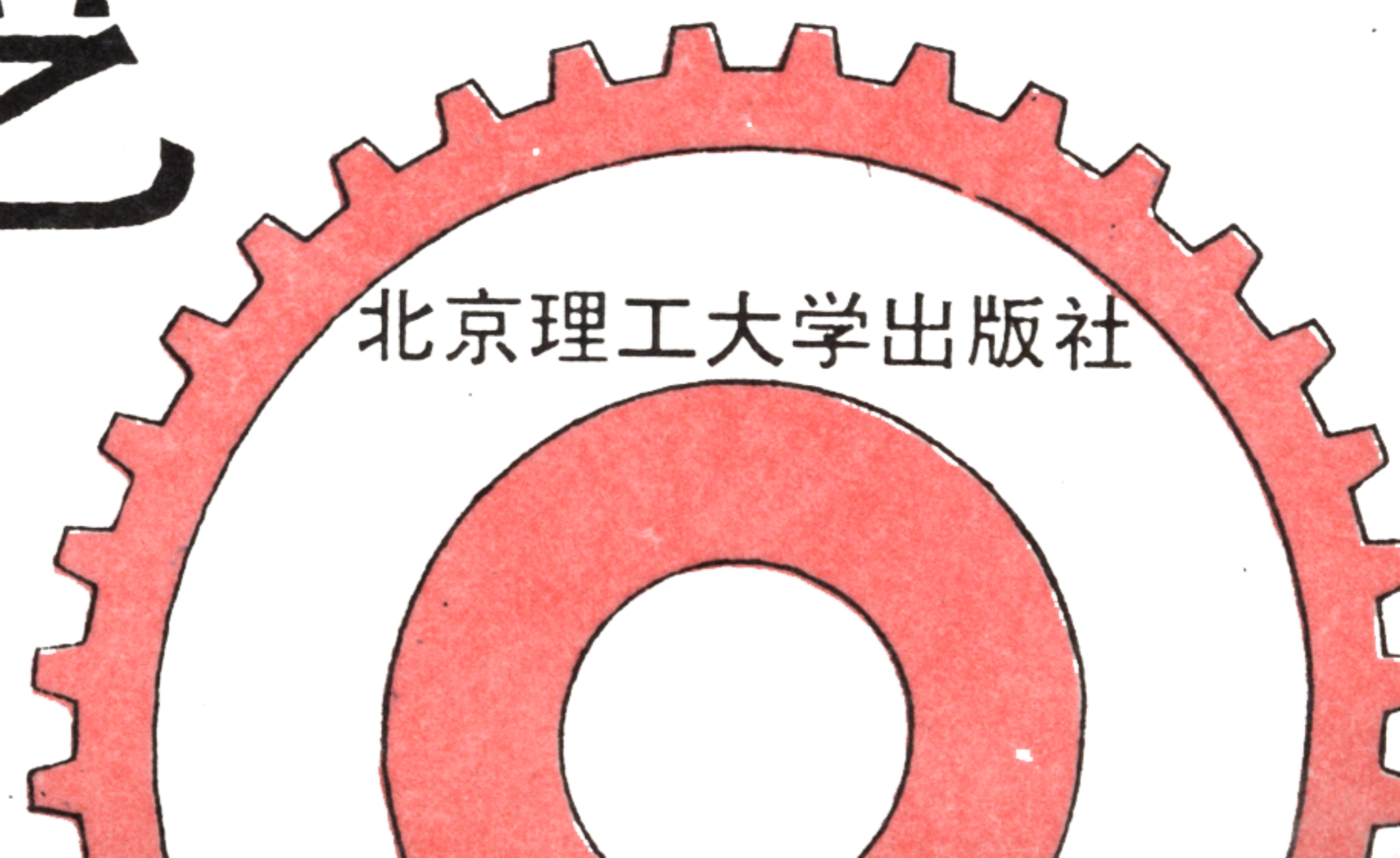
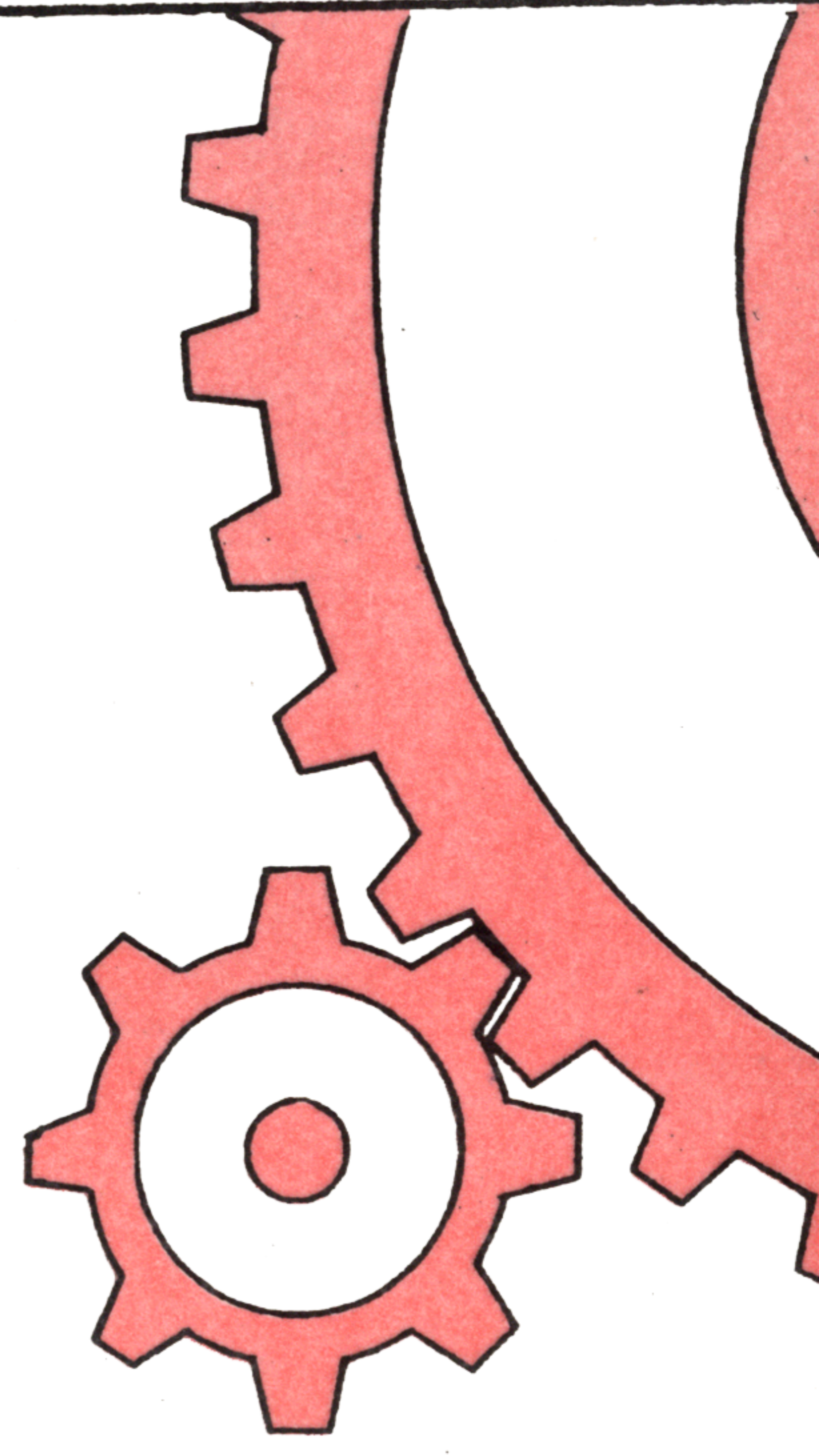
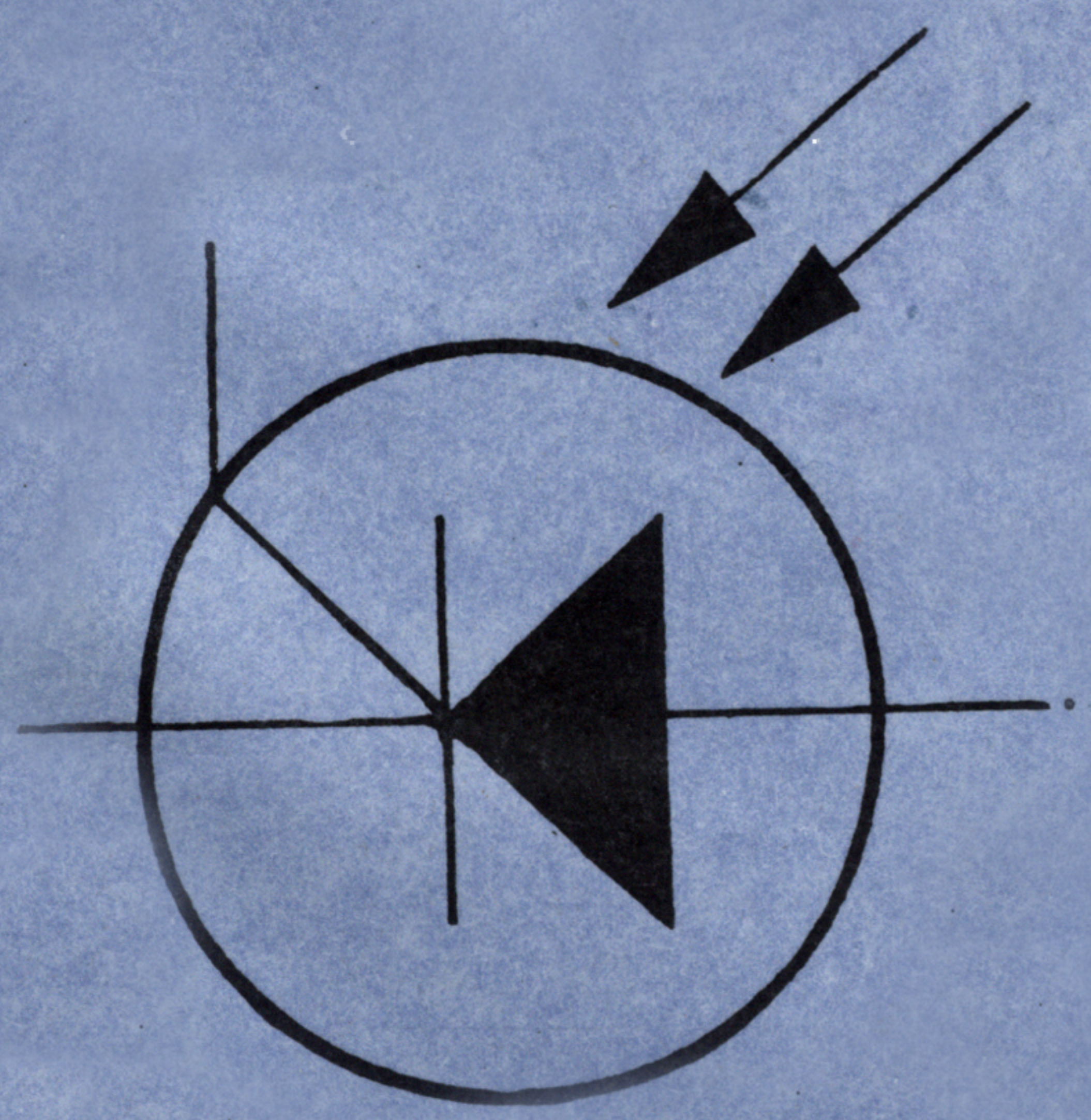


中等专业学校 规划教材
工科电子类

电子设备结构与工艺

吴汉森 主编



北京理工大学出版社

电子设备结构与工艺

吴汉森 主编

北京理工大学出版社

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我公司承担了全国高等学校、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年至1990年,已编审、出版了三轮教材,正在陆续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,调动广大教师编写教材,依靠学校管理部门和有关出版社,“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,我公司所属的八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,结合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。列入规划的教材,以主要专业的主干课程教材及其辅助教材为主,并配置一些教学参考书等约300余种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委或教学指导委员会直接组织进行。

这批教材的书稿,其一是从通过教学实践,师生反应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、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的质量,作出了不懈的努力。

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

中国电子工业总公司教材办公室

前 言

本教材是根据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,由中专电子类专业教学指导委员会组织编写并推荐出版的。责任编辑梁孟箴。

本教材由上海电子技术学校吴汉森主编,上海泰和通讯有限公司高级工程师王敏骏主审。

本课程的参考学时数为 70~80 学时,其主要内容为:电子设备设计制造的基本知识;电子设备的工作环境和对设备的要求;电子设备的防护及电磁兼容性;电子设备的组装及结构工艺;电子设备的调试工艺及质量要求;电子设备工艺文件的编制;电子设备整机机械结构等。本教材在编写时,注意到电子专业的需要,在内容选择上,除基本内容作详细分析外,适当增加了电子设备装联工艺的内容,尤其是目前得到推广应用的先进工艺技术,在有关章节都作了必要的介绍。在教学时,除注意加强理论联系实际之外,还可根据本地区电子工业生产的特点及需要,对教学内容作适当的增删。

本教材由李学忠编写第一、二章,陈国培编写第三、四、五章,吴汉森编写绪论及第六、七、八、九、十章并统编全稿。在编写过程中,还得到张汉文高级工程师和尹金星工程师的大力支持,他们为本书提出许多宝贵意见,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,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 电子设备制造概要	5
§ 1-1 对电子设备的基本要求	5
一、工作环境对电子设备的要求	5
二、使用方面对电子设备的要求	5
三、生产方面对电子设备的要求	8
§ 1-2 电子设备研制的基本任务	9
一、电子设备设计制造的主要依据	9
二、电子设备设计制造的主要任务	9
§ 1-3 电子设备整机制造工艺	12
一、整机制造的主要工作内容	12
二、整机制造的工艺种类和规程	12
三、整机制造的一般顺序	13
第二章 电子设备的可靠性	16
§ 2-1 可靠性概述	16
一、可靠性概念	16
二、可靠性主要指标	16
三、可靠性分类	18
四、可靠性设计的基本原则	19
§ 2-2 电子设备可靠性技术措施	24
一、正确选用电子元器件	24
二、电子元器件的降额使用	27
三、电子元器件瞬间过应力的防护	28
第三章 电子设备的防护	29
§ 3-1 概述	29
§ 3-2 电子设备的气候防护	30
一、潮湿的防护	30
二、盐雾和霉菌的防护	32
三、金属的防腐	33
四、压力防护和密封结构	34
§ 3-3 电子设备的散热	35
一、温度的影响	35
二、热的传导方式	36
三、电子设备的散热及防热	38
四、功率晶体管的散热和散热器的选择	43
§ 3-4 减振与缓冲	47

一、机械作用的影响及防护	48
二、减振系统的组成	49
三、减振系统的结构	54
四、橡胶减振器的选用	55
第四章 电子设备的电磁兼容性	59
§ 4-1 概述	59
§ 4-2 屏蔽原理及结构	60
一、屏蔽概念	60
二、电场屏蔽	60
三、磁场屏蔽	63
四、电磁场屏蔽	65
§ 4-3 电路的屏蔽	69
一、电路单元的屏蔽	69
二、屏蔽的结构形式与安装	70
三、电磁屏蔽导电涂料的应用	72
§ 4-4 泄漏及防泄漏	72
一、防止缝隙泄漏	73
二、防止孔洞泄漏	73
三、防止传动轴泄漏	73
§ 4-5 馈线干扰的抑制	74
一、隔离	74
二、滤波	75
三、导线的屏蔽	77
§ 4-6 地线干扰的抑制	79
一、接地的目的	79
二、地线中的干扰和抑制	79
三、接地的方法	81
四、系统接地	82
第五章 印制电路板的设计及制造工艺	84
§ 5-1 概述	84
一、印制电路板互连	84
二、印制电路板的类型和特点	85
三、敷铜箔板的种类及性能	85
§ 5-2 印制电路板的设计	86
一、印制电路板设计的主要内容	86
二、印制电路板元器件布局与布线	86
三、印制导线的尺寸和图形	90
四、定位孔的绘制与定位方法	93
五、表面贴装技术对印制板的要求	93
六、印制电路板的设计步骤和方法	94
§ 5-3 印制电路板的制造工艺	98
一、印制板原版底图的制作方法	98
二、照相底图的贴图技术要求	99

三、印制电路板的印制、蚀刻和机械加工	103
四、印制电路板的质量检验	110
§ 5-4 印制电路和互连技术的新发展	111
§ 5-5 印制电路 CAD 简介	113
第六章 电子设备组装工艺	117
§ 6-1 概述	117
一、电子设备组装的内容和方法	117
二、组装工艺技术的发展	118
三、整机装配的工艺流程	120
§ 6-2 电子元器件的布局	122
一、布局的原则	122
二、元器件排列的方法及要求	123
三、典型电路元器件布局举例	125
§ 6-3 印制电路板的组装	127
一、印制电路板组装工艺的基本要求	127
二、印制电路板装配工艺	129
三、印制电路板组装工艺流程	130
§ 6-4 布线及扎线工艺	132
一、配线	132
二、布线原则	134
三、布线方法	135
四、扎线工艺	136
§ 6-5 组装结构工艺	141
一、电子设备的组装结构形式	141
二、整机结构的装配工艺性要求	141
三、常用零部件装配工艺	142
四、整机联装	146
第七章 焊接技术	148
§ 7-1 焊接的基本知识	148
一、焊接的分类及特点	148
二、焊接机理	149
三、焊点形成的必要条件	151
§ 7-2 手工焊接技术	152
一、焊接工具	152
二、焊接材料	155
三、焊接工艺	160
§ 7-3 自动焊接技术	163
一、浸焊	163
二、波峰焊	164
三、自动焊接工艺	169
§ 7-4 表面安装技术 (SMT)	169
一、概述	170
二、SMT 的基础材料	171

三、表面安装的工艺流程	172
四、焊接工艺	174
第八章 电子设备调试工艺	177
§ 8-1 概述	177
一、调试工作的内容及特点	177
二、调试方案的制订	177
§ 8-2 调试仪器	178
一、调试仪器的选择及组成	178
二、调试中的干扰及其抑制	180
三、提高测试精度的几种方法	180
§ 8-3 调试工艺技术	182
一、调试工作的一般程序	182
二、静态工作点的调整	184
三、动态特性测试	185
四、整机性能的测试	188
五、自动测试技术的应用	195
六、调试中故障的查找与排除	199
七、调试的安全措施	201
§ 8-4 整机检验	202
一、直观检验	202
二、主要性能指标的测试	203
三、环境试验	203
第九章 整机技术文件	206
§ 9-1 设计文件	206
一、产品分级及设计文件分类	206
二、设计文件的完整性及编号方法	207
三、设计文件的格式及填写方法	209
四、常用设计文件介绍	215
§ 9-2 工艺文件	220
一、工艺工作简介	220
二、工艺管理基础	223
三、工艺文件的编制方法	229
四、工艺文件格式填写方法	230
第十章 电子设备整机机械结构	244
§ 10-1 概述	244
一、对电子设备结构基本要求	244
二、整机结构形式及基本内容	245
三、尺寸系列	247
四、结构设计的一般步骤	247
§ 10-2 整机机械结构系统	249
一、机箱	249
二、机柜	251
三、底座与面板	253

四、导轨与插件箱	256
五、积木化结构	259
§ 10-3 整机组装结构微型化	261
一、现代电子设备的结构分级和特点	261
二、微型化结构设计应考虑的一些因素	263
三、电子设备结构微型化设计方法的变化	264
四、现代电子设备结构微型化进程及组装特点	264
§ 10-4 人机系统	269
一、人机关系	269
二、控制器	275
三、显示器	277
附录	281
参考文献	298

绪 论

当前,人们把利用电子学原理制成的设备、装置、仪器、仪表等统称为电子设备。例如:通讯设备、电视机、电子计算机、电子测量仪器等。电子设备又由于产生、变换、传输和接收的电磁信号(连续信号及离散信号)的不同,一般分为模拟设备和数字设备,二者在组成功能上有相同之处,但在组成方法上有着本质的区别。随着电子技术的发展,电子设备正广泛应用于人类生活的各个领域。

一、电子技术的发展和电子设备的现代化

电子设备的生产与发展是与电子技术的发展密切相关的。在当代的科学技术中,电子技术是发展最快的一门技术,由于新材料的使用,新器件的出现,尤其是大规模和超大规模集成电路的出现和推广应用,以及工艺手段的不断革新,使电子设备在电路上和结构上都产生了巨大的飞跃。以视听设备为例,在近十几年来,电子技术领域出现的数字技术、卫星技术、光纤与激光技术,信息处理技术等新技术,已经很快地应用在电子工业生产中,使新一代的视听电子产品面貌为之一新,特别是80年代以来,国际上电视、音响产品已不再局限于作为文化娱乐的工具,而成为家庭和个人自社会取得各种信息的终端设备。这些设备技术精良、功能齐全、造型优美、使用方便。

现代电子设备及其部件正朝着高指标、多功能化、小型化、低成本、低消耗方面发展,它不仅渗透到国民经济的各个领域和人类社会的各个方面,而且已经成为现代信息社会的重要标志。

现代电子设备虽然种类繁多,但就其功能及用途而言,大致上可以分为三大系统:

- (1) 广播通讯系统:如广播、电视设备,各种有线及无线通讯设备等。
- (2) 信息处理系统:如各种类型的电子计算机及其外围设备,数据处理及计算机控制设备等。
- (3) 电子应用系统:如各种电子检测设备、雷达设备、医用电子设备、各种激光应用设备等。

二、电子设备的特点

由于电子科学技术的飞速发展和电子设备的现代化,使现代电子设备具有许多不同于其它设备及不同于以往电子设备的特点,而且电子设备种类繁多,且又各具特点,这里不可能详细叙述,仅就其整体而言,又比较突出的几点归纳如下:

(1) 电子设备具有“轻、薄、短、小”的特点,使它在知识、技术、信息的密集程度上高于其它产品。知识和技术的密集,导致物化劳动的密集,因而产品附加价值也高。正因为如此,电子设备的应用可以大大提高生产效率和工作效率,降低能源消耗,获得较大的经济效益。

(2) 电子设备使用广泛。目前已广泛应用于国防、科技、国民经济各个部门以及人民生活

等各个领域,并且因使用部门及运载工具的不同,可以用于高空、地下、沙漠、海洋。因此,所处的工作环境十分复杂,往往要在恶劣的气候、机械及其它使用条件下工作。

(3) 电子设备的可靠性高,对军用及航天设备,可靠性要求更高,否则会带来不可弥补的损失。例如航天电子设备,在十分复杂的组成中,若某一个元器件或连接点发生故障,就会影响正常工作,甚至会导致导弹、运载火箭和卫星的飞行失控。

(4) 电子设备的精度要求高,控制系统复杂。当代科学技术的许多进步和人类征服自然的辉煌成绩,往往都是电子设备的高精度和高度自动化带来的成果。例如:卫星通讯地面站,要求直径 30 米的抛物面天线自动跟踪数万公里高空的人造卫星不发生偏差,还要求在一年之内电源不中断,遇到故障能自动换接备用电源等。

三、电子设备的生产与工艺

任何电子设备,从原材料进厂到成品出厂,往往要经过千百道工序的生产过程;而在这一生产过程中,有 80~90% 工作是具有一定技能的工人,操作一定的工装设备,按照特定的工艺规程方法去完成的。这些生产活动都是工艺要素的有机结合,任何企业在生产中都离不开工艺工作这一环节。企业的生产活动是和企业的经济利益密切结合在一起的。市场上产品的竞争,实质上是企业生产能力的竞争。如果我们将同类电子产品的各生产厂家的生产特点和产品特色作一对比,不难发现,一个工厂的工艺状况正是该厂生产管理状况的概括。人们常说的:“日本生产方式”、“丰田生产方式”、“福特生产方式”等等,无不是该国、该地区、该企业的传统工艺特点的概称。在国外,生产工艺是极其保密的,在他们看来,“工艺就是专利,专利就是资本”。在国内,重视设计轻视工艺的倾向和作法已经改变,企业工艺人员与设计人员的比例失调现象也得到了扭转,对整机来说,二者比例至少应当按 2:1,元件厂至少按 3:1 的方向发展。

什么叫工艺工作呢?工艺工作是企业生产技术的中心环节,是组织生产和指导生产的一种重要手段。在产品的设计研制阶段,它的工作内容是确定产品的制造方案并完善生产前的技术准备工作。在产品的制造阶段,它们工作内容是组织和指导符合设计要求的加工生产,直到包装出厂为止而采取的一切必要的技术和管理措施。因此,工艺工作就象一条纽带把企业各个部门,把生产各个环节联系起来,成为一个完整的制造体系。

工艺工作的内容又可分为工艺技术和工艺管理两大方面。工艺技术是生产实践劳动技能及应用和应用科学研究成果的积累和总结,提高工艺技术水平是工艺工作的中心。但是,任何先进的技术又都是通过管理工作的保证才得以实现和发展,工艺管理是对工艺工作的计划、组织、协调与实施,是保证工艺技术在生产实际中贯彻和不断发展的管理科学。

由于工艺工作是解决企业的产品怎样制造,采用什么方法,利用什么生产资料去制造的综合性活动,所以工艺工作的水平高低,直接决定了在一定设计条件下,能制造出多少种,能制造出什么水平的产品。这说明工艺就是生产力的基本要素,是生产力中活跃的因素。马克思指出“各种经济时代的区别不在于生产什么,而在于怎样生产,用什么手段进行生产。”这是马克思对生产力和生产关系的精辟概括,也充分说明工艺对人类的生产活动,对人类社会发展的重大作用。在当今新技术革命的年代,它更显得重要。

生产实践证明,无论产品多么复杂,劳动技能要求多么高,任何装配操作都可以分解成一些简单操作动作的组合。因此,采用先进的技术(工装、工具、设备等),拟制良好的工作方法(取消不必要的工艺,合并工序工步,调整工序的顺序,简化所需的工序等),改善工作环境(工作台

凳适用、光线适宜、场地布置合理等),以使每一工作的操作简单、流畅、高效率、低强度,这不仅是生产发展的规律,而且也是工艺工作的着眼点。

四、结构工艺发展简况

电子设备箱柜结构形式也是随着电子技术的发展而发展的。大家知道,电子技术始于通讯技术,即电报和电话的发明和使用,后来由于电磁波理论的提出与实用,出现了无线电通信,从此,借助电磁信号来传输信息的方法便得到了应用,并且应用范围不断扩大,设备构成形式也就产生了变化。

早期的电子设备结构与有线通讯设备相似,采用木箱结构,电气元件固定在一块绝缘板上,并水平地放在一个木箱上,主要电气元件都突出在绝缘板的外边,箱内主要用裸导线连接,安装方式为螺钉连接。

至20世纪20年代,由于真空二、三极管的出现,大大推动了电子技术的发展,以电子管为中心的电子技术得到广泛应用,无线电收音机成为商品,这时的电子设备为一块水平底板放在箱中,箱前安装一块装有调节旋钮的胶木板。由于电子管制造技术的进步,通讯设备的应用日益扩大(如安装于汽车和舰船上),设备的强度和电磁屏蔽的问题变得十分突出,而不得不在结构设计中加以考虑。

在20世纪30年代,电子设备的外壳采用了金属材料,设备结构的基本布局是由一个水平放置的金属底板及一个垂直放置的面板构成机芯,各种元器件布置在金属底板的上面,而把阻容元件及其之间的连线布置在底板的下面,在面板上放置控制器,显示器及输入、输出的接线端子,外面配上机箱。当时大型设备的结构形成是用角铁焊接而成的机架,把底板和面板组成的机芯一层层地装入机架内形成一个整体。由于当时所用的电子元器件是电子管、大型电阻、电容,手动调谐机构,因此体积和重量都很大。

在20世纪40年代,较为复杂的电子产品如电视机、雷达的问世,以及短波通信的发展,设备体积庞大,笨重,已不适应实际需要,因而出现了将复杂的设备分为若干简单部件及树立起结构级别的先进想法。为了防护坦克和飞机上的电子设备使之不受气候的影响,而研制出密封外壳,为了防止机械过载而研制出减震器,使设备结构功能进一步完善。

进入20世纪50年代,由于晶体管的出现及应用,使电子技术发生了一场革命,电子设备进一步的复杂化,对结构提出了新的要求,即要有最小的体积和重量,采用提高集成度的新方法,这就导致了单、双层印制电路板的大量使用,同轴电缆和微带传输线的应用。集成电路,微型组件的产生又进一步提高了组装密度,因而设备中小规模和中规模单元块结构出现了。

从20世纪60年代开始,电子元器件出现了飞速发展,大约每10年就有一次飞跃。至80年代,大规模集成电路及超大规模集成电路已经出现,电子设备中为提高可靠性,降低能耗和成本,大量采用集成电路及高密度印制电路板(多层印制板),这就是现在称之为的微电子设备,使电子设备向固体化、小型化、高可靠性和多功能等方向发展,设备结构也随之向更高层次过渡。

五、本课程的内容和任务

设计和制造出优良的电子设备,除了应满足其工作性能的要求之外,还必须满足加工制造的要求。电路性能指标的实现,最终都要通过具体的结构体现出来,这就是本课程所要讨论的

主要内容。全书共十章,介绍了电子设备设计制造的基本知识,电子设备的工作环境和对设备的要求,电子设备的防护措施,电子设备的制造工艺,电子设备的机械结构工艺等。

本课程对于从事电子设备设计与制造的线路人员是很重要的。在实际工作中,线路设计与结构设计关系十分密切,在有些情况下,很难划分清楚,尤其是微电子设备的制造,有时电路与结构就是一个完美的统一体。因此,电路设计人员掌握和了解结构工艺的知识,不仅对电路设计有益,而且对密切与结构人员的配合,解决在设计过程中可能出现的电路与结构的矛盾,也是很有益的。

本课程所涉及的知识面较广,在学习本课程之前,应具备理化基本知识,机械基础、元件材料、电子线路及有关专业方面的知识。在学习过程中,要多接触生产实际,多了解各类设备构造及使用特点,把实际知识与书本知识结合起来,才能学好这门课。

第一章 电子设备制造概要

§ 1-1 对电子设备的基本要求

制造电子设备的出发点是基于用户的需要。显然,电子设备除了在满足技术性能要求下能正常而可靠地工作外,在设计和制造电子设备时还应满足以下基本要求。

一、工作环境对电子设备的要求

电子设备所处的工作环境多种多样。气候条件、机械作用力和电磁干扰,是影响电子设备的主要因素。必须采取适当的防护措施,将各种不良影响降低到最低限度,以保证电子设备稳定可靠地工作。

1. 气候条件对电子设备的要求

气候条件主要包括温度、湿度、气压、盐雾、大气污染、灰砂及日照等因素,对设备的影响主要表现在使电气性能下降、温升过高、运动部位不灵活、结构损坏,甚至不能正常工作。为了减少和防止这些不良影响,对电子设备提出以下要求:

① 采取散热措施,限制设备工作时的温升,保证在最高工作温度条件下,设备内的元器件所承受的温度不超过其最高极限温度,并要求电子设备能够耐受高低温循环时的冷热冲击。

② 采取各种防护措施,防止潮湿、盐雾、大气污染等气候因素对电子设备内元器件及零部件的侵蚀和危害,延长其工作期。

2. 机械条件对电子设备的要求

机械条件是指电子设备在不同的运载工具中使用,所受到的振动、冲击、离心加速度等机械作用。它对设备的影响主要是:元器件损坏失效或电参数改变;结构件断裂或变形过大;金属件的疲劳破坏等。为了防止机械作用对设备产生的不良影响,对设备提出以下要求:

① 采取减振缓冲措施,确保设备内的电子元器件和机械零部件,在受到外界强烈振动和冲击的条件下,不致变形和损坏。

② 提高电子设备的耐冲击、振动能力,保证电子设备的可靠性。

3. 电磁干扰对电子设备的要求

电子设备工作的周围空间,充满了由于各种原因所产生的电磁波,造成外部及内部干扰。电磁干扰的存在,使设备输出噪声增大,工作不稳定,甚至完全不能工作。

为了保证设备在电磁干扰的环境中能正常工作,要求采取各种屏蔽措施,提高设备的电磁兼容能力。

二、使用方面对电子设备的要求

1. 体积重量要求

电子设备得以广泛使用的重要原因之一,便是体积小、重量轻。电子计算机之所以应用范围很广并扩大到空间技术领域,就是因为它从开始的一个庞然大物,迅速发展为具有微电子产品的结构特征,体积和重量可以做得很小。因此减小设备的体积和重量,具有非常重要的意义,在某些情况下,设备的体积和重量起着决定性的作用。对于军用电子设备,减小其体积重量就直接影响着部队的战斗力和装备使用的灵活性,同时对减少战士体力消耗,提高战斗力有着重要的战术意义。从生产角度考虑也有着不可忽视的经济意义。具体说来有以下几点:

① 设备的用途对体积重量的要求。各种不同用途提出了不同的要求。如野战部队背负式通信机,其宽度不应超过人的双肩宽度(平均约为 400mm),高度为背负时不能碰到臀部(平均约为 500mm),其重量不超过 18 公斤。又如人造卫星上用的电子设备,其体积重量有极严格的要求,任何一部分体积增大,就意味着减少其它设备的体积。此外,卫星的重量和发射火箭的起飞重量有严格的比例。卫星的重量每增加 1kg,火箭的燃料就多耗费数吨。

② 运载工具对设备的体积重量的要求。各种运载工具如汽车、坦克、飞机、舰船等,由于安装各种设备的空间有限和操纵控制的需要,对电子设备的体积重量有较严格的要求。一般说来,空用设备的要求最高,其次是各种车辆,再次是各种舰船。飞机座舱容积有限,所用的各种电子设备,往往都将分机或部件的体积重量尽可能做得很小,仅把设备的控制和指示部分安装在飞行员的座舱内,其它部分则安装在飞机的各个部位,各部分之间用电缆连接。汽车、坦克用电子设备的体积要求和空用相似,重量要求则可放宽。舰船则要求更宽。

③ 机械负荷对体积、重量的要求。电子设备工作时,会受到各种机械因素的影响。为了减少冲击、碰撞、振动和加速度的破坏作用,减少其体积重量会收到良好的效果。因为当重量减少时其质量也将减小,如果施加的加速度一定,则对设备的破坏力就会减小。

④ 经济因素对体积重量的要求。为了节省原材料消耗和降低生产费用,应力求减少电子设备的体积和重量,其中的道理是非常明显的。对于生产批量很大的产品,即使产品的体积重量减小很少一点,其在生产中所降低的费用,却是相当可观的。

各种因素对电子设备体积重量的要求,已如前述。为使电子设备能够满足这些要求,则对表征设备体积重量的指标进行深入地探讨是很有必要的。有关指标如下:

(1) 平均比重(重量体积比) 设备的总重量与总体积之比,称为设备的平均比重,即

$$D = \frac{W}{V} \quad (1-1)$$

式中 W ——设备的总重量,其单位为克(g),千克(kg),吨(t)

V ——设备的总体积,其单位为厘米³(cm³),分米³(dm³),米³(m³)

D ——平均比重或重量体积比,其单位为 g/cm³,kg/dm³,t/m³

(2) 体积填充系数 它表示电子设备结构的紧凑性。定义为:设备内全部零部件、元器件的体积总和与机箱(柜)内部容积的比值。用 K 表示

$$K = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{V_r} = \frac{1}{V_r} \sum_{i=1}^n V_i \quad (1-2)$$

式中 V_1, V_2, \dots, V_n ——零部件和元器件的总体积;

V_r ——机箱(柜)内部容积。

设备的平均比重对结构设计有直接影响。当平均比重为 0.5kg/dm³ 时,结构设计不会遇到很大困难;当平均比重为 1.5~1.7kg/dm³ 时,结构设计需要精心安排;当平均比重为 2~

2. $2\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计需要应用特殊材料(如高强度轻金属合金)、高稳定元器件和采用新工艺、新结构(如多层印制电路板、集成电路和微型元器件等);当平均比重达到 $2.5\text{kg}/\text{dm}^3$ 时,结构设计将很困难。

随着设备的平均比重增大,设备的体积填充系数也会提高。目前,一般的电子设备其体积填充系数为 $0.1\sim 0.25$;结构比较紧凑的电子设备(如采用多层印制电路板和超小型化元器件的设备),其体积填充系数为 $0.25\sim 0.4$;采用灌封电路的设备,其体积填充系数可达 0.6 。

设备的平均比重和体积的填充系数,标志着设备紧凑性的程度。平均比重越高,体积填充系数越大,则设备的紧凑性越高。现代电子设备都希望有较高紧凑性。但追求紧凑性会产生一系列矛盾,这主要表现在以下几方面:

① 设备温升限制,是绝大多数设备(尤其是大功率设备)提高紧凑性时遇到的最大困难。若设备的平均比重增大,则单位体积发热量增加。为了保证设备正常工作,就需要采用一套冷却系统,而冷却系统本身具有一定的体积和重量,这样反而提高了设备的总体积和总重量。

② 随着紧凑性提高,元器件间距变小,这会导致设备性能稳定度下降,尤其是超高频和高压设备,由于分布电容增大,容易产生自激和脉冲波形变坏。由于元器件之间距离小,还容易产生短路和击穿。

③ 随着平均比重和体积填充系数增大,给生产时的装配和使用时的维护修理带来一定困难,降低了设备的可靠性。

④ 紧凑性高的设备,在整机结构方面要求有较高的零件加工精度和装配精度,因而提高了产品成本。

2. 操纵维修要求

电子设备的操纵性能如何,是否便于维护修理,直接影响到设备的可靠性。因此,在结构设计时必须全面考虑。

对电子设备的操纵要求,随具体设备和使用场所而变化。原则上可归纳为以下几点要求:

① 为操纵者创造良好的工作条件。例如设备不会产生令人厌恶的噪声,且色彩调和给人以好感,其安装位置适当,令操作者精神安宁、注意力集中,从而提高工作质量。

② 设备操作简单,能很快进入工作状态,不需要很熟练的操作技术。

③ 设备安全可靠,有保险装置。当操纵者发生误操作时,不会损坏设备,更不能危及人身安全。

④ 控制机构轻便,尽可能减少操纵者的体力消耗。读数指示系统清晰,便于观察,且长时间观察不易疲劳,也不损伤视力。

电子设备维护修理是否方便,尤其对于军用产品甚为重要,所以在产品设计时,必须充分考虑维护修理要求。从维护方便出发,对结构设计提出以下要求:

① 在发生故障时,便于打开维修或能迅速更换备用件。如采用插入式和折叠式结构,快速装拆结构,以及可换部件式结构等。

② 可调元件、测试点应布置在设备的同一面;经常更换的元器件应布置在易于装拆的部位;对于电路单元应尽可能采用印制板并用插座与系统联接。

③ 元器件的组装密度不宜过大,即体积填充系统在可能的条件下应取低一些(一般最好不超过 0.3),以保证元器件有足够的空间,便于装拆和维修。

④ 设备应具有过负荷保护装置(如过电流、过电压保护),危险和高压处应有警告标志和