

中级技术工人培训教材

机械基础

冷加工适用

四川省机械工业厅统编

四川科学技术出版社

中级技术工人培训教材

机 械 基 础

(冷加工适用)

四川省机械工业厅统编

四川科学技术出版社

一九八六年·成都

责任编辑：解励诚

封面设计：李文金

版面设计：解励诚

中级技术工人培训教材

机 械 基 础 (冷加工适用) 万能武等编

四川科学技术出版社出版 (成都盐道街三号)

四川省新华书店发行 内江新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14.5 字数 370 千

1986年7月第1版 1986年7月第1次印刷

印数： 1—17,000 册

书号：15298·224

定价：2.50 元

前 言

为了贯彻中共中央关于教育体制改革的决定，加速对工人，特别是青壮年技术工人的培训，不断提高工人队伍素质，尽快改变目前机械工人队伍中，高、中级工人比例偏低的情况，以适应机械工业“上质量、上品种、上水平和提高经济效益”的需要。根据机械工业部对中级技术工人培训的要求，我们组织重庆、成都、自贡三市机械局，编写了《机械制图》、《电力拖动基础知识》、《机械基础》、《机械加工工艺基础》这一套冷加工中级技术工人培训基础课教材，供全面开展中级技术工人培训使用。

编写这套教材，是以机械工业部颁发的《工人技术等级标准》和《工人中级技术理论教学计划、教学大纲》中对冷加工中级技术工人要求为依据，并注意了在职工人时间少，文化理论水平偏低，实践经验较丰富的特点，坚持了“少而精”和理论联系实际的原则。内容既力求简明扼要，又要保持理论的科学性、系统性；既注意了紧密联系生产实际，学以致用，又要在理论上有一定的深度；并力求在文字上通俗易懂，便于自学。教材中使用了已经公布推行的公差与配合、形位公差、机械制图等有关新的国家标准(GB)。教材各章附有一定数量的复习和练习题，供学员复习时选用。本教材主要适用于冷加工各工种。此外，电工、铆焊等专业工种也可根据本专业教学大纲的要求，选用其中的部分内容。

这套教材的编写，得到重庆、成都、自贡三市机械局和有关企业、学校和四川科学技术出版社的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，编写经验不足，教材中难免有缺点和错误，我们恳切希望读者和教师提出宝贵意见，以便修订再版。

四川省机械工业厅工人
技术培训教材编审小组

一九八五年十月

编者说明

本书是四川省机械工业厅统编的机械工人技术培训教材，由成都市机械工业局负责组织编写。

全书共分三篇十章。第一章物理知识与力学基础知识，第二章理论力学基础和第三章材料力学基础，由肖襄同志编写；第四章常用机构和第六章常用机械传动，由杨成林同志编写；第五章常用零件和部件，第七章液压传动基本知识，第八章常用液压元件，第九章液压基本回路简介和第十章机床液压系统实例由万能武同志编写。全书由万能武同志合稿，并由麦亮莹、林绍定、曹凤翔同志参加审稿。机械图形由莫廷祥同志审订。全书预计授课时数为110学时。

书中各计量单位统一使用了国际单位制(SI)，各主要计量单位及换算关系见书末附表二“主要计量单位一览表”。书中各物理量代号及脚标，除部分使用了国际通用符号外，均使用汉语拼音字母。

本书适用于冷加工专业中级技术工人。热加工专业可选学第二、五、六、七、八、九、十等章的部分内容。

目 录

第一篇 工程力学

引言	1
第一章 物理知识与力学基础知识	2
§ 1—1 工程中的力学问题	2
§ 1—2 牛顿运动定律	3
§ 1—3 功和能的概念	4
§ 1—4 机械振动和机械波	6
复习和练习	8
第二章 理论力学基础	10
§ 2—1 静力学基本概念	10
§ 2—2 平面力系	15
§ 2—3 空间力系	25
§ 2—4 摩擦与自锁	28
§ 2—5 刚体定轴转动	33
复习和练习	36
第三章 材料力学基础	40
§ 3—1 材料力学概述和基本假设	40
§ 3—2 轴向拉伸和轴向压缩	41
§ 3—3 剪切和挤压	50
§ 3—4 圆轴扭转	54
§ 3—5 弯曲	59
复习和练习	70

第二篇 机构与机械零件

引言	73
第四章 常用机构	74
§ 4—1 平面连杆机构	74
§ 4—2 凸轮机构	80
§ 4—3 间歇运动机构	86
复习和练习	89
第五章 常用零件和部件	91
§ 5—1 销、键联接	91

§ 5—2 螺纹联接	95
§ 5—3 弹簧	102
§ 5—4 联轴器和离合器	104
§ 5—5 轴	107
§ 5—6 滑动轴承	115
§ 5—7 滚动轴承	119
复习和练习	126
第六章 常用机械传动	129
§ 6—1 带传动	129
§ 6—2 齿轮传动	139
§ 6—3 螺旋传动	160
§ 6—4 定轴轮系传动计算	162
复习和练习	167

第三篇 机床液压传动基础

引言	172
第七章 液压传动基本知识	173
§ 7—1 液压传动工作原理和液压系统组成	173
§ 7—2 液压传动的一些基本概念	175
复习和练习	179
第八章 常用液压元件	180
§ 8—1 油泵和油马达	180
§ 8—2 液压油缸	185
§ 8—3 液压控制阀	188
§ 8—4 液压辅助装置简介	199
复习和练习	202
第九章 液压基本回路简介	205
§ 9—1 速度控制回路	205
§ 9—2 压力控制回路	207
§ 9—3 换向回路	209
§ 9—4 顺序动作回路	210
复习和练习	212
第十章 机床液压系统实例	214
§ 10—1 MB1332A型半自动外圆磨床液压传动	214
§ 10—2 M7120A型卧轴矩台平面磨床液压传动	217
§ 10—3 机床液压系统常见故障与排除方法	220
复习和练习	223
附表一 常用液压系统图图形符号 (摘自GB786—65)	224
附表二 主要计量单位一览表	225

第一篇 工程力学

引言

在生产实践中，“力”的问题是一个广泛而重要的问题：提升重物、开动车辆和各种机器需要力；机床加工零件要有切削力、冲压力等，才能制造出产品所需的外形和尺寸；弹簧在外力作用下变形，为保证零构件受载荷作用后不致于破坏，其横截面尺寸要达到一定的要求；为防止使用中变形，精加工前的零件铸锻毛坯要经过时效处理以消除内应力……。由上可见：一切物体的运动和变形都与力密切相关。

工程力学是研究物质的运动和变形与力的关系的一门学科，分类很广。常见的固体物质受力后产生的效应（即表现、反应）可分两种类型：外效应——物体机械运动状态的改变；内效应——物体原有形状和尺寸的改变。针对这两种效应，工程力学有两个基本学科：

理论力学：研究物体受力与运动状态改变的规律。

材料力学：研究物体受力与变形的规律。

工程力学是解决工程应用中各种力的分析的理论，用以指导设计、生产和使用的技术基础课程。力的产生与物质运动紧密相关，同时与能量、功耗、效率等相联系。本篇内容分为物理知识与力学基础知识、理论力学基础和材料力学基础三个部分，用由浅入深、循序渐进的方式作简明讨论。

第一章 物理知识与力学基础知识

§1—1 工程中的力学问题

一、工程中的力学应用实例

各种机器和零件，都会因受力而运动、变形，也都有既要保证安全受载使用，又要节约材料和能源，体积小，重量轻等方面的要求。工程实际中的典型实例很多。

图 1—1 是一台桥式起重机起吊重物的示意图。在电动机驱动的钢丝绳牵引下，使具有一定质量的重物由静止状态转变成向上运动的状态。由于重物重力载荷的作用，起重机的钢丝绳、吊钩、横梁以及支承起重机的立柱都会因受力而变形。为了满足使用要求，必须将起重机的各个受力部分设计出合理的截面尺寸，以避免因承载面积过小而发生过度变形或断裂，但又要防止截面过于粗大而造成人力、能源和材料的浪费。

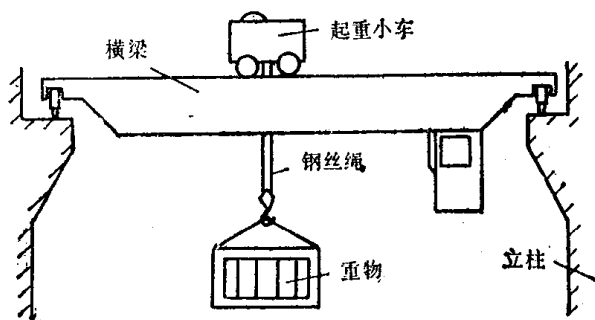


图 1—10 桥式起重机

二、机械运动和力

运动是物质的存在方式和固有属性。机械运动是最简单的物质运动形式，包括了各种物体随时间变化而产生的位置、运动状态和形状的改变。物体的平衡（如物体相对地球静止、匀速直线运动）是机械运动的特殊情况，应用普遍，本书将作为讨论的重点。应该注意：物质的运动是绝对的，一切平衡都是相对的和暂时的。

力的定义：力是物体之间由于机械运动引起的相互作用，这种作用使物体的运动状态发生改变或使物体产生变形。物体因相互作用而发生运动状态变化或变形的现象，称为物体受了力。力不能脱离物体而存在。研究物体间力的作用时，往往把相对主动的物体称为施力物体，相对被动的物体称为受力物体。

三、力的基本概念

1. 力的计量单位 我国现在统一采用了国际单位制计量力的大小。国际单位制中，力的

基本单位是牛顿（记为N）。在已淘汰的工程单位制中，力用公斤力（或千克力，记为kgf）来计量。两种计量制的换算关系为：

$$\begin{cases} 1\text{N} = 0.102\text{kgf} \approx 0.1\text{kgf} \\ 1\text{kgf} = 9.81\text{N} \approx 10\text{N} \end{cases} \quad (1-1)$$

2. 力的表示 力对物体的作用效应不但取决于它的大小，还取决于它的方向。这种既有大小，又有方向的量称为矢量（或向量），用带有箭头的有向线段表示。用带箭头的有向线段表示力的作用时，这条矢量线称为力的作用线。当力作用线每单位长度代表的力的大小已知时，力作用线的长度即代表了这个力的大小，其箭头表示了力的方向。通常，力的作用线应按实际方向画在物体的受力点上。图1—2是人（未画出）拉小车时的力的表示情况，AB线段即力的作用线，表示拉力 $\overline{F}$ 的大小（50N）和方向（向右上方）。本篇中，字母上加横线表示矢量。

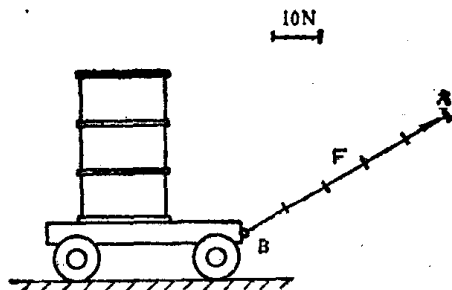


图1—2 力的表示

3. 力的三要素 力对物体的作用效果决定于三个方面，称作力的三要素：

- (1) 力的大小；
- (2) 力的方向；
- (3) 力的作用点。

三要素中任何一个改变，力对物体的作用效果随之改变，见图1—3。图中双点划线代表了物体受力后发生的运动情况。

4. 力系 同时作用在同一物体上的若干力称为一个力系，日常所见的物体一般都受到力系的作用。

当一个力系对某物体的作用效果与另一力系对该物体的作用效果相同时，称这两个力系互为“等效力系”。

当一个力 $\overline{R}$ 对某物体的作用效果与一个力系对该物体的作用效果相同时，称力 $\overline{R}$ 为该力系的合力。力系中每一个力则称为合力 $\overline{R}$ 的分力，见图1—4。

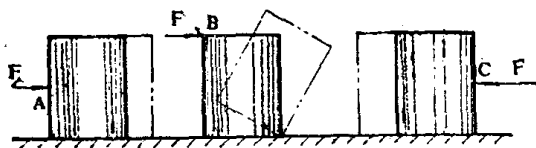


图1—3 力的三要素

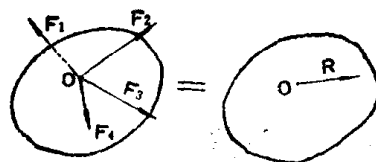


图1—4 分力与合力

当一个力系的合力为零时，物体原有的运动状态不受此力系的影响，这个合力为零的力系称为平衡力系。

§1—2 牛顿运动定律

一切具有质量的物体相互都有引力存在，这就是万有引力定律。地球吸引一切常见的物体并使物体具有重力（重量），这是万有引力存在的一种形式。力学研究中，许多情况和因

题都与重力有关。

牛顿运动定律是力学的基本定律，它是从无数客观事实中归纳整理出来的，用于描述宏观、较低速状态下的物质运动*。牛顿运动定律有三条，分述如下：

1. 第一运动定律（惯性定律） 任何物体都有保持静止或匀速直线运动的特性，直到其它物体的作用力迫使它改变这种状态为止。

第一运动定律说明任何物体都有惯性——即保持其原有运动状态的能力，同时也确定了力的含义：力是改变物体运动状态的决定作用。

2. 第二运动定律（力与加速度定律） 物体受到外力作用时，所获得的加速度 $\overline{a}$ 的大小与合外力 $\overline{F}$ 的大小成正比，并与物体的质量 m 成反比；加速度 $\overline{a}$ 的方向与合外力 $\overline{F}$ 方向相同。即

$$\overline{a} = \frac{\overline{F}}{m} \quad (1-2)$$

在式(1-2)中， m 的单位是千克， $\overline{F}$ 的单位是牛顿， $\overline{a}$ 的单位是米/秒²。

第二运动定律对作机械运动的物体上的力、质量和加速度在一瞬间的关系，作了定量的描述。

3. 第三运动定律（作用和反作用定律） 当物体A以力 $\overline{F}_1$ 作用在物体B上时，物体B必以力 $\overline{F}_2$ 作用在物体A上； $\overline{F}_1$ 和 $\overline{F}_2$ 在同一直线上，大小相等，方向相反。见图1-5。

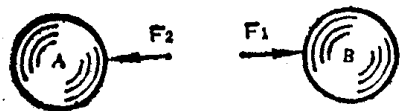


图1-5 作用力与反作用力

第三运动定律说明：作用力和反作用力总是成对出现，大小相等，方向相反，作用线共线，分别作用在两个相互作用的物体上。它们互为反作用，同时存在，同时消失。作用力和反作用力与物体是否平衡无关。

§1-3 功和能的概念

一、功和能

1. 功的概念 设力 $\overline{F}$ 大小不变，作用在物体上并使物体沿力的方向运动了距离 s （即物体的位移为 s ），则称力 $\overline{F}$ 对物体作了功，见图1-6a。功的大小为：

$$A = F \cdot s \quad (1-3)$$

又如图1-6(b)，若 $\overline{F}$ 与 s 方向不同，两者之间的夹角为 α 时，则力 $\overline{F}$ 对物体所作的功为：

$$A = F \cdot \cos\alpha \cdot s = F s \cos\alpha \quad (1-4)$$

* 牛顿三定律不适合描述在超高速（接近光速）和微观（如原子、电子）运动状态下的物质运动规律。牛顿力学又称作古典力学或经典力学。

以上分析可见：恒力的功，等于力在作用点位移方向的投影分量与受力物体位移距离的乘积。功是只有大小没有方向的量，即“标量”。根据力的方向和物体的位移方向可知：力对物体可以作正功（力方向与位移方向夹角 $<90^\circ$ ）、作负功（力方向与位移方向夹角 $>90^\circ$ ）和不作用（即作零功，力方向与位移方向夹角 $=90^\circ$ ）。

功的单位为[力·位移]=牛顿米（ $N\cdot m$ ），称作“焦耳”（ J ）。

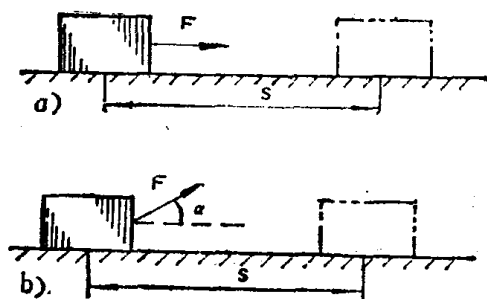


图 1—6 恒力的功

2. 能量 能量是重要的物理和工程概念。一个物体能够做功，我们就说这个物体具有能量。能量是物质运动的度量。

能量种类很多，机械运动中的能量称为机械能，分为动能和势能。

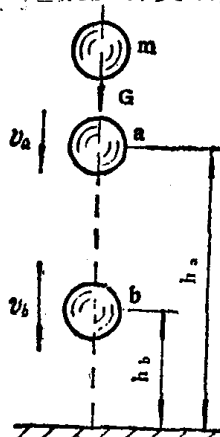


图1—7 动能和势能转换 这种现象称为“机械能守恒”。

动能（记为 E_k ）：物体由于运动（具有速度）而具有的能量。

势能（又称位能，记为 E_p ）：物体由于受外界影响而具有的能量，如从高处下落的物体能够做功，说明它具有重力势能；受外力而变形的弹簧在恢复原状时能够做功，说明它具有弹性势能等。

能量的相互转换及机械能守恒：一个从高处下落的物体假设除重力 G 外不受其它外力作用（图 1—7），则在降落过程中（如 ab 段），一方面物体的动能随下落速度的加快而增大，另一方面随着高度的降低，物体的势能逐渐减少。这表明物体的势能转换成了动能。物体下落中能量在相互转换，但总的机械能（动能和势能的总和）将保持不变，

二、功 率

衡量力在单位时间内做功的大小，采用了功率这样一个物理量，记为 P 。

功率等于力在作用点速度方向的投影分量与受力物体速度的乘积，即

$$P = F \cdot V \quad (1-5)$$

功率是标量，其单位为[力·速度]=焦耳/秒，称为“瓦特”（ W ）。工程应用中，常用功率单位有千瓦（瓩， kW ）、马力（ Ps ）等，换算关系为：

$$\begin{cases} 1kW = 1000W = 1.36Ps \\ 1Ps = 735.5W = 0.7355kW \end{cases} \quad (1-6)$$

由式（1—5）可知：当机器的功率一定时，若需要的力 F 较小，则速度 V 可加快；若需要的力 F 较大时，速度 V 则应减慢。例如：车床在额定功率下加工零件，进刀量小时切削力小，可用较高的转速；进刀量大时则只能用较低的转速。

三、效 率

机器运转时，由于存在各种阻力，原动机（如电动机、柴油机等）输出的功率总有一部分消耗在克服这些有害阻力上，这部分功称为损耗功，用 A 表示。机器工作部分得到的实

际功（工作功、有用功）记为 A_g 。由于 A_s 的存在，有用功总是小于原动机输出的总功 A 。工作功 A_g 等于总功 A 与损耗功 A_s 之差，即

$$A_g = A - A_s \quad (1-7)$$

为了衡量机器工作部分对能量的利用程度，提出了效率这一概念。效率（记为 η ）定义为：机器的工作功 A_g 与总功 A 的比值。 η 是一种相对度量，常用百分比表示。即

$$\eta = \frac{A_g}{A} \times 100\% = \frac{A - A_s}{A} \times 100\% \quad (1-8)$$

由于 $A_s \neq 0$ ，所以效率 η 恒小于 1。机器的损耗功 A_s 越小，计算出的 η 就越接近 1，这表明该机器对能量的有效利用程度就越高，即该机器的效率高。

若令 $\varphi = \frac{A_s}{A}$ ，则公式（1-8）可写成：

$$\eta = \frac{A_g}{A} \times 100\% = (1 - \varphi) \times 100\% \quad (1-9)$$

式中， φ 称为机器输入总功的损失系数， $\varphi = 1 - \eta$ 。

§1-4 机械振动和机械波

一、振动和波的概念

机械振动是工程中常见的物理现象。挂在弹簧上的物体在外力干扰下作往复运动是机械振动最简单的例子，见图1-8。工程中的振动实例很多：桥梁在车辆通过时会引起振动；发电机、砂轮机由于转子不平衡也会产生振动……。可见，机械振动是指物体在一定条件下于平衡位置附近所作的往复性机械运动。产生机械振动的物体称作振体，振体的平衡位置称为振动中心，如图1-8中的M点。

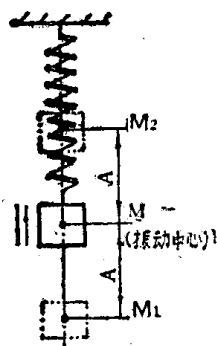


图1-8 振动模型

许多情况下振动是有害的：它会损坏机件；加速机器磨损，缩短其寿命；造成机床加工精度和产品表面质量降低；振动产生的噪声是一种有害的物理污染等。振动也有有利的一面：工程中可利用振动原理制成工作机械或形成加工方法，如振动造型和捣固；振动清铲和打磨；振动运输和筛选等。悦耳的音乐，实际上也是依赖各种乐器适度的振动产生的。

振动和波动有着十分密切的联系。振动是产生波动的根源，波动是振动在一定介质（也称媒质，如空气、水、各种固体等）中的传导。自然界中，波分为两大类：机械波和电磁波（光波是一种电磁波）。由于振源的存在，机械波是指由振体振动而引起的随时间作周期性往复变化的能量在周围介质中的传递现象。例如人耳听到的声音，就是由振源发出的通过空气传来的声波。机械波的坐标图形见图1-9，图中，横坐标 t 轴代表时间，单位为秒；纵坐标 x 轴代表波动的大小。

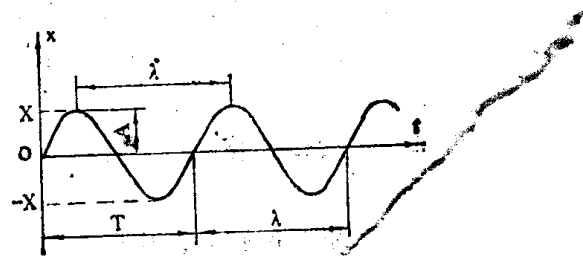


图1-9 机械波波形

二、描述振动和波的物理量, 振动的分类

1. 描述振动和波的物理量有以下几个:

(1) 周期 T : 振体每振动一次所需的时间称为周期, 见图1—9;

(2) 频率 ν : 振体每秒内振动的次数称为频率;

振动频率 ν 与周期 T 互为倒数, 即

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1-10)$$

(3) 振幅 A : 振体在振动中偏离平衡位置的最大距离称为振幅, 见图1—9;

(4) 波长 λ : 振体连续振动发出振波时, 振波之间对应点的距离, 见图1—9;

(5) 波速 u : 振波传递的速度。

波长 λ 、波速 u 与周期 T 或频率 ν 之间的关系为:

$$u = \frac{\lambda}{T} \quad \text{或} \quad u = \lambda \nu \quad (1-11)$$

由于通过一定的介质(如空气、水和各种固体)时, 振波的波速是恒定的, 因此据式(1—11)可知: 波长取决于振源的频率。频率越高, 波长越短; 频率越低, 波长越长。

2. 振动的分类

(1) 简谐振动: 是一种最简单的振动。作简谐振动的振体, 其周期 T 和振幅 A 保持定值, 振动波形为正弦曲线或余弦曲线, 见图1—10a。

振体或振动系统在不受外力时产生的简谐振动称为无阻尼自由振动, 其周期和频率称作该振体或振动系统的固有周期 T_0 和固有频率 ν_0 。各种材料制成的零、构件(都可视作弹簧)均有自己的固有周期和固有频率。

(2) 阻尼振动: 当振体受有一定阻力时, 振动中振幅将逐渐减小, 最后在平衡位置停止下来, 这种振动称为阻尼振动, 其波形见图1—10b。阻尼振动时, 振幅衰减的速度取决于振体受到的阻力的大小。当阻力足够时, 振幅将急剧减小, 振体振动几次甚至来不及振动就停止在平衡位置上。

(3) 受迫振动: 自然界中各种阻力总是存在的, 如摩擦阻力, 空气阻力等, 若没有能源的不断补充, 振动系统的振动最终总会停止下来。为了获得持续的振动, 通常是对振动系统施加一定周期性变化的力。图1—11中的弹簧——小球振动系统, 当小球浸在油液中时将作阻尼振动; 但通过电动机偏心轮转动时对振动系统施加了周期性外力后, 小球就能够持续地在油液中振动下去。物体在周期性外力的持续作用下产生的振动称为受迫振动, 这种周期性变化的外力称为强迫力。工程中常见的振动多是受迫振动。

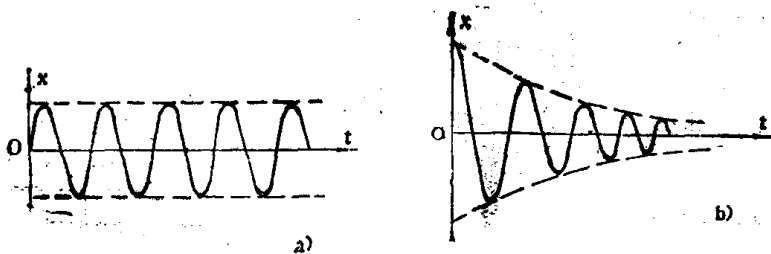


图1—10 简谐振动和阻尼振动

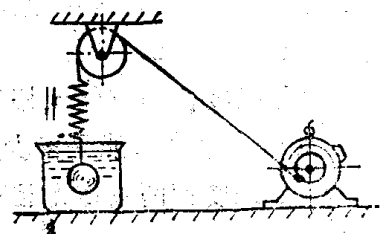


图1—11 系统受迫振动

当强迫力按简谐规律变化时（如电动机带动的偏心轮），稳定的受迫振动是简谐振动。当强迫力的频率与振动系统的固有频率 ν_0 一致（相等）时，振体受到外界供应的能量最多，其振幅 A 将无限增大，这就是共振。共振是普遍的物理现象。共振发生时，振动的激烈程度足以破坏振动系统。例如当外部强迫力的频率与桥梁、机器或主轴的固有频率相同而共振时，不仅会影响桥梁、机器或主轴的正常工作，还往往造成后果严重的破坏。当然，共振也有有利的一面：很多声、光、电仪器就是利用共振原理制成的。

三、有害振动的防止

工程中，必须避免和防止有害的振动和共振，主要的措施有：

1) 吸振和减震：对产生振动的机器和振动局部设置弹性吸振结构，采用弹性大的材料做衬垫等，吸收、减缓和隔离振动；

2) 对高速转动的零、部件进行静平衡或动平衡，防止通过转子重心的主惯性轴线与转动轴线不重合而引起振动。例如对汽轮机转子、磨床砂轮的平衡等。

3) 使构件工作时的载荷频率尽量与其固有频率相差一定数值，而不能使两者相等或接近，避免产生共振。如转轴的转速应控制在其共振转速的70%以下，或高于其共振转速15%。要注意的是，一定材料制成的零、构件的固有频率往往不止一个，当其工作载荷的频率高于构件的第一固有频率时，应注意不使其与以后的各个固有频率相等或接近。

复习和练习

1—1. 什么是力？力对物体的作用取决于哪几个因素？物体受力后会产生哪两类效应？这两类效应各指的是什么？

1—2. “一物体处于平衡状态”指的是什么？平衡状态是物质的机械运动状态吗？

1—3. 一重量为 G 的物体用绳子吊在空中并保持静止，问：（1）该物体处于何种运动状态？（2）该物体受到哪些力的作用？（3）这些力的等效合力为多大？

1—4. 一空降兵体重68公斤力，在合力为15牛顿的水平风力作用下匀速降落，见图1—12。试取定力比例尺，画出降落过程中作用在空降兵身上的全部外力。

1—5. 牛顿运动定律有哪些？它们各说明什么问题？

1—6. 两物体叠放在光滑的水平面上，见图1—13。已知 m_1 的质量为4千克， m_2 的质量为6千克， m_1 与 m_2 之间有摩擦作用，当水平外力 $\bar{F} = 24.6$ 牛顿时刚能使两物体之间发生相对滑动。试回答：

（1）如果要使两物体无相对滑动，加在 m_2 上的最大水平力只能是多少？

（2）如果要使两物体无相对滑动，加在 m_1 上的最大水平力只能是多少？

（3）在上述（1）、（2）情况下，系统的



图1—12

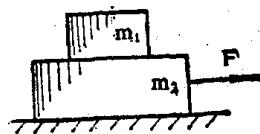


图1—13

加速度各是多大?

1—7. 什么是动能? 什么是势能? 当外力对物体作正功和作负功时, 物体原有的动能和势能将会怎样变化?

1—8. 当恒力的方向与物体的运动方向相同时, 恒力对物体作功怎样计算? 当恒力的方向与物体运动方向之间有一夹角 α 时, 恒力对物体作功怎样计算?

1—9. 在拔河比赛中, 蓝队输给了红队。问此过程中, 红蓝两队各作了什么功?

1—10. 甲以5米/秒的速度匀速提升一重为100牛顿的物体, 问10秒钟时, 甲作了多少功? 乙若以比甲快一倍的速度将该物体提升到同样的高度, 问乙作的功是否比甲大? 为什么? 上述两种情况下, 甲与乙的输出功率是否相同?

1—11. 一减速机工作时, 输入轴上的功率为5千瓦, 输入轴轴承的效率为0.99, 齿轮传动效率为0.96, 输出轴轴承的效率为0.97。问:

(1) 减速机的总效率是多少? 总的效率损失系数是多少?

(2) 输出轴输出的功率有多大?

1—12. 常见的振动有哪几种? 波有哪两大类? 振动和波有什么关系? 波速是什么? 怎样计算? 自然条件下, 波速主要取决于哪个物理量?

1—13. 什么是振动的周期、频率? 它们有什么关系? 振动系统发生共振的条件是什么? 共振时什么参数将无限增大? 怎样防止机械产生有害共振?

第二章 理论力学基础

§ 2—1 静力学基本概念

一、理论力学的性质、研究对象和任务

理论力学是研究物体机械运动一般规律的学科，具体地说，是研究力与机械运动变化关系的客观规律，着重于力作用的外效应（物体受力后运动状态变化）的研究。性质上，理论力学属于古典力学范畴，是一门重要的技术基础课。

为了突出研究主题，避免次要因素的影响，理论力学中的各个研究对象（即力学模型）是刚体。“刚体”是从物质个体中抽象出来、受力后形状和体积不发生改变的理想化物体。

为了有效地研究刚体受力后运动状态的变化规律，针对机械运动的具体表现形式，理论力学分为三个构成部分：

1. 静力学 主要研究刚体的受力分析方法和平衡状态下（主要是静止状态下）各作用力之间的关系。

2. 运动学 从纯几何学角度研究刚体的位移、速度和加速度之间的关系，而不考虑力的作用。

3. 动力学 主要研究刚体的受力和运动变化之间的关系。

二、静力学的基本概念和基本公理

1. 静力学的任务 平衡是刚体机械运动的一种特殊形式，物体相对地球处于静止或匀速直线运动的状态称为平衡。工程中，许多机器的零件或结构的构件（如机床的机架、主轴、桥梁、房架等）在研究它们的受力情况时均可将其视为处于平衡状态。静力学研究物体在外力作用下平衡的规律，建立各种力系的平衡条件；静力学还提供了力系的简化和物体受力分析的基本方法。

2. 静力学基本公理 人类经长期的实践和认识，不仅建立了力的概念，还总结出了力的各种性质。静力学的四条基本公理就是力的基本性质，这四条基本公理是研究力系的合成和平衡的基础。

公理(1)：二力平衡公理 受两力作用的刚体处于平衡的必要且充分的条件是：这两个力的大小相等、方向相反、且作用在同一条直线上（简称二力等值、反向、共线），见图2—1。