 8 号 北京市海淀区海淀大街 31 号  
(010)68371105 (010)62579190

承印 北京梨园彩印厂

版次 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

开本 1/32 规格 850 × 1168

印张 21.875 字数 588 千字

书号 ISBN 7-80144-846-4

定价 60.00 元

---

本书如有印装质量问题可与发行部调换

## 《防空导弹设计》编译委员会


主 任	朱芝松		
副 主 任	宗文波		
主 审	梁晋才		
翻译人员	柳恒俊	曹金佩	戴祖明
	程云龙	石水荣	方吉士
	郭丽俊		
编 辑	潘伟炯	宋为民	
责任编辑	宋兆武		

## 中文版前言

俄罗斯是当今世界上军事技术发达的国家,俄罗斯武器装备的综合技术性能和作战效能以及较好的维修保障性,体现了其世界领先水平和独到的设计思想。《防空导弹设计》(俄文版)一书是莫斯科航空学院出版社 1999 年出版的防空导弹设计专著,主要介绍了防空导弹的系统及弹上设备设计方法,并对防空导弹研制的各个阶段、特点和发展方向,都作了详细的阐述。为使我国从事防空导弹设计的科技人员能更好地了解俄罗斯防空导弹的设计思想,吸取他们的设计经验,提高我们的设计水平,我们特组织部分专家对本书进行了翻译工作。无疑本书对防空导弹设计人员具有较高的参考价值。

原版序、格鲁申简介、概论和第 1 章由柳恒俊高级工程师译;第 2 章、第 9 章由郭丽俊高级工程师译;第 3 章、第 5 章由曹金佩研究员译;第 4 章由戴祖明研究员译;第 6 章由程云龙研究员译;第 7 章由石水荣研究员译;第 8 章由方吉士研究员译。上海航天技术研究院技术顾问、中国工程院院士梁晋才对全稿进行了审定。

整个翻译编辑出版工作从2003年5月底开始启动到和读者见面历时一年多,他们为之付出了辛勤的劳动和聪明才智,对于他们的奉献精神,表示深深的敬意。在此,也感谢中国宇航出版社为本书编辑出版工作给予的大力支持。由于时间仓促,在翻译中的错误难免,敬请读者批评、指正。



2004年4月7日

## 原版序

大学生的结构设计培养是工程教育中最困难的方面之一。这与结构设计任务的综合性和多专业性有关。这种任务不可能自始至终都能用代数、积分、微分或统计方程和不等式,亦即以严格的数学模型方式来描述。设计任务的特点是原始数据的不完全性和很大程度上的不确定性,而这些数据在解算过程中都需要确定并具体化。原始条件中就有诸如对付环境这样的不确定因素。设计的最终结果并不是所设计产品参数和特性的简单综合,而在一定意义上是一种最好的综合,以便使所选定的导弹方案比其他方案要好。

设计按其性质始终是一种启发过程,它要求的不仅是知识,而且还要求发明。这里起决定作用的是人类大脑综合非形式任务的能力,善于阐明一些必须的概念方向,能按没有具体标志特征(这些在现实中都存在)而确定其次序和关系。所以研究现有技术装备的研制经验,分析其正反两面的特性就起到很重要的作用。这些问题在本书中给予了很大的注意。

防空导弹设计任务的复杂性还在于,近年来空袭兵器和其战斗使用的战术都有了质的变化。主要的突击力量已成为无人驾驶飞行器、战役战术和战术弹道导弹及精确制导导弹。并且为了能最大限度地保存有人驾驶飞机以达到战争的最终目的,很大程度上寄托于用无人驾驶兵器进行侦察、控制和攻击。有新进攻性武器就要求有新的防卫武器,以便能解决现代防御任务,其中有:

——在密集空袭和有源无线电电子对抗与战斗对抗条件下,探测和监管大量空中目标的能力;

——从发现目标时刻的导弹反应时间要短,在任何气候条件

下系统要有机动性及高的战斗准备能力；

——系统的所有主要功能程序具有高的自动化射击效率；

——在敌方有源和无源对抗条件下，防空导弹对目标的引导精度高以及高的目标杀伤概率。这些任务中的每一项都有大量的科学技术问题，要在研制现代化防空导弹时加以解决。为此本书不仅总结了已有经验，还对科技进步的最新成就给予了很大的关注，利用计算机技术实现信息技术的基础上给出了解决这些新任务的途径。

序和概论是 П.П. 阿法纳西耶夫和 В.Г. 斯维特洛夫编写的；第 1 章是 И.С. 戈卢别夫和 А.М. 马特维约恩柯编写的；第 2 章是 В.Н. 诺维科夫编写的；第 3 章是 И.С. 戈卢别夫编写的；第 4 章是 Е.Г. 鲍洛托夫编写的；第 5 章是 А.М. 马特维约恩柯、В.Г. 斯维特洛夫、П.П. 阿法纳西耶夫、И.И. 阿尔哈格尔斯基编写的；第 6 章是 В.Я. 米兹洛希编写的；第 7 章是 И.И. 阿尔哈格尔斯基编写的；第 8 章是 Ц.С. 戈卢别夫编写的；第 9 章是 П.П. 阿法纳西耶夫和 И.С. 戈卢别夫编写的。本书编写过程中作者们相互间进行了广泛的磋商。

作者对国立莫斯科包曼技术大学和牛郎星科研生产联合体的专家们：М. П. 穆西亚科夫教授、В.В. 泽列恩佐夫副教授、С.А. 克利莫夫总经理兼总设计师、Н.С. 谢尔巴柯夫教授、В.И. 图马尔基教授、Л.Б. 马史列尼柯夫总设计师和主导科学撰稿人 И.Х. 别尔西特斯基深表谢意，感谢他们在评阅手稿时所做的大量工作，以及所提供的一系列设计上的意见和方法方面的建议，所有这些在手稿最终定稿时基本上都予以采纳。作者也要感谢火炬机械制造设计局的专家 Н.А. 芭拉诺娃、Ю.Г. 卡洛希恩、В.С. 费利诺夫、С.К. 费季索夫和莫斯科航空学院的教师 С.Г. 帕拉费斯、В.Я. 彼得拉什、В.Ф. 维季京在准备手稿时所给予的帮助。



# 彼得·德米特里耶维奇·格鲁申

(简介)

彼得·德米特里耶维奇·格鲁申(П.Д. 格鲁申)是与图波列夫、伊留申、拉伏契金、雅科夫列夫、米高扬、苏霍伏季塔诺夫同一时代的伟大杰出人物。正是由于他们的杰出贡献才使苏联的航空事业得以发展。他出生在伏尔加河沿岸的伏尔斯克城,1932年毕业于莫斯科航空学院,毕业后任莫斯科航空学院设计局总设计师。研制成独创结构的飞机:钢-莫航、十月儿童、串翼式飞机-莫航。第二次世界大战前格鲁申是哈尔科夫航空工厂的总设计师,研制成试验型远程护航歼击机。



彼得·德米特里耶维奇·格鲁申  
(1906.1.15 - 1993.11.29)

战争年代 П.Д. 格鲁申作为 С.А. 拉夫契金的副手组织了著名的拉-5和拉-7歼击机的批量生产。战后格鲁申出任莫斯科航空学院飞机制造系系主任(1945~1953)。

从1953年起,П.Д. 格鲁申是专门研制防空导弹的火炬机械制造设计局的总设计师。

格鲁申拥有巨大的设计师才干和令人惊奇的直觉,从而使他能绕过一般思维必须的数学概念阶段而理解物理过程的实质。这就促使他研制导弹时,能不顾已确立的固有观念而勇敢地提出新颖的设想和结构。格鲁申不允许自己只研制一般的、中等水平的

导弹。他研制的每种导弹都有新措施(世界导弹制造业中都没有类似的),如采用轴承的旋转弹翼、倾斜燃气流系统或多喷管横向控制发动机等。

П.Д. 格鲁申创办了苏联防空导弹制造学校。他研制了苏联首批国产机动防空导弹、固体燃料防空导弹和海军防空导弹、首枚国产超远程自动寻的防空导弹;世界上首批反导导弹、垂直冷发射防空导弹和发动机启动前倾斜的垂直发射防空导弹。

格鲁申是位要求严格并严厉的人,他的办公室中不允许有游手好闲的人和无能的人。凡他吩咐做的事须无条件地执行。因而热爱航空事业的人们在引人入胜的、创造性的新型导弹研制过程中都感到自己是他的战友,并终生与其合作。

40 多年来在 П.Д. 格鲁申总设计师领导下,他所培养的集体研制并装备陆军和海军的防空导弹型号超过 15 种。П.Д. 格鲁申曾两次荣获苏联社会主义劳动英雄称号,一次列宁勋章,并当选为俄罗斯科学院院士。

# 目 录

概 论	柳恒俊
B.1 防空的起源 .....	(1)
B.2 第二次世界大战期间防空导弹武器的研制 .....	(3)
B.3 俄罗斯首批国产防空导弹 .....	(7)
B.4 第二代防空导弹系统 .....	(9)
B.5 第三代防空导弹系统 .....	(11)
B.6 第四代防空导弹系统的一些发展预测 .....	(15)
B.7 有关俄罗斯国产反导防御系统组建历史的一些情况 .....	(17)

第 1 章 防空导弹设计的一般问题	柳恒俊
1.1 设计的基本原则 .....	(21)
1.1.1 技术装备新质量的主要根源 .....	(22)
1.1.2 设计新技术装备的系统法 .....	(25)
1.1.3 设计自动化 .....	(27)
1.2 防空导弹的主要研制阶段 .....	(30)
1.3 防空导弹完善程度的综合评价 .....	(35)
1.3.1 状态指标——防空导弹的主要参数 .....	(36)
1.3.2 性能指标——防空导弹的综合指标 .....	(39)
1.4 新技术装备研制的管理 .....	(45)
1.5 设计方案的比较 .....	(48)
1.6 设计方案的鉴定 .....	(56)
1.6.1 鉴定的目的和内容 .....	(56)
1.6.2 根据层次分析法鉴定设计方案 .....	(60)

<b>第 2 章 对空防御中的导弹系统</b>	<b>郭丽俊</b>
2.1 国家对空防御系统的一般特性 .....	(68)
2.1.1 保卫对象 .....	(68)
2.1.2 对空防御的功能结构 .....	(71)
2.1.3 对空防御的组织机构 .....	(74)
2.2 空中进攻武器 .....	(77)
2.2.1 现代空中进攻武器的主要特性 .....	(77)
2.2.2 使用空中进攻武器的战术特点 .....	(86)
2.3 防空导弹系统主要部件的结构和功能 .....	(89)
2.3.1 防空导弹系统的主要部件 .....	(89)
2.3.2 防空导弹系统的信息控制设备 .....	(91)
2.3.3 导弹发射装置 .....	(94)
2.3.4 防空导弹系统的辅助技术装备 .....	(98)
2.4 防空导弹系统的配置和性能 .....	(99)
2.4.1 防空导弹系统的主要性能 .....	(99)
2.4.2 现代防空导弹系统 .....	(103)

<b>第 3 章 防空导弹系统设计</b>	<b>曹金佩</b>
3.1 提出系统设计任务和解决方法 .....	(111)
3.1.1 任务提出 .....	(111)
3.1.2 任务的目的和准则 .....	(113)
3.1.3 导弹系统设计方法 .....	(116)
3.2 系统设计近似解题算法 .....	(119)
3.3 防空导弹系统典型作战方案和模型 .....	(122)
3.4 抗击空袭武器密集攻击效率的近似评估 .....	(127)
3.4.1 作战计划 .....	(127)
3.4.2 防空导弹系统部署抗击攻击效率评估 .....	(139)
3.5 改善防空导弹武器的主要方向 .....	(149)

## 第4章 防空导弹动力装置设计 戴祖明

4.1 防空导弹动力装置基本特性 .....	(154)
4.1.1 各代防空导弹发动机 .....	(154)
4.1.2 防空导弹固体火箭发动机结构方案 .....	(159)
4.1.3 防空导弹液体火箭发动机 .....	(164)
4.1.4 防空导弹冲压式发动机及火箭冲压发动机 ...	(167)
4.2 固体推进剂及药柱特性分析 .....	(169)
4.2.1 防空导弹发动机固体推进剂 .....	(169)
4.2.2 固体推进剂基本特性及防空导弹固体发动机推 进剂选择准则 .....	(172)
4.2.3 推进剂药柱结构形式 .....	(176)
4.2.4 固体发动机气动及内弹道参数 .....	(178)
4.3 防空导弹固体发动机总体参数选择 .....	(183)
4.3.1 固体发动机设计基础 .....	(183)
4.3.2 防空导弹固体发动机结构布局方案选择 .....	(184)
4.3.3 发动机推力 - 冲量特性及基本设计参数 .....	(189)
4.4 防空导弹固体发动机推力矢量控制机构设计 .....	(195)
4.4.1 推力矢量控制系统结构形式 .....	(195)
4.4.2 燃气舵设计原理 .....	(202)
4.5 防空导弹固体推进剂辅助动力装置设计 .....	(204)
4.5.1 防空导弹垂直冷发射系统 .....	(204)
4.5.2 气动偏转系统 .....	(207)
4.5.3 气动侧向控制系统 .....	(210)

## 第5章 导弹弹上设备和装备系统 曹金佩

5.1 确定弹上设备组成的因素 .....	(219)
5.2 确定目标和导弹坐标装置 .....	(222)
5.2.1 雷达 .....	(223)

5.2.2	确定目标和导弹坐标的光电装置 .....	(226)
5.2.3	雷达导引头 .....	(228)
5.2.4	光电导引头 .....	(235)
5.3	弹上收发装置 .....	(239)
5.3.1	弹上无线电制导设备 .....	(239)
5.3.2	导弹无线电设备的天线 .....	(241)
5.4	稳定和控制设备 .....	(245)
5.5	未来防空导弹系统和导弹的制导控制 .....	(246)
5.6	导弹战斗装备 .....	(249)
5.6.1	导弹杀伤空中目标 .....	(249)
5.6.2	导弹战斗部 .....	(250)
5.6.3	战斗部的无线电引信 .....	(256)
5.7	飞行器的弹上动力系统 .....	(266)
5.7.1	概述 .....	(266)
5.7.2	按照主要规定的参数,对液压、气体和机电系统的 的比较 .....	(267)
5.7.3	飞行器液压控制系统工作状态的图解分析和计 算方法 .....	(273)
5.7.4	改进飞行器的动力系统 .....	(287)
5.8	动力控制传动装置 .....	(291)
5.8.1	控制传动装置的主要类型 .....	(291)
5.8.2	气体和液压舵传动装置参数选择 .....	(294)

## 第 6 章 防空导弹控制设计

程云龙

6.1	控制设计方法 .....	(303)
6.2	导弹运动方程式 .....	(310)
6.2.1	坐标系 .....	(310)
6.2.2	常用的假设 .....	(313)
6.2.3	基本方程式 .....	(313)

6.3	目标运动方程式 .....	(321)
6.3.1	常用假设和运动方程 .....	(321)
6.3.2	目标机动种类 .....	(322)
6.4	导弹控制飞行方程式 .....	(324)
6.4.1	遥控导引方法 .....	(324)
6.4.2	自动导引方法 .....	(328)
6.4.3	需用过载 .....	(334)
6.4.4	控制规律方程式 .....	(342)
6.4.5	导弹控制方程式的闭环系统 .....	(345)
6.5	飞行控制力和力矩的产生方法 .....	(346)
6.5.1	空气动力学法 .....	(346)
6.5.2	气体动力学及复合法 .....	(349)
6.6	导弹的动力学性能 .....	(354)
6.6.1	动力学方程的算子表达式 .....	(354)
6.6.2	动力学系数 .....	(356)
6.6.3	作为控制对象的轴对称飞行器的传递函数 ..	(358)
6.6.4	没有考虑弹载稳定系统的导弹动力学性能分析 .....	(362)
6.6.5	弹性弹体动力学性能 .....	(367)
6.7	弹上稳定系统的构成 .....	(370)
6.7.1	弹上稳定系统及其任务 .....	(370)
6.7.2	导弹稳定系统的动力学特性 .....	(371)
6.7.3	空气动力学产生力和力矩导弹的横向运动稳定 系统 .....	(373)
6.7.4	空气动力和气体动力综合产生力和力矩的导弹 横向运动稳定系统 .....	(392)
6.7.5	导弹纵向稳定系统 .....	(407)
6.7.6	导弹控制对舵系统的要求 .....	(408)
6.7.7	垂直发射导弹转弯控制 .....	(411)

6.8 控制回路和制导精度 .....	(424)
6.8.1 遥控制导的控制回路 .....	(424)
6.8.2 遥控精度评估 .....	(426)
6.8.3 自动导引控制回路 .....	(429)
6.8.4 自动导引精度评估 .....	(433)

## 第7章 防空导弹外形及参数选择 石水荣

7.1 导弹气动布局和参数的初步选择 .....	(443)
7.1.1 草图设计的主要阶段 .....	(443)
7.1.2 导弹研制技术任务要求的分析 .....	(444)
7.1.3 选择导弹的气动布局 .....	(446)
7.1.4 发射方式选择 .....	(455)
7.1.5 导弹贮存和使用问题考虑 .....	(462)
7.1.6 弹上设备组成的说明 .....	(463)
7.1.7 导弹相对几何参数的选择 .....	(463)
7.1.8 导弹质量的初步确定 .....	(469)
7.2 布局方案的选择 .....	(476)
7.2.1 近似确定导弹的几何尺寸 .....	(477)
7.2.2 防空导弹组成部分布局密度的统计特性 .....	(480)
7.2.3 确定导弹组成部分的尺寸及布局 .....	(484)
7.2.4 在气动布局过程中确保导弹的稳定性和可控性 .....	(488)
7.2.5 导弹布局设计实例 .....	(495)
7.3 防空导弹的弹道设计 .....	(506)
7.3.1 任务内容 .....	(506)
7.3.2 用于弹道设计的导弹基准弹道 .....	(509)
7.3.3 弹道设计时的导弹运动方程 .....	(518)
7.4 设计工具——防空导弹自动化设计系统 .....	(522)
7.4.1 自动化设计的基本情况 .....	(522)



7.4.2	防空导弹自动化设计系统的结构线路图	····· (525)
7.4.3	防空导弹自动化设计系统的子系统“弹道设计”	····· (529)
<b>第8章</b>	<b>防空导弹结构工艺设计</b>	<b>方吉士</b>
8.1	结构工艺设计内容	····· (537)
8.2	防空导弹结构图及其分析	····· (545)
8.2.1	现代防空导弹的特性	····· (545)
8.2.2	防空导弹弹体结构	····· (547)
8.2.3	承力面结构	····· (557)
8.3	防空导弹结构设计的工程课题	····· (568)
8.3.1	结构设计的强度保证	····· (568)
8.3.2	基于估算计算模型的典型设计任务	····· (575)
8.4	热设计问题	····· (588)
8.4.1	防空导弹的热载荷	····· (588)
8.4.2	防空导弹的热防护设计	····· (592)
8.5	结构设计的信息化技术(设计方法论)	····· (595)
8.5.1	结构参数优化设计内容	····· (595)
8.5.2	标准理论方案的寻找	····· (597)
8.5.3	结构工艺设计备选方案的形成	····· (601)
8.5.4	标准方案和结构工艺方案的评定	····· (604)
8.6	飞行器承力面结构的参数优化	····· (612)
8.6.1	承力面结构功能数学模型	····· (612)
8.6.2	承力面结构参数优化任务	····· (623)
8.6.3	承力面结构优化任务	····· (629)
<b>第9章</b>	<b>导弹的可靠性保证</b>	<b>郭丽俊</b>
9.1	导弹可靠性	····· (639)
9.1.1	导弹可靠性理论概况	····· (639)