

中国航空科技文献

HYW880004

电磁兼容性设计手册

陈 穷 沈天伟

柳光福 译

李 坚 林国贤

HYW880004

航空工业部

译 序

这本设计手册奉献给从事电磁兼容工程的读者们。

《电磁兼容性设计手册》(AFSC DH 1-4)是美国空军系统司令部设计手册系列之一。该手册是美国空军权威性设计文献,在国外许多书刊、文献、规范中被广泛引用。手册汇集了较丰富的电磁兼容方面的管理资料、设计要点、技术数据及背景资料。手册介绍了广阔领域的无线电频谱分配;在防止电磁干扰和电磁敏感元器件、线路设计、屏蔽、滤波、布线、接线、搭接、接地、防雷电和静电等方面提供了详尽的设计资料 and 实际经验;论述了电磁兼容性分析与预测程序;简述了TEMPEST;介绍了系统和设备电磁兼容测量技术和测量仪器。书中涉及的资料基本上包含了电磁兼容性领域的全部内容。

该手册主要适用于电子、电气、飞机、航天、兵器、火控、导弹、显示等专业系统的电磁兼容性设计、工艺、试验、检验。对各工业部门、研究所、大专院校不失为较好的参考资料。

本手册共分八章。第一章和第二章由航空航天部第三〇一研究所研究员级高级工程师陈穷副总工程师翻译;第三章由航空航天部松陵飞机制造公司设计所林国贤工程师翻译;第四章、第六章和第八章由航空航天部上海飞机设计所李坚工程师翻译;第五章由航空航天部第六一五研究所高级工程师柳光福和沈天伟翻译;第七章由高级工程师沈天伟翻译。全书由陈穷负责复审整理。

航空航天部柳景惠高级工程师;航空航天部第六二八所刘秋爽和凌志勤副编审;航空航天部第三〇一所王则燕工程师对手册翻译承担了译文润色工作,给予了技术指导和各种支持,这里顺致衷心感谢。

由于译者水平有限,难免会有错误和不足之处,敬请批评指正。

译者 一九八八年四月北京

总 目 录

摘要	(2)
第一章 通用资料	(3)
第二章 电磁兼容性系统工程	(23)
第三章 电磁兼容性的特性和效应	(41)
第四章 电磁兼容性设计分析和预测	(116)
第五章 基本的电磁兼容性设计	(148)
第六章 试验程序和设备	(252)
第七章 雷电和静电	(271)
第八章 提要	(317)
附录和索引	(323)

电磁兼容性设计手册

陈 穷 沈天伟

李 坚 林国贤

柳光福 译

摘 要

本手册以电磁兼容性设计原理、资料、指南和准则提供系统设计并形成电磁兼容设计数据重要的原始资料(可以使用任何类型的真实资料作为设计评定的基础)。本手册部分执行AFS CR 8-4。

第一章	通用资料	(5)
第1A节	美国空军系统司令部设计手册大纲	(5)
1A1	前言	(5)
1.	目的	(5)
1.1	合同应用	(5)
2.	范围	(5)
2.1	强制性条款	(5)
2.2	非强制性条款	(5)
1A2	手册组织机构与管理	(5)
1.	版本	(5)
2.	计量单位	(5)
3.	说明性资料	(6)
4.	编号	(6)
5.	日期记载	(6)
6.	目录表	(6)
7.	参考资料	(6)
7.1	相互参考	(6)
7.2	参考文件	(6)
7.2.1	规范、标准及相关文件	(6)
7.2.2	技术报告和获得版权的出版物	(6)
8.	索引	(6)
9.	术语汇编	(6)
10.	清单	(6)
11.	手册修订	(6)
11.1	特殊的安全条款	(6)
11.2	修订资料标注	(9)
11.3	现行页码列表	(9)
12.	标准化	(9)
12.1	国际协定的执行	(9)
13.	手册获取	(9)
13.1	非保密手册	(9)
13.2	保密手册	(9)

13.2.1	证明和订购程序.....	(9)
13.3	国外分发.....	(9)
13.4	一般分发.....	(10)
14.	手册处理权.....	(10)
15.	评论与介绍.....	(10)
16.	通讯.....	(10)
1A3	电磁兼容性手册.....	(10)
1.	目的.....	(10)
2.	内容.....	(10)
3.	负责的工程部门 (REO)	(10)
1A4	标准化.....	(12)
1.	引言.....	(12)
2.	国际军用标准化.....	(12)
3.	国防部标准化.....	(12)
4.	承包商标准化.....	(12)
第1B节	电磁频谱	(13)
1B1	前言.....	(13)
1.	频谱命名.....	(13)
1.1	通讯分系统.....	(13)
2.	频率管制.....	(13)
3.	频谱有关文件.....	(14)
1B2	频谱.....	(14)
1.	概述.....	(14)
1.1	波长尺寸.....	(14)
2.	频谱图.....	(14)
2.1	频率与波长之间的相互关系.....	(14)
2.2	无线电频率.....	(14)
2.2.1	电离层的穿透.....	(14)
2.2.2	上限.....	(14)
3.	红外线.....	(17)
4.	紫外线.....	(17)
5.	X射线.....	(17)
6.	γ射线.....	(17)
7.	电磁频谱的性质.....	(17)
8.	频谱扩展规模 (3MHz~300GHz)	(17)
1B3	谐波关系.....	(17)
1.	概述.....	(17)
2.	计算.....	(18)

第一章 通用资料

空军系统司令部电磁兼容性设计手册专用于提高总体系统的兼容性，重点放在减少由交叠电磁场干扰造成的问题。本手册中的电磁兼容性是指系统的所有部件必须具有预期的功能，不允许在作战使用中由于周围环境或工作状态和措施引起性能降低，以免继续检查。本章向本手册的用户介绍电磁兼容性设计手册大纲并提供电磁兼容性方面的背景材料。

第1A节 美国空军系统司令部设计手册大纲

本节介绍美国空军系统司令部（AFSC）设计手册大纲方面的资料，以及电磁兼容性设计手册的目的、内容、组织机构和管理。

1A1 前言

1. 目的

空军系统司令部设计手册的主要目的是为了在后勤采购大纲中，提供给空军理解使用的技术资料，试图减少重复的技术项目，增加应用技术知识。

1.1 合同应用

设计手册通常应用于：(1)直接结合他们的要求变成一种合同；(2)变手册资料为合同规定的标准或规范。

2. 范围

设计手册是空军系统的设备设计的技术领域内设计准则和指南的主要来源。它们包含强制性和非强制性条款。

2.1 强制性条款

除非另有规定，一旦合同采用强制性条文(例如采用设备)就必须遵守。若弃权，则必须通过制定的管理程序。

2.2 非强制性条款

提供一种非强制性性质的设计资料，以对技术问题增加理解并促进问题的解决。非强制性条款作为指导，可以与正常要求不一致。

1A2* 手册组织机构与管理

1. 版本

每部AFSC设计手册的章是基本部分。章分为节。每节包括设计要点。每章的图和表格在本章独自连续编号**。

2. 计量单位

手册中的计量单位通常用米制单位。用米制单位计量时，在括弧内包含等效的美国常用单位。早期计量以美国常用单位给出并经“软公制”转为米制。当计量仅用米制单位给出时，米制单位是计量的原始单位，而不是从美国常用单位转换来的（参见附录A，米制术语定义）。

* 本章设计说明是1979年7月5日修订增加的。

** 根据译文编排，对原文作了更改 译者。

3. 说明性资料

表格、图示和其它说明性资料，在设计要点中作为补充说明。图和表格分别按每章独自顺序编号**。

4. 编号

各设计要点中各章和页的编号是连续的。在每一节中各设计要点的编号是连续的。

5. 日期记载

各章节注出出版日期。在手册前面加标题目录，接着是一通用目录表。

6. 目录表

目录表在各章节的开头出现。

7. 参考资料

手册包括两类参考资料：

(1)手册各章之间或各手册间相互参考；

(2)参考其它文件。

7.1 相互参考

凡是可能的地方，手册内和手册间相互参考，以免资料重复。

7.2 参考文件

手册的参考文件包括：(1)规范、标准以及相关文件；(2)技术报告和已取得版权的刊物。

7.2.1 规范、标准及相关文件

规范、标准、图纸、技术通令、手册、通报、说明书、细则以及小册子作为参考资料示于表1.1。这些参考资料的有效期是国防部新近发行的规范、标准，以及增刊里列出的日期，除非在个别合同和工作报告中另有规定。

7.2.2 技术报告和获得版权的出版物

确定技术报告、期刊论文、手册编号等，综合顺次整理列表，编号仅供参考（例如，“见参考资料112”或“参考资料25的部分摘录”）。由下面参考文件标注的编号鉴别出已取得版权的出版物，从中逐字摘录资料。这些资料未经版权者的许可，不准翻印。用于各手册中参考资料的编号，列表于附录C中。

8. 索引

每部手册后面是各章主要内容的详细索引。

9. 术语汇编

每部手册都包括有一个词汇表在附录A中。词汇表术语在特定范围内适用。如术语在手册中只出现一次（或偶尔出现）要说明它出现在什么地方。

10. 清单

编制设计要求使用核对用清单，并证明将会满足设计要求。在DH-X系列中（例如：应用的DH1-X，DH2-X）包含每部手册的核对清单。

11. 手册修订

每部手册安排每半年修订一次。

11.1 特殊的安全条款

有关关键性的或极端危险设计情况的资料，可以在任何时间以“设计公报”的形式发行。限制这类“设计公报”的规模不超过一个完整的设计说明。

表1.1 手册参考文件

文 件 种 类	文本参考实例
<p>规范</p> <p>Aerospace Material Specifications</p> <p>Federal Specifications</p> <p>Military Specifications</p> <p>National Aeronautics and Space Administration Specifications</p>	<p><i>AMS 999</i></p> <p><i>Fed Spec QQ-Q-111</i></p> <p><i>MIL-A-1111</i></p> <p><i>KSC-C-123</i></p>
<p>标准与图样</p> <p>Air Force-Navy Aeronautical Design Standards</p> <p>Air Force-Navy Aeronautical Standards</p> <p>American National Standards Institute Standards</p> <p>American Society for Testing and Materials Standards</p> <p>American Welding Society Standards</p> <p>Federal Standards</p> <p>International Electrochemical Commission Recommendations</p> <p>International Standards</p> <p>Military Standards (Book Form)</p> <p>Military Standards (Sheet Form)</p> <p>National Aeronautics and Space Administration Standards</p> <p>National Aerospace Standards</p> <p>National Fire Protection Association Standards</p> <p>Society of Automotive Engineers (SAE) Aerospace Standards</p> <p>SAE Aerospace Information Reports</p> <p>SAE Aerospace Recommended Practices</p> <p>USAF Standard Drawings</p>	<p><i>AND 10070</i></p> <p><i>AN1111</i></p> <p><i>ANSI A24.10</i></p> <p><i>ASTM D86</i></p> <p><i>AWS A22-66</i></p> <p><i>Fed Std 595</i></p> <p><i>IEC 184(1965)</i></p> <p><i>STANAG, ABC, HC</i></p> <p><i>MIL-STD-111</i></p> <p><i>MS21348</i></p> <p><i>KSC-SID-E-0001</i></p> <p><i>NAS2115</i></p> <p><i>NFPA 11-1970</i></p> <p><i>SAE AS 219</i></p> <p><i>SAE AIR 720</i></p> <p><i>SAE ARP 321</i></p> <p><i>Dwg 56A1111</i></p> <p><i>Dwg 721111</i></p> <p><i>Dwg 1623G</i></p>
<p>技术指令</p> <p>USAF Technical Orders</p>	<p><i>TO 11-1-1</i></p>
<p>手册</p> <p>AFSC Design Handbooks</p> <p>Department of Defense Handbooks</p>	<p><i>DH 1-3</i></p> <p><i>DODH-5010.8-H</i></p>

续表1.1

文 件 种 类	文本参考实例
Federal Handbooks Military Handbooks	<i>Fed Hdbk H-28</i> <i>MIL-HDBK-130</i>
通报与表报 Air Force-Navy Aeronautical Bulletins Data Item Description (Indexed in DOD 5000.19L, Vol1) Military Bulletins USAF Specification Bulletins	<i>ANA Bul 111</i> <i>DI-R-3531</i> <i>MIL-BUL-400</i> <i>USAF Spec Bul 111</i>
手册 Air Force Flight Test Center Manuals Air Force Test Range Manuals Air Force Manuals Air Force Dogisucs Command Manuals Air Force Systems Command Manuals Ist Strategic Aerospace Division Manuals Department of Defense Manuals Navy Manuals Space and Missile Systems Organization Manuals Space and Missile Test Center Manuals	<i>AFFICM 55-2</i> <i>WTRM/ETRM 127-1</i> <i>AFM 86-1</i> <i>AFLCM 86-1</i> <i>AFSCM 86-1</i> <i>ISTRADM 127-200</i> <i>DODM 4120.3-M</i> <i>NAV AIR 01-1A-509</i> <i>SAMSOM 127-1</i> <i>SAMTECM127-1</i>
规定 Air Force Flight Test Center Regulations Air Force Regulations AFSC Regulations Federal Aviation Administration Regulations	<i>AFFTCR 55-15</i> <i>AFR 86-1</i> <i>AFSCR8-4</i> <i>FAR 25</i>
小册子 Aeronautical Systems Division Pamphlets Air Force Pamphlets Air Force Systems Command pamphlets Federal Aviation Administration Advisory Circulars National Aeronautics and Space Administration Procedures	<i>ASDP 127-1</i> <i>AFP 88-27</i> <i>AFSCP 80-5</i> <i>AC 20-53</i> <i>MSFC-PROC-151</i>
技术文件	<i>Ref 126</i>
出版版权	<i>Ref 525</i>

11.2 修订资料标注

正文或标题左侧黑线表示进行过更改的地方。在页面上的黑线旁注明日期，指出该页上编者已作过更改。在设计说明或章的标题旁加星号（*）表示在正文或注释中另外增加的或已大量更改过的相当长的新资料。用恰当的注脚告诉用户更改的范围。页面日期指明全部标注更改的有效期（本条已按译文编排更改——译者）。

11.3 现行页码列表

每部手册都包括一个“现行页码表”，表示页码最新日期。修订中一个星号（*）表示一个新的或更改的页码。符号（#）表示页码没有更改则删除。

12. 标准化

有关标准化大纲的详细资料包括在1A4中。

12.1 国际协定的执行

设计手册要求执行某些国际协定。手册在哪些地方执行某种国际标准将作出规定，并根据国际协定连同国际标准文件号（STANAG, ABC, ASCC等等）和名称一起规定出可以适用的资料。当试图违背这种要求时，请求者必须说出违背涉及的那个协定。

13. 手册获取

在没有更改合格的机构保障技术供应的情况下，美国空军提供手册。需要设计手册采用ASD格式344（不保密的）或ASD格式345（保密的）（见16节，获取每部设计手册的说明目录）。设计手册不考虑“资料”符合AFR12-30；因此他们不服从资料Act可能的要求。

13.1 非保密手册

美国所有政府机构必须证明，按执行指定任务的特定需要申请要手册是有理由的。非政府机构需要手册必须至少满足下列要求之一：

a. 在现行的美国空军合同中，或普通的招标（IFB）或投标要求（RFP）中引用了专用手册。

b. 由于保密或专门教育任务会使美国空军直接的技术受益，需要专用手册。

这些要求应该：(1)指出需要的手册；(2)指出合同招标或投标号；(3)按组织机构给定要求规定任务，解释手册产生的用途并说明对美国空军的利益。

13.2 保密手册

在AFSC DH一系列中，保密手册的自动分发只限于那些持续不断需要的机构，还要严格控制要求的数量。不管是要求要保密设计手册还是发放给预计投标者的保密设计手册，每个需要都要分别作出决定。至少每三年要求证明连续需要保密手册。

13.2.1 证明和订购程序 订购任何保密设计手册，要完成航空系统管理处（ASD）格式345。按照机构简要说明的格式要完成“需要了解的证明”。需要人员必须提供下述资料：合同号，结束日期和他们的安全许可证。保密手册AFSC DH 2-9包括需要特殊处理的情报资料，补充要求的批准程序和国防部“保卫保密情报的工业安全性手册”的管理保密材料，见AFR205-2。限制分发国防部及其组成的承包商。所有承包商用DH2-9要求按有效的国防部合同直接提供并由ASD/FTD(TQIC), Wright—Patterson AFB OH 45433 审批分发。

13.3 国外分发

国外政府或国外国家需要设计手册必须经过华盛顿的国家大使批准，然后经AFSC/

ND, Andrews AFB DC 20334进行。美国市民和企业在国外需要获得设计手册, 必须直接向AFSC/IND提出要求(有证明), 由Andrews AFB DC 20334批准。

13.4 一般分发

对于所有的修正和手册更改, 按自动分发给已批准的手册用户。若他们的要求改变, 用户必须提出新的要求证明用ASD格式344或ASD格式345是合理的。因为受版权限制, 设计手册不能再版。手册复制本在很多技术藏书中可得到。

14. 手册处理权

美国政府保留全部手册(含封面和内容)所有权。只要有需要, 可无代价贷款编手册。当用户可能不再满足13.1或13.2节要求时, 装订本转给2750ABW/DAPE, Wright-Patterson AFB OH 45433。内容有损坏时, 可以认可, 参见AFR 205-2。DH2-9的内容无效之前, 由ASD/FTD(TQIC), Wright-Patterson AFB OH 45433获得特别的指令/允许发表。遵照ASD/ENESS, Wright-Patterson AFB OH 45433特殊要求, 只转所有其它手册的内容。

15. 评论与介绍

设有每部手册的评论、建议或地址更改的读者服务通讯。所有读者都支持评论与介绍, 以致在设计手册中的资料会保持到现在, 对设计师有帮助。

16. 通讯

有关AFSC设计手册管理全部通讯处为:

ASD/ENESS (Mr. Norvell)

Wright-Patterson AFB OH 45433

Tel: (513) 255-6285

AUTOVON: 785-6285

1A3 电磁兼容性手册

1. 目的

电磁兼容性(EMC)设计手册, 重点放在减少交叠电磁场干扰造成的问题, 专用来促进总体系统兼容。必须研究与系统各部分有关的、可能有害的效应。这份研究大纲确定鉴定战时或任务准备的系统功能特性所使用的测试设备; 供电设备或系统在试验、调整、校准或发射准备期间的信号; 场地系统配置特性; 以及所有工业的、商业的、军用的或通过传导、感应或电能辐射产生的, 可能影响系统的物理现象。

2. 内容

电磁兼容性包括工作装置使用措施; 飞行空间通过运载武器的能量大小和特征; 工作环境的物理特性; 雨量、雪、湿度、热、杂质、盐雾的大小, 以及系统遭受到的其它环境因素; 电话、通讯设备, 以及工作区域电源线, 它们可能是传播干扰和相互作用的一种来源。系统各个电气组成部分的电磁兼容性方法, 应该起到预期的作用。在工作使用中由于周围环境或由于状态和措施所引起而没有降低性能, 将容许继续不作检查。电磁兼容性中使用的术语和单位制, 包括在MIL-STD-463中。

3. 负责的工程部门(REO)

REO是对专门科目指定最终工程或技术监测任务的组织机构。表1.2包括了本手册中所有的REO的信箱地址和电话号码。

表1.2 负责的工程部门一览表

地址、电话号码	组织机构和职责范围
<p>AFAL/AAD Wright-Patterson AFB OH 45433 (513)255-4729 AUTOVON 785-4729</p>	<p>Air Force Avionics Laboratory, Systems Development Branch-空军航空电子设备实验室; 系统发展处研制并验证新设想的综合航空电子设备分系统实施样机研制大纲。航空电子系统新技术和改进系统结构的应用验证。</p>
<p>AFCOM SECCEN/EPE San Antonio TX 78243 (512) 671-2546 AUTOVON 945-2546</p>	<p>Air Force Communications Security Center Engineering Division-空军通讯保密中心, 工程分部。重点在工程辅助设备和TEMPEST领域的测试和保密通讯设备。</p>
<p>AFML/LTE Wright-Patterson AFB OH 45433 (513) 255-3509 AUTOVON 785-3509</p>	<p>Air Force Materials Laboratory, Electronics Branch-空军器材实验室, 电子处。电子器材装置的计划和实施大纲。新电子器材生产研制大纲。</p>
<p>AFML/MXA Wright-Patterson AFB OH 45433 (513) 255-5117 AUTOVON 785-5117</p>	<p>Air Force Materials Laboratory, Materials Integrity Branch-空军器材实验室、器材牢靠性分部。有关腐蚀或损坏的检查、控制和预防的实施方案。</p>
<p>ASD/ENACC Wright-Patterson AFB OH 45433 (513) 255-5007 AUTOVON 785-5007</p>	<p>Aeronautical Systems Division, Flight Essentials Branch-航空系统部, 飞行品质处。确定满足航空电子分系统要求。制订、探索满足未来需要的必不可少的特性和任务目标, 开发先进技术。航空电子学领域, 例如空中管制、空中战斗识别、方位探测的实施方案, 以及电子仪器硬化。</p>
<p>ASD/ENAMA Wright-patterson AFB OH 45433 (513) 255-5078/2907 AUTOVON 785-5078/2907</p>	<p>Aeronautical Systems Division, Electromagnetic Interference and Capabilities Branch-航空系统部, 电磁干扰和能力处。制定性能和功能项目, 确立现时的需求, 探索和开发新技术。在主要的航空电子分系统中确定电磁干扰和能力, 实施各种有关方案。对机载电子设备分系统性能校准标准, 并控制同一误差。</p>
<p>ASD/ENESS Wright-Patterson AFB OH 45433 (513) 255-6285 AUTOVON 785-6285</p>	<p>Aeronautical Systems Division, Handbook Branch-航空系统部, 手册分部。职责包括: 国防部、空军和局部工程标准化大纲支持Wright基地AFB的ASD/AFSC实验室和其它AFSC部门; ASD空军图样(格式1)的制备和发行; 空军特有的指南; AFSC DH系列出版的设计手册大纲。编制并提供国防部、和空货管理的军用飞机、火箭、导弹的型号命名。</p>
<p>ASD/ENFEF Wright-Patterson AFB OH 45433 (513) 255-5682 AUTOVON 765-5682</p>	<p>Aeronautical Systems Division, Fuels and Hazards Branch-航空系统部, 燃料及危害分部。进行分析、工程研究、试验和鉴定燃油、空中加油、润滑及有关范围的试验和鉴定。指出探索性的、先进的工程研究的需要, 以满足未来的需要。</p>
<p>RADC/RBCT Griftiss AFB NY 13441 (315) 330-2519 AUTOVON 587-2519</p>	<p>Rome Air Development Center, Compatibility Branch-罗姆航空发展中心兼容性分部。有关电磁兼容性和抗干扰方面的探索性研究、计算技术、分析和其它技术。</p>

1A4 标准化

1. 引言

尽管设计手册不是国防标准化大纲的组成部分，然而它们对于完成标准化任务作为一种辅助手段通常是适用的。

2. 国际军用标准化

美国参加包括联合盟国的国际军用标准化大纲。航空标准化协调委员会(ASCC)由美国、英国、加拿大、新西兰和澳大利亚组成。在澳大利亚和新西兰参与之前，ASCC起源于“ABC标准化委员会”。北大西洋公约组织(NATO)标准化大纲导致产生NATO标准化协议(STANAG)。标准化军事机构(MAS)在常设工作组制定的政策范围内，促进NATO军用标准化。MAS由主席和三军(陆、海、空)委员会组成。每个委员会由加拿大、法国、英国和美国各军种成员组成。每个军事委员会的委任代表从NATO国家中产生。加入这些标准化方案的国家，已同意采用通过的标准，并通过设计手册大量贯彻这些标准。经联合司令员和工作人员、各种代理机构的作用实现国际军用标准化，并正式制订大纲。主要目的是：

- a. 保证在未来战争中或紧急行动中，联合军事行动的后勤、技术、程序和工作妨害很小。
- b. 在联合的工作项目和共同资源应用中实现经济性。

3. 国防部标准化

现代技术迅速变化与复杂系统的发展有关。从构思到采购要应用标准化。在系统中要使用各种各样的标准件、部件和分系统，且在系统研制和生产中要简化。政府和工业部门协调他们的工作项目对于达到目的是重要的。这些工作包括：(1)材料、元件、设备和工艺的标准化；(2)工程惯例和对设计、采购、检验、应用、防护、军需品运输防护等必需的程序标准化。关于联邦供应系统标准化有个国会命令，对显而易见的特殊利益的各个领域是适用的。防务标准化大纲的目的是：

- a. 改善效率，后勤支援效能和陆、海、空工作人员准备状态。
- b. 为保存货币、劳动力、时间、生产条件和自然资源：(1)采用最小的尺寸、最少的品种和项目的种类和军队基本的军事工作；(2)得到最大可行限度的元件互换性；(3)制定标准术语，规划和制图应用；(4)准备技术和采购文件，提供与国防部标准化大纲任务相一致的项目设计、采购和交付；(5)已按制定的政府规范和标准鉴定正式通过的器材，有很多可靠的设备供应给军事部门。

4. 承包商标准化

不管是可能还是实际如何，要求在一个系统内，承包商供应的零件、元件、组件和分系统标准化。按照不同物品的最小数量使用于最大适用范围的原则，会大大地影响维修性、可靠性、供应和成本。在一个系统内，完成相同或类似的功能有多种应用时，承包商应该争取对各种用途仅用一种设计。要求使用设计手册各部分中列出的已经检验和已知有效的标准项目。系统的第一承包商应使用手册监督分承包商们的工作，以达到上述目的。

第1B节 电磁频谱

了解电磁兼容问题必须分析电磁频谱特性。本节深入解释各波段的电磁频谱及其分配。

1B1 前言

1. 频谱命名

目前，联邦通讯委员会（FCC）列举的标准波段命名如表1.3所示。MIL-STD-463中包括了符号和频谱命名。

表1.3 频 谱 命 名

波段号码	频 率 范 围 (下限除外, 包括上限)	相 应 米 制	形容的波段命名
4	3 ~30 kHz	超长波	VLF (甚低频)
5	30 ~300 kHz	千米波	LF (低频)
6	300kHz ~3MHz	百米波	MF (中频)
7	3 ~30 MHz	十米波	HF (高频)
8	30 ~300 MHz	米 波	VHF (甚高频)
9	300MHz ~3GHz	分米波	UHF (特高频)
10	3 ~30 GHz	厘米波	SHF (超高频)
11	30 ~300GHz	毫米波	EHF (极高频)

• 波段号“n”范围从 $0.3 \times 10^n \sim 3 \times 10^n \text{Hz}$

1.1 通讯分系统

目前通讯分系统用在空军飞机、民用飞机和宇宙飞船上有如下种类：

- a. 高频无线电（3~30MHz），通常用在中距离以上的音频通讯，但也可以通过天波传播加以扩展。
- b. 甚高频（30~300MHz），仅用在民用飞机和某些美国空军的飞机上。用于直线视距。
- c. 特高频（300MHz~3GHz），已作为标准化设备用在所有美国空军飞机上作视距传播。

2. 频率管制

空军手册100-31“频率管理和电磁兼容性”包括文献，图表，以及频率管理区域内与电磁兼容关系图。

3. 频谱有关文件

长途通讯政策部的经验对所有电磁兼容工程师都是很重要的，已经由长途通讯政策部的规范和标准变成了国家的政策。其自动化程度优于政府管理机构单独公开发行的文件（例如DOD、FCC等），下列文件不打算用于采购，然而对利用频谱为设备编写规范的工程师们却是必不可少的：

a. “无线电频率管理规则和程序手册”目录册NO.PREx4.6/9，从GPO, Wash DC 20402获得。

b. “通讯-电子系统频谱政策研究和/或采购”可从长途通讯政策部（OTP），1800 G St NW, Wash DC 20006获得。

1B2 频谱

1. 概述

频率谐振效应阐明了自然界很多现象。无论波的能量形式是机械的、声或电（无线电）波，谐振时振幅都是最大的。恰好地球有一个自然谐振频率。据1960年智利地震记录表明地球的摇晃好似一个球体，每月以极低的频率（0.0008Hz）摆动。在20分钟内完成一个周期。

1.1 波长尺寸

由宇宙空间产生的电磁辐射到达地球时覆盖了很宽的频率范围。其中有的波长很长，约18600000 mile 或大约是地球到太阳距离的五分之一。

2. 频谱图

频谱图1.1中包含了大部分电磁频谱，但是为了有助于比较，还包含机械振动频率和声频。按照人类耳朵收听的正常频率范围，声频频谱划为20~200000Hz。超声波频率上限展宽到接近金属的频率，大约是 10^{12} Hz。超过这频率，材料对机械波能量的输入可能不再产生响应。

2.1 频率与波长之间的相互关系

在电磁频谱中，频率（F）和波长（ λ ）相互关系可归结为下式：

$$F = \frac{C}{\lambda} \text{ 或 } \lambda = \frac{C}{F} \quad (1.1)$$

式中C是光速。

2.2 无线电频率

频谱的无线电频率部分早期只作为民用，提供海上通讯和航行救护。以后才进入商业广播和远距离通讯。在地平线以外的远距离广播是经电离层反射的无线电波形成，标准的国家电台（WWV, WWVB, WWVL）给出准确的频率和时间信号。

2.2.1 电离层的穿透 大约在30MHz处电磁波开始穿透电离层。民用广播就限制在视距范围内，例如电视。然而，这种穿透使空间通讯和射电天文学成为可能。多数射电天文学集中在21cm（1420MHz）氢的轨道上，这是由星际空间氢原子发射的自然界无线电频率。

2.2.2 上限 由大气层边缘通过区进入到空间的电磁波截止波长为1cm。在实验范围内因为制作电路的文件比较小的实际限制，影响了电子电路产生射频能量的上限。为了满足较高频率的需要，正在利用原子和分子的内部结构。原子钟就是原子频率应用的一个例子，频率

