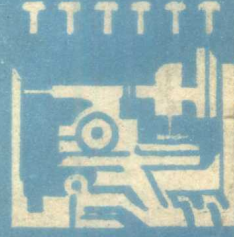




七·二一工人大学教材

机械设计基础

上册



江苏科学技术出版社

内 容 简 介

本书考虑到工人大学的教学特点,围绕机械设计这一主题,将有关的四门课程,即理论力学、材料力学、机械原理和机械零件,有机地结合在一起进行了叙述。全书分上下两册,上册介绍了机械构件的静力分析,机械零件的强度和刚度分析、机械零件的设计。下册介绍机构的运动及动力分析、机构设计。书中打*号的章节为选学内容。

本书可供七·二一工人大学机械类专业作为教材,机械工人、技术人员也可参考。

七·二一工人大学教材

机械设计基础

(上 册)

*

江苏人民出版社出版

江苏省新华书店发行

南京人民印刷厂印刷

1979年5月第1版

1979年5月第1次印刷

印数: 1—22,500册

书号: 15196·009 定价: 3.35元

出 版 说 明

七·二一工人大学，是适合我国情况，适应社会主义现代化建设的需要，为厂矿企业多快好省地培养大批技术人才的途径。为了进一步办好七·二一工人大学，满足七·二一工人大学对于教材的迫切需要，我们计划出版《数学》、《机械制图》、《机械设计基础》、《电工学》等一套工人大学教材。

教材要求以辩证唯物主义为指导，从七·二一工人大学的特点出发，既重视基础理论，也紧密联系生产实际，内容系统精干，文字通俗，适合工人学员学习。

本书由省教育局委托南京市教育局和工会主办，由晨光机器厂孙玉安同志主编，南京工学院胡乾善教授、黄锡恺教授，南京航空学院云铎教授审阅。

对于参加、协助教材编写工作的单位和同志，谨表示感谢。

CAH/46/01



2号, 15196 * 400 *
每册: 3.35 元

目 录

绪 论

一、引 言	1
二、典型机器结构简介	1
三、机构在机械设备中的应用	3
四、机械设计基础课程的内容与安排	7

第一篇 机械构件的静力分析

第一章 构件受力分析基础

第一节 力的概念	8
第二节 力的基本性质	10
第三节 约束和约束反力	14
第四节 研究对象的受力图	16
第五节 平面汇交力平衡的几何条件及 三力平衡定理	19
第六节 力矩、平行力的合成	23
第七节 力偶	27
思考题	29
习 题	30

第二章 构件受力的平衡方程和物体重心

第一节 平面汇交力系的平衡方程	36
第二节 平面一般力系向一点简化	38
第三节 平面一般力系的平衡	40
第四节 空间力系的平衡	53
第五节 物体的重心	63
习 题	68

第三章 摩擦和机械效率

第一节 滑动摩擦	75
第二节 有摩擦力的平衡问题	78
第三节 机械中摩擦问题的实例	81
第四节 滚动摩擦	85
第五节 功率与机械效率	87

习 题	92
-----------	----

第二篇 机械零件的强度和刚度分析基础

第四章 拉伸和压缩

第一节 拉压杆件的工程实例及受力 特点	95
第二节 直杆拉伸与压缩时的内力 应力	96
第三节 金属材料在拉伸和压缩时的 机械性质	100
第四节 许用应力、安全系数及强度 条件	107
习 题	113

第五章 剪切和挤压

第一节 零件剪切的工程实例及变形 特点	116
第二节 剪切和挤压的强度计算	117
第三节 剪切实用计算	118
*第四节 接触应力的概念	122
习 题	124

第六章 扭转

第一节 概 述	125
第二节 扭转变形的特点	126
第三节 圆轴扭转时横截面上的应力	128
第四节 圆轴扭转时的强度计算	130
第五节 圆轴扭转时的变形和刚度计算	133
第六节 圆柱形螺旋弹簧的计算	135
习 题	137

第七章 弯曲

第一节 弯曲的概念和实例	139
第二节 梁弯曲时横截面上的内力一	

剪力和弯矩	140
第三节 剪力和弯矩方程、剪力图和弯矩图	143
第四节 梁弯曲时的强度计算	150
第五节 提高梁弯曲强度的一些途径	161
第六节 弯曲变形	166
第七节 简单超静定梁计算	173
附录 压杆稳定	176
习 题	178

第八章 组合变形

第一节 应力状态的概念	182
第二节 应力状态分析	183
*第三节 求应力的图解法(应力圆)	186
第四节 三向应力状态下的变形计算	189
第五节 强度理论	190
第六节 组合变形的概念	192
第七节 拉弯组合变形的强度计算	193
第八节 弯扭组合变形的强度计算	194
习 题	196

第九章 交变应力

第一节 工程上常见的几种典型交变应力与疲劳破坏	198
第二节 材料的持久极限	201
第三节 影响材料持久极限的主要因素	204
*第四节 构件在交变应力下的强度校核	210
习 题	216

第三篇 机械零件设计

第十章 皮带传动

第一节 概述	218
第二节 三角皮带的结构和规格	220
第三节 皮带轮	221
第四节 皮带传动的受力分析及失效形式	223
第五节 三角皮带传动的设计计算	224
第六节 三角皮带传动的安装、使用和维护方法	229
思考题	231
习 题	231

第十一章 链传动

第一节 概述	231
第二节 套筒滚子链及链轮	232
第三节 套筒滚子链的设计计算	234
第四节 链传动的布置、张紧和润滑	239
习 题	242

第十二章 圆柱齿轮传动

第一节 概述	248
第二节 渐开线齿形	250
思考题	253
习 题	253
第三节 齿轮各部分名称、符号及标准直齿圆柱齿轮几何尺寸的计算	253
习 题	258
第四节 齿厚的计算和测量	258
习 题	263
第五节 一对渐开线直齿圆柱齿轮的啮合过程与正确传动条件	263
思考题	270
习 题	270
第六节 齿轮的加工原理	271
第七节 渐开线齿廓的干涉现象和根切现象, 渐开线标准齿轮的最少齿数	273
思考题	275
第八节 轮齿的损坏形式	275
第九节 齿轮材料和热处理	278
第十节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	282
思考题	291
思考题	296
习 题	298
第十一节 变位直齿圆柱齿轮传动	299
习 题	322
第十二节 斜齿圆柱齿轮传动	323
思考题	335
习 题	340
第十三节 螺旋齿轮传动	340
习 题	342
第十四节 圆柱齿轮传动的精度及公差	342
第十五节 圆柱齿轮的测绘	356
第十六节 齿轮的结构设计和工作图	372

第十三章 直齿圆锥齿轮传动

第一节	概述	392
第二节	直齿圆锥齿轮的齿廓形成、背锥 与当量齿轮	393
第三节	标准直齿圆锥齿轮的尺寸计算	396
第四节	变位直齿圆锥齿轮的尺寸计算	398
第五节	直齿圆锥齿轮传动的强度计算	398
第六节	圆锥齿轮的精度及公差	404
第七节	圆锥齿轮的结构和工作图	406
第八节	直齿圆锥齿轮的检验	409
第九节	直齿圆锥齿轮的测绘	411
习 题		416

第十四章 蜗杆传动

第一节	概述	417
第二节	蜗杆传动的啮合原理	418
第三节	蜗杆传动主要参数的选择及几何 尺寸的计算	419
思考题		423
第四节	蜗杆传动的失效形式、材料选择 和构造	423
思考题		425
第五节	蜗杆传动的强度计算	425
第六节	蜗杆传动的效率、润滑和发热 计算	430
习 题		435
第七节	蜗杆传动的精度及公差	435
第八节	蜗轮蜗杆的测绘	436
第九节	蜗轮蜗杆的结构及工作图	440

第十五章 轴的设计及其联接

第一节	概述	442
-----	----------	-----

第二节	轴的材料	443
第三节	轴按扭矩的概略计算	445
第四节	轴的结构设计	448
第五节	轴按弯曲——扭转组合变形的 强度计算	456
第六节	轴的安全系数校核	464
* 第七节	轴的刚度及轴的振动	470
第八节	联轴器	479

第十六章 轴承

第一节	概述	491
第二节	滑动轴承	492
第三节	滚动轴承概述	504
第四节	滚动轴承的类型选择	509
第五节	滚动轴承的寿命计算	510
第六节	滚动轴承的组合设计	521

第十七章 丝杠传动

第一节	丝杠传动的特点及类型	534
第二节	普通丝杠的主要参数和尺寸 计算	535
第三节	普通丝杠传动的计算	537
* 第四节	滚珠丝杠传动原理	540
* 第五节	滚珠丝杠传动的结构与分类	541
* 第六节	滚珠丝杠传动的材料、代号标注 和尺寸系列	546
* 第七节	滚珠丝杠传动的选用计算	549

第十八章 弹簧

第一节	概述	556
第二节	圆柱形螺旋拉伸弹簧和压缩 弹簧	561

绪 论

一、引 言

在生产中不管是设计新机器、改装旧机器或是搞技术革新，往往都离不开机械设计工作。开设《机械设计基础》这门课，就是为了培养机械设计的能力。本书则是为这门课程编写的教材。

在讨论机械设计方面的问题之前，先介绍几个有关的常用名词：

机械是机器和机构的总称。

机器是一种人为的实物组合，其各件之间有确定不变的相对运动；它在生产过程中可以代替人力劳动，完成机械功或机械能量与其它能量形式的转变；它只能转变能量形式，而不能创造能量。按照这个定义，柴油机、汽轮机、发电机、金属切削机床、纺织、印刷机等等都是机器。

机构也是一种人为的实物组合，其各构件之间有确定不变的相对运动，但它本身不能完成机械功或转换机械能，只能产生运动变化，目的是传递或变换运动。例如钟表、仪表、计算装置和绘图装置等都是机构而不是机器。

构件是组成机构的原件，可以是单一的整体，也可以是几个零件的组合，例如用键把齿轮装在轴上就组成了齿轮轴，它就是一个构件；而组成它的齿轮、键、轴则称为**零件**，是直接加工出来的原件。构件和零件也可以统称为**机件**。

二、典型机器结构简介

现以两种典型机器为例介绍一下机器的结构情况，使我们对机器有些概念，以便进而讨论机械设计方面的问题。

（一）内燃机结构简介

内燃机是使燃料在发动机体内燃烧，然后把热能变为机械功的机器，如柴油机、汽油机等。

燃料和空气在气缸内燃烧，高温、高压的燃气推压活塞，活塞的移动通过连杆转动曲轴，转动的曲轴可以带动其它机械而作功。图0—1所示是个单缸汽油机的构造简图，它大致包括以下几部分：

1. 主要运动件：活塞3、活塞销4、连杆5、带有飞轮8的曲轴9和主动小齿轮。
2. 主要固定件：气缸盖1、气缸2（它们与活塞形成了燃烧室）、并由上曲轴箱7、下曲轴箱11、主轴承等部件支持运动件及其它部件。
3. 配气机构与进、排气系统：控制气缸盖上气阀开关的时间，为此要有一套传动机构、如推杆、凸轮轴及传动齿轮等等；还要有进、排气管、进气空气过滤器、排气消音器等。

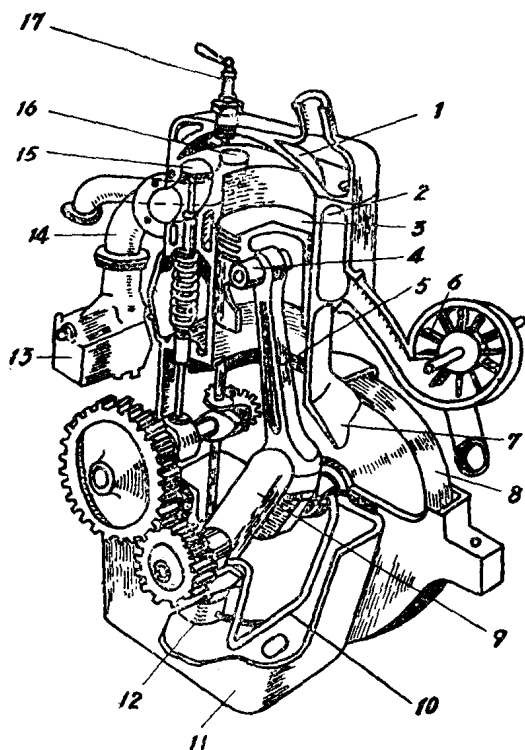


图 0—1

4.燃料供给和点火系统：将要供入气缸的可燃混合气供入燃烧室。通常利用输油泵将燃油自燃油箱供到汽化器13内，在汽化器内燃油与吸进来的空气混合，然后经进气管14流到发动机气缸内。

在气缸内被压缩了的混合气是用火花塞17上产生的电火花来点火的。发动机点火系包括：供给低压电流的设备(蓄电池和发电机)，将低压电流变成高压电流的设备(点火线圈和继电器)以及将高压电流通到装在气缸盖上的火花塞的设备(配电器)。

对于压燃式发动机(柴油机)无须点火设备，而是采用高压油泵和油嘴将燃油以雾状喷射到高温高压的空气中，使之自燃。

仅有以上几部分，内燃机还不能工作，还需要有一些其它设备来起保证作用，如润滑系统、冷却系统、起动系统和操纵(控制)系统等。

(二)牛头刨床结构简介

牛头刨床是机械工厂中最常见的机床之一，用于加工平面、斜面、槽及成形面等。牛头刨床适于加工中小型零件。

图 0—2 为 B 665 型牛头刨床的结构和传动系统图，其结构由下列部分组成：

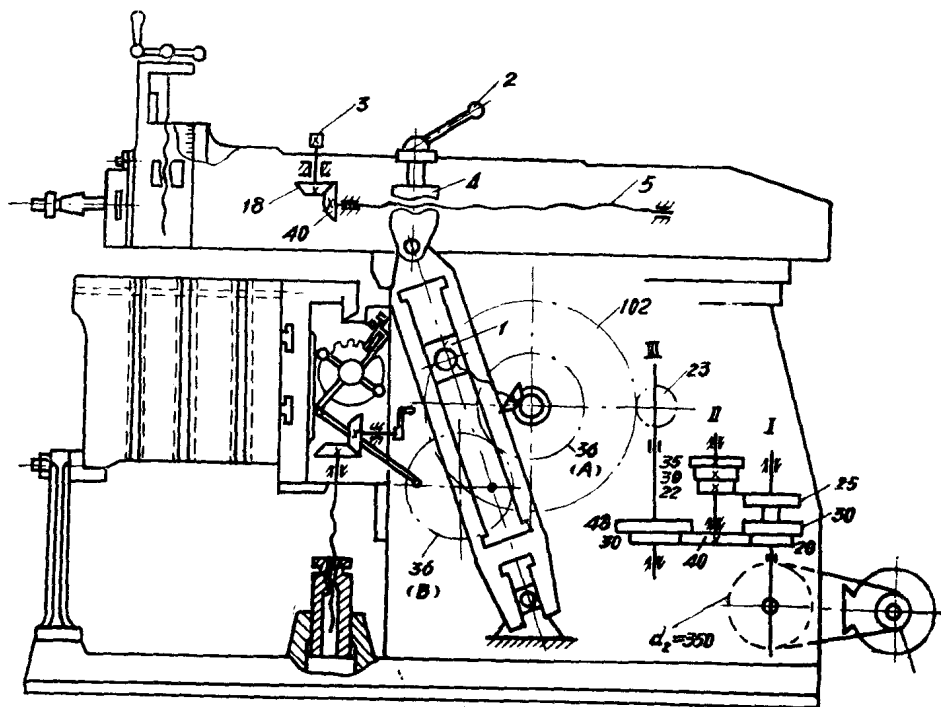


图 0—2

1.床身：它是用来支承刨床各部件的。其顶面导轨供滑枕作往复直线运动用，侧面导轨供工作台升降用；床身内部装有传动机构。

2.滑枕：它带动刨刀作往复运动。滑枕为长的空心铸件，底面与床身燕尾导轨配合，腔内装有滑枕位置调节及摇臂的上支点锁座，并通过上支点锁座与摇臂机构联接。

3.刀架：用来装夹刨刀，如图0—3所示。摇动刀架手柄时，滑板可沿转盘上的导轨，带动刨刀作上下移动。松开转盘上的螺母，将转盘扳转一定角度后，就可使刀架作斜向送进。滑板上还装有可偏转的刀座，抬刀板可以绕刀座的轴A向上转动，使刨刀在返回行程时，可绕轴A自由上抬，以减少与工件的摩擦。

4.工作台：用来夹紧工件。工作台上表面及两侧具有T形槽V型槽及圆孔，用来夹持各种工件或辅助工具。工作台可随横梁上下调整，并可沿横梁作水平方向移动或送进，以完成横向走刀运动。

5.横梁：用来支持工作台，可使工作台沿着它作水平方向移动，同时能带动工作台沿床身侧面导轨作上下调整。

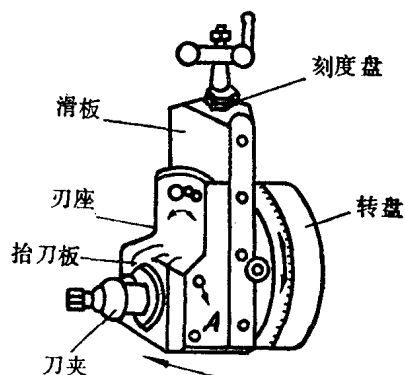


图 0—3

三、机构在机械设备中的应用

机器是由机构组成的。一台机器要完成指令的工作，全靠机构来保证。我们仍以前面所讲的两两种机器为研究对象，来分析一下机构在机械设备中的应用。

(一)机构在内燃机中应用

1.曲柄滑块机构

图0—4为2100型柴油机的活塞、连杆和曲轴总成(即曲柄滑块机构)，从图中可以看出主要运动件总成是由下列零件组成：

- 1—皮带轮；
- 2—曲轴头螺钉；
- 3—键；4—曲轴正时齿轮；
- 5—曲轴；6—甩油盘；7—飞轮；
- 8—螺栓；

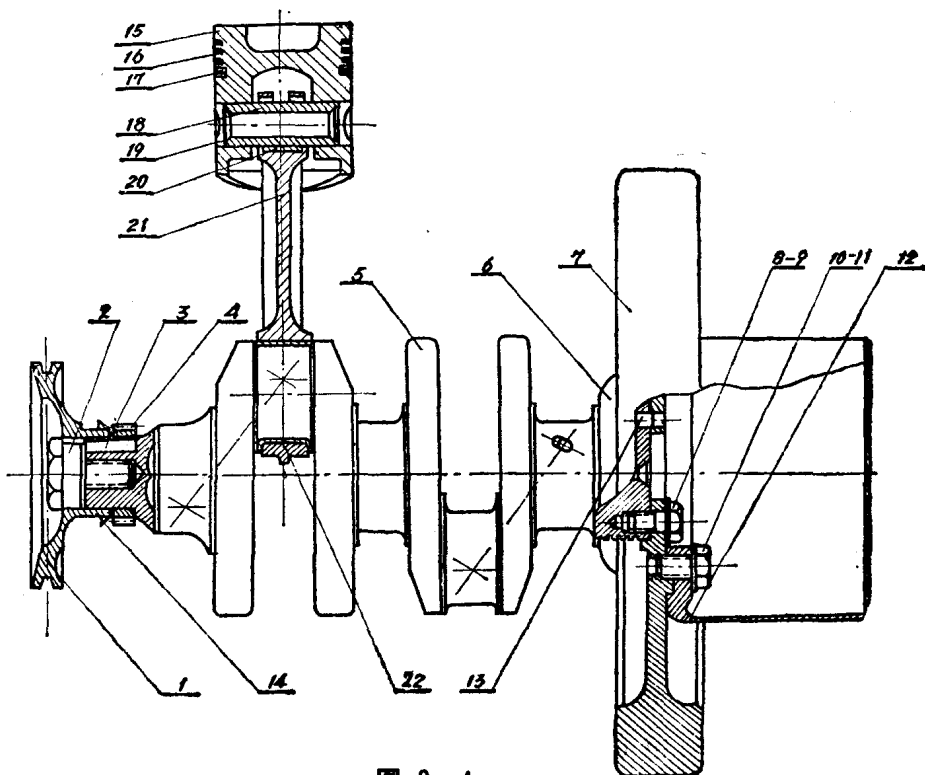


图 0—4

9—锁紧垫片；10—螺栓；11—垫圈；12—皮带轮；13—销；14—甩油盘；15—活塞；16—气环；17—油环；18—活塞销；19—卡簧；20—连杆小端铜套；21—连杆；22—连杆大端轴瓦。

2. 配气机构

配气机构的作用，是按每个气缸内所进行的工作过程，及时地使废气排出，并将新鲜混合气(或空气)吸进气缸。

在现代四冲程发动机上，都采用气阀配气。气阀按其功用分为进气阀和排气阀。故在每个气缸头上，一般都有两个气阀(进气阀和排气阀)。

气阀的启闭是用凸轮轴上的凸轮来控制的，凸轮轴则由曲轴驱动。在四冲程发动机中，曲轴每转两周完成一个工作循环，而进、排气阀在此期间都应开启一次。因此，曲轴每转两周，凸轮轴只转一周。

图 0—5 所示为顶置气阀配气机构。当凸轮轴转动时，凸轮 1 将抬杆 2 及推杆 3 举起，推杆通过调节螺钉 4，使摇臂 5 绕轴 6 转动；摇臂另一端便将气阀杆 9 压下而使气阀开启。当抬杆落下时，气阀在弹簧 8 作用下关闭。整个配气机构是由推杆摇臂机构和凸轮机构所组成。

3. 齿轮机构

前面已经讲过，曲轴每转两周，凸轮轴只转一周。这一传动关系是通过一对齿轮啮合来实现的。曲轴前端装一小齿轮 1，凸轮轴前端装一大齿轮 2 (图 0—6)。为了使齿的啮合平顺而减小噪音，齿轮常采用斜齿。

某些发动机的正时齿轮采用多齿轮系，如曲轴正时齿轮首先与正时惰轮啮合，然后再由正时惰轮与凸轮轴正时齿轮啮合，如图 0—7 所示，形成轮系。

4. 挠性机构

发动机的正时齿轮，也有采用链条驱动的。在曲轴和凸轮轴的前端装有链轮 2 和 3，两者用链条 1 相联(图 0—8)。

汽车发动机上的冷却水泵和风扇常采用皮带传动。图 0—9 所示为一三角皮带传动，其原动轮和从动轮的旋转方向相同。

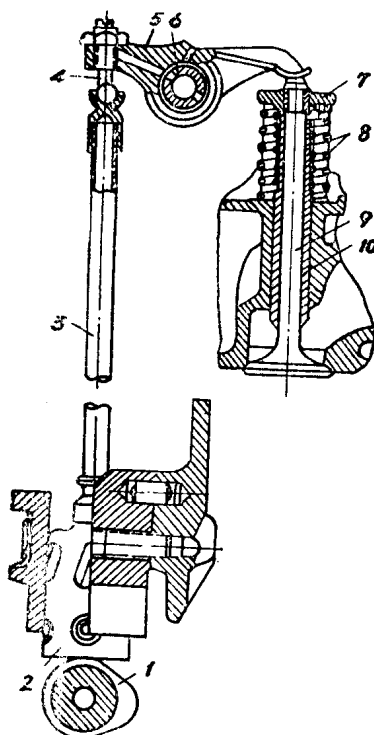


图 0—5

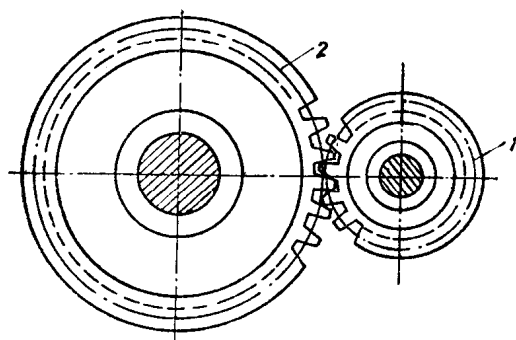


图 0—6

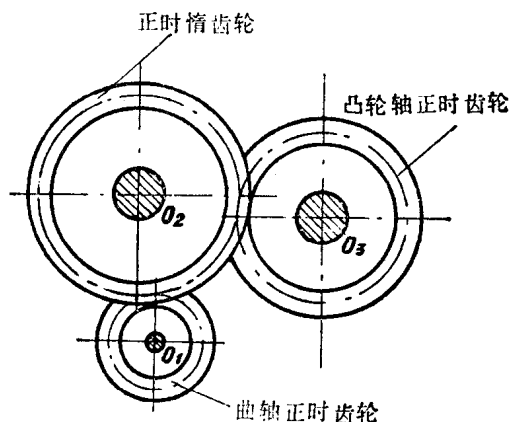


图 0—7

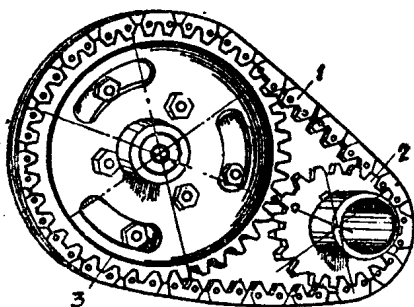


图 0—8

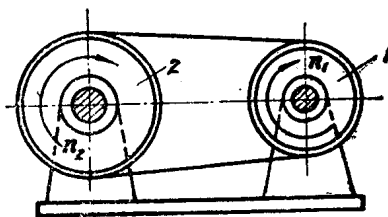


图 0—9

(二)机构在牛头刨床中的应用

1. 变速机构(轮系)

牛头刨床传动系见图 0—2，电动机通过三角皮带带动变速机构的主动轴 I。变速机构由三根平行轴 (I、II、III)、固定齿轮、滑动齿轮及其相应的变速操纵机构组成。主动轴上有齿轮 25、30、20 所组成的滑动齿轮组，滑动齿轮分别与中间轴上的固定齿轮 35、30、40 相啮合，使中间轴得到三种转速。被动轴上有 30、48 所组成的滑动齿轮组，分别与中间轴上的固定齿轮 40、22 啮合，使被动轴共得到六种转速。被动轴通过齿轮 23、102 传动导杆机构。

2. 摆动导杆机构

电动机经变速机构中一系列齿轮变速，最后带动摆动导杆机构中的大齿轮旋转。在大齿轮的一侧装有销轴，滑块装在销轴上，并置于导杆的槽内(图 0—10)。当滑块随大齿轮旋转时，亦在导杆的槽内上下滑动，迫使导杆围绕支点 A 摆动，以带动滑枕作往复的直线运动。

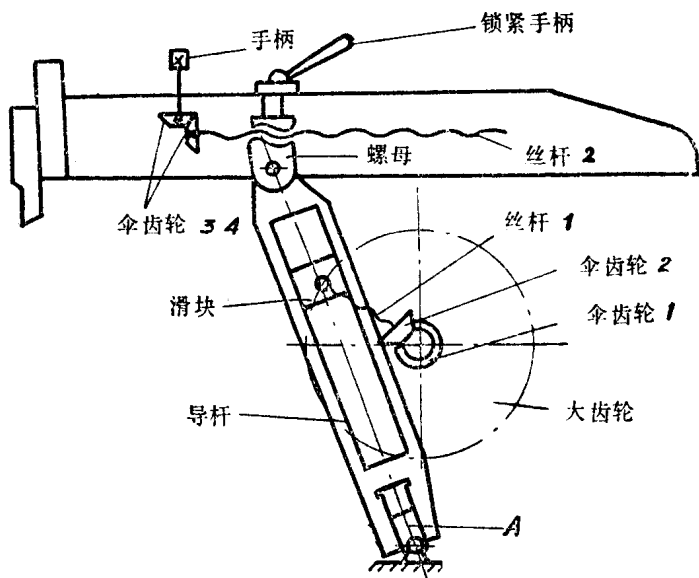


图 0—10

当滑块随同大齿轮旋转一周时，滑枕往复运动一次，包括向前的切削运动和向后的返回运动。返回运动是空程，应力求迅速，以减少空程运行时间来提高生产率。导杆机构是可以

达到这样要求的。

3.工作台周期的送进运动——棘轮机构

图 0—11 表示棘轮机构的工作原理，齿轮 A 固定在导杆齿轮(大齿轮)轴上，摇杆空套在横向送进丝杆轴上，棘轮通过键与丝杆联接，连杆一端通过偏心销与齿轮 B 连接，另一端与摇杆连接。当导杆齿轮轴转动时，齿轮 A 和 B 亦转动。在齿

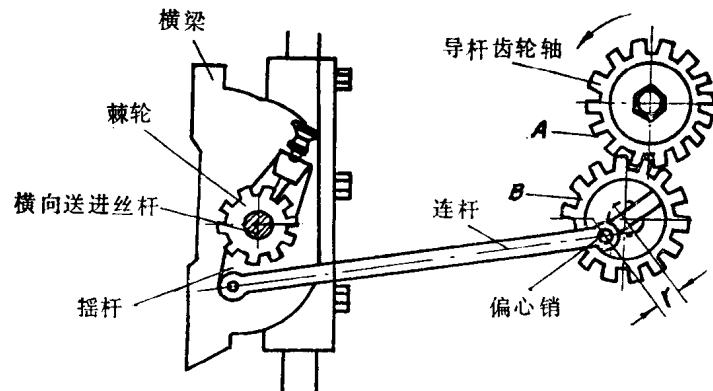


图 0—11

轮 B 上的偏心销通过连杆使摇杆往复摆动。在摇杆上有棘爪(图 0—12 a)，借弹簧压力使棘爪与棘轮保持接触。导杆齿轮每旋转一周(刨刀往返一次)，摇杆往复摆动一次，棘爪也在棘轮上左右摆动一次。棘爪向左摆动时(图 0—12 a)，它的垂直面推动棘轮使棘轮转过几个齿，通过丝杆使工作台

沿水平方向移动一定距离；当棘爪向右摆动时，它的斜面从轮齿上滑动，棘轮不转动。因此导杆齿轮轴连续旋转使棘爪往复摆动，导致工作作周期的送进。

将棘爪提起后旋转 180°，即改变棘爪的方位，如图 0—12 b 所示，可使棘轮反转，工作作相反方向的周期的送进。

如将棘爪提起旋转 90°，把它的凸肩放入推动架的浅槽中，使棘爪与棘轮脱离，如图 0—12 c 所示，则棘爪虽仍往复摆动，但棘轮不动，机动送进停止，这时可采用手动送进。

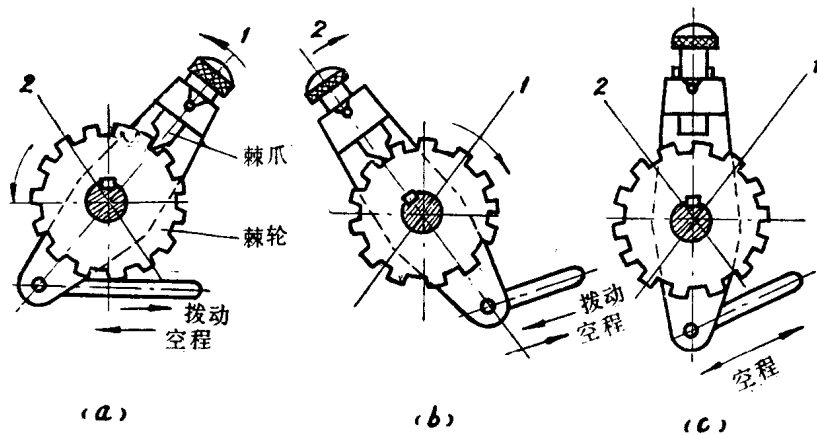


图 0—12

送进量大小的调节决定于棘爪拨动棘轮的齿数。改变偏心销在齿轮 B 上的径向位置(图 0—11)，可改变棘爪摆动角度的大小，使棘轮被棘爪推过的齿数改变，从而得到不同的送进量。

四、机械设计基础课程的内容与安排

从上面两种典型机器的结构和机构的介绍,可以看出机器结构复杂、种类繁多;要设计它们,问题很不简单,必须分析研究,找出规律,抓住矛盾,一一解决。众所周知,事物是有个性和共性的,机器也是如此。内燃机有气缸、活塞、阀门,这些东西牛头刨床就没有;牛头刨床有床身、刨头、横梁,这些东西内燃机又都没有。凡反映机器个性的零件称为专用零件,设计时往往还需要专业方面的知识。在另一方面机器也有反映共性的通用零件和常用机构,如齿轮、轴、螺栓、轴承、连杆机构、凸轮机构、轮系等等。《机械设计基础》课程主要是讲述通用零件和常用机构的设计。各种专用零件和特殊机构的设计,则由其它课程去讲。

机械设计的过程,首先是明确机器的用途、性能和运动要求等(根据设计任务书的规定)。其后就是作机构设计。以设计牛头刨床为例,就是根据刨削行程与空回行程的要求设计摇臂机构;根据间歇走刀的要求设计棘轮机构等等。设计机构要先画出机构运动简图,再研究各构件有关的位置、速度、加速度,看是否符合设计要求。这就需要用到运动学、动力学和机构学的内容。

有了机构设计以后,就可以进行零件的设计了。为此首先要分析各零件所受外力,再根据外力来进行内力和变形计算,决定零件的材料、形状和尺寸,使它们在工作中能有足够的强度、刚度、稳定性和寿命。零件设计要用到静力学、材料力学,有时还用到动力学,同时也要考虑到材料和热处理、结构工艺性以及规格、标准等等。

根据上面的分析,本课程各部分内容安排的教学顺序可以分为二条线:一条线是静力学、材料力学、零件设计;另一条线是运动学、动力学、机构设计。这两条线不是互不相关的,实际上动力学需要静力学作基础,而材料力学中的部分内容,又与动力学的部分内容有密切关系。所以这两条线在教学中宜平行并进,这样才能密切配合,以取得较好的效果。

还有一点必须指出,就是本课程是以设计常用机构和通用零件为主的,并为专业机械设计打下基础。

本书是为机械制造类工人大学编写的教材,难于照顾到各厂的特殊情况。在理论联系实际方面,书中只能列举比较常见的机器。各厂工大还可再以本厂设备为对象,编写适当的补充教材、例题、习题等。这样可使学员感到格外亲切,因而有助于改善教学效果。

本课程的教学,应着眼于培养学员分析问题和解决问题的能力。

广大工人群众政治觉悟高,又能使用机器进行生产劳动。如果能有更多的工人精通机械设计的技术和业务,使自己成为内行,又红又专,这将对祖国工农业的迅速发展和提前实现四个现代化增添不可估量的力量,本书对此寄以殷切的期望。

第一篇 机械构件的静力分析

无论什么机械都是由许多构件组成的，构件和构件之间都有力的作用。我们在确定构件的材料、形状和小时，必须掌握关于力的科学知识，才能对构件的受力情况进行正确的分析，然后进行设计。

构件的静力分析是研究构件处于平衡状况时的受力情况。所谓平衡是指物体相对于地面静止或作匀速直线运动或匀速转动。

有的构件虽不是处于严格的平衡状态，但我们对它仍可进行静力分析，这是因为静力分析只是没有考虑由于运动状态的改变所引起的构件惯性力的作用，因此在运转速度不很高、构件惯性力不是主要因素的情况下，静力分析是对机构进行粗略计算的简便方法，可以省掉对机构进行复杂的运动和动力分析的步骤。

第一章 构件受力分析基础

第一节 力的概念

一、什么是力

由日常经验可知，当人推车时，可使车子由静止转为运动；手拉弹簧，可使弹簧伸长。这些都离不开力的作用。力的概念如下：力是物体与物体间的机械作用，它能引起物体机械运动的改变，并引起物体的变形。本篇只研究力对物体的运动效果，下篇则研究力使物体变形的问题。

既然力是物体之间的互相作用，它就不可能脱离物体而存在，并且每一个力都必有它的施力体和受力体，在分析力时一定要注意它是谁对谁的作用。

作用在机械零件上的力是多种多样的，就它们的作用情况，严格地讲，都是分布在一定的面积上或体积内的各点上的。举例来说，车床的拖板压在床身的导轨上，它们中间的作用力就是分布在二者之间的、广大的接触面上的。再如液压油缸内活塞端面上受到油的压力，是分布在整个端面上各点的。就是两个齿轮的齿接触，作用力也是分布在一条狭长面积上的。这都是作用力分布在面积上的实例。作用力分布在机件体积内各点的情况也不少，例如重力、磁力都是作用在机件的整个体积内各点上的。这种分布作用于机件面积或体积上的力叫做分布力。有些力作用的面积或体积很小，可以把它看作是作用在一个点上的。这种力叫

做集中力，可以用一个箭头来表示，画在该力的作用点上。如车削时工件作用于刀尖上的力 P （图1—1中所示）；又如工件表面作用于测量千分表触头上的力等，作用的面积也很小，也可以看作是集中力。

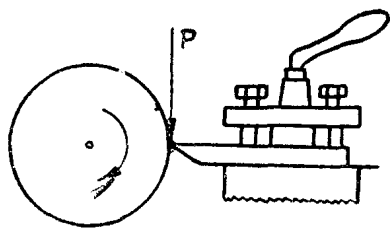


图 1—1

分布作用在大面积、大体积上的力，在我们分析研究力学问题时，也往往可以把它简化为一个作用在某恰当点上的集中力，这样就方便多了。例如作用于图1—2中所示机床上的重力，可以用作用在重心 G 点上的集中力 W 来代表。一个物体的重心 G 的位置，可以用计算或实验的方法求得。关于重心的问题将在第二章里讲述。以后我们把集中力也简称为力，如力 P 、力 W 等。

我们在进行机械设计制造时，经常遇到的力有：

1. 重力

各种物体（机件）都有重量，即受有重力的作用。重力就是地球对物体的引力。一个机件的重量 W 可以量出来，也可以由它的体积 V 和材料的比重（即单位体积的重量） γ 算得：

$$W = \gamma V \quad (\text{公斤}).$$

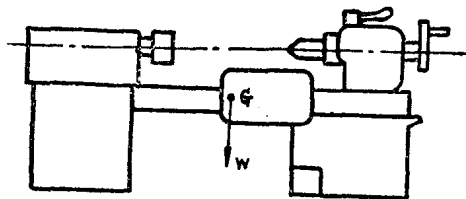


图 1—2

2. 接触压力

机件与机件相接触的地方，一般都有压力互相作用。这种压力是垂直于接触面的。例如机床的床身与底座用联接螺栓固定在一起，螺栓、底座、床身、垫圈与螺母分别彼此接触，接触面上都互相有压力作用。又如齿轮 A 与齿轮 B 在 C 点处接触，如图1—3所示，当齿轮 B 顺时针方向转动以推动齿轮 A 时，在接触点 C 处就有一个垂直于接触面的压力 P 作用于齿轮 A 上。

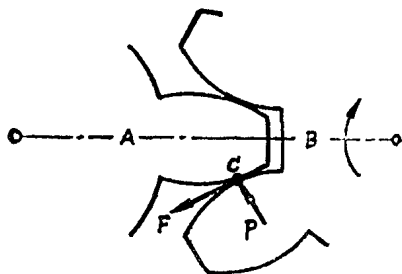


图 1—3

3. 摩擦力

由于机件表面不是绝对光滑的，所以在两个接触面有相对滑动或滑动趋势时，沿着接触面方向就出现了摩擦力。对于图1—3的情形，接触面间的摩擦力如 F 所示。所以在两齿接触点 C 处作用于齿轮 A 的力，实际上有压力 P 和摩擦力 F 两部分。摩擦力是一种很常见并且很重要的力，我们在下边第三章里还要加以研究。

4. 电磁力

铁芯绕上导线，在导线上通过电流时，铁芯就磁化而对附近的铁块（机件）产生很大的吸力，其大小约正比于导线的圈数与电流的大小。这种力作用迅速，使用方便，在机械上用处很多，如电磁离合器，电磁制动器，液压系统中的电磁阀等等。

5. 液体压力

液压传动系统完全是靠液体的压力来工作的。液体压力在液体内部是各向相同的。当液体与机件表面接触时，其压力方向，对于静止液体，不管表面的形状如何，永远是垂直于机件表面的。图1—4表示一个液压油缸内各机件表面承受液体压力的情况。 A 是油缸， B 是活塞， C 是活塞杆， D 是高压液体。右图 $K-K$ 表示油缸壁的压力分布情况。

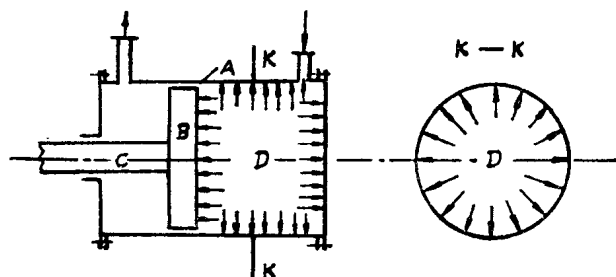


图 1—4

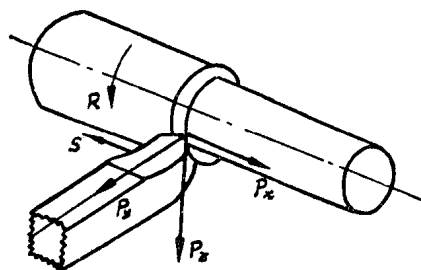


图 1—5

6. 切削力

当刀具切削工件时，刀刃与工件被切处彼此有压力作用：刀刃用力切削工件，工件也用力阻抗刀刃。如图 1—5 所示，工件按箭头 R 所示旋转，刀子沿 S 箭头方向走刀。刀尖受到切屑向下向外和向后的推压力，这种工件切屑作用于刀尖上的切削力，通常都用三个垂直分力 P_z 、 P_s 和 P_x 代表，它们的大小是随切削深度 t 与进给量 s 以及工件材料与刀具参数而变的。这方面的问题另有专门课程讲授，于此不再详细讨论。

二、力的三要素，矢量表示法

我们研究力首先要弄清楚力有些什么特点，它是怎样确定的，以及我们怎么表示它。我们以起吊机床为例来分析。吊机床时总是象图 1—6 所示，钢丝绳在 MA 的位置向上拉。力量太小时，吊不起来；力量大了就可以把机床吊起来了。可见力的大小是一个重要的因素。再看一看力的方向也很重要。如果我们不是铅垂地向上拉，而是斜着用劲往旁边拉，如虚箭头 MB 所示，机床就要旁滑或翻转，这非常危险，是不允许的。可见力的方向也是一个重要的因素。还有力的作用点也是一个重要因素。例如钢丝绳不是作用于 M 点，而是作用于另外一点 N ，显然机床也要倾斜，可能使起吊发生事故。所以力的大小、方向和作用点是决定力的效果的三个要素。要明确地表示一个力，必须给出它的大小、方向和作用点。

力的大小在工程单位制中是用克、公斤或吨为单位的。

通过力的作用点并沿力的方向的直线称为力的作用线，这也是一个常用的名词。

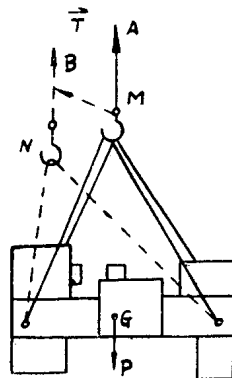


图 1—6

有大小、方向的量在数学上叫做矢量，它可以用一个带箭头的线段表示。例如图 1—6 中起吊机床的力可以用矢线 $\overrightarrow{MA}$ 表示： $\overrightarrow{MA}$ 的长短表示力的大小， $\overrightarrow{MA}$ 的方向表示力的方向， M 表示作用点的位置。这样的矢量又可以用字母代表，例如我们可以用 T 代表矢量 $\overrightarrow{MA}$ 。书写时用符号 $\rightarrow$ 表示矢量；印刷则用黑体字母表示矢量，如 $\mathbf{T}$ 、 $\mathbf{P}$ 等，普通字母 T 、 P 等则代表矢量的大小。矢量另有自己的一套运算法则，如加、减、乘等等，与普通的标量不同。除力之外，还有速度、加速度等也是矢量。

第二节 力的基本性质

经过大量的生产实践和科学实验，人们得出了力的几个基本性质，它们的正确性早已为