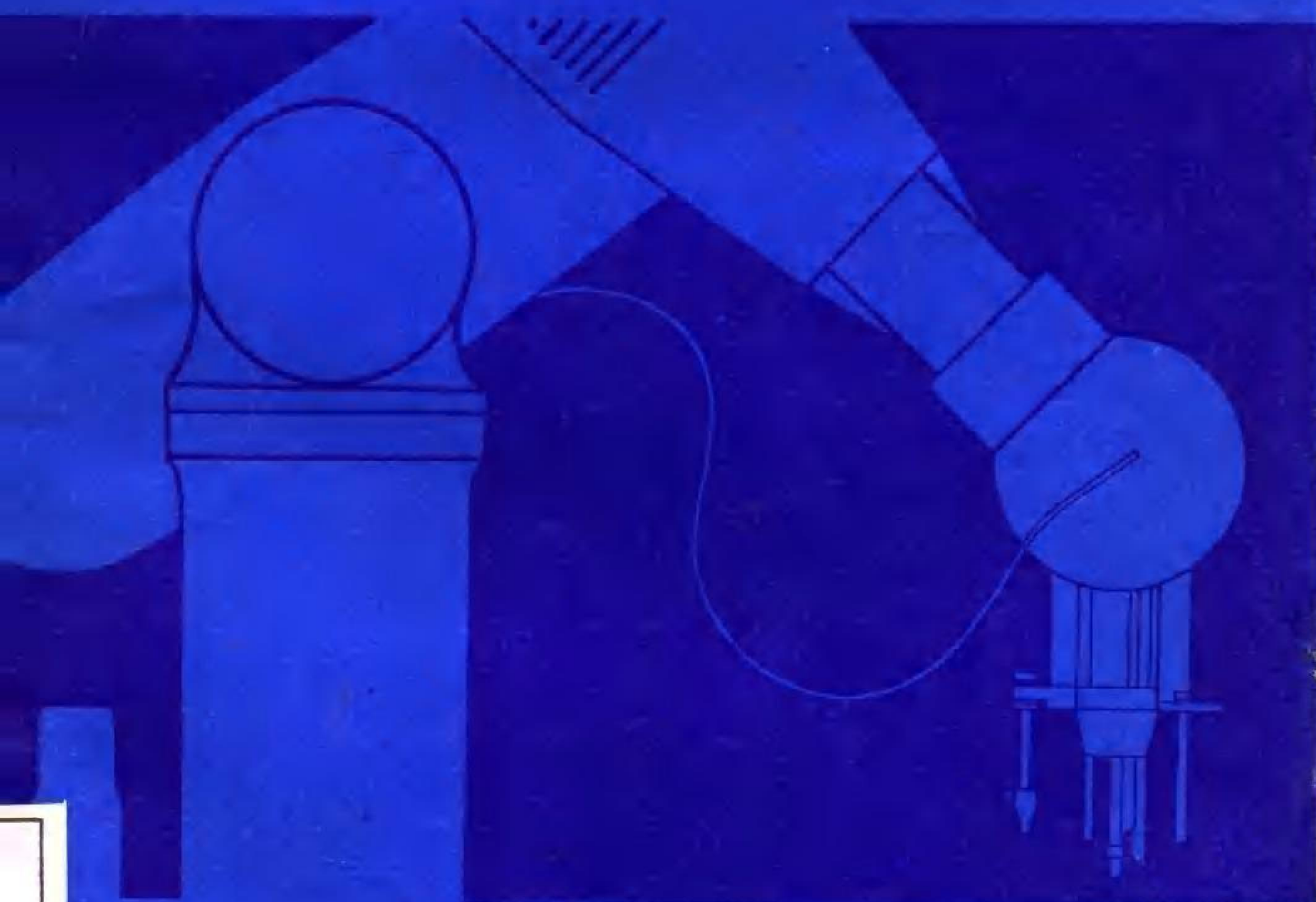


高等学校试用教材

机械设计基础

(近机类专业用)

林元龄 邓昭铭 主编



人民交通出版社

高等学校试用教材

机械设计基础

(近机类专业用)

林元龄 邓昭铭 主编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 24.75 字数: 609千

1988年6月 第1版

1988年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—11,300册 定价: 4.05元

内 容 提 要

本书除概论外，共分二十章。其中第一至四章、第八章的一部分及第十二、十七、十八章，叙述常用机构的构造、原理及简单的设计计算、轮系计算和机器动力学等内容；第五至十一章及第十三至十六、十九、二十章，叙述通用零件的构造、标准、设计计算以及减速器等内容。在通用零件中，还注意编进一些新技术与新产品，书末附有四个专题，供不同专业选授。

本书可作为三年制高等专科学校近机类各专业的教材，也可作为非机类本科教材，还可作为厂、矿、企业机械技术人员学习参考之用。

前

言

本书是九所院校在教材编写方面进行横向联合的成果。我们利用较多院校参加编写的有利条件,尽力使其起到集各校之经验、采诸家之长处的作用。书中内容包括机械原理与机械零件两个部分,其深度与广度主要适用于高等专科学校近机类各个专业(授课时数为100学时左右),也可作为非机类本科教材,还可作为厂、矿、企业机械技术人员学习参考之用。

为了体现先进性和实用性,本书在有关章节中,注意介绍一些新内容、新技术和新产品。例如在螺旋传动中简介了行星滚柱螺旋;在带传动中简介了窄型带;在直齿圆柱齿轮传动中编进了各国齿轮标准;在滚动轴承中简介了高灵敏度双级滚动轴承;在滑动轴承中简介了磁流体密封;在减速器中介绍了推杆减速器,等等。考虑到加深、拓宽以及适应新形势的需要,本书还编入了“机械优化设计简介”、“平面连杆机构设计”、“变位直齿圆柱齿轮传动”以及“摩擦、磨损与润滑”等四个专题,供各个专业根据不同需要选授之用。

书中带星号的部分是选学内容,在使用时可酌情取舍。

本书由武汉河运专科学校林元龄、邓昭铭主编,中国纺织大学华大年教授主审。参加本书编写的(按章序先后)有:上海电力学院朱明道(概论、第十六章及专题I)、长沙有色金属专科学校陈肃群(第一、七、十九章)、华中工学院汉口分院李淑民(第二章及专题II)、江西水利专科学校王凤岐(第三章)、郑州航空工业管理学院刘东明(第四、十五章及专题IV)、武汉河运专科学校李明漾(第五章)、武汉钢铁公司职工大学张学楼(第六、十三章)、武汉河运专科学校邓昭铭(第八、二十章)、扬州工业专科学校殷梅生(第九、十、十一章)、上海化工专科学校张玉良(第十二、十七、十八章)、武汉河运专科学校林元龄(第十四章及专题III)。武汉河运专科学校机械原理与机械零件教研室的同志为本书描绘了插图,并负责全书的最后誊写工作。

主审华大年教授在百忙中为本书细心审阅,并提出了中肯的意见和建议;主编单位武汉河运专科学校校长陈震霖教授、清华大学吴宗泽教授、华中工学院杨元山副教授也对本书的编写提出了宝贵意见,谨在此致以衷心的感谢!

由于编者水平所限,时间又比较仓促,错漏及不足之处在所难免,敬希同行专家及读者不吝赐教,以使本书能逐步臻于完善。

编 者

1987年5月

目 录

概论.....	1
§0-1 机器的组成及其特征.....	1
§0-2 机械设计的程序和本课程的对象.....	3
§0-3 机械设计中的强度问题.....	5
§0-4 机械制造中常用材料的选择.....	8
§0-5 机械设计的技术经济分析.....	11
第一章 平面机构的组成及机构运动简图.....	14
§1-1 运动副及其分类.....	14
§1-2 平面机构运动简图及其绘制.....	16
§1-3 平面机构的自由度.....	18
习题.....	21
第二章 平面连杆机构.....	23
§2-1 铰链四杆机构的基本型式和特性.....	23
§2-2 铰链四杆机构的曲柄存在条件.....	27
§2-3 铰链四杆机构的演化.....	29
§2-4 平面四杆机构设计简介.....	33
习题.....	38
第三章 凸轮机构.....	40
§3-1 凸轮机构的特点.....	40
§3-2 凸轮机构的分类及应用.....	41
§3-3 常用从动件运动规律及其比较.....	44
§3-4 按已知从动件运动规律设计盘形凸轮轮廓.....	48
§3-5 凸轮机构基本参数的确定.....	53
§3-6 凸轮机构设计中的其它问题.....	56
§3-7 移动凸轮和圆柱凸轮机构简介.....	58
习题.....	60
第四章 间歇运动机构.....	61
§4-1 棘轮机构.....	61
§4-2 槽轮机构.....	64
习题.....	67
第五章 螺纹联接与螺旋传动.....	68
§5-1 概述.....	68
§5-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁.....	71
§5-3 螺纹联接与螺纹联接件.....	73

§5-4	螺栓联接的预紧与防松	76
§5-5	螺栓联接的强度计算	80
§5-6	提高螺栓联接强度的措施	86
§5-7	螺旋传动	90
§5-8	滚动螺旋简介	93
§5-9*	行星滚柱螺旋简介	94
	习题	94
第六章	带传动	96
§6-1	带传动的类型和应用	96
§6-2	带传动工作情况的分析	100
§6-3	带传动的弹性滑动、滑动系数和传动比	103
§6-4	三角胶带的许用功率	104
§6-5	三角胶带传动设计	108
§6-6	三角带轮的结构	111
§6-7	三角胶带传动的张紧装置	113
§6-8	三角胶带的使用保养	114
§6-9*	其它带传动简介	114
	习题	117
第七章	链传动	118
§7-1	传动链和链轮	118
§7-2	链传动的运动不均匀性	121
§7-3	链传动的设计计算及主要参数选择	122
§7-4	链的布置、张紧和润滑	127
	习题	129
第八章	直齿圆柱齿轮传动	130
§8-1	齿轮传动的类型及传动的基本要求	130
§8-2	齿廓曲线应满足的条件——齿廓啮合基本定律	132
§8-3	渐开线齿廓	133
§8-4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数与几何尺寸	137
§8-5	渐开线齿轮的正确啮合与连续传动条件	144
§8-6*	渐开线齿轮传动的滑动系数	148
§8-7	渐开线标准齿轮的公法线长度和固定弦齿厚	150
§8-8	渐开线齿轮的加工方法	152
§8-9	根切现象和不发生根切的最少齿数	156
§8-10	轮齿的失效形式及计算准则	158
§8-11	齿轮材料及热处理	162
§8-12	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	164
§8-13	圆柱齿轮的结构	177
§8-14	齿轮传动的效率及润滑	179
	习题	180

第九章 斜齿圆柱齿轮传动	183
§9-1 斜齿圆柱齿轮的啮合特点	183
§9-2 斜齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	184
§9-3 斜齿轮的当量齿数	185
§9-4 斜齿圆柱齿轮传动的受力和强度计算	186
§9-5* 圆弧齿轮传动简介	189
习题	190
第十章 圆锥齿轮传动	191
§10-1 背锥和当量齿数	191
§10-2 直齿圆锥齿轮的几何尺寸计算	192
§10-3 直齿圆锥齿轮的强度计算	193
习题	197
第十一章 蜗杆传动	198
§11-1 蜗杆传动的类型及精度	198
§11-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	199
§11-3 普通圆柱蜗杆传动的受力分析	202
§11-4 普通圆柱蜗杆传动的失效形式和强度计算	203
§11-5 蜗杆传动的效率、热平衡计算及润滑	205
§11-6 蜗杆、蜗轮的材料和结构	207
习题	210
第十二章 轮系	212
§12-1 轮系的分类	212
§12-2 定轴轮系的传动比	214
§12-3 周转轮系的传动比	216
§12-4 混合轮系的传动比	219
§12-5 轮系的应用	221
§12-6* 几种特殊的行星传动简介	223
习题	228
第十三章 轴及轴毂联接	230
§13-1 轴的分类和材料	230
§13-2 轴的结构设计	232
§13-3 轴的强度计算	236
§13-4 轴的刚度计算	244
§13-5 轴的临界转速的概念	245
§13-6 轴毂联接	245
习题	251
第十四章 滚动轴承	253
§14-1 滚动轴承的构造、基本类型和特性	253
§14-2 滚动轴承的代号	256
§14-3 滚动轴承的选择和计算	259

§14-4 滚动轴承的润滑和密封	267
§14-5 滚动轴承的组合设计	270
习题	272
第十五章 滑动轴承	274
§15-1 滑动轴承的结构型式和轴承材料	275
§15-2 非液体润滑滑动轴承的设计	279
§15-3 滑动轴承常用的润滑剂、润滑装置和密封装置	280
§15-4 动压润滑滑动轴承简介	284
习题	286
第十六章 联轴器和离合器	287
§16-1 概述	287
§16-2 常用联轴器及其选择	288
§16-3 常用离合器	293
习题	295
第十七章 机器速度波动及其调节	296
§17-1 机器速度波动调节的目的和方法	296
§17-2 机器运转的平均速度和不均匀系数	297
§17-3 飞轮设计的近似方法	298
习题	300
第十八章 回转件的平衡	302
§18-1 回转件平衡的类别	302
§18-2 回转件平衡的分析计算	303
§18-3 回转件的平衡试验	306
习题	308
第十九章 弹簧	310
§19-1 弹簧的功用、种类、材料及加工	310
§19-2 圆柱形螺旋拉伸(压缩)弹簧的结构、参数及尺寸	313
§19-3 圆柱形螺旋拉(压)弹簧的计算	315
§19-4 其它类型弹簧简介	319
习题	320
第二十章 减速器	322
§20-1 减速器的主要型式及特点	322
§20-2 标准减速器	325
§20-3 减速器的结构和润滑	329
§20-4 推杆减速器简介	330
专题1 机械优化设计简介	335
§ I-1 概述	335
§ I-2 设计变量	335
§ I-3 设计约束	337
§ I-4 目标函数	338

§ I-5	优化设计的数学模型及其几何描述	339
§ I-6	优化迭代过程的概念	342
§ I-7	机械优化设计实例及评价	344
专题 II	平面连杆机构设计 (解析法)	347
§ II-1	按给定的行程速比系数 k 设计四杆机构	347
§ II-2	按给定两连架杆的对应位置设计四杆机构	348
§ II-3	按给定的连杆位置设计四杆机构	351
§ II-4	按预定轨迹设计四杆机构	352
习题		353
专题 III	变位直齿圆柱齿轮传动	354
§ III-1	变位齿轮概念	354
§ III-2	变位齿轮计算基础	357
§ III-3	变位齿轮传动的类型及其特点	363
§ III-4	变位齿轮传动的应用	365
§ III-5	变位系数的选择	370
习题		372
专题 IV	摩擦、磨损与润滑	374
§ IV-1	固体的摩擦机理	374
§ IV-2	固体的磨损	377
§ IV-3	润滑	379
主要参考文献		384

概 论

机械运动是人类接触得最广泛、认识得最早的一种运动形式。人类从对滑动、滚动、杠杆、冲击、浮沉、弹性、平衡、摩擦、斜面、断裂、磨损等自然现象的观察和利用中，逐渐掌握了机械运动的特性，制作了日益进步的各种工具。各门力学学科的发展，又为机械设计和制作奠定了科学的基础。所以，机械是人类文明的产物。各种机械设备和用具，是国民经济各部门的物质技术基础，并且与人们的日常生活密切相关。在经济发达的国家，机械工业的产值约占全部工业产值的三分之一。因此，不论哪一行业的工程技术人员，都有必要了解机械的设计、制造和使用的一般规律。

§0-1 机器的组成及其特征

目前，通常按照基本功能对机械产品进行分类。这种从用途出发的观点，未涉及机械运动的原理和结构的本质问题。所以，有必要从各类机器的共同特征出发，剖析其结构，了解其原理，达到掌握它们的目的。

任何机器都是为实现某种功能而设计制作的、并以机械运动为基础的物质结构系统。图 0-1 为一单缸内燃机。内燃机的基本功能是使燃料在气缸内燃烧，经过进气——压缩——膨胀——排气的循环过程，将活塞的往复运动转变为曲轴的连续均匀的转动。为此，必须有一个由具有不同子功能的各部分组成的结构系统，协调地完成各种动作。图 0-2 为上述单缸内燃机的功能系统和结构系统图。框内为各项功能，框外注明了为实现各项功能所用的机构、组合件和构件。

在认识各种机器时，分析它的功能和结构是非常重要的。

综观各种机器，不难得出现代机器的定义：“机器是一种作机械运动的装置，它用来变换能量、材料和信息，以代替或减轻人的体力劳动和脑力劳动。”

机器可分为动力机器、变换材料的机器和信息机器等。变换材料的机器又可分为加工机器和运输机器。在加工机器中材料是指被加工的对象。材料的变换就是改变其尺寸、形状、性质或者状态。如金属加工机床、轧钢机、织布机等。在运输机器中，材料是指被搬运的物

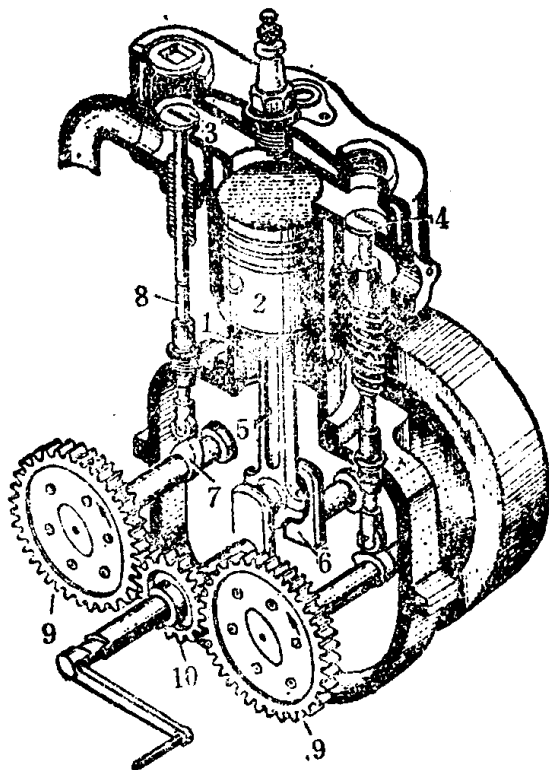


图 0-1

1-气缸体；2-活塞组件；3-进气阀；4-排气阀；
5-连杆组件；6-曲轴；7-凸轮；8-顶杆；9-从动
齿轮；10-主动齿轮

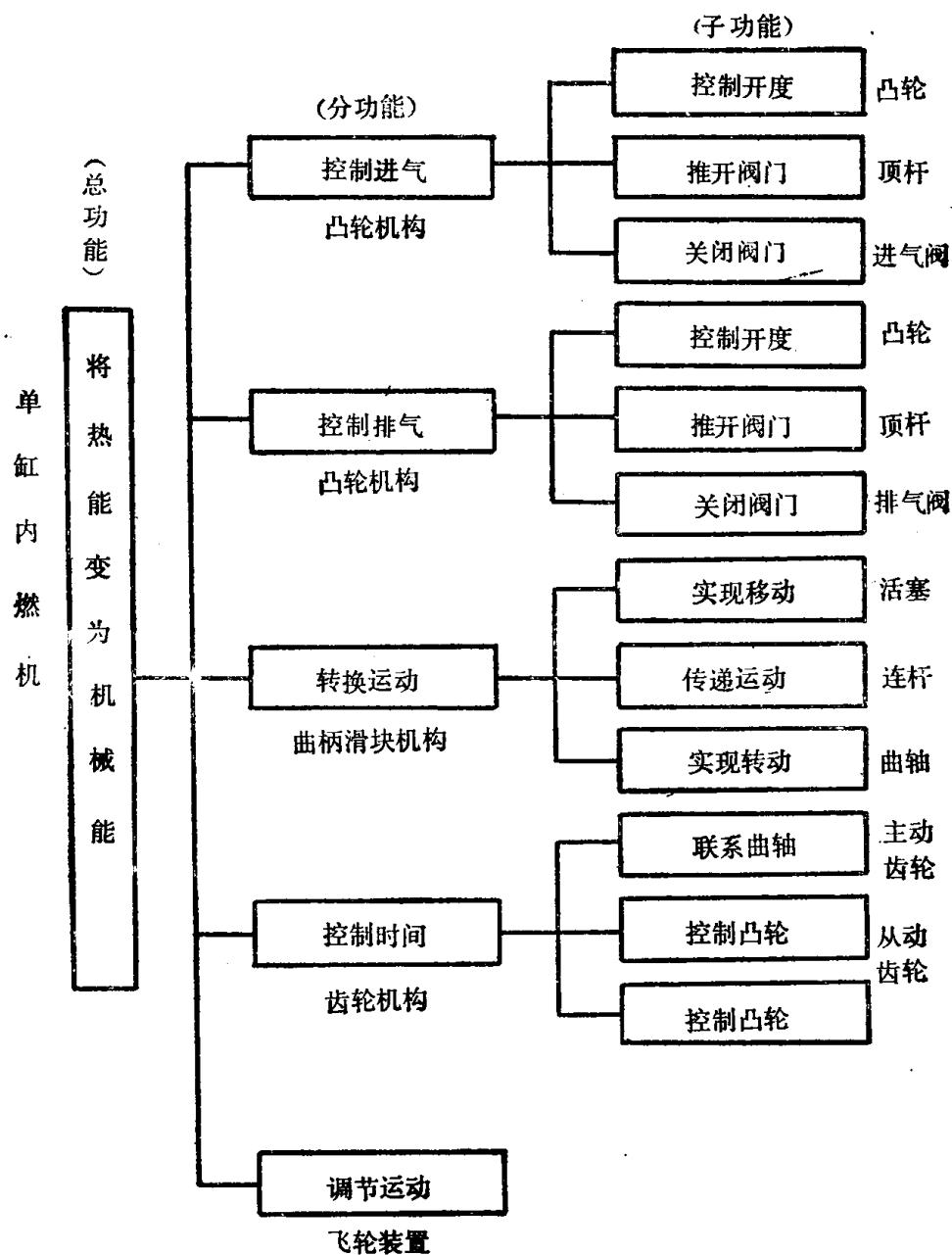


图 0-2

品。在运送人员时,材料即指火车车厢、汽车底盘、电梯客舱等,此类机器如飞机、升降机、起重机、输送机等。

用来获得和变换信息的机器称为信息机器,如计算器、机械积分仪、计算机等。但是,在各种具有运动部分的装置中,只有其机械运动是用来变换能量、材料和信息的那些装置才能称为机器。

凡是在无人直接参与的前提下,能完成能量、材料和信息的整个变换过程的机器,即称为自动机。而通过自动运输装置联接起来且用来完成一定工艺过程的自动机群,即组成自动线。显然,机器,尤其是自动机,能减轻人的劳动,提高劳动生产率。

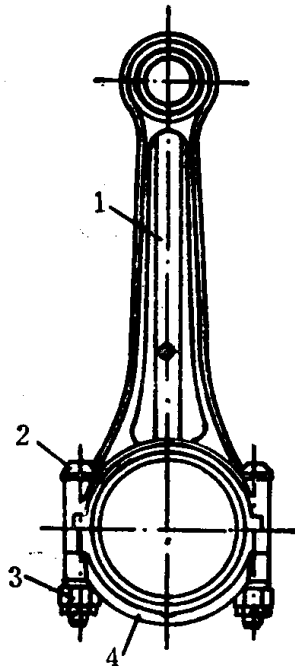
对于机构,其定义也随着新机构出现而有所改变。所谓机构,是用来把一个或几个刚体的运动变换成其它刚体所需运动的刚体系统。除了刚体外,液体与气体也参与运动的变换,则该机构相应称为液动或气动机构。

变换机械运动是机构的主要特征,没有这种变换的装置就不能称为机构。如电动机转子

与支承转子的轴承就不能组成机构，因为这时电能没有任何中间机械运动变换的情况下，可直接变换所需的运动。一般说来，机器都包含有机构，因为为变换能量、材料和信息而作机械运动时，通常需要变换来自原动机的运动。但机器中也可以没有机构，如近几年才出现的一种新的加工机器，其中每一个执行构件均由电动机或液压马达单独驱动。尽管如此，机构毕竟还是大多数机器的最重要部分。

机械就是机器和机构的总称。

在机构中，各个相对运动的部分，即组成机构的刚体，称为构件。所以，每一个构件具有独立的运动特性，它是运动的单元。在机械原理中，刚体的含义是既指绝对刚体，也指可变形体和挠性体。构件可能是单一的整体，也可能由于合理使用材料以及工艺上的原因，用几个零件组成刚性的结合体。因此，从制造的角度而言，零件是制造的单元。比如前例内燃机的连杆，就由于加工和装配的要求不能制成单一的整体，而由图 0-3 中所示的连杆构件是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 等几种零件联接而成。



随着生产的发展，人们把机器中的零件按其功能和结构特点再分为通用零件和专用零件两大类。前者是各种机器中经常用到的零件，如螺栓、齿轮、轴、弹簧、垫圈等。后者是仅在某些专门的行业中才用到的零件，如气缸、曲轴、汽轮机叶片、机床底座等。此外，在机器中还有一些通用元、部件和通用装置，如滚动轴承、联轴器、离合器等。这些划分，有助于机械设计和更好地组织生产，提高机械产品的质量。

§0-2 机械设计的程序和本课程的对象

从机械的试验、设计、试制、生产、安装、使用、维修、改造到报废或淘汰的全过程，称为机械的寿命周期。在寿命周期的每一阶段，都有机械设计的问题。因此，机械设计针对不同的阶段而有不同的内容，不存在固定不变的模式和程序。按照所涉及的内容的深广度来分，常可分为机械的总体设计、机械零件设计和机械工程设计等不同范围。

机械总体设计也就是成台产品的设计。提出原始的使用要求，即它的功能指标，是进行设计的依据。有时也事先规定了机械产品的成本指标。在下达设计任务书中，一般包括了机械产品的基本技术经济指标（生产率、能耗、重量、目标成本等）、实现基本功能的原理、设计承担者和预定的设计周期。设计者依此进行机器和机构的总体规划，运动学和动力学分析，从原理上论证设计任务书的可行性，并对某些技术经济指标作适当修改，然后绘出机械运动简图。这些内容常被称为初步设计。

对初步设计的结果进行初步评价，进入结构设计阶段。在功能系统图-结构系统图和机械运动简图的基础上，绘制机器总体和部分的装配图。装配图是按严格的比例绘制的。它反映出机器的具体形象、尺寸、精度、装配关系和技术条件，规定了零件的品种、数量、材料和标准，是进行设计方案的技术经济评比和试验试制的基础。以装配图为依据进行零件设

计, 绘制零件图, 编制技术文件。因此结构设计阶段是机械设计过程中最主要的阶段。

结构设计完成后的技术经济评比, 主要包括标准化审查、工艺审查、成本预测、利润预测、生产组织预测等。并在评比中继续完善设计方案。

机械产品的投产设计, 又往往称为定型设计。其内容包括完备的全套图纸(装配图、零件图、电路图、润滑系统图、安装地基图、备件图)和技术文件(设计任务书、设计计算书、试验鉴定报告、零件明细表、产品质量标准、产品检验规范、包装运输技术条件等)的最终审定和制订。

至此, 机械设计并未全部完成, 还要一方面注意用户反馈信息, 继续改进, 另一方面, 机械产品在使用维修期中, 还会有维修设计工作, 包括返修和技术改造等不同层次的修理设计。由此可见, 机械设计是一项内容繁多的持久的工程技术设计, 贯穿于整个寿命周期。图 0-4 表示了一般的设计程序和内容。

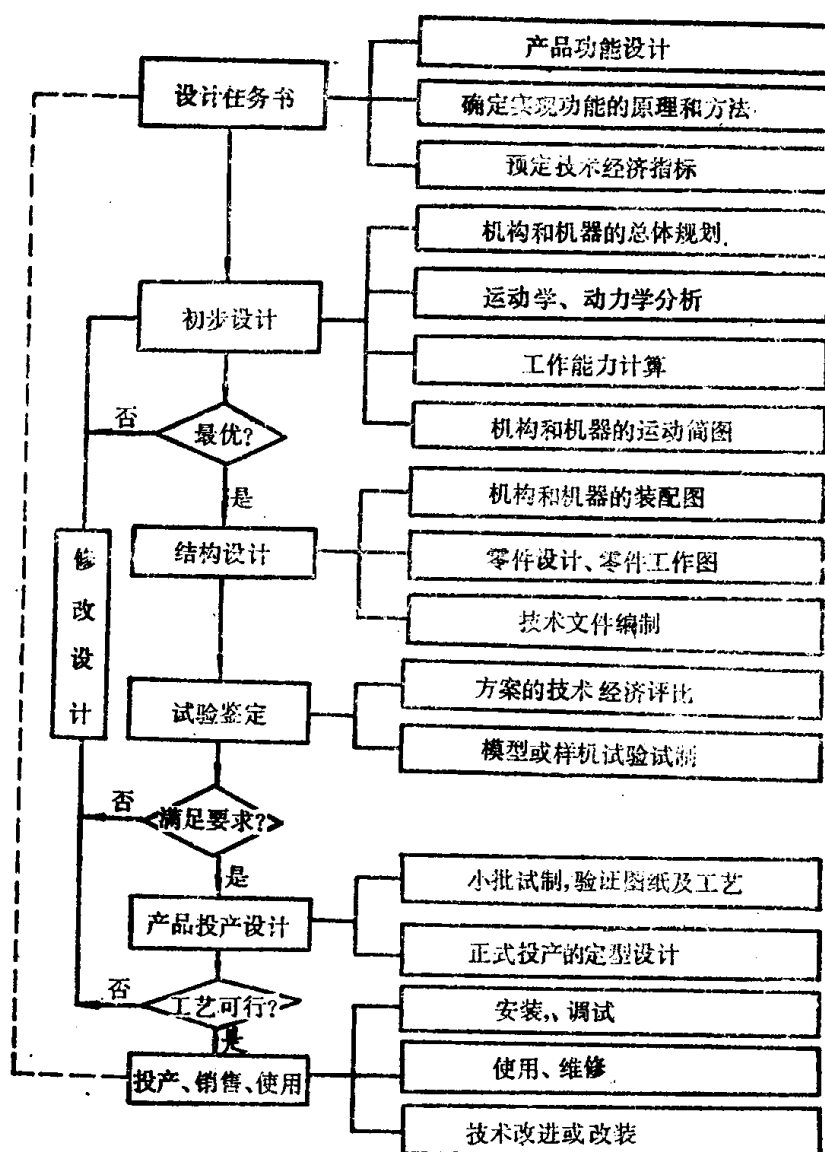


图 0-4

根据我国的教学传统习惯和课程设置, 机械设计基础是高等工科院校的一门技术基础课。它主要研究机械中常用机构的原理和通用零件的工作原理、结构特点、设计理论和计算方法。这门课程与理论力学、材料力学、金属材料学、金属工艺学、制图学和技术测量等有十分密切的关系。由上述机械设计的一般程序可知, 本门课程并不包括机械工程设计的全部

问题，在学习中必须联系实际，以期为进行机械设计以及为学习某些专业课程打下初步基础。

§0-3 机械设计中的强度问题

机器要实现安全可靠的运转，最起码的条件是组成它的各个零件在外载荷的作用下不致破坏。这里所指的破坏，包括断裂、过量的弹性变形、磨损、丧失稳定性、表面点蚀和机械性能降低等现象。这些现象都是由于外载荷引起的应力或应变超过了某个界限时发生的。所以强度问题是机械设计考虑的主要问题。

强度问题由三方面的因素组成：1)零件上载荷的大小和性质；2)零件自身的几何形状和尺寸；3)零件所使用的材料的机械性质。但在具体的机械设计中，还必须考虑零件的使用场合和重要性。

材料力学为解决强度问题奠定了理论基础。然而它是把载荷和研究对象作了很多简化和抽象之后进行研究的。当机械设计援引材料力学的方法时，应采取一些措施进行修正，才能使设计计算较符合实际。

1. 关于载荷的问题

在理想的平稳工作条件下，由计算简图上分析得出的载荷，称为名义载荷。根据名义载荷计算的应力，称为名义应力或公称应力。在机械设计中，考虑到载荷本身的不稳定性，如各种意外情况下发生的附加载荷和估值偏差等，一般引入载荷系数 K ，对名义载荷 P 予以修正，称为计算载荷 P_c 。

$$P_c = KP \quad (0-1)$$

K 称为工作状况系数，通常由大量的实践经验来取得 K 的数值范围，并由各种设计资料提供參考。

根据 P_c 求得的应力，称为计算应力，这是进行强度判定时的依据。

2. 强度判定式的选择

无论零件实际上发生哪种变形形式，在外载荷作用下其危险截面上的最大应力均不得超过材料的许用应力 $[\sigma]$ 或 $[\tau]$ ，这就是强度条件的基本模式：

$$\begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma] \\ \tau &\leq [\tau] \end{aligned} \quad (0-2)$$

$[\sigma]$ 或 $[\tau]$ 可根据极限正应力 σ_{lim} 或极限剪应力 τ_{lim} 的数值，通过设立安全系数 S 的途径求得：

$$\begin{aligned} [\sigma] &= \sigma_{lim}/S \\ [\tau] &= \tau_{lim}/S \end{aligned}$$

所以强度判定式的基本形式是

$$\begin{aligned} \sigma &\leq \sigma_{lim}/S \\ \tau &\leq \tau_{lim}/S \end{aligned} \quad (0-3)$$

对于在复合变形状态下工作的机械零件来说，根据相应的强度理论，用当量应力 σ_e 来判定。

依强度判定式可以设计零件的几何尺寸。在几何尺寸已知的情况下，它又可以进行强度校核。

3. 载荷性质与极限应力的关系

作用在机械零件上的载荷可分为静载荷和动载荷两类。它们产生的应力也可分为静应力和变应力。静应力的大小和方向不随时间变化，或者变化极缓慢，可以视为常量。相反，变应力的大小或方向，则因时间的变化而改变。图0-5表示应力的各种形式。

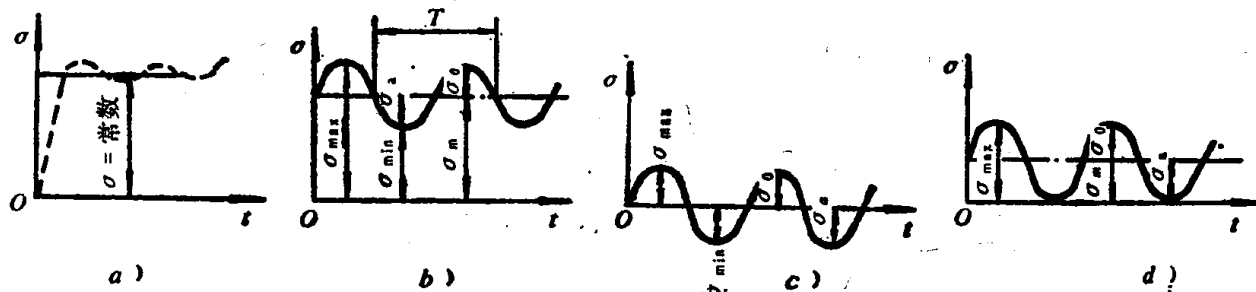


图 0-5

应力变化多具有周期性，此种应力称为循环应力。机械零件中的循环应力，一般是由于机械构件的回转或往复运动，产生具有一定循环周期的载荷波动所致。在图0-5中，设循环周期为 T 、平均应力为 σ_m 、应力幅为 σ_a 、最大应力为 σ_{max} 、最小应力为 σ_{min} ，循环特性为 γ ，则：

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\gamma = \sigma_{min} / \sigma_{max} \quad (0-4)$$

当 $\gamma=1$ 时(图a)为静应力；

$\gamma=-1$ 时(图c)为对称循环变应力；

$\gamma=0$ 时(图d)为脉动循环变应力。

循环特征 γ 的取值范围在 $-1 \sim 1$ 之间。在不同的应力性质状态下，零件失效的形式和程度都有不同的表现。

1) 静应力状态下的极限应力

对于塑性材料的零件，以不发生塑性变形为其失效的界限，故极限应力取其屈服极限

$$\sigma_{lim} = \sigma_s \quad (0-5)$$

对于脆性材料的零件，以不发生断裂为其失效的界限，故极限应力取其强度极限

$$\sigma_{lim} = \sigma_B \quad (0-6)$$

2) 变应力状态下的极限应力

在周期性载荷作用下的零件，其破坏形式是疲劳断裂。发生疲劳断裂时的应力称疲劳极限，这是一个远较 σ_s 或 σ_B 为小的应力。

图0-6为材料的疲劳曲线。它反映出：应力越大，试件可能经受的循环次数 N 越小；反之，应力越小，试件可能经受的循环次数 N 越大。当 N 超过某一数值 N_0 时，可认为试件将不会因为变应力发生断裂，此时的应力称为材料的持久极限， N_0 称为循环基数。一般用 σ_{-1} 表

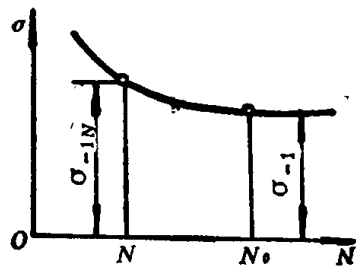


图 0-6

示对称循环状态下的弯曲持久极限。当 $N < N_0$ 时, 应力与循环次数 N 的关系可用如下方程表示:

$$\sigma_{-1N}^m N = \sigma_{-1N_0}^m N_0 = C \quad (0-7)$$

式中 σ_{-1N} ——对应于循环次数 N 的持久极限;

C ——常数;

m ——不同应力状态下的幂数, 弯曲变形时, $m = 9$ 。

由此可得

$$\sigma_{-1} = \sigma_{-1N} \sqrt[m]{N_0/N} \quad (0-8)$$

在机械设计中, 可将预期的使用寿命根据构件每分钟载荷发生变化的次数, 折算出 N , 并由上式计算出对应于 N 的持久极限 σ_{-1N} 。

显然, 变应力状态下的极限应力应取持久极限 σ_{-1N} 或 τ_{-1N} 。由于一般可将变应力的情况简化为对称循环或脉动循环(这样作当然不很精确, 但能满足常用的场合)。设 σ_{-1} 和 σ_0 分别为这两种循环的持久极限, 它们可从设计手册中查取。或者, 当只知道 σ_{-1} 时, 对于钢材, $\sigma_0 = 1.3\sigma_{-1}$; 对于铸铁, $\sigma_0 = 1.4\sigma_{-1}$ 。

变载荷情况下, 零件局部的应力集中、零件尺寸的大小所反映出的材料质量不均匀程度, 以及表面状态对产生微观裂纹的影响等因素, 都应分别设置修正系数来使计算结果进一步完善。设应力集中系数为 K_σ 、尺寸系数为 ε_σ 、表面状态系数为 β , 则

对称循环下的许用应力为

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_{-1}}{K_\sigma S} \quad (0-9)$$

脉动循环下的许用应力为

$$[\sigma_0] = \frac{\varepsilon_\sigma \beta \sigma_0}{K_\sigma S} \quad (0-10)$$

K_σ 、 ε_σ 及 β 的数值可从设计资料中查取。

4. 安全系数

安全系数 S 的取值大小, 对决定许用应力有很大影响, 因而直接关系到零件的尺寸和结构。安全系数又称为安全裕度, 设置安全系数的原因有三:

第一、由于机械零件所选用的材料性质表现出的离散性。工程材料常因不同生产厂家、不同出厂时间、不同批量等原因, 使同品种同规格的材料在机械性能方面发生波动。设计手册上提供的数值, 只是国家(或部)所规定的标准, 而实际情况将呈随机分布的形式。为了安全, 必须将极限应力予以降低。

第二、考虑载荷的不精确性。设计计算所用的力学模型与实际情况之间有差异, 如应力均匀分布的假设、零件变形后不影响载荷分布状况变化的假设等等, 都只是近似的, 必须进行修正。

第三、各种机械在使用过程中对安全性的要求不同, 如高温、高压、高速、重载、高密封性以及直接与人们生命安全相关的机械产品, 应有较大的安全裕度。

于是, 不同行业 and 企业的机械制造设计部门, 都可能为自己的设计提供不同的安全系数。当设计资料不完备时, 下列数据可供参考:

静应力情况——塑性材料, 取 $S = 1.2 \sim 1.5$; 塑性差的材料 ($\sigma_s/\sigma_B > 0.6$) 或铸件, 取 $S = 1.5 \sim 2.5$; 脆性材料, 取 $S = 3 \sim 4$ 。

变应力情况——一般取 $S=1.3\sim1.7$ ；材料不均匀、计算不精确时，取 $S=1.7\sim2.5$ 。
有时采用部分系数法来决定安全系数：

$$S = S_1 S_2 S_3 \quad (0-11)$$

式中 S_1 反映载荷计算的精确性； S_2 反映材料机械性能的均匀性； S_3 反映零件的重要性。它们都可从有关安全系数的资料中查得。

5. 接触强度的概念

在机器中应用很广的齿轮传动、凸轮机构、棘轮机构和滚动轴承等，工作时依靠点接触或线接触来传递载荷。由于弹性变形，实际上载荷作用于一个微小的接触区，并在接触的表层产生接触应力。它与以往所说的分布在整个体积内的应力不同，只在接触区引起变形和破坏。这种接触随着齿轮、凸轮、棘轮和滚动轴承的转动，发生周期性的循环，所以接触应力导致的破坏，多属于疲劳点蚀的类型。即在接触载荷的反复作用下，零件表面由于微细的裂纹扩展，造成若干麻点状的小坑，破坏了表面的光滑形状，降低了零件承载能力，影响机构运动的精确度，并引起噪音和振动，成为齿轮等零件失效的主要形式。

零件在接触应力状态下工作而不致破坏的能力，称为接触强度。设 σ_H 为最大接触应力， $[\sigma_H]$ 为许用接触应力，则接触强度的判定式为

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] \quad (0-12)$$

§0-4 机械制造中常用材料的选择

一、选择材料应注意的问题

正确选择材料，是进行结构设计，保证零件可靠地工作的关键问题。通常应注意三方面的具体要求：

1. 首先根据零件在工作中的使用要求，了解其在强度、刚度、磨损、振动、温度变化等各种性质上的具体需要，选取适当的材料。当零件的尺寸主要决定于强度条件时，选用高强度的材料（ σ_B 、 σ_s 较高），可以减少机械的尺寸和减轻重量。当刚度条件比较突出时，应选择弹性模量较大的材料。但对各种规格的钢来说，弹性模量差别甚小，因此不能指望用提高钢材品种规格的办法来增加刚度。

2. 应针对生产的工艺条件，使材料的选择与之适应。如在设计零件时必须了解铸造、锻造、冲压、焊接、热处理等生产设施及其技术水平。因为材料的选择与毛坯来源直接相关，并影响着工艺过程的各道工序。

3. 尽量选用价格低廉而又能满足使用要求的材料。为了更好地解决这个矛盾，设计时应充分注意通过某些手段去强化工作表面，而避免选择价昂的材料。如表面硬化、表面强化、表面喷涂技术的应用；零件用两种不同的金属作成装嵌结构，以节约贵重材料等。

此外，选择材料时还应注意简化管理工作，勿因品种、规格繁多造成不必要的麻烦和困难。

二、机械制造中常用的材料

1. 铸铁 铸铁的最大优点是具有良好的高温流动性和切削加工性。多数铸铁都具有防振性能好、工艺简便、价格低廉等特点。因此它是制造箱体、床身、基座、墙板等形状复