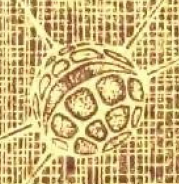
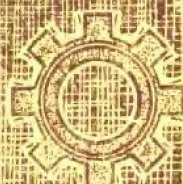


中等专业学校试用教材

机械设计基础

大同煤矿学校 李世慈 费鸿学主编



人民教育出版社

本书共分十五章,包括绪言、平面连杆机构、凸轮机构、螺纹联接与举重螺旋、带传动、链传动、圆柱齿轮传动、直齿圆锥齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴和键、轴承、联轴器与离合器、弹簧、减速器等。为适应生产发展的需要,书中详细介绍了变位直齿圆柱齿轮传动,同时还介绍了新型轮系传动。全书采用国际单位制。

本书可作为地质、矿冶类中等专业学校非机械类各专业的试用教材。

中等专业学校试用教材

机械设计基础

大同煤矿学校 李世慈 费鸿学主编

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

湖北省新华印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 15 12/16 字数 360,000

1978年11月第1版 1979年6月湖北第1次印刷

印数 1—70,000

书号 15012·091 定价 1.30 元

前 言

在教育革命不断深入发展的大好形势下,我们编写了这本地质、矿冶类中等专业学校非机械类专业用《机械设计基础》教材。本教材的编写大纲是由北京钢铁学校、本溪钢铁学校、重庆煤矿学校、大同煤矿学校等校部分教师讨论制定的。考虑到地质、矿冶类各非机械类专业对《机械设计基础》要求不尽相同,为使教材有较大的适应性,本教材在编写时内容略多了一些,使用时可根据专业的要求,适当删减。

本教材由大同煤矿学校李世慈、费鸿学两位同志主编,重庆煤矿学校李宝端同志参加了部分章节的编写工作。

本教材由长春地质学校、重庆石油学校、重庆煤矿学校等校的有关教师集体审阅。

本教材采用了我国目前试行推广的国际单位制(SI),即长度单位是米(m)、质量单位是千克(kg)、时间单位是秒(s)。力的单位是导出单位牛顿(N), $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$;应力的单位是帕斯卡(Pa), $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ 。考虑到机械工程中计算的方便,在教材中对应力单位帕斯卡前面加了词冠“兆”(M),即为“兆帕斯卡”(MPa)。

由于编者水平有限,书中缺点和错误之处在所难免,衷心希望读者提出批评和指正。

编 者

1978年8月

目 录

第一章 绪 言	1
§ 1-1 本课程的研究对象和内容	1
§ 1-2 机械中常用的材料	1
§ 1-3 钢的热处理简述	3
第二章 平面连杆机构	5
§ 2-1 机器和机构、构件和零件	5
§ 2-2 运动副及机构运动简图	5
§ 2-3 平面四杆机构及其应用	7
§ 2-4 机构死点位置及克服办法	10
§ 2-5 四杆机构的演化及应用	11
第三章 凸轮机构	13
§ 3-1 凸轮机构的应用和分类	13
§ 3-2 从动件的常用运动规律	14
§ 3-3 凸轮轮廓的设计	16
§ 3-4 凸轮的压力角和基圆半径	18
第四章 螺纹联接与举重螺旋	20
§ 4-1 螺纹的种类及主要参数	20
§ 4-2 螺纹联接类型及其联接件	22
§ 4-3 螺旋副受力分析、自锁和效率	25
§ 4-4 螺纹联接的防松装置	27
§ 4-5 螺纹联接计算	29
§ 4-6 举重螺旋	33
第五章 带传动	39
§ 5-1 概述	39
§ 5-2 三角带的构造和标准,三角带轮	40
§ 5-3 带传动的理论基础	45
§ 5-4 三角带传动的计算	48
§ 5-5 三角带传动的张紧装置、安装与维护	53
§ 5-6 同步齿形带传动简介	53
第六章 链传动	57
§ 6-1 概述	57
§ 6-2 套筒滚子链和链轮	57
§ 6-3 链传动的运动分析及其优缺点	60
§ 6-4 滚子链传动的设计计算	61
§ 6-5 链传动的使用和维护	67
第七章 圆柱齿轮传动	68
§ 7-1 概述	68
§ 7-2 渐开线齿廓	69
§ 7-3 齿轮各部分名称与标准齿轮几何尺寸的计算	74
§ 7-4 渐开线齿轮正确啮合条件和连续传动条件	79
§ 7-5 渐开线齿廓切削加工原理简述	81
§ 7-6 齿轮加工精度与检验	83
§ 7-7 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	89

§ 7-8 标准直齿圆柱齿轮的强度计算	91
§ 7-9 圆柱齿轮结构	103
§ 7-10 变位直齿圆柱齿轮及其几何尺寸计算	107
§ 7-11 斜齿圆柱齿轮传动	121
第八章 直齿圆锥齿轮传动	130
§ 8-1 圆锥齿轮及其分类	130
§ 8-2 直齿圆锥齿轮的当量齿数 Z'	130
§ 8-3 直齿圆锥齿轮的几何尺寸计算	131
§ 8-4 直齿圆锥齿轮传动受力分析	133
§ 8-5 圆锥齿轮的结构	134
§ 8-6 圆弧点啮合齿轮传动简介	135
第九章 蜗杆传动	140
§ 9-1 蜗杆传动的类型、特点及应用	140
§ 9-2 主要参数和几何尺寸计算	141
§ 9-3 蜗杆传动工作性能的分析	144
§ 9-4 蜗杆传动受力分析	146
§ 9-5 其它类型蜗杆传动简介	146
第十章 轮 系	149
§ 10-1 概述	149
§ 10-2 轮系的传动比及其符号	150
§ 10-3 定轴轮系传动比的计算	150
§ 10-4 周转轮系的转化机构传动比计算	152
§ 10-5 三种行星轮系传动简介	159
第十一章 轴和键	167
§ 11-1 概述	167
§ 11-2 轴的结构设计	169
§ 11-3 轴的计算	174
§ 11-4 键联接	178
§ 11-5 花键联接	183
第十二章 轴 承	190
§ 12-1 概述	190
§ 12-2 滑动轴承	190
§ 12-3 非液体摩擦滑动轴承计算	197
§ 12-4 滚动轴承概述	197
§ 12-5 滚动轴承主要类型及其选择	200
§ 12-6 滚动轴承尺寸的选择计算	204
§ 12-7 滚动轴承组合设计	209
第十三章 联轴器与离合器	221
§ 13-1 概述	221
§ 13-2 联轴器	221
§ 13-3 离合器	224
第十四章 弹 簧	228
§ 14-1 概述	228
§ 14-2 圆柱形螺旋拉(压)弹簧的结构和特性曲线	230
§ 14-3 圆柱形螺旋拉(压)弹簧的计算	233
第十五章 减速器	238
§ 15-1 减速器的分类,常用减速器的型式和特性	238
§ 15-2 减速器的结构、润滑和密封	240

第一章 绪 言

§ 1-1 本课程的研究对象和内容

人类在生产活动中创造和发明了各种机械,用以减轻人的体力劳动,提高劳动生产率,完成各种复杂的工作。由于近代工业的迅速发展,出现了很多类型的机械,如矿山机械、冶金机械、起重运输机械、动力机械、农业机械和机械制造方面的机械等。

机械中的零件可分为两类。一类称为通用零件(常用零件),它在各种机械中经常遇到,例如螺钉、齿轮、带轮、轴承、轴和键等。另一类称为专用零件,它只出现在某些特殊的机械中,如内燃机的曲轴、汽轮机的叶片和水泵中的水轮等。专用零件的设计问题由相应的专门的著作中讲述。

机械设计基础主要研究常用零件和常用机构。常用机构包括平面连杆机构、凸轮机构、起重螺旋机构、带传动、链传动、齿轮机构和蜗杆传动等。

在各种机械中比较大量使用的往往是常用机构和常用零件。通常在机械设计中,这一部分零件的设计工作往往要占很大的比重。

本课程就是研究机械中常用机构的运动分析和常用零件设计与选择的基本方法。

设计一台机器或机械中的某些零件,除应满足使用要求之外,还应当做到安全可靠、操作方便、制造容易、成本低廉、使用寿命长和便于调整维修,并根据现有条件尽可能采用先进技术,以达到较高的生产率。

机械设计基础是一门重要的技术基础课程。通过本课程的学习,把以往所学的数学、物理、制图和力学等课程的知识更加具体地应用到机械工程上去,密切了理论与实践的联系,进一步提高作图技巧和熟练运算能力,同时培养学生分析问题和解决问题的能力。

学习这门课程还需要切削加工方法、金属材料 and 热处理方面的知识,考虑到非机械类专业教学计划中,对这些内容的学习较少或者没有安排教学。因此,根据本课程的需要,在绪言和以后各章节中增加了这方面的学习内容。

§ 1-2 机械中常用的材料

一、黑色金属材料

它是机械中主要的常用材料,可分为钢和铸铁两大类。

1. 钢的种类

根据钢的化学成分可分为碳素钢和合金钢。

碳素钢按含碳量又分为低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$)、中碳钢(含碳量 $> 0.25 \sim 0.60\%$)和高碳钢(含碳量 $> 0.60\%$);按用途可分为碳素结构钢和碳素工具钢,其中碳素结构钢根据质量等

级又分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。

为满足不同的使用目的和要求,又将普通碳素结构钢分为甲、乙、特三类。

甲类普通碳素钢:仅保证机械性能,不保证化学成分,并用 A1~A7 编号表示。

乙类普通碳素钢:仅保证化学成分,不保证机械性能,并用 B1~B7 编号表示。

特类普通碳素钢:是同时保证机械性能与化学成分的钢,并用 C1~C5 编号表示。

优质碳素结构钢:这类钢主要用作制造重要的机械零件,有较高的机械性能,钢中所含硫、磷等有害杂质较少,使用时需进行热处理。其钢号用钢中平均含碳量的万分之几的数字表示,例如“45”号钢其平均含碳量为 0.45%。对含锰量较高的优质碳素钢,在含碳量数字后加注符号“Mn”。例如 40 Mn,表示其平均含碳量为 0.40%,含锰量为 0.70~1.00%。

碳素工具钢:平均含碳量较高,约 0.7~1.3%。其钢号用“T”并在其后附加以含碳量的千分之几的数字表示,即 T7~T13。高级优质碳素工具钢须在牌号后加注“A”,例如 T10A,为平均含碳量 1.0% 的高级优质碳素工具钢。

合金钢按用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊合金钢。而合金结构钢又分普通低合金结构钢、合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢和滚动轴承钢等。

普通低合金结构钢是在普通碳素钢中加入少量合金元素(总量 $\leq 3\%$)。其机械性能较碳素钢高,焊接性、耐腐蚀性、耐磨性较碳素钢好,而经济指标与碳素钢相接近。

除滚动轴承钢外的合金结构钢均以平均含碳量的万分之几的数字表示。钢中主要合金元素除个别情况外,一般以百分之几的数字表示。当平均含量 $<1.5\%$ 时,钢号中一般只标出元素符号,而不标明含量,但在特殊情况下易混淆者,在符号后亦可标以 1 字;当平均含量 $\geq 1.5\%$ 、 $\geq 2.5\%$ 、 $\geq 3.5\%$ …时,在元素符号后面还标明含量,可相应为 2、3、4…等。例如平均含碳量为 0.36%、锰 1.5~1.8%、硅 0.4~0.7% 的钢,钢号应表示为 36 Mn 2 Si。钢中的钒、钛、铝、硼、稀土等合金元素,虽然含量很低,仍在钢号中标出。例如平均含碳量为 0.20%、锰 1.0~1.3%、钒 0.07~0.12%、硼 0.001~0.005% 的钢,钢号应表示为 20 Mn VB。为了区别于优质钢,对高级优质钢应在钢号后加“A”。例如 38 CrMoAlA。

滚动轴承钢钢号的含碳量不予标出。钢中铬的含量以千分之几的数字表示,并冠以“G”表示滚动轴承钢。例如平均铬含量为 1.5% 的轴承钢,钢号表示为 GCr15。

合金工具钢和特殊钢的表示法,请查阅机械工程手册材料部分。

一般形状复杂、体积较大的零件也可采用铸钢,如机座、机架、齿轮、套筒和各种式样的耐磨铸件等。它的表示方法为在相应的钢号前加“ZG”符号。例如 ZG45、ZG40Mn2 等。

2. 铸铁

铸铁一般分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和特殊性能铸铁。

灰铸铁的浇铸性好、机械加工性能好,所以广泛应用在机械制造中。它的含碳量一般为 2.7~4.0%,由于大部分碳都是呈自由状态(石墨)存在,这样就使其断面呈现暗灰色。灰铸铁以“HT”为代号,其后的数字表示机械性能。例如“HT 20-40”,其抗拉强度 $\sigma_b = 20 \text{ kg/mm}^2$ (换算成国际单位制为 $\sigma_b = 200 \text{ MPa}$),抗弯强度 $\sigma_w = 40 \text{ kg/mm}^2$ (换算成国际单位制为 $\sigma_w = 400 \text{ MPa}$)。

可锻铸铁是由一定化学成分的白口铸铁加热而成,其中化合的碳游离成了自由状态,这样就提高了铸铁的韧性。它可用来作为钢铸件和锻件的代用品。对于薄壁及复杂形状的零件更适合用可锻铸铁制造。

球墨铸铁是将石墨细化呈现球状,且分布均匀,增强了机械性能,因而能用它来代替铸钢及钢材。球墨铸铁以“QT”为代号,其后数字表示机械性能。例如 QT45-5,表示其抗拉强度 $\sigma_b = 45 \text{ kg/mm}^2$ (换算成国际单位制为 $\sigma_b = 450 \text{ MPa}$)、延伸率 $\delta = 5\%$ 。

特殊性能铸铁,包括耐热铸铁、耐腐蚀铸铁和耐磨损铸铁等。

二、有色金属

1. 铜合金

纯铜(红铜或紫铜)由于强度和硬度过低,在机械制造中很少使用。经常使用的有黄铜和青铜两种。黄铜为铜和锌的合金,青铜为铜和锡、铅或铝的合金。主要用于承受摩擦的零件。

2. 巴氏合金

如含铜、锑、锡等的合金,有低的摩擦系数和良好的韧性。主要用于轴承衬。

三、非金属材料

非金属材料在机械中使用的范围日益广泛。主要有塑料、尼龙、橡胶、石棉、压纸板等。

关于各种材料的机械性能,可查机械工程手册。

§ 1-3 钢的热处理简述

各种金属材料一般可以用热处理方法改变其物理、化学和机械性能。其中特别是钢的热处理对于提高它的强度、改善它的机械性能、提高零件的使用寿命以及满足不同的工作需要,具有重大的意义。

所谓钢的热处理,即是把钢制零件或毛坯加热到规定的温度,保持一定的时间再以一定的速率冷却的工艺过程。这种过程能改变钢的内部组织结构,从而引起物理、化学和机械性能的改变。下面简单地介绍热处理的工艺方法和热处理的目的。

一、退火和正火

退火(焖火)是将零件加热到临界温度以上,停留一定的时间(保温)然后缓慢冷却(同加热炉一起冷却)的操作过程。进行退火的目的是使经过冷变形加工,如冲压、轧制等的零件消除硬化现象和内应力;或者是消除锻造工件的内应力;或者是消除铸造零件内部成分不均匀、晶粒粗大现象,使材料增加韧性、降低硬度易于切削加工。

正火与退火的唯一不同处为前者在零件加热到临界温度以上后,从炉中取出零件放在空气中冷却,冷却速度比退火快。这样,一方面节省了热处理操作时间,同时得到更细的结晶组织,因而正火后的钢比退火后的钢具有较高的强度和硬度。

二、淬火和回火

淬火是将零件加热到临界温度以上后保温一段时间,然后放在冷却剂(水或油)中急剧冷却的操作过程。含碳量在 0.3% 以上的钢可以进行淬火处理。淬火后的钢具有很高的硬度和

强度极限,但是变得很脆,而且因为急剧冷却常常使零件中产生很大的内应力,这对于承受载荷特别是承受冲击载荷的零件是很不利的。

回火是将淬火后的零件再加热到比临界温度为低的某一温度,保温一段时间,然后放在油或者空气中冷却的操作过程。回火的目的是为了消除由于淬火后产生的脆性和内应力。虽然回火后会使钢的硬度降低些,但提高了钢的冲击韧性和塑性。

因回火的温度不同,可将钢的回火操作分为低温回火、中温回火和高温回火三种。随着回火温度的提高,钢的硬度和强度下降,而延伸率却不断增高。低温回火($150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$)的目的是消除钢的内应力和减少脆性,保持高的硬度和良好的耐磨性,这种方法适用于刀具、量具等的热处理。中温回火($300^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$)适用于弹簧零件的热处理。目的在于获得高的弹性与强度极限,并有足够的韧性。高温回火($500^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$)的目的是获得高的韧性、足够的强度极限和硬度。淬火后经高温回火的热处理过程称为调质处理,如用40、45号等中碳钢制造齿轮、轴及其它零件时,常采用这种热处理方法。

三、渗碳、氮化、氰化及表面淬火

对于受磨损而且承受变载荷或动载荷的零件(例如凸轮、齿轮等)来说,要求具有柔韧的内心和硬的表面(柔韧的内心用来承受载荷,硬的表面用来抗磨损)。将零件作渗碳等处理就可满足这种要求。

渗碳就是将碳渗入低碳钢的表面层,随后施之淬火工艺,使其表面硬度及耐磨性增高,而中心部分仍保持很好的韧性的操作过程。作渗碳处理的零件均应由低碳钢(含碳量 $0.1\sim 0.25\%$)及低碳合金钢制成。

氮化是使氮渗入钢的表面与钢中的铁、铬等形成氮化物,以提高表面硬度、耐磨性、耐蚀性及疲劳强度的操作过程。氮化后的零件不需要再进行淬火,因此避免了淬火而带来的缺陷。这就是氮化优于渗碳处理的地方。但因氮化处理后表面硬化层较薄而不能承受大的过载,这是它的不足之处。

氰化是把钢制零件放在氰盐或者CO和 NH_3 的混合气体中加热,使表面同时渗碳和渗氮的操作过程。

表面淬火是用很高温度的火焰或电的热量,以很快的速率,使中碳钢或中碳合金钢制成的零件表面层加热到淬火温度,然后跟着喷水(或其它冷却剂)使它急剧冷却而变硬的操作过程。表面淬火因为加热时间不长,所以只表面层加热,经淬火后硬度及耐磨性提高了,而中心部分仍保持原来的韧性。表面淬火常用来处理齿轮等零件。

第二章 平面连杆机构

§ 2-1 机器和机构、构件和零件

机器具有以下特征: (1) 它是由许多实物组合而成的; (2) 这些实物之间具有确定的相对运动; (3) 它是用来代替人的劳动去变换机械能(如内燃机、发电机)或完成有用的机械功(如矿山机械、起重运输机械、机床等)。

机器是由机构组成的。机构也是由许多实物组合而成, 各实物之间具有确定的相对运动, 但它只具有机器的前两个特征。它的用途就是传递和变换运动。最简单的机器只包含一个机构, 例如电动机、螺旋起重器等。经常见到的机器都包含几个机构, 如凸轮机构、齿轮机构、平面连杆机构等。而机械一词通常作为机器和机构的总称。

组成机构或机器的实物是一个具有确定运动的整体, 称为构件。构件可以是单一的整体, 也可以是几个元件的刚性组合。例如齿轮用键与轴刚性地联接在一起, 键、轴和齿轮之间没有相对运动, 成为一个运动的整体, 组成一个构件。组成这个构件的三个元件被称为零件。由此可知, 构件是运动的单元, 而零件是制造的单元。

§ 2-2 运动副及机构运动简图

一、运动副

无论是机器还是机构, 都具有一个重要的特征, 就是各构件之间是按一定方式活动地联系在一起, 且构件之间具有完全确定的相对运动。当我们注意观察各种机器上的机构时, 可以发现构件与构件之间的相对运动形式很多, 下面介绍常见的三种形式:

1. 两构件联接部分的相对运动为转动或摆动, 这样的联接称为转动副。如图 2-1 轴和轴承的联接、图 2-2 的铰链联接。从图中看到构件 2 和构件 1 之间的相对运动是绕轴线 A 做转动。

2. 两构件之间联接部分的相对运动为移动, 这样的联接称为移动副。如图 2-3 所示。

3. 如图 2-4 所示, 为一对齿轮的轮齿联接, 它们之间的相对运动一般是既有绕接触点 K

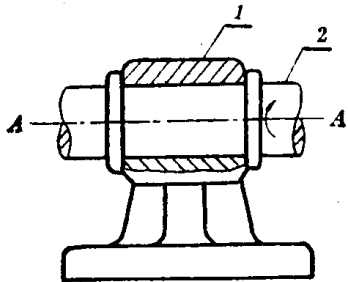


图 2-1

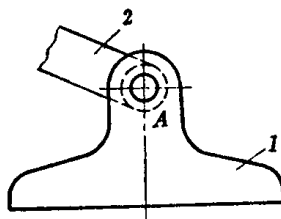


图 2-2

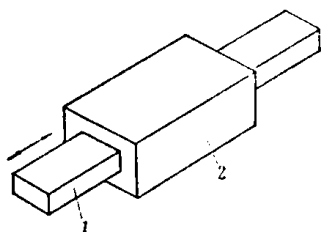


图 2-3

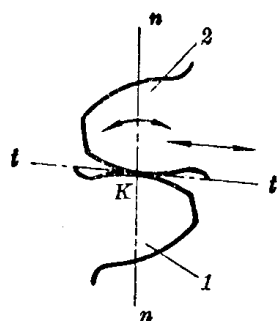


图 2-4

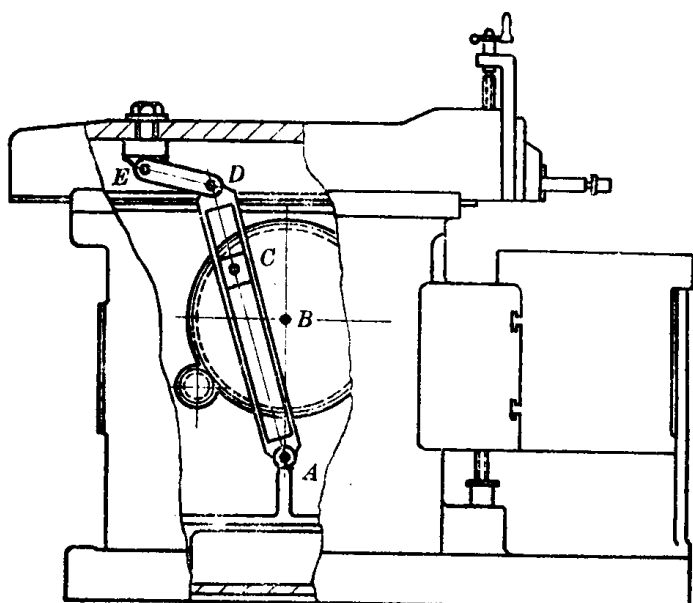
的转动又有沿接触点切线 $t-t$ 方向的移动, 这样的联接称为齿轮副。

转动副、移动副和齿轮副又统称为运动副。综上所述, 凡是两个构件直接接触而且具有一定型式的相对运动的联接就叫做运动副。转动副和移动副又均为面接触, 我们称为低副。齿轮副为线接触, 此外如滚动轴承的滚珠和内外座圈的接触是点接触, 凡是点接触或线接触的运动副称为高副。

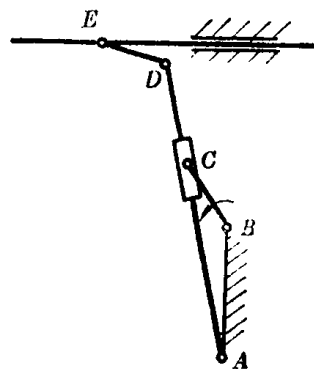
为了研究问题方便起见, 各种运动副常根据它的结构特点用一些简单的线图符号来表示。表 2-1 所示为常见的一些运动副的表示符号。

表 2-1 运动副的代表符号

符 号	代 表 意 义	符 号	代 表 意 义
	转 动 副		移 动 副
	在运动平面中的转动副		移 动 副
	移 动 副		螺 旋 副



a)



b)

图 2-5

二、机构运动简图

在研究机构时,为了简化问题便于研究起见,我们撇开机构外形和构造特点,即与运动无关的因素,而只根据构件的联接特征和那些与运动有关的尺寸,用简单的线条和符号把机构表示出来。这种仅表示与机构运动有关的机构运动特性的线图,叫做机构运动简图。如图 2-5 所示, *a*) 为牛头刨床的构造图, *b*) 为牛头刨床的摆动槽杆机构的运动简图; 图 2-6 所示, *a*) 是颚式破碎机构造图, *b*) 是其机构运动简图。

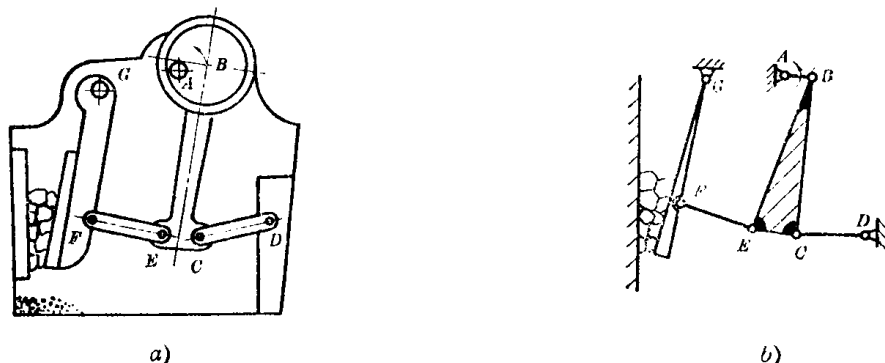


图 2-6

§ 2-3 平面四杆机构及其应用

平面连杆机构是由一些刚性构件用低副(转动副和移动副)联接而成的机构。它广泛地用于各种机械和仪器中,例如金属加工机床、起重运输机械、采矿机械、农业机械和仪表等。它在机械中用以传递动力和改变运动形式。

平面连杆机构的种类较多,但常用的最基本的是铰链四杆机构。其它较复杂的平面连杆机构都是由铰链四杆机构演变和发展而成的。

铰链四杆机构的基本特点是由四个构件通过铰链联接而成的。四杆机构的基本特性取决于各构件的运动特性。在图 2-7 所示的铰链四杆机构中,固定不动的构件 *AD* 为机架,与机架联接并能绕轴线作 360° 转动的构件 *AB* 称为曲柄,与机架联接而仅能绕轴线作某一角度摆动的构件 *DC* 称为摇杆(或摆杆),不与机架相联接且作平面运动的构件 *BC* 称为连杆。对于铰链四杆机构而言,机架和连杆总是存在的,因此铰链四杆机构可按曲柄和摇杆的存在情况分下列三类:

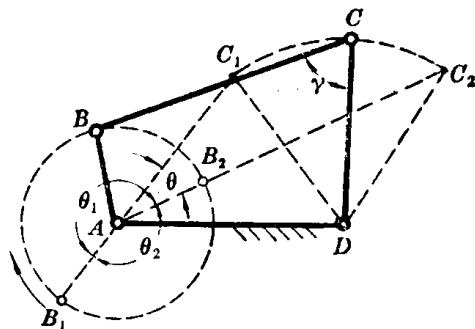


图 2-7

一、曲柄摇杆机构

在铰链四杆机构中,除连杆和机架外,一个是曲柄,而另一个是摇杆称为曲柄摇杆机构,如图 2-7 所示,当曲柄 *AB* 为主动件并作等速回转时,摇杆 *DC* 为从动件并往复变速摆动。从图中看出,在曲柄 *AB* 回转一周的过程中,有二次与连杆 *BC* 共线,此时摇杆 *DC* 分别位于 *DC1* 和 *DC2* 二个极限位置。当曲柄 *AB* 从 *AB1* 位置顺时针转过角 θ_1 时,摇杆 *DC* 从左极限位置

DC_1 摆到右极限位置 DC_2 , 其所需时间为 t_1 , 而 C 点的平均速度为 v_1 。当曲柄 AB 从 AB_2 位置再转过角 θ_2 时, 摇杆 DC 从 DC_2 又摆回到 DC_1 , 而所需时间为 t_2 , C 点的平均速度为 v_2 。曲柄 AB 对应于摇杆的两个极限位置所夹的锐角 θ 称为极位夹角。显然 $\theta_1 = 180^\circ + \theta > \theta_2$

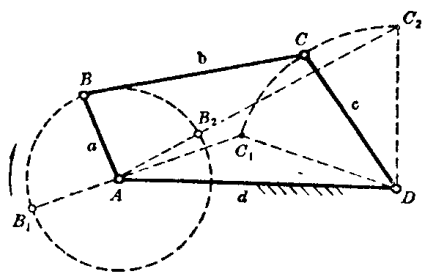


图 2-8

$= (180^\circ - \theta)$, 于是 $t_1 > t_2$, $v_2 > v_1$ 。由此可知, 摇杆 DC 摆回来时的速度较快, 具有急回运动的特性, 这个特性在机械中常用来减少非生产时间, 以提高生产效率。例如牛头刨床, 碎石机等摇杆摆回速度都比较大。

上述曲柄摇杆机构中, 构件 AB 能否作整周转动, 成为曲柄, 是与机构各构件之相对长度有关。下面讨论铰链四杆机构曲柄存在的条件。

在图 2-8 中, 设 a 、 b 、 c 、 d 分别代表 AB 、 BC 、 CD 、 AD 的长度。如前所述, 当曲柄 AB 回转一周时, 它与连杆 BC 有两次共线。这时曲柄和摇杆的对应位置分别为 AB_1 与 C_1D ; AB_2 与 C_2D 。根据三角形两边之和大于第三边可知:

在 $\triangle AC_1D$ 中, 因为

$$(b-a) + d > c$$

$$(b-a) + c > d$$

所以

$$a + c < b + d \quad (2-1)$$

$$a + d < b + c \quad (2-2)$$

在 $\triangle AC_2D$ 中

$$a + b < c + d \quad (2-3)$$

将(2-1)、(2-2)和(2-3)三式中每两式相加, 化简后得:

$$a < b \quad (2-4)$$

$$a < c \quad (2-5)$$

$$a < d \quad (2-6)$$

当 AB 与 BC 在一直线时, 如果 CD 也位于这条直线上, 那末在这种情况下构件 AB 仍然可以回转一整周, 这时公式(2-1)至(2-3)就变成等式了。

综上所述可以得出四杆机构曲柄存在条件是:

- 1) 曲柄为最短构件;
- 2) 最短构件与最长构件长度之和小于或等于其它两构件长度之和。

在曲柄摇杆机构中, 当曲柄为主动件时, 可以将连续的回转运动变成为往复摆动。曲柄摇杆机构在机械中用的最多。例如颚式破碎机(如图 2-6 所示)、筛分机(如图 2-9 所示)等。

二、双摇杆机构

在铰链四杆机构中, 如果和机架相连的两个构件都不能作整周回转而只能在一定角度内往复摆动, 称为双摇杆机构, 如图 2-10 所示。图 2-11 所示的码头起重机, 就是双摇杆机构的典型示例。构件 AB 为机架, 当起重时, 摇杆 AD 和 BC 摆动, 而连杆 CD 作平面运动, 其上一

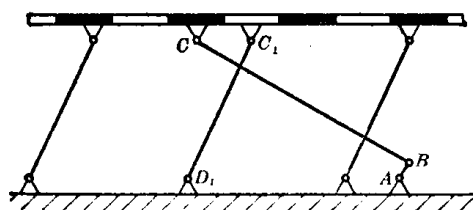


图 2-9

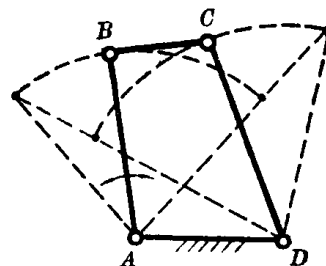


图 2-10

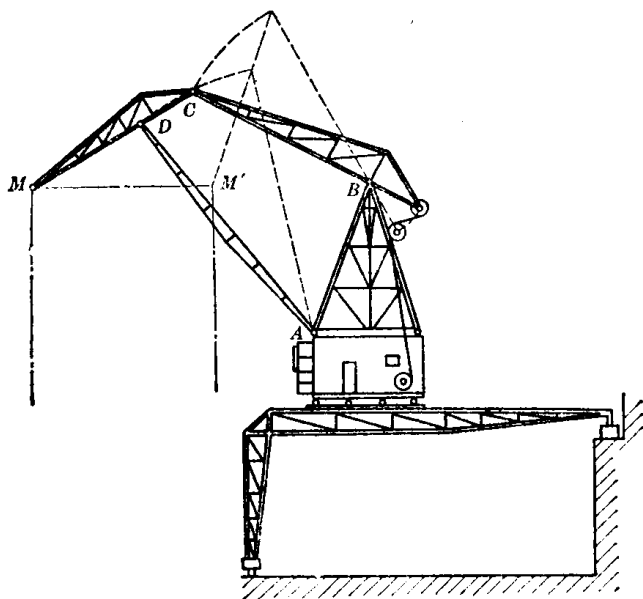


图 2-11

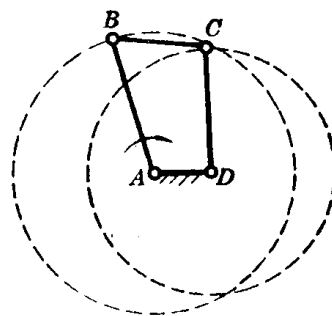


图 2-12

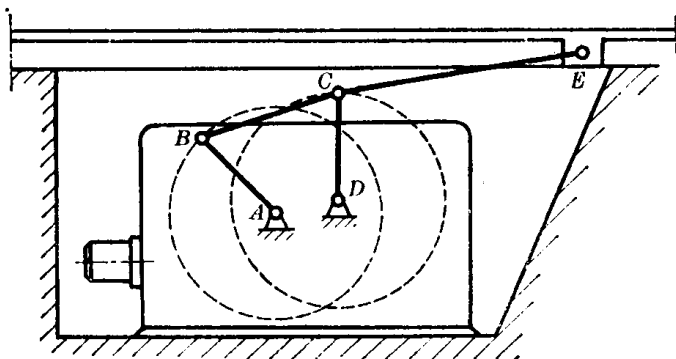


图 2-13

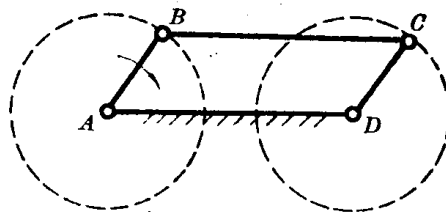


图 2-14

点 M (吊重物处) 近似作水平直线运动。

三、双曲柄机构

在铰链四杆机构中, 如果和机架相连的两个构件都能作整周回转运动, 称为双曲柄机构。如图 2-12 所示, 这种机构的特点是当主动曲柄以等速回转时, 则从动曲柄将以变速回转, 即回转一周时, 在某一角度内角速度较大, 而在其余的角度内角速度较小。但回转一整周时, 主动曲柄和从动曲柄所需时间相等。因此, 双曲柄机构常用在具有急回特性的机械中。例如惯性筛, 如图 2-13 所示的铰链四杆机构 $ABCD$ 便属于这种机构。

在双曲柄机构中, 如果对边两构件的长度各相等, 如图 2-14 所示。这种机构的特点是主

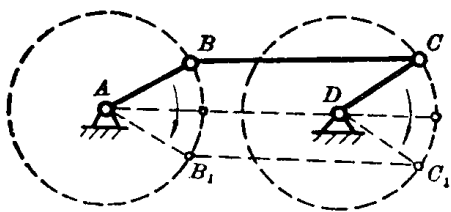


图 2-15

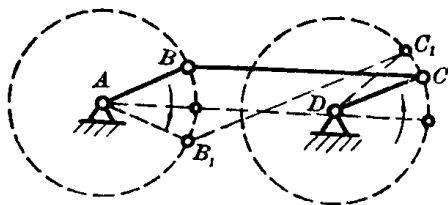


图 2-16

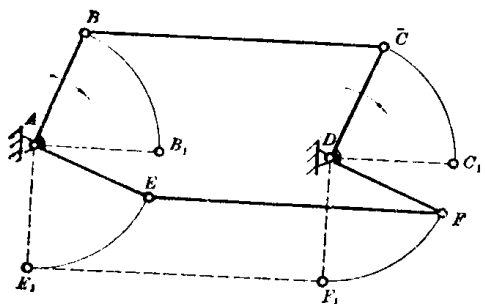


图 2-17

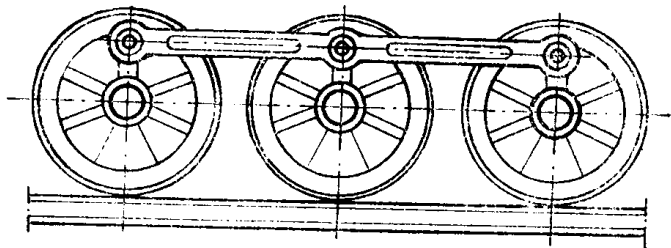


图 2-18

动曲柄和从动曲柄的瞬时角速度相等, 故在机械中常被采用。但这种机构当曲柄与连杆成一直线的瞬时, 虽然主动曲柄的回转方向不变, 而从动曲柄的方向可能不变(如图 2-15 所示), 也可能改变(如图 2-16 所示)。为了克服这种运动不确定性, 通常可在从动轴上安装飞轮、增加辅助连杆(如图 2-17 所示)、或者增加辅助曲柄。图 2-18 就是蒸汽机机车传动机构增加辅助曲柄的实例。

§ 2-4 机构死点位置及克服办法

在曲柄摇杆机构中, 如图 2-19 所示, 若以摇杆 DC 为主动件则在摇杆的两个极限位置时, 连杆加于从动件曲柄 AB 的力 P 将通过铰链 A 的中心, 因此不能推动曲柄转动, 使机构处于静止状态。这两个极限位置称为机构的死点位置。

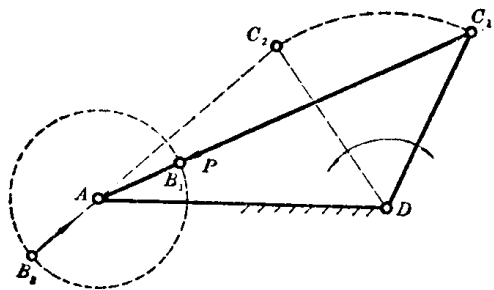


图 2-19

机构出现死点位置对工作是不利的, 为了顺利地通过死点位置, 一般是利用机构的惯性力加以克服。例如缝纫机在运动中就是依靠带轮的惯性通过死点。还有很多机械为了顺利地通过死点位置, 往往在从动轴上加一质量较大的飞轮, 利用飞轮的惯性通过死点。

在双摇杆机构中, 无论哪一个摇杆作主动件, 都会出现两个死点位置。为了避免死点位置, 一般在实际使用中, 应限制从动摇杆达到极限位置, 即限制摆动角度。

在双曲柄机构中, 由于没有作往复运动的构件, 机构没有极限位置, 无死点存在。

机构死点位置在一般情况下是不利的, 要设法避免或顺利通过。但在某些情况下, 人们就是利用机构的死点位置来进行工作的。有关利用机构死点位置进行工作的机构可参阅有关资料。

§ 2-5 四杆机构的演化及应用

各种型式的四杆机构之间虽然存在着差异,但他们往往具有共同的特性和内在的联系。他们的型式不同,但都可以看成是改变基本型式中某些构件的形状、相对长度、运动副的形式或选择不同构件作为机架等方法而得到。下面就来介绍由铰链四杆机构演变而成的曲柄滑块机构和摆动槽杆机构。

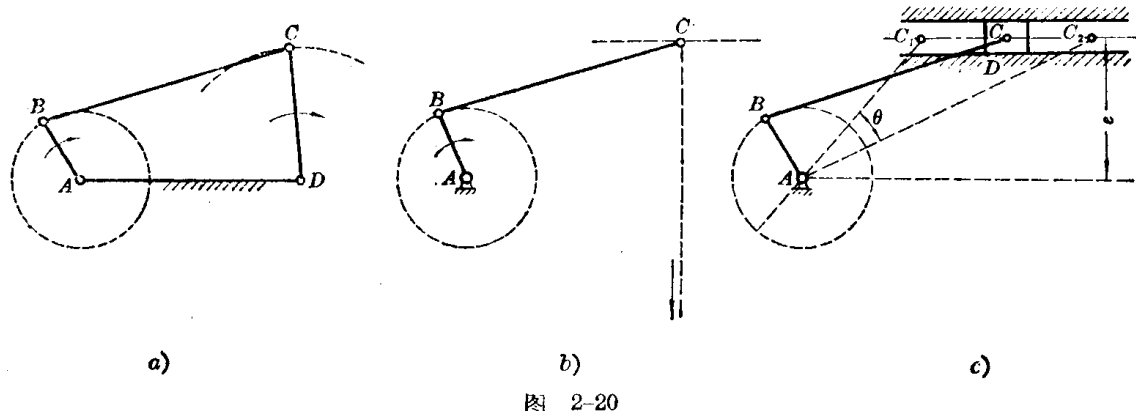


图 2-20

一、曲柄滑块机构

如图 2-20 a) 的曲柄摇杆机构中,当摇杆 DC 长度无限加长时, C 点的运动轨迹便成了直线,摇杆 DC 便成了滑块,而原来的转动副 D 变成了移动副,即形成所谓曲柄滑块机构,如图 b) 和 c) 所示。图中 e 为曲柄中心至直槽中心线的垂直距离,称作偏距,这种机构称偏置曲柄滑块机构。它的运动特性和铰链四杆机构相似,当曲柄回转一周时,滑块往复移动一次,且曲柄和连杆有两次共线,极位夹角 θ 为锐角,因此滑块也具有急回特性。

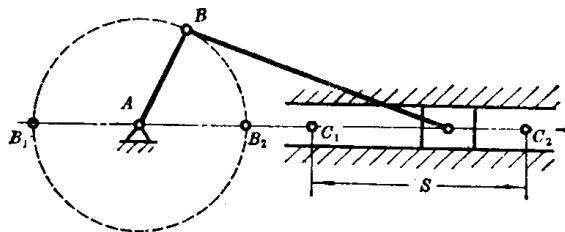


图 2-21

当偏心距 $e=0$ 时,称为对心曲柄滑块机构,简称曲柄滑块机构,如图 2-21 所示。这种机构的极位夹角 $\theta=0$,因此机构没有急回特性。此机构若以滑块为主动件时,机构仍有两个死点位置,如图中 B_1 和 B_2 位置。滑块的两个极限位置 C_1 、 C_2 之距离 S 称为滑块的行程(或冲程),由图中可以看出,曲柄滑块机构中滑块的行程为曲柄长度的二倍。

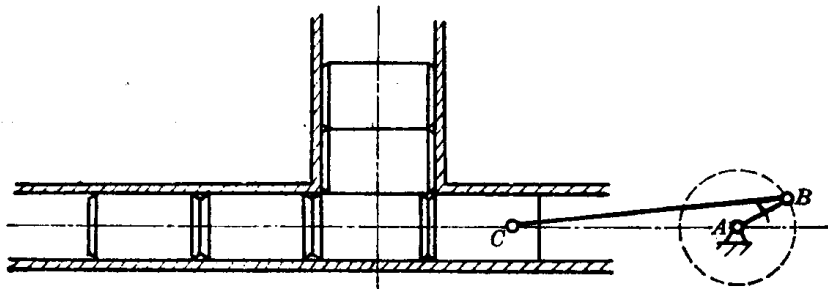


图 2-22

曲柄滑块机构在机械工程中应用比较广泛。例如内燃机、蒸汽机、空气压缩机及冲床等的主要机构都是曲柄滑块机构。图 2-22 所示为应用曲柄滑块机构的送料器,用以推送圆柱形毛坯,滑块的行程等于毛坯的长度。

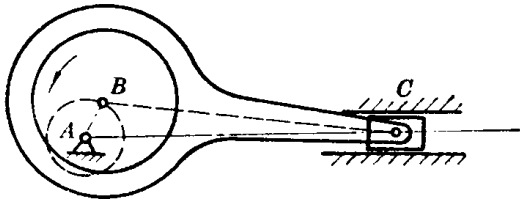


图 2-23

在生产中要求传递较大的力,滑块行程又较小,以致曲柄较短而在结构上又不便在曲柄上安装两个转动副时,可把曲柄做成圆盘,成为偏心轮机构,如图 2-23 所示。它本质上还是曲柄滑块机构。偏心轮的回转中心 A 到它的几何中心 B 之间的距离叫偏心距,即曲柄长度,这种机构常用于冲床、剪床及润滑油泵中。

二、摆动导杆机构

如果将曲柄滑块机构中曲柄固定作为机架,便成为转动导杆机构,如图 2-24 所示,构件 2 和 4 都可作整周转动,构件 4 称为导杆。如果将图中构件 1 的长度增加得比构件 2 的长度还长,则导杆 4 就不能做整周转动而只能作往复摆动,就变成了摆动导杆机构,如图 2-25 所示。该机构的极位夹角为 θ ,也具有急回特性,在工程上常用于牛头刨床上。因为牛头刨床在刨切时要求刨刀以较低的速度进行刨削,而刨完一次后要求刨刀能以较快的速度返回,从而可以减少非生产时间,提高生产率。摆动导杆机构在牛头刨床上的应用见图 2-5。

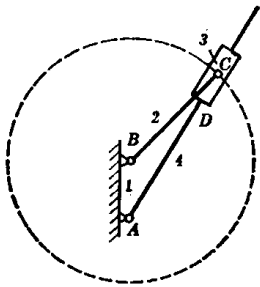


图 2-24

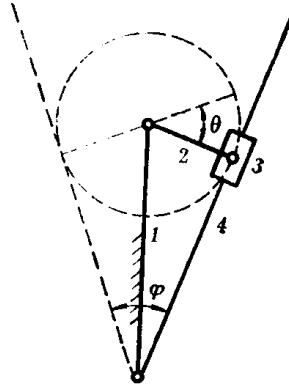


图 2-25

复 习 题

1. 什么叫运动副? 运动副分几种; 各有何特点?
2. 什么叫曲柄、连杆和摇杆(摆杆)?
3. 铰链四杆机构中, 形成曲柄的条件是什么?
4. 什么是机构的急回运动特性?
5. 曲柄摇杆机构, 双摇杆机构和双曲柄机构各有何特点? 试举出几个实例说明它们的应用。
6. 什么是机构的死点位置? 克服机构死点位置的办法是什么? 在四杆机构中那几种机构存在机构的死点位置?
7. 曲柄滑块机构有何特点? 滑块的行程如何计算?
8. 摆动导杆机构有何特点?