

军队院校“2110工程”专著建设项目

机载设备 改装设计与实施

顾德均 康健 田建学 等 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军队院校“2110 工程”专著建设项目

机载设备 改装设计与实施

顾德均 康健 田建学 等编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

机载设备改装设计与实施 / 顾德均等编著. —北京:国防工业出版社, 2008. 11

ISBN 978 - 7 - 118 - 05720 - 1

I. 机... II. 顾... III. 机载设备—改装 IV. V24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067028 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)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 6 $\frac{3}{8}$ 字数 169 千字

2008 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 18.00 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

前 言

本书系我军“2110工程”专著。

当前军事航空事业发展速度迅猛,机载设备改装越来越频繁,通过机载设备改装来提高飞机的战术、技术性能,甚至成为新的机型,是多快好省地发展军事航空事业的一种途径。

由于所选的飞机型号不同、改装的设备不同,飞机的改装设计也不同,所以本书只针对一般的改装设计与实施的要求和方法进行论述。内容涉及到机载设备改装的程序、改装工作应该具备的各种技术文件、改装电磁兼容性分析与设计、改装供电分析与设计、改装器材选用与加工、改装对飞机重量、重心及其它性能影响分析、改装结构与工艺要求、改装组织与实施等。

本书结合了作者多年来机载设备改装的实践经验、研究成果以及参考文献编写而成。目的在于提高机载设备改装工作的效率和质量,满足军用飞机随着机载设备的发展而不断更新的现实,适应军队现代化建设的需要。希望本书能够对部队、科研院所从事机载设备改装设计与实施工作的人员有所指导和帮助,不当之处,恳请读者不吝赐教。

在本书的撰写过程中,康锡章教授审阅了全书并提出了指导性意见。顾德均、康健、田建学、钟勇、胡芳友、孙荣平、魏俊淦、李淑华等同志参加了编写工作。全书由蒋高健作图。

编著者

2008年3月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 机载设备改装的重要性	1
1.2 机载设备改装的分类	3
1.3 机载设备改装的程序	4
1.3.1 任务下达	5
1.3.2 调研	6
1.3.3 可行性论证	7
1.3.4 方案制订	8
1.3.5 首架机改装	10
1.3.6 试飞验证	12
1.3.7 技术通报	13
1.3.8 同机型各架机改装	13
1.3.9 不同机型改装技术引用	13
1.3.10 工程总结	14
1.4 机载设备改装的发展	14
第 2 章 机载设备改装论证与设计	16
2.1 机载设备改装要求	16
2.1.1 机载设备改装的一般要求	16
2.1.2 机载设备改装的任务要求	19
2.2 机载设备改装论证	20
2.2.1 飞机机型选择	20
2.2.2 设备型号选择	21

2.2.3	改装可行性分析	22
2.3	机载设备改装设计	24
2.3.1	总体设计	25
2.3.2	详细设计	26
第3章	机载设备改装可靠性、维修性、保障性	28
3.1	可靠性分析与设计	28
3.2	维修性分析与设计	32
3.3	保障性分析与设计	37
3.3.1	人员和专业技术水平	39
3.3.2	供应保障	41
3.3.3	保障设备	43
3.3.4	技术资料	45
3.3.5	训练和训练保障	46
3.3.6	计算机资源保障	47
3.3.7	保障设施	47
3.3.8	包装、装卸、储存和运输	48
第4章	改装供电分析与设计	51
4.1	改装电气负载与电源容量分析	51
4.1.1	分析步骤	52
4.1.2	电源和电气负载数据统计	53
4.1.3	电气负载分析	54
4.1.4	电源容量分析	60
4.2	改装供电系统设计	64
4.2.1	供电系统组成	64
4.2.2	配电系统设计	68
第5章	改装电磁兼容性分析与设计	70
5.1	飞机系统电磁兼容性要求	70

5.2	飞机天线电磁兼容分析与设计	74
5.2.1	飞机天线电磁兼容的主要耦合形式与消除干扰的办法	75
5.2.2	飞机天线布局分析	78
5.2.3	飞机天线电磁兼容分析与设计	82
5.3	机载设备改装传导发射和敏感度要求	84
5.3.1	机载设备改装布线电磁兼容要求	84
5.3.2	机载设备改装电搭接电磁兼容要求	88
5.3.3	机载设备改装屏蔽电磁兼容要求	96
5.3.4	机载设备改装设备布局电磁兼容设计要求	98
第 6 章	改装对飞机重量、重心及其它性能影响分析	100
6.1	对飞机重量、重心的影响	100
6.1.1	飞机重心位置的表示方法	100
6.1.2	重心位置的变化	101
6.1.3	常用方法和措施	102
6.2	对飞机其它性能的影响	103
6.2.1	平飞性能	103
6.2.2	上升与下滑性能	104
6.2.3	飞机不稳定飞行性能	105
6.2.4	飞机续航性能	105
6.2.5	飞机平衡、稳定及操纵性能	106
第 7 章	结构设计 with 工艺要求	107
7.1	结构设计	107
7.1.1	较大型的结构改进设计	107
7.1.2	小型的固定螺栓孔、电缆孔、支架等的设计	107

7.1.3	结构设计应注意的问题	108
7.1.4	设备箱、安装架设计要求	109
7.2	工艺要求	109
第8章 改装器材选用与加工		110
8.1	名词术语	110
8.2	电线、电缆	111
8.2.1	电线、电缆分类	111
8.2.2	电线、电缆的选择	117
8.2.3	电线、电缆截面计算和载流量的 选择及其修正	119
8.2.4	电线、电缆电压降的校核	123
8.2.5	航空电线的短路特性	126
8.3	电路保护装置	127
8.3.1	对电路保护装置的基本要求	127
8.3.2	电路保护装置的类型	128
8.3.3	电路保护装置的选用	129
8.4	控制器件	134
8.4.1	手动控制器件	135
8.4.2	机械控制器件	137
8.4.3	电磁控制器件	139
8.5	接插件	142
8.5.1	接线端子	142
8.5.2	永久性接头	143
8.5.3	焊接套管	144
8.5.4	接线板	145
8.5.5	电连接器	146
8.6	线束标识与加工	152
8.6.1	线束的分类	152

801	8.6.2	线束和电线标识	153
901	8.6.3	线束的典型加工	154
901	第9章 技术文件		174
011	9.1	论证报告	174
011	9.2	技术方案	177
111	9.3	质量保证大纲	178
111	9.4	试验报告	180
711	9.4.1	地面试验报告	180
	9.4.2	通电试验报告	181
911	9.5	培训文件	181
811	9.6	试飞文件	182
801	9.6.1	试飞大纲	182
751	9.6.2	试飞记录和结论	183
751	9.7	交接单和总结	183
851	9.7.1	交接单	183
101	9.7.2	总结报告	183
161	第10章 改装组织与实施		184
751	10.1	改装组织	184
951	10.1.1	成立改装工程组	184
741	10.1.2	优选设备和器材供应渠道	184
741	10.1.3	协调改装时机和周期	185
641	10.1.4	进行改装评审	185
741	10.1.5	报告改装情况	186
741	10.1.6	保密工作	186
841	10.1.7	现场组织	187
831	10.2	改装实施	187
821	10.2.1	原设备拆除	187

10.2.2	改装结构零部件加工	188
10.2.3	线束安装	188
10.2.4	线束连接	192
10.2.5	线路检测	195
10.2.6	改装设备安装	196
10.2.7	清理施工现场	197
10.3	改装检验	198
10.3.1	改装实施检验	198
10.3.2	改装飞机通电检验	199
10.3.3	改装试飞检验	199
	参考文献	200

第1章 概述

当前军事航空事业飞速发展,出现了大量的新机种和新机型。各国都在原有机型的基础上,通过机载设备改装而成为新的机型。所以很多机型实际上是某种机型派生出来的。我国也在原有机型的基础上通过改装新的设备而形成了新的机型。这是多快好省地发展军事航空事业的一种途径。

机载设备改装是指现役飞机在工作原理、构造及线路或管路等各方面所进行的任何改动(包括增、减和换型)。

机载设备改装设计与飞机设计不同,机载设备改装设计是在现有的飞机中选择所要改装的飞机而进行的设计,因而所选飞机必须符合设计和适航性要求。

本书论述如何进行机载设备改装设计和实施。由于所选的飞机型号不同,改装的设备不同,飞机的改装设计也不同,所以只论述一般的改装设计和实施的要求和方法。

1.1 机载设备改装的重要性

众所周知,一种新型飞机从设计、研制、样机生产、定型试验,到装备部队使用,往往需要几年,甚至十几年的时间;涉及上百个单位,几十万人参与工作;并要投入大量资金。表 1.1 给出了几种飞机从设计到装备部队所用的周期和费用。

由此可见,一架新型飞机,虽说可以较大限度地提高飞机的性能,很好地满足军事需求,但是其研制所需的经费是惊人的,周期也是相当长的。如果用少量的经费和已有的新技术、新成果,对成熟机种进行改装,以提高其整体或局部性能,或使其具有某种特殊

表 1.1 几种飞机所用周期和费用

机 型	F-14	F-15	F-16	Su-27
研制费/亿美元	15.5	17.5	8.7	
单机采购费/万美元	4600	5300	3000	2500
开始设计时间	1967 年	1969 年	1972 年	1969 年
装备部队时间	1972 年	1975 年	1978 年	1985 年
周期/年	5	6	6	16

功能,以满足一定时期下的作战需求,这就是各国普遍重视的机载设备改装工程。

各国普遍采用机载设备改装工程的一个重要原因是,飞机的平台技术在达到定型和批量生产阶段后,已基本趋于成熟,无太大潜力可挖,而机载设备的发展则是日新月异,突飞猛进。所以,通过机载设备改装来提高飞机的整体作战性能,是一种投入少、见效快、技术风险低的好途径。在 20 世纪 50 年代和 60 年代,苏联发展了米格系列和苏霍伊系列的十几种飞机型号;美国发展了 F 系列的战斗机和 A 系列的攻击机也有十几种型号;西欧也发展了闪电、幻影等系列的飞机。但 20 世纪 70 年代后期以来,则只发展了较少的几种新机型,如美国的 F-117、F-22 等,而更多的是采用飞机的改装的办法来使一种机型具有多种功能。以 Su-27 飞机为例,从 1969 年年底开始构思,当时的目标是赶超美国正在研制的 F-15 飞机,为了争夺制空权,想研制一种单一用途的拦截歼击机,经过长达 12 年的艰辛努力,苏霍伊设计局终于研制出了一种全新的机型。该机型的设计应该说是很成功的,但苏霍伊设计局以该机的基本布局为基础,为适应各种用途需要,对其进行了多次改进,形成了 Su-27 家族。表 1.2 给出了 Su-27 家族主要成员的用途、特点等。

表 1.2 Su-27 家族主要成员情况

机型	Su-27	Su-30	Su-33	Su-34	Su-35
用途	重型战斗机	战斗/轰炸机	舰载战斗攻击机	远程重型攻击机	多用途歼击机
首飞时间	1981 年	1993 年	1985 年	1993 年	1988 年
单机售价/万元	\$2500	\$3000	\$3400	\$3600	\$4500
特点	研制过程长达 16 年,是第三代飞机的杰出代表,是其它机型改进的基础	空中受油后最大飞行时间 15h31min,加油 4 次航程 14000km,可突击地面和海上目标	三翼面布局,机翼平尾可折叠,满油带全部武器舰上起飞滑跑距离 105m	鸭式布局,并列双座舱,有后视雷达,可向后发射导弹	鸭式布局,可发现 400km 以内的空中目标和 200km 以内的地面目标,同时跟踪 5 个、攻击 6 个目标,空中可加油

与新机研制相比,机载设备改装所需的费用是极小的。比如要研制一种第三代飞机所需的费用至少在 10 亿美元以上,而通过机载设备改装可以很容易地使第二代战斗机具有第三代战斗机所具有的全天候作战、导弹离轴发射、上视下视、上射下射、中距离拦射等作战性能,其所需的经费只有几百万美元,相差近千倍。正是这一不可替代的优势,使机载设备改装工程才具有持久的生命力。

1.2 机载设备改装的分类

机载设备改装按飞机状态可分为生产线改装和现役改装。前者主要依赖工业部门的设计力量,并且在生产线上完成施工,飞机进行改进设计,改进后的机型一般重新命名。而现役改装主要依赖部队研究所、院校、军代表的设计力量和军队大修厂的施工力量来完成,改装对象是部队的现役飞机。两者的特点完全不同,相比

之下,现役改装更具有特殊性,由于其改装对象是现役飞机,特别是非国产飞机,原始资料缺乏,加之部队工厂施工能力有限,这就给设计工作带来很大难度,设计人员必须考虑各种制约条件,才能既满足设备装机要求,又保证原机性能和飞行安全。

机载设备改装按形成能力可分为性能改进改装和功能改进改装。性能改进改装是通过更换机载设备,来提高现役飞机的战术、技术性能或使用维护性能。功能改进改装是通过增加机载设备,来提高现役飞机的战术、技术功能。

机载设备改装按任务性质可分为重大改装和一般性改装。重大改装是指机载设备使命任务和总体、动力装置、作战系统战术技术性能指标得到显著提高的改装。重大改装通常改变设备的型号。一般性改装是指使用维护过程中为弥补在设计制造中的缺陷,提高安全性、可靠性、维修性等品质对已经定型设备进行局部变动的改装;现役设备已经停产、转型,但部队仍需继续使用,对其进行功能性替换的改装和维修时需对元器件进行功能性替换的改装。

20世纪90年代以来,我军机载设备改装越来越频繁,涉及到各种类型的机载设备改装。如我国制造的某型飞机,经过几年的努力,目前已有多种机型装备部队;现役飞机中,为了改进高度表、电台等机载设备的性能,更换了高度表、电台等机载设备的型号;为了提高某型飞机雷达的性能,对飞机现役雷达进行了两次改进;为了执行某项特殊任务,使现役飞机具有专门的功能,对现役飞机进行几种型号机载设备改装。有工厂、研究所、院校、部队单独完成的机载设备改装,也有工厂、研究所、院校、部队共同完成的机载设备改装。机载设备改装已经取得了很成熟的经验。

1.3 机载设备改装的程序

机载设备改装是一项系统工程,工作内容多、范围广、技术性强。为了加强机载设备改装工作的规范性,在机载设备改装时,应

按照一定的工作程序进行,并认真完成每一阶段的工作项目。图 1.1 给出了机载设备改装的一般程序。当然,根据改装的工程量和飞机机体的改动情况,可以增加或减少一些环节。



图 1.1 机载设备改装的一般程序

由图 1.1 可见,机载设备改装的一般程序是:①下达改装任务;②调研改装设备和机型,确定装机要素;③进行改装论证;④制订改装方案及评审(含设备地面通电和验收,并进行必要的地面模拟试验);⑤首架机改装;⑥试飞验证;⑦下发技术通报;⑧同机型各架机改装;⑨不同机型改装;⑩工程总结。

1.3.1 任务下达

1. 接受任务书

机载设备改装一般由飞机所属装备部门决定,并以任务书的形式下达给具有完成改装任务能力的有关单位。

2. 了解任务目的、内容、要求

机载设备改装是针对提高飞机战术技术性能(含增加功能)或改善设备的可靠性水平而提出的。每一次机载设备改装,都有具体的目的,在接收改装任务时,要向机关具体了解改装任务的目的,以及要达到的具体指标,以便在后续工作中能紧紧围绕这些目的及指标开展工作。

机载设备改装的工作内容是达到改装工作目的的具体体现。每一次机载设备改装,都应有其确定的内容,这些内容主要有改装机载设备的种类、型号及机型等。在接受改装任务时,要切实明确任务内容,以便进一步开展调研、论证等工作。

为了确保机载设备改装工作质量和按时完成任务,机关在布置改装任务时,要提出相应的任务要求。这些要求主要有安装位置、安装技术、交联关系、操作使用、改装工期等。在改装工作中,可以根据这些要求精心组织、实施改装工作。

1.3.2 调研

进行改装调研要重点了解改装飞机原有状态和改装机载设备的技术状态,为完成改装论证提供充分的依据。进行改装调研主要应开展以下工作。

1. 改装机载设备的技术状态

调研改装机载设备的技术状态,是开展各项改装工作的基础。应针对改装工作的具体要求,充分调研改装机载设备的有关技术状态,其内容主要有设备的可选型号及其主要战术技术性能、各部件尺寸及安装要求、工作特点、交联关系和交联信号及要求、附件要求、维护使用注意事项等。

2. 改装飞机性能、结构和气动状态

机载设备改装总要影响飞机的原有状态,为了分析机载设备改装对飞机原有状态的影响是否在允许范围内,调研时要详细了解改装飞机性能、结构和气动状态,主要有飞机的主要性能指标、原机重心及限制、结构强度和飞机的操稳性。

3. 改装飞机电源容量

机载设备改装总要影响机上电源容量裕度,调研时应详细了解机上有电源状态,以便根据改装设备用电要求,分析机上电源是否满足改装要求。

4. 改装飞机电磁兼容性状态

机载设备工作时,总是存在传导发射和辐射发射,因此,电磁兼容性就成为机载设备改装最关心的问题之一。只有了解飞机原有设备的传导发射和辐射发射及其敏感度状态,才能根据电磁兼容性要求,分析机载设备改装后的电磁兼容性状态,合理选择设备部件安装位置,甚至采取相应的屏蔽、隔离措施。调研电磁兼容状

态的内容主要有带天线设备的工作频率、天线方向性、天线安装位置、与改装设备工作频率(含谐波)相近的设备的传导发射、大功率设备的启动和关闭形成的干扰等。

5. 改装飞机设备的安装及电线、电缆连接布局

调研改装飞机原有设备安装布局,可以掌握机上设备的安装配置,在选择改装设备安装位置时综合考虑,以便优化改装后飞机设备整体布局。调研改装飞机原有电线、电缆连接布局,可以掌握各类电线、电缆的走向和交联关系,便于选择改装设备电线、电缆的走向、固定方法以及对原有电线、电缆的采用。

6. 机载设备改装有关要求

掌握机载设备改装有关要求,可以增强改装工作中的主动性,提高机载设备改装工作质量。这些要求主要有部件安装要求、结构加工要求、布线要求、电搭接要求、器材选用要求、操作使用要求、技术文件要求、各阶段工作内容要求等。

1.3.3 可行性论证

机载设备改装是为了解决原设备(或飞机)存在的某些缺陷,提高飞机的战备完好性。论证是否充分,将对整个改装方案的正确有效和改装工作质量产生直接影响,为了确保改装工作的顺利进行,在调研的基础上,论证阶段要重点做好以下工作。

1. 改装可行性分析

在选择飞机机型和设备型号时,要进行改装可行性分析,其内容主要有:

(1) 飞机的特性分析;

(2) 飞机性能改善分析;

(3) 电磁兼容性分析;

(4) 电源容量分析;

(5) 安装位置分析;

(6) 交联分析;

(7) 安装技术分析。