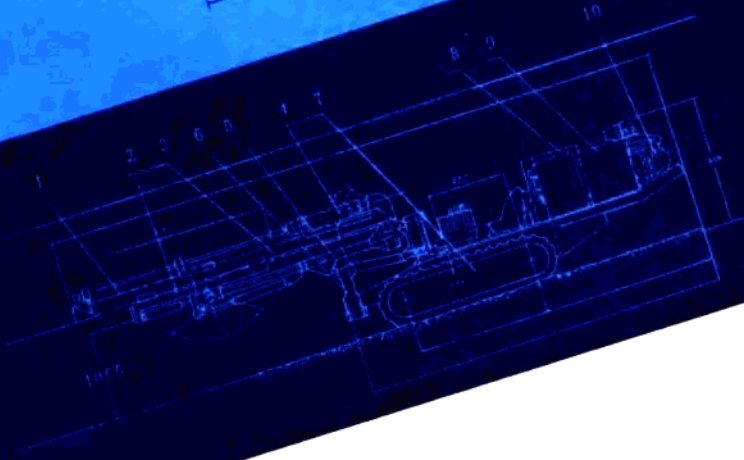
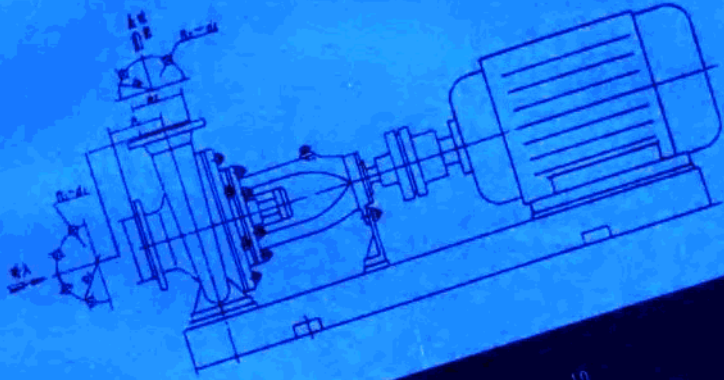


高等学校教学用书

煤矿机械产品学

沈慧芬 常之秋 高 荣

万之奇 张卫国 编



中国矿业大学出版社

前 言

本书是煤矿物资管理工程专业的教材。考虑到该专业教学计划中一般没有安排其它先备课程为学员提供必要的机械基础知识,故设置了“机械基础知识”这一篇。在第二篇中对煤矿各种机械设备的工作原理和结构等,编者根据学用一致的原则,尽量给予较简练通俗的叙述,并力求多介绍一些最新产品。由于近年来煤矿机械设备更新换代的速度较快,限于篇幅,书中所列产品仅是代表性的,所列举的产品规格型号,只能供读者参考。

本书第五章、第九章、第十章由郑州煤炭管理干部学院常之秋编写,第八章由中国矿业大学高荣编写,第十一章、第十二章由中国矿业大学万之奇编写,第一章的第四节、第十三章由统配煤矿总公司张卫国编写,其余章节由中国矿业大学沈慧芬编写,并由沈慧芬主编。

在编写过程中,得到了鸡西煤矿机械厂、张家口煤矿机械厂、淮南煤矿机械厂、西北煤矿机械总厂及其所属的三个分厂、石家庄煤矿机械厂及该厂郑远振、洛阳矿山机械厂王有益、河南省煤炭厅生产处李尚宽、河南省煤炭科学研究所乔国恩、河南省煤炭供应公司张传英等单位及同志的支持和帮助,特此致谢。

限于编者的水平,本书缺点和错误在所难免,欢迎读者予以指正。

编 者 1989年4月

目 录

第一篇 机械基础知识

第一章 引 论	(1)
第一节 机器及其基本组成	(1)
第二节 机械的图形表示	(2)
第三节 机器中常用的基本参数	(3)
第四节 机械产品的分类	(4)
第五节 机械设备性能评价	(5)
第二章 常用机构	(7)
第一节 连杆机构	(7)
第二节 螺旋传动机构	(11)
第三节 直齿圆柱齿轮传动机构	(13)
第四节 斜齿圆柱齿轮传动机构	(21)
第五节 圆锥齿轮传动机构	(23)
第六节 蜗杆传动机构	(23)
第七节 轮系	(25)
第八节 减速器	(27)
第九节 带传动机构	(31)
第十节 链传动机构	(33)
第三章 常用机械零件	(35)
第一节 轴	(35)
第二节 轴承	(38)
第三节 联轴器和离合器	(41)
第四节 润滑及润滑装置	(45)
第五节 密封及密封装置	(47)
第四章 液压传动	(50)
第一节 液压传动的基本概念	(50)
第二节 液压泵和液压马达	(52)
第三节 液压缸	(59)
第四节 液压阀	(60)
第五节 液压辅件	(64)

第二篇 常用煤矿机械设备

第五章 掘进机械	(67)
第一节 钻眼机械	(67)

第二节	装载机	(76)
第三节	掘进机	(84)
第四节	锚喷机具	(87)
第六章	采煤机械	(94)
第一节	采煤机械概论	(94)
第二节	滚筒采煤机的结构	(99)
第三节	各种滚筒采煤机	(115)
第四节	滚筒采煤机的选型	(119)
第五节	刨煤机	(124)
第七章	煤矿运输机械	(128)
第一节	概述	(128)
第二节	刮板输送机	(129)
第三节	胶带输送机	(146)
第四节	矿用电机车及矿车	(156)
第五节	单轨输送吊车	(168)
第八章	采煤支护设备	(172)
第一节	采场围岩及支护设备特性	(172)
第二节	金属摩擦支柱和铰接顶梁	(174)
第三节	单体液压支柱	(180)
第四节	液压支架的类型和工作原理	(189)
第五节	液压支架的结构	(197)
第六节	液压支架的选型和使用	(204)
第九章	矿井提升设备	(212)
第一节	概述	(212)
第二节	提升辅助设备	(215)
第三节	单绳缠绕式提升机	(221)
第四节	多绳摩擦轮提升机	(233)
第五节	矿用小绞车	(242)
第十章	排水设备	(253)
第一节	概述	(253)
第二节	离心式水泵工作原理及性能参数	(255)
第三节	离心式水泵的构造及驱动	(258)
第四节	煤矿常用水泵及选型	(263)
第五节	阀门	(272)
第十一章	煤矿通风设备	(278)
第一节	概述	(278)
第二节	矿井通风机	(279)
第三节	离心式通风机基本结构及技术性能	(285)

第四节	轴流式通风机基本结构及技术性能·····	(292)
第五节	煤矿通风设备·····	(295)
第十二章	煤矿空气压缩设备·····	(299)
第一节	概述·····	(299)
第二节	活塞式空气压缩机·····	(301)
第三节	活塞式空气压缩机的结构·····	(305)
第四节	L型活塞式空气压缩机的主要部件·····	(310)
第五节	L型活塞式空气压缩机附属装置·····	(312)
第六节	空气压缩机排气量的调节·····	(315)
第七节	螺杆式空气压缩机·····	(316)
第八节	煤矿空气压缩机选型计算·····	(318)
第十三章	煤矿机械产品的订货、运输、验收和保管·····	(321)
第一节	机械产品的订货·····	(321)
第二节	机械产品的运输·····	(323)
第三节	机械产品的验收·····	(323)
第四节	机械产品的保管·····	(327)
第五节	各种煤矿机械设备的订货、验收和保管·····	(328)
附录 1	机械传动系统示意图中的常用符号·····	(333)
附录 2	液压系统图形符号·····	(335)
参考文献	·····	(339)

第一篇 机械基础知识

第一章 引 论

第一节 机器及其基本组成

机器是人类进行生产以减轻体力劳动和提高生产率的主要劳动工具。使用机器进行生产的水平是衡量一个国家工业水平的明显标志。

下面通过一个实例来说明机器的组成。图 1-1a 所示为一颚式破碎机，其用途是轧碎大块的矿石和煤块。破碎机的主体由机架 1、偏心轴（又称曲轴）2、动颚 3、肘板 4 共四个构件通过回转运动副联接组成。当偏心轴 2 在大胶带轮 5 的带动下绕轴线 A 转动时，驱使动颚作一种复杂的复合运动，从而将矿石轧碎。而大胶带轮的转动是由电动机 8 通过小胶带轮 7 和胶带 6 驱动的。

由上面的分析可知，在该机器中，电动机是它接受外界输入能量的原动部分，其职能是产生动力；动颚是它执行碎石功能的执行部分，其职能是完成预定的机械功；从原动部分到执行部分所经过的一系列装置是它的传动部分，其职能是将原动机的动力和运动传递给执行部分。因此如果从完成职能的角度来分析，任何一台机器，其主体都可以分成原动部分、传动部分和执行部分这三个基本组成部分。借助这三个基本组成部分，机器即可代替人类，利用其它能源来完成有用的机械功。

近代，有些机器，除了上述三个部分外，又有了第四个部分，即自动控制部分。

机器中常采用的原动机有：电动机、内燃机、蒸气动力装置、液动力装置和气动力装置等。其中，以电动机最为普遍。这些原动机虽是机器中不可缺少的部分，均由专门学科进行论述。如电机学，内燃机学等。至于自动控制部分，涉及到的知识面更广。本课程主要讲述机器的传动部分和执行部分。

在图 1-1a 所示的颚式破碎机中，小胶带轮 7、胶带 6 和大胶带轮 5（包括轴、轴承、机架等）称为带传动机构。把由机架 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4 等四个构件通过回转运动副组成的机构称之为四连杆机构。不难看出，一台机器是由一个或一个以上的机构联接而成的，各机构互相配合以完成预期的机械功。所以如果仅从各机构之间的相对运动来考察，则又可以认为，机器是由机构组成的。通常用机械一词作为机器和机构的总称。

如果对上述破碎机进行拆卸，最终可将它拆成诸如胶带轮、胶带、偏心轴、轴承、紧固螺钉、肘板等单元件，这些元件称为零件。由此可见，机器最终是由各种零件组装而成的。因此，机械零件是组成机器的最基本单元。

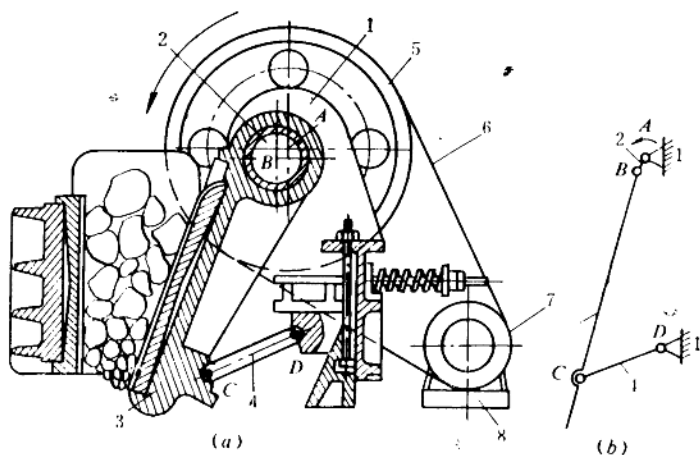


图 1-1 颚式破碎机

第二节 机械的图形表示

机械的图形表示方法大体有下述三种:

1. 工作原理图

图 1-1a 所示为颚式破碎机的工作原理图。一般,这种图的图形复杂程度可视情况而定,具体绘制方式也无严格规定,其最终目的是能通过图形把工作原理表达清楚。必要时还可绘制三维立体图,当一台机械设备很复杂时,这种图形的绘制就很困难。

2. 传动系统示意图和机构运动简图

在分析复杂的机械设备或设计新机械时,需要把复杂的机械用简单的线条和规定的符号将其传动系统,零部件间的相互关系和运动特性等表示出来,表示这些内容的图称为机械传动系统示意图。

在机械传动系统示意图中,各组成部分间的相对位置与实物大小不需严格符合比例,但必须能定性地表达各个传动机构间的运动关系。这样的示意图实例将在本书第二篇中见到。

当需要定量地分析机构的运动特性时,就需按照一定的尺寸比例来绘制简图,这种简图称为机构运动简图。图 1-1b 即为颚式破碎机中四连杆机构的机构运动简图。

这两种图形所用的符号可参见 GB4460-84,本书附录一中将作部分介绍。

3. 机械零件和部件装配工作图

机械中各个零件和部件最终要经过加工、装配而组成机器。机械的零件图和部件装配图是制造(加工、装配)工作的依据,所以又叫工作图。这些工作图均由设计工程师按照严格的国家制图标准(GB4457~4459-84)绘制。

近年来,用计算机进行机械设计和制图(CAD)的技术在国外发展很快,并被广泛采用。这是一门高技术,对机械行业的发展推动很大。目前,国内也正在起步和开展。

第三节 机器中常用的基本参数

机器中常用的基本参数如下:

1) 力 F 机器为了要完成预定的机械功, 就离不开力的产生和传递。力的单位为牛顿(N)。因此机器中各个零件都承受力。一个零件能承受多少力(零件的承载能力)主要取决于它的尺寸和材料。

2) 力矩 M 力和力到物体转动轴之间的距离(力臂)的乘积, 称为力矩。力矩愈大, 表示着力对物体的转动作用也越大。力矩的单位为牛·米(N·m)。机器中的转动零件(如齿轮、轴等)常遇到计算力矩(也称转矩)问题。

3) 速度 v 机器为了要完成预定的机械功, 就要运动。当零件作直线移动时, 则单位时间内其位移的大小, 称为速度, 单位为米/秒(m/s)。

4) 转速 n 当零件作回转运动时, 其转动速度可用转速来表示, 即单位时间内零件的转数, 其单位转为/分(r/min)。

5) 机械的效率 η 机器的驱动力(由原动机发出)所做的功称为驱动功或输入功 W_i ; 机器克服生产阻力所作的功称为有用功或输出功 W_o ; 而克服有害阻力所作的功, 称为损耗功或摩擦功 W_f 。

机械正常运转时, 输入功等于输出功和摩擦功之和, 即

$$W_i = W_o + W_f \quad (1-1)$$

输出功和输入功之比值, 反映了输入功在机械中的有效利用程度, 此即机械效率 η , 即

$$\eta = \frac{W_o}{W_i} \quad (1-2)$$

由前述可知, 机器都是由一些机构组合而成的。对于一台由 K 个机构串联组成的机器, 其总效率 η 等于串联组成该机器的各机构的效率的连乘积, 即

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdots \eta_k \quad (1-3)$$

6) 功率 P 单位时间内所完成的功称为功率, 单位为千瓦(kW)。机器的工作机构为克服生产阻力所输出的功率称为输出功率 P_o , 而电动机发出的功率称为输入功率 P_i 。在选用电动机时, 电机功率应略大于机器的输出功率。

机器的效率亦可按功率来计算, 即

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \quad (1-4)$$

当工作机构作直线移动时, 其输出功率可按下式计算:

$$P_o = \frac{Fv}{1000} \quad (1-5)$$

式中 F ——生产阻力, N;

v ——工作机构的移动速度, m/s。

当工作机构作回转运动时,其输出功率可按下式计算,即

$$P_0 = \frac{Mn}{9549} \quad (1-6)$$

式中 Mn ——生产阻力矩, $N \cdot m$;

n ——工作机构的转速, r/min 。

第四节 机械产品的分类

根据不同的原则,机械产品可有多种分类方法。本节仅就物资管理体系对机械产品的分类作一介绍。

建国以来,我国一直实行有计划的商品经济,机械产品主要划分为“统配”产品、“部管”产品、“二类”产品和“地管”产品。

统配产品 即国家统一分配的产品,与国民经济各部门生产建设关系重大,由国家计委和物资综合部门根据资源情况统一平衡分配,组织订货。象挖掘机、卷扬机、胶带输送机、工业泵、风机、气体压缩机等产品都是统配产品。

部管产品 主要是各工业部门专门使用,有少量供给外系统的产品,例如采煤机、刮板输送机、装煤机、穿孔机、煤电钻等产品,由中央各有关部委负责分配。

二类产品 是指重要程度仅次于上述两种,但涉及面广、需要量大、品种规格繁多,在实践中又起着相当重要作用的产品,例如手动单双梁吊、手动卷扬机、冷风机、砂轮机、风动工具等,这部分产品由国家物资部门主管平衡分配。

地管产品 属于地方管理的产品,简称“三类”产品。这部分产品生产分散,数量较少,但品种繁杂,一般都是地产地销。因此,都是由地方物资部门进行分配或市场销售。

从各个时期发展情况来看,机械产品的分类基本是按上述几种形式划分的,只是根据当时经济发展与调整的要求,在数量上各有增减。在国民经济恢复和第一个五年计划期间,国家为了尽快恢复生产,开展大规模的经济建设,扩大了物资统一平衡分配的范围。国家控制的统配部管物资达532种,机械产品绝大部分都属于统配部管,由国家实行统购包销。第二个五年计划和三年调整时期,中央决定下放企业管理权限,改革物资分配体制,统配部管物资大批下放到地方管理,1959年减少到132种,机械产品也大幅度减少,实行地区平衡、块块包干。由于当时生产指标高,基建战线长,造成物资缺口大,供需脱节。在1959年下半年,国家决定改变这种管理办法,对物资分配体制进行了调整,实行“归口安排,统一下达,分户记帐,分头订货,地方调剂”的方式,增加统配部管的产品。贯彻中央“调整、巩固、充实、提高”的方针,物资工作加强了集中统一管理,实行“统一计划,综合平衡,条块结合,分级管理”的分配体制,1966年统配部管物资达到579种,机械产品基本都划归到统配部管,其中选择了27种试行统一销售,由物资部门代替企业办理厂外供销业务。十年动乱期间,物资供应管理工作遭到严重破坏,到1972年,有96种机械产品下放到省、自治区管理,按照“在国家统一计划下,实行地区平衡,差额调拨,品种调剂,保证上缴”的原则,在拟定生产计划同时,拟定相应的调出计划。这期间,主要设备难以保证供应,产品质量下降。

党的十一届三中全会以来，人们改变了过去产品经济观念，认识到生产资料也是商品，要大力发展商品经济，促进生产力的发展，提高流通领域的经济效益。随着经济体制改革的不断深入，国家改革了物资管理体制，改变我国以产品分配调拨为主要形式的物资体制和条块分割的经济格局，按照发展有计划商品经济的目标，在加强重要物资宏观平衡的基础上，有步骤地缩小指令性计划，扩大指导性计划和市场调节，积极促进短线产品的生产，逐步建立起有领导有组织的生产资料市场，保证国家重点需要。因此，机械产品的分类也有了新的突破，主要分为四类，即国家指令性计划分配，国家合同订购，国家组织产需衔接和自由购销。

国家指令性计划分配产品 主要是少数重要短缺的机械产品，例如救护车、消防车、水泥散装车等各种改装车和发电设备。这类产品纳入国家指令性生产计划，所需主要原材料、燃料由国家安排，产品交国家分配，生产企业必须按照国家分配计划和用户需要，积极安排生产，签订合同，保证完成。

国家合同订购产品 主要是重要的机械产品，例如矿山设备、工业泵、风机、气体压缩机、煤矿专用设备等。这类产品根据社会供求平衡情况，国家制订指导性生产计划，其中属于国家重点需要部分，下达合同订购任务，并安排主要原材料，生产企业要优先供货。

国家组织产需衔接产品 主要是专业性强的协作配套产品，例如凿岩机、装岩机、电动单梁桥式起重机、小矿车等。这类产品由物资部或主管部门组织供需双方协商订购，引导企业建立稳定的协作关系，如专项安排，定点供货，直接调拨等。

自由购销产品 主要是供求基本平衡的一般机械产品，例如锻钎机、手动卷扬机、手动单双梁吊、砂轮机、各式给料机等。这类产品放开流通，由企业通过市场自由购销。

以上分类方法从1988年开始实行，对深化物资工作改革将起到促进作用。但在实践中，各类产品还要不断调整，以适应经济发展的需要。

第五节 机械设备性能评价

机械设备性能评价是一个涉及到技术经济等许多因素的复杂问题。本节仅从若干角度对机械设备性能进行评价，实际工作中对各种不同的机械产品已总结出了或正在总结出一套各自的评价指标。

一、能力

说明某机械设备完成某项预定任务的本领。考察机械比手工作业能力大多少倍，代替了哪些手工作业环节，节省了多少人力，考察该机械与同类型其它产品相比能力的大小，是否还能完成其它工作。

评价不同设备的能力有不同具体指标，如水泵的能力指排水的扬程和流量，运输机的能力指每小时运量，液压支架的能力则指初撑力和工作阻力等等。

二、能耗

说明某机械设备工作时能量的消耗。显然，能耗与能力有关，一般而言，能力越大，能耗越大。因此又提出“比能耗”的概念，即对同类机械设备，产生单位能力所消耗的能量，即比能耗 = 能耗 / 能力。显然，比能耗越小，机械设备性能越好。

三、效率

根据式(1-2)，机械的效率为输出功与输入功之比，故效率表明该机械设备对能量的利用情况。由于机器内部的摩擦损耗等，效率永远小于100%。

显然，提高效率是机械设计者使用者共同奋斗的目标。

四、适用条件

说明某机械设备可以或者必须在何种条件下使用。如煤电钻只能在煤层或较软的半煤岩上钻孔，岩石电钻则可在较硬的岩石上钻孔。适用条件越宽，机械设备用途越广，生产中使用得越普遍。

在选择、使用机械设备时，必须对其适用条件给予充分重视。

五、其他

对于使用和供应者，还要从以下几方面去衡量一台机械设备的性能：

- 1) 价格；
- 2) 重量和体积；
- 3) 检修方便的程度；
- 4) 易损件制作与购置难易程度；
- 5) 服务年限。

第二章 常用机构

本章所讲述的机构均为常用的机械传动机构，其主要作用是将机器原动部分发出的动力和运动，传递给它的执行部分，与此同时，还要求这些传动机构能完成下列三个“改变”的作用：（1）改变速度（转速）；（2）改变力（力矩）；（3）根据需要，改变某些运动特性，如运动方向（正转、反转）及运动形式（转动变摆动、转动变移动或相反）等。对于一般的机械，从原动部分到执行部分，速度（转速）往往是愈变越小（减速），力（力矩）往往是愈变愈大。

第一节 连杆机构

一、机构、构件和运动副

机构是由几个构件通过运动副相互联接而组成的。其中，必有一个件为固定件（机架）。在其它构件中，当由外界给某一构件（原动件）一个确定运动后，其它各构件（从动件）的运动也就随之确定。

构件是组成机构的基本运动单元。它可以是一个单一的零件，也可由几个零件组装而成。

构件在机构中都不是刚性相联，而是保持着一定的相对运动。两个构件之间既直接接触，又保持着一定相对运动的联接，称为运动副。

常用的运动副有：

1. 低副

两构件之间通过面接触组成的运动副，称为低副。它又可分为：

1) 回转副 若组成运动副的两个构件只能在一个平面内作相对转动，这种运动副称为回转副，又称铰链。图 2-1 a 所示的轴和轴承组成的就是回转副，由于其中一个构件固定，故又称固定铰链。图 2-1 b 为其规定的简图符号。图 2-2 所示的构件 1 与构件 2 也组成回转副，由于两个构件都未固定，故又称活动铰链。图 2-26 为其规定的简图符号。

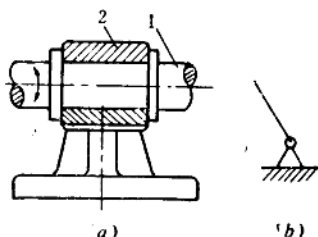


图 2-1 固定铰链

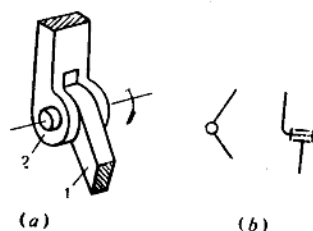


图 2-2 活动铰链

2) 移动副 若组成运动副的两个构件只能沿某一轴线相对移动, 这种运动副称为移动副, 如图 2-3 a 所示。图 2-3 b 为其规定符号。

2. 高副

两构件之间通过点或线组成的运动副, 称为高副。它们之间的相对运动是转动和移动。图 2-4 中齿轮 1 与齿轮 2 在其接触处 A 组成高副。

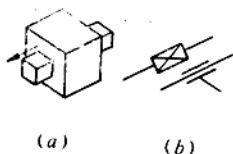


图 2-3 移动副

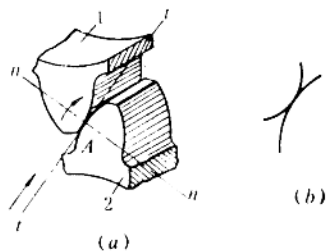


图 2-4 高副

此外, 常用的运动副还有: 图 2-5 所示的球面副和图 2-6 所示的螺旋副。

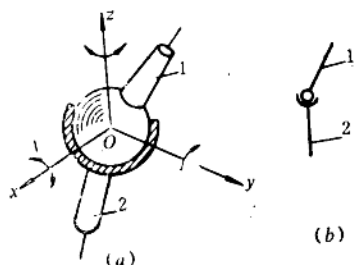


图 2-5 球面副

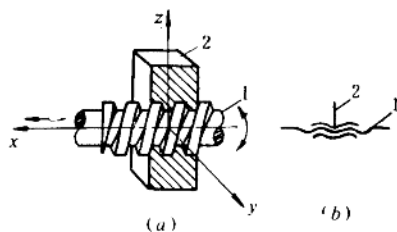


图 2-6 螺旋副

二、铰链四杆机构

连杆机构是由一些构件用回转副或移动副组成的机构。连杆机构中各构件的形状是多种多样的, 但大多呈杆状, 故常简称为“杆”。当机构中的杆数等于四, 且各杆之间的运动副均为回转副时, 称为铰链四杆机构, 如图 2-7 所示。在该机构中, 固定不动的杆 4 称为机架; 与机架用回转副相连的杆 1 和杆 3 称为连架杆; 不与机架直接联接的杆 2 称为连杆。如果杆 1 或杆 3 能绕其回转中心 A 或 D 作整周转动, 则称为曲柄; 若仅能在某一角度内摆动, 则称为摇杆。

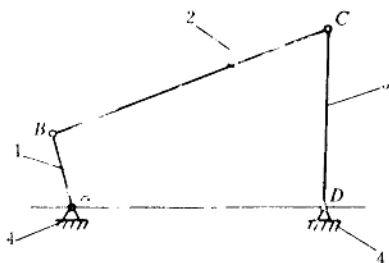


图 2-7 铰链四杆机构

对于铰链四杆机构来说,机架和连杆总是存在的。因此四杆机构可按曲柄和摇杆存在的情况,分成下述三种基本型式:

- 1) 曲柄摇杆机构——连架杆中一个为曲柄,而另一个为摇杆;
- 2) 双曲柄机构——两个连架杆均为曲柄;
- 3) 双摇杆机构——两个连架杆均为摇杆。

决定四杆机构到底属于那一基本型式的主要条件是四个杆件的相对长度。

曲柄摇杆机构应用得最为广泛。图 1-1 所示的颚式破碎机中的碎石机构即为曲柄摇杆机构。图 2-8 所示为我国 ELMA 型掘进机的耙爪装载机构,其作用是将掘进机截割头截割破落下来的煤岩,收集并装入输送机构中。图中曲柄圆盘 3 和摇杆 4 均与装载机构的底盘 5 (机架) 相铰接。如果画出它的机构运动简图(如图 2-8b 所示)不难看出,该机构亦为一曲柄摇杆机构。

在曲柄摇杆机构中,曲柄作整周转动,摇杆摆动,连杆则作一种复杂的复合运动,其杆上每一个点的运动轨迹均不相同,这些曲线称为连杆曲线。很多机械往往就利用这些曲线的特性进行设计的。如在设计上述装载机构时,只要适当选定各杆长度,就能使耙爪体(连杆),前端点的运动轨迹,接近于理想的耙煤轨迹,以满足装载工作的要求。

大多数机械中,原动机为电动机,故曲柄摇杆机构中也常用曲柄作为原动件。但是缝纫机踏板装置的曲柄摇杆机构中,原动件却是踏板 1 (摇杆),如图 2-9 所示。因为在该机器中,动力来自于人的脚蹬力,而人脚只能作上下移动,使摇杆 1 摆动,进而使曲柄 3 转动,带动大胶带转动,而使缝纫机工作。

综上所述可知,破碎机的碎石机构、掘进机的装载机构以及缝纫机的踏板机构,它们的功能尽管截然不同,但从相对运动的观点来考察,它们同属铰链四杆机构中的曲柄摇杆机构。

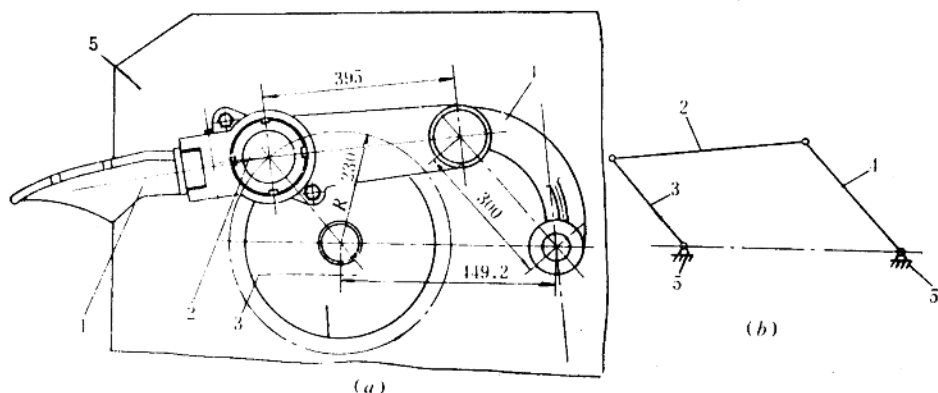


图 2-8 ELMA 型掘进机的耙爪装载机构

- 1-耙爪体; 2-铰接副; 3-曲柄圆盘;
4-摇杆; 5-装载机构底盘

三、曲柄滑块机构

曲柄滑块机构也是四杆机构，即由曲柄1、连杆2、滑块3和机架4四个构件组成（参见图2-10），只是滑块和机架通过移动副相互联接的。

曲柄滑块机构应用得极为广泛。图2-11所示的活塞式内燃机即为它的应用实例。当活塞4（滑块）上方的燃气推动活塞在气缸体1内作上下移动时，通过连杆3而使曲柄2作整周转动。此处原动件为滑块。我国煤矿所使用的活塞式空压机，实际上亦为一个曲柄滑块机构，只是其中的曲柄为原动件，由电机带动。

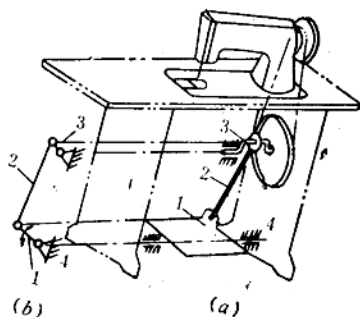


图 2-9 脚踏缝纫机

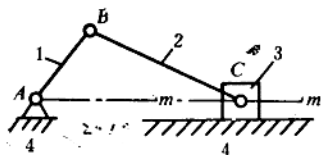


图 2-10 曲柄滑块机构

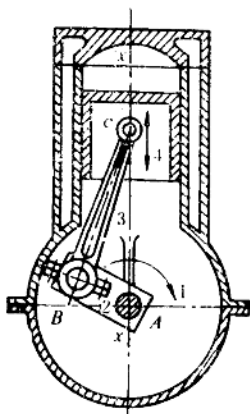


图 2-11 内燃机简图

四、连杆机构的优缺点

优点：

1) 构件与构件之间为面接触，单位接触面积上的压力较小，磨损也小，大大提高了它的传动能力，故适用于重型机械。

2) 两构件的接触表面是圆柱面或平面，制造简单。

3) 能实现一些比较复杂的运动规律及运动形式的转变。应该指出，在四杆机构的基础上，还能派生或演化出更多型式的多杆机构，设计出更为复杂的机器。

缺点：

1) 由于低副中有间隙存在，故当杆件较多时，累积误差较大。

2) 设计比较困难。

第二节 螺旋传动机构

螺旋除可用于联接件（如螺钉、螺栓、螺母等）还可用于螺旋传动件。螺旋传动机构主要用于以变回转运动为直线运动，同时传递动力，也可用于调整零件间的相互位置，有时同时兼有几种作用。图 2-12 所示的起重千斤顶，即为螺旋传动机构的典型实例。

用于传动的螺纹齿形主要有三种：矩形、梯形和锯齿形，其中以梯形应用得最为普遍。

一、螺旋传动的效率和自锁

首先，以图 2-12 所示的起重螺旋为例（设为矩形螺纹）说明螺旋副中力的关系。举重量 Q 即轴向载荷可以认为均布于螺纹中径 d_2 的圆周上（图 2-13a），为了分析方便，假定把分布力 Q 集中作用在该圆周上的一点 A （图 2-13b）。加于螺旋的力矩 T_1 可以看作相当于在 A 点加一圆周力 P ，力 P 在垂直于螺旋轴线的水平面内。 T_1 与 P 的关系为

$$T_1 = \frac{P d_2}{2} \quad (2-1)$$

为了清晰，将螺纹沿中径 d_2 展开，成为一个斜面，如图 2-14a 所示，则起重螺旋机构中螺杆的上升运动可简化为滑块（相当于螺杆）在水平力 P 驱动下沿斜面（相当于螺母）的向上移动。滑块除受有 Q 、 P 两力外，还受有接触面间的法向反力 N ，摩擦阻力 fN （ f 为摩擦系数）。该图中， λ 为螺纹升角， ρ 为摩擦角， $\operatorname{tg} \rho = \frac{f}{1} = f$ ，因此 $\rho = \operatorname{tg}^{-1} f$ 。

若将 N 和摩擦阻力 fN 合成，得合力 R 。当滑块等速上升时， R 、 P 和 Q 三力平衡，形成一封闭的力多边形，如图 2-14b 所示。由该图得

$$P = Q \operatorname{tg}(\lambda + \rho) \quad (2-2)$$

将式 (2-2) 代入式 (2-1) 可得转动螺旋副所需的力矩为

$$T_1 = \frac{Q d_2}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho) \quad (2-3)$$

在 P 力的作用下，螺杆转动一圈时，输入功 $W_1 = P \cdot \pi d_2$ ；此时螺杆上升一个螺线导程 S ，故升举重物所作的有用功（输出功） $W_2 = QS$ ，由此得螺旋副的效率为

$$\eta = \frac{W_2}{W_1} = \frac{QS}{P \pi d_2} = \frac{Q \pi d_2 \operatorname{tg} \lambda}{Q \operatorname{tg}(\lambda + \rho) \pi d_2} = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} \quad (2-4)$$

由式 (2-4) 可知，当螺旋升角一定时，螺旋传动的效率与摩擦系数 f 有关。摩擦系数 f 愈大， ρ 亦相应增大，效率降低。摩擦系数 f 决定于螺旋副的材质，螺旋表面的加工及润滑情况。

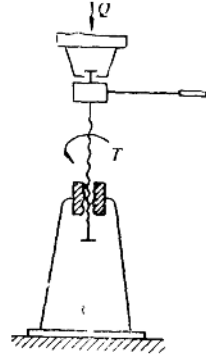


图 2-12 起重千斤顶

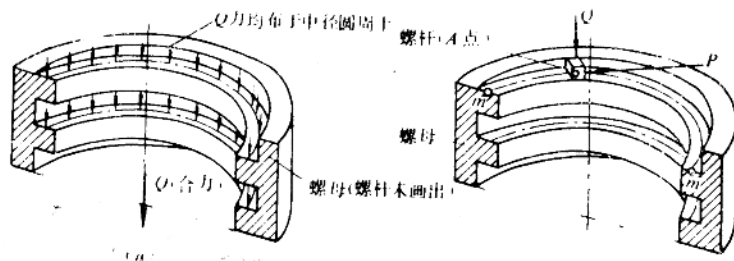


图 2-13 矩形螺旋副中力的简化

下面再讨论在载荷 Q 作为主动力驱使螺杆等速下降时的情况(参见图2-15a)。此时,摩擦力向上, P' 为支持力, N 和摩擦力的合力 R 仍与 P 、 Q 平衡,组成封闭的力多边形(参见图2-15b)。由图得

$$P' = Q \tan(\lambda - \rho) \quad (2-5)$$

从式(2-5)可知,当 $\lambda \leq \rho$ 时, $P' \leq 0$;也就是说,只有当 P' 等于零或者为推动力(即与图2-15a所示力 P' 方向相反)时,螺旋才会下降。这种性能称为自锁性,自锁条件为

$$\lambda < \rho \quad (2-6)$$

用自锁螺旋作为起重螺旋可以省去制动装置。不过由于它的升角得小,故效率不会太高。用于联接件的三角形螺纹的自锁性能最好(因此不易松开),梯形螺纹次之,矩形螺纹最差,但作为传动件,其效率最高。但由于矩形螺纹的工艺性较差,故较少应用。

二、螺旋副的材料

螺杆材料一般可选用A3、A5、45、50等中碳钢;对于重要的螺杆,要求有较高的耐磨性,需进行热处理,可选用65Mn、40Cr或18CrMnTi等。

通常,螺母材料比螺杆软。耐磨性较好的材料有铸造锡青铜ZQSn10-1或ZQSn6-6-3;耐磨性略差一些的材料有铸造铝铁青铜ZQAl9-4或铸造黄铜ZHA16-6-3-2。

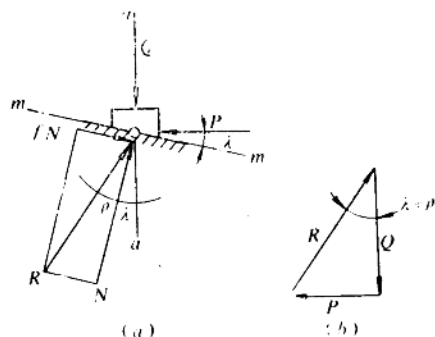


图 2-14 矩形螺旋副中的受力分析
(螺杆上升时)

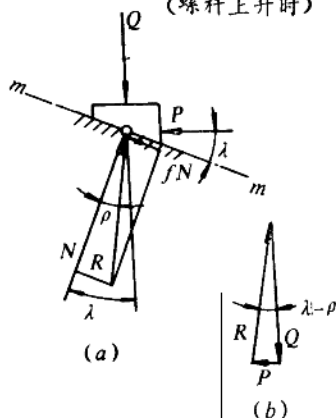


图 2-15 矩形螺旋副的受力分析
(螺杆下降时)