

(电子部分)

实用电子机械设计
技术手册

邓召义 姚振南 主编



电子工业出版社

实用电子机械设计技术手册

(电子部分)

邓召义 姚振甫 主编

电子工业出版社

内 容 提 要

本书分为机械部分和电子部分两个分册,内容包括机械、电子产品设计的基础资料、常用联接件、工程材料、机械零部件选用与设计、常用机构、仪器仪表、弹性部件、电气传动、电子元器件选用与电路设计、可编程控制器设计、电子热设计、电子产品可靠性设计、振动与冲击设计及各种电子显示屏设计等。本书可供工程技术人员、设计人员参考。

实用电子机械设计技术手册 (电子部分)

邓召义 姚振甫 主编

责任编辑:陈晓明

*

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路 173 信箱(100036)。

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

电子工业出版社计算机排版室排版

北京科技印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:100 字数:2553 千字

1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月北京第一次印刷

印数:2000册 定价:155.00元

ISBN 7-5053-3778-5/TN·998

前 言

随着我国经济改革和对外开放的不断深入,对外贸易和国际交流将更加广泛,国外新产品、新设备、新材料等将大量引入,而国内电子、机械产品也将越来越多地出口,参与国际竞争,为了适应这一形势的发展需要,必须对传统的电子、机械产品进行技术改造,对进口电子、机械产品加速国产化,这就需要一本综合的电子、机械产品设计大型工具书,为此,我们组织编写了这本《实用电子机械设计技术手册》。

本手册是一本大型的电子、机械产品设计工具书,全面介绍了有关电子、机械产品的最新设计资料、设计方法和最新国家标准资料(包括许多90年代实施的国家标准)。内容包括机电元器件的选用与设计、常用电路设计、电子热设计、电磁屏蔽设计、防蚀设计、机箱机柜设计、人机工程与造型设计、电子可靠性设计、振动与冲击设计以及各种电子显示屏设计实例等内容。在编写时,我们力求使内容达到实用性、科学性、先进性和可靠性。

本手册由邓召义任主编,姚振甫任副主编。主编单位是上海大学。各章的编写情况如下:邓召义(第1、2、13章及附录),邓召义、陈是力(第3章),邓召义、倪晓霞(第4章),邓召义、张展、项英华(第5章),邓召义、项英华(第6章),郑柔娟(第7章),朱勤(第8、26章),邓召义、王国华(第9章),邓召义、孙美丽、周善森(第10章),王师华(第11章),张展(第12章),贺建华(第14章),戚红辉(第15章),陶人杰、杨德林、徐丽娟(第16章),顾琴芳、孙柏年(第17章),汪西川(第18章),徐美华、冉峰(第19章),汪晓钢(第20章),林其骥(第21章),张国贤(第22章),沈雪瑾、陈晓阳(第24章),沈雪瑾(第23、25章),陈晓阳、沈雪瑾(第27章),卢世济(第28章),胡进平、阚树林(第29章),冉峰、徐美华(第30章)。

本手册在编写过程中,引用了国内外出版的有关手册、标准中的资料、插图,在此谨向有关作者表示感谢。由于电子产品的飞速发展,本手册内容和作者水平所限,加上制图工作量很大,书中难免有缺点和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

1995年11月于上海大学本部

《实用电子机械设计技术手册》

编辑委员会

主编 邓召义 姚振甫

编委 张国贤 顾琴芳 汪西川 沈雪瑾
冉 峰 徐美华 戚红辉 陶仁杰
朱 勤 贺建华 陈晓阳 卢世济
汪晓纲 王师华 胡近平 倪晓霞
郑柔娟 阚树林 林其骥 杨德林

目 录

第 15 章 变压器和互感器	
15.1 概述	(1)
15.1.1 变压器的基本概念和术语	(1)
15.1.1.1 变压器的铭牌数据	(1)
15.1.1.2 变压器的常用术语	(2)
15.1.2 变压器分类	(2)
15.1.3 变压器基本构造	(2)
15.2 铁芯	(5)
15.2.1 国际通用铁芯	(6)
15.2.1.1 叠片式铁芯	(6)
15.2.1.2 C 型铁芯	(13)
15.2.1.3 E 型铁芯	(17)
15.2.1.4 环型铁芯	(20)
15.2.2 国内现行铁芯	(21)
15.2.2.1 叠片式铁芯	(21)
15.2.2.2 C 型铁芯	(25)
15.3 线圈的设计和计算	(34)
15.3.1 对线圈设计的基本要求	(34)
15.3.2 线圈有关数据的计算	(34)
15.3.2.1 匝数的确定	(34)
15.3.2.2 线圈型式的选择	(35)
15.3.2.3 线圈纵绝缘的设计	(36)
15.3.2.4 导线和电流密度的选择	(37)
15.3.2.5 线圈的排列	(37)
15.3.2.6 阻抗、损耗、温升、短路性能及其计算	(37)
15.3.3 线圈结构设计的任务及要求	(51)
15.3.3.1 线圈结构设计的任务	(51)
15.3.3.2 圆筒式线圈的一般规定	(51)
15.3.3.3 饼式线圈的一般规定	(52)
15.3.3.4 实绕匝数与实际匝数	(54)
15.4 变压器结构配件	(55)
15.4.1 骨架和底筒	(55)
15.4.1.1 骨架结构	(55)
15.4.1.2 底筒	(60)
15.4.2 夹框和夹条	(64)
15.4.2.1 夹框	(64)
15.4.2.2 夹条	(65)
15.4.3 底板和底座	(66)
15.4.3.1 底板	(66)
15.4.3.2 底座	(68)
15.4.4 打包构件	(71)
15.5 变压器制造工艺	(73)
15.5.1 变压器制造工艺流程	(73)
15.5.2 线圈制造	(75)
15.5.2.1 线圈的种类、用途及技术要求	(75)
15.5.2.2 线圈常用的导线和绝缘材料	(80)
15.5.2.3 线圈绕制	(85)
15.5.2.4 线圈质量检验方法	(89)
15.5.3 铁芯装配	(90)
15.5.3.1 叠片铁芯装配	(90)
15.5.3.2 卷绕铁芯装配	(91)
15.5.4 绝缘处理	(94)
15.5.4.1 绝缘浸渍	(94)
15.5.4.2 端封	(95)
15.5.4.3 裹覆	(95)
15.5.4.4 灌注	(96)
15.6 变压器品种规格	(96)
15.6.1 TDA 型电源变压器	(96)
15.6.2 BCK 型开关电源变压器	(103)
15.6.3 BCC 型音频输出变压器	(108)
15.6.4 LCL 型电源滤波电感器	(111)
15.7 互感器	(117)
15.7.1 互感器的分类及其技术要求	(117)
15.7.1.1 电压互感器	(117)
15.7.1.2 电流互感器	(120)
15.7.2 电压互感器的设计计算	(123)
15.7.2.1 电压互感器的铁芯及励磁特性计算	(123)
15.7.2.2 电压互感器的绕组与绝缘	(125)
15.7.2.3 阻抗电压计算	(127)

15.7.2.4 串级电压互感器的阻抗 电压计算	(129)	16.7.6 KHG2 型杠杆式滑动开关	(200)
15.7.3 电流互感器的设计计算	(134)	16.8 KAQ-1 型轻触开关	(203)
15.7.3.1 铁芯设计	(134)	16.9 电子接近开关	(203)
15.7.3.2 绕组设计计算	(136)	16.9.1 CWY 系列电子接近开关	(204)
第 16 章 开关		16.9.2 LJ 系列电子接近开关	(206)
16.1 概述	(142)	16.9.3 3SG 系列电子接近开关	(213)
16.1.1 开关的分类	(142)	16.9.4 JK 系列电子接近开关	(215)
16.1.2 开关的选用	(143)	16.10 红外线光电开关	(220)
16.2 钮子开关	(144)	16.10.1 SH 系列红外线光电开关	(221)
16.2.1 概述	(144)	16.10.2 CWY 系列红外线光电开关	(228)
16.2.2 典型结构	(144)	16.11 键盘开关	(231)
16.2.3 KN1~KN6 型钮子开关	(145)	16.11.1 机械簧片式键盘开关	(231)
16.2.4 波动开关	(152)	16.11.2 薄膜式键盘开关	(231)
16.2.4.1 概述	(152)	16.11.3 舌簧管式键盘开关	(233)
16.2.4.2 KND1 型和 KND2 型波动 开关	(152)	16.11.4 导电橡胶式键盘开关	(233)
16.3 旋转开关	(157)	16.11.5 电容式键盘开关	(234)
16.3.1 概述	(159)	16.11.6 霍尔效应式键盘开关	(234)
16.3.2 KHT 型多掷转换开关	(159)	16.12 压力开关	(235)
16.3.3 波段开关	(160)	16.12.1 压力开关的类型	(236)
16.3.4 KL 指轮开关	(165)	16.12.2 结构及特点	(237)
16.4 KBB 型拨动开关	(170)	16.12.2.1 动力元件	(237)
16.5 按钮开关	(174)	16.12.2.2 机械联动-分离件	(238)
16.5.1 概述	(174)	16.12.2.3 电接触组件	(239)
16.5.2 按钮开关品种	(175)	16.12.2.4 壳体	(239)
16.5.3 按钮开关(含照明)型号说明	(175)	16.12.3 基本特性要求	(239)
16.5.4 AN 型按钮开关	(177)	16.12.4 电气特性	(240)
16.5.5 KAN-A 系列控制板单件按钮 开关	(177)	16.12.5 可靠性分析	(240)
16.5.6 KJ2 型按键开关	(178)	16.12.6 压力开关特性	(240)
16.5.7 KZJ 型直键开关	(180)	16.13 恒温开关	(241)
16.6 微动开关	(186)	16.13.1 恒温敏感元件	(242)
16.6.1 概述	(186)	16.13.2 结构及特点	(242)
16.6.2 微动开关的动作特性	(186)	16.13.3 机械特性和电气特性	(243)
16.6.3 微动开关的扰动机构	(186)	第 17 章 继电器	
16.6.4 KW 系列微动开关	(187)	17.1 概述	(245)
16.7 滑动开关	(196)	17.1.1 一般概念	(245)
16.7.1 概述	(196)	17.1.2 电磁继电器典型结构名称	(246)
16.7.2 应用特点	(196)	17.1.2.1 三种典型电磁继电器 结构	(246)
16.7.3 滑动开关的主要性能	(196)	17.1.2.2 电磁系统部分	(246)
16.7.4 KHX 型旋转式滑动开关	(197)	17.1.2.3 接触系统部分	(248)
16.7.5 KH1 型推拉式滑动开关	(199)	17.1.2.4 转换部分和其它结构	(248)
		17.1.3 继电器常用性能术语和定义	(249)
		17.1.4 继电器动作过程时间参数与	

特性	(250)	说明	(275)
17.2 继电器的基本类型与特性	(251)	17.5.1.1 继电器型号组成	(275)
17.2.1 电磁继电器	(251)	17.5.1.2 触点代号说明	(275)
17.2.1.1 通用电磁继电器	(251)	17.5.1.3 参数说明	(276)
17.2.1.2 密封式继电器	(252)	17.5.2 密封式继电器	(276)
17.2.1.3 双列直插式继电器与表面 贴装继电器	(253)	17.5.2.1 微型小功率密封继电器	(276)
17.2.1.4 极化继电器	(254)	17.5.2.2 超小型密封继电器	(288)
17.2.1.5 磁保持继电器	(255)	17.5.2.3 小型密封继电器	(306)
17.2.2 舌簧继电器	(256)	17.5.2.4 磁保持密封继电器	(326)
17.2.2.1 舌簧继电器结构与工作 原理	(256)	17.5.3 封闭式继电器	(332)
17.2.2.2 剩磁舌簧管	(257)	17.5.3.1 超小型封闭式继电器	(332)
17.2.3 固体继电器	(257)	17.5.3.2 小型封闭式继电器	(342)
17.2.4 热继电器	(259)	17.5.4 敞开式电磁继电器	(388)
17.2.5 时间继电器	(259)	17.5.5 干式舌簧继电器	(399)
17.2.6 高频与射频继电器	(261)	17.5.6 湿簧继电器	(405)
17.2.7 高压继电器	(261)	17.5.6.1 JAS系列湿簧继电器	(405)
17.3 继电器的可靠性	(262)	17.5.6.2 小型化JAS系列湿簧继 电器	(406)
17.3.1 继电器的可靠性表征	(262)	17.5.7 温度继电器	(407)
17.3.2 常见继电器失效模式及失效 机理	(263)	17.5.8 混合式继电器	(415)
17.3.3 可靠性估计	(265)	17.5.8.1 混合式继电器环境条件及 技术要求	(415)
17.4 继电器的正确选择和使用	(266)	17.5.8.2 混合式继电器规格 参数	(415)
17.4.1 继电器的正确选择	(268)	17.5.9 时间继电器	(417)
17.4.1.1 按输入信号选择	(268)	17.5.9.1 JS-10型电动式时间继 电器	(417)
17.4.1.2 按输出电路选择	(268)	17.5.9.2 JS-12型晶体管延时继 电器	(419)
17.4.1.3 按安全性能选择	(268)	17.5.9.3 半导体时间继电器	(422)
17.4.1.4 按工作环境条件选择	(269)	17.5.9.4 JSG-1M型固体时间继 电器	(435)
17.4.1.5 按性能价格比选择	(269)	17.5.10 真空高压继电器	(435)
17.4.2 继电器使用时对输入信号回路 应注意的问题	(269)	17.5.10.1 JPK型高压真空继电器	(435)
17.4.2.1 工作安全系数	(269)	17.5.10.2 JT-5、JT-6型高压真空继 电器	(437)
17.4.2.2 激励方式	(269)	17.5.11 固体继电器	(440)
17.4.3 继电器使用中对输出回路应 注意的问题	(270)	17.5.11.1 固体继电器环境条件与 特点	(440)
17.4.3.1 继电器标定的额定负载与 实际使用负载的差异	(270)	17.5.11.2 固体继电器电气参数	(440)
17.4.3.2 负载类型与失效现象	(271)	17.5.11.3 固体继电器特性曲线与 外形安装图	(440)
17.4.3.3 触点消火花电路及参数 计算	(272)		
17.5 常用继电器产品数据汇编	(275)		
17.5.1 继电器型号、分类及参数			

第18章 常用电子器件

18.1 数字器件	(448)	19.2.11 功率增强电路	(597)
18.1.1 TTL 电路	(448)	19.2.12 箝位电路	(598)
18.1.1.1 概述	(448)	19.2.13 低噪声光电二极管放大器	(598)
18.1.1.2 常用TTL 电路	(450)	19.2.14 宽带自动增益控制(AGC)	
18.1.2 CMOS 电路	(466)	放大器	(599)
18.1.2.1 概述	(466)	19.2.15 音频自动增益控制电路	(599)
18.1.2.2 常用CMOS 电路	(467)	19.2.16 输入可选择的程控增益同相	
18.1.3 常用ADC、DAC、单片机及其		放大器	(600)
支持芯片	(467)	19.2.17 精密加权的电阻可编程序增益	
18.2 模拟器件	(489)	放大器	(600)
18.2.1 运算放大器	(489)	19.2.18 脉宽比例控制器电路	(601)
18.2.1.1 概述	(489)	19.2.19 广播波段的射频放大器	(601)
18.2.1.2 常用各类运放	(491)	19.2.20 宽带500kHz~1GHz 混合放	
18.2.2 集成稳压器	(510)	大器	(601)
18.2.2.1 三端固定式集成稳压器	(510)	19.3 衰减电路	(603)
18.2.2.2 三端可调式集成稳压器	(512)	19.3.1 数字切换精密衰减器	(603)
18.2.3 模拟乘法器和电压比较器	(515)	19.3.2 可变衰减器	(604)
18.2.3.1 模拟乘法器	(515)	19.3.3 数字控制衰减器	(604)
18.2.3.2 电压比较器	(518)	19.3.4 可编程衰减器	(605)
18.2.4 音响集成电路	(524)	19.4 驱动电路	(606)
18.3 半导体器件	(526)	19.4.1 驱动器电路	(606)
18.3.1 概述	(526)	19.4.2 输出阻抗为50Ω 的驱动器	(607)
18.3.2 二极管	(528)	19.4.3 CRT 线圈驱动器	(607)
18.3.3 三极管	(542)	19.4.4 高速激光二极管驱动器	(607)
18.3.4 场效应管	(566)	19.4.5 带选通脉冲的继电器驱动器	(607)
18.3.5 晶闸管	(568)	19.4.6 高速屏蔽/线路驱动器	(607)
18.3.6 光电器件	(572)	19.4.7 小功率RS-232C 驱动器	(607)
18.4 阻容器件	(577)	19.4.8 50Ω 传输线驱动器	(609)
18.4.1 电阻器、电位器	(577)	19.4.9 大输出600Ω 总线驱动器	(610)
18.4.2 电容器	(582)	19.4.10 具有最大电源摆幅的总线	
第19章 常用电子电路		驱动器	(610)
19.1 通用电路图符号	(591)	19.5 比较电路	(611)
19.2 放大电路	(592)	19.5.1 迟滞比较器	(611)
19.2.1 同相电压跟随器	(592)	19.5.2 双极限比较器	(612)
19.2.2 反相放大器	(592)	19.5.3 具有定时输出的比较电路	(612)
19.2.3 电流放大器	(593)	19.5.4 精密双极限通/断式选通测试	
19.2.4 精密绝对值电路	(593)	电路	(613)
19.2.5 基准电压放大器	(594)	19.5.5 比较式时钟电路	(613)
19.2.6 增益为1000 倍的放大电路	(594)	19.5.6 零值指示电路	(613)
19.2.7 高输入阻抗差分放大器	(594)	19.5.7 窗口比较器	(614)
19.2.8 对数放大器	(595)	19.5.8 电压监测/比较器	(614)
19.2.9 信号分配放大器	(596)	19.5.9 小功率比较器	(614)
19.2.10 加法放大器	(597)	19.5.10 四通道比较器	(614)

19.5.11	频率比较器	(615)	19.8.15	可调函数发生器	(636)
19.5.12	鉴频比较器	(616)	19.8.16	D/A 控制的函数发生器	(636)
19.6	变换电路	(617)	19.8.17	程序控制函数发生器	(636)
19.6.1	TTL-MOS 逻辑变换器	(617)	19.9	分频与倍频电路	(636)
19.6.2	电流-电压变换器	(617)	19.9.1	低频分频器	(636)
19.6.3	电阻-电压变换器	(618)	19.9.2	十分频器	(638)
19.6.4	计算机-跑表变换器	(619)	19.9.3	倍频器	(639)
19.6.5	交流-直流变换器	(619)	19.9.4	高频率倍频器	(639)
19.6.6	温度-频率变换器	(620)	19.9.5	宽带倍频器	(640)
19.6.7	精密电压-频率变换器	(620)	19.9.6	数字倍频器	(640)
19.6.8	电压比-频率变换器	(621)	19.10	测量及检测电路	(641)
19.6.9	电压-脉宽变换器	(622)	19.10.1	二极管测试器	(641)
19.6.10	多路 BCD 码-并行 BCD 码 变换器	(622)	19.10.2	晶体管分类测试器	(641)
19.7	滤波电路	(622)	19.10.3	电容计	(642)
19.7.1	四阶高通有源滤波器	(622)	19.10.4	齐纳管测试器	(642)
19.7.2	低通有源滤波器	(624)	19.10.5	LC 测试计	(642)
19.7.3	多端反馈带通滤波器	(624)	19.10.6	静电检测计	(642)
19.7.4	高 Q 带通滤波器	(625)	19.10.7	pH 计	(643)
19.7.5	话音滤波器(300Hz~3kHz 带通 滤波器)	(625)	19.10.8	电压电平检测器	(643)
19.7.6	带阻滤波器	(626)	19.10.9	低压检测器	(643)
19.7.7	可选带宽的陷波滤波器	(626)	19.10.10	超低漂移峰值检波器	(645)
19.7.8	可调有源滤波器	(627)	19.10.11	真有效值检波器	(645)
19.7.9	状态可变滤波器	(627)	19.10.12	脉冲宽度鉴别器	(646)
19.7.10	数字调谐的小功率滤波器	(628)	19.10.13	数字式电子秤	(646)
19.7.12	动态噪声滤波器	(628)	19.11	显示及指示电路	(648)
19.8	振荡及波形发生电路	(628)	19.11.1	发光二极管音频峰值 显示器	(648)
19.8.1	晶体检测器	(628)	19.11.2	发光二极管亮度控制器	(648)
19.8.2	TTL 晶体振荡器	(629)	19.11.3	双色发光二极管矩阵 显示器	(648)
19.8.3	泛音晶体振荡器	(629)	19.11.4	10 级电平指示器	(649)
19.8.4	皮尔斯振荡器	(630)	19.11.5	拍频指示器	(649)
19.8.5	考毕兹振荡器	(631)	19.11.6	广播指示器	(650)
19.8.6	低频晶体振荡器	(631)	19.11.7	立体声指示器	(650)
19.8.7	温度补偿晶体振荡器	(631)	19.12	定时及计数电路	(651)
19.8.8	低噪声晶体振荡器	(631)	19.12.1	3 分钟定时器	(651)
19.8.9	方波振荡器	(632)	19.12.2	洗衣机定时器	(652)
19.8.10	使用 555 的方波发生器	(632)	19.12.3	555 定时器	(654)
19.8.11	同步脉冲波形发生器	(632)	19.12.4	741 定时器	(654)
19.8.12	频率范围很宽的波形 发生器	(632)	19.12.5	长时间定时器	(655)
19.8.13	精密波形发生器	(633)	19.12.6	顺序定时器	(656)
19.8.14	分频器和阶梯波发生器	(634)	19.12.7	可编程定时器	(656)
			19.12.8	出席人数计数器	(657)

19.12.9	8位双向计数器	(657)	19.16.9	-15V、1A 稳压电源	(682)
19.12.10	周期计数器	(658)	19.16.10	用于电池供电的计算器、收音机 或盒式磁带录音机的电源	(682)
19.12.11	频率计数器预放大器	(659)	19.16.11	开关电源	(682)
19.13	采样与保持、A/D 与 D/A 电路	(659)	19.16.12	可编程电源	(683)
19.13.1	高精度采样与保持电路	(659)	19.16.13	个人计算机用不间断电源	(683)
19.13.2	高速采样与保持电路	(660)	第20章 可编程序控制器		
19.13.3	8位 D/A 变换器	(661)	20.1	概况	(686)
19.13.4	高速 8 位 D/A 变换器	(661)	20.1.1	可编程序控制器的定义、功能 与特点	(686)
19.13.5	$\pm 10V$ 满度双极型 D/A 变换器	(662)	20.1.1.1	定义	(686)
19.13.6	12 位高速 A/D 转换器	(662)	20.1.1.2	功能与特点	(686)
19.13.7	16 位 A/D 转换器	(663)	20.1.2	可编程序控制器的分类与外形 结构	(688)
19.14	报警电路	(663)	20.1.2.1	分类	(688)
19.14.1	防盗报警器	(663)	20.1.2.2	外形结构	(689)
19.14.2	单片防盗报警器	(664)	20.1.3	可编程序控制器的性能指标	(690)
19.14.3	汽车报警器	(665)	20.1.4	可编程序控制器与微机及继电器 控制的差异比较	(691)
19.14.4	电子船警笛	(667)	20.1.4.1	PC 与微机的差异比较	(691)
19.14.5	尖啸报警器	(668)	20.1.4.2	PC 与继电器控制的差异 比较	(691)
19.14.6	光电报警器	(668)	20.1.5	可编程序控制器的应用与发展 概况	(692)
19.14.7	冰箱解冻报警器	(669)	20.1.5.1	应用领域	(692)
19.14.8	家用安全报警器	(669)	20.1.5.2	发展概况	(693)
19.15	充电电路	(669)	20.2	可编程序控制器的结构与工作 原理	(693)
19.15.1	微型钮扣电池充电电路	(669)	20.2.1	PC 的结构及各部分功能	(693)
19.15.2	干电池充电器	(669)	20.2.1.1	PC 的基本构成	(693)
19.15.3	高效充电器	(669)	20.2.1.2	PC 的硬件结构	(694)
19.15.4	脉冲式快速充电器	(670)	20.2.1.3	PC 的软件结构	(696)
19.15.5	PWM 型镍隔电池快速 充电器	(671)	20.2.2	PC 的常用硬件及其特征	(696)
19.15.6	电池充电调压器	(673)	20.2.2.1	PC 常用的 CPU	(696)
19.15.7	通用蓄电池充电器	(674)	20.2.2.2	PC 常用的存储器	(698)
19.15.8	胶体电池充电器	(674)	20.2.2.3	PC 常用的 I/O 模块	(698)
19.15.9	锂电池充电器	(675)	20.2.2.4	智能 I/O 模块	(701)
19.15.10	风力电池充电器	(676)	20.2.2.5	编程器	(703)
19.15.11	太阳能电池充电器	(676)	20.2.3	PC 的软件设计	(704)
19.16	电源	(677)	20.2.3.1	PC 软件的结构和操作 系统	(704)
19.16.1	三端集成稳压电源	(677)	20.2.3.2	PC 系统控制软件流程	(707)
19.16.2	分立元件 6V 稳压电源	(678)	20.2.3.3	PC 的编程语言	(710)
19.16.3	集成稳压电源(1.2V~28V)	(678)			
19.16.4	双极性电源	(678)			
19.16.5	5V、0.5A 电源	(680)			
19.16.6	输出可调稳压电源	(680)			
19.16.7	低纹波电源	(681)			
19.16.8	+15V、1A 稳压电源	(681)			

20.3 可编程序控制器的指令系统	(712)	22.2.1.3 物性参数	(774)
20.3.1 指令简介	(712)	22.2.2 导热	(782)
20.3.2 基本指令	(713)	22.2.2.1 导热微分方程	(782)
20.3.3 特殊功能指令	(715)	22.2.2.2 稳定导热计算	(784)
20.4 常用可编程序控制器的产品型号		22.2.2.3 不稳定导热计算	(792)
及性能	(731)	22.2.2.4 肋板导热计算	(795)
20.4.1 日本 OMRON(立石)公司的		22.2.3 对流换热	(798)
C 系统 PC	(731)	22.2.3.1 自然对流换热计算	(799)
20.4.2 日本三菱公司系列 PC	(734)	22.2.3.2 强迫对流换热	(803)
20.4.3 美国 GE 公司 PC	(736)	22.2.3.3 相变换热	(807)
20.4.4 美国西屋公司 PC	(738)	22.2.4 辐射换热	(809)
20.4.5 德国西门子公司 PC	(739)	22.2.4.1 辐射换热概述	(809)
第 21 章 传感器		22.2.4.2 壁面间的辐射换热计算	(810)
21.1 概述	(741)	22.2.4.3 角系数	(812)
21.2 应变式电阻传感器	(742)	22.3 电子设备热设计概论	(817)
21.2.1 基本工作原理	(742)	22.3.1 电子元器件的热特性	(817)
21.2.2 金属电阻应变片的结构及		22.3.1.1 半导体器件的热特性	(817)
性能	(744)	22.3.1.2 其它电子元件的热特性	(818)
21.2.2.1 结构	(744)	22.3.1.3 温度对电子元器件的	
21.2.2.2 主要性能	(749)	影响	(820)
21.2.3 应变计的测量电路	(749)	22.3.2 电子元器件的热模型	(820)
21.2.3.1 应变电桥分类	(749)	22.3.3 电子设备的热环境	(822)
21.2.3.2 直流电桥	(749)	22.3.4 电子设备的散热方法选择	(823)
21.2.3.3 几种应变片电路的接法	(750)	22.4 电子设备的自然散热	(823)
21.2.4 应变计的温度干扰及其补偿	(751)	22.4.1 电子元件的自然散热	(826)
21.2.4.1 干扰的种类	(751)	22.4.1.1 散热器	(826)
21.2.4.2 电路补偿方法	(752)	22.4.1.2 电子元件自然散热计算	(880)
21.2.4.3 温度自补偿法	(752)	22.4.2 电路板的自然散热计算	(881)
21.2.5 金属电阻应变计的选用和技术		22.4.2.1 印刷电路板热阻	(881)
参数	(753)	22.4.2.2 均布热源电路板的自然散热	
21.2.5.1 电阻应变计的型号及		计算	(882)
选用	(753)	22.4.2.3 非均布热源电路板的自然	
21.2.5.2 应变计的粘贴	(755)	散热计算	(882)
21.2.6 应变式传感器的结构和技术		22.4.3 电气箱的自然散热计算	(886)
参数	(757)	22.4.3.1 电气箱外侧自然散热	
21.2.6.1 测力传感器	(757)	计算	(886)
21.2.6.2 应变式压力传感器	(759)	22.4.3.2 电气箱整机的自然散热	
第 22 章 电子设备热设计		计算	(888)
22.1 概述	(766)	22.4.4 散热窗设计及机箱散热量	
22.2 电子设备热设计基础	(766)	估算	(890)
22.2.1 传热学中的物理量	(766)	22.5 电子设备的强迫冷却	(892)
22.2.1.1 物理量的符号和单位	(766)	22.5.1 风冷系统设计	(892)
22.2.1.2 单位换算	(773)	22.5.1.1 强迫风冷系统的热设计	(892)

22.5.1.2 风机与风道配置	(896)	系列	(971)
22.5.2 液冷系统设计	(906)	23.4.6 电子设备控制台的布局、型号和 基本尺寸系列	(977)
22.5.2.1 液冷系统分类及特点	(906)	23.4.7 通信设备条形机架基本尺寸	(979)
22.5.2.2 液冷系统的设计	(907)	23.4.8 电力系统二次回路控制、保护 装置用插箱及插件面板基本 尺寸系列	(985)
22.5.2.3 电子设备强迫冷却系统 设计实例	(908)	23.4.9 电力系统二次回路控制、保护屏 及柜基本尺寸系列	(987)
22.6 相变换热系统	(911)	23.4.10 电力系统二次回路电气控制台 基本尺寸系列	(989)
22.6.1 相变换热系统分类及特点	(911)	23.4.11 军用微型计算机机箱、插件的 基本尺寸系列	(989)
22.6.2 相变换热系统设计	(911)	23.4.12 机载电子设备机箱、安装架 的安装型式和基本尺寸系列	(996)
22.6.3 热管	(913)	23.4.13 电子设备方舱外形尺寸 系列	(1009)
22.6.3.1 热管特性及其工作原理	(913)	23.5 箱柜常用材料	(1010)
22.6.3.2 热管设计	(914)	23.5.1 金属材料	(1010)
22.6.3.3 热管产品	(922)	23.5.2 非金属材料	(1011)
22.6.3.4 热管设计实例	(924)	23.6 钣金结构工艺	(1011)
22.7 热电制冷系统	(925)	23.6.1 翻孔攻丝	(1011)
22.7.1 热电制冷特点及其工作原理	(925)	23.6.2 加固筋	(1013)
22.7.2 热电材料及热电制冷元件	(927)	23.6.3 最小弯曲半径	(1014)
22.7.3 热电制冷系统的设计	(932)	23.6.4 翻孔尺寸及其距离边缘的最小 距离	(1014)
第23章 电子设备箱柜结构设计		23.6.5 孔位要求及最小可冲孔眼 尺寸	(1014)
23.1 箱柜结构设计的思想与方法	(936)	23.6.6 卷边直径	(1014)
23.1.1 箱柜结构设计的基本思想	(936)	23.6.7 最小冲裁圆角半径	(1014)
23.1.2 箱柜结构设计的一体化思想	(936)	23.6.8 冲出凸部高度	(1014)
23.1.3 箱柜结构的设计方法	(937)	23.6.9 弯曲件尾部弯出长度	(1016)
23.2 箱柜结构型式	(938)	23.7 印制电路板外形尺寸系列	(1016)
23.2.1 钣金结构箱柜	(939)	23.8 电子设备的包装	(1016)
23.2.2 型材结构箱柜	(941)	23.8.1 包装的分类	(1017)
23.3 箱柜附件及一些结构细节	(945)	23.8.2 电子产品防护、包装和装箱 等级	(1018)
23.3.1 锁定件	(945)	23.8.3 包装材料	(1019)
23.3.2 导轨	(948)	23.8.4 防潮包装	(1023)
23.3.3 铰链	(949)	23.8.5 防锈包装	(1025)
23.3.4 加强筋	(951)	23.8.6 典型包装箱示意图	(1027)
23.3.5 观察窗	(951)	23.8.7 危险货物包装标志	(1028)
23.3.6 通风防尘结构	(951)		
23.4 箱柜尺寸系列	(959)		
23.4.1 电子设备台式机基本尺寸 系列	(959)		
23.4.2 高度进制为20mm的台式机 基本尺寸系列	(960)		
23.4.3 高度进制为44.45mm的插箱、 插件的基本尺寸系列	(961)		
23.4.4 高度进制为20mm的插箱、插件 的基本尺寸系列	(967)		
23.4.5 面板、架和柜的基本尺寸			

23.8.8 包装储运图示标志	(1035)	第 25 章 电子设备造型设计	
第 24 章 人机工程		25.1 概论	(1097)
24.1 人体尺寸	(1040)	25.1.1 电子设备造型设计的基本要素	(1097)
24.2 控制台与座椅	(1042)	25.1.2 电子设备造型的特征与设计原则	(1097)
24.2.1 控制台设计	(1042)	25.1.3 电子设备造型设计的工作程序和工作内容	(1097)
24.2.1.1 设备高度与人体高度的相互关系	(1042)	25.2 造型设计的美学基础及应用	(1099)
24.2.1.2 立式控制台	(1042)	25.2.1 造型的形态构成	(1099)
24.2.1.3 坐式控制台	(1044)	25.2.2 造型设计的美学法则及应用	(1106)
24.2.1.4 坐立两用控制台	(1048)	25.2.2.1 造型设计中最常用的优美比例	(1106)
24.2.1.5 典型控制台	(1049)	25.2.2.2 均衡与稳定	(1108)
24.2.2 工作座椅设计	(1049)	25.2.2.3 统一与变化	(1109)
24.2.2.1 人体舒适的坐姿关节角度	(1049)	25.3 造型的色彩设计	(1111)
24.2.2.2 各类座椅尺寸	(1049)	25.3.1 色彩基础知识	(1111)
24.2.2.3 驾驶用座椅的设计参数	(1049)	25.3.1.1 光与色	(1111)
24.2.2.4 坐姿与座具	(1050)	25.3.1.2 色彩混合	(1111)
24.3 显示器	(1051)	25.3.1.3 色彩三要素	(1112)
24.3.1 视觉显示器	(1052)	25.3.1.4 色名法	(1113)
24.3.1.1 视觉特性	(1052)	25.3.2 色彩的心理感受	(1116)
24.3.1.2 视觉显示器的类型	(1056)	25.3.3 色彩设计	(1124)
24.3.2 听觉显示器	(1064)	25.3.3.1 色彩对比	(1124)
24.3.2.1 听觉特性	(1064)	25.3.3.2 色彩调和	(1129)
24.3.2.2 听觉显示器类型	(1065)	25.3.3.3 主调色选用	(1131)
24.3.3 触觉显示器	(1066)	25.3.3.4 色彩定向	(1131)
24.4 控制器	(1067)	25.3.3.5 美学规律在色彩设计中的体现	(1134)
24.4.1 肢体特征	(1067)	25.4 造型的表面装饰工艺	(1135)
24.4.1.1 肢体的活动范围	(1067)	25.4.1 机械精饰工艺	(1135)
24.4.1.2 人体动作的灵活性	(1068)	25.4.2 化学和电化学装饰	(1136)
24.4.1.3 肢体的力量	(1070)	25.4.2.1 化学镀	(1136)
24.4.2 控制器的设计和选用	(1073)	25.4.2.2 电镀	(1136)
24.4.2.1 控制器的分类	(1073)	25.4.2.3 铝的氧化与着色	(1137)
24.4.2.2 控制器设计和选用依据	(1074)	25.4.3 涂料装饰	(1138)
24.5 显示器与控制器的组合配置	(1086)	25.4.3.1 金属涂装	(1138)
24.6 可维修性设计	(1087)	25.4.3.2 塑料涂装	(1140)
24.7 工作环境对人体的影响	(1089)	25.4.3.3 粉末涂装	(1142)
24.7.1 热环境	(1090)	25.4.4 印刷技术	(1142)
24.7.2 照明环境	(1090)	25.4.4.1 丝网印刷	(1142)
24.7.3 噪声环境	(1092)	25.4.4.2 胶印印刷	(1143)
24.7.4 振动环境	(1092)		
24.7.5 电磁波辐射环境	(1093)		

25.4.4.3 烫印	(1144)	26.4.6 JHK 小型隔振器	(1176)
25.4.4.4 移印	(1144)	26.4.7 JH 弧形隔振器	(1176)
25.4.5 表面覆贴	(1144)	26.4.8 JZ 支柱型隔振器	(1178)
25.4.5.1 聚氯乙烯薄膜覆贴	(1145)	26.4.9 JJ 支脚型隔振器	(1178)
25.4.5.2 DAP 浸渍纸覆贴	(1145)	26.4.10 JG 加固型隔振器	(1178)
25.4.5.3 粘贴工艺	(1145)	第 27 章 电磁兼容性结构设计	
25.5 造型设计的表现方式	(1145)	27.1 电磁干扰	(1191)
25.5.1 造型效果图	(1145)	27.1.1 电磁干扰源的分类及其 特性	(1191)
25.5.2 产品模型	(1148)	27.1.2 电磁干扰的传播途径	(1193)
第 26 章 电子设备振动和冲击设计		27.1.3 抑制电磁干扰的基本措施	(1196)
26.1 单自由度系统的自由振动	(1150)	27.1.4 屏蔽效能	(1197)
26.1.1 振动的基本参数	(1150)	27.2 电屏蔽	(1198)
26.1.1.1 简谐振动的表示方法	(1150)	27.2.1 电屏蔽原理	(1198)
26.1.1.2 单自由度系统的自由 振动	(1151)	27.2.2 电屏蔽设计要点	(1198)
26.1.2 单自由度系统的有阻尼自由 振动	(1153)	27.2.3 电屏蔽体结构	(1199)
26.1.2.1 粘性阻尼系数	(1153)	27.3 磁屏蔽	(1203)
26.1.2.2 单自由度系统的有阻尼 自由振动	(1155)	27.3.1 磁屏蔽原理	(1203)
26.1.3 单自由度系统的强迫振动	(1157)	27.3.2 磁屏蔽效能计算	(1204)
26.1.3.1 常见的几种激振力	(1157)	27.3.3 磁屏蔽设计要点	(1205)
26.1.3.2 有阻尼强迫振动	(1157)	27.3.4 磁屏蔽体的结构	(1205)
26.1.3.3 任意周期性激振力作用 下的强迫振动	(1159)	27.4 电磁屏蔽	(1212)
26.1.3.4 任意激振力引起的强迫 振动	(1161)	27.4.1 电磁屏蔽效能	(1212)
26.2 两自由度系统的振动	(1162)	27.4.2 电磁屏蔽体设计要点	(1214)
26.2.1 两自由度系统的自由振动	(1162)	27.4.3 电磁屏蔽设计的基本程序	(1217)
26.2.2 两自由度系统的强迫振动	(1163)	27.4.4 电磁屏蔽体的结构	(1218)
26.3 隔振器的设计	(1164)	27.4.4.1 缝隙的屏蔽结构	(1218)
26.3.1 隔振基本原理	(1164)	27.4.4.2 通风孔洞的屏蔽结构	(1222)
26.3.1.1 积极隔振	(1165)	27.4.4.3 测试孔与控制轴孔的屏蔽 结构	(1224)
26.3.1.2 消极隔振	(1166)	27.5 常用屏蔽材料基本参数	(1226)
26.3.2 隔振系数	(1167)	27.5.1 常用屏蔽材料的 σ_r 和 μ_r 值	(1226)
26.3.3 隔振设计	(1169)	27.5.2 集肤深度	(1227)
26.3.4 双层隔振	(1171)	27.5.3 吸收损耗	(1228)
26.4 隔振器的型号	(1173)	27.5.4 表面反射损耗	(1229)
26.4.1 JP 型隔振器	(1174)	27.6 接地与搭接	(1233)
26.4.2 JW 型隔振器	(1174)	27.6.1 电子设备接地的目的	(1233)
26.4.3 JQZ 型隔振器	(1175)	27.6.2 接地形式	(1234)
26.4.4 JWZ 型隔振器	(1175)	27.6.3 接地设计准则	(1237)
26.4.5 金属干摩擦式隔振器	(1175)	27.6.4 搭接形式	(1237)
		27.6.5 搭接设计准则	(1238)
		27.7 电源滤波	(1239)

27.7.1	电源干扰的模式和对电源 滤波器的基本要求	(1239)	28.5.4.2	控制环境温度和湿度	(1268)
27.7.2	滤波器的种类	(1240)	28.5.5	采用临时性防护措施	(1268)
27.7.3	滤波器的主要特性	(1240)	28.6	金属材料耐蚀性及合理选用	(1268)
27.7.4	滤波器的安装要点	(1241)	28.6.1	钢铁	(1268)
第28章 防蚀设计与表面镀涂			28.6.1.1	碳钢	(1268)
28.1	概述	(1243)	28.6.1.2	低合金钢	(1269)
28.1.1	腐蚀因素	(1243)	28.6.1.3	铸铁	(1270)
28.1.2	防腐蚀设计的范围	(1243)	28.6.1.4	不锈钢	(1271)
28.1.3	预防腐蚀的方法	(1244)	28.6.2	铝及铝合金	(1275)
28.2	金属腐蚀原理	(1244)	28.6.2.1	铝	(1275)
28.2.1	金属腐蚀的分类	(1244)	28.6.2.2	铝合金	(1276)
28.2.2	腐蚀电池工作原理	(1244)	28.6.2.3	铝合金的局部腐蚀	(1279)
28.2.3	腐蚀电池的类型	(1246)	28.6.3	镁及镁合金	(1279)
28.2.4	电极电位和金属腐蚀趋势的 判断	(1247)	28.6.3.1	镁	(1279)
28.2.5	金属腐蚀速度表示方法	(1249)	28.6.3.2	镁合金	(1280)
28.3	金属在各种环境中的腐蚀和 防护	(1253)	28.6.4	铜及铜合金	(1281)
28.3.1	金属在大气条件下的腐蚀	(1253)	28.6.4.1	铜	(1281)
28.3.2	金属在水环境中的腐蚀	(1254)	28.6.4.2	铜合金	(1281)
28.3.3	金属在土壤中的腐蚀	(1256)	28.6.5	镍及镍合金	(1285)
28.3.4	有机气氛腐蚀	(1256)	28.6.5.1	镍	(1285)
28.4	常见的局部腐蚀和防护方法	(1256)	28.6.5.2	镍合金	(1285)
28.4.1	电偶腐蚀	(1257)	28.6.6	钛及钛合金	(1286)
28.4.2	缝隙腐蚀	(1257)	28.6.7	金属材料合理选用	(1288)
28.4.3	孔蚀	(1258)	28.6.7.1	金属材料耐蚀性及防护 要求	(1288)
28.4.4	晶间腐蚀	(1258)	28.6.7.2	选材应遵循的原则	(1289)
28.4.5	选择性腐蚀	(1259)	28.7	金属镀层及化学转化涂层的性质 及应用	(1291)
28.4.6	磨损腐蚀	(1259)	28.7.1	镀层的分类与获得方法	(1291)
28.4.7	应力腐蚀	(1260)	28.7.1.1	镀层的分类	(1291)
28.4.8	腐蚀疲劳	(1262)	28.7.1.2	镀层的获得方法	(1291)
28.4.9	氢脆	(1262)	28.7.2	电镀	(1292)
28.5	防蚀设计	(1263)	28.7.2.1	概述	(1292)
28.5.1	正确选用金属材料	(1263)	28.7.2.2	镀锌层	(1293)
28.5.2	合理设计金属结构	(1263)	28.7.2.3	镀镉层	(1294)
28.5.2.1	腐蚀裕度	(1264)	28.7.2.4	镀铜层	(1295)
28.5.2.2	避免电偶腐蚀	(1264)	28.7.2.5	镀镍层	(1295)
28.5.2.3	避免不合理的结构 设计	(1266)	28.7.2.6	镀铬层	(1296)
28.5.3	采用防护性镀涂层	(1267)	28.7.2.7	镀锡层	(1297)
28.5.4	控制环境条件	(1267)	28.7.2.8	镀铅层	(1297)
28.5.4.1	采用密封结构外壳	(1267)	28.7.2.9	镀银层	(1297)
			28.7.2.10	其它贵金属镀层	(1298)
			28.7.2.11	合金镀层	(1298)

28.7.2.12 复合镀层	(1300)	范围	(1328)
28.7.2.13 塑料电镀	(1301)	28.7.10 金属镀覆和化学处理表示	
28.7.3 化学镀	(1304)	方法	(1335)
28.7.3.1 化学镀镍	(1304)	28.7.10.1 金属镀覆的表示方法	(1335)
28.7.3.2 化学镀铜	(1305)	28.7.10.2 化学与电化学处理的表示	
28.7.3.3 化学镀银	(1305)	方法	(1335)
28.7.3.4 化学镀钴	(1305)	28.7.10.3 镀覆的表示符号	(1335)
28.7.3.5 化学镀金镀钯	(1305)	28.7.10.4 表示示例	(1339)
28.7.4 喷镀	(1305)	28.8 有机涂层的性能与应用	(1340)
28.7.4.1 喷镀方法及特点	(1305)	28.8.1 涂料涂层	(1340)
28.7.4.2 喷镀方法的选择	(1306)	28.8.1.1 概述	(1340)
28.7.4.3 喷涂层的性质与选用	(1308)	28.8.1.2 涂料的种类与性能	(1341)
28.7.5 热镀	(1310)	28.8.1.3 涂层系统的选择	(1347)
28.7.5.1 热镀方法	(1310)	28.8.2 塑料涂层	(1357)
28.7.5.2 热镀锌	(1311)	28.8.3 涂料涂覆标记	(1358)
28.7.5.3 热镀铝	(1311)	28.8.3.1 涂料涂覆标记的组成	(1358)
28.7.5.4 热镀锡	(1312)	28.8.3.2 涂料涂覆的表示方法	(1359)
28.7.5.5 热镀铅-锡合金	(1312)	28.8.3.3 涂料涂覆的标注要求	(1359)
28.7.6 渗镀	(1313)	28.8.3.4 涂料涂覆的标记示例	(1359)
28.7.6.1 渗镀方法	(1313)	第29章 机电产品的可靠性设计	
28.7.6.2 渗锌	(1313)	29.1 绪论	(1361)
28.7.6.3 渗铝	(1314)	29.1.1 可靠性的定义和特征量	(1361)
28.7.6.4 渗铬	(1314)	29.1.1.1 可靠性的定义	(1361)
28.7.6.5 渗硅	(1315)	29.1.1.2 可靠性特征量	(1361)
28.7.6.6 渗硼	(1315)	29.1.2 可靠性设计的特点	(1364)
28.7.6.7 二元和三元渗镀层	(1316)	29.1.3 可靠性设计的基本任务和	
28.7.7 真空镀	(1316)	程序	(1365)
28.7.7.1 真空镀的主要方法	(1316)	29.1.3.1 可靠性设计的基本任务	
28.7.7.2 真空镀的应用	(1317)	和内容	(1365)
28.7.8 化学转化涂层	(1318)	29.1.3.2 可靠性设计的基本	
28.7.8.1 概述	(1318)	程序	(1366)
28.7.8.2 铝及铝合金的阳极		29.1.4 影响机械设备和电子、电气设备	
氧化	(1318)	可靠性的因素	(1366)
28.7.8.3 铝及其合金的化学		29.2 可靠性数据处理	(1368)
氧化	(1322)	29.2.1 可靠性数据的收集和处理	
28.7.8.4 钢铁的氧化与磷化	(1322)	步骤	(1368)
28.7.8.5 镁合金的氧化	(1324)	29.2.2 可靠性中常用的分布类型	
28.7.8.6 铜及其合金的氧化和		及其数字特征	(1368)
钝化	(1324)	29.2.3 数据的图分析和非参数	
28.7.9 镀覆层的选择	(1325)	分析	(1370)
28.7.9.1 选择原则	(1325)	29.2.3.1 数据的图分析	(1370)
28.7.9.2 镀覆层的选择	(1325)	29.2.3.2 数据的非参数分析	(1371)
28.7.9.3 镀覆层厚度系列及应用		29.2.4 数据的参数分析	(1374)