

中等专业学校教材

电子设备结构设计基础

龚维蒸 主编



江苏科学技术出版社

能。

《电子设备结构设计基础》课程的任务就是赋予电子设备结构设计人员必备的基础知识，以便将来能承担电子产品的结构设计任务。

内 容 简 介

本书为中等专业学校电子设备结构专业的统编教材。内容包括：电子设备结构设计概论；热设计；防腐与防护设计；隔振与缓冲；电磁兼容性；组装设计；整机结构设计等方面。书中阐述了有关电子设备结构设计的基本理论和设计原理，同时还介绍了有关电子设备结构设计的原则、方法和步骤，以及应用实例。

本书除作为中等专业学校电子设备结构设计专业教材外，也可作为厂办职工学校教材，并可供从事电子设备结构设计的工程技术人员参考。

前 言

本教材系由电子工业电子机械类专业编审委员会机械制造编审小组评选审定。

本课程的参考教学时数为120学时，共分为七个部分：

电子设备结构设计概论；

热设计——介绍温度对电子设备性能的影响及其控制措施；

防腐与防护设计——介绍腐蚀、潮湿、盐雾、霉菌、高低气压等对电子设备性能的影响及其防护措施；

隔振与缓冲——介绍振动、冲击对电子设备性能的影响及其隔离措施；

电磁兼容性——介绍电磁干扰对电子设备性能的影响及其抑制措施；

电子设备的组装设计——介绍电子设备中各典型单元、分机的组装方式和元器件布局与布线，以及印制电路板的设计；

整机结构设计——介绍电子设备的机箱、机柜设计、造型与色彩、人机工程在结构设计中的应用，以及有关总体设计的原则、方法和步骤。

在编写本书时，我们力求贯彻理论联系实际的原则，注意结合中专学生认识事物的规律，着重阐明基本概念，加强能力的培养。在内容选择上，除对基本内容作较详细的阐述外，并尽可能反映国内外结构设计状况和新动向。为了便于教学，在有关章节中选编了计算例题，并在每章后附有必要的复习思考题和练习题。

本书由龚维蒸同志编写绪言和第一、五、六、七篇，劳建东同志编写第二、三、四篇。龚维蒸同志担任主编并统一全稿。在编写过程中，有关厂、所、校提供了部分资料 and 许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

绪 言

一、电子设备的特点

当前,电子技术广泛地应用于国防、国民经济各部门以及人民生活等各个领域,它越来越成为人类活动所不可缺少的部分。就电子设备的用途来说,它在通讯、广播、电视、导航、无线电定位、自动控制、遥控遥测和计算技术等方面已得到广泛的应用;从电子设备的使用范围来看,在航天、高空、地面、水面和水下都广为采用。因此,电子设备随着功能和用途的不同是极其多样化的。

由于生产和科学技术的发展,工艺手段的革新,新材料的出现和使用,超小型化元器件和中、大规模集成电路的研制和推广,再加上电子设备要适应广泛的用途和恶劣苛刻的工作环境,这就使当代的电子设备具有不同于过去的特点。这些特点可归纳为以下几个方面:

1. 设备具有多种功能,自动化程度高,电路和结构都较复杂

现代电子设备往往要求具有多种功能,而操纵控制尽可能的简便,因而自动化程度较高。如某种雷达不仅能搜索目标,而且在捕获目标后能自动跟踪,并在目标进入炮火射程后能控制数门火炮发射直到命中目标;又如现代化的通讯机的频率范围很宽,具有 $2\sim 3$ 万个离散频率点,采用自动调谐系统,工作时实现不寻找不微调通讯,工作种类有调幅和单边带,有的可作编码通讯。显然,当代的电子设备与五十年代相比,已发生了质的变化。

2. 采用小型化、超小型化元器件和功能电路块,设备内组成的元、部件较多,组装密度较大

例如:五十年代所使用的收发讯机,机内用电子管 $13\sim 19$ 只,阻容元件相应为 $130\sim 190$ 只。而目前的自动调谐单边带通讯机,机内使用的元器件约 1800 多只,其中仅晶体管就有 200 多只,此外还有 10 个电机和 40 个继电器等。由于设备的体积并没有增加多少,而元器件增加了近 10 倍,所以设备的组装密度提高了近 9 倍。设备组装密度增大,给结构设计带来很多新的问题。

3. 设备使用范围广,所处的工作环境条件复杂甚至很苛刻

现代电子设备由于所处的工作环境和运载工具不同,往往要在恶劣的气候、机械及其它使用条件下工作。例如,某机载电子设备的工作环境条件:温度为 $-40\pm 3^{\circ}\text{C}\sim +55\pm 3^{\circ}\text{C}$;相对湿度在 $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ 时为 $92\sim 98\%$;气压为 22kPa ;振动频率为 $10\sim 30\text{Hz}$;加速度为 5g ;冲击加速度为 $6\sim 8\text{g}$;离心加速度为 12g 等。又如舰船电子设备要适应海上和水下的各种恶劣环境条件等等。电子设备的工作环境条件越恶劣苛刻,对结构设计的要求就越高。

4. 要求设备的可靠性高、寿命长

电子设备必须具有较高的可靠性和足够的工作寿命,否则就不可能发挥其作用。对于军用设备可靠性要求更高。

例如,战备中用的某有线 300 路载波同轴电缆通讯系统,在 1200km 的通讯传输线上有

150多个增音站埋入地下。该系统使用元器件达十五万个之多，要求无故障工作二十年，其可靠性要求之高可以想象。高可靠性的电子设备，不仅在元器件筛选上要求严格，在电路设计和结构设计中也必须作出很大的努力。

5. 要求设备精度高，抗干扰能力强

在某些情况下，电子设备要求具有足够高的精度和抗干扰能力，这在电子设备设计中已作为技术条件。

例如：卫星通讯地面站要求直径30m的抛物面天线能自动跟踪四万公里高空中的人造卫星，其跟踪精度是相当高的。又如：某远程警戒雷达具有极高的抗干扰能力，能探测800km外的飞行目标。此外，精密机械广泛地应用于电子设备是现代电子设备的一大特点。而电子设备中的某些零部件，其精度往往和某些精密机械相似。

上述电子设备的特点，只是对总体而言，具体到某种电子设备，它们又各具特点。结构设计人员充分了解电子设备的特点，对于设计好电子设备是很必要的。

二、电子设备结构设计的内容和任务

在电子设备设计中，起初由于设备较简陋，主要是电路设计。到了第二次世界大战后期，由于雷达和无线电定位技术的研究与应用，结构设计才成为电子设备设计的组成内容。以后，由于军用电子技术的发展和野战的需要，结构设计的内容才逐步丰富起来。五十年代初期，半导体、印制线路应用于电子设备，给结构设计带来了变革。七十年代以来，固体电路、集成电路、大规模集成电路的使用，使结构设计进入了一个新的阶段。我国在建国初期，电子产品处于仿制阶段，当时还谈不上结构设计，五十年代后期以来在电子设备设计中开始重视结构设计，并在产品研制中开展了结构设计研究。特别是近十余年来，广大结构设计工作者在电子产品结构设计中作出了大量工作并取得了较快的进展，使结构设计由经验设计逐步向理论设计过渡。

目前，结构设计在电子设备设计中占有较大的比重，它直接关系到电子设备的性能和技术指标（条件）的实现。电子设备结构设计已逐步发展成为一门独立的综合性学科，虽然她还很年轻，但却有着广阔的发展前途。

电子设备的结构设计所包括的内容，随着科学技术的发展和电子产品使用范围的扩展而不断充实。目前，结构设计内容大致包括以下几个方面：

1. 整机结构设计

整机结构设计也称整机总体结构设计。对大、中型电子设备整机还可分成若干机柜、分机（插入单元）。整机结构设计包含以下内容：

（1）合理地安排结构总体布局，确定整机结构形式和尺寸，进行元器件布局与布线和组装设计。

（2）整机机械结构设计。包括机柜、机箱（插入单元）及它们所含的各种结构件、附件的设计。

（3）机械的和电的连接结构设计。各种接插件、开关元件等活动连接件的选用，以及互联结构的设计。

（4）应用人机工程学的基本原理考虑人与设备的相互关系，更好地发挥人和设备的效

能。

(5) 整机环境研究、可靠性设计。

(6) 总体造型与色彩设计, 以及有关装饰美工设计。

2. 组件的结构设计

它包括:

(1) 电气组件结构设计, 如高频组件设计等。主要是保证电性能的合格和良好的工艺性。

(2) 机械组件设计, 如各种调谐、调节、控制、显示机构设计。主要考虑机、电协调和精度。

3. 机械传动装置设计

如天线传动系统、伺服系统设计。主要考虑转动惯量、传动精度、刚强度和摩擦等设计。

4. 热设计

电子设备的热设计是指对电子元、组件及整机的温度控制。热设计包括: 各种冷却散热设计、恒温控制、热屏蔽等。

5. 隔振与缓冲设计

电子设备的隔振与缓冲设计, 是为了减少设备在使用和运输过程中外界机械因素的影响与危害。它包括: 振动与冲击分析, 减震系统设计及其选用布局、结构的静力与动力计算(结构耐冲振设计)。

6. 电磁兼容性设计

电子设备的电磁兼容性设计, 可以提高电子设备的抗干扰能力, 以保证设备电性能指标的实现。它包括: 屏蔽设计与接地设计等。

7. 防护与防腐设计

为防止电子设备周围的恶劣环境因素对设备的侵蚀和危害, 应进行防护与防腐设计, 它包括: 防潮、防霉、防盐雾、防腐蚀和压力防护等。

8. 结构试验

根据技术要求和设备的特殊用途, 对模拟设备或试制产品进行各种结构试验, 以考核设计的正确性和可靠性。结构试验包括: 环境适应性试验、可靠性试验、寿命试验、结构刚度试验、结构电性能试验(如屏蔽性能、电接触性能、绝缘性能等), 机构的机械性能和精度分析试验等。

必须指出, 上述各个结构设计内容是互相关联的, 不能把它们截然分开, 在产品设计中必须综合考虑。

根据以上所述, 电子设备的结构设计包含着相当广泛的技术内容。它是一门边缘学科, 是力学、机械学、化学、电学、热学、光学、无线电电子学、工程心理学、环境科学等多门基础学科的综合应用。《电子设备结构设计基础》作为一门课程, 不可能对结构设计的各个方面内容作全面阐述, 只能重点地介绍电子设备结构设计的基础知识, 即有关环境保护的物理设计和整机结构设计等方面内容。

电子设备结构设计的任务就是以结构设计为手段, 保证所设计的电子设备在既定的工作环境条件和使用要求下, 达到技术条件所规定的各项指标, 并能稳定可靠地完成预期的功

目 录

绪 言

- 一、电子设备的特点..... 1
- 二、电子设备结构设计的内容和任务..... 2

第一篇 电子设备结构设计概论

第一章 电子设备的工作环境和对设备的要求

- § 1—1 电子设备的工作环境..... 1
- § 1—2 对电子设备的使用要求..... 10
- § 1—3 电子设备的生产要求..... 12

第二章 电子设备的可靠性

- § 2—1 可靠性的基本概念..... 15
- § 2—2 可靠性的数量特征..... 17
- § 2—3 产品的失效规律..... 21
- § 2—4 系统的可靠性..... 22
- § 2—5 可靠性设计与提高设备可靠性的方法..... 25

第二篇 热设计

第三章 电子设备的热设计基础

- § 3—1 温度对电子设备的影响..... 29
- § 3—2 电子设备热设计原则和

冷却方法的选择..... 31

§ 3—3 热传导..... 36

§ 3—4 对流换热..... 43

§ 3—5 辐射换热..... 56

§ 3—6 复合换热..... 62

第四章 电子设备的自然散热

- § 4—1 电子设备自然散热的途径..... 66
- § 4—2 电子设备机箱(机壳)的热设计..... 68
- § 4—3 电子设备内部元器件的散热设计..... 71
- § 4—4 晶体管散热器的选用与设计..... 74
- § 4—5 电子设备整体(分机)自然散热设计要点及举例..... 83

第五章 电子设备的强迫散热

- § 5—1 强迫散热概述..... 85
- § 5—2 强迫风冷散热..... 88
- § 5—3 液体冷却..... 104
- § 5—4 蒸发冷却..... 109
- § 5—5 其他冷却方法..... 112

第六章 加热、恒温与屏蔽

- § 6—1 加热..... 116
- § 6—2 恒温装置..... 118
- § 6—3 防热及热屏蔽..... 120

第三篇 电子设备的防护与防腐

第七章 潮湿、盐雾与生物危害的防

护..... 125

§ 7—1 防潮湿..... 125

§ 7—2 防盐雾..... 128

§ 7—3 防生物危害..... 129

§ 7—4 防灰尘..... 132

第八章 金属腐蚀的防护..... 134

§ 8—1 金属腐蚀的基本知识..... 134

§ 8—2 常用金属的耐腐蚀性能..... 136

§ 8—3 防腐设计..... 142

§ 8—4 金属镀层防护..... 144

§ 8—5 化学镀覆防护..... 146

§ 8—6 油漆涂覆的防护..... 147

第九章 电子设备的压力防护与

密封..... 148

§ 9—1 概述..... 148

§ 9—2 橡胶的密封设计..... 149

§ 9—3 运动件的密封结构..... 155

第四篇 电子设备的减振与缓冲

第十章 机械振动及其隔离..... 157

§10—1 概述..... 157

§10—2 单自由度系统的自由振动..... 160

§10—3 单自由度系统的阻尼自由振动..... 165

§10—4 单自由度系统的强迫振动..... 172

§10—5 振动的隔离..... 180

§10—6 多自由度系统的振动概述..... 188

第十一章 冲击及其隔离..... 190

§11—1 概述..... 190

§11—2 单自由度线性系统..... 192

§11—3 冲击的隔离..... 203

第十二章 减振缓冲设计与减振

器..... 206

§12—1 概述..... 206

§12—2 金属弹簧减振器设计..... 215

§12—3 标准减振器..... 222

§12—4 设备的重心与振动惯量..... 226

§12—5 减振缓冲系统设计..... 228

§12—6 电子设备缓冲隔振措施..... 230

第五篇 电磁兼容性

第十三章 电磁兼容的基本概念..... 235

§13—1 概述..... 235

§13—2 电磁干扰及其干扰途径..... 235

§13—3 电磁兼容性的含义..... 239

§13—4 屏蔽与屏蔽效果..... 240

§13—5 屏蔽效果的测量..... 242

第十四章 屏蔽原理与屏蔽设计..... 244

§14—1 电场屏蔽..... 244

§14—2 低频磁场屏蔽..... 248

§14—3 电磁场屏蔽..... 257

§14—4 屏蔽设计计算..... 263

§14—5 典型元器件的屏蔽..... 265

§14—6 电路的屏蔽及其屏蔽结构..... 268

§14—7 泄漏与防泄漏结构..... 273

第十五章 馈线与地线干扰的抑

制..... 279

§15—1 概述..... 279

§15—2 馈线干扰的抑制..... 280

§15—3 地线干扰的抑制..... 285

§15—4 地线系统..... 292

§15—5 电源馈线..... 293

第六篇 电子设备的组装设计

第十六章 电子设备中各典型单

元的组装设计..... 297

§16—1 电源的组装与布局..... 297

§16—2 放大器的组装与布局... 299

§16—3 高频系统的组装与
布局..... 310

§16—4 电子设备的总体布局... 319

第十七章 印制电路板设计..... 322

§17—1 印制电路板的类型
和特点..... 322

§17—2 印制电路板上的元
器件布局与布线..... 323

§17—3 印制导线的尺寸和
图形..... 326

§17—4 印制电路板的板面
设计..... 335

§17—5 印制电路板的热设
计..... 338

§17—6 印制电路板的防冲
击振动..... 345

§17—7 印制电路板的防干
扰..... 347

第七篇 电子设备的整机结构

第十八章 电子设备的机箱机柜

设计..... 352

§18—1 概述..... 352

§18—2 机柜结构..... 357

§18—3 机箱结构..... 370

§18—4 机架设计..... 374

§18—5 底座设计..... 378

§18—6 面板设计..... 385

§18—7 导轨设计..... 387

§18—8 机箱机柜附件..... 390

第十九章 人类工程学在结构设

计中的应用..... 398

§19—1 概述..... 398

§19—2 人体的生理特性..... 399

§19—3 整机设计中的操纵
控制..... 406

§19—4 电子设备的安装和
维修..... 416

§19—5 电子设备的造型..... 418

§19—6 电子设备的色彩..... 427

第二十章 电子设备整机结构设

计..... 435

§20—1 整机结构设计的基
本任务..... 435

§20—2 整机结构设计的基
本原则..... 436

§20—3 整机结构设计的顺
序及注意事项..... 438

附录 I 物理参数..... 442

附录 II 晶体管散热器及其选择..... 445

附录 III 涂覆选择..... 455

附录 IV 减振器..... 460

附录 V 面板、架和柜的基本尺
寸系列GB3047.1—82..... 463

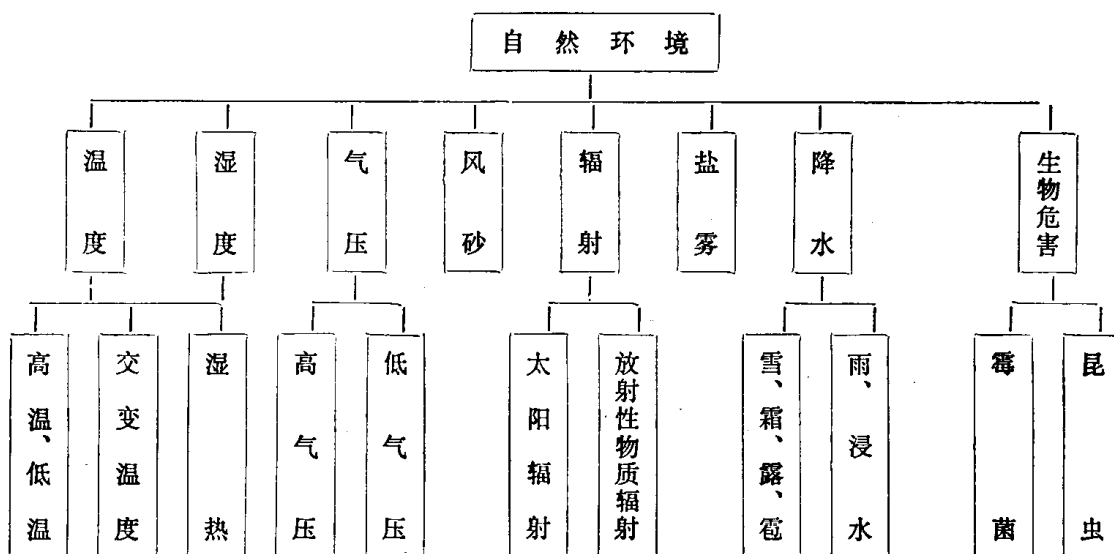
参考资料

第一篇 电子设备结构设计概论

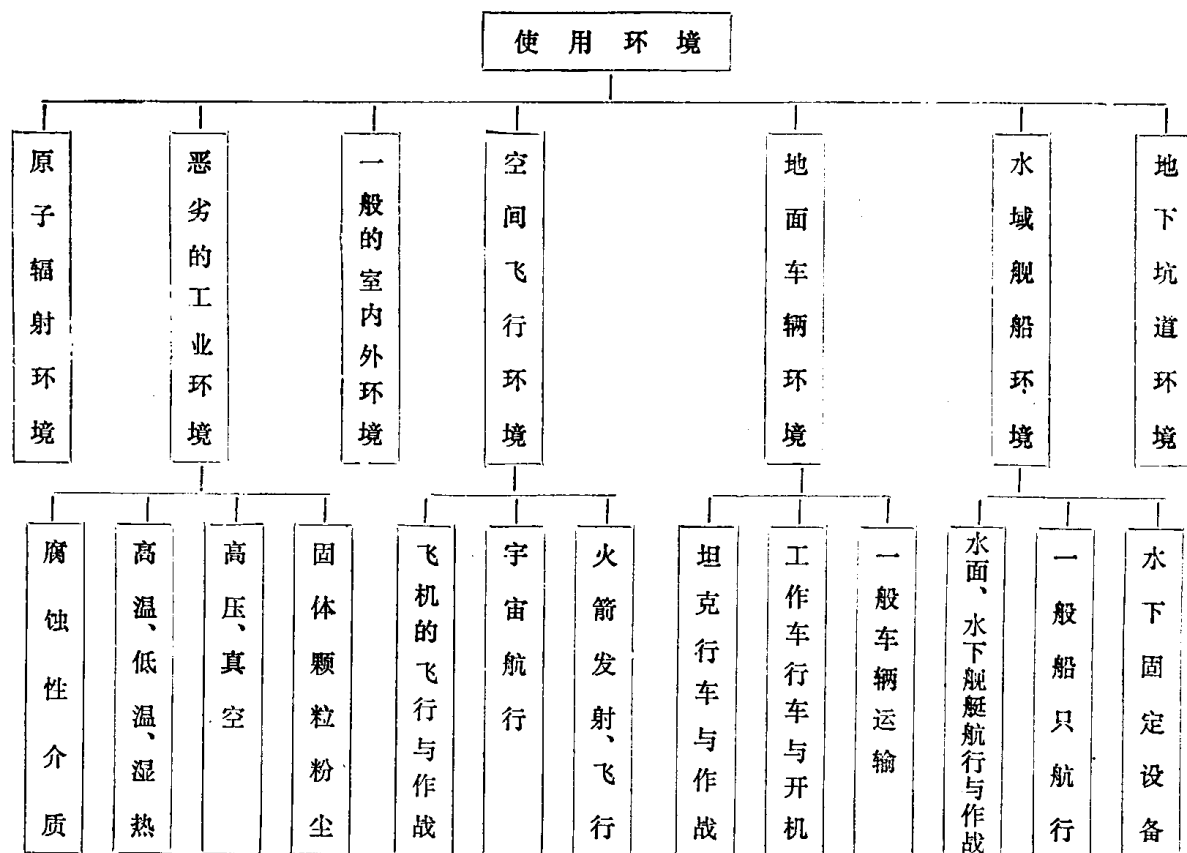
第一章 电子设备的工作环境和对设备的要求

§1—1 电子设备的工作环境

电子设备所处的环境，大体上可分为自然环境和使用环境两类；
自然环境是自然条件形成的环境。它包含：



使用环境是电子设备在工作、运输、储存中所处的环境。使用环境有时受自然环境因素的影响并取决于人为的各种因素。电子设备由于用途广泛和运输工具不同，其使用环境往往相当复杂，它包括：



电子设备所处的环境虽然复杂多样，但对设备的影响归纳起来不外乎三个方面，即气候因素影响（温度、湿度、气压……等）、机械因素影响（振动、冲击、离心力等）、电磁干扰影响。

必须指出，自然气候环境（自然条件）与电子设备的使用环境（使用条件）是有区别的。在分析环境因素影响时，既要考虑一般的自然环境条件，又要确定电子设备使用环境的主要影响因素，并找出各个因素的最恶劣组合。以此为根据进行结构设计，这样，才能保证设备在受到多种环境因素的长期综合作用下，稳定而可靠地工作。

一、气候因素及其对电子设备的影响

（一）我国的气候条件与气候区分

我国幅员辽阔，东临太平洋，西部深入亚洲大陆，地形上有海拔五千米以上的青藏高原，也有低于海平面154m的吐鲁番盆地。境内山脉、江河、湖泊、平原交错。形成了从热带到寒带，从海滨到高原的各种气候条件。根据我国地理位置，电子产品的气候区分为：热带、亚热带、温带和寒带等四个气候带，湿热区、亚温热区、亚干热区、高原区、温和区和干燥区等六个气候区。它们的气候情况见表1—1。具体说明如下：

1. 温度

表1—1中所列温度是气象台站在离地面1~2m高的百叶箱测得的温度。地面实际温度，由于受辐射作用，其高温更高，低温更低。我国最低温度在一月份；最高温度在七月份。各地区一日内温差湿热区最小，干燥区最大。

大气温度随海拔高度增加而下降。各高度的气温下降率：从地面到1500米为 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ ；

表 1-1 我国电子产品气候分区综合表

气候带		气候区	地理分布	环境条件										气候试验项目				
				气候要素										极端情况				
				大气温度					相对湿度							其他因素		
				最高气温	最低气温	最热月平均气温	最冷月平均气温	日最大温差	最大值	平均值	最小值	湿热月	干热月			其他	含盐空气	霉菌昆虫
热带	亚热带	雷州半岛、海南岛、台湾南部	41℃	0℃	36℃	8℃	10℃	95% 气温高于30℃	90% 平均气温高于25℃	50% 气温高于35℃	2~12个月	0	强烈热辐射至少连续一个月,有雾,有每小时100毫米暴雨	沿海有	有	春季相对湿度常达100%,有的地区太阳辐射全年达586KJ/cm ² 台湾阿里山区一日暴雨曾达1164mm	B级	E级
亚热带	淮河流域以南、四川、台湾中盆地、北部	47℃	-15℃	36℃	-5℃	25℃	90% 气温高于30℃	86% 平均气温高于25℃	50% 气温高于35℃	1~3个月	0	同上	沿海有	有	海上浓雾连续达十多天之久,有的地区雾天大于一百天	C级	F级	
温带	干热区	新疆天山以南、戈壁沙漠	48℃	-30℃	41℃	-20℃	30℃	80% 气温高于20℃	20% 平均气温高于35℃	10% 气温高于25℃			强烈热辐射至少连续一个月,冬季有露,有暴雨和严重冰雹			新疆且未风砂日数全年达51天,甘肃张掖达57天,若羌一年雨量仅5毫米	D级	F级
温带	高原区	海拔高度在2000m以上的地区											强烈紫外线辐射,有严重冰冻			海拔4000m地区气压仅为标准气压60%,拉萨太阳辐射全年达779KJ/cm ²		
温带	温和区	淮河流域、东北中南部、黄河河套以东	46℃	-40℃	32℃	-26℃			30% 平均气温高于20℃	5% 气温高于25℃	不到一个月	0	有露,有暴雨和严重冰冻					
温带	干燥区	河套以西的内蒙古、青海、甘肃、新疆北部	48℃	-40℃	35℃	-26℃		80% 气温高于20℃	15% 平均气温高于25℃	5% 气温高于25℃	不到一个月	0	强烈热辐射至少连续一个月,有霜,有暴雨和严重冰冻,有沙尘					
寒带		黑龙江省、内蒙古自治区北部	35℃	-50℃	25℃	-35℃			60% 平均气温高于25℃				有露,有寒风和严重冰冻			黑龙江漠河最低气温曾达-57℃		

本表根据1975年6月四机部、六机部《电子设备金属腐蚀与防护设计参考资料》编写组提供的资料摘抄整理而成

1500~5000米为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{hm}$;5000~12000m为 $0.6\sim 0.7^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ 。12000~35000m高空是同温层,是温度大致不变的低温层,约为 -56°C 。再向上是电离层,温度随高度而逐渐升高,在50~60km高空温度达 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。(参见表1—2)。

表1—2

气压与高度的关系

高 度 (km)		0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10	20	30	45	100
温 度 (°C)		15	12	8.5	2.0	-4.5	-11.0	-17.5	-50	-56	-56	+4.5	+76.3
气 压	Mpa	0.1013	0.0954	0.0898	0.0794	0.0701	0.0568	0.0540	0.0264	54.6×10^{-4}	11.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}	2.4×10^{-8}
	mbar	1013	954	898	794	701	568	540	264	54.6	11.3	1.3	2.4×10^{-4}
	mmHg	760	716	674	596	526	426	405	198	41	8.5	1.0	1.8×10^{-4}

2. 湿度

大气中含水分的多少常用两种方法表示:绝对湿度和相对湿度。

绝对湿度是:在一定温度时,单位体积空气中的含水量。其单位为 g/dm^3 。绝对湿度也可用空气中所含水汽的压强来表示,其单位为帕斯卡Pa($1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2\approx 10^{-5}\text{kgf}/\text{cm}^2$)。

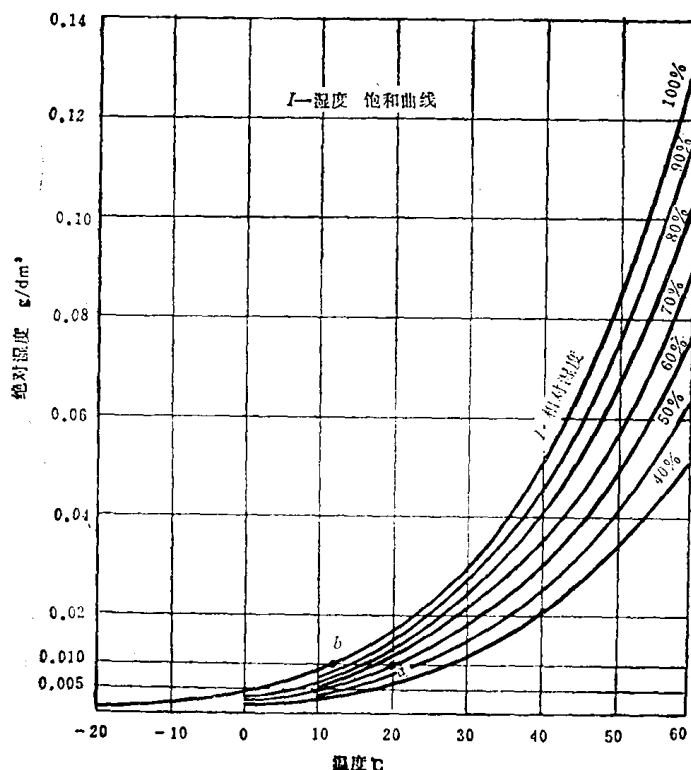


图1—1 大气湿度和温度的关系曲线

绝对湿度的单位也有用mbar或mmHg,各单位之间的换算关系为: $1\text{Pa}=0.01\text{mbar}=0.0075\text{mmHg}$ 。在温度为 $t^{\circ}\text{C}$,绝对湿度为1Pa时,空气中的含水量为 $8\times 10^{-8}/(1+t^{\circ}\text{C}/273)\text{g}/\text{dm}^3$ 。当大气中的水蒸气能凝成雾状或小水滴时,湿度就达到了饱和状态。此时的温度($^{\circ}\text{C}$)称为露点。随着温度不同,饱和状态时的绝对湿度也不同。如图1—1中曲线I所示。

相对湿度是:在一定温度时,空气中的实际含水量与饱和值之比,用百分率表示。在正常温度下($15\sim 35^{\circ}\text{C}$),当相对湿度小于40%时,空气被认为是干燥的;当相对湿度大于80%时,空气被认为是潮湿的。

在绝对湿度不变的情况下,相对湿度随温度降低而升高,反之就降低。如图1—1所示,设温度 20°C 时相对湿度为60%(图1—1中a点);当温度降到 12°C 时,其绝对湿度并未改变(仍为 $0.0102\text{g}/\text{dm}^3$,但相对湿度却升高到100%,达到了饱和状态(图1—1中b点);当温度继续下降时,就会有水露析出,如下降到 0°C ,湿度过饱和,这时每立方分米空气中就有 0.0052g 水汽凝结为水滴。这种现象很重要,在湿热区使用的电子设备,由于绝对湿度较高,白天气温高,相对湿度较低,设备能正常工作;而在夜里气温下降,相对湿度升高,甚至会过饱和而产生凝露,设备就不能正常工作。

3. 气压

在大气层中, 气压随高度增加而减小。如表 1—2 所示。

(二) 气候因素对电子设备的影响

1. 高温、低温和温度剧烈交变

高温对处于工作状态的电子设备有严重影响, 表现为: 散热困难、电参数变化、元器件热击穿、设备的稳定性和可靠性下降等, 严重时设备无法工作或损坏。

低温对贮存状态的电子设备有影响, 表现为: 材料变质、元器件性能改变或损坏、凝露受潮等。某些功率较小, 工作于极低温度下的电子设备电性能也会变坏。

温度剧烈交变对电子设备有极大的危害。主要表现为: 电参数变化、热应力损坏和凝露受潮使材料变质损坏等。如沙漠地带昼夜温差达 40°C , 这类地区使用的电子设备应进行温度交变试验。

运载工具中的电子设备的环境温度往往高于自然环境温度, 如表 1—3 所示, 应足够重视。

表 1—3

各种电子设备的环境温度及耐温要求

设备类别		固定使用设备		背设 携 式备	担设 克 内备	工内 作设 车备	快设 艇 用备	舰船使用设备		飞机使用设备		专用 弹设 卫星备	短的 期设 贮存备
		室内	露天					露天	舱内	低速	高速		
高温	极热条件($^{\circ}\text{C}$)	48	48	48	76	70	60	50	60	78	105		70
	耐热要求($^{\circ}\text{C}$)	45	45	45	65	65	50	45	50	65	95	125	65
低温	极冷条件($^{\circ}\text{C}$)	-30	-50	-55	-55	-55	-36	-36	-36	-54	-54	-76	-55
	耐冷要求($^{\circ}\text{C}$)	-20	-45	-45	-45	-45	-16	-16	-16	-54	-54	-65	-45

2. 高温、干燥和湿热气候

高温和湿热气候对电子设备有极大的危害, 主要表现为: 材料受潮变质、元器件电参数变化、短路、腐蚀和霉菌、昆虫侵蚀, 特别是湿热气候和湿热交变其影响更为严重。对工作于湿热地区的电子设备必须进行交变湿热试验。

干燥使纤维材料和有机材料变干发脆, 导致某些绝缘件、密封件、弹性件失效。

各种电子设备耐湿热、干热要求见表 1—4。

3. 低气压和高压强

随高度增加, 气压降低, 抗电强度下降, 导致飞弧、击穿。试验表明: 在 5000m 以下, 每升高 100m 抗电强度下降 1% ; 在三万米高空抗电强度为地面的 $1/11$ 。

随高度增加, 气压变低, 大气密度减小, 设备对流散热能力变差。据测试: 在 5000m 以下, 每升高 100m , 设备温度升高 $0.4\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。在一万米高空, 对流散热能力为地面的 $1/2$ 。

高空密封设备和水下密封设备, 其外壳承受强大压力作用。高空压强差约为一个大气压; 深水压强随深度而增大, 每 10m 深度约增大一个大气压。

4. 盐雾和大气中有害物质

海上和沿海大气中含有盐分称盐雾。盐雾大小用盐雾含量(每立方米海洋空气含盐的毫克数)和盐雾沉积量(单位时间内, 如日、月、年, 沉积在每平方米面积上盐量的毫克数)。

数)表示。盐雾沉积在设备或元器件、零部件上会加速腐蚀,当盐雾和高温、高湿结合在一起

表 1—4

各种电子设备耐湿热、干热要求

设备类别		固定使用设备		背设	坦设	工内	快设	舰船使用设备		短期贮存的设备
		室内	露天	携式备	克用备	作设车备	艇用备	露天	舱内	
极大水汽压(Pa)		4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
耐湿热要求	温度(°C)	27	27	27	33	33	29	29	29	27
	相对湿度%	92	97	97	80	80	95	95	95	97
	承受天数	20	20		20	20	30	30	30	5~10
极小水汽压(Pa)		0	0	0	0	0	50	50	50	0
耐干热要求	温度(°C)	45	45	45	65	65				45
	相对湿度	5	5	5	5	5				5
	承受天数%	5	5		5	5				2

时(如湿热区海洋性气候),影响更为严重。故沿海和海用设备应进行盐雾试验。
 大气中存在工业污染物质,如二氧化硫、氯化氢以及各种化学烟雾等,形成各种酸、碱、盐雾、从而引起金属腐蚀,有机材料变质。
 大气中存在着灰砂、工业粉尘、生物碎屑、霉菌孢子,并随气流四处传播。它们进入电子设备会加速磨损,破坏绝缘,形成危害,应予以重视。

5. 生物危害

湿热地区在温度为25~35℃,相对湿度高于70%,无日光照射时,易滋生霉菌。霉菌以电子设备内的有机物为养料,并分泌有机酸,破坏绝缘并加速金属腐蚀,霉菌本身还会引起短路。湿热、亚湿热地区温湿度适宜,易繁殖昆虫,对电子设备造成危害。

6. 日光辐射和有害辐射

日光直接照射会引起电子设备过热、光化学反应,使有机材料老化、变质并导致元器件和材料损坏。
 在外层空间和原子核反应堆、粒子加速器附近存在各种射线的辐射,对电子设备产生有害影响,也应给予足够重视。

各种气候因素对元器件、材料的影响见表 1—5。

表 1—5

气候因素对元器件、材料的主要影响

气候因素		影 响	造 成 后 果
温 度	高 温	材料软化 化学分解和老化反应 设备过热 油的粘度降低 金属的膨胀不同 金属氧化加速	结构的强度减弱 元件、材料电性能变化,甚至损坏 元件损坏,着火,低熔点焊锡缝开裂或焊点脱开 轴承损坏 活动部分被卡住,紧固装置出现松动,接触装置接触不良 接点接触电阻增大,金属材料表面电阻增大

续表 1—5

温度	低温	材料变脆 油和润滑脂粘度增大 材料的收缩不同 元件的性能改变 密封橡胶硬化	结构的强度减弱, 电缆损坏, 蜡更硬, 橡皮开裂等 轴承、开关等产生“粘滞”现象 活动部分被卡住, 插头、插座、开关片等接触不良 铝电电容器损坏, 石英晶体往往不振荡, 蓄电池容量降低 继电器接点烧结 气密设备的泄漏率大
	高低温循环变化	剧烈的膨胀与收缩产生内应力, 交替的凝露、冻结与蒸烤	加速了元件、材料的机械损伤和电性能变化
湿度	高温	水蒸气沉积 吸收水分 金属腐蚀 化学性质的变化 水在密封设备中凝聚	绝缘电阻降低, “导电小路”和飞弧出现, 介电常数增大, 介质损耗增大 某些塑料零件隆起和变形, 电性能变化, 结构破坏等 结构强度减弱, 活动部分被卡住, 表面电阻增大, 电接触不良, 其它元件材料受到腐蚀物的沾污 材料发生溶解和变化 所有上列故障都可能出现
	干燥		木材、皮革和纤维织物之类的材料变干而发脆
	湿热变化	材料毛细管的“呼吸作用”	加速材料的吸潮和腐蚀过程
气压	高压	气封设备中的应力	结构损坏、漏泄
	低压	空气抗电强度降低 空气介电常数减小 气密设备中的应力增大 散热困难 冷焊	使击穿容易发生飞弧、电晕等现象增加 元件电参数发生变化 密封外壳变形, 焊缝开裂, 结构损坏漏泄 设备温度升高 机械动作困难
盐雾		金属腐蚀 绝缘材料腐蚀	对含镁量高和具有相互接触的不相同金属腐蚀尤为严重, 结构强度减弱 产生凹点, 表面电阻和抗电强度降低
大气污染		金属腐蚀 化学性质的变化	金属结构件强度下降, 其活动部分失灵 某些塑料膨胀, 损耗增大
霉菌		霉菌吞噬和繁殖 吸附水分 分泌酶	所有有机材料和部分无机材料强度降低, 甚至损坏, 活动部分被阻塞 元件、材料表面绝缘电阻降低, 介质损耗增大 金属腐蚀
灰尘和沙		进入活动部分 静电荷增大 吸附水分	轴承、开关、电位器和继电器等损坏, 电接触不良 产生电噪声 降低元件、材料的绝缘性能
日光照射		设备过热 光化效应	元件损坏, 着火 有机材料加速老化和分解, 油漆褪色和剥落, 软橡皮变硬开裂 抗张强度降低
大风、风暴		对天线结构产生应力	结构损坏

二、机械因素及其对电子设备的影响

电子设备在使用和运输过程中, 要经受各种机械因素的作用。这些机械作用可分为两类: 一是正常的机械磨损, 这是工作时固有的。如设备中运动部分长期工作所产生的磨损, 使