

抗恶劣环境外部设备

主编 杨 俊 主审 杨荫溥

KANG E LIE HUAN JING

WAI BU SHE BEI

西安电子科技大学出版社

抗恶劣环境外部设备

歐陽文

一九九二年
八月廿日

主 编 杨 俊
主 审 杨荫溥

西安电子科技大学出版社

1
9
9
2

(陕)新登字010号

内 容 简 介

本书是在近几年来研究、总结抗恶劣环境外部设备加固原理和加固技术的基础上编写而成的。全书分为绪论、第一篇加固原理和加固技术、第二篇加固外设的研制和分析等三部分,共十七章。本书从理论上研究外设(特别是机电型外设)的加固原理,从技术上研究实施加固的方法(包括相应的结构设计和工艺),从实验上研究加固标准和检测方法,并选编国内外加固型外设研制的典型事例,最后介绍国际有关发展动态。本书对从事研究、设计、制造和使用抗恶劣环境外设的科技人员有重要的参考价值。

抗恶劣环境外部设备

杨 俊 主编

杨荫溥 主审

责任编辑 杨 兵 叶德福

西安电子科技大学出版社出版发行

西安电子科技大学印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 18 12/16 字数 441 千字

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷 印数 1—2 000

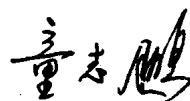
ISBN 7-5606-0208-8/TH·0009 定价: 4.90 元

序

抗恶劣环境计算机系统对国防和国民经济各部门,如航天、航空、航海、野外作业、石油勘探、地质勘探、核开发、矿产资源开发和恶劣环境条件下的信息处理等方面,都具有重大的促进作用。为了适应各种恶劣环境条件并能可靠运行,除大力研制抗恶劣环境计算机外,还要研制配套的计算机外部设备,如磁存储器、光盘存储器、打印机和绘图机等属于机电一体化产品,研制难度大,需要量也很大,急需开发。在国外,抗恶劣环境计算机及其外部设备近几年来已发展成一种新兴产业。

我国在1986年由计算机专家编写出版过一本《抗恶劣环境计算机》,它全面地阐述和介绍抗恶劣环境计算机系统的当代水平,其中重点论述了外部设备的有关问题。

鉴于近年来抗恶劣环境外部设备飞跃发展,有必要从理论上研究外部设备(特别是机电型外设)加固原理,从技术上研究实施加固方法(包括结构和相关工艺),从验收方面研究加固标准和测试方案。本书最后还结合研制事例介绍发展动态,力图使读者对抗恶劣环境外部设备的设计、研制和应用有一基本理解。希望本书出版发行有助于我国抗恶劣环境外部设备的发展。



1992.7

前 言

本书是在近几年来研究、总结抗恶劣环境外部设备加固原理和加固技术的基础上编辑而成的。全书分为绪论、第一篇加固原理和加固技术、第二篇加固外设的研制和分析等三部分，共十七章。本书从理论上研究外设(特别是机电型外设)的加固原理，从技术上研究实施加固的方法(包括相应的结构设计和工艺)，从实验上研究加固标准和检测方法，并选编国内外加固型外设研制的典型事例，最后介绍国际有关发展动态。本书的出版，将对从事研究、设计、制造和使用抗恶劣环境外设的科技人员有所参考。

本书由杨俊担任主编。应邀专题编写或提供资料的单位有：15 所、734 厂、785 厂、52 所、4507 厂、华北终端公司、707 所、709 所、湖南计算机厂和西安电子科技大学。参与编写、撰稿和审校工作的技术人员和专家二十多位。名单于下：

各章执笔人和审稿人名单

	执笔人	审稿人
绪论	杨 俊	
第一章	姜永大	
第二章	徐光弘 周安琪	
第三章	赵惇爻	
第四章	杨 俊	
第五章	杨 俊	
第六章	周安琪	
第七章	王世萍	
第八章	牛林富	
第九章	夏忠信	李光远
第十章	石寿安	王新瀛
第十一章	黄汝为	彭晓涛
第十二章	王月起	刘庭华 王 信
第十三章	黄晓明 唐秀昆	李元明
第十四章	张凤林 阮 刚 赵振锁	唐耀福
第十五章	毛金生	屈能伸
第十六章	牛林富	胡明海
第十七章	杨 俊	

对积极参与写稿、审稿和提供资料的单位深表感谢。由于本书内容涉及面广，需要查对、统一和调整的内容较多，聘请赵惇爻、周安琪、徐光弘、王世萍等副教授和牛林富讲师参加有关章节的编审工作，聘请姜永大副教授参加全书的编审工作，使本书得以早日问世，对他们的人力协助深表谢意。

本书由外部设备专家杨荫溥担任主审，对他的热情指导深表感谢。

本书在机械电子部电子科学院指导下完成。由西安电子科技大学的老院长，原电子工

业部副部长，现任全国政协常委欧阳文同志为本书题写了书名，电子学院院长童志鹏为本书题写了序，在此表示衷心的感谢。由于本人能力有限，谨请读者指正。

主 编
一九九一年六月

目 录

绪论	1
一、名词术语	1
二、恶劣环境条件的主要内容	2
三、军用外设的使用环境条件的分类和 要求	2
四、技术要求	4
五、抗恶劣环境外设加固理论和技术 概要	5
六、抗恶劣环境外设的发展动向	6

第一篇 加固原理和 加固技术

第一章 工作环境条件及其对外部设备的 影响	9
第一节 恶劣环境条件对军用电子产品和 技术装备的影响	9
一、国外战例教训	9
二、国内状况	10
第二节 环境条件要求	11
第二章 抗振动、抗冲击设计	17
第一节 概述	17
一、外部设备的机械环境条件及其特点	17
二、外部设备抗振动、抗冲击加固的主要 技术措施	17
三、振动与冲击隔离技术的研究课题	18
第二节 振动冲击隔离的一般设计方法	19
一、振动隔离设计	19
二、冲击隔离设计	20
第三节 双层隔振系统的设计	23
一、双层隔振系统的数学模型及响应 分析	23
二、双层隔振系统的设计	26
三、TEAC 软盘驱动器双层隔振系统的	

设计举例	28
第四节 以抗冲击为主的减振系统的 设计	29
一、设计原理和方法	29
二、固定头磁盘存储器盘盒减振系统的 设计举例	33
第五节 减振器	34
一、无谐振峰隔振缓冲器	34
二、钢丝绳减振器	35
第六节 模态分析与模态综合技术在抗振动、 抗冲击设计中的应用	37
一、模态分析与模态综合技术	37
二、模态分析与模态综合技术在外设加固 设计中的应用	38
三、应用系统动力特性综合的方法进行 减振缓冲系统设计	39
第三章 热设计	40
第一节 热设计基础	40
一、导热	40
二、对流换热	40
三、辐射换热	42
四、传热过程	43
第二节 外部设备的热环境	44
一、温度	44
二、气压	44
三、湿度	44
四、太阳辐射	44
五、军用电子设备的恶劣环境条件	45
第三节 冷却方法的选择与设计	46
一、电子设备的自然冷却	46
二、强迫通风冷却	52
三、冷板的设计	59
四、其它冷却方法	62
第四节 外部设备的热测试技术	65
一、温度测试	65

二、压力测量	68	第七章 可靠性设计	104
三、流量(或流速)测量	68	第一节 可靠性的基本概念	104
四、打印机及软盘驱动器的温度测试 ...	69	一、可靠性与计算机外部设备	104
第四章 电磁环境设计	72	二、可靠性指标与各指标之间的相互关系	104
第一节 计算机及外设的电磁干扰分析	72	三、产品的寿命特征	108
及其抑制	72	第二节 系统可靠性设计	110
一、计算机外设内部的干扰	72	一、环境条件与可靠性	110
二、来自外部的电磁干扰	73	二、可靠性预计	111
三、计算机外设中电磁干扰的耦合形式	73	三、可靠度的分配	113
四、计算机外设的干扰抑制	75	第三节 可靠性分析	117
第二节 计算机外设电磁辐射泄漏及防护	76	一、失效模式及影响分析(FMEA)	117
一、TEMPEST 技术	76	二、失效树分析(FTA)	117
二、电磁辐射标准	78	第四节 可靠性增长	122
三、TEMPEST 测试	78	一、基本概念	122
第五章 抗核加固基础	84	二、可靠性增长试验	123
第一节 核爆炸环境	84	三、可靠性增长模型	124
一、冲击波(气流)	84	第八章 测试标准和测试方法	126
二、光、热辐射	84	第一节 概述	126
三、核辐射	84	一、试验和试验分类	126
四、电磁脉冲(EMP)	85	二、人工模拟环境试验	127
第二节 核效应要求	86	第二节 技术标准	127
第三节 核环境下计算机外设的防护	88	第三节 环境试验的通用要求	129
一、电磁脉冲的防护	88	一、标准大气条件	129
二、核辐射的防护	88	二、试验条件允许误差	129
第六章 防护设计	91	三、仪器仪表和测试装置的精度	129
第一节 概述	91	四、试验程序	129
第二节 材料防护措施	92	五、合格与否的判据	130
一、金属与金属材料的相容性	93	六、试验顺序	130
二、金属与非金属材料的相容性	94	第四节 环境试验方法及检测	132
三、非金属与非金属材料的相容性	94	一、高温试验	132
第三节 工艺防护措施	95	二、低温试验	132
一、表面保护性涂层	95	三、温度冲击试验	133
二、采用封闭绝缘工艺及其它防护工艺	98	四、低气压(高度)试验	133
第四节 结构防护措施	99	五、温度—高度综合试验	134
一、采用密封结构	100	六、太阳辐射试验	134
二、避免不合理的结构设计	102	七、淋雨试验	135
		八、湿热试验	135
		九、霉菌试验	136

十、盐雾试验	136
十一、砂尘试验	137
十二、爆炸性大气试验	137
十三、加速度试验	137
十四、振动试验	138
十五、噪声试验	138
十六、冲击试验	139
十七、温度—湿度—高度试验	140
十八、电磁兼容性试验	140

第二篇 加固外设的 研制和分析

第九章 点阵打印机	142
第一节 抗恶劣环境打印机的性能指标 及其分析	142
一、抗恶劣环境打印机的性能指标	142
二、性能指标的分析	145
第二节 打印机的加固技术	146
一、加固样机的选择	146
二、制定加固方案的指导思想	146
三、打印机的加固措施	147
第三节 调整测试及加固效果	150
一、调整测试的内容	150
二、环境试验	151
三、加固效果	152
第四节 色带与打印纸	153
一、打印机色带	153
二、打印纸	154
第十章 字符行式打印机	155
第一节 概述	155
一、行式打印机加固要求	155
二、加固方式分析	155
三、行式打印及主要指标	156
四、字符点阵打印原理	156
第二节 行式打印机构及其加固设计	157
一、行式打印机构组成	157
二、螺旋体组件	157
三、梳状打印锤组件	160

四、输纸机构	162
第三节 行式打印机功能评定及整机装配	163
一、功能评定	163
二、试验规范及方法	164
三、打印机安装形式	166
四、加固后与同类产品比较	168
五、与 CYD—911 字符行式打印机配套的 三页压敏打印纸	168
第十一章 绘图机	170
第一节 概述	170
一、绘图机工作原理	170
二、绘图机的主要性能指标	172
三、绘图机在军事应用中的作用和地位	173
四、军用绘图机加固要求	173
第二节 绘图机加固技术分析	174
一、绘图机的环境温度适应性加固设计	174
二、电子元器件的选择和降额设计的原则	174
第三节 绘图机的抗振动冲击设计	176
一、绘图机的机箱结构加固	177
二、传动机构的加固	177
三、绘图机抗振动冲击设计及减振器选择	178
第四节 绘图机的电磁兼容性试验与设计	181
一、电磁兼容性试验	181
二、电磁兼容性设计	181
三、某绘图机 EMC 测试结果	183
第十二章 温盘驱动器	186
第一节 概述	186
第二节 加固温盘设计	186
一、总体设计思路	187
二、隔振缓冲设计	189
三、温度控制系统	194
四、高空低气压	203
五、温度控制电路	205

六、开关电源	205	二、提高散热效率的有效措施	254
七、结构、工艺、材料与器件	207	三、冷板设计中的问题	257
第十三章 软磁盘机	211	四、用于加固型温盘驱动器的 ATR 机箱 的热设计	257
第一节 加固设计	211	第三节 ATR 机箱抗振动冲击设计	257
一、抗振动抗冲击设计	211	一、采用二级隔振	258
二、热设计	213	二、提高整体刚度	258
三、三防设计	216	第四节 ATR 机箱结构设计	259
四、电磁兼容性设计	216	一、机箱箱体	259
第二节 加固软磁盘机举例	219	二、机箱安装架	260
一、PXT—141 加固软磁盘机系统简介	219	三、印制电路板插拔机构	262
二、JN—JPT142 加固型软磁盘 子系统简介	221	四、其它方面的结构工艺措施	263
第十四章 等离子显示终端	223	第五节 ATR 机箱试验	264
第一节 概述	223	一、热性能测试	264
第二节 系统的可靠性设计和加固	224	二、例行试验	265
一、IC 芯片与元器件的选择	225	第十七章 国外军用外设的现状和 发展动态	266
二、可靠性预计	226	第一节 RDS1501 型和 RDS1502 型 磁盘驱动器	266
第三节 结构的加固设计和工艺保证	228	一、技术规范	266
一、结构形式与密封设计	228	二、RDS1501 和 RDS1502 磁盘驱动器 系统组成	266
二、热设计	229	第二节 软盘驱动器	270
三、抗振动抗冲击设计	233	一、技术规范	270
四、整机的调试与其它	234	二、DD400M 软盘驱动器系统组成	271
第四节 电磁兼容性和防信息泄漏	234	第三节 高速字符打印机和等离子显示终端	274
第五节 检验方法、结果与加固效果的评估	238	一、高速字符打印机	274
第十五章 显示终端	240	二、等离子显示终端	275
第一节 概述	240	第四节 国外军用计算机外设现状	275
第二节 设计方案论证	240	第五节 军用外设发展动向	282
一、加固型显示终端结构设计的主要内容	241	一、加固产品将与全军用型产品共同占据 军用市场	283
二、加固型显示终端电路设计的主要 内容及方案	245	二、存储器	283
第三节 主要加固工艺简介	247	三、显示设备	286
第十六章 加固机箱	250	四、打印设备	287
第一节 ATR 机箱概述	250	参考文献	289
第二节 ATR 机箱热设计	253		
一、ATR(11)机箱的热设计	253		

绪 论

信息技术和计算机系统在恶劣环境条件下的应用将日益广泛, 其中在军事领域中的应用更为突出。在以后的讨论中, 对恶劣环境与军用环境条件将不加区分, 这是因为军用条件几乎可以覆盖其它电子产品的特殊条件。为了更好地满足实战要求, 提供经得起种种恶劣的实战环境和使用环境条件考验的军用计算机系统, 提供实时操作、指挥控制、通信、信息数据处理和后勤保障等使用, 已成为当务之急。作为军用计算机系统中主要组成部分的外部设备, 大部分属机电型产品, 其中含有精密运动定位机构和精密结构, 抗恶劣环境条件差, 故除采用比较成熟的抗恶劣环境计算机技术外, 还应有更高的抗恶劣环境条件的措施。本书着重研究抗恶劣环境外部设备的设计。

在恶劣环境条件下使用的外部设备, 其基本要求与 GJB 322-87《军用小型数字计算机通用技术条件》相同, 故参照拟订军用外设的使用环境、类型和级别。

一、名词术语

(一) 军用计算机外部设备(以下简称军用外设)

凡是用于军事目的, 并符合军用标准的计算机外部设备称为军用外设。

(二) 加固

“加固”一词业已成为人们表达加强对某一物件(或系统)抗外界干扰的防护能力的习惯用词, 如房屋加固、基础加固或用品加固等。“加固”对应的英文名词有: (1) Ruggedization, 多用于描述对电路板级、机械结构和设备级的加固; (2) Hardness 或 Hardening, 多用于描述对元器件级的加固。以上均属对“加固”一词的定性概念, 缺乏对“加固”的定量指标和根据, 因此在表达“加固”时不免带有随意性。

在我国尚未对“加固”有关术语定义之前, 本书暂对外部设备有关的“加固”术语规定于下, 以便于对抗恶劣环境外设内容的讨论。

1. 加固

为适应军用恶劣环境, 在军用外设计时, 对影响设备性能的各种因素, 诸如系统结构、电气特性、机械物理结构等所采取的相应保证措施称为加固。为了描述或规定加固的程度以适应某一工作环境的要求, 加固可分为几种类型, 每一类型又可分为几个级别, 详见表 2 和表 3。每一级别的工作环境要求, 如温度、湿度、振动和冲击等均有量化指标, 详见表 1-1、表 1-6 和表 1。

2. 先天加固

加固又可分为先天加固和后天加固, 所谓先天加固是按加固要求进行的设计和研制, 又称内加固。

3. 后天加固

利用优选的民品按某种类型级别的工作环境要求进行加固, 称为后天加固或外加固。一般后天加固不大可能达到较高类型级别加固要求。二次加固及半加固均属后天加固范围, 但加固程度很难说得清楚, 建议不采用。

对某些外设, 根据对其类型级别的加固要求和研制的可能性, 在以后天加固为主要手段的基础上, 也可对外设的元器件级、电路板级乃至关键结构进行改进设计。这种方式是后天加固较成功的一种方式, 一般后天加固外设比先天加固外设的造价低 $1/3 \sim 1/2$, 交货时间短。

对于后天加固, 美国只规定一种类型, 即 R 型(Ruggedized), 其量化指标见表 1, 我国规定三种类型, 见表 3, 即军用普通型、初级加固型和加固型, 其量化指标见表 1-1 和表 1-6。

(三) 环境条件

指所有外部和内部的条件, 如温度、湿度、辐射、磁场、电场、冲击、振动等或其组合。这些条件是自然的、人为的或自身引起的。它们影响产品的形态、性能、可靠性或生存力。

(四) 平均修复时间(MTTR)

产品维修性的一种基本参数。其度量方法为: 在规定的条件下和规定的时间内, 产品在任一规定的维修级别上, 修复性维修总时间与在该级别上被修复产品的故障总数之比。

(五) 一次启动成功率

军用外设加电后, 一次启动成功的概率称为一次启动成功率。

(六) 利用系数

军用外设的有效工作时间与有效工作时间和维修时间之和的比值称为利用系数, 即

$$\text{利用系数} = \frac{\text{有效工作时间}}{\text{有效工作时间} + \text{维修时间}}$$

二、恶劣环境条件的主要内容

1. 气候环境

恶劣环境条件的主要内容包括: 风、雨、雪、冰、霜、雾、高温、潮湿、低温、干热、尘砂、高气压、低气压、盐雾、工业大气、烟尘等有害因素。具体要求见第一章。

2. 机械物理环境

机械物理环境内容包括: 冲击、振动、跌落、摇摆、颠振、应力和噪声等有害因素。

3. 电磁环境

电磁环境主要内容包括: 电磁场强度、电磁脉冲密度、雷电冲击强度、静电火花等因素。

4. 生物环境

生物环境主要内容包括: 霉菌、昆虫等有害因素。

5. 特种环境

特种环境主要内容包括: 地形地貌、天体、核爆炸引起的冲击波、光辐射的中子流以及各种射线对电子设备、工艺材料造成的破坏和人为的干扰因素。

此外, 出于安全要求防止信号泄漏的设计, 出于设备稳定可靠工作的要求进行可靠性评估与设计等, 也是设计抗恶劣环境外设要注意的重要问题。

三、军用外设的使用环境条件的分类和要求

(一) 军用外设的使用环境和级别

近几年来出现了许多抗恶劣环境计算机和外设, 并逐步形成一种新兴的工业产品, 但对它们的描述、定义和分类说法不一。在国外有的将它分为以下三类:

1. 军用(规范)(Military Specification)型, 简称 M 型

它是根据国防和军事的特殊需要而研制的, 且完全符合军用规范, 如 MIL-E-5400、MIL-E-16400 和 MIL-E-4158 等规范。

2. 加固(Ruggedized)型, 简称 R 型

它是介于商用和军用规范型之间的一种, 即采用一系列的加固技术对标准的(或优选的)商用机进行加固, 使之符合某些军事应用领域要求。根据对商用机加固程度不同又可分为加固商用机和加固军用规范机。

3. 防信息泄漏(Tempest)型, 简称 T 型

采用包容法和抑源法等技术, 抑制计算机系统的信息泄漏。应符合美国噪声控制与抑制标准 NACSIM 5100 A, 或北大西洋公约国公布的 AMSG 720B。

美国加固数据系统公司的副总裁 Donne Smith 起草了一个商用型、加固型和军用(规范)型计算机的建议环境标准(见表 1)。其中军用型的某些指标并非极限值, 需根据用户有关要求确定。

表 1 加固和军用计算机环境建议标准

计算机的类别	一类(商用)	二类(加固)	三类(军用)
温度 运 行	10~40	0~50	50~85
(℃) 不运行	-10~70	-40~70	-50~85
湿度(%)	10~90	5~95(无冷凝)	5~95
高度 运 行	-1 000~8 000	-1 000~10 000	-1 000~50 000
(英尺) 不运行	40 000	40 000	50 000+
振动 运 行	0.8g rms / 5~300 Hz	3.5g rms / 5~2 000 Hz	4.5g rms / 5~2 000 Hz
不运行	1.2g rms / 5~300 Hz	5.4g rms / 5~2 000 Hz	9.0g rms / 5~2 000 Hz
冲击 运 行	10g	20g	20g+
(11ms) 不运行	15g	30g	30g+
EMI / RFI	FCC 15 级, J 部分	Mil-std-461B	Mil-std-461B
Tempest	机房级(可选择的)	机壳级(可选择的)	机壳级(可选择的)
电磁脉冲(EMP)	机房级(专用)	机壳级(可选择的)	机壳级(可选择的)
抗辐射加固	无	无	可选
防沙 / 尘埃	机房过滤	机壳过滤	密封部件
防盐雾	无	有(采用保形涂覆)	有
环境应力屏蔽	无标准	温度: 0~50℃ 振动: $0.01 g^2 / Hz$	温度: -50~85℃ 振动: $0.04 g^2 / Hz$
质量标准	可变的	mil-std-45208	Mil-std-9858

抗恶劣环境外设也可相应地分为 M、R、T 三种类型, 参照有关建议标准进行研制。但有些外设尚不能与主机一样满足恶劣环境的要求, 如军用规范型计算机工作温度为 -40~+55℃, 而一般外设工作温度只能达到 -40~+50℃, 寿命也不及主机长, 某些外设的工作温度目前只能做到 -30℃。

参照军用小型数字计算机通用技术中的规定, 拟订军用外设的使用环境和级别, 见表 2。

表 2 军用外设的使用环境和级别

使用环境 级别	地面固定	车 载	舰 载	机 载	特殊使用
a	有空调机房	有空调机房 载体静止	有空调机房	可控	
b	无空调机房	无空调机房 载体静止或移动	有掩蔽的 无空调机房	不可控	
c	野外		无掩体		
d			潜艇		

注: 凡未列出的使用环境, 均为特殊使用环境, 由相应的产品要求规定。

(二) 军用外设的类型和级别

为满足上述使用环境和级别要求, 在设计军用外设时, 可按表 3 进行。

表 3 军用外设的类型和级别

类型 级别	军用普通型	初级加固型	加 固 型	全加固型
a	适合于地面固定有空调机房中工作	适合于车载有空调机房中工作	适合于车载无空调机房中工作	适合于野外环境中工作
b	适合于地面固定无空调机房中工作	适合于舰载有空调机房中工作	适合于舰载有掩蔽的无空调机房中工作	适合于舰载无掩蔽环境中工作
c			适合于在潜艇中工作	适合于在不可控制的机载环境中工作
d			适合于在可控制的机载环境工作	

四、技术要求

(一) 硬件设计要求

- (1) 在研制军用外设时, 应制订实现可靠性和维修性计划。
- (2) 军用外设应满足标准化、通用化、系列化要求, 做到向上和向下兼容。
- (3) 军用外设所用元器件应满足军用元器件技术要求。在军用元器件条件未制订出以前, 可选用满足可靠性指标的元器件, 并进行老化筛选。
- (4) 军用外设应具有掉电、过流、过压、短路安全保护和信息保护等功能。
- (5) 军用外设应指示清晰、操作方便、并具有自检功能。
- (6) 军用外设信息传输应有安全性、保密性措施。
- (7) 军用外设控制器与设备接口应符合通用化、系列化、标准化要求。

(二) 软件设计要求

- (1) 军用外设软件应符合主机规定的要求, 并应配有自检和诊断程序。

(2) 为提高实战性, 对关键的专用程序可进行程序固化。

(三) 结构设计要求

(1) 设计时采用的插件、面板、机箱、机柜尺寸应符合军用机箱基本尺寸系列有关规定。

(2) 产品应满足安全保护和电磁兼容性及防信号泄漏等要求。

(3) 设计产品力求重量轻、体积小和零部件互换性好。

(4) 机械运动部件应达到规定的精度, 运动部件应动作灵活、定位准确平稳。机构设计应符合动力学要求。

(5) 结构设计及元器件布局应合理, 便于使用、维修、制造和系统扩充。

(6) 产品表面不得有明显的机械损伤、凹痕、变形和污染。涂层应均匀、无凝结、气泡、脱落、漆膜龟裂及磨损等现象。

(7) 产品的标志、铭牌和说明功能的文字、符号应简明、清晰、端正和牢固。

(8) 外购的机电元器件及材料应等于或高于相应加固等级的技术要求。

(9) 产品应有良好的直流供电和接地系统。

五、抗恶劣环境外设加固理论和技术概要

(一) 对恶劣气候条件的防护

恶劣的气候条件可分为自然的和人为的两部分。由于设备内部装填密度增大, 热设计成为突出问题。热设计的目的是保证从热源至最终散热器有一条低热阻的热流通道, 使各类功耗元器件或热敏器件的温度低于允许的最高温度, 达到整机可靠性要求。

热设计除常用的技术外, 还可采取半导体致冷、蒸发冷却、冷板和热管传热等技术。对某些外设可采取微(小)气候设计, 通常采用 ATR 加固机箱, 机箱整体采取盐熔浸焊, 以降低接缝处的热阻。ATR 机箱同时也解决了低(高)气压、大气污染和生物环境污染等问题。有关热设计理论和技术详见第三章, 有关 ATR 加固机箱的设计详见第十六章。

(二) 对恶劣机械物理环境的防护

电子设备在工作中可能受到各种形式的机械力作用, 如振动、冲击、离心力和应力等。一般认为对振动和冲击的防护最为重要, 后天加固采用隔离技术, 通常是在振源与外设之间加入一组由弹性元件和阻尼元件构成的减振器。

衡量对振动、冲击隔离的效果, 常用振幅的传递率 η 来表示。 η 又称为隔振系数, 它是指抗振系统的振幅 A 与振源的振幅 A_0 之比。隔振设计即选择或设计适当的减振器, 使电子设备实际承受的机械力低于许可的极限值。

设计减振器, 主要是根据减振或缓冲要求, 调整弹性元件和阻尼元件的参数。若选用减振器, 则应注意其参数是否符合设计要求。

若所选的减振器参数不理想, 可在此基础上增添适当的弹性元件或阻尼元件, 调整其参数。

单层隔振系统的隔振效果仅在中间频域较好, 而在较低频域及高频域振动干扰隔振不理想, 为了提高低频域及高频域的隔振效果(军标要求的频率范围为 $5 \sim 2000\text{Hz}$), 可设计成双层减振系统。

为适应复杂多变的机械环境条件, 如随机激振或对减振隔冲要求很高, 可采用自动控

制的隔振装置。

先天加固主要是在设计中注意提高严格度等级,例如温盘(Winchester disk)机中的磁头与磁盘的间隙为亚微米级,受到外来振动干扰容易碰撞,改进取数臂和浮动块的设计,既可提高间隙的气膜刚度,又可避开激振,通常应用模态综合技术及有限元法进行设计。有关振动理论和技术详见第二章。

(三) 对恶劣电磁环境的防护

在现代战争中,电磁环境越来越复杂和严重,信号密度可达 $25 \sim 100$ 万个脉冲/s,故电磁兼容性(EMC)设计显得更加突出。

电子设备所受的干扰,按干扰场的性质可分为三种,即电场干扰、磁场干扰和电磁场干扰。实践和理论证明,场的干扰可以用适当的屏蔽方法来削弱。此外接地也是重要的问题,因为各回路可能通过地线进行交连。

防外泄信息泄漏技术是当前急需解决的问题,它与 EMC 既有区别又有联系,将在第四章讨论。

此外,抗核加固设计、防护设计和可靠性设计等将分别在第五、六和七章介绍。随着科学技术的发展,测试标准、测试仪器和测试方法不断更新,对此将在第八章进行讨论。

近几年来我国不少单位对军用外设进行了研制,与此同时国外军用外设迅速发展成为一种新兴产业,这些将在第二篇中介绍。

六、抗恶劣环境外设的发展动向

(一) 国际发展概况

加固外设在国外已有不少的厂家生产,正形成一种新兴产业。Defence Science & Electronics 杂志*从 1987 年开始,每年刊载《加固型和军用(规范)型计算机外设年鉴》(Annual Directory of Ruggedized & MIL-Spec Computer Peripherals)中列出每个厂家生产外设的品种,并注明生产品种的类型,如属加固型即标注 R(Ruggedized),如属军标型即标注 M(MIL-Spec),如加固型和军标型兼备即标注 R/M,如具有防信息泄漏能力即标注 T(Tempest)。

表 4 为 1989 年发表的年鉴。从表中可以看出,美国的 Miltope、Loral/Rolm MIL-Spec 和 Astronautics 等公司生产外设的种类较多且档次较高(大多属 M 型和 R/M 型)。有关国外军用计算机外设的动向分析详见第十七章。

(二) 我国发展现状和展望

近年来我国加固型外设有较大的发展,门类齐全,大部分为后天加固型,大多属于表 3 中的军用普通型和初级加固型。达到加固型水平的有软盘驱动器和打印机等,所采用的技术都较先进,大多属先天加固,少数采用先天加固和后天加固混合型式。达到全加固型水平的有字符打印机、CRT 显示终端和 ATR 机箱,其中 ATR 机箱既可用于计算机,又可用于外设的加固。

表 5 为我国近几年来加固型外设概况。

我国发展抗恶劣环境外设有良好的前景。笔者认为,发展抗恶劣环境外设要注意四个

* 自 1990 年以来改由 Defence Electronics 杂志刊载加固型和军用(规范)型计算机外设年鉴。

表 4 国外加固或军用(规范)型外部设备概览

序 号	键 盘	彩色 绘图 机	热 敏 打 印 机	小 型 打 印 机	OCR	平板显示器 EL、LCD、 LED、 Plasma	CRT 显 示 器	磁 带 机	硬 盘 机	软 盘 机	光 盘 机	加固或军用(规范)型 外设品种 制造厂商名录
1				B	M	B	B	M	M	B		Astronautics
2							B					Aydin
3											R	Cherokee Data Systems
4	R			R		R	R	R	R	R	R	Codar Technology
5							B					Conrac
6						B	B		B			CDC
7				R			R	R	R	R	R	Cyber chron
8									R			Data General
9				R								Data Products
10	R						R	B	B	B	R	Genisco
11			R									Gulton
12								M				Honeywell
13	M					B						IEE
14						M						Interface Electronics
15	R					R	R		R	R	R	KMS Advanced Products
16	M		M				R	M	B	R		Loral / Rolm MIL-Spec
17						B		R	R	R	R	MDB Systems
18	B	R	B	B		B		B	B	B	B	Miltope
19								R	R	R	R	Mini Computer Technology
20				B				B				North Atlantic Industries
21	M						M					Ocean Technology
22						B						Photonic Systems
23						R						Planar System
24								B	R			Precision Echo
25								R	R			Raymond Engineering
26							R	R	R	R	R	Rugged Digital
27	B					B			R	R	R	SAI Technogy
28	B						B					Sanders
29								R		R	R	Sunstrand
30									M			SyQuest
31	B						B	R	B	B		Talon Technology
32									M			Unisys
33							R					W.W.Gaetner
34												
R	3	1	1	3		3	7	8	10	9	10	R-Ruggedized 加固型产品数量
M	3		1		1	1	1	3	2			M-MIL Spec 按军标制造
B	4		1	3		7	6	4	5	4	1	B-Both R / M 兼备