

责任编辑：皮卫东
封面设计：唐逸设计



机械设计制造类专业系列

机械基础
机械工程基础
机械设计基础
智能制造基础
数字化设计基础
机械制造技术基础
机械制图
机械制图与计算机绘图
机械系统设计
机械制造工艺
机械装配技术
公差配合与测量技术
模具设计与制造
机械设计实践及应用
数字化设计与制造技术及应用

中航出版传媒有限责任公司
CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.
www.aviationnow.com.cn



定价：59.80元

江西省“十四五”普通高等教育本科省级规划教材
江西省高校“课程思政”示范课程

机械设计基础

主编◎周泽华 封立耀 陈运胜

航空工业出版社



江西省“十四五”普通高等教育本科省级规划教材

江西省高校“课程思政”示范课程

机械设计基础

主编◎周泽华 封立耀 陈运胜

JIXIE SHEJI JICHU

航空工业出版社

内 容 提 要

本书从学生学习和认知规律出发,以引领学生快速掌握机械设计精要为导向,通过采用“精压机”这一工程实例为教学主线,逐步拆解机器,循序渐进讲解,为学生建立机械设计的整体感,引发学生兴趣。本书编者在总结多年教学经验的基础上,对“机械设计基础”的教学内容、教学方法进行了一定程度的教学改革,由“教”向“教、导结合”方向转型,实现了使用实例对知识进行串联,并以融入我国工业发展艰辛历程和先进工业成果的拓展内容对学生职业素养和知识进行引导补强。本书可供机械类、近机类相关专业作为教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 周泽华, 封立耀, 陈运胜主编. —
北京: 航空工业出版社, 2023.1
ISBN 978-7-5165-3257-7

I. ①机… II. ①周… ②封… ③陈… III. ①机械设
计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国国家版本馆CIP数据核字(2023)第006720号

机械设计基础 Jixie Sheji Jichu

航空工业出版社出版发行
(北京市朝阳区京顺路5号曙光大厦C座四层 100028)

发行部电话: 010-85672663 010-85672683

北京荣玉印刷有限公司印刷

2023年1月第1版

开本: 889毫米×1194毫米 1/16

印张: 18.5

全国各地新华书店经售

2023年1月第1次印刷

字数: 627千字

定价: 59.80元

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论/1

1.1 概述	1
1.1.1 机械发展简介	1
1.1.2 机械设计发展简介	4
1.1.3 机械工业在现代化建设中的作用	5
1.1.4 本课程的性质、目的及任务	5
1.1.5 本课程教学基本要求	5
1.1.6 学习本课程应注意的问题	6
1.2 机械的概念	6
1.2.1 机械、机器和机构	6
1.2.2 构件和零件	8
1.2.3 机械实例介绍	9
1.3 机械设计要求、设计过程及设计内容	14
1.3.1 机械设计基本要求	14
1.3.2 机械设计的过程与设计内容	15
1.4 许用应力和安全系数	17
1.4.1 载荷和应力	17
1.4.2 零件的许用应力和安全系数	18
1.5 机械零件的常用材料	19
1.5.1 常用材料简介	19
1.5.2 材料选择原则	22
思考与练习题	22

第 2 章 机构的结构分析/24

2.1 引言	24
2.2 机构的组成	24
2.2.1 运动副及其分类	24
2.2.2 运动链及机构	26
2.3 机构的运动简图	27
2.3.1 构件与运动副的表示方法	27
2.3.2 机构运动简图的绘制	28
2.4 平面机构的自由度	30
2.4.1 平面机构自由度及其计算公式	30
2.4.2 计算平面机构自由度的注意事项	32

2.5 实例分析	35
2.5.1 专用精压机主体单元机构示意图的 绘制	35
2.5.2 专用精压机主体单元机构自由度 分析计算	36
思考与练习题	36

第 3 章 机械动力与传动系统/40

3.1 机械的动力概述	40
3.2 电动机简介	41
3.2.1 常用电动机的类型及应用特点	41
3.2.2 直流电动机	42
3.2.3 三相异步电动机	42
3.2.4 三相异步电动机的选择	45
3.2.5 其他电动机简介	46
3.3 机械的传动系统	47
3.3.1 机械传动系统的作用与类型	47
3.3.2 机械传动的特性参数及设计内容	48
3.4 实例设计与分析	50
3.4.1 设计数据及设计内容	50
3.4.2 设计步骤、结果及说明	50
思考与练习题	52

第 4 章 带传动与链传动/53

4.1 带传动概述	53
4.1.1 带传动的特点及应用	53
4.1.2 带传动的组成、类型	54
4.1.3 普通 V 带和窄 V 带的型号及结构	55
4.1.4 V 带带轮	56
4.2 带传动的理论基础	58
4.2.1 带传动的力分析	58
4.2.2 带传动中的应力分析	59
4.2.3 带传动的运动分析	60
4.2.4 计算功率、许用功率及带的根数	61

4.2.5 V 带的带型的选取	64
4.3 带传动实例设计与分析	65
4.3.1 设计数据及设计内容	65
4.3.2 设计实例及说明	66
4.4 带传动的张紧	69
4.5 链传动概述	69
4.5.1 链传动的组成、特点及应用	69
4.5.2 滚子链的结构参数	70
4.5.3 套筒滚子链轮	71
4.6 链传动的理论基础	73
4.6.1 链传动的力分析	73
4.6.2 链传动的运动分析	74
4.6.3 失效形式与额定功率	75
4.7 链传动的使用和维护	77
4.7.1 链传动的布置	77
4.7.2 链传动的张紧	77
4.7.3 合理的润滑	78
4.8 链传动实例设计与分析	79
4.8.1 设计要求与设计内容	79
4.8.2 设计步骤、结果及说明	79
4.9 其他带传动、链传动简介	81
4.9.1 其他带传动简介	81
4.9.2 其他链传动及链条简介	82
思考与练习题	82

第5章 齿轮传动系统设计/86

5.1 引言	86
5.2 齿轮传动的类型及应用	87
5.3 齿轮传动的基本理论	87
5.3.1 齿廓啮合的基本定律	87
5.3.2 渐开线的形成及特性	88
5.3.3 渐开线齿廓的三大特性	88
5.4 渐开线标准齿轮的参数和几何尺寸	89
5.4.1 标准直齿圆柱齿轮各部分名称和符号	89
5.4.2 直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	90
5.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合	91
5.5.1 正确安装条件	91
5.5.2 正确啮合的条件	91
5.5.3 连续传动的条件	92
5.6 渐开线轮廓的切制方法及变位齿轮简介	93
5.6.1 渐开线齿廓的切制方法	93

5.6.2 根切现象、最少齿数	94
5.6.3 变位齿轮简介	95
5.7 斜齿圆柱齿轮传动	95
5.7.1 斜齿轮齿廓的形成	95
5.7.2 斜齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	96
5.7.3 斜齿轮的当量齿数	97
5.7.4 斜齿圆柱齿轮的啮合	98
5.8 直齿圆锥齿轮传动	98
5.8.1 齿廓的形成及当量齿数	98
5.8.2 基本参数和几何尺寸计算	99
5.8.3 直齿圆锥齿轮传动的啮合	100
5.9 蜗杆传动	101
5.9.1 蜗杆传动概述	101
5.9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	101
5.9.3 普通圆柱蜗杆传动的啮合	103
5.10 齿轮传动的设计计算	105
5.10.1 齿轮传动的受力分析	105
5.10.2 材料、热处理的选择	108
5.10.3 失效形式及设计准则	109
5.10.4 齿轮传动的精度	111
5.10.5 齿轮传动的设计计算步骤	112
5.10.6 强度计算的公式及说明	113
5.11 齿轮传动设计计算实例分析	117
5.11.1 精压机圆柱齿轮减速器中的齿轮传动设计	117
5.11.2 精压机圆锥齿轮传动设计	124
5.11.3 链板输送机中蜗杆传动的设计	126
5.12 齿轮的结构设计与润滑	127
5.12.1 齿轮的结构设计	127
5.12.2 蜗杆蜗轮的结构	128
5.12.3 齿轮传动的润滑	130
5.13 轮系	130
5.13.1 轮系的功用及类型	130
5.13.2 定轴轮系传动比的计算	131
5.13.3 周转轮系传动比的计算	133
5.13.4 复合轮系传动比的计算	135
思考与练习题	137

第6章 机械联接/143

6.1 引言	143
6.2 螺纹联接	144

6.2.1 机械中的常用螺纹	144
6.2.2 螺纹联接件及螺纹联接的类型	148
6.2.3 螺纹联接的预紧与防松	151
6.2.4 螺栓联接的结构设计	153
6.2.5 螺纹联接件的材料与许用应力	154
6.2.6 螺纹联接的强度计算	155
6.2.7 提高螺栓联接强度的措施	158
6.3 键联接、花键联接及销联接	160
6.3.1 键联接	160
6.3.2 花键联接	163
6.3.3 销联接	164
6.4 机械联接实例设计与分析	164
6.4.1 大带轮与减速器高速轴的键联接设计与计算	164
6.4.2 连杆盖与连杆体之间的螺纹联接	165
思考与练习题	165

第7章 轴系零部件/169

7.1 引言	169
7.2 轴的设计与校核	170
7.2.1 概述	170
7.2.2 轴的结构设计	171
7.2.3 轴的强度校核计算	174
7.3 轴承类型与选择	175
7.3.1 概述	175
7.3.2 滚动轴承的结构组成与类型	175
7.3.3 滚动轴承的代号及选用	177
7.3.4 滑动轴承的摩擦状态、类型与结构	180
7.3.5 轴承的润滑	184
7.4 滚动轴承的校核计算	186
7.4.1 滚动轴承失效形式和设计准则	186
7.4.2 滚动轴承疲劳寿命的校核计算	187
7.5 滚动轴承装置设计	190
7.5.1 轴承的轴向定位	190
7.5.2 轴承的支承结构型式	191
7.5.3 轴承的调整	193
7.5.4 轴承的配合与装拆	194
7.5.5 滚动轴承的密封	194
7.6 滑动轴承校核计算	195
7.6.1 滑动轴承的失效形式及材料	195
7.6.2 不完全液体润滑滑动轴承的计算	197
7.7 轴间联接	199

7.7.1 概述	199
7.7.2 常用联轴器	199
7.7.3 常用离合器	202
7.8 实例设计与分析	203
7.8.1 精压机圆柱齿轮减速器中高速轴的设计	204
7.8.2 高速轴上的滚动轴承校核计算	208
7.8.3 曲轴连杆处滑动轴承校核计算	209
思考与练习题	210

第8章 连杆机构的分析与设计/213

8.1 平面四杆机构的形式及应用	213
8.1.1 铰链四杆机构	213
8.1.2 平面四杆机构的演化	215
8.2 平面四杆机构的运动和动力传递特性	218
8.2.1 四杆机构存在曲柄的条件	218
8.2.2 急回运动特性	219
8.2.3 压力角与传动角	220
8.2.4 死点位置	221
8.3 平面四杆机构的运动设计	222
8.3.1 连杆机构设计的基本问题	222
8.3.2 平面四杆机构的运动设计	222
8.4 实例设计与分析	226
8.4.1 原始数据和设计要求	226
8.4.2 设计内容	226
8.4.3 设计方法与步骤 (图 8-31)	226
思考与练习题	226

第9章 凸轮机构的分析与设计/229

9.1 概述	229
9.1.1 凸轮机构组成、特点及应用	229
9.1.2 凸轮机构的分类	230
9.1.3 凸轮机构的基本参数和运动参数	231
9.1.4 凸轮机构设计的基本问题	231
9.2 推杆的常用运动规律	232
9.2.1 等速运动规律	232
9.2.2 等加速等减速运动规律	233
9.2.3 余弦加速度 (简谐) 运动规律	233
9.2.4 正弦加速度 (摆线) 运动规律	233
9.2.5 五次多项式运动规律	233
9.3 凸轮轮廓曲线的设计	233
9.3.1 凸轮轮廓设计的基本原理	233

9.3.2 直动推杆盘形凸轮机构的设计	234
9.4 凸轮机构的基本结构参数及其结构设计	236
9.4.1 凸轮机构的压力角	236
9.4.2 凸轮基圆半径与偏距	236
9.4.3 滚子推杆的滚子半径的确定	237
9.5 实例设计与分析	237
9.5.1 设计要求	237
9.5.2 设计过程	238
思考与练习题	239

第10章 其他常用机构/241

10.1 间歇运动机构	241
10.1.1 棘轮机构	241
10.1.2 槽轮机构	245
10.1.3 不完全齿轮机构	246
10.1.4 凸轮间歇运动机构	247
10.2 螺旋机构	248
10.3 机构变异、创新与组合简介	249
10.3.1 机构的变异	249
10.3.2 机构的组合	250
10.3.3 采用其他物理效应	252
思考与练习题	253

第11章 机械的平衡与调速/254

11.1 引言	254
---------------	-----

11.2 转子平衡	254
11.2.1 转子平衡的分类及其方法	255
11.2.2 刚性转子的静平衡	255
11.2.3 刚性转子的动平衡	256
11.2.4 刚性转子的平衡试验	260
11.2.5 转子的平衡精度	261
11.3 机械系统速度波动及调节	261
11.3.1 机械运转过程中的三个阶段	261
11.3.2 速度波动及其调节	263
11.3.3 飞轮设计	265
思考与练习题	268

第12章 计算机辅助设计与分析简介/271

12.1 引言	271
12.2 SolidWorks 软件简介	272
12.2.1 SolidWorks 的特点	272
12.2.2 SolidWorks 的用户界面	273
12.2.3 SolidWorks 的分析插件	276
12.3 机械三维 CAD 应用实例	278
思考与练习题	284
参考文献	285

第 1 章

绪论

本章简要介绍了机械及机械设计的历程，机械设计的基本要求、设计过程及设计内容，本课程的性质、任务与教学要求，机械零件的常用材料和许用应力。本章重点阐述了机械的概念及本书的实例——专用精压机机组。设置思政项目查询讨论北宋水运天文仪象台及北宋兴衰，查询讨论世界上第一条地铁及同时代第二次鸦片战争胜负悬念，马克思主义的发展与中国化过程，中国钢铁行业的发展和钢铁生产要素。

1.1 概述

1.1.1 机械发展简介

人类有几万年使用机械的历史。

推动人类历史进程的几次大变革都源于机械，如发生在大约 15000 年前的大变革，人类开始在农耕和畜牧中大量使用简单机械——杠杆、车轮、滑轮、斜面、螺旋等，提高了生产率，促进了人类社会的快速发展。

中华民族在过去的几千年中，在机械工程领域中的发明创造有着极其辉煌的成就。不但发明的数量多，质量也高，发明的时间也早。公元 14 世纪之前，中国的机械发展位于世界之首。

我国三千年前就出现了简单的纺织机。远在 2400 多年前的东周时代，我国已经有了铜铸的齿轮。春秋战国时期使用的控制射击的铜弩机已经是比较灵巧的机械装置（见图 1-1）。记里鼓车发明于西汉初年，外形为一辆车子，车上设两个木人及一鼓一钟，木人一个司击鼓，一个司敲钟。它利用车轮在地面上转动时带动齿轮转动，变换为凸轮杠杆作用，车行一里时，击鼓木人便击鼓一次；车行十里时，敲钟木人便敲钟一次。坐在车上的人只要听到钟鼓声，就可知道车已行了多少路程。这种机械装置的科学原理与现代汽车上的里程表基本相同（见图 1-2）。

东汉时发明的水力鼓风机中应用了齿轮和连杆机构，对古代冶铁业的发展起了重要作用（见图 1-3）。晋代时发明了用一头牛驱动八台磨盘的“连磨”，其中应用了齿轮系（见图 1-4）。

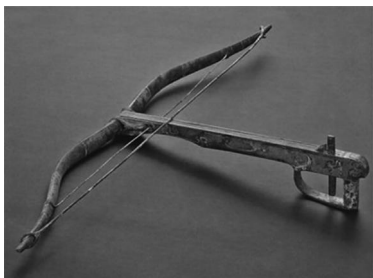


图 1-1 春秋战国时期的铜弩机

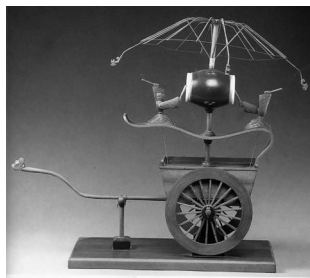


图 1-2 记里鼓车

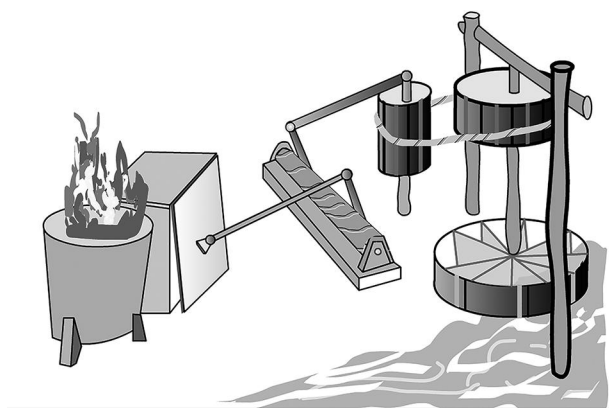


图 1-3 东汉的水力鼓风机

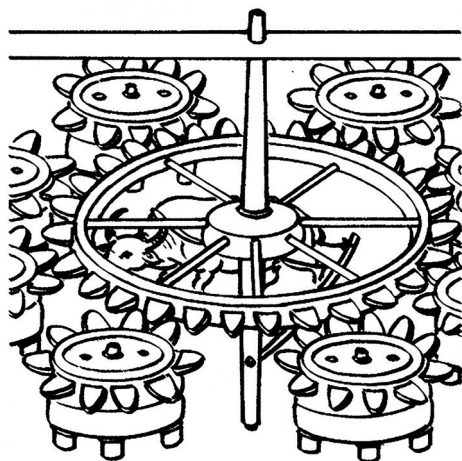


图 1-4 晋代的连磨

隋唐时期是中国封建社会的盛世，以高度发达的封建文明而著称于世。唐代的机械制造已有较高水平，如西安出土的唐代银盒，其内孔与外圆的不同心度很小，说明当时机械加工精度已达到新的水平。

宋元时期达到古代科学技术发展的高峰。在这一科技发展高峰中，天文学的地位是很显著的。北宋制造的水运仪象台（见图 1-5），用以观测天象和自动报时，能用多种形式表现天体时空的运行。水运仪象台中的计时部分，已经采用了相当复杂的齿轮系统。特别是水运仪象台中报时装置里的擒纵器，是我国古代的一大发明。水运仪象台代表了当时机械制造的极高水平，是当时世界上先进的天文钟。元代天文仪器中应用的滚柱轴承，也属当时世界上先进的机械装置。

明初的造船业已有很大发展。郑和下西洋的船队是当时世界上最大的船队。明代已有靠活塞推动的活塞风箱和空气压力自动启闭活门，成为金属冶铸的有效的鼓风设备。

公元 14 世纪之前，中国的机械发展位于世界之首。



水运仪象台

拓展阅读

北宋水运仪象台是中国古代科技史上的一项非凡创举，是中国古代的卓越创造（可观看央视视频《水运仪象台：创造科技的力量之通天神器》节目中的详细介绍）。宋室南迁后，曾多次想要再造仪象台，均未获成功。从这方面也可以看出水运仪象台影响之深远，构造之精妙。其中的擒纵器是钟表的关键部件，英国科学家李约瑟等人认为水运仪象台“可能是欧洲中世纪天文钟的直接祖先”。

如此领先于时代的产品，却在其落成约四十年后，被敌国掳走，这说明在外有强敌的环境下，首先必须发展军事和生产并应用于拱卫国土、巩固国防，之后才是发展文化和经济。北宋经济发达、军事不振，同时文化奢靡享受，最终导致国家衰亡。苏联在成立初期还很孱弱，但在帝国主义强邻环伺的险恶环境中生存下来并统一意志全力发展重工业，从一个农业国迅速变成工业国，强大的工业实力，是苏联在二战中取得卫国战争胜利并最终消灭德日法西斯的重要保证。当今世界埃及、也门、新加坡、巴拿马这些同样处于位于黄金水道上的国家却贫富不一、贫多富少，这均说明了没有国防保卫的大量财富只能是被域外强国予取予求，其已有的财富真不知能保持几许几久。中国在共产党领导下通过新中国成立 70 多年以来的奋斗，现在已经成为世界上唯一拥有全部工业门类的国家。有强大的工业和国防保障，中国创造的财富再也不会遭受北宋水运仪象台的命运，无人敢来侵犯。

公元前 600 年—公元 400 年之间，古希腊诞生了一些著名的哲学家和科学家，他们为古代机械的发展作出了杰出的贡献，希罗夫说明了杠杆、滑轮等简单机械的负重理论；阿基米德用螺旋将水提升至高处，也就是今天的螺旋式输送机的始祖。公元 400 年—公元 1000 年之间，由于古希腊和古罗马古典文化的消沉，欧洲的机械技术基本处于停顿状态。直到公元 1000 年以后，英、法等国相继开办大学。发展自然科学和人文科

学，培养专门人才，同时吸取中国、波斯等国的先进技术，机械技术发展很快，13 世纪在欧洲出现了用脚踏板驱动的加工木棒的车床和利用曲轴的研磨机，如图 1-6 所示。



图 1-5 水运仪象台

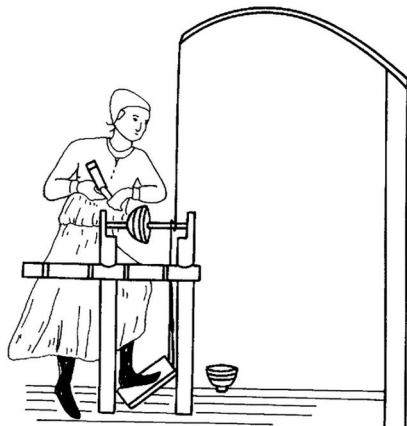


图 1-6 脚踏板驱动的加工木棒的车床

直到公元 1400 年以后，西方世界机械文明崛起，机械工程领域的发明创造才逐步超过中国。从中世纪沉睡中醒来的欧洲，16 世纪进入文艺复兴时代后，机械工程领域中的发明创造如雨后春笋，机械制造业空前发展。文艺复兴时代的代表人物意大利著名画家达芬·奇设计了变速器、纺织机、泵、车床、自动锯、螺纹加工机等大量机械，并绘制了印刷机、钟表、压缩机、起重机、卷扬机等大量机械草图。

在 1750 年到 1850 年之间，蒸汽机的发明推动了第一次工业革命，奠定了现代工业的基础。

18 世纪英国人瓦特发明了蒸汽机后，揭开了工业革命的序幕。蒸汽机给人类带来强大的动力，一场大规模的工业革命在欧洲发生，机械代替了大量的手工，生产迅速发展。

18 世纪欧拉首次提出用渐开线作为齿轮的齿廓，使高速度、大功率的机械传动成为可能。

1797 年，完全由金属制成的机床在英国问世，它是现代机床的雏形。

1804 年，英国人特莱维茨克发明并制造出第一台蒸汽机车，并由英国人斯蒂芬森在 1829 年最后完善成功。1830 年法国修筑了从圣太田到里昂的铁路，1835 年，德国修筑了从纽伦堡到菲尔特的铁路，1863 年英国建成世界上第一条地铁。铁路时代促进了西方机械文明的发展。

拓展阅读

马克思写作《资本论》的时间约在 1843—1883 年，同时期中国正在经历两次鸦片战争，而欧洲国家工业革命正在扩展，资本主义迅速发展，进入大工业生产阶段，欧洲工人阶级被剥削压迫极重，这样的时代背景孕育和催生了马克思主义。1847 年底，共产主义者同盟召开第二次代表大会，马克思和恩格斯起草并公开发表的纲领《共产党宣言》诞生。1848—1849 年欧洲法、德、奥、意等各国陆续发生革命。之后的 1849 年 8 月，马克思流亡伦敦，在那里总结经验，进一步系统的深入研究资本主义经济、创建了政治经济学新体系，形成了全世界无产阶级和全人类彻底解放的学说——马克思主义。之后马克思主义在俄国实践成功，发展形成了“帝国主义和无产阶级革命时代的马克思主义”——列宁主义。俄国革命成功之后，马克思主义又在中国取得胜利，并在与中国实际相结合的过程中取得了三次历史性飞跃。马克思主义为中国革命、建设、改革提供了强大思想武器，使中国这个古老的东方大国创造了人类历史上前所未有的发展奇迹。马克思主义不仅深刻改变了世界，也深刻改变了中国。请查询讨论马克思主义的诞生、发展与中国化过程。

1838年由巴尼特制出第一台装有点火装置的内燃机。

1873年，维也纳举行了世界博览会，在实验发电机时，由于操作失误，外部电流流向了发电机，发电机却突然转动起来，这一偶然的发现，触动了科学家的灵感，不久实用的电动机诞生了。

内燃机及电动机的发明解决了许多机器的动力源问题，机械的发展进入一个新阶段。

1879年，德国人西门子研制成功第一台电气机车。四年后，英国开设了世界上第一条电气铁路。

相对19世纪而言，20世纪的机械种类急剧增加，几乎覆盖人类工作和生活的各个领域。出现了许多提高人类生存质量的机械，如民用生活机械、康复理疗机械、体育锻炼和训练机械等。

20世纪初叶以美国福特汽车的普及为标志，机械制造进入了大批量生产模式的时代。1926年，美国福特汽车公司为汽车底盘建立了第一条自动生产线以后，自动化生产线开始引起企业家的重视。在兵器、缝纫机、钟表、汽车等领域也开始采用自动化生产。

20世纪40年代以后，自动化技术开始进入机械工程领域。美国在1952年，成功研制出数控机床，在1958年，成功研制出加工中心。

20世纪后半叶计算机的普及是机械发展史上的大事，随着计算机和伺服电动机的发展，机器人作为现代机械的代表走上了历史舞台，机械的发展进入了信息化和智能化时代。

1.1.2 机械设计发展简介

机械设计的历史可以追溯到人类开始制造和使用工具的初期。那时的机械设计仅仅是直觉设计和经验设计。随着机械的发展，机械理论和机械设计方法应运而生。

机器要运动、要传递力和力矩，因此，最先发展起来的是机构的运动分析方法、机器的静力分析方法和机械零件的强度设计方法，牛顿建立的经典力学则是其理论基础。

从19世纪初叶开始，就有机器与机构基本理论方面的书籍出版。德国学者卢劳1875年出版的《理论运动学》被认为是机构学形成一门学科的奠基性著作。

随着机器运转速度的不断提高，机器的振动、速度波动等问题引起了人们的重视，于是，机械动力学发展起来。首先是力学中的达明伯原理被引用到机械的力分析中来，同时，一些高速旋转的轴和轴系的振动成为振动学科研究的课题。

经过许多学者的不断努力，到20世纪前半叶，已经形成了比较系统的机器与机构的分析、设计方法，但 these 方法都基于图解和手工计算，属于半经验、半理论的设计模式。

到20世纪70年代，随着计算机科学与技术的迅猛发展，建立了用解析法进行机构分析与设计的代数学派，计算机代替了手工计算法和图解法，利用计算机来完成分析、计算和绘图作业的计算机辅助设计得到广泛应用。同时，优化设计、可靠性设计、虚拟设计、智能设计、创新设计、摩擦学设计、面向制造的设计、并行设计、绿色产品设计等现代机械设计理念大量出现，整个机械设计的理论和方法焕然一新，现代机械设计理论和方法极大地提高机械产品的性能。

现代的机械设计的设计范畴正在扩大，传统的设计只限于产品设计，而现代设计则将产品设计向前扩展到产品规划，甚至用户需求分析；向后扩展到工艺设计，使产品规划、产品设计、工艺设计形成一个有机的整体。现代的机械设计的设计手段已经计算机化，传统的手工设计正在被计算机辅助设计所代替。计算机在设计中的应用已从早期的辅助分析计算和辅助绘图，发展到现在的优化设计、并行设计、三维建模、设计过程管理、设计制造一体化、仿真和虚拟制造等。计算机应用，特别是网络和数据库技术在设计中的应用，加速了设计进程，提高了设计质量，便于进行设计进程管理，方便了与其他部门及协作企业的信息交换。计算机绝不仅是简单地提高了计算速度，而是已成为机械分析与设计的前所未有的强大手段。现代意义上的机械设计已经根本离不开计算机了。

所以，我们在学习本课程的同时，密切关注有关领域的发展动向和最新成果，才可能适应科学技术的飞速发展和激烈的国际市场竞争。

1.1.3 机械工业在现代化建设中的作用

机械工业是国民经济的基础，是每个国家工业体系的核心产业。任何机械都是由机器制造出来的，先进的机械制造设备可以制造出满足各种不同要求的机器，如各种动力机械、农业机械、冶金矿山机械、化工机械、交通运输机械、纺织机械、食品机械、印刷机械、水力机械及各种兵器等。机械工业的发展能带动其他领域工业的发展。因此，没有机械工业就不可能发展国民经济，更没有强大的工业体系。

机械工业是现代化建设的重要基石。20 世纪兴起的核技术、空间技术、信息技术、生物学技术等高新技术无一不是通过机械工业的发展而产生的。其直接结果是促使诸如集成电路、电子计算机、移动通信设备、国际互联网、智能机器人、科学仪器、生物反应器、医疗仪器、核电站、飞机、人造卫星、航天飞机等产品相继问世，并由此形成了高新技术产业，使人类社会的生产方式、生产方式、企业与社会的管理模式乃至人们的思维方式都产生了深刻变化。机械工业的整体能力和水平将决定一个国家的经济实力、国防实力、综合国力和在全球经济中的竞争与合作能力，决定着一个国家现代化的进程。没有强大的机械工业，现代化将难以实现。

随着机械工业的发展，人民生活质量大幅度提高。现在许多人住上水、电、气齐全的高楼大厦，用上微波炉、电磁炉、冰箱、电视、音响、电话、手机、电脑等现代化设备，许多家庭由自行车代步发展到家用轿车，这一切都离不开机械工业。人民生活环境、学习环境、工作条件的改善又能激发工作热情和创造力，为社会主义现代化建设提供了强有力的人力资源。

1.1.4 本课程的性质、目的及任务

1. 本课程的性质

机械设计基础是一门培养学生掌握机械设计基本知识的重要专业基础课。

2. 本课程的目的

机械设计基础研究的是各类机械的共同特性和基础知识，目的是培养学生具备初步的机械设计能力和机械工程应用能力。

通过本课程的学习，既可以为后续专业课的学习打下基础，又可以直接用于工程实际。

3. 本课程的任务

- (1) 了解机械设计的一般过程和内容，掌握机械设计的一般规律和基本方法，树立正确的设计思想。
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用和设计计算的基本知识，具备设计简单机械的能力。
- (3) 掌握机构的结构原理、运动特性和机械动力学的基本知识，初步具备确定机械运动方案、分析和设计基本机构的能力。
- (4) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料进行工程设计的能力。
- (5) 掌握典型机械零件的实验方法，获得实验技能的基本训练。
- (6) 对机械设计的新发展和现代机电产品设计方法有所了解。

1.1.5 本课程教学基本要求

1. 要求掌握的基本知识

机械设计的一般知识、常用机构、机械零件的主要类型、性能、结构特点、应用、材料、标准等。

2. 要求掌握的基本理论和方法

- (1) 机械零件的工作原理，简化的物理模型和数学模型，受力分析，应力分析，失效分析等。
- (2) 机械零件工作能力计算准则和机械零件设计计算方法。
- (3) 机械零部件结构设计的方法和准则。

3. 要求掌握的基本技能

- (1) 常用机构和零部件的设计计算能力。
- (2) 零件结构设计能力。
- (3) 设计构想、运动简图、工程图纸三者之间相互转化的能力。
- (4) 实验技能和编制技术文件技能。

1.1.6 学习本课程应注意的问题

1. 强化搞清基本概念

本课程的特点之一就是名词概念多，牢记、理解这些基本概念对课程的学习有着非常重要的作用，有时就是直接利用基本概念来分析、解决问题。因此，对所涉及的基本概念不能死记硬背，必须重点搞清其含义和指导意义。

2. 牢牢掌握基本研究方法

课程中有针对不同问题的各种基本设计、研究方法，应注意各种方法的应用条件和范围，以求正确而灵活地运用它解决工程实际问题。

3. 逐步树立工程观点

机械设计基础的研究对象和内容就是工程实际上常用的机械及其相关知识，因此学习过程中应把基本原理和方法与研究实际机构和机器密切联系起来。善于用所学的知识观察和分析日常生产、生活中所遇到的各种机构和机器。解决工程实际问题时，有些需要严格的理论分析，有些则采用实验、试凑、近似等简化方法，其所得结果往往不是唯一的，有时也不要求十分精确。因此，树立工程观点，培养综合分析、判断、决策能力和严肃认真的科学态度是十分重要的。

1.2 机械的概念

1.2.1 机械、机器和机构

1. 机械

机械是伴随人类社会的不断进步而逐渐发展完善的。从早期人类使用杠杆、人力脚踏水车等简单机械，发展为借助水力、风力驱动的水碾和风车等较为复杂的机械，再到以内燃机、电动机等为动力源，集自动控制技术、信息技术于一体的现代机械，机械促进了人类社会的繁荣和进步，机械已经成为现代社会生产和服务的五大要素（人、资金、能量、材料、机械）之一。

不同的历史时期，人们对机械的定义也有所不同。

所谓机械，原始含义是指灵巧的器械。从广义角度讲，凡是能完成一定机械运动（如转动、往复运动等）的装置都是机械。如螺丝刀、钳子、剪子等简单工具是机械，汽车、坦克、机床等高级复杂的装备也是机械。但在现代社会中，人们把最简单的、没有动力源的机械称为工具或器械，如钳子、剪子、手推车等；而把复杂的、具体的机械称为机器。汽车、飞机、轮船、车床、起重机、织布机、印刷机、包装机等大量具有不同外形、不同用途的设备都是具体的机器，而泛指这些设备时则常常用“机械”来统称。

2. 机器

在日常生活和生产过程中，人们广泛使用了各种机器。经常见到的汽车、飞机、轮船、洗衣机、打印机等都是机器。机器是执行机械运动并能变换或传递能量、物料与信息的装置。

电视机不是机器，因为它发挥主要功能时不靠机械运动工作；喷墨打印机是机器，因为打印是通过机械装置的运动来实现的。

虽然机器的种类很多，发挥的作用和具体构造也各不相同，但所有这些机器都具有三个共同的特征：①机

器是人为的实物组合；②机器具有确定的机械运动；③机器能减轻和代替人的体力和脑力劳动。

从大的方面看，一部完整的机器主要有四个部分组成：

①动力部分，机械的动力来源，其作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并作功，如电动机、内燃机。

②执行部分，直接完成机械预定功能的部分。如机床主轴和刀架、起重机吊钩等。

③传动部分，将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节。它可以改变运动速度、转换运动形式，以满足工作部分的各种要求，如减速器将高速转动变为低速转动，螺旋机构将旋转运动转换成直线运动等。

④控制系统，是用来控制机械的其他部分，使操作者能随时实现或停止各项功能。

机械的组成不是一成不变的，有些简单机械不一定完整具有上述四个部分，有的甚至只有动力部分和执行部分，如水泵、砂轮机等，而对于较复杂的机械，除具有上述四个部分，还有润滑、照明和显示装置等，如图 1-7 所示。

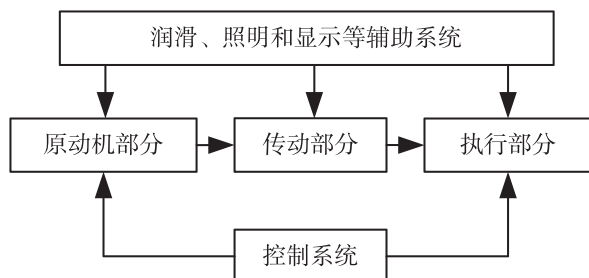


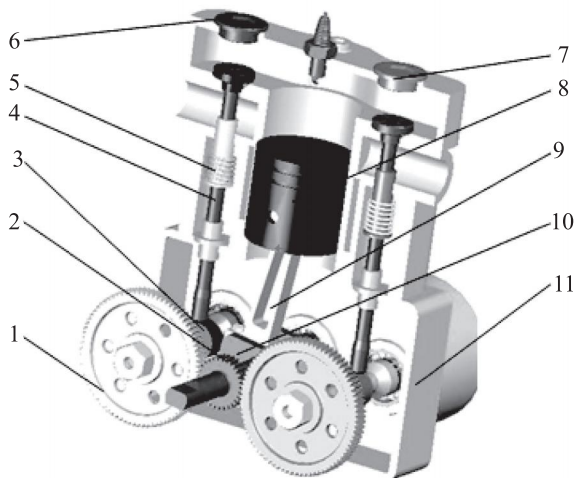
图 1-7 机器的组成

为便于研究机器的一些共性，如工作原理、运动特性等，通常也将机器视为是由若干机构组合而成的。

3. 机构

如图 1-8 所示的单缸四冲程内燃机，它由齿轮 1 和 2、凸轮 3、推杆 4、弹簧 5、排气阀 6、进气阀 7、活塞 8、连杆 9 组成。当燃气推动活塞 8 作直线往复运动时，通过连杆使曲轴 10 作连续转动，从而将燃气的热能转换成曲轴的机械能。为了保证曲轴的连续转动，通过齿轮、凸轮、推杆和弹簧等的作用，按一定的运动规律启闭阀门，以输入燃气和排出废气。凸轮 3 和推杆 4 是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。

通过对内燃机的分析，可以发现它主要由三种机构组成：①由机架、曲轴、连杆和活塞组成的连杆机构，它将活塞的往复运动转化为曲轴的连续运动；②由机架、凸轮和推杆构成的凸轮机构，它将凸轮的连续转动转变为推杆的往复运动；③机架、齿轮构成的齿轮机构，其作用是改变转速的大小和方向，如图 1-9 所示。



1、2—齿轮；3—凸轮；4—推杆；5—弹簧；6—排气阀；7—进气阀；8—活塞；9—连杆；10—曲轴；11—气缸体（机架）。

图 1-8 单缸四冲程内燃机



图 1-9 单缸四冲程内燃机中的机构

机构也有许多不同种类，其用途也各有不同，但它们都有与机器前两个特征相同的特征，即机构是人为实物的组合体，具有确定的机械运动，它可以用来传递和转换运动。

一部机器是由一个或几个机构组成的。简单机器，可能只含有一个机构，但一般的机器都含有多个机构，如连杆机构、凸轮机构和齿轮机构再加上火花塞和燃气系统，才构成了内燃机。作为机器，内燃机具有转换机械能的功能，而其中的各个机构只起到转换运动的作用。机器中的单个机构不具有转换能量或做有用功的功能。

机器与机构的根本区别在于，机构的主要职能是用来传递运动或变换运动形式。而机器的主要职能除传递运动外，还能转换机械能或完成有用的机械功。所以，若单纯从结构和运动的观点看，机器和机构并无区别，因此，通常把机器和机构统称为机械。

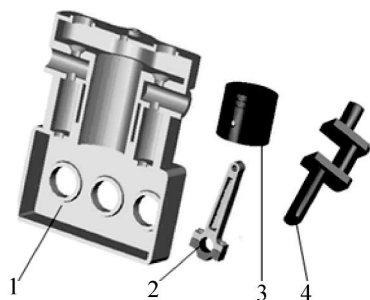
1.2.2 构件和零件

1. 构件

构件是机械系统中的运动单元，它组成机构的各个相对运动部分。构件可以是单个零件，也可以是若干零件通过刚性联接所组成的整体。如图 1-10 所示为内燃机中的连杆机构，它是由机架、曲轴、连杆和活塞几个构件组成，其中，曲轴 4 是单个零件，连杆 2 是由多个零件组成的刚性结构。

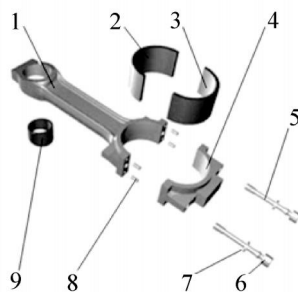
2. 零件

零件是机械系统中的制造单元。如图 1-11 所示为内燃机连杆机构中的构件连杆，该构件由连杆体 1、连杆盖 4、轴瓦 2 和 3、螺栓 5 等零件组成，它们作为一个整体运动，构成一个构件，但在加工时则分为多个不同的零件。



1—机架；2—连杆；3—活塞；4—曲轴。

图 1-10 内燃机中的连杆机构



1—连杆体；2、3—轴瓦；4—连杆盖；5—螺栓；6—螺母；7—垫片；8—定位销；9—轴套。

图 1-11 内燃机连杆机构中的构件连杆

在各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如螺钉、轴、轴承、齿轮、弹簧等。

只在某一类机器中使用的零件称为专用零件，如内燃机中的活塞、曲轴等。

这些自由分散的零件，按照一定的方式和规则组合到一部机器中，成为机器上不可或缺的一部分，发挥着各自的作用。特别是一些关键零件，决定着整个机器的性能。

另外，在工程中，常常把多个零件装配成便于安装、测量、运输的组合件，称为部件。这样，一部机器也可以说是由多个部件和零件组合而成的。

1.2.3 机械实例介绍

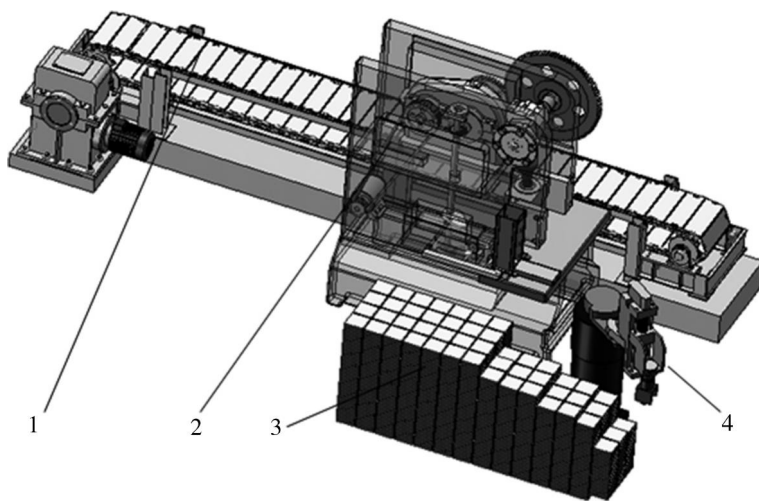
为了帮助大家在学习之初对机械及其设计有一个总体了解，下面介绍一个典型机器——专用精压机机组，本课程的教学也将围绕这个实例展开。

1. 实例总体介绍

本实例介绍的专用精压机机组用于薄壁铝合金制件的精压深冲生产，它的功能是将薄壁铝板冲压成为深筒形。薄壁铝板是坯料，深筒形铝筒则是成品。

薄壁铝板捆扎成一定高度，由其他车间运至精压机机组一侧，等待冲压。

精压机机组由三个机械单元组成：其一为上料机器人；其二为精压机，是机组的主单元；其三为链式输送机，精压机机组总体布置图如图 1-12 所示。



1—链式输送机；2—精压机；3—坯料；4—上料机器人。

图 1-12 精压机机组总体布置图

(1) 专用精压机机组的设计要求与原始数据。

① 冲压执行构件具有快速接近工件、等速下行拉伸和快速返回的运动特性。

② 精压成形制品生产率约每分钟 50 件。

③ 上模移动总行程为 280mm，其拉伸行程置于总行程的中部，约 100mm。

④ 行程速比系数（上模回收行程平均速度与上模下冲平均速度之比） $K \geq 1.3$ 。

⑤ 冲头压力为 60kN。

⑥ 送料机构送料推板的推力为 30N，推送距离为 150mm，推送时间 0.5s；顶料机构的顶杆的推力为 10N，顶送距离 80mm，顶料时间为 0.3s，以上推力均已考虑了自重问题。

⑦ 机器运转不均匀系数 $[\delta]$ 为 0.05。

⑧ 板链式输送机运行速度为 0.32 米/秒，每平方米输送物品最大质量为 20 公斤。

(2) 精压机机组的工艺动作。

①先由上料机器人将一扎薄铝板坯料放到精压机工作平台的料槽中。

②由精压机的送料机构将料槽中的薄铝板坯料推向工作平台的下模待冲压位置。

③精压机送料机构回缩以后，其冲压机构的上模（冲头）开始冲压薄铝板，使之成形。

④冲压成形后，由精压机的顶料机构将成品顶出模腔。

⑤精压机送料机构又开始推送薄铝板坯料，坯料同时将已冲压好的成品推向精压机工作平台的斜槽，再由斜槽滑向链式输送机。

⑥链式输送机再将成品运至指定地点。

(3) 精压机机组运动传递路线。

精压机机组运动传递路线如图 1-13 所示。

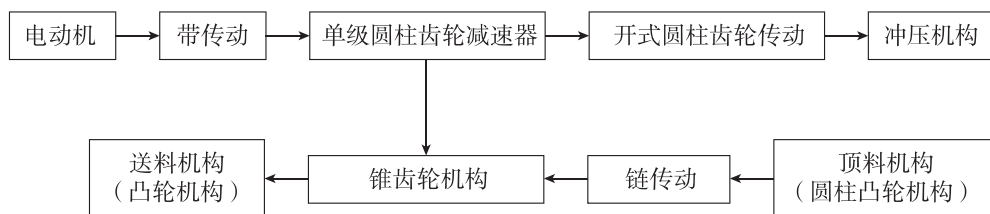


图 1-13 精压机机组运动传递路线

2. 上料机器人

上料机器人如图 1-14、图 1-15 所示。上料机器人由机座及大转臂机构 1、小转臂机构及螺旋提升机构 2、抓取机构 3 等组成。

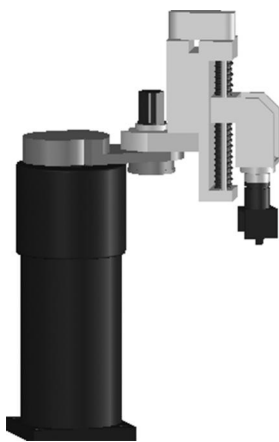
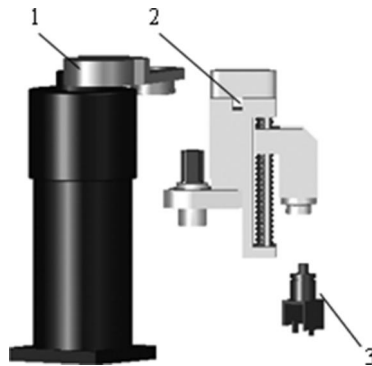


图 1-14 上料机器人



1—机座及大转臂机构；2—小转臂机构及螺旋提升机构；3—抓取机构。

图 1-15 上料机器人的组成

3. 精压机

精压机是专用精压机机组的主体单元。精压机如图 1-16、图 1-17 所示，精压机由机架 1、冲压机构 2、传动系统 3、送料机构 4、顶料机构 5 组成。

(1) 传动系统。

传动系统如图 1-18 所示，它由电机 1 及带传动 2、一级斜齿圆柱齿轮传动 3、一级开式直齿圆柱齿轮传动（大齿轮兼作飞轮，图中未画出）及一级开式直齿圆锥齿轮 4 等四部分组成。

电机带动 V 带传动机构，V 带传动通过一级斜齿圆柱齿轮传动将动力分别传给一级开式直齿圆柱齿轮和一级开式直齿圆锥齿轮传动。开式直齿圆柱齿轮传动将动力传给冲压机构，开式直齿圆锥齿轮传动将动力传给一根立轴，立轴上装有凸轮与小链轮，分别为送料机构和顶料机构提供动力。

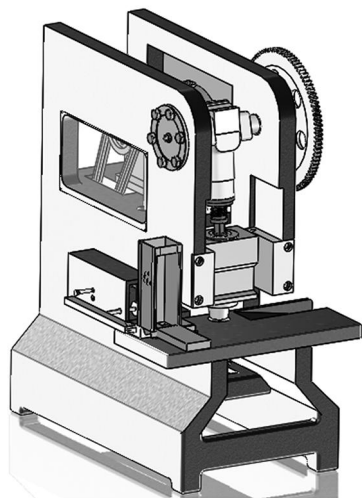
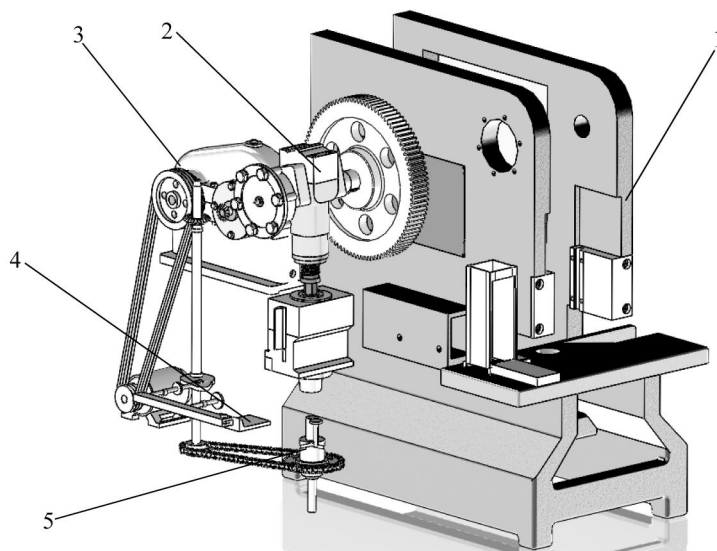


图 1-16 精压机总体图



1—机架；2—冲压机构；3—传动系统；4—送料机构；5—顶料机构。

图 1-17 精压机的构成

(2) 冲压机构。

冲压机构如图 1-19、图 1-20 所示。冲压机构为一个曲柄滑块机构，曲轴 6 是曲柄，连杆由连杆盖 4、连杆体 12 及联接它们的双头螺柱、螺母 11 构成，连杆由下端的球形头与滑块 13 相联，滑块的下端装上有模 14；曲柄滑块机构的动力由齿轮 8 传入。螺钉 2 的作用是将滑动轴承座 1 固定在机架上；轴瓦 3 的作用是支撑曲轴 6；轴端挡圈 9 的作用是对齿轮 8 进行轴向固定。油嘴 5 的作用是加润滑油润滑轴承。

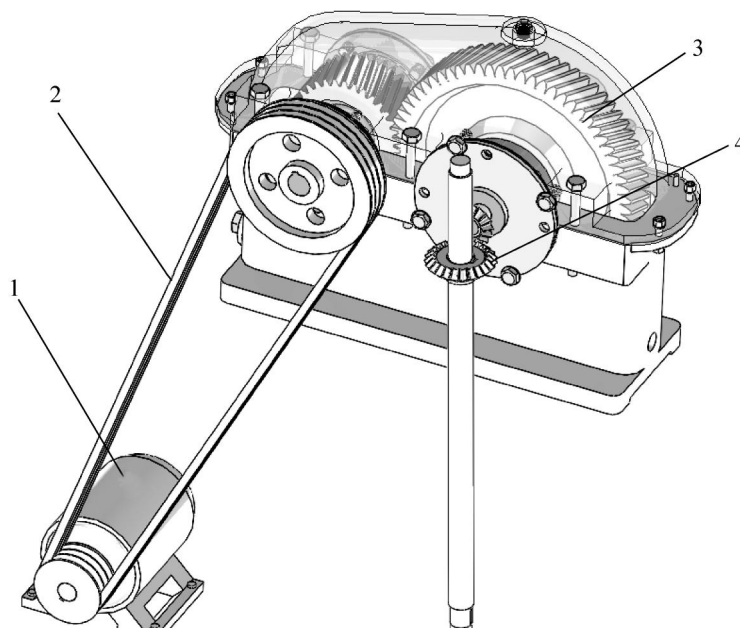
1—电机；2—带传动；3——级斜齿圆柱齿轮传动；
4——级开式直齿圆锥齿轮。

图 1-18 传动系统

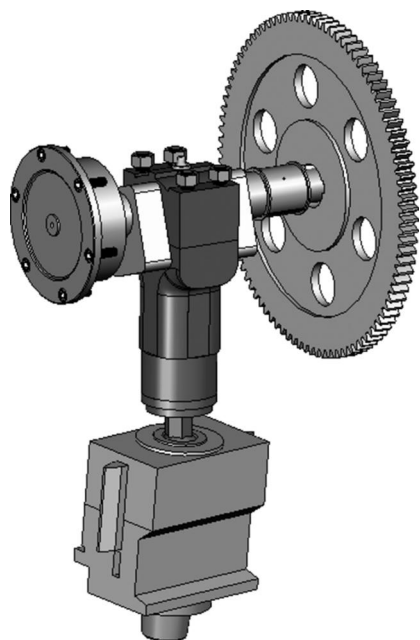
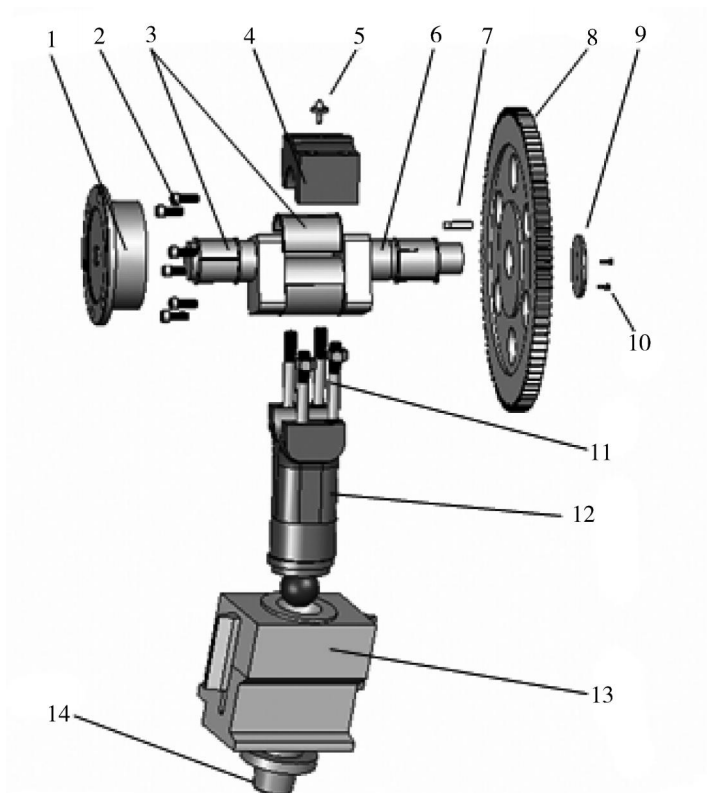


图 1-19 冲压机构

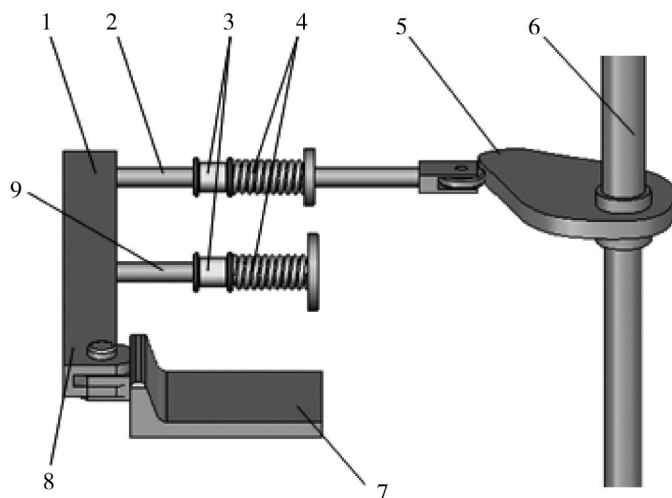


1—滑动轴承座；2—螺钉；3—轴瓦；4—连杆盖；5—油嘴；6—曲轴；7—键；8—齿轮（兼作飞轮）；9—轴端挡圈；10—螺钉；11—双头螺柱及螺母；12—连杆体；13—滑块；14—上模。

图 1-20 冲压机构分解图

(3) 送料机构。

送料机构如图 1-21 所示。送料机构为一凸轮机构（凸轮 5、推杆 2）。立轴 6 带动凸轮 5 带动，凸轮 5 推动推杆 2 推动横梁组件 1，横梁组件上装有推料板 7 及导向杆 9。导向杆 9 的作用是防止推料板 7 产生偏移。两个弹簧 4 的作用是让推杆 2 与凸轮 5 保持接触，以使推料板 7 能连续往复运动，完成推送坯料的动作。两个滑动支承 3 是固定在机架上的，它分别支承着直动滚子推杆 2 和导向杆 9。

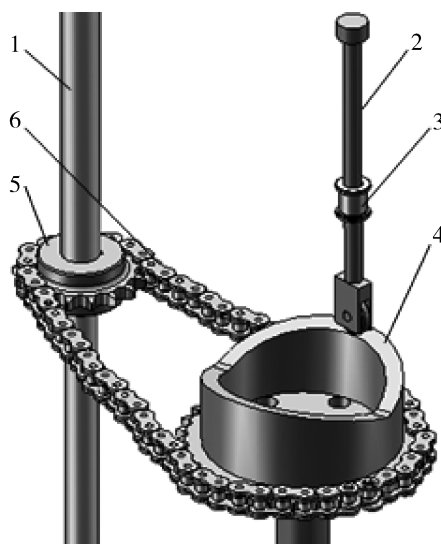


1—横梁组件；2—推杆；3—滑动支承；4—弹簧；5—凸轮；6—立轴；7—推料板；8—滑动架；9—导向杆。

图 1-21 送料机构

(4) 顶料机构。

顶料机构如图 1-22 所示。顶料机构由一链传动机构与圆柱凸轮机构组合而成。小链轮 5 装在立轴 1 上，小链轮 5 通过链条 6 带动大链轮凸轮组合 4，大链轮与一圆柱凸轮组成一体，由此带动圆柱凸轮转动，圆柱凸轮推动推杆 2，使其产生上、下往复运动，完成顶料的动作。滑动支承 3 是固定在机架上的，它的作用是支撑推杆 2。

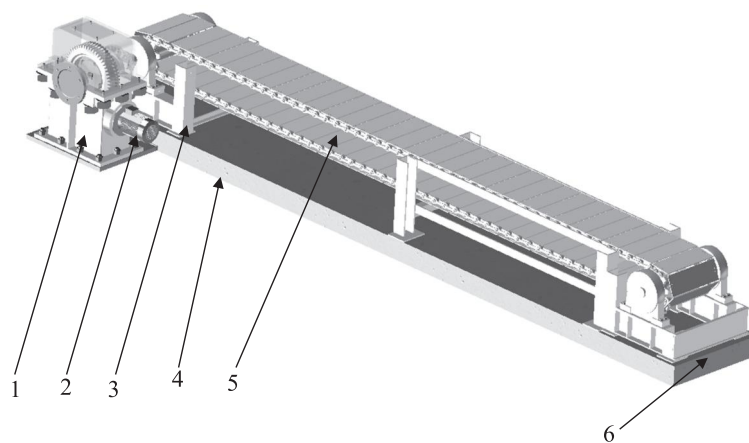


1—立轴；2—推杆；3—滑动支承；4—大链轮凸轮组合；5—小链轮；6—链条。

图 1-22 顶料机构

3. 链式输送机

链式输送机如图 1-23 所示。



1—蜗杆减速器；2—电机；3—头架；4—机座；5—链板；6—尾架。

图 1-23 链式输送机

1.3 机械设计要求、设计过程及设计内容

1.3.1 机械设计基本要求

设计是机械产品研制的第一步，设计的好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益，机械设计就是从使用要求出发，对机械的工作原理、结构、运动形式、力和能量的传递方式，以至各个零件的材料、尺寸和形状，以及使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。毫无疑问，对每一个设计者来说，机械设计工作都是一个创新、创造的工作，但任何设计都不应该凭空设想，而必须尽可能多地利用已有的成功经验和设计基础，参考借鉴相关设计实例，在此基础上，再根据具体情况要求进行设计、创新。只有把继承与创新很好地结合起来，设计质量、设计效率才有保障。

机械的性能和质量在很大程度上取决于设计的质量，而机械的制造过程实质上就是要实现设计所规定的性能和质量。机械设计作为机械产品开发研制的一个重要环节，不仅决定着产品的性能好坏，而且还决定着产品质量的高低。不同的机械有着不同的设计要求，但大多数机械有着共同的设计基本要求，下面介绍一下这些要求。

1. 功能性要求

机械零件因为某种原因不能正常工作的现象称为失效。就机器中的某个机械零件来说，应在规定的条件下、规定的寿命期限内不发生失效，才能有效地实现其预期的功能。

机械零件的主要失效形式有断裂、表面破坏（腐蚀、磨损和接触疲劳等）、过量残余变形和正常工作条件的破坏。为避免这些失效，设计中需要考虑以下几个问题。

（1）强度。

零件在工作时，在额定的工作条件下，既不发生任何形式的破坏，也不产生超过容许限度的残余变形，能保证机器的正常运转和工作，我们就认为该零件满足了强度要求。强度不足是零件在工作中断裂或过量残余变形的直接原因。

零件的强度分为体积强度和表面接触强度。零件在载荷作用下，如果产生的应力在较大的体积内，则这种应力状态下的零件强度称为体积强度（简称强度，即平常我们所说的强度）。若两个零件在受载前后由点接触或线接触变为小表面积接触，且其表面产生很大的局部应力（称为接触应力），这时零件的强度称为表面接触强度（简称接触强度）。

若零件的强度不够，就会出现整体断裂，表面接触疲劳或塑性变形等，从而不能实现其功能，所以设计零件时必须满足强度要求。其设计准则是：

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

式（1-1）中： P 为拉力载荷（N）； F 为面积（ mm^2 ）； σ 为计算应力（MPa）； $[\sigma]$ 为许用应力（MPa）。

其含义是：零件中的应力 σ 应当小于或等于其许用应力 $[\sigma]$ 才能满足强度要求。该公式由于是用来校核零件的初定剖面的 F 是否满足强度要求的，所以称为校核公式。

要注意的是：如果零件剖面上承受的载荷是剪载荷，分别可以用剪应力 τ 和许用剪应力 $[\tau]$ 等代入上面的公式中进行计算。

可以看出：强度准则就是把对零件起损伤作用的一方（例如载荷和应力）与零件对损伤起抵抗作用的一方进行比较来判断零件强度。

（2）刚度。

在机器工作时，有时机器并没有破坏，但是由于零件的弹性变形而导致机器的失效或不能正常的工作或不能完成预定的工作任务。这就是刚度失效。对于这类情况，我们不但要求进行强度计算，同时要

计算。一般来说满足刚度要求的零件都满足强度要求。

(3) 寿命。

零件在预定的工作期间保持正常工作而不致报废就是寿命问题。寿命问题主要是针对那些在变应力下工作和工作时受到磨损或腐蚀的零件提出的。

(4) 振动和噪声。

随着机械技术的高速发展以及人们对环境舒适性要求的提高,对机械的振动和噪声的要求也越来越高。当机械或零件受到振动且该振动的频率等于或接近其固有频率时,将产生共振。这不但影响机器的正常工作,甚至会造成破坏性事故。因此,对于高速机械应进行振动分析和计算,采取相应的措施降低振动和噪声。

并不是每一类型的零件都需要考虑上述的问题,应该从实际载荷的工作条件出发,分析其主要的失效形式,确定适当的计算准则。

就机器的整体使用功能来说,为了提高竞争力,各种使用功能在合理范围内要尽可能多、尽可能先进,性能指标要尽可能好。这就要靠正确选择机械的工作原理,正确、合理选择和设计各部分机构。特别强调的是,合理进行机、电结合,是现代机器和机电产品升级换代、扩充功能、提升性能的最有效方式和途径。

2. 经济性要求

在市场经济环境下,经济性要求贯穿于机械设计全过程,应当合理选用原材料,确定适当的精度要求,减少设计和制造的周期。

市场经济的激烈竞争对机械必然提出经济性要求。机械的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中,如设计周期短、设计费用低;制造、运输、安装成本低;使用效率高、耗能少、易管理维护等,但这些都必须在设计阶段就要进行全面综合的考虑。提高经济性的主要途径有以下几个:

(1) 在满足使用功能的前提下,设计方案及其机构要力求简单。

(2) 采用现代的先进设计制造方法,如优化设计、计算机辅助设计和并行工程等。

(3) 最大限度采用标准化、系列化、通用化、模块化的零部件,零件结构尽量采用简单、工艺性好及标准化的结构。

(4) 充分发挥机、电的各自优势,合理进行机、电、液、气的综合使用,提高机械化和自动化水平,提高机器设备产品的使用效率。

(5) 合理采用高效传动系统,适当采用防护、润滑、减摩措施,降低能耗,延长机器的寿命。

(6) 尽可能采用新技术、新工艺、新结构、新材料等。

3. 可靠性要求

机器在设计寿命内正常使用时,要求工作可靠,故障率低。

随着机电产品功能的日趋丰富、性能的日益提高和系统结构的日趋复杂,可靠性问题变得日益重要。机器的可靠性是用可靠度来衡量的,它是指在规定的使用时间内和预定的环境条件下机器能够正常工作的概率,其大小与设计、制造有关,设计的好坏对可靠性起到决定性的影响。

要提高机器的可靠性,设计时除采用必要的冗余技术外,还要选择合适的结构方案、正确确定零件的工作能力是保证机器可靠性的主要的设计措施。

4. 安全、环保、美观等方面的要求

当机械用于生产和生活时,确保使用者的安全舒适和避免对环境的污染是设计者必须考虑的基本问题。此外产品的外形色彩美观也会影响使用者的心情,从而影响工作效率和差错率。因此,要保证机器的安全、环保和美观,设计时要按照人机工程学的观点合理设计,尽量采用可回收循环利用的绿色设计技术,合理采用各种防护、报警、显示等附件装置。

1.3.2 机械设计的过程与设计内容

机器的设计过程一般包括产品构思设计、方案设计分析、结构技术设计、技术文件编制归档几个阶段,

各阶段的主要工作内容大体如下。

1. 产品规划构思

在此阶段中应当对所设计的机器的需求情况作充分的调查研究和分析,提出设计目标和任务,明确机器应具有的功能和基本的设计要求,在此基础上形成设计任务书,作为本阶段工作的总结和下阶段设计工作的依据。设计任务书大体应包括拟设计开发的机器的特定用途、预定功能和市场应用前景分析;实现预定功能的原理框图;技术经济可行性分析;主要设计任务和内容;完成设计任务的计划安排等。其中方案设计分析和结构技术设计是设计过程的两个主要阶段。

2. 方案设计分析

本阶段对设计的成败和机器的质量好坏起着关键的作用。要进行功能分析,对各种功能进行组合优化;确定功能参数;拟定能实现所需功能的各种工作原理和技术方案;对各种可行方案进行评价、分析和择优;对选定的方案画出技术原理图和组成各机构的运动简图;必要时进行机构运动动画仿真验证分析。

3. 结构技术设计

本阶段是整个设计工作的主体阶段,要确定出各部件及其零件的外形和基本尺寸,绘制出制造单位所必需的零件图、部件装配图及总装图。

结构技术设计就是在方案设计的基础上,将抽象的运动简图转换成具体的技术结构图,并能按照各种设计理论,保证机器在一定的工况条件下和规定的运转时间内,具有正常的工作能力。具体设计工作如下:

- (1) 运动学设计,根据确定的结构方案,确定原动机和主要构件的运动参数。
- (2) 动力学设计,根据机器结构和运动参数,计算各主要零件的载荷。
- (3) 零件的工作能力设计,根据主要零件的具体工作情况,选择零件的材料,按照适当的工作能力准则对零件进行设计、校核,决定零部件的基本尺寸。零件常用的工作能力准则主要有强度、刚度、振动稳定性、寿命等。
- (4) 零件的结构设计,根据零件间的联接装配和制造、安装等要求,确定所有零件的结构形状和尺寸。
- (5) 必要时应进行实物样机研制试验或应用虚拟样机技术进行仿真分析和虚拟实验,以检验设计的合理性并验证设计结果与预定功能和性能的吻合程度,之后进行反馈、完善。

传统的机械产品设计过程方法需要有实物样机和物理实验,研制周期长,费用高,且实验范围有限,传统机械产品设计流程图如 1-24 图所示。

现代机械产品设计应用先进计算机技术,进行三维结构设计,通过虚拟样机进行计算机辅助设计、分析,设计结果形象直观,可以灵活设置实验环境进行全面分析,方便进行各方面的优化设计,以越来越广泛地用于实际设计工程,现代机械产品设计流程图如图 1-25 所示。

(6) 技术文件编制归档

机械设计的技术文献较多,主要的有设计计算说明书。说明书的编写应完整清楚,简单明了。

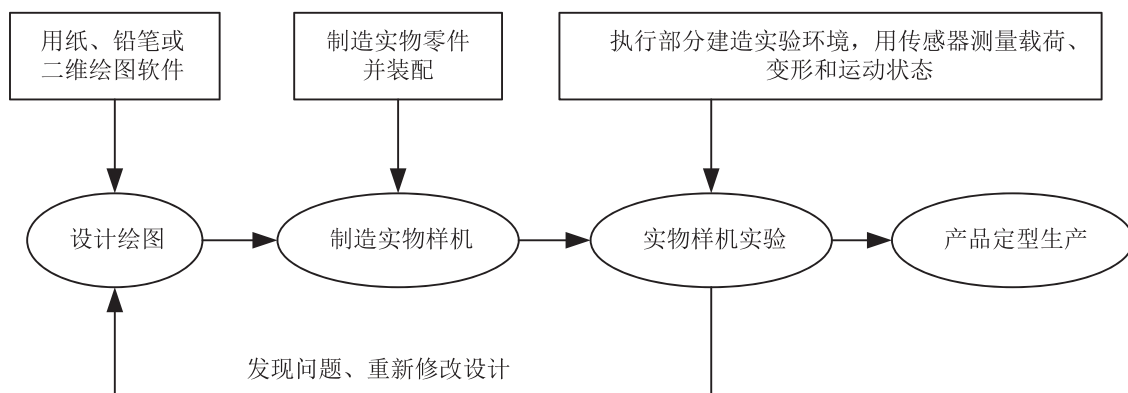


图 1-24 传统机械产品设计流程图

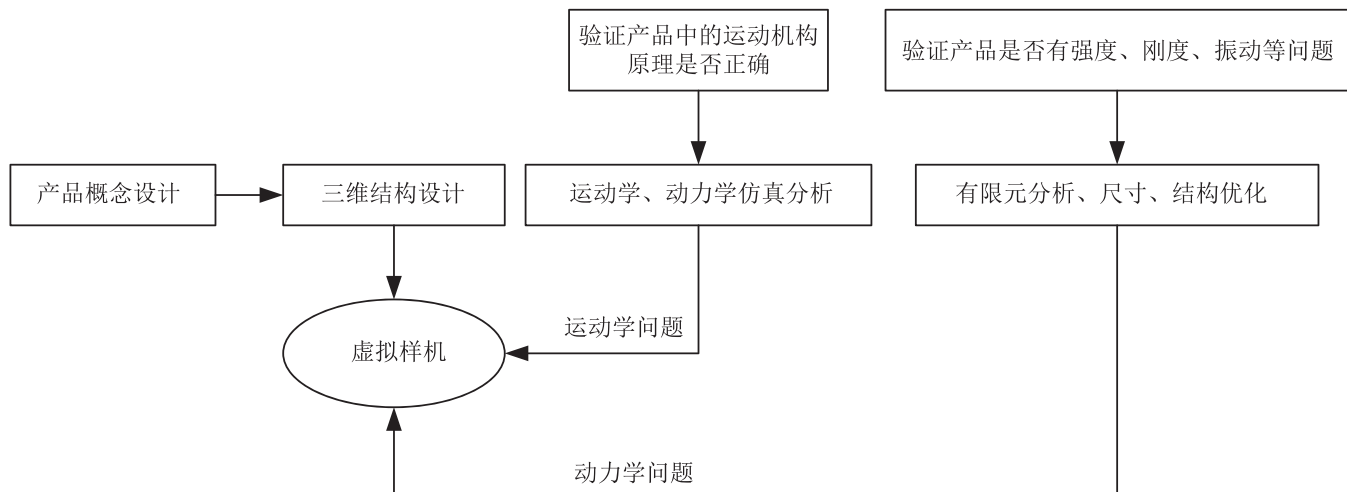


图 1-25 现代机械产品设计流程图

1.4 许用应力和安全系数

1.4.1 载荷和应力

载荷是指构件或零件工作时所承受的外力。根据载荷性质不同，可以分为静载荷和变载荷两类。不随时间变化的或变化很小的载荷称为静载荷，大小和方向随时间而变化的载荷称为变载荷。

在静载荷作用下产生的不随时间变化或变化很小的应力称为静应力。例如锅炉中的压力、拧紧螺栓引起的应力等。

在变载荷作用下产生的随时间变化的应力称为变应力。典型的有非对称循环变应力、对称循环变应力和脉动循环变应力三类，如图 1-26 所示。在静载荷作用下，也会产生变应力，如精压机减速器中的高速轴、低速轴。

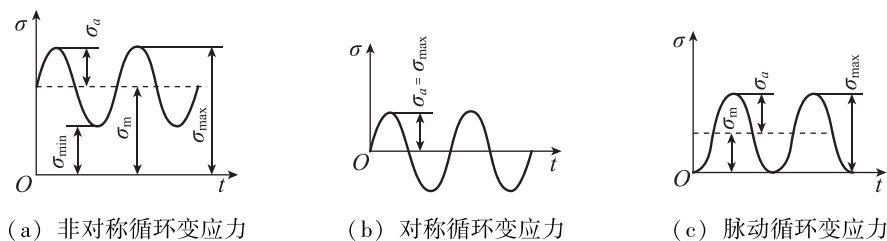


图 1-26 稳定变应力

非对称循环变应力、对称循环变应力和脉动循环变应力均为稳定变应力。

稳定变应力的最大应力为 $\sigma_{\max}$ 、最小应力为 $\sigma_{\min}$ ，其平均应力 σ_m 和应力幅 σ_a 分别为

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

最小应力 $\sigma_{\min}$ 与最大应力 $\sigma_{\max}$ 之比称为循环特征 r ，即： $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ 。

变应力参数共有五个，即： $\sigma_{\min}$ 、 $\sigma_{\max}$ 、 r 、 σ_m 、 σ_a ，已知其中两个参数便可以求出其余参数。而循环特征参数 r 可以用来表示变应力的变化情况。

机械零件中的变应力多数情况下可以按照对称循环变应力（ $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$ ， $r = -1$ ）或脉动循环变应力（ $\sigma_{\min} = 0$ ， $r = 0$ ）来处理。例如，精压机减速器中高速轴、低速轴的弯曲应力可以看作对称循环变应力，精

压机减速器中齿轮传动的接触应力可以看作脉动循环变应力。

由于静应力的分析和设计比较简单,而变应力的处理相对麻烦,所以一般在机械设计中只要能够满足工程的应用,常常将那些应力(或载荷)变化幅度不大和变化次数较少的情况也近似地按静应力来处理,以简化计算。

1.4.2 零件的许用应力和安全系数

1. 零件的许用应力

零件的许用应力 $[\sigma]$ 按下式计算。

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S} \quad (1-2)$$

式(1-2)中: $\sigma_{\lim}$ 为极限应力(MPa); S 为安全系数。

(1) 静应力下的极限应力。

在静应力作用下工作的机械零件,其 $\sigma_{\lim}$ 取决于零件的失效形式。对于脆性材料制成的零件应防止发生断裂,通常取材料的强度极限 σ_B 作为极限应力,即 $\sigma_{\lim} = \sigma_B$;当采用塑性材料制成零件时,应防止产生过大的塑性变形,通常取材料的屈服极限 σ_s 作为极限应力,即 $\sigma_{\lim} = \sigma_s$ 。

(2) 变应力下的极限应力。

在变应力下长期工作的零件,其 $\sigma_{\lim}$ 取决于材料的疲劳断裂,而疲劳断裂是一种损伤积累,它会在远低于强度极限的应力下,突然断裂而无明显的塑性变形,这时的应力称为疲劳极限应力。

如图1-27所示,表示应力 σ 和应力循环次数 N 之间关系的疲劳曲线。从图中可以看出,应力越小,零件材料经受的应力循环次数也就越多。

如图1-27所示的曲线 AB 段,在循环次数约为 10^3 之前,使材料发生破坏的最大应力值基本不变或者说下降得很小,因此可以看作是静应力状况。

曲线 BC 段,随着循环次数的增加,使材料发生疲劳破坏的最大应力不断下降。仔细检查试件在这一阶段的破坏断口状况,总能见到材料已发生塑性变形的特征。 C 点相应的循环次数大约在 10^4 左右。这一阶段的疲劳破坏,因为这时已伴随着材料的塑性变形,所以用应变-循环次数来说明材料的行为更为符合实际。因此,人们把这一阶段的疲劳现象称为应变疲劳。由于应力循环次数相对很少,所以也叫作低周疲劳。有些机械零件在整个使用寿命期间应力变化次数只有几百到几千次,但应力值较大,故其疲劳属于低周疲劳范畴。

曲线 CD 段,代表有限疲劳阶段。在此范围内,试件经过一定次数的交变应力作用后总会发生疲劳破坏。曲线 CD 段上任何一点所代表的疲劳极限,称为有限寿命疲劳极限应力,用符号 σ_{rN} 表示。脚标 r 表示该变应力的应力比, N 代表相应的应力循环次数。机械零件的疲劳大多发生在 CD 段,可描述为

$$\sigma_{rN}^m N = C \quad (N_C \leq N \leq N_D) \quad (1-3)$$

式(1-3)中, m 为材料常数,其值由试验确定。

D 点以后的疲劳曲线基本呈一水平线,代表着无限寿命区。如果作用的变应力的最大应力小于 D 点的应力,则无论应力变化多少次,材料都不会破坏,可描述为

$$\sigma_{rN} = \sigma_{r\infty} \quad (N > N_D) \quad (1-4)$$

式(1-4)中, $\sigma_{r\infty}$ 表示 D 点对应的疲劳极限应力,常称为持久疲劳极限。 D 点对应的循环次数 N_D ,对于各种工程材料来说,大致在 $10^6 \sim 25 \times 10^7$ 之间。由于 N_D 有时很大,所以在疲劳试验时,常规定一个循环次数 N_0 (称为循环基数),用 N_0 及其相对应的疲劳极限 σ_r 来近似代表 N_D 和 $\sigma_{r\infty}$,于是有

$$\sigma_{rN}^m N = \sigma_r^m N_0 = C \quad (1-5)$$

对于钢材,弯曲疲劳和拉压疲劳时, $m=6 \sim 20$, $N_0 = (1 \sim 10) \times 10^6$ 。所以,在初步计算中,钢制零件受弯曲疲劳时,中等零件取 $m=9$, $N_0=5 \times 10^6$;大尺寸零件取 $m=9$, $N_0=10^7$ 。

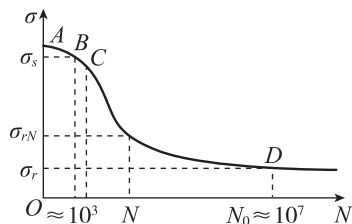


图 1-27 疲劳曲线

由式 (1-5) 便得到了根据 σ_r 及 N_0 来求有限寿命区间内任意循环次数 N ($N_c < N < N_D$) 时的疲劳极限应力 σ_{rN} 的表达式为

$$\sigma_{rN} = \sigma_r \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} = \sigma_r \cdot K_N \quad (1-6)$$

式 (1-6) 中, K_N 称为寿命系数。

当 N 大于疲劳曲线转折点 D 所对应的循环次数 N_D 时, 式 (1-6) 中的 N 就取为 N_D 而不再增加 (即 $\sigma_{r\infty} = \sigma_{rN}$)。图 1-29 中的曲线 CD 和 D 以后两段所代表的疲劳统称为高周疲劳, 大多数机械零件及专用零件的失效都是由高周疲劳引起的。

在对称循环变应力作用下, 取其 σ_{-1} 作为疲劳极限应力; 在脉动循环变应力作用下, 取其持久极限 σ_0 作为疲劳极限应力。

2. 安全系数和许用应力

安全系数 S 是为了考虑一系列不定因素而取定的一个大于 1 的常数。对于一般通用零件, 根据经验在设计规范中都给出了 S 的范围。选择安全系数时, 应该根据材料、工作条件、应力计算等方面进行综合考虑。表 1-1 给出了常用的安全系数参考值。

表 1-1 安全系数参考值

材料			静载荷	冲击载荷	变载荷	
结构钢	$\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$	0.45~0.6	1.5~2	1.5~2.2	材料较均匀，载荷及应力计算准确	1.5~3
		0.6~0.8	1.4~1.8	2.0~2.8	材料较均匀，载荷及应力计算准确	1.8~5
		0.8~0.9	1.7~2.2	2.5~3.5		
高强度钢			2~3	—	材料较均匀，载荷及应力计算准确	1.8~2.5
铸铁			3~4	—		

1.5 机械零件的常用材料

1.5.1 常用材料简介

机械零件所用的材料是多种多样的, 有钢、铸铁、有色合金和非金属材料等。但是金属材料, 尤其是黑色金属材料应用最为广泛。

1. 钢

(1) 若按化学成分分类, 钢可分为碳素钢、合金钢, 碳素钢分为普通碳素钢和优质碳素钢。

普通碳素钢供应时只考虑机械性能, 使用时不做热处理主要用于制造一般机械零件和工程结构的构件。

优质碳素钢具有较好的机械性能, 供应时不仅需要提供机械性能指标, 而且需要提供其化学组成成分, 优质碳素钢可以使用热处理大幅度提高机械性能, 应用最为广泛, 常用于制造要求较高的机械零件。

由于碳素结构钢在某些特殊的地方无法使用或由于其综合机械性能不能令人满意, 不能满足一些特殊的需要, 这时就需要使用合金钢。合金钢必须进行合适的热处理, 才能充分发挥其作用。

(2) 若按含碳量分类, 钢可分为低碳钢 (含碳量 0.25% 以下)、中碳钢 (含碳量 0.25%~0.60%)、高碳钢 (含碳量 0.60% 以上)。含碳量越高则强度、硬度越高, 但是塑性随之降低。对于高碳钢, 其热处理需要严格控制。对于低碳钢, 为了提高机械零件的表面硬度, 保持其芯部的韧性, 常常采用表面渗碳的热处理工艺。

(3) 若按使用用途分类, 钢可分为结构钢、工具钢、特殊性能钢。结构钢用于制作一般的零件和构件; 工具钢制作工具、刀具、量具、模具等。特殊性能钢有耐热钢、耐酸钢、不锈钢等。

(4) 若按加工方法分类, 钢可分为车削钢、铸钢等。铸钢主要用在零件形状比较复杂、尺寸较大且强度

要求较高的零件制作。

常用普通碳素钢的牌号为 Q235A, “Q×××”表示材料屈服强度值 (MPa), 分为 A、B、C、D 四个质量等级, A 即为 A 级的等级标号, 表示硫、磷含量较低, 脱氧方法有 F (沸腾钢)、b (半镇静钢)、Z (镇静钢) 等。镇静钢后面的 “Z” 可省略。Q235A 有较好的强度、硬度和韧性, 用途广, 用于制造不重要的轴、一般用途的连杆、钩等。

常用优质碳素钢的牌号为 45, 牌号的两位数字表示平均含碳量的万分数, 如 “45” 表示平均含碳量为 0.45%。45 号钢是机械制造的重要材料, 用于强度要求较高的零件, 通常在调质或正火状态下使用。用于制造齿轮、汽轮机的叶轮、泵的零件等。

常用合金钢的牌号为 40Cr、35SiMn、20CrMnTi 等。合金钢牌号前面的两位数字表示钢中含碳量的万分数, 合金元素在后面以化学符号表示, 化学符号的数字表示合金元素平均含量的百分之几, 合金元素平均含量小于 1.5%, 仅标注元素, 大于 1.5% 时, 才标出含量数字, 如 “35SiMn” 表示平均含碳量为 0.35%、Si、Mn 合金元素平均含量小于 1.5%。40Cr 具有良好综合力学性能, 用于制造重载、低冲击、耐磨的零件, 如蜗杆、主轴、齿轮等; 35SiMn 调质处理后具有高的静强度、疲劳强度和耐磨性以及良好的韧性, 可代替 40Cr 钢作调质零件; 20CrMnTi 具有良好的综合力学性能和低温冲击韧性, 良好的耐磨性和抗弯强度, 热处理工艺简单, 热加工和冷加工性较好, 用于中载或重载、冲击耐磨且高速的各种渗碳或碳氮共渗零件重要零件。

常用铸钢的牌号为 ZG270-500, “ZG” 为 “铸钢” 汉字拼音的第一个字母, “270” 表示材料屈服强度值 (MPa), “500” 表示材料抗拉强度值 (MPa)。

2. 铸铁

铸铁是含碳量高 (>2%) 的铁碳合金。铸铁中的碳大部分以石墨的形式存在于组织中。所以, 一般情况下其强度、韧性及硬度较低。但由于石墨的存在, 其耐磨性较好, 同时具有良好的减振性能, 而且价格低廉。铸铁也有多种, 但工程上常用的主要是灰铸铁和球墨铸铁。

灰铸铁主要用来制造机座类零件和其他一些常见的不重要零件。球墨铸铁由于石墨经过处理, 成为球状, 使得其机械性能得到极大的提高, 在很多场合下成功地取代了某些碳素钢及合金钢, 精压机中的曲轴就是其典型的使用实例。

常用灰铸铁的牌号为 HT200、HT300, “HT” 表示灰铁, 后面的数字代表抗拉强度 (MPa) 的平均值。

HT200 的强度、耐磨性、耐热性、铸造性能较好, 用于一般机械制造中较为重要的铸件, 如气缸、齿轮、机座、金属切削机床床身及床面等; HT300 的强度、耐磨性好, 但铸造性能较差, 用于机械制造中重要的、受力较大的铸件, 如床身导轨, 精压机中的机架等。

常用球墨铸铁的牌号为 QT400-15、QT450-10、QT600-3, “QT” 表示球铁, 后面的数字分别表示抗拉强度 (MPa) 和最低延伸率 (%). QT400-15 具有良好的焊接性和可加工性, 常温时冲击韧性高 QT600-3 强度高, 耐磨性好。



百年各国钢产量

拓展阅读：我国钢铁产业发展与宝钢的建设。

钢铁是现代工业不可缺少的材料, 是工业的粮食, 因此, 任何国家想要发展工业, 就必须大力发展钢铁业。1949 年, 中国钢铁产量只有 15.8 万吨, 居世界第 26 位, 不到当时世界钢铁年总产量 1.6 亿吨的 0.1%; 而 2020 年中国全年粗钢产量突破 10 亿吨, 占世界钢铁总产量的 56% 以上。新中国成立初期一穷二白, 有着国家富强的远大志向, 也有着强敌环伺的险恶国际环境, 因此有迫切摆脱落后的要求, 反对干涉和控制, 打破封锁和包围, 克服一切困难尽快改变经济文化落后状态。超常超快发展钢铁成为必然选择。

1950 年 2 月 14 日, 刚刚成立的新中国从苏联引进 156 项重点工程, 其中钢铁项目 7 项, 规划产钢 636 万吨。第一个五年计划期间 (1953—1957 年), 中国钢铁年均增钢分别为 80 万吨 (53 年增钢 42 万吨、54 年增钢 46 万吨、55 年增钢 62 万吨、56 年增钢 162 万吨、57 年增钢 88 万吨), 年均增钢量顶得上 5 个 1949 年产量, 1957 年钢产量达到 535 万吨, 几乎达到了毛主席提出的经过一个五年计划, 钢产量达到 1937 年日本钢产量的水平 (1937 年日本的钢产量是 580 万吨、美国 8785 万吨、中国是 4 万吨), 几乎是从零起步, 可谓发展迅速。

表 1-2 中国历年钢产量统计

单位: 万吨

年份	产量	年份	产量	年份	产量	年份	产量	年份	产量
1907	0.8	1925	3	1943	92.3	1961	870	1979	3448
1908	2.3	1926	3	1944	45.3	1962	667	1980	3712
1909	3.9	1927	3	1945	6	1963	762	1981	3560
1910	5	1928	3	1946	6	1964	964	1982	3716
1911	3.9	1929	2	1947	7	1965	1223	1983	4002
1912	0.3	1930	1.5	1948	7.6	1966	1532	1984	4347
1913	4.3	1931	1.5	1949	15.8	1967	1023	1985	4679
1914	5.6	1932	2	1950	61	1968	904	1986	5220
1915	4.8	1933	3	1951	90	1969	1333	1987	5628
1916	4.5	1934	5	1952	135	1970	1779	1988	5918
1917	4.3	1935	25.7	1953	177	1971	2123	1989	6159
1918	5.7	1936	41.4	1954	223	1972	2338	1990	6635
1919	3.5	1937	55.6	1955	285	1973	2522	1991	7100
1920	6.8	1938	58.6	1956	447	1974	2112	1992	8094
1921	7.7	1939	52.7	1957	535	1975	2390	1993	8956
1922	3	1940	53.4	1958	800	1976	2046	1994	9153
1923	3	1941	57.6	1959	1387	1977	2374		
1924	3	1942	78	1960	1866	1978	3178		

资料来源:《中国大百科全书 矿冶卷》, 839 页, 851 页;《中国统计年鉴》, 中国统计出版社, 1994 年 9 月, 408 页

随着“一五”计划超额完成,我国社会主义建设基础进一步增强。然而 1958 年后,中国即将独立面对世界上两个超级大国的巨大压力,因此,在已有“一五”计划超额完成的信心基础和外部压力即将加大的情况下,中国进一步追求社会主义建设的高速度,但由于种种原因影响,国民经济比例失调,没有使经济建设真正跃进,“以钢为纲”大炼钢铁,给新中国经济建设带来很大损失。

1977 年中国钢铁年产量已达到 2374 万吨,这个产量对于中国的建设目标还远远不够。在进行对越自卫反击战破解了苏联对我国进行南北夹击的战略态势之时,我国引进日本技术在上海建设宝山钢铁总厂。1978 年 12 月,宝钢开工建设。此后,宝钢一路超越成长为国内领先的钢铁企业,2016 年与武钢合并,此后接连重组了马钢集团、重庆钢铁和太钢集团,2020 年宝武钢铁产量已达亿吨,超越安赛乐米塔尔成为世界第一钢铁企业,通过联合重组提升产业集中度,也成为全国供给侧改革的示范。除了本身的产能带动市场之外,宝钢从设备大型化、进口矿石、建设深水码头、计算机管理等各方面均成为中国钢铁工业的典范,带动了众多工厂的生产能力。正是在这种示范效应下,中国钢铁工业才加快了现代化发展步伐,为中国现代化建设立下汗马功劳。

宝钢产生的示范引领作用及价值无法估量,其建设之初的问题和非议随着宝钢作用的不断提高而销声匿迹。这就是典型的发展的眼光,我们也都应该从这样的历史进程中学习,看到中国发展的非凡奇迹,绝不是复制,而是量级、目标、理想、实践能力的一种超越,超越了此前一切国家的能力和想象。这证明的,是坚持党的领导的优势和中国的制度优势。

3. 铜合金

在机械中,各部分的联接是靠运动副实现的。而在运动副中,为了提高结构的可靠性、耐磨性、降低成本(维修)等原因,大量使用衬套或轴瓦等零件,而这些零件的材料大多是铜合金。

4. 非金属材料

非金属材料的种类繁多,在工程上也发挥着重要的作用。例如橡胶密封垫、传动带、树脂材料制作摩擦

片、塑料手柄等等。

1.5.2 材料选择原则

同一个零件可以用多种材料制作，并且可以实现同样的预期职能。那么，这时判别材料的选择是否合理就取决于除功能以外的一些因素，例如经济性要求。

所以为了准确理解材料选择的基本原则，我们必须首先了解实际工作中，选择材料时应该考虑哪些影响因素，这实际上就是前面有关内容的总结。

1. 功能、使用方面的因素

- (1) 零件的受力大小和性质、应力的大小、性质、分布情况。
- (2) 零件的工作情况（工作特点、环境等）。
- (3) 零件的重要性，例如农用车和航天飞机比较、农用车中变速箱齿轮和操纵手球比较等等。
- (4) 安装部位对零件尺寸和质量的限制，例如维护的方便程度等。

2. 工艺性因素

所谓工艺性就是指所选择的材料冷、热加工性能要好，热处理工艺性好等，例如，结构复杂而大批生产的零件多选用铸件，单件生产宜用锻件或焊接。简单盘形零件，其毛坯是采用铸件、锻件还是焊接件，主要取决于它们尺寸的大小、结构的复杂程度及批量的大小。

3. 综合经济性因素

零件的综合经济性取决于如下因素。

- (1) 零件的复杂程度，材料加工的可能性及生产批量等。
- (2) 材料的价格及其获得的可能性、方便性等。

所以，材料的选择必须综合考虑以上各个方面的因素。需要遵循的一般原则是按照综合指标和局部品质原则来选择材料。也就是说，为了满足使用性，并不一定需要贵重的材料。

局部品质原则就是针对零件不同部位的要求分别选择不同的材料，甚至可以采用组合零件来实现预期的功能，例如水轮机的叶片，为了防止生锈如果完全用不锈钢制造，其成本将会很高，我们在工艺能力许可的情况下采用碳素钢制作，而仅对其表面进行防锈处理。再如，精压机机组链式输送机中的蜗轮，啮合部分要用铜合金，如果完全用一种材料，将会产生较大的浪费，若用铜合金做含有轮齿的齿圈，齿圈安装在普通碳素钢做的轮芯上，就可以极大地降低成本，同时也不降低使用性能。

思考与练习题

1. 选择题

- 1-1 图 1-8 中所示的单缸四冲程内燃机中，序号 2 和 10 的组合是（ ）。
 - A. 零件
 - B. 部件
 - C. 机构
 - D. 构件
- 1-2 图 1-23 中所示的链式输送机中，序号 1 是（ ）。
 - A. 零件
 - B. 部件
 - C. 机构
 - D. 构件
- 1-3 图 1-22 的内燃机连杆中的连杆体 1 是（ ）。
 - A. 零件
 - B. 部件
 - C. 机构
 - D. 构件
- 1-4 图 1-8 中所示的单缸四冲程内燃机中，序号 1 和 2 的组合是（ ）。
 - A. 零件
 - B. 部件
 - C. 机构
 - D. 构件
- 1-5 机器中各运动单元称为（ ），机器中各制造单元称为（ ）。
 - A. 零件
 - B. 部件
 - C. 机构
 - D. 构件

2. 填空题

- 1-6 部完整的机器主要有四个部分组成，它们是_____、_____、_____、_____。

1-7 机器的共同的特征是_____、_____、_____。

1-8 机械是_____、_____的总称。

1-9 机器是_____的装置。

1-10 在静载荷作用下的机械零件，不仅可以产生_____应力，也可能产生_____应力。

1-11 只在某一类机器中使用的零件称为_____。

1-12 变应力参数共有_____个，已知其中_____个参数便可以求出其余参数。

1-13 脆性材料制成的零件常取_____作为极限应力；塑性材料制成零件常取_____作为极限应力。

1-14 铸钢 ZG270-500，“270”表示_____，“500”表示_____。

1-15 表面接触强度是指_____。

3. 简答题

1-16 机器与机构的根本区别是什么？

1-17 材料选择原则是什么？

1-18 专用精压机机组的用途是什么？共有几个机械单元？

1-19 机械设计的基本要求是什么？机械零件设计时要考虑那些问题？

1-20 简述机械设计的过程与设计内容。

1-21 中国钢铁产量已经是世界第一，各省钢产量又以河北省为最高。请从钢铁生产的要素进行分析，为何河北省的钢铁产量为全国最高？

1-22 请搜索新中国成立 156 项重点工程中的钢铁项目，搜集各项目的钢铁产量和建设地点。

1-23 请搜索中国在 156 项重点工程之后自主建设的钢铁项目，搜索其建设地点和建设原因。

4. 计算题

1-24 某材料的对称循环弯曲疲劳极限 $\sigma_{-1} = 180\text{MPa}$ ，取循环基数 $N_0 = 5 \times 10^6$ ， $m = 9$ ，试求循环次数 N 分别为 7000、25000、620000 次时的有限寿命弯曲疲劳极限。