

机 械 设 计 基 础

东北工学院、七·二一工人大学合编

辽宁人民出版社出版
(沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行
鞍山新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $26\frac{1}{2}$

字数: 480,000 印数: 1—50,000

1977年5月第1版 1977年5月第1次印刷

统一书号: 15000·41 定价: ~~4.80元~~
2.78元

目 录

第一章 机械总论

一、机械的功用和组成	1
二、机动示意图及其画法	4
三、传动机构的作用	15
四、机器的运动分析、受力分析和传递功率计算	18
五、机械传动方案的选择	22

第二章 螺纹联接与螺旋传动

一、螺 纹	26
二、螺纹联接	32
三、螺旋传动	41

第三章 皮带传动

一、皮带传动的工作原理及应用特点	48
二、皮带传动中的打滑	50
三、影响皮带传动能力的因素	51
四、三角带型号和根数的确定	54
五、皮带传动的工作寿命	57
六、三角带传动的设计步骤和参数选择	58
七、皮带传动的使用和维护	60
八、例 题	61

第四章 链 传 动

一、链传动的类型和工作情况分析	63
二、链条与链轮	64
三、套筒滚子链传动的设计计算	68
四、链传动的使用维护常识	72

第五章 直齿圆柱齿轮传动

一、概 述	77
二、齿轮的各部分名称和标准齿轮的基本尺寸	78
三、齿廓啮合的基本定律	82
四、渐开线的基本特点及渐开线齿廓的几何计算	84

五、渐开线齿轮的啮合特点及正确、连续啮合的条件	87
六、齿轮的损坏	93
七、直齿圆柱齿轮传动的强度计算	95
八、齿轮的材料及许用应力	102
九、齿轮加工的基本知识	113
十、从标准齿轮向变位齿轮的发展	116
十一、变位齿轮的应用	118
十二、变位系数的选择	129
十三、封闭图的构成和应用	134
十四、变位齿轮传动的强度计算特点	139
十五、内啮合齿轮传动	142

第六章 斜齿圆柱齿轮传动

一、斜齿圆柱齿轮的齿廓形成及啮合特点	151
二、斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	153
三、斜齿圆柱齿轮的当量齿数	155
四、斜齿圆柱齿轮的重合度	156
五、斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	156
六、圆弧齿轮传动	160

第七章 直齿圆锥齿轮传动

一、圆锥齿轮的特点和应用	166
二、圆锥齿轮的齿廓形成及当量齿数	167
三、圆锥齿轮传动的几何尺寸计算	168
四、圆锥齿轮的强度计算	170

第八章 蜗杆传动

一、蜗杆传动的种类、特点和应用	173
二、普通蜗杆传动的几何尺寸计算	176
三、蜗杆传动的回转方向及受力分析	179
四、普通蜗杆传动的强度计算	180
五、蜗杆、蜗轮的材料及许用应力	182
六、蜗杆传动的散热计算	184

第九章 轮 系

一、概 述	187
二、定轴轮系	188

三、动轴轮系（周转轮系）传动比的计算	190
四、动轴轮系的受力分析	198
五、轮系的效率	200
六、行星轮系的设计特点	203
七、少齿差行星减速器概述	206

第十章 无级变速器

一、概 述	211
二、皮带式无级变速器	212
三、多盘式无级变速器	214
四、齿链式无级变速器	215

第十一章 平面连杆机构

一、平面连杆机构的结构分析	219
二、常用平面连杆机构的应用介绍	222
三、连杆机构的传动特性	229
四、平面连杆机构的设计	232

第十二章 凸轮机构

一、凸轮机构的应用	243
二、凸轮机构的分类	244
三、凸轮机构的分析	245
四、凸轮轮廓的设计	251
五、保证从动件与凸轮接触的措施	254
六、凸轮的制造	255

第十三章 间歇传动机构

一、棘轮机构	257
二、槽轮机构	259

第十四章 轴及轴毂联接

一、概 述	263
二、轴的材料	264
三、轴的设计步骤和轴径的初步估计	264
四、轴的结构设计	267
五、轴的强度校核计算	269
六、轴毂联接	270
七、轴的设计例题	270

第十五章 滚动轴承

一、概 述	281
二、滚动轴承的选择	283
三、滚动轴承的组合设计	295

第十六章 滑动轴承

一、概 述	303
二、滑动轴承的结构及其特点	304
三、轴 瓦	305
四、润滑剂及润滑装置	308
五、轴承承载能力的校核计算	314
六、推力轴承	316
七、滚动轴承与滑动轴承的比较	317

第十七章 联轴器、离合器和制动器

一、联轴器和离合器的功用	318
二、几种常用的联轴器	319
三、几种常用的离合器	329
四、制动器	335

第十八章 弹 簧

一、概 述	341
二、弹簧的材料及许用应力	342
三、圆柱螺旋压缩弹簧	343

第十九章 平 衡

一、回转质量的平衡	350
二、往复质量的平衡	353

第二十章 液压传动

一、液压传动概述	356
二、油泵和油马达	363
三、油 缸	375
四、阀 类	381
五、辅助装置	394
六、液压基本回路	400
七、液压传动应用实例及设计计算举例	407

第一章 机械总论

内容提要：本章是根据开门办学、厂(矿)校合办的需要，配合典型任务、进行调查研究，初定革新方案而编写的。本章重点解决两方面问题：一是结合典型任务调查研究时，能了解机器组成、画出机动示意图，并能对机器在传动中的运动、受力及功率进行初步分析和计算；二是能初步提出、讨论确定典型任务的方案。

一、机械的功用和组成

(一) 机械的功用

机械，或称机器，它是劳动人民在长期的阶级斗争、生产斗争中创造的，并随着生产的不断发展而发展着。机器作为重要劳动工具，它构成了生产力的重要组成部分。但是，在不同的生产关系即不同的社会制度下，它的功用截然不同。正象革命导师马克思教导我们那样：“……机器就其本身来说缩短劳动时间，而它的资本主义应用延长工作日；……机器本身减轻劳动，而它的资本主义应用提高劳动强度；……机器本身是人对自然力的胜利，而它的资本主义应用使人受自然力奴役；……机器本身增加生产者的财富，而它的资本主义应用使生产者变成需要救济的贫民；……”。* 这就是说，在资本主义社会里，机器使生产者延长工作时间，增加劳动强度，受自然的奴役，而且使生产者越来越贫困。只有在社会主义条件下，机器才是劳动人民进行三大革命斗争的工具，它可以减轻工人劳动强度，改善劳动条件，提高生产率，帮助人民创造更多的社会财富。这就要求我们在研究具体机器及机械设计基础知识时，首先必须明确，要从阶级和阶级斗争的观点，从路线斗争的观点上来看待机器的功用。

我国是发展中国家，但“中国应当对于人类有较大的贡献。”为了落实党的“十大”和“四届人大”提出的宏伟目标——在本世纪内把我国建设成强大的社会主义国家，为巩固无产阶级专政，多快好省地建设社会主义，我们必须遵照毛主席教导：“**只有在社会经济制度方面彻底地完成社会主义改造，又在技术方面，在一切能够使用机器操作的部门和地方，统统使用机器操作，才能使社会经济面貌全部改观。**”为社会经济面貌全部改观，为实现生产机械化而贡献力量。这就是学习机械设计基础课的目的。

(二) 机械的组成

生产中用的机器种类成千上万，结构及功用又各不相同，但从机器组成角度来看，它们又有共同点。下面就从几个实例分析入手，了解机器组成。

* 引自《马克思恩格斯全集》第二十三卷 483 页 1972 年 9 月版

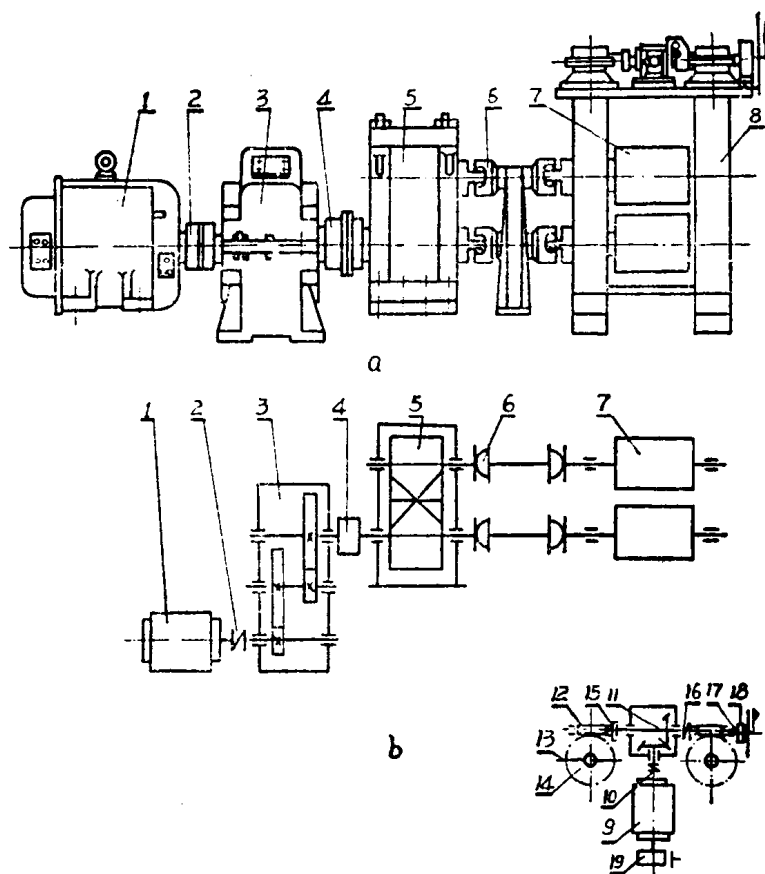


图 1-1

图 1-1a 是轧机图。它的运动分两个系统：一是主运动，实现轧辊转动，二是压下运动，实现辊缝的调节。主运动是电机 1 通过联轴器 2、减速器 3、联轴器 4 把运动传给人字齿轮机座 5，由 5 出来两根轴，经万向联轴器 6 带动轧辊 7 转动，实现轧制运动。压下运动是电机 9 经联轴器 10，圆锥齿轮 11 带蜗杆 12 转，12 又带蜗轮 13 转动，

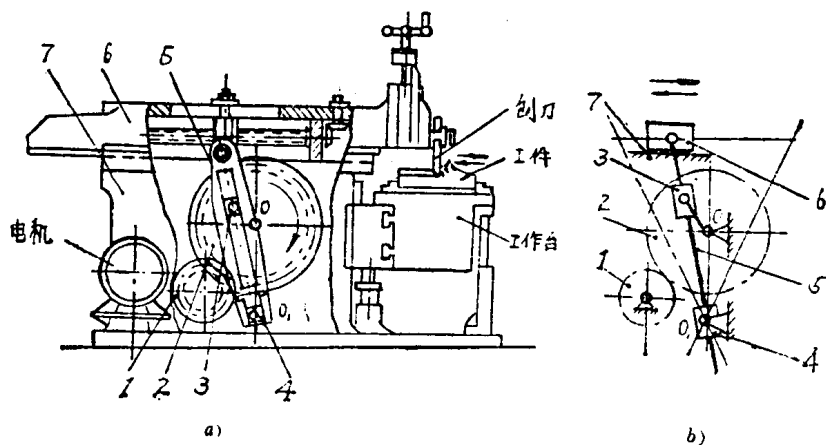


图 1-2

蜗轮带螺旋 14 转动，由于与螺旋相配的螺母装在牌坊 8 中不动，所以螺旋转动同时作上下移动，达到调整辊缝的目的。离合器 15 打开，可单独调整一边，实现辊缝调平。16, 17 是联轴器，18 是指针的变速器。19 是制动器。

图 1—2a 所示为牛头刨床。刨刀的往复运动是由电动机、皮带传动、变速箱（图中未画出）、齿轮 1 和 2 及滑块 3 和 4、导杆 5、刨头 6、床身 7 构成的导杆机构来实现的。其运动传递过程为：电动机通过三角皮带及变速箱带动齿轮 1 转动，1 轮带动 2 轮转动时也使滑块 3 绕 O 点转，导杆 5 在滑块 3 带动下绕滑块 4 的轴心 O_1 摆动（同时导杆又和滑块 4 有相对移动），从而带动刨头 6 往复运动，实现刨刀的往复运动。

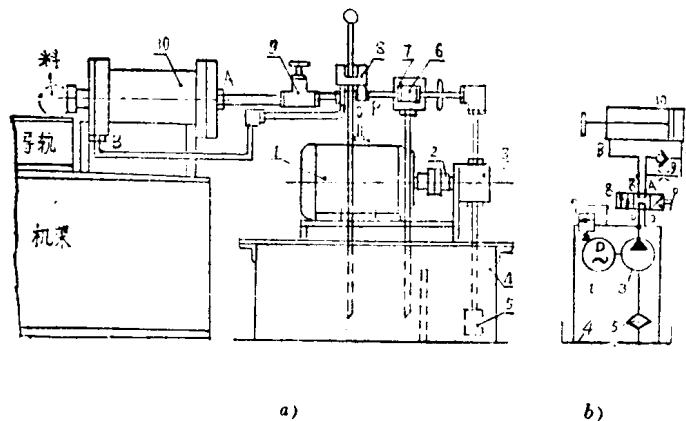


图 1—3

图 1—3a 为液压推料机，其组成及工作过程为：电动机 1 通过联轴器 2 带动齿轮泵 3 回转，泵从油箱 4 中经滤油器 5 吸入油液，并打出压力油进入管道，压力油在三通 6 处分二路，一路到手动换向阀 8，一路（垂直纸面方向）通溢流阀 7。压力油从 8 经节流阀 9 进入油缸 10 之 A 端，推动活塞前进，同时 10 之 B 端油经管路流入 8 后从 O 管流回油箱，这样实现往前推料。换向阀手把搬到另一位置，可使压力油进入 B 端， A 端油经 8 后从 O 管流回油箱，达到推头快速退回。手把处中位，换向阀 8 关闭，压力油的压力升高，使溢流阀 7 打开，油经 7 直流回油箱，这时油缸处于停止状态。

从上述三个实例中可以看出，轧机主运动及压下运动、刨头的往复运动及推料机推头运动，都是由电动机带动的，电机是机器动力源。轧辊是轧机工作部分；刨头带刨刀是刨床工作部分；油缸及推头是推料机的工作执行部分。它们从电机到工作部分，中间应用了不同的传动机构来实现工作部分的动作要求。综上所述，我们得到以下结论：任何机器，一般都由三大部分组成，即动力部分，工作部分及传动部分。正如革命导师马克思精辟地概括那样：“所有发达的机器都由三个本质上不同的部分组成：发动机，传动机构，工具机或工作机。”*

工作部分(工作机)：它是直接实现工艺动作部分。在选择动力部分（一般为电动机）及中间传动机构时，都必须根据工作部分运动的要求及受力情况而定。机器通过工

* 引自《马克思恩格斯全集》第二十三卷《资本论》410 页，1972 年 9 版。

作部分作有用的功。

动力部分（原动机）：它是机器的动力来源。电是工业生产中主要能源，所以机器的原动机多为电动机，此外，作为原动机的蒸汽机和内燃机，在飞机、火车、汽车，拖拉机等机械上广泛应用。在液压或气压传动中，电动机带动泵或空气压缩机工作，使液体或气体形成一定压力，因此，泵或空压机是液压或气压传动中的原动机。

传动部分（传动装置）：它是工作机与原动机之间的联系环节，即原动机的运动和动力通过传动装置传给工作机。传动部分主要由一些传动机构（如皮带、链条、齿轮、蜗杆、螺旋、连杆机构等）及一些联接及控制部件（如联轴器、离合器、液压传动中的各种阀类及自动机中的电气及机械控制部分等）组成。传动部分是人们认识机械，设计机械时的重要部分，因此这一部分是本课讨论的重点。

二、机动示意图及其画法

（一）机动示意图

图 1—1b、图 1—2b、图 1—3b 所示，分别为轧机、牛头刨床及推料机的机械传动示意图，简称为机动示意图或机动简图。把它与反映机器全部结构的图（图 1—1a、图 1—2a、图 1—3a）对比一下，可以看出：机动示意图特点是：简明扼要地表达了该机械的动作原理以及为表明动作原理所必须的基本组成及相互联系。所以，机动示意图，无论对我们认识一个外形结构比较复杂的机械来说，或是要表达一个设计或革新方案来说，或者分析及研究机械或某一部分机构的运动和受力来说，都是必不可少的工具。因此，在机械制图国家标准中（GB138-74），规定了各种基本传动机构、构件及原动机等机动示意图的符号，现摘录于表 1—1 中。

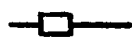
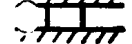
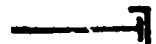
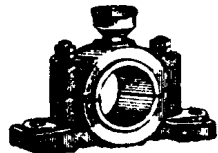
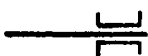
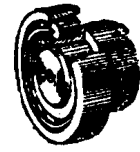
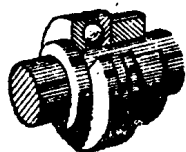
将表 1—1 中机构的立体图与其示意图加以对照，我们可以看出：示意图是实际的复杂结构形状的机构或构件的简化和科学地抽象。怎样把实际的机构或构件抽象为示意图？为说明这个问题，先介绍几个名词。

1. 零件：机器三个组成部分中，无论那一部分，都是由许多零件构成，零件都要进行加工制造，所以零件是组成机器的基本制造单元体。在我们分析机器结构时，就要从每个零件分析入手。

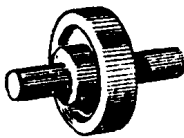
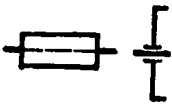
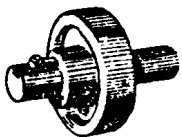
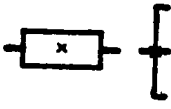
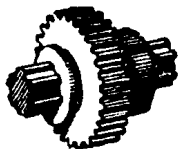
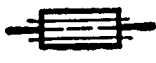
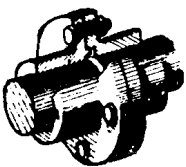
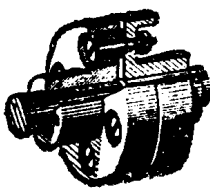
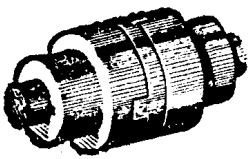
2. 构件：什么是构件呢？图 1—4a 是一个曲轴，图 1—4b 是连杆，如果把它俩装在一起，用示意图表示为 c 图，这时，曲轴与连杆可作相对转动。把曲轴叫做一个构件，连杆也叫做一个构件。如在连杆另一头装上一个滑块（构件）及导路（机架），则组成曲柄滑块机构（图 1—5），可见，这个机构是由曲柄 1、连杆 2、滑块 3，机架 4 四个构件组成。机构中每个构件都有其确定的运动规律，机架是不动的。这四个构件，曲轴本身是一个零件，连杆（见图 1—4b）是由连杆体 1、瓦盖 2、轴瓦 3、螺母 4 及螺栓 5 等零件组成，这五个零件装好后构成一个连杆，在工作过程中这五个零件之间没有相对运动。滑块及机架也是由多个零件组成。所以，构件可以是一个零件，也可以是

表 1—1

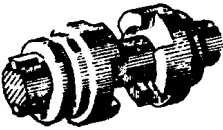
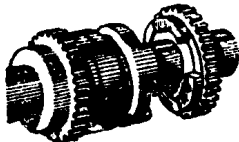
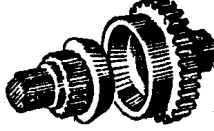
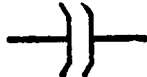
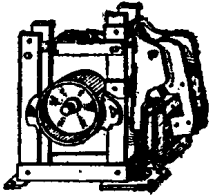
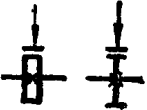
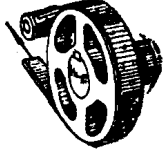
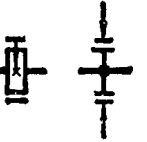
常用机构及构件的机动示意图规定符号

类别	名称	图	示	符	号	运动变换特点	应用举例
轴、杆、滑块类	轴 或 杆					绕本身轴线转 或作平面运动	各种轴、杆件、 轧辊等。
	杆间固定连接					两杆不能相 对运动	
	杆间活动连接					两杆可相对 转动	各种杆机构中， 如牛头刨。
	杆与机架动 连接					杆对机架可 转动	
	滑块与杆动 连接					滑块可移动	如刨头在导轨上 运动，轧机轴承 座在牌坊中移 动，活塞和缸体 间运动等。
	滑块与导路						
轴承类	不区分滚动或 滑动轴承的向 心轴承						承受径向力
	单列推力轴承						承受单方向轴向 力
	向心滑动轴承					多为支承 轴等回转件， 杆件间可动 连接有时也 装轴承。	承受径向力
	向心滚动球轴 承						主要承受径向力
	向心推力滚子 轴承						同时承受径向力 及轴向力
	单向推力球轴 承						只承受单向轴向 力

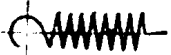
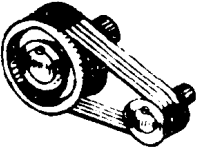
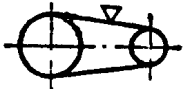
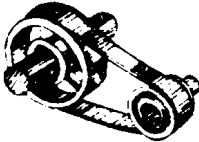
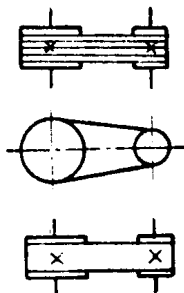
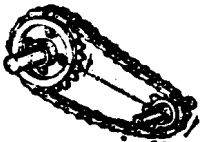
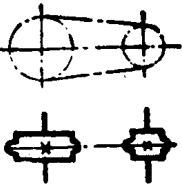
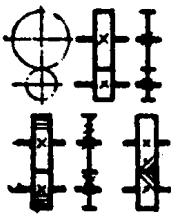
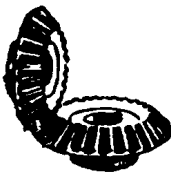
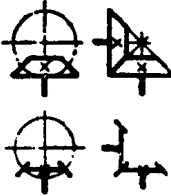
续表 1-1

类别	名称	图 示	符 号	运动变换特点	应用 举 例
零件与轴连接	活动连接			轮与轴可相对转动及沿轴向移动	如空套在轴上的齿轮
	固定连接			轮与轴连在一起转	如装在轴上的齿轮、皮带轮等
	花键连接			轮随轴一起转, 同时沿轴向可相对移动。	如机床中滑动齿轮, 轧机上压下螺旋与蜗轮间连接
联轴器	紧固连接			把两轴紧固连接, 要求两轴同心性好	由于结构简单, 易制, 用的广。夹壳联轴器及凸缘联轴器均为此类
	弹性连接			连接两轴时允许两轴有一定位移	多用于高速传动处, 能缓冲减震, 弹性柱销及尼龙销联轴器均为此类
	浮动连接			允许两轴产生位移比弹性连接大	浮动连接的联轴器有两种: 浮动盘联轴器及挠性爪联轴器。它们用于冲击不大的地方, 前者常用于低速, 后者常用于高速地方。

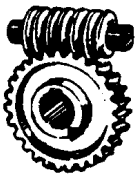
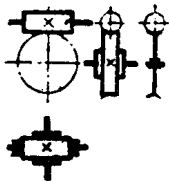
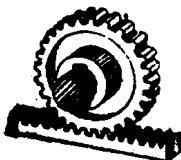
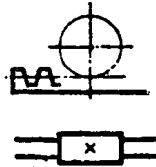
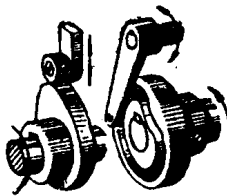
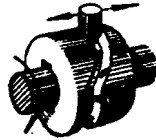
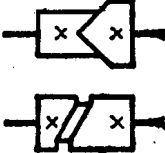
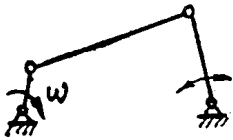
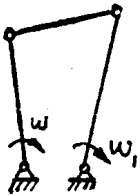
续表 1—1

类别	名称	图 示	符 号	运动变换特点	应用 举 例
	齿轮联轴器			允许两轴产生少量位移	适于重载，低速或高速时冲击小处，如轧机上
	万向联轴器			连接不在一直线上的两轴或轴头距离大处，且允许在传动中改变轴位置	如汽车，机床及轧机等设备上
离 合 器	爪型离合器 单 向			被连接两轴可自由的开、合。但在接合只能在低速或停车状态下进行	用的很广，如轧机压下传动中。
	双 向				
	摩擦离合器 锥 体 式			可随时使两轴接合或脱开。过载时打滑起安全保护作用	能缓冲、减震，接合平稳广泛应用，如机床，轧钢设备中。
制 动 器	块 式			制动轮装在轴上，有时起联轴器作用，利用制动器刹车。	块式有标准可选用。
	带 式				带式根据需要自行设计。

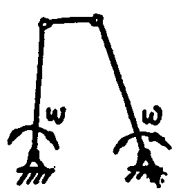
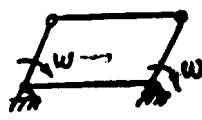
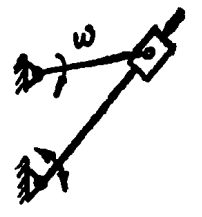
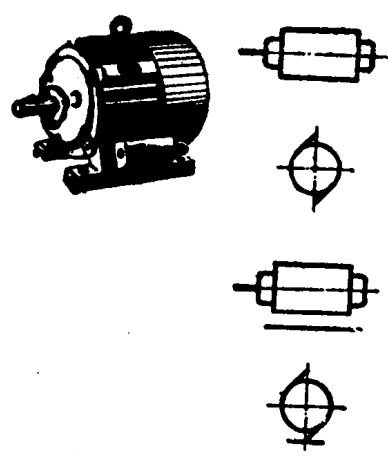
续表 1-1

类别	名称	图 示	符 号	运动变换特点	应用 举例
弹 簧	压缩弹簧			承受压力	缓冲减震用
	拉伸弹簧			承受拉力	
传 动 机 构	三角胶带传动			可将回转运动变为不同转速的回转运动，多用于减速起保护作用。	三角带应用很广，如机床、冶金矿山等设备中常用。一般装在水泵及农业机械等老设备上还用。
	平皮带传动				
	套筒滚子链传动			将回转运动变为不同转速的回转运动。多用于减速平均传动比准确	农业机械、自行车、摩托车、运输机、拉伸机等。
	圆柱齿轮传动			将回转运动变为反向回转运动，一般用于减速。传动比准确	广泛应用于各种机器上作为减速，变速传动装置
	圆锥齿轮传动			实现平面交叉轴传动（一般交角90°）传动比准确	机床，轧机，辊道等应用也很广

续表 1-1

类别	名称	图 示	符 号	运动变换特点	应用 举例
	蜗轮蜗杆传动			把一轴转动变为空间交叉轴转动传动比准而大 $i = \frac{Z_2}{Z_1}$	机床上分度机构, 轧机压下传动及减速器等均有应用。
	齿轮齿条传动			可将回转运动变为齿条移动, 也可把移动变为转动。	推床, 推料机, 机床等都有应用。
	螺旋传动			可将回转运动转变为直线移动有时能自锁。	机床上丝杠、进给机构, 螺旋压力机, 轧机压下螺旋等
凸 轮 机 构	平面凸轮机构			可将回转运动变为移动或摆动。	自动车床, 缝纫机挑线、绕线机, 水压机控制机等控制机构中。
	滚筒凸轮机构				
平 面	曲柄摇杆机构			回转变摆动或摆动变回转。还可实现运动轨迹要求。	颚式破碎机、升降台、缝纫机脚踏板机构等
	双曲柄机构			把主动杆等速转动变为从动杆不等速转动	振动筛, 插床等

续表 1-1

类别	名称	图 示 符 号	运动变换特点	应用 举 例
连 杆 机 构	双摇杆机构		把摆动变为摆动	起重机等
	平行四杆机构		实现等速回转运动且在运动过程中始终保持平行	火车主动轮上，绕线机、联轴器、装运机大臂摆动机构等
	曲柄滑块机构		将回转运动变为往复移动，也可把移动变回转	冲床、剪切机、压气机、曲柄柱塞泵及内燃机等
	摆块机构		把移动变成摆动	各种闸门等。
	导杆机构		可将回转变为摆动或回转。具有急回特性。	牛头刨床、插床等。
电 动 机	电动机一般表示法 电机装在架上			一般机器上作原动机。

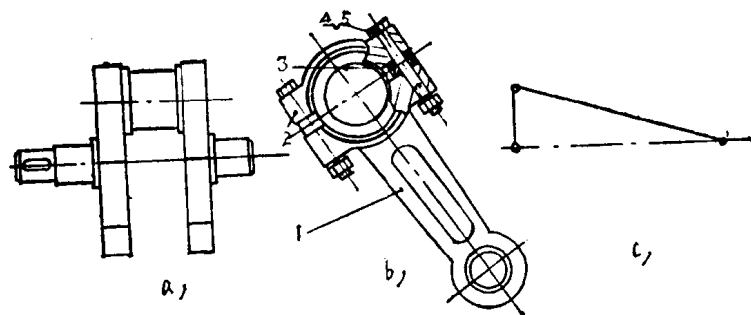


图 1-4

多个互相没有相对运动的零件组成，它是组成机构的基本运动单元体。当分析机构运动时，就要从每个构件分析入手。

3. 机构：机构是由构件连在一起，用来实现

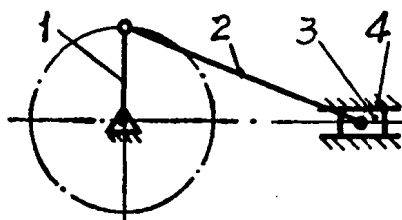


图 1-5



图 1-6

确定的运动。如连杆机构、齿轮机构等等。从运动观点来分析，机器也可以看成由一些机构组成。

4. 运动付：构件组成机构时，构件间的可动连接叫运动付。若运动付能实现两构件间相对转动（如曲轴与连杆、连杆与滑块间连接）叫回转付，其符号用“ $\circ$ ”表示，若运动付能实现构件间相对移动（如滑块在导路上、活塞在缸体里）叫移动付，用图 1—6 所示符号表示。无论回转付或移动付，它们使构件的连接处成面接触，又称它们为低付。

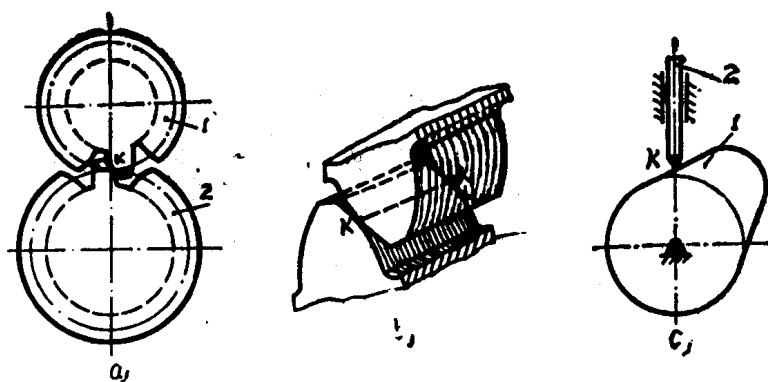


图 1-7

图 1—7a 为齿轮机构，它是由齿轮 1 和 2 组成，b 图表示它们连接（又叫啮合）接触是一直线 KK 。c 图为凸轮 1 和从动杆 2 组成的凸轮机构，其连接接触是一个点 K 。

象上述这种两构件间为点接触或线接触的运动付，叫做高付。

构件间的可动连接形式，除上述的低付（回转付和移动付）及高付外，还有其他形式，如螺旋传动中的螺旋面接触等，详见表 1—1。有关液压传动的简图，见第二十章。

由上述可知：怎样把实际机构抽象成示意图的呢？就是从运动及动作原理的角度出发，抛开与运动无关的机构或构件的复杂结构、形状，抛开运动付的具体结构，而用规定的符号来代表构件及运动付，并以一定的比例关系画出构件的特性尺寸及运动付的相对位置，这样画出的示意图，就能反映出原机构的基本组成，工作原理及运动特性。构件的特性尺寸，对齿轮机构，是指齿轮直径，对杆机构，是指运动付间距离……。

（二）机动示意图的画法

在了解了机动示意图的作用，机动示意图（又称机动简图）画法后，还有必要进一步说明机器的机动示意图的画法和步骤。下面举例说明之。

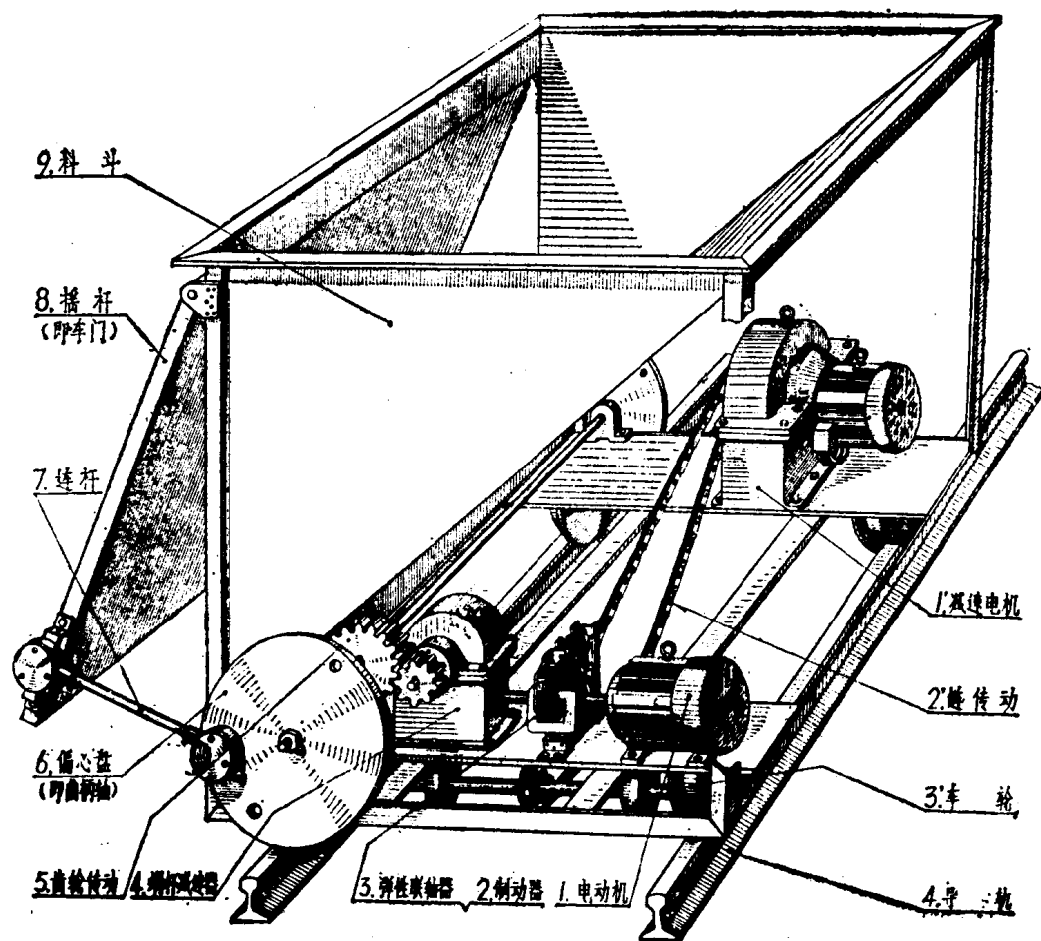


图 1—8

图 1—8 为冶炼厂铅冶炼车间炼铅炉前的运料小车立体图。它是冶炼厂工人师傅、革命干部和革命技术人员，高举“鞍钢宪法”伟大红旗搞成的革新项目之一。它代替了