



中航工业首席专家
技术丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目
中航工业科技与信息化部组织编写

王明皓 著

飞机设计中的 电磁环境效应

ELECTROMAGNETIC
ENVIRONMENT EFFECTS
IN AIRCRAFT DESIGN

航空工业出版社

中航工业首席专家技术丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目

飞机设计中的电磁 环境效应

王明皓 著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书总结了电磁环境效应从电磁干扰、电磁兼容性发展而来的演变过程,介绍了各代飞机研制历史中电磁环境效应的发展进程,阐述了电磁环境效应技术在飞机研制和使用中的重要性,系统性地介绍了飞机设计中所涉及的电磁环境效应问题及相关的规律,总结了飞机设计中电磁环境效应的设计技术、试验技术和管理流程,并探讨了目前各方关心的复杂电磁环境问题。

本书既可以作为基础知识适用于飞机设计各专业人员了解各自的设计工作和电磁环境效应的关系,也可以帮助飞机设计管理人员合理地将电磁环境效应工作和飞机设计工作有机结合,同时还可以作为电磁环境效应技术人员开展基础研究、从事相关试验和进行飞机设计工作的参考。

图书在版编目(CIP)数据

飞机设计中的电磁环境效应 / 王明皓著. -- 北京:
航空工业出版社, 2015. 10

(中航工业首席专家技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0908 - 1

I. ①飞… II. ①王… III. ①飞机—电磁环境—磁场
效应—设计—研究 IV. ①V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242266 号

飞机设计中的电磁环境效应 Feiji Sheji Zhongde Dianci Huanjing Xiaoying

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010 - 849346597 010 - 84936343

北京世汉凌云印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015 年 10 月第 1 版

2015 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 13.5

字数: 264 千字

印数: 1—2000

定价: 78.00 元

总 序

航空工业被誉为“现代工业之花”，是国家战略性高技术产业，同时也是技术密集、知识密集、人才密集的行业。中国是世界航空产业格局中的后来者，而中航工业作为支撑中国航空工业发展的核心力量，履行国家使命，必须大力推进自主创新，必须在科技创新和知识创新上有所作为。

从 2009 年开始，中航工业按照航空技术体系，在科研一线技术人员中陆续遴选出近百位集团公司级“首席技术专家”。此举既是集团公司对这些技术人员技术水平和能力的肯定，也意味着集团公司赋予了他们更大的责任和使命。我们希望这些技术专家在今后的工作中，要继续发挥科研技术带头人的作用，更加注重学习和创新，不断攀登航空科技新的高峰；要坚持潜心科研，踏实工作，不断推动航空科技进步；要带队伍、育人才，打造高水平的科研队伍，努力培养更多的高层次专业技术人才，为中航工业的发展做出更大的贡献。

21 世纪企业的成功，越来越依赖于企业所拥有知识的质量，利用企业所拥有的知识为企业创造竞争优势和持续竞争优势，这对企业来说始终是一个挑战。正因如此，“知识管理”在航空工业等高科技产业领域得以快速推广和应用。依照这个思路，将首席技术专家们所积淀和升华出来的显性或隐性知识纳入知识管理体系，是进一步发挥其人才效益的重要方式，也是快速提升中航工业自主创新能力的的重要途径。

知识管理理论的核心要义，就是把知识作为一种重要资产来进行管理，正如知识管理的创始人斯威比所说：“知识资本是企业的一种以相对无限的知识为基础的无形资产，是企业核心竞争能力的源泉。”如果专家们把其掌握的各类显性或隐性知识，用书面文字的形式呈现出来，就相当于构建了一个公共资料库，提供了一个交流平台，可以让更多的人从中受益——这就是出版这套“中航工业首席专家技术丛书”的初衷。

集团公司的这近百位“首席技术专家”，基本覆盖了航空工业的所有专业。每位专家撰写一部专著，集合起来，就相当于一个航空工业的“四库全书”，很有意义。在此，我要特别感谢这些专家们，他们在繁重的科研生产任务中，不辞辛劳地撰写出了自己的专著，无私地将自己的宝贵经验呈现给大家，担当起了传承技术、传承历史的责任。

相信这套丛书的出版，会使更多的航空科技工作者从中获益，也希望在一定程度上能助力中航工业的自主创新，对我国航空工业的科技进步产生积极影响。



中国航空工业集团公司董事长

自序

在飞机设计中，电磁环境效应技术既是基础技术也是专业技术，飞机的电磁环境效应设计既作为飞机设计的总体性专业单独存在，称为电磁兼容性专业，又融入飞机设计的各个专业设计工作中。电磁环境效应技术支撑和贯穿飞机全生命周期过程，从立项论证、方案设计、详细设计、机载电子电气产品研制、飞机生产、系统综合、试验验证到飞机使用，覆盖从飞机的适用性到安全性等各个方面。电磁兼容性和电磁环境效应也是飞机设计的诸多管理要素中的重要一环。在每型飞机的设计中，都有独立的电磁兼容性专家和技术人员组成的团队，负责飞机电磁兼容性设计工作的规划、要求的制定、技术的实施、过程的管理以及电磁干扰特性和电磁环境效应的评估验证等工作。

我开始参加工作就从事飞机的电磁兼容性设计研究工作。电磁环境效应问题解决的归口专业在当时也被称为电磁兼容性专业，在研究所内它和天线设计专业一起构成一个独立的专业组，隶属于无线电技术研究室。后来，研究所专业组织机构调整，由原来的电磁兼容性专业组扩展为专业室，隶属于航空电子部。目前该专业室已经发展成电磁环境效应航空科技重点实验室，成为航空领域内集飞机设计、专业技术研究和试验验证为一体的专门从事电磁环境效应研究的科研部门。

在从事电磁环境效应技术工作的近 30 年中，我参加过多种型号飞机的电磁兼容性设计和电磁环境效应试验验证工作，经历过多次解决飞机系统电磁干扰问题的过程，开展了飞机设计体系中的电磁环境效应技术工作的流程建设，带领团队开展了飞机电磁环境效应验证等方面的科研和试验工作。这其中既包括参与解决歼 8 系列飞机的短波电台干扰等问题，也包括在电磁环境效应领域最富挑战性的歼 15 舰载战斗机的设计与验证。

本书并不着重介绍电磁兼容性的基础知识，而是通过本人多年从事电磁环境效应工作所取得的经验和认识的总结，结合多年的学习和研究，从工程上的实际应用方面，为读者提供一个参考性的手册。希望本书可以为飞机设计师和管理人员带来有益的帮助，并为从事电磁环境效应研究的技术人员提

供一个借鉴。

由于本人主要从事特定飞机的工程研制工作，因此在技术的认识上会受到限制，所以本书的内容对于电磁环境效应技术的描述可能也有一定的局限，希望给予谅解。

王明皓

2014 年 10 月

前 言

飞机的电磁环境效应，是指飞机在作战和使用全过程中和它所处的电磁环境之间的作用和冲突。这种作用和冲突包括飞机在使用过程中其整体作战使用性能受到电磁环境的影响，包括飞机在停放、维护、作战载荷挂载等过程中其安全人员和人员受到电磁环境的威胁，包括飞机在研制过程中针对各分系统进行控制的中间过程指标和考核指标受到电磁干扰的影响，包括飞机的电磁辐射对于作战环境中其他组成单元或武器装备功能性能的影响，也包括飞机的电磁辐射对于周围电磁场强度在时间、频谱和空间分布上的影响。

在国外，电磁环境效应技术的发展是伴随着各代飞机的研制不断发展和完善的，这从美国的军用标准的发展历程可以看出。由于飞机上空间狭小，造成机载设备安装密集，电缆排列紧凑（特别是战斗机的电缆敷设很难遵循已有的设计条例），再加上机载发射机功率越来越大，使用环境的电磁场强度也大幅提高，使得飞机设计中的电磁环境效应问题最为复杂和严重。同时，飞机电磁环境效应问题造成的后果往往很严重，对于导航系统的影响会导致飞机迷航，对于显示系统的影响会干扰飞行员对于飞机自身和周围的感知，对于飞行控制系统的影响会直接造成控制面误动作而危及到飞机的飞行安全。因此，从平台或系统的角度，飞机的电磁防护和电磁兼容性设计最具有迫切性和挑战性。同样，为解决电磁环境效应问题相关新技术的应用也最具有时效性，飞机设计也一直在为解决电磁环境效应问题对于作战使用的影响而努力。实际上，飞机设计的电磁环境效应一直是引领这一领域发展的直接动力。

为了规范电磁兼容性设计工作，控制电磁环境效应方面问题，逐渐出现了相关的标准和手册，这些标准和手册也经历了一个长期使用和完善的过程。我们知道，为了规范某型飞机机载设备的研制，使之符合飞机的总体技术要求，同时规范飞机的设计工作，在该型飞机研制中需要提出对于机载电子电气设备的电磁兼容性研制要求，这就是标准的雏形。这些电磁兼容性研制要求经过多个型号的使用，通过不断的修改、完善和精炼，从而逐步形成飞机系统和平台设计的标准或规范。这一标准或规范通过行业 and 同类专业技术人员的认可，拓

展使用在其他组织研制的飞机中，并发展成为飞机行业或者军方研制全过程体系化的标准和手册。当然标准体系的演化和完善也和电子技术的发展、飞机的使用环境或场景的变化、问题的不断出现和解决，以及人们对于电磁环境的认识密切相关。

总结起来，在飞机设计领域，电磁环境效应技术的进步和完善，主要经历了初始、发展和成熟三个发展过程或阶段。

在电磁环境效应的初始阶段，仅有单纯的电磁干扰概念，此时主要的工作是发现和解决飞机自身的电磁干扰问题。那时机上的无线电设备相对较少，主要是单独的无线电台、无线电罗盘、雷达高度表、信标接收机和雷达等设备。由于那时这些设备发射功率相对不是很大，所以对于电气设备一般不会造成大的影响。这样，在这一阶段只是由于接收设备灵敏度较高，需要解决一些其他无线电设备或电子电气设备对于具有高灵敏度接收机设备的干扰问题。当然这时人们开始逐渐认识了静电对于电台的干扰、静电对于燃油和电引爆器件的危害，同时由于对全天候飞机的需求，也开始研究飞机对于雷电的防护。

当然，随着电磁干扰问题的频繁出现及对问题的解决，推进了电磁环境兼容性技术的发展。在这一发展阶段，由于新技术引入到飞机设计中，以及飞机需要适应的作战场景的增加，使得飞机面临的电磁环境种类也变得繁多，电磁信号幅度也在增大，使得飞机电磁环境效应问题变得复杂起来。正是由于电磁环境效应问题的不断出现，电磁干扰已经不能涵盖所有相关技术内容，电磁兼容性的概念开始逐步形成，同时，技术发展也促生了新的技术分支。这时，一方面数字计算机在飞机上的应用对于飞机自身的电磁环境带来较大的冲击，窄带的时钟信号和宽带的脉冲信号的发射对于机载高灵敏接收机的影响是致命的；另一方面，机上设备发射机功率的提高和频段的扩展，对于飞机上模拟小信号传输的影响也是致命的，这主要体现在干扰电容式油量测量仪表、模拟控制的驾驶仪等。这一阶段为了规范飞机设计，电磁兼容性设计工作逐步形成体系，静电危害研究也比较完善，同时，在此阶段也开始考虑作战环境的电磁兼容性和电磁脉冲的防护。正是在这一阶段中电磁兼容性技术的不断完善，才逐步形成了电磁兼容性专业。

随后，飞机外部电磁发射对于飞机的影响变得异常突出，电磁威胁更加严重，为了应对这些异常，专业技术构成也变得更加丰富和完善，建立了一系列完善的标准，形成了飞机设计中的电磁兼容性设计流程和体系，飞机的电磁环境效应技术也逐步走向成熟。这时电磁环境效应已经成为飞机设计的一项重要的基础性工作内容，渗透在飞机设计全过程。从技术体系上说，电磁环境效应问题的范

围此时也在扩展，逐渐超出了原来定义的电磁兼容性所覆盖的范畴。

本书按照目前电磁环境效应技术的体系结构展开描述，叙述飞机设计中需要注意的设计问题。

在飞机设计中，负责防止电磁环境效应问题产生以及解决出现的电磁环境效应问题的工程师就是电磁兼容专业技术人员，他们在飞机设计一开始就要问一些问题。飞机在不同的使用场景中的电磁环境的形态和强度是什么样的？如何使所设计的飞机可以在指定的电磁环境中正常工作？新设计的飞机自身在电磁环境效应方面有什么特点？天线如何布局以避免耦合产生干扰？如何对研制的飞机进行实际电磁环境下的使用验证？负责航电系统设计的工程师也要问一些问题。航电系统涉及的射频设备的功率如何控制？频段如何划分和使用？航电系统选择何种总线可以抵御使用环境的电磁干扰？接口设计中电平和阻抗如何选取更有利于抗干扰？成品的电磁兼容性如何控制？等等。这些问题需要在飞机的研制中逐一地回答和解决，回答和解决的过程也是飞机电磁环境效应的设计和验证过程。

要想回答这些问题，我们就需要探索和解释电磁环境效应现象，寻找解决电磁干扰问题的方法，提出相应的规范来指导飞机的研制，让飞机的各个层次的设计人员理解电磁环境效应技术。本书的编写就是以这个出发点为基础，希望可以给飞机设计师和有志于从事飞机设计的人员提供一定的帮助。

电磁环境效应问题是一大类问题的统称，我们也称解决电磁环境效应问题的技术为电磁环境效应技术，然而我们还延续电磁兼容性专业的称谓，因此电磁兼容性是一个工程基础专业，在产品或者装备研制过程中，电磁兼容性设计既是需要重视和关注的一项技术工作，也是过程管理中的重要一环。了解和掌握飞机设计中基本的电磁环境效应技术和知识，不仅是每一个工程技术人员需要具备的基本素质，也是技术管理人员的必备条件。

对于电子和电气工程师，电磁环境效应知识掌握的必要性是显而易见的，但对于其他工程师为何需要掌握该知识呢？我们以机体结构设计师来举例说明。在结构设计过程中，不仅要在保证强度、刚度等要求的条件下用最低的重量代价实现结构所需的功能，还要考虑以下所述电磁环境效应方面的设计要素，这些要素的来源就是电磁环境效应设计要求。首先结构要保持电连续性。对于战斗机，通常飞机机体是直流回路中的重要一环，低阻的电连续性是基本保障，同时电连续性也是静电泄放和雷电防护的基本条件。其次结构材料的使用要考虑电磁防护。机体结构是飞机为机载设备提供电磁屏蔽的重要环节，同时也是为单极阵子类天线提供一个有效反射平面的必备条件。不同的结构材料对于直接雷击的反应也有

很大的差别，单纯的碳纤维复合材料会直接被雷击烧出孔洞。另外，对于特殊的磁传感器，其周围不能出现铁磁性材料，否则会影响传感器的测量精度。飞机非金属整体油箱设计要考虑雷电的防护设计，要能承受一定的雷击或提供雷电旁路保护，等等。

本书结合电磁环境效应的工程应用，根据对不同飞机研制经验的总结，不仅对飞机电磁环境效应设计做了系统性的阐述，更重要的是对飞机研制中的电磁环境效应问题给予了探索性的描述。本书通过对特点和规律的总结，及工程实例的介绍，努力为读者提供系统性的电磁环境效应工程应用知识。

近些年来，复杂电磁环境问题逐渐变成装备使用的热点问题，那么复杂电磁环境问题和电磁环境效应问题是否就是一个问题？应当说，复杂电磁环境本不是一个专用技术术语，只是一类问题的统称，是指那些基于问题发生当时的人员和技术难以或无法认识、解释及排除的射频电磁干扰问题的统称。既然是射频电磁干扰问题，就必然和电磁环境效应相关，但不要忘记还有专为干扰我方射频接收设备而出现的敌方电子战射频发射，另外最为关键的还有自身或友邻平台有用的射频发射。因此，复杂电磁环境问题是频谱管理、电磁环境效应和电子战引起的问题共同构成的问题的统称。在本书中，本人对这一领域也有自己的认识和看法。

现代飞机设计都有专业的电磁兼容技术人员在飞机设计研制中开展各种各样的工作，包括总体技术指标的设计，系统、分系统和设备电磁环境效应指标的提出，飞机设计中和各专业的技术协调，电磁环境效应设计要求的贯彻落实，设计试验验证方案的制订，开展飞机电磁环境效应的验证，等等。电磁兼容专业技术人员的这些工作可以用以下 32 个字概括：

研究环境，提出要求；

建立基础，规范流程；

发现问题，排除干扰；

探索方法，引导技术。

总的来说，电磁环境效应还是一门基础技术，需要飞机研制中每一个设计员学习、了解和认识，需要将电磁环境效应设计的思想融入到飞机设计的整个团队中，需要在飞机研制管理中落实技术的实现，这样才能保证飞机的设计满足要求，才能保证飞机安全、有效地使用，才能使得飞机在使用中真正发挥效能。

我们在查阅现有的飞机设计专业目录时，一般查不到电磁环境效应专业，各飞机研制单位也没有明确的电磁环境效应专业技术人员，主要由于技术和专业称谓保持了延续性，我们还是把负责电磁环境效应设计和相关问题解决的专业习惯

性称为电磁兼容性专业或电磁兼容专业，也称从事这一专业的技术人员为电磁兼容专业技术人员，由他们负责飞机的电磁环境效应设计、问题的解决和相关的工作。由于电磁环境效应更体现一类问题的统称，也并不很具有强的技术寓意，保持电磁兼容专业的称呼从另一方面看可能更具合理性。

目 录

第 1 章 认知电磁环境效应	(1)
1.1 对于电与场的理解	(1)
1.2 电磁环境效应的定义	(2)
1.3 专业技术范围	(4)
1.4 和相邻技术领域的关系	(6)
1.4.1 概述	(6)
1.4.2 电子对抗	(7)
1.4.3 天线设计	(8)
1.4.4 环境和可靠性	(9)
1.4.5 供电兼容性	(9)
1.4.6 安全性	(10)
1.4.7 小结	(10)
1.5 电磁环境	(11)
1.5.1 概述	(11)
1.5.2 射频环境	(12)
1.5.3 电磁脉冲	(13)
1.5.4 磁场环境	(14)
1.5.5 雷电	(14)
1.5.6 静电	(15)
1.5.7 供电干扰	(15)
1.5.8 复杂电磁环境问题	(16)
1.5.9 小结	(21)
1.6 电磁干扰和电磁兼容性	(22)
1.6.1 概述	(22)
1.6.2 干扰的传播	(23)
1.6.3 干扰的特点	(24)
1.6.4 系统内部和系统之间的干扰	(31)
1.6.5 小结	(32)
1.7 电磁威胁	(32)
1.7.1 威胁环境	(32)
1.7.2 威胁影响	(33)
1.7.3 小结	(35)
1.8 静电控制	(35)
1.8.1 概述	(35)

1.8.2	人体静电	(36)
1.8.3	燃油静电	(36)
1.8.4	沉积静电	(36)
1.8.5	静电放电器	(37)
1.8.6	小结	(38)
1.9	辐射控制	(38)
1.9.1	概述	(38)
1.9.2	有意辐射控制	(39)
1.9.3	无意辐射抑制	(39)
1.9.4	信息泄漏的防护	(39)
1.9.5	小结	(40)
1.10	总结	(40)
第2章 飞机设计的电磁环境效应		(42)
2.1	飞机的特点	(42)
2.1.1	概述	(42)
2.1.2	不同年代的战斗机	(43)
2.1.3	舰载飞机	(47)
2.1.4	电子战专用飞机	(49)
2.1.5	预警机	(50)
2.1.6	无人机	(50)
2.2	相关标准的演变	(51)
2.3	相关的机载设备	(53)
2.3.1	敏感设备	(53)
2.3.2	干扰设备	(58)
2.3.3	防护装置	(61)
2.4	飞机研制过程	(64)
2.4.1	概述	(64)
2.4.2	整机电磁环境效应技术要求的提出	(64)
2.4.3	方案设计中落实电磁环境效应要求	(66)
2.4.4	详细初步设计中开展电磁环境效应设计	(67)
2.4.5	详细设计中落实电磁兼容性的技术措施	(68)
2.4.6	分系统和设备级电磁兼容性试验和控制	(69)
2.4.7	电磁环境效应的故障模式分析	(70)
2.4.8	电磁环境效应的验证规划和准备	(70)
2.4.9	飞机生产组装的过程中的技术支持	(71)
2.4.10	飞机电磁环境效应问题的搜集分析	(72)
2.4.11	全机电磁环境效应试验	(73)
2.4.12	电磁干扰和电磁环境效应问题的解决	(74)

2.4.13	飞机放飞许可的发放	(74)
2.4.14	飞机电磁环境效应评估和结论	(77)
2.4.15	小结	(78)
2.5	总结	(78)
第3章	标准的使用	(80)
3.1	概述	(80)
3.2	设备和分系统级电磁干扰控制	(80)
3.2.1	概述	(80)
3.2.2	测试的布置和设置	(81)
3.2.3	CE101 和 CE102 电源线传导发射	(82)
3.2.4	CE106 天线端传导发射	(82)
3.2.5	CE107 电源线尖峰信号传导发射	(83)
3.2.6	CS101 电源线传导敏感度	(84)
3.2.7	CS103 天线端互调传导敏感度	(85)
3.2.8	CS104 天线端无用信号抑制传导敏感度	(85)
3.2.9	CS105 天线端交调传导敏感度	(85)
3.2.10	CS106 电源线尖峰信号传导敏感度	(86)
3.2.11	CS109 壳体电流传导敏感度	(86)
3.2.12	CS112 静电放电	(86)
3.2.13	CS114 电缆束注入传导敏感度	(87)
3.2.14	CS115 电缆束注入脉冲激励传导敏感度	(87)
3.2.15	CS116 电缆和电源线阻尼正弦瞬变传导敏感度	(88)
3.2.16	RE101 磁场辐射发射	(88)
3.2.17	RE102 电场辐射发射	(88)
3.2.18	RE103 天线谐波和乱真输出辐射发射	(88)
3.2.19	RS101 磁场敏感度	(89)
3.2.20	RS103 电场敏感度	(89)
3.2.21	RS105 瞬变电磁场辐射敏感度	(90)
3.3	系统或平台的电磁环境效应	(91)
3.3.1	概述	(91)
3.3.2	安全系数 (安全裕度)	(91)
3.3.3	系统内部的兼容性	(92)
3.3.4	外部射频电磁环境适应要求	(93)
3.3.5	雷电	(94)
3.3.6	电磁脉冲	(94)
3.3.7	分系统和设备的电磁干扰	(94)
3.3.8	静电电荷控制	(95)
3.3.9	电磁辐射危害	(96)

3.3.10	全寿命期电磁环境效应控制	(96)
3.3.11	电搭接	(97)
3.3.12	外部接地	(98)
3.3.13	防信息泄漏	(98)
3.3.14	发射控制	(98)
3.3.15	频谱兼容性管理	(99)
3.4	总结	(99)
第4章	电磁兼容性设计	(101)
4.1	通用技术	(101)
4.1.1	概述	(101)
4.1.2	屏蔽	(101)
4.1.3	滤波	(102)
4.1.4	接地	(102)
4.1.5	电搭接	(103)
4.1.6	布线 (电缆敷设)	(103)
4.1.7	电路设计	(104)
4.1.8	器件的选择	(104)
4.1.9	总结	(104)
4.2	飞机平台	(105)
4.2.1	概述	(105)
4.2.2	飞机蒙皮	(106)
4.2.3	蒙皮内的结构	(108)
4.2.4	结构之间的连接	(108)
4.2.5	特殊的附加结构	(109)
4.2.6	飞机的接大地	(109)
4.2.7	系统的安装	(109)
4.2.8	电缆的设计	(110)
4.2.9	电缆的通路和敷设	(111)
4.2.10	电缆之间的隔离	(113)
4.2.11	武器控制和电引爆器件	(113)
4.3	设备和分系统	(114)
4.3.1	概述	(114)
4.3.2	要求项目的选择	(114)
4.3.3	指标要求的剪裁	(115)
4.3.4	增加试验验证项目	(116)
4.3.5	试验状态的规定	(116)
4.3.6	其他设计要求	(116)
4.4	电气接口	(117)

4.4.1	概述	(117)
4.4.2	开关量信号	(118)
4.4.3	模拟信号	(120)
4.4.4	频率信号	(120)
4.4.5	同步分解器信号	(121)
4.4.6	总线信号	(121)
4.4.7	供电电源	(125)
4.5	元器件	(125)
4.5.1	概述	(125)
4.5.2	数字电路元器件噪声容限	(126)
4.5.3	电子元器件静电敏感	(126)
4.5.4	电子元器件抗辐射	(127)
4.5.5	典型元器件抗噪声干扰	(127)
4.5.6	线路板抗干扰设计	(128)
4.6	软件	(129)
4.6.1	概述	(129)
4.6.2	接口数据的预处理	(129)
4.6.3	程序设计	(130)
4.7	评审	(131)
4.8	总结	(132)
第5章	验证技术和方法	(134)
5.1	概述	(134)
5.2	设备和分系统	(135)
5.3	系统综合试验台	(135)
5.4	飞机整机	(136)
5.4.1	目标和项目	(136)
5.4.2	典型首飞安全性试验的程序	(138)
5.4.3	机体屏蔽效能试验方法	(140)
5.4.4	高强度电磁场干扰的验证方法	(140)
5.4.5	状态的确定	(143)
5.4.6	设施和条件	(144)
5.4.7	机载系统工作的激励和模拟	(144)
5.4.8	测量数据的使用	(145)
5.5	电磁环境的模拟	(146)
5.5.1	概述	(146)
5.5.2	专用射频高场发生装备	(146)
5.5.3	通用射频高场发生设备	(146)
5.5.4	静电发生设备	(147)