

机械设计基础

上海交通大学

一九七七年四月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上。

目 录

第一章 机构概论

§ 1-1 组成机构的基本元件·····	1
§ 1-2 机构运动简图·····	3
§ 1-3 常用典型机构介绍·····	12

第二章 平面连杆机构

§ 2-1 平面连杆机构的类型及应用·····	13
§ 2-2 四杆机构的基本性质·····	18
§ 2-3 四杆机构的设计·····	22

第三章 凸轮机构

§ 3-1 凸轮机构的应用和分类·····	27
§ 3-2 从动件的常用运动规律和它的选择·····	29
§ 3-3 按已知运动规律设计凸轮的廓线·····	33
§ 3-4 凸轮机构设计的其他问题·····	38

第四章 螺纹联接

§ 4-1 概述·····	47
§ 4-2 螺纹·····	47
§ 4-3 螺纹联接的基本类型和螺纹联接件·····	52
§ 4-4 螺纹联接的计算·····	57

第五章 键联接

§ 5-1 概述·····	66
§ 5-2 紧键联接和松键联接·····	66
§ 5-3 花键联接·····	68

第六章 弹簧

§ 6-1 概述·····	72
§ 6-2 圆柱形螺旋弹簧的端部结构、材料和制造·····	73
§ 6-3 圆柱形螺旋拉、压弹簧的设计与计算·····	75

第七章 皮带传动

§ 7-1 概述	79
§ 7-2 皮带传动的型式	80
§ 7-3 三角皮带	82
§ 7-4 皮带传动的设计原则	84
§ 7-5 三角皮带轮	89
§ 7-6 皮带作用在轴上的载荷	91
§ 7-7 三角皮带传动的设计计算	92

第八章 链传动

§ 8-1 概述	96
§ 8-2 传动链的结构型式和材料	97
§ 8-3 链传动运动的不均匀性和冲击	101
§ 8-4 链轮	103
§ 8-5 链传动的设计计算	105
§ 8-6 链传动作用在轴上的载荷	108
§ 8-7 链传动的合理布置、张紧方法、润滑	109

第九章 齿轮传动

§ 9-1 概述	111
§ 9-2 渐开线和渐开线齿廓	112
§ 9-3 标准渐开线齿轮的各部分名称和尺寸	114
§ 9-4 一对渐开线齿轮的啮合	116
§ 9-5 齿轮加工方法和精度等级	120
§ 9-6 渐开线齿轮的根切现象和最小齿数	122
§ 9-7 齿轮的常用材料	123
§ 9-8 齿轮的损坏型式	125
§ 9-9 齿轮的齿数和模数的确定	126
§ 9-10 直齿圆柱齿轮强度计算	127
§ 9-11 斜齿圆柱齿轮传动	134
§ 9-12 直齿圆锥齿轮传动	139
§ 9-13 齿轮结构及工作图	143

第十章 蜗杆传动

§ 10-1 概述	152
§ 10-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	153

§ 10-3	蜗杆、蜗轮的材料和加工方法	158
§ 10-4	蜗杆传动的效率	159
§ 10-5	蜗杆传动受力分析	160
§ 10-6	蜗杆传动的损坏形式和计算	161
§ 10-7	蜗杆和蜗轮的结构	164

第十一章 轮系

§ 11-1	概述	167
§ 11-2	定轴轮系的传动比	167
§ 11-3	周转轮系中的转速计算	172
§ 11-4	行星减速器简介	175
§ 11-5	标准减速器简介	177

第十二章 轴

§ 12-1	概述	182
§ 12-2	轴的结构	185
§ 12-3	轴的强度计算	190
§ 12-4	轴的刚度	191
§ 12-5	轴的工作图	192

第十三章 滑动轴承

§ 13-1	概述	196
§ 13-2	径向滑动轴承的构造	196
§ 13-3	非液体摩擦径向滑动轴承的设计计算	200
§ 13-4	止推轴承	202
§ 13-5	润滑剂和润滑方法	204
§ 13-6	液体摩擦滑动轴承简介	208

第十四章 滚动轴承

§ 14-1	概述	210
§ 14-2	滚动轴承的主要类型、选用原则	211
§ 14-3	滚动轴承的组合设计	213
§ 14-4	滚动轴承的寿命和承载能力计算	217

第十五章 联轴器与离合器

§ 15-1	概述·····	238
§ 15-2	联轴器·····	239
§ 15-3	离合器·····	242
[附录一]	公差与配合的选择 ·····	247
[附录二]	机械制造中常用材料的选择·····	251

第一章 机构概论

§ 1-1 组成机构的基本元件

伟大领袖毛主席指出：“中国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”。由此可见机器在国民经济发展中所处的地位是何等的重要。随着社会主义建设事业的蓬勃发展，机械化程度不断提高，各行各业越来越普遍地使用多种多样的机器，以减轻繁重的体力劳动和满足各种工艺需要。

什么是机器？早在十九世纪，伟大革命导师马克思在《资本论》中曾对当时的机器设备作了如下的阐述：“工具机是这样一种机构，它在取得适当的运动后，用自己的工具来完成过去工人用类似的工具所完成的那些操作”“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”

（马恩全集第23卷，马克思《资本论》第四篇第十三章，机器和大工业）。因此，机器是人类在长期的生产劳动实践中创造出来的产物。人们把各个构件组合起来，并使它们之间具有确定的相对运动，以达到用来代替人类的体力劳动，完成所需的有益功或者实现能量的转换这个目的。

如图1—1所示的牛头刨床就是由电动机1（即发动机部分）、皮带、齿轮2等传动部分和刨头3，进给机构（即工作机构）所组成。它可以代替人类繁重的体力劳动，完成金属制品的刨削加工，

在生产实践中我们可以看到种类繁多的机器，如车床、起重機、內燃机、冲床、造型机等等，如果我们仔细观察和分析这些机械设备的构造，就会发现它们总是由一些典型机构所组成。如图1—1所示牛头刨床就是由皮带传动机构、齿轮机构、棘轮棘爪机构和连杆机构等所组成。

机器是由各种典型机构所组成的，那么机构又是由哪些基本元件所构成的呢？“成为我们认识事物的基础的东西，则

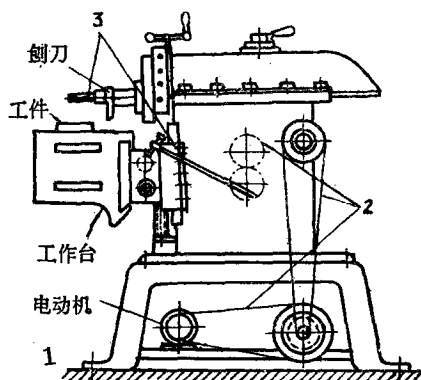


图 1-1

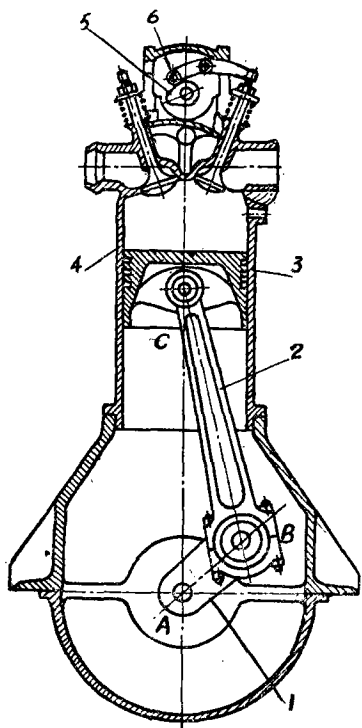


图 1-2

必须注意它的特殊点”。从图 1—2 所示内燃机的曲柄滑块机构中可以看到,当曲柄转动时,连杆和活塞都作一定的相对运动(即不是无规则的乱动,或固定不动)。为什么能产生一定的相对运动呢?这是由于曲柄和连杆、连杆和活塞、活塞和气缸等之间都采用了转动的或移动的可动联接(不是刚性联接)。为了研究机构的组成,我们把由一个零件或由若干个零件刚性地连接在一起的活塞、连杆、曲柄等运动整体称为**构件**。气缸是固定不动的,称为**固定构件**(或机架)。把气缸和活塞、活塞和连杆、连杆和曲柄等连接起来的直接接触的活动联接(包括移动联接和转动联接)叫做**运动付**。由此可知,机构就是由若干个构件通过一定的可动联接方式(即运动付)连接起来,并具有确定运动规律的组合体。构件和运动付叫做组成机构的基本元件。

对于作平面运动的机构来说,运动付可分成三类,如图 1—3 所示。图 1—3, *a*,是具有相对转动的活动联接,它的具体构造有:轴和轴承、销轴和销轴孔等,我们把它叫做**转动付**。

图 1—3, *b*,是具有相对移动的活动联接,它的具体构造有:滑块和导轨、活塞和气缸等,我们把它叫做**移动付**。

转动付和移动付都是面接触的运动付,因此它们都叫做**低付**。

图 1—3, *c*、*d* 分别表示凸轮和从动杆之间、齿轮轮齿之间的接触联接,它们都不是面接触,而是点、线接触,因此,我们把它们叫做**点线接触运动付**或**高付**。

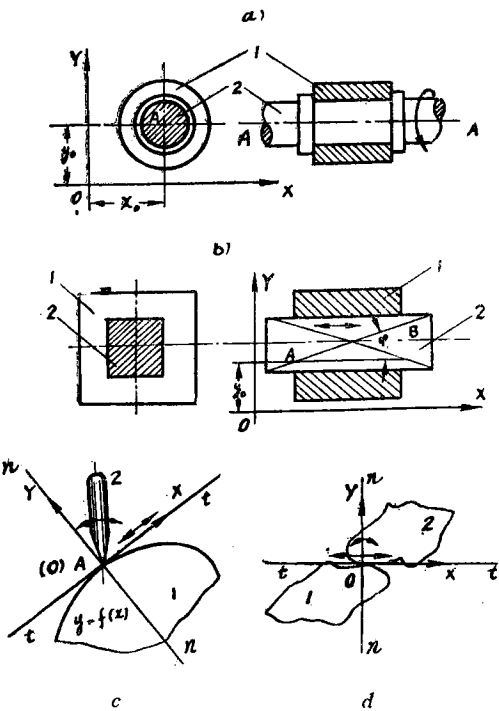
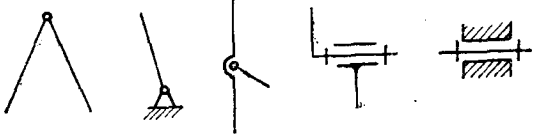
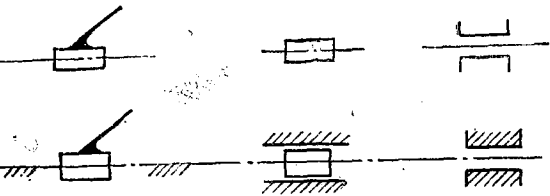
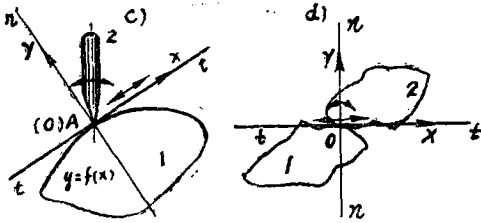


图 1—3

运动付的简化表示符号,列在表 1—1 中。

表 1—1 运动付的符号

类别	名 称	特 点	符 号
面接触运动付 (低付)	转动付	两构件只能作相对转动	
	移动付	两构件只能作相对移动	
点线接触运动付	高 付	两构件只能沿接触点的切线方向作相对移动及绕接触点作相对转动。	

§ 1-2 机构运动简图

要设计能满足一定生产需要的新机器或要改进现有机器，首先要求我们研究机器的运动特性。在分析机构的运动或设计机构时，为了能“用不同的方法解决不同的矛盾”和“抓住主要矛盾”，我们须要暂时丢开那些与主要问题无关的东西（如机器的具体构造和外形等）而仅用运动付的表示符号和连接这些运动付的线条（构件的表示符号）所组成的简单图形来表示机构，这种简单图形叫做**机构运动简图**，它是研究机器运动特性和工作性能的一个重要工具。

由于机构运动简图必须能反映机构的运动特性，因此它应当具有研究机构运动所必须的一切参数，如转动付中心间的距离、转动付中心和移动付中心线之间的距离，以及移动付中心线之间的夹角等运动尺寸。

根据上述原则，我们把测绘实际机器的机构运动简图的方法简述如下：

一、分析机构的运动情况，判别固定构件（机架）和活动构件（包括原动件、传动件、工作构件），并数出活动构件数。

二、分析各构件之间的相对运动情况，确定各构件之间的相对运动性质和判别运动付的种类、数目。

表 1—2

常 用 典

序号	类别	机构名称	机构简图
一	执行构件是移动的机构	曲柄滑块机构	
		移动从动杆凸轮机构	
		齿轮齿条机构	
		螺旋机构 ①传动螺旋机构 ②自锁螺旋机构	
二	执行构件是摆动的	①曲柄摇杆机构 ②双摇杆机构	
		摆动导杆机构	

型 机 构	
运 动 特 点	应 用 举 例
① 当曲柄 2 作转动时，滑块 4 作往复移动。 ② 当滑块 4 作往复移动时，曲柄 2 作转动。	① 压气机、冲床、活塞式水泵等的主机构。 ② 内燃机的主机构，汽车门的启闭机构，蒸汽机的主机构。
凸轮 2 转动(移动)时，从动杆 3 作往复移动，改变凸轮轮廓的形状可改变从动杆的运动规律。	内燃机的气门机构，各种自动机中的往复运动机构、缝纫机的挑线机构等。
齿轮 2 一般作正反转，使齿条 3 作往复移动。	各种机床中的换向机构。
丝杠作正反转而使螺母作往复移动，或者螺母不动，丝杠作往复移动，如千斤顶。	① 各种机床的丝杠、分度机，测微器等。 ② 千斤顶，钳式螺旋压力机，台钳、皮带、运输机张紧机构等等。
当曲柄 2 作转动时或构件 2 作摆动时，摆杆 4 作摆动。 当摇杆作摆动时，曲柄 2 作连续转动。	汽车括水板机构、碎石机、汽车转向机构等等。 缝纫机的脚踏机构、脚踏脱粒机构。
当曲柄 2 作转动时或构件 2 作摆动时，摇杆 4 作摆动。	牛头刨床、插床等的主机构、润滑油泵的机构、飞机上的液压作动筒机构等。

表 1—2 (续)

序号	类别	机构名称	机构简图
三	机构	摆动从动杆凸轮机构	
	运转机构	平行四边形机构	
		齿轮机构	
		蜗轮蜗杆机构	
		挠性传动机构	
		摩擦轮传动机构	
四	间	棘轮棘爪机构	

运 动 特 点	应 用 举 例
当凸轮 2 转动时, 从动杆 3 作摆动。	内燃机的气门机构, 各种自动机中的摆动机构。
当构件 2 转动时, 构件 4 也作角速度与 2 相同的旋转运动。	电机车车轮传动机构, 绘图机构, 十字滑块联轴器等。
可以把旋转运动变换为同向或反向的各种不同转速的旋转运动。	广泛地应用在各种现代机器中, 作为减速或变速的传动装置, 以及各种仪表, 如钟表、转速表、求积仪等。
可以把蜗杆的旋转运动传递给蜗轮, 而且可以具有自锁作用 (即蜗轮不能带动蜗杆)。	广泛地应用在减速装置中, 因可以具有自锁作用, 所以在电梯、起重机的起升机构中用得也很多。
用挠性构件如皮带 (平皮带、三角皮带、齿形皮带)、链、钢绳等来进行传动, 其轴间距离较大。	压气机、牛头刨床、磨床等各种机器的传动中, 尤其是高速级的传动中。还有在农业机械、自行车、摩托车、卸煤机、自动过滤机等方面也有广泛的使用。
可把旋转运动通过摩擦力的作用变换成为各种不同转速的旋转运动。	摩擦压力机、摩擦无级变速器、夹板锤等等。
可把摆动变为单向或反向的间歇旋转运动, 以及反向制动。	牛头刨床进给机构、运输机张紧机构以及机床和自动机的喂料和成品输出机构等等。

表 1—2 (续)

序号	类别	机构名称	机 构 简 图
四	歇 运 动 机 构	擒纵机构	
		槽轮机构	
		不完整齿轮机构	
五	差 动 机 构	差动齿轮机构	
		杠杆式差动机构	
		差动螺旋机构	

运 动 特 点	应 用 举 例
是一种自动停止和自动开动的间歇运动机构。	钟表中的擒纵机构
原动件作连续转动，槽轮作间歇的旋转运动。	自动机床的换位装置，在制鞋机、电影放映机上也有应用。
主动轮作连续转动，从动轮作间歇的旋转运动。	大多用在计数器中
具有两个自由度，用来合成旋转运动或补偿转数差。	汽车、拖拉机的后轴差动器，机床中的差动变速机构等。也可用作仪器中的手、机动联合机构、加法机构等。
具有两个自由度，将构件 2，6 的直线运动加以合成。	一般用于加法机构。
构件 2 上的两段螺纹 A 和 B 的螺旋方向相同，螺距相差极微，因此当构件 2 转动时，构件 3 的位移极小。	用在显微镜或测微仪中，也可用作镗排等的精密微调机构。

表 1—2 (续)

运 动 特 点	应 用 举 例
连杆 3 上某点 A 按予期的轨迹 运 动 以完成某种工艺动作。	起重机刚性四杆变幅机构、搅拌机、 翻草机等。
当主动件 2 转动时，从动件 4 的位移 S，和主动件 2 的转角成正弦关系，即 $S = L \sin \varphi$	主要用于解算装置中，在仪器里也 常常通过它把灵敏元件的直线位移转换 成指针的旋转运动。
当主动件 2 转动时，从动件 4 的位移 S，和主动件 2 的转角成正切关系，即 $S = L \operatorname{tg} \varphi$	(同上)