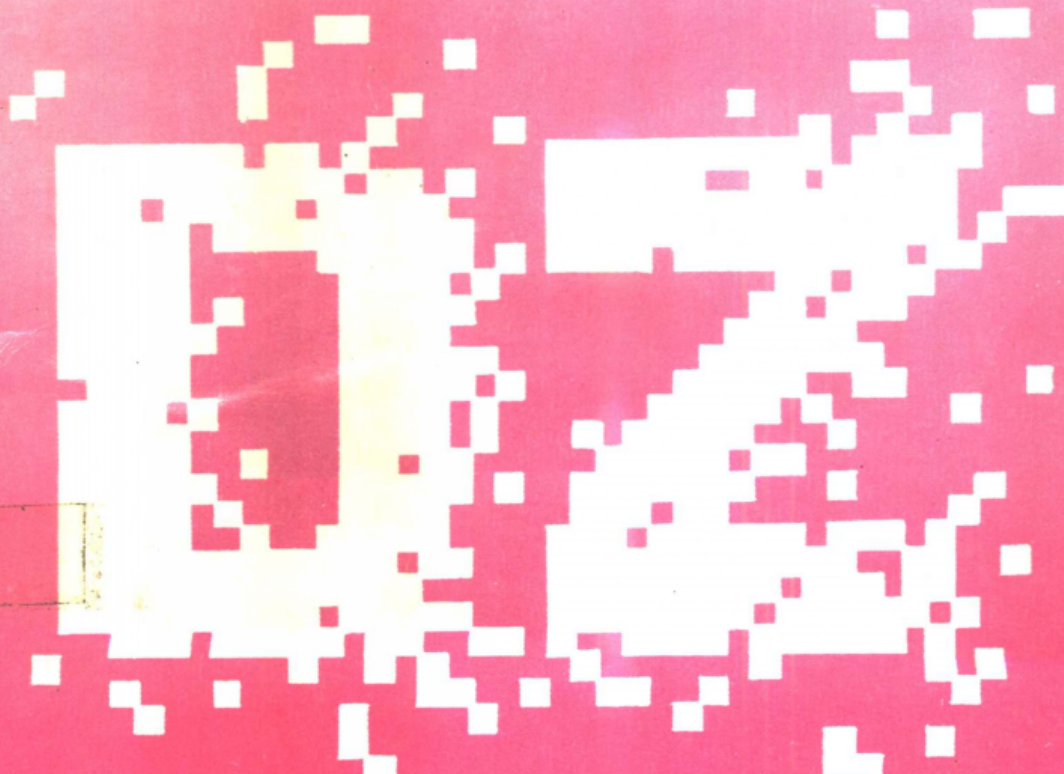




中等专业学校 规划教材
工科电子类

电子设备结构 设计基础

龚维蒸 张裕荣 戎 磊



东南大学出版社

责任编辑 雷家煜

ISBN 7-81023-879-5



9 787810 238793 >

ISBN 7-81023-879-5

TH • 44 定价: 19.50 元

中等专业学校教材

电子设备结构设计基础

主编
主审
编者

龚维蒸
孙希羚
龚维蒸

张裕荣 戎 磊

东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

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;电子设备的热设计;防护与防腐设计;隔振缓冲设计;电磁兼容性结构设计;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专业教材外,也可作为中等专业学校机电类专业和厂办职工学校教材,并可供从事电子设备结构设计的工程技术人员参考。

责任编辑 雷家煜

责任校对 刘娟娟

电子设备结构设计基础

龚维蒸等编

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210018)

南京航空航天大学飞达印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 28.125 字数 702 千

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN 7-81023-879-5/TH·44

定价: 19.50 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

出 版 说 明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定,我部承担了全国高等学校和中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978~1990,已编审、出版了三个轮次教材,及时供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神,“以全面提高教材质量水平为中心,保证重点教材,保持教材相对稳定,适当扩大教材品种,逐步完善教材配套”,作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想,组织我部所属的九个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会,在总结前三轮教材工作的基础上,根据教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1991~1995年的“八五”(第四轮)教材编审出版规划。列入规划的,以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300多种。这批教材的评选推荐和编审工作,由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿,其一是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的,其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的,其三是经过质量调查在前几轮组织编写出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会(小组)、教学指导委员会和有关出版社,为保证教材的出版和提高教材质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评和建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部电子类专业教材办公室

EA014102

前 言

本教材系按机械电子工业部的工科电子类专业教材 1991~1995 年编审出版规划,由中等专业学校电子机械专业教学指导委员会征稿并推荐出版。责任编委为成其荣。

本教材由南京无线电工业学校龚维蒸担任主编,上海电子技术学校孙希龄担任主审。

本课程的参考学时数为 100~110 学时,其主要内容分为七个部分:

绪论——介绍电子设备结构设计的内容;电子设备的工作环境及其对电子设备的影响;电子设备结构设计的要求;及可靠性。

热设计——介绍热设计基础知识;自然散热设计与强迫散热设计;以及电子设备热控制措施。

防护与防腐设计——介绍腐蚀、潮湿、生物危害、高低压等对电子设备的影响及其防护措施。

隔振与缓冲设计——介绍振动、冲击对电子设备的影响及其隔离措施。

电磁兼容性结构设计——介绍电磁干扰对电子设备性能的影响及其抑制措施,阐述电磁兼容性结构设计原理与方法。

电子设备组装设计——介绍电子设备的组装、元器件布局与布线的一般原则和方法;介绍典型组装结构;以及印制电路板设计原理与方法。

电子设备整机结构设计——介绍电子设备的机箱、机柜设计,人类工程学在结构设计中的应用,以及有关整机结构设计的原则、方法和步骤。

在编写本教材时,我们力求贯彻理论联系实际的原则,注意结合中等专业学校学生认识事物的规律,着重阐明基本概念,加强能力培养。在内容选择上,力求少而精,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现状和新动向。为了便于教学,在各章中选编了例题,并在各章后附有必要的复习思考题和练习题。

本教材由龚维蒸编写绪论、第四、五、六篇和附录;张裕荣编写第一篇和第二篇中的第七、八章;戊磊编写第三篇和第二篇中的第五、六章,龚维蒸统编全稿。在编写过程中,有关院校、厂、所提供了部分资料 and 许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者和同行批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
0.1 电子设备的特点及其结构设计内容	1
0.2 电子设备的工作环境	3
0.3 环境因素及其对电子设备的影响	4
0.4 电子设备应满足的结构设计要求	12
0.5 可靠性	16
0.6 提高电子设备可靠性的方法	22
习题与思考	24
 I 电子设备热设计	 26
1 电子设备的热设计基础	26
1.1 热传导	26
1.2 对流换热	32
1.3 辐射换热	47
1.4 复合换热(传热)	52
1.5 温度对电子设备的影响	54
1.6 电子设备热设计基本原则	56
1.7 电子设备冷却(散热)方法的选择	60
习题与思考	62
2 电子设备的自然散热	64
2.1 电子设备自然散热途径	64
2.2 电子设备机箱(机壳)的热设计	65
2.3 电子设备内部元器件的自然散热	68
2.4 晶体管散热器及其选择	72
习题与思考	81
3 电子设备的强迫散热	83
3.1 强迫散热概述	83
3.2 强迫风冷散热	86
3.3 液体冷却	104

3.4	蒸发冷却	109
3.5	其他冷却方法	112
	习题与思考	117
4	加热、恒温与热屏蔽	118
4.1	加热	118
4.2	恒温装置	119
4.3	防热与热屏蔽	121
	习题与思考	123
II	电子设备的防护设计	124
5	潮湿与生物危害的防护	124
5.1	潮湿的防护	124
5.2	生物危害的防护	126
5.3	防灰尘	130
	习题与思考	131
6	金属腐蚀的防护	132
6.1	金属腐蚀机理及金属腐蚀的危害性	132
6.2	常用金属的耐腐蚀性能	134
6.3	防腐蚀覆盖层	140
6.4	防腐蚀设计	143
	习题与思考	145
7	塑料的变质及其防护	146
7.1	塑料的溶解与溶胀	146
7.2	塑料的老化与防老化措施	148
	习题与思考	150
8	电子设备的密封	151
8.1	电子设备的压力防护与密封	151
8.2	橡胶密封设计	152
8.3	运动件的密封结构	157
	习题与思考	158
III	电子设备的隔振缓冲设计	159
9	机械振动及其隔离	159
9.1	概述	159
9.2	单自由度系统的自由振动	160
9.3	单自由度系统的阻尼振动	164

9.4	单自由度系统的强迫振动	170
9.5	振动的隔离	175
9.6	多自由度系统的振动概述	182
	习题与思考	182
10	冲击及其隔离	185
10.1	冲击及其危害	185
10.2	冲击的隔离	186
10.3	单自由度线性冲击系统	188
10.4	隔冲设计	199
	习题与思考	200
11	减振器与隔振缓冲设计	201
11.1	隔振缓冲材料与减振器	201
11.2	标准减振器	208
11.3	隔振缓冲设计——标准减振器选择	215
11.4	电子设备的隔振缓冲措施	216
	习题与思考	220
IV	电子设备的电磁兼容性结构设计	221
12	电磁兼容性的基本概念	221
12.1	概述	221
12.2	屏蔽与屏蔽效果	225
12.3	屏蔽效果的测量	226
	习题与思考	228
13	屏蔽原理与屏蔽设计	229
13.1	电场屏蔽	229
13.2	低频(恒)磁场屏蔽	232
13.3	电磁场屏蔽	240
13.4	典型元器件的屏蔽	247
13.5	电路的屏蔽及其屏蔽结构	250
13.6	泄漏与防泄漏结构	254
	习题与思考	258
14	馈线与地线干扰的抑制	260
14.1	概述	260
14.2	馈线干扰的抑制	261
14.3	地线干扰的抑制	266
14.4	地线系统	273
14.5	电源馈线	275

习题与思考	277
15 微波元器件的结构设计	279
15.1 概述	279
15.2 传输线	279
15.3 波导元件	288
15.4 空腔谐振器	295
习题与思考	303
V 电子设备的组装设计	305
16 电子设备的组装、布局与布线	305
16.1 概述	305
16.2 元器件布局	305
16.3 典型单元的组装与布局	308
16.4 选线与布线	316
16.5 电子设备的总体布局与组装	318
习题与思考	321
17 印制电路板设计	323
17.1 印制电路板的类型、特点及其制造工艺简介	323
17.2 印制电路板的元器件布局与布线	325
17.3 印制导线的尺寸与图形	327
17.4 印制电路板的板面设计	332
17.5 印制电路板的热设计	335
17.6 印制电路板的防冲振设计	341
17.7 印制电路板的防干扰	343
习题与思考	345
VI 电子设备的整机结构设计	347
18 电子设备的机箱机柜设计	347
18.1 概述	347
18.2 机架机柜结构设计	351
18.3 机箱和插箱结构设计	359
18.4 底座设计	365
18.5 面板结构设计	368
18.6 导轨设计	372
18.7 机箱机柜附件	374
习题与思考	379

19	人类工程学在结构设计中的应用.....	380
19.1	概述.....	380
19.2	人体的生理特性.....	381
19.3	人机关系.....	388
19.4	便于装配和维修的结构.....	399
	习题与思考.....	401
20	电子设备整机结构设计的任务、原则与顺序	402
20.1	整机结构设计的基本任务.....	402
20.2	整机结构设计的基本原则.....	403
20.3	整机结构设计的顺序及注意事项.....	405
	习题与思考.....	407
	部分习题答案.....	408
	附录.....	410
	附录 A 物理参数.....	410
	附录 B 晶体管散热器及其选择	412
	附录 C 涂覆选择	421
	附录 D 减振器.....	426
	附录 E 导线、电缆、同轴线、波导的参数	430
	附录 F 面板、架和柜的基本尺寸系列(GB3047.1—82)	433
	参考资料.....	441

绪 论

0.1 电子设备的特点及其结构设计内容

0.1.1 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。就电子设备来说,它广泛用于通讯、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;从电子设备的使用范围来看,在航天、航空、室内、野外、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,工艺革新和新材料应用,超小型化元器件和中、大规模集成电路的研制和推广,使电子设备在电路上和结构上产生巨大的变化。再加上电子设备要适应更加广泛的用途和恶劣苛刻的工作环境,就使当代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方面:

a. 设备组成较复杂,组装密度大

现代电子设备多要求具有多种功能,设备组成较复杂,元器件、零部件数量多,且设备体积要小,因而组装密度大。

b. 设备使用范围广,所处的工作环境条件复杂。

现代电子设备往往要在恶劣而苛刻的环境条件下工作。有时要承受高温、低温和巨大温差变化;高湿度和低气压;强烈地冲击和振动;以及外界的电磁干扰等。这些都对电子设备的正常工作产生影响。

c. 设备可靠性要求高、寿命长

现代电子设备要求具有较高的可靠性和足够的工作寿命。可靠性低的电子设备将失去使用价值。高可靠性的电子设备,不仅元器件质量要求高,在电路设计和结构设计中都要作出较大的努力。

d. 设备要求精度高、多功能和自动化

现代电子设备往往要求高精度、多功能和自动化,有的还引入了计算机系统,因而其控制系统较为复杂。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。自控技术、计算技术和精密机械的紧密结合,使电子设备的精度和自动化程度达到了相当高的水平。

上述电子设备的特点,只是对整体而言,具体到某种设备又各具自己的特点。由于当代电子设备具有上述特点,对电路设计和结构设计的要求更高了,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。

0.1.2 电子设备结构设计的内容和任务

在电子设备的设计中,首先是电路设计,但电路设计的最终实现,都是通过具体的结构体现出来的。所以设计电子设备必然包含两部分设计内容,即电路设计和结构设计。

电路设计就是根据设备的性能要求和技术条件,确定方案(制订方框图或电原理图)、拟定或选定电路图,并初步确定其元器件参数,进行必要的计算和试验,最终确定电路图、元器件及其参数。

结构设计就是根据电路设计提供的资料(电路图和元器件资料),考虑设备的性能要求、技术条件等,合理布置元器件并使之组成具体电路(这工作也可与电路设计者合作进行)。与此同时进行各项防护设计和机械结构设计,最后组成一部完整的设备,并绘出全部图纸。

目前,结构设计在电子设备设计中占有较大的工作量,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发展成一门独立的综合性学科,它所包括的内容,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,结构设计的内容和范围大致包括以下几个方面:

a. 整机结构设计

整机结构设计也称总体结构设计,对大、中型电子设备整机可分为若干机柜、分机(插入单元)。整机结构设计包括:

(a)确定整机结构形式和尺寸,合理的总体布局,进行元器件布局与布线和组装设计。

(b)整机机械结构设计。包括机柜、机箱(插入单元)及其结构件和附件的设计。

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

(d)考虑人与设备的相互关系(人机关系),进行操纵、控制等方面的设计。

(e)总体造型与色彩设计,以及装饰美工设计。

b. 组件结构设计

它包括:电气组件结构设计,如高频组件等;和机械组件设计,如各种调谐、调节、控制、显示等部组件设计。

c. 机械传动装置设计

如天线传动系统、伺服系统和调控系统的机械传动装置设计。这里除了常规的机械传动设计外,还应进行转动惯量、传动精度、刚度和摩擦等方面的分析设计。

d. 热设计

热设计是指对电子元、器、组件及整机的温升控制。它包括:各种冷却散热设计、恒温与热屏蔽设计。

e. 隔振与缓冲设计

隔振与缓冲设计是为了减少电子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,减震系统设计及结构的静力与动力分析计算。

f. 电磁兼容性设计

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

g. 防护与防腐设计

防护与防腐设计是为了防止电子设备周围的恶劣环境因素对设备的侵蚀和危害。它包括:防潮、防霉、防腐蚀和压力防护等。

h. 结构试验

根据电子设备的技术要求和特殊用途,模拟设备的工作条件对设备及其关键元器件、部件进行各种结构试验,以考核设计正确性和可靠性。结构试验包括:环境适应性试验、可靠性试验、寿命试验、结构刚强度试验、结构电性能试验(如屏蔽性能、电接触性能、绝缘性能等),以及机构的机械性能和精度分析试验等。

必须指出,上述各结构设计内容是互相关联的,不能截然分开,在结构设计时应综合考虑。

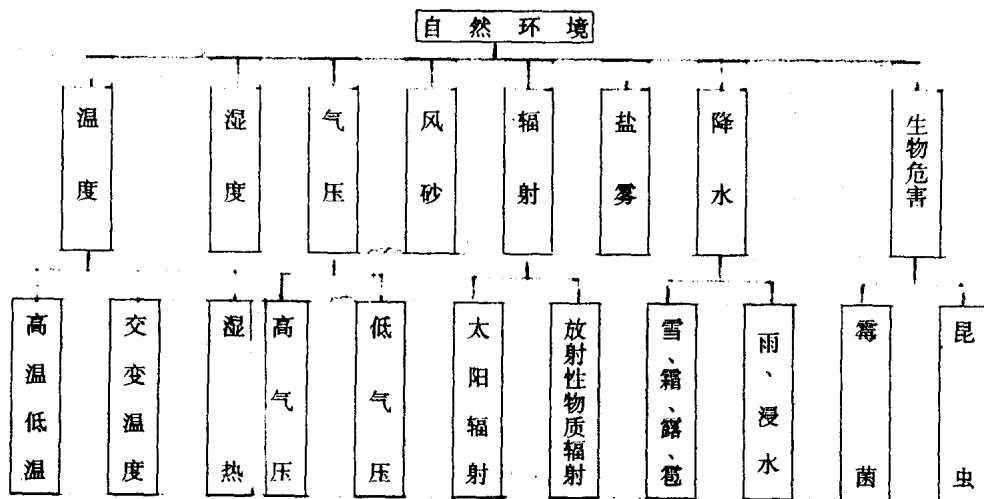
电子设备结构设计包含着相当广泛的技术内容,是力学、机械学、化学、电学、热学、光学、无线电电子学、工程心理学、环境科学、美学等多门基础学科的综合应用。《电子设备结构设计基础》作为一门课程,不可能对结构设计的各方面内容作全面阐述,只能重点介绍电子设备结构设计的基础知识,即有关防护的物理设计和整机结构设计等方面的内容。

电子设备结构设计的任务是以结构设计为手段,保证所设计的电子设备在既定环境条件和使用要求下,达到规定的各项指标,并能稳定可靠地完成预期的功能。《电子设备结构设计基础》课程的任务是赋予电子设备结构设计人员必备的基础知识,以便将来能承担结构设计任务。

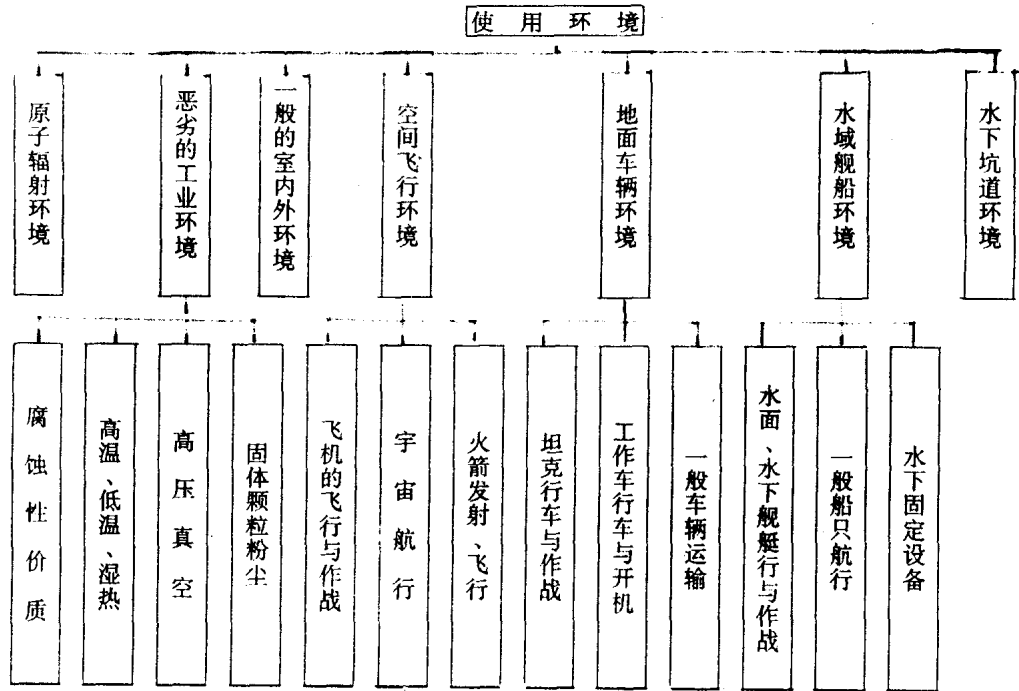
0.2 电子设备的工作环境

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大类。

自然环境是自然条件形成的环境。它包括:



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。使用环境包括:



必须指出,自然环境(自然环境条件)与使用环境(使用环境条件)是有区别的。在分析环境因素时,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条件的主要因素,并找出各个因素的最恶劣组合。以此为根据进行结构设计,才能保证电子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。

0.3 环境因素及其对电子设备的影响

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:气候因素的影响(温度、湿度、气压、……等)、机械因素的影响(振动、冲击、离心力等)、电磁干扰的影响。

0.3.1 气候因素及其对电子设备的影响

气候因素主要是温度、湿度、气压等,有时还包括盐雾、大气污染、灰砂、日光照射等。此外,把霉菌、昆虫侵害、辐射等也列入气候因素。

a. 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,地形上高差较大,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,和湿热区、亚湿热区、亚干热区、高原区、温和区、干燥区等六个气候区。它们的气候情况见表 0-1。具体说明如下:

(a) 温度 表 0-1 中所列温度是气象台站在离地面 1~2 米高的百叶箱内测得的,地面实际温度由于受辐射作用,其高温更高、低温更低。大气温度随海拔高度增加而下降。

表 0-1 我国电子产品气候分区综合表

环 境 条 件															气 候 试 验 项 目				
气候带	气候区	地理分布	大 气 温 度 (℃)					最 热 月 相 对 湿 度			湿 热 月	干 热 月	其 他	含 盐 空 气	霉 菌 昆 虫	极 端 情 况	设 备	气 候 试 验 项 目	
			最高 气温	最低 气温	最 热 月 平 均 温 度	最 冷 月 平 均 温 度	日 最 大 温 差	最 大 值	平 均 值	最 小 值								设 备	元 器 件
热 带	湿 热 区	雷州半岛、海南岛、台湾南部	41	0	36	8	10	95%, 气温高于 30℃	90%, 月平均气温高于 25℃	50%, 气温高于 35℃	2~12个月	0	强烈热辐射至少连续一个月, 有露, 有每小时 100mm 暴雨	沿海有	有	春夏季相对湿度常达 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	亚 湿 热 区	淮河流域以南、四川、汉中盆地、台湾北部	47	-15	35	-5	25	90%, 气温高于 30℃	86%, 月平均气温高于 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	
	亚 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%, 月平均气温高于 35℃	10%, 气温高于 25℃			强烈热辐射至少连续一个月, 冬季有露, 有沙尘, 有暴雨和严重冰冻			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 5mm	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 和 区	淮河流域、东北中南部、黄河河套以东	46	-40	32	-26			30%, 月平均气温高于 20℃	5%, 气温高于 25℃	不到一个月	0	有露, 有暴雨和严重冰冻						
寒 带	干 寒 区	河套以西的内蒙古自治区、甘肃、青海、新疆北部	48	-40	35	-26		80%, 气温高于 20℃	15%, 月平均气温高于 25℃	5%, 气温高于 25℃	0	不到一个月	强烈热辐射至少连续一个月, 有露, 有暴雨和严重冰冻, 有沙尘						
		黑龙江、内蒙古自治区北部	35	-50	25	-35			60%, 月平均气温高于 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

(b)湿度 大气中含水分的多少常用相对湿度和绝对湿度表示。

绝对湿度:在一定温度时,单位体积空气的含水量,其单位为克/分米³(g/dm³)。绝对湿度也可用空气中所含水汽的压强表示,压强单位为帕(Pa),过去的压强单位为毫巴(mbar, 1Pa=0.01mbar)。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(℃)称为露点。随着温度升高,饱和状态时的绝对湿度也增大。

相对湿度:在一定温度时,空气中的实际含水量与饱和含水量之比,用百分数表示。在温度为15~35℃时,相对湿度小于40%空气被认为是干燥的;相对湿度大于80%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。当温度达到露点时,相对湿度为100%,温度如继续下降,就会有水露析出。故相对湿度高会影响设备正常工作。

(c)气压 大气的压力称气压,单位为兆帕(MPa)。气压随高度增加而减小,海平面大气压为0.103MPa=1013mbar=760mmHg。mmHg毫米汞柱也为气压的旧标准单位。

大气气压和温度与高度的关系见表0-2。

表 0-2 气压、气温与高度的关系

高度(km)	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10	20	30	45	100
温度(℃)	+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

b. 电子设备的环境气候条件

电子设备在室内外使用时,其环境气候条件与自然气候条件相近。电子设备在各种运载工具(如汽车、坦克、舰船、飞机、火箭等)中使用,其环境气候条件有些与自然气候条件相近,有些则比自然气候条件恶劣,这是由运载工具本身特点所决定的。不同场合下使用的电子设备,其环境气候条件与要求见表0-3。

表 0-3 各种电子设备的环境气候条件与要求

环境条件与要求		固定使用设备			便携式设备	坦克内设备	工作车内设备	快艇用设备	舰船用设备		飞机用设备		导弹航天设备	短期贮存设备
		室内	露天	地下	设备	设备	内设备	用设备	露天	舱内	低速	高速		
高温	极热条件(℃)	48	48		48	76	70	60	50	60	78	105		70
	耐热要求(℃)	45	45		45	65	65	50	45	50	65	95	125	65
低温	极冷条件(℃)	-30	-52		-55	-55	-55	-36	-36	-36	-54	-54	-76	-55
	耐冷要求(℃)	-20	-45		-45	-45	-45	-16	-16	-16	-54	-54	-65	-45
湿热	温度要求(℃)	33	33	27	33	33	33	32	32	32				27
	湿度要求(%)	95	97	97	97	80	80	95	95	95				97
干热	温度要求(℃)	45	45		45	65	65							45
	湿度要求(%)	5~20	5~20		5~20	20	20							5~20
大气压力	极高(MPa)	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045	0.1045		0.1045
	极低(MPa)	0.0630	0.0630	0.0630	0.0630	0.0630	0.0630	0.0480	0.0880	0.0880	0.004	0.002		0.0630