

现代战斗机 机体结构特征分析

● 孙 聪 王向明 编著

航空工业出版社

现代战斗机机体结构特征分析

孙 聪 王向明 编著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

战斗机的机体是航空武器综合系统的载体和平台,其自身既要承受和传递使用载荷,又要承载飞机各功能系统,同时为飞行员和机载设备提供可靠的工作环境。因此,机体结构是飞机的主体平台,其重要作用不可或缺。为了能博采众长、积累经验,实现设计创新,本书集中优选了世界上10余种知名战斗机,以飞机解剖图和生产图片为主线,力图通过对机体布局、结构特点、材料与工艺等进行分析,给飞机结构设计师以启发,同时也为类似结构布局与设计提供“范例”,为工程设计提供参考及借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

现代战斗机机体结构特征分析 / 孙聪, 王向明编著.
北京: 航空工业出版社, 2007.6

ISBN 978-7-80183-999-2

I. 现… II. ①孙…②王… III. 歼击机—飞机机体—结构分析 IV. V271.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第081388号

现代战斗机机体结构特征分析 Xiandai Zhandouji Jiti Jiegou Tezheng Fenxi

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64919539 010-64978486

北京国邦印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2007年6月第1版

2007年6月第1次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 12

字数: 300千字

印数: 1—4000

定价: 78.00元

《现代战斗机机体结构特征分析》

编 审 人 员

主 编 孙 聪 王向明

副主编 施荣明 吴 斌 王 进 孙 旭 崔文斌

主 审 顾诵芬 李 明 陈一坚 宋文骢 李 天

副主审 季晓光 王永庆 章怡宁 黄季墀 杨 旭 曹奇凯 赵 霞
刘志敏 张 爽

编 委 孙 聪 王向明 施荣明 吴 斌 王 进 孙 旭 崔文斌

陈绍杰 王 彤 吴宏伟 耿玉新 李梦韬 魏金龙 朱 珊

倪艳红 许广兴 孙彦鹏 景绿路 朱天文 陈 刚 胡红东

董春蕾 王 雪

前 言

飞机的机体是航空武器综合系统的载体和平台，其自身既要承受和传递使用载荷，又要承载飞机各功能系统、武器系统等，同时为飞行员和机载设备提供可靠的工作环境。因此，机体结构是保证飞机各系统正常运转的主体平台，其重要作用不可或缺。

飞机机体结构设计是一项复杂的工作，需要逐一定义构件的“属性”，涉及结构选型、设计选材、分析计算、加工制造、试验验证、使用维护等多个领域的内容。同时，飞机结构设计又是一项创造性工作，一位优秀的飞机结构设计师既要有扎实的理论基础，深刻了解已有飞机的结构特点，积累成熟经验，又要掌握现代的设计方法和手段，更重要的是培养创造性思维。只有这样，所设计出的结构才能重量轻、寿命长、成本低，满足特殊功能要求。

为了博采众长、兼收并蓄、积累经验，实现设计创新，本书集中优选了世界上10余种知名战斗机，以飞机解剖图和生产图片为主线，通过对机体布局、结构特点、材料与工艺等进行分析，力图给飞机结构设计师以启发，同时也为类似结构布局与设计提供“范例”，为工程设计提供参考及借鉴。

本书具有很强的针对性和典型性，内容丰富、信息量大，在国内并不多见。本书对工程技术人员、管理人员和相关专业院校师生都具有重要的应用和参考价值。

我们特别感谢著名航空专家顾诵芬院士、李明院士、陈一坚院士、宋文骢院士、李天院士在百忙中抽出宝贵时间主审本书；同时感谢中国一航沈阳飞机设计研究所季晓光副所长，王永庆总设计师，章怡宁、黄季墀、杨旭、曹奇凯、赵霞、张爽、刘志敏等副总设计师对本书的审阅；感谢航空工业出版社史晋蕾编审等同志和领导为本书出版所付出的努力与支持；感谢中国一航发展研究中心陈亚莉研究员为本书提供了宝贵资料。

由于编写本书的主要依据为飞机解剖图和生产、使用及维护图片，所反映的具体结构信息可能不够完整，加之对具体技术的认识与理解有限，在内容和文字上可能存在不当之处，恳请广大读者批评指正。



2007年3月

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 现代战斗机的作战使命	3
1.2 各代战斗机的特点	4
1.2.1 第一代战斗机的特点	5
1.2.2 第二代战斗机的特点	6
1.2.3 第三代战斗机的特点	9
1.2.4 第四代战斗机的特点	11
1.2.5 无人战斗机的特点	13
1.3 战斗机机体的重要作用	14
1.4 各代战斗机机体的设计特点	14
1.4.1 设计思想和设计规范的演变	14
1.4.2 现代战斗机的结构布局 and 结构形式	16
1.4.3 现代战斗机选材的特点及演变	17
1.4.4 现代战斗机机体技术特征	18
1.4.4.1 结构布局设计特征	18
1.4.4.2 选材特征	18
1.4.4.3 结构细节设计特征	18
1.4.4.4 制造技术特征	19
1.5 成功战斗机机体构形的示范作用	19

目 录

第 2 章 国外第四代战斗机机体特征 21

2.1 美国 F-22 “猛禽” (Raptor) 23

2.1.1 F-22 飞机研制历程 23

2.1.2 F-22 机体特征 25



2.2 美国 JSF 联合攻击战斗机 41

2.2.1 JSF 飞机研制历程 41

2.2.2 JSF 机体特征 43

2.2.2.1 F-35 机体特征 43

2.2.2.2 X-32 机体特征 56



2.3 俄罗斯苏-47 “金雕” (Berkut) 65

2.3.1 苏-47 飞机研制历程 65

2.3.2 苏-47 机体特征 67



第 3 章 国外 “三代半” 战斗机机体特征 73

3.1 美国 F/A-18E/F “超级大黄蜂” (Super Hornet) 75

3.1.1 F/A-18E/F 飞机研制历程 75

3.1.2 F/A-18E/F 机体特征 77



3.2 欧洲 “台风” (Typhoon) 89

3.2.1 “台风” 飞机研制历程 89

3.2.2 “台风” 机体特征 91





3.3 法国“阵风”(Rafale) 103

3.3.1 “阵风”飞机研制历程 103

3.3.2 “阵风”机体特征 105

3.4 瑞典 JAS 39 “鹰狮”(Gripen) 113

3.4.1 “鹰狮”飞机研制历程 113

3.4.2 “鹰狮”机体特征 115



第 4 章 国外第三代战斗机机体特征 121



4.1 美国 F-14 “雄猫”(Tomcat) 123

4.1.1 F-14 飞机研制历程 123

4.1.2 F-14 机体特征 125

4.2 美国 F-15 “鹰”(Eagle) 133

4.2.1 F-15 飞机研制历程 133

4.2.2 F-15 机体特征 135



4.3 美国 F-16 “战隼”(Fighting Falcon) 143

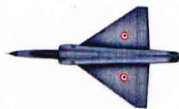
4.3.1 F-16 飞机研制历程 143

4.3.2 F-16 机体特征 146

4.4 法国“幻影”2000 (Mirage 2000) 153

4.4.1 “幻影”2000 飞机研制历程 153

4.4.2 “幻影”2000 机体特征 155



目 录



4.5 俄罗斯米格-29“支点”(Fulcrum) 161

4.5.1 米格-29飞机研制历程 161

4.5.2 米格-29机体特征 163

4.6 俄罗斯苏-27“侧卫”(Flanker) 171

4.6.1 苏-27飞机研制历程 171

4.6.2 苏-27机体特征 173



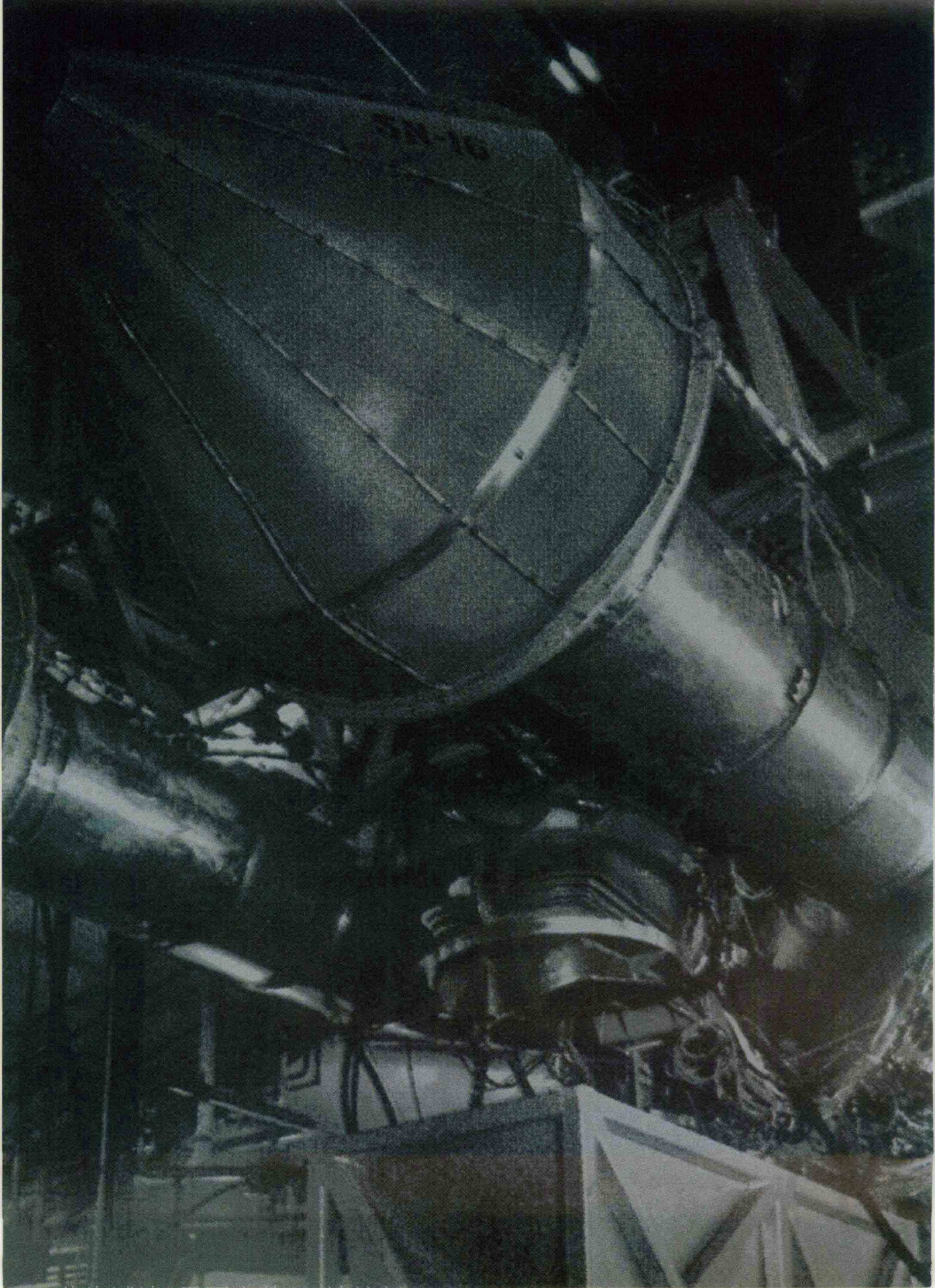
参考文献

179

第1章

概论





1.1 现代战斗机的作战使命

在现代战争中,随着航空技术的快速发展,空中力量的重要作用日益突出,其中战斗机已成为构成空中力量的主要因素之一。在战争开始阶段,战斗机首先用于压制和摧毁敌方防空系统、通信指挥系统、军事政治机构和其他重要目标;在战争过程中,战斗机承担夺取制空权、精确打击面上目标,有效实施对面上战场的火力支援等作战任务。因此,战斗机在现代战争中肩负着重要作战使命,是赢取现代战争胜利的前提和保障。

在20世纪中期的朝鲜战争和越南战争中,争夺局部战场制空权是战斗机的主要作战任务。限于当时战斗机雷达、武器系统的水平,空战仍沿用第二次世界大战中近距格斗的传统作战模式。因此,要求战斗机具有较大飞行速度、飞行高度和作战半径,以及良好的机动性等基本性能。

随着飞机性能的提高和雷达、武器系统的发展,特别是在20世纪末期到21世纪初所发生的高技术战争中,如海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争等,非接触战、先发制人、防区外进攻等作战模式已经纳入实战,夺取制空权的方式已经演变为超视距作战。因此,对飞机具有“先敌发现、先敌攻击、先敌制胜”的能力的需求初露端倪,这就要求飞机具有较大的航程、较高的机动性、较强的突防能力,以及超视距攻击能力。这些能力的形成得益于先进的飞机气动布局、先进的结构设计、高推重比发动机和先进的雷达火控系统的发展。

根据对21世纪战争的预测分析,作战模式将向空天地一体化、信息化方向发展。赋予战斗机的作战使命将进一步提升,要求战斗机取得“绝对制空权”,具有远程奔袭和突防能力,“先敌发现、先敌攻击和先敌制胜”能力将被赋予更加实际的内涵。具有更高的生存力、低可探测性(即隐身性能)、超声速巡航、高机动性、超视距攻击等将成为新一代战斗机的主要发展方向。

1.2 各代战斗机的特点

第二次世界大战结束后,飞机进入喷气时代,作战使命和要求不断提升。迄今为止,战斗机技术的发展经历了几个重要阶段,通常按各时期研制战斗机的综合技术水平和性能特征,将其归纳划分为四代(俄罗斯根据自身体制和战



图 1-1 瑞典 JAS 39 “鹰狮”(Gripen)



图 1-2 法国“阵风”(Rafale)



图 1-3 欧洲“台风”(Typhoon)

斗机发展的历史将其分为五代,其第五代战斗机相当于西方国家的第四代战斗机)。战斗机的划代是对其发展历程的客观反映,各代战斗机技术特征和技术水平有着明显的不同,因此其作战效能存在明显差异。

20 世纪 80 年代末,欧美研制的战斗机如瑞典的“鹰狮”、法国的“阵风”、英国等欧洲国家联合研制的“台风”、美国的 F/A-18E/F 曾被认为是第四代战斗机。通过深入分析发现,这些飞机虽具有一定的隐身能力,却与四代机的要求差距尚远,也不具备超声速巡航能力,但与目前现役的三代机相比,性能确有很大提高,具有四代机部分特征。因此,对这类飞机提出了“三代半”的说法。



图 1-4 美国 F/A-18F “超级大黄蜂” (Super Hornet)

1.2.1 第一代战斗机的特点

第一代战斗机的典型代表机型是苏联的米格-15和美国的F-86，以及后来的米格-19和F-100。20世纪50年代初，米格-15、米格-17与F-86在朝鲜战争进行了实战较量，表现出了各自的优良性能。

第一代战斗机的标志性特点是采用了推力更大的喷气发动机和后掠机翼，飞机速度接近或突破声障。但这一代飞机大多为亚、跨声速飞机，空战武器主要为航空机炮，没有大功率机载雷达，仅安装简单的雷达测距装置，因此多为机头进气布局。机体结构多以铝合金和钢为主的金属半硬壳式结构，结构按静强度准则设计。



图 1-5 苏联米格-15 “柴捆” (Fagot)



图 1-6 美国 F-86 “佩刀” (Sabre)



图 1-7 苏联米格-19 “农夫” (Farmer)

1.2.2 第二代战斗机的特点

第二代战斗机发展于 20 世纪 50 年代后期至 70 年代初期, 典型代表机型为米格-21 和 F-4, 以及后来的米格-23、米格-25、F-104、F-5、“幻影”Ⅲ等超声速战斗机, 其中米格-21 是当时世界上设计最为成功的战斗机之一。

第二代战斗机的主要作战使命是拦截和近距离格斗, “高空高速”曾一度成为设计研制的主导思想。因此, 气动布局多采用大后掠或小展弦比的三角形机翼,



图 1-8 美国 F-100 “超佩刀” (Super Sabre)

细长机身或采用面积率的蜂腰机身。为改善跨声速和短距起落性能, 20 世纪 60 年代出现了变后掠机翼和垂直起落飞机, 如 F-111、米格-23、英国的“鹞”、苏联的雅克-36 等。在空战武器方面, 曾一度强调空空导弹的制胜作用, 但越南战争的教训表明, 近距离格斗仍然是第二代战斗机的主要作战任务, 改善亚、跨声速机动性能是第二代战斗机的重要设计方向。

第二代战斗机的最大使用过载为 7 左右, 最大飞行表速达 1400km/h, 要求具有足够的静强度和刚度, 设计使用寿命一般为 2000 ~ 3000 飞行小时, 仍以静强度设计为主。结构形式仍为金属半硬壳式结构, 出现了整体壁板、金属蜂窝等轻质结构形式。机体材料仍以金属为主, 主要是铝合金和高强度钢, 强调材料的静强度指标, 连接形式以铆接为主, 结构重量系数为 32% ~ 34%。



图 1-9 苏联米格-21 “鱼床” (Fishbed)



图 1-10 美国 F-4 “鬼怪” (Phantom)



图 1-11 苏联米格-23 “鞭挞者” (Flogger)



图 1-12 苏联米格-25 “狐蝠” (Foxbat)



图 1-13 美国 F-104 “星” (Starfighter)



图 1-14 美国 F-5 “虎” (Tiger)

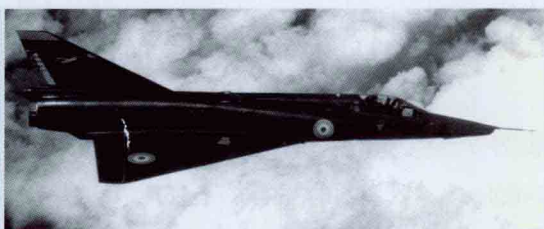


图 1-15 法国 “幻影” III (Mirage III)



图 1-16 美国 F-111 “土豚” (Aardvark)



图 1-17 英国 “鹞” (Harrier)