

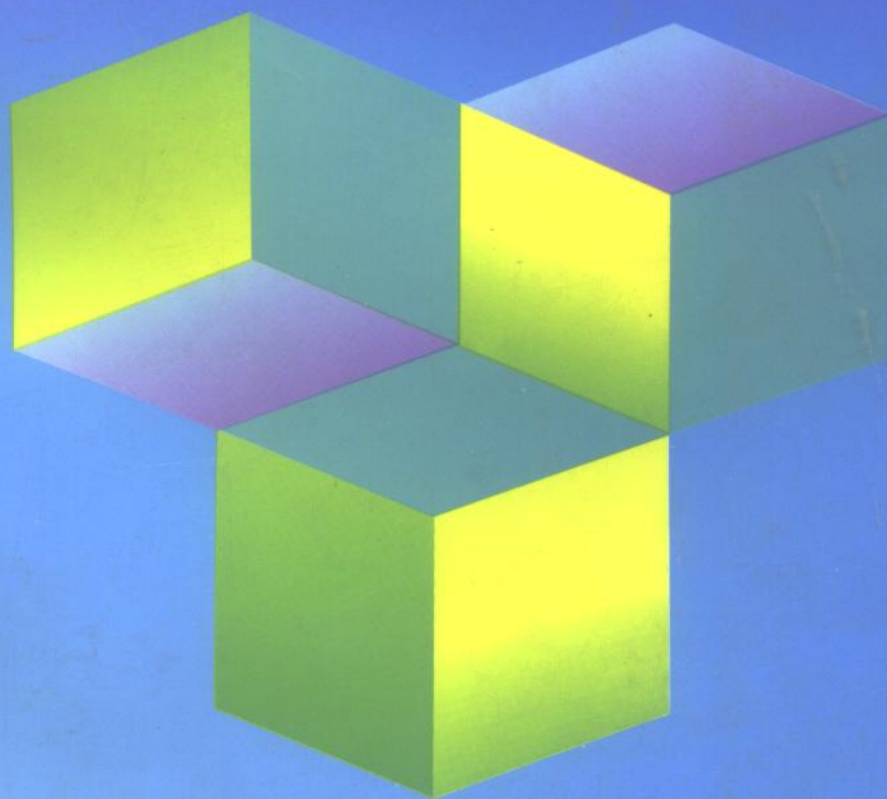
机械基础

蒋丽敏 编

JIXIE JICHU

JIXIE JICHU

JIXIE JICHU



机械基础

蒋丽敏 编

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/蒋丽敏编. —北京:国防工业出版社, 1994
ISBN 7-118-01343-9

I. 机… I. 蒋… III. 机械学 N. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 13426 号

2060/32

机 械 基 础

蒋丽敏 编

责任编辑 周润芬

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京昌平长城印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 8 $\frac{1}{4}$ 184 千字

1995 年 1 月第 1 版 1995 年 1 月北京第 1 次印刷 印数 1—5200 册

ISBN 7-118-01343-9/TH·93

定价:9.30 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

根据高等工业学校机械基础课程教学基本要求,北京市机械设计教学研究会组织编写出版此书。

众所周知,机械是工业发展的基础,各行各业不可能与机械截然分开。虽然有关机械的专门书籍颇多,而对于要求面广但不深,涉及综合机械于一体的书几乎不见,本书的出版将恰予补足。全书以精辟的语言将非机械专业应备的基础知识,阐明得体,既全面又具有科学性、先进性。

书中重点介绍了常用材料和力学性能、方案简图和机械图样的绘制、常用零件和标准零件的表达及国家标准、常用机构和传动的特性及应用、主要参数的选取和尺寸计算等。本书的另一特色之处即编写多从实际例子出发认识一般机械,以获得机械的基础知识。

本书承蒙北京航空航天大学郭可谦教授和北京理工大学李振清教授仔细审阅和指导,对本书的编写提出了宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有误漏、不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

1994年9月

目 录

第一章 机器的组成和机械设计简介	1
1.1 机器的组成	1
1.2 机构的组成	3
一、零件和构件	3
二、运动副及其符号	4
1.3 机构运动简图	6
1.4 机械设计简介	7
一、机械设计方法	8
二、机械设计基本要求	8
三、机械零件设计要求	9
第二章 机械零件的常用材料及其性能	10
2.1 机械零件常用材料及选择	10
一、钢	10
二、铸铁	14
三、有色金属	16
四、非金属材料	18
五、材料选择	18
2.2 钢的热处理	18
一、退火	19
二、正火	19
三、淬火	19
四、回火	19
五、调质	19
2.3 材料的力学性能	19
一、材料在拉伸时的力学性能	19
二、塑性材料与脆性材料	22
三、材料在压缩时的力学性能	22
第三章 机械制图基础	24
3.1 机械制图基本标准	26
一、图纸幅面	26
二、比例	26
三、字体	27
四、图线及其画法	27
五、剖面符号	28
六、尺寸注法	28
3.2 投影基础和视图表达	30
一、正投影法	30

二、正投影法的投影特点	30
三、物体的三面投影图	32
四、基本立体的三视图	34
3.3 机械零件的表达方法	38
一、视图	38
二、剖视图和剖面图	40
三、其他表达方法	43
3.4 联接件和常用件	44
一、螺纹联接件	44
二、键、销联接件	49
三、齿轮传动件	49
四、弹簧	54
3.5 零件图	57
一、零件图的内容	57
二、零件图的绘制步骤	58
三、零件图的尺寸标注	59
四、技术要求	61
第四章 常用机构	66
4.1 连杆机构	66
一、连杆机构的应用	66
二、铰链四杆机构的基本形式	68
三、具有移动副的四杆机构	70
4.2 凸轮机构	72
一、凸轮机构的应用	72
二、从动件的运动规律	75
三、移动从动件盘形凸轮轮廓绘制	77
4.3 间歇运动机构	78
一、不完整齿轮机构	78
二、棘轮机构	79
三、槽轮机构	81
第五章 机械传动	83
5.1 摩擦轮传动	83
一、应用	84
二、摩擦轮传动的特性	85
5.2 带传动	85
一、带传动的特点	86
二、带传动的失效形式	86
三、V带和带轮	86
5.3 齿轮传动	89
一、齿轮传动的类型	89
二、齿轮传动的基本要求	89
三、齿轮传动的传动比	89
四、渐开线齿轮传动	94
5.4 蜗杆传动	99
一、蜗杆传动的特点	99

二、蜗轮转向的判断	100
三、蜗杆传动各部分的尺寸	101
第六章 轴和轴承	104
6.1 轴	104
一、轴设计的主要问题	105
二、轴的材料	106
三、轴的结构	106
6.2 滑动轴承	110
一、滑动轴承的应用和类型	110
二、轴瓦的材料和结构	111
三、润滑材料和方法	112
6.3 滚动轴承	114
一、滚动轴承的基本结构	114
二、滚动轴承的基本类型和代号	114
三、滚动轴承的类型选择	117
四、滚动轴承轴系固定形式	118
参考文献	123

第一章 机器的组成和机械设计简介

机器是人类生产和生活的重要工具。在日常生产和生活中大家都接触过各种机器,例如汽车、起重机、缝纫机、风扇等等。人们利用机器来减轻劳动强度、改善劳动条件、提高产品质量和生产率。机械化的程度已成为现代化的重要标志。

1.1 机器的组成

首先分析几个比较熟悉的例子。图 1-1 所示为单缸内燃机。燃气推动活塞 2 在气缸 1 内作直线移动,再通过连杆 3 使曲轴 4 作旋转运动,从而将燃气燃烧的热能转换成曲轴转

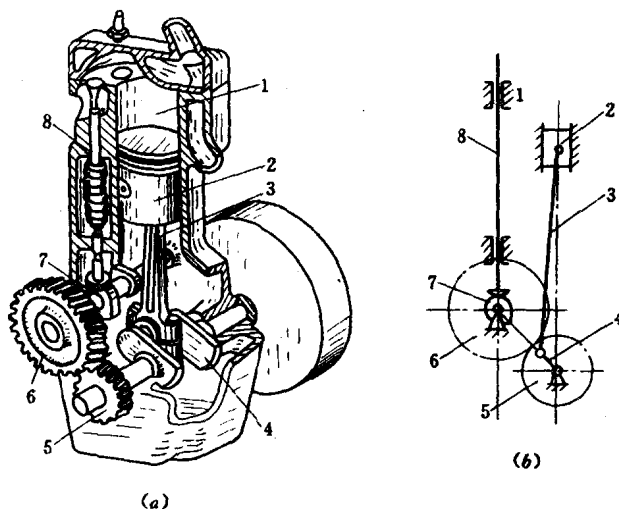


图 1-1 单缸内燃机

(a)结构图;(b)机构简图。

1—气缸;2—活塞;3—连杆;4—曲轴;5、6—齿轮;7—凸轮;8—推杆。

动的机械能。若把它用在摩托车上,则在内燃机与车轮之间要增加一套传递动力和变速的装置。图 1-2 所示为机械加工用的牛头刨床。由电动机将电能转换为机械能,最后使滑枕往复运动以及工作台间歇移动来实现刨削金属平面。为了把电动机的旋转运动转换为一定速度的往复运动,还需要一套转换运动形式和传递动力的装置。图 1-3 所示为颚式破碎机,广泛用于选矿、化工等工业。由电动机驱动带传动,使大带轮 1 转动,偏心轴 2 使动颚板 5 摆动,从而将落入动颚板 5 及定颚板 6 之间的物料轧碎。

上述各例,机器的用途、形式、构造各不相同,但就其组成、运动和功能分析,具有下面的共同特征:

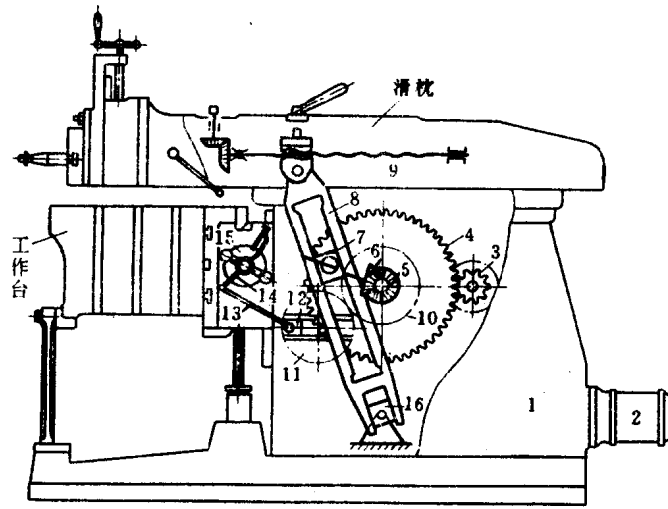


图 1-2 牛头刨床

1—床身; 2—电机; 3、4、5、6、10、11—齿轮; 7、12、16—滑块; 8—导杆;
9—螺杆; 13—连杆; 14—摇杆; 15—棘轮。

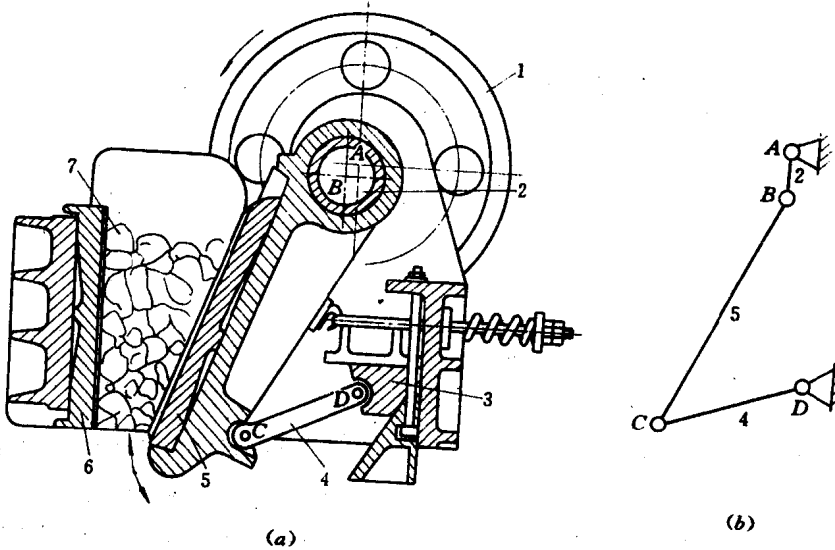


图 1-3 颚式破碎机

(a) 结构图; (b) 原理图。

1—大带轮; 2—偏心轴; 3—支架; 4—摇杆; 5—动颚板; 6—定颚板; 7—物料。

- (1) 机器是由许多机件组合起来的；
- (2) 机器中各机件之间具有确定的相对运动；
- (3) 机器能实现能量转换或做有用的机械功。

在上述各例中,运动的传递或运动形式的转换,又由一个或几个用各种机件组合而成的组合体来实现。这种组合体统称为机构。如内燃机中,活塞 2、连杆 3、曲轴 4 和气缸(机架)1 组成的组合体称为曲柄滑块机构;齿轮 5、6 和机架 1 组成的组合体称为齿轮机构;凸轮 7、推杆 8 和机架 1 组成的组合体称为凸轮机构。所以,内燃机是由这三种机构组成的机器。

由此可见,各种机器的主要组成部分都是各种机构。一台比较复杂的机器可能由几种类型的机构组合而成,而简单的机器也许只由一种机构组成。通常把机器和机构统称为机械。

机械工程中常见的机构有:齿轮机构、螺旋机构、连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等等。各种机构都是一种用来传递运动和动力,或用来改变运动形式的机械传动装置。

对于大多数机器的设计和制造工作量中,传动装置占了大部分。如金属切削机床制造中,传动装置几乎占了整个机床制造工作量的 60%。

1.2 机构的组成

一、零件和构件

任何机器都是由许多零件组装而成的。所谓零件是指每一个单独加工的单元体。但是从机械运动分析,关心的是有相对运动的单元体,而不是加工单元体。这种有相对运动的单元体称为构件。构件可以是单一的零件,也可以由若干零件固联成没有相对运动的刚性构件。例如,内燃机的曲轴(见图 1-4a),从运动分析是构件,又是单独加工的单元体,所

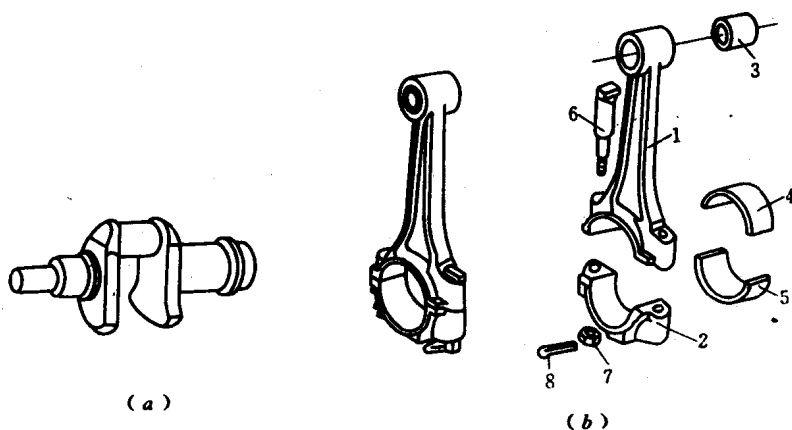


图 1-4 零件和构件

(a) 曲轴; (b) 连杆。

1—连杆体; 2—连杆盖; 3—轴套; 4、5—轴瓦; 6—螺栓; 7—螺母; 8—开口销。

以也是零件;图 1-4(b)所示的连杆,因结构、工艺等多种原因,则是由连杆体、连杆盖、轴套、轴瓦、螺栓、螺母和开口销共七种零件组合而成的构件。

所以从运动观点分析,机器是由若干机构组成的;机构是由若干构件组成的。

机构中的构件有三类:

(1)固定件 也称为机架。如内燃机的壳体,牛头刨床的床身等。

(2)原动件 也称主动件。如内燃机中曲柄滑块机构的滑块 2,齿轮机构的齿轮 5,以及凸轮机构的凸轮 7 等,是机构中运动规律已知的构件。

(3)从动件 它是机构中随原动件的运动而运动的其余构件。

曲柄滑块机构共有四个构件,其中原动件为活塞,固定件为气缸体,连杆和曲轴都为从动件。

二、运动副及其符号

使构件直接接触又能保持一定形式的相对运动的联接称为运动副。如销轴和孔组成的运动副(见图 1-5),只能作相对转动,称为回转副;滑块和导轨,气缸和活塞组成的运动副,只能作相对移动,称为移动副(见图 1-6)。回转副和移动副的构件之间都为面接触,又统称为低副。火车轮和铁轨、凸轮和推杆、相互啮合的轮齿等组成具有相对运动的联接,也是运动副,其接触特性是点或线接触,又统称为高副(见图 1-7)。通过运动副用来限制或约束构件的自由运动,而留下我们所预期的运动。常用运动副的符号列于表 1-1。

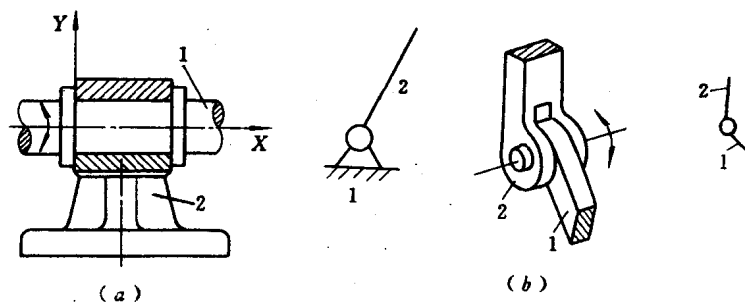


图 1-5 回转副

(a) 机架和轴; (b) 合页和销。
1—轴; 2—机架。 1、2—合页。

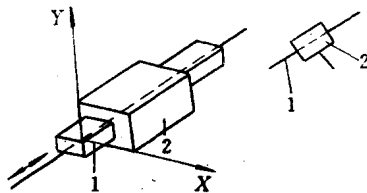


图 1-6 移动副

1—导杆; 2—滑块。

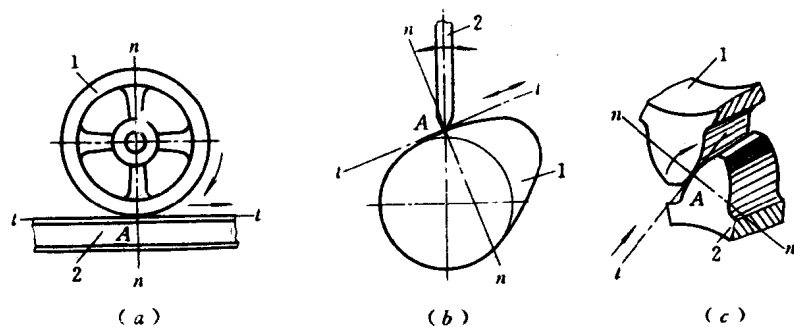


图 1-7 高副

(a) 车轮和导轨；(b) 凸轮和推杆；(c) 轮齿啮合。

1—车轮；2—铁轨。1—凸轮；2—推杆。1、2—轮齿。

表 1-1 常用运动副及其符号(摘自 GB4460-84)

运动副 类别	符 号	运动副 类别	符 号
与固定 构件组 成移动 副		内啮合 圆柱齿 轮高副	
与固定 构件组 成回转 副		齿轮齿 条啮合 高副	
两运动 构件组 成移动 副		圆锥齿 轮啮合 高副	
两运动 构件组 成回转 副		蜗杆蜗 轮啮合 高副	
两构件 组成螺 旋副		凸轮高 副	
两构件 组成球 面副		曲面高 副	
外啮合 圆柱齿 轮高副			

图 1-8 示出构件的真实结构和用线条表示的简图。其中(a)(b)(c)为不同形式的连杆，若去除了那些与运动无关的具体结构和外形尺寸，都可用(d)图来表示。回转副的构件及其不同形式的简图表达如图(e)(f)(g)(h)(i)所示。

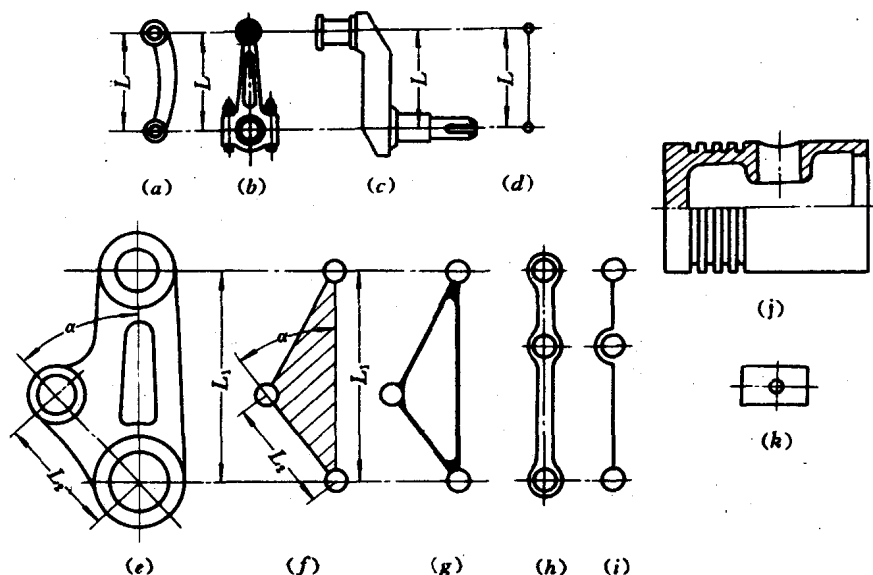


图 1-8 用简图表示构件

(a)(b)(c)不同结构形式的连杆；(d)连杆的简图表达；(e)有三个回转副的构件；
(f)(g)(h)(i)三个回转副构件的不同形式的简图表达；(j)活塞结构；(k)活塞简图。

1.3 机构运动简图

在设计新机器或改进现有机械设备时，首先要研究机器的运动特性。影响机器中机构运动特性的几何参数，只是各回转副中心线之间的直线距离或移动副导路的方向和位置。所以，在分析机构的运动或设计机构时，要去掉与运动无关的尺寸参数，而用符号表示运动副的性质（如回转副、移动副或高副等），以及连接这些运动副的线条（表示构件的符号）组成简单的图形来表示机构，这就是机构运动简图。所以机构运动简图就是用一些代表构件和运动副的简单符号表达机构运动特征的图形。

下面通过例子来说明绘制一台具体机器的机构运动简图的过程。

例：绘制图 1-1(a)所示内燃机的机构简图。

首先分析该机器的运动情况，判别固定构件和活动构件，分析该机器是由几种机构组成的。图示的内燃机主要由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和齿轮 6、凸轮 7、进气阀推杆 8 等组成。工作时气缸中的燃气推动活塞作往复直线移动，通过连杆使曲轴转动，曲轴支承在机架（与气缸固联成一体）上；曲轴的左端固联齿轮 5（与曲轴一起转动），通过轮

齿啮合推动齿轮 6 转动,与齿轮 6 固联的轴也支承在机架上;凸轮 7 固联在齿轮 6 的轴上,和齿轮 6 一起转动,凸轮转动又推动进气阀推杆 8 来控制进气阀门。

怎样分析这台机器含有几个机构呢?分析时从机架开始,按传动顺序再回到机架,如能独立形成一个封闭的构件组合,即为一个独立机构。从气缸(机架)1→活塞 2→连杆 3→曲轴 4→机架 1,是一个封闭的构件组合,形成了一个独立机构,这个机构称为曲柄滑块机构。同理,机架 1→齿轮 5→齿轮 6→机架 1,也是一个封闭的构件组合,也形成一个独立机构,称为齿轮机构。依此类推,机架 1→凸轮 7→推杆 8→机架 1,形成一个凸轮机构。所以,图示内燃机是由三个机构组成的,即曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构。下面逐个分析这三个机构简图的绘制过程。

1. 曲柄滑块机构

(1)气缸 1 与机架固联,是固定件;活塞 2 在燃气推动下运动,是主动件,其余构件是从动件。

(2)活塞 2 与气缸 1 间的相对运动是往复直线移动,组成移动副;活塞 2 与连杆 3、连杆 3 与曲轴 4 之间的相对运动都是转动,组成回转副。这个机构共有四个构件,用一个移动副和三个回转副联接而成。

(3)选择能把多数构件的运动情况表示出来的平面作为画图的平面。

(4)选取一定的比例尺,并任意选定活塞(主动件)相对气缸体的一个位置,即可用相应的构件与运动副的规定符号绘出机构简图,如图 1-1(b)所示的曲柄滑块机构部分。

2. 齿轮机构

(1)齿轮 5 与曲轴 4 固联,它的运动由曲轴决定,是主动件;机架 1 是固定件,齿轮 6 是从动件。

(2)齿轮 5、6 与机架之间的相对运动都是转动,组成回转副;齿轮 5、6 之间的轮齿啮合是线接触,组成高副。这个机构共有三个构件,用两个回转副和一个高副联接而成。

(3)选择与曲柄滑块机构相平行的运动平面作为画图的平面。

(4)选取与曲柄滑块机构一样的比例尺,以相应的构件和运动副的符号绘出机构简图,如图 1-1(b)所示的齿轮机构部分。

3. 凸轮机构

(1)盘形凸轮 7 通过轴与齿轮 6 固联,它的运动由齿轮 6 决定,即是主动件,机架 1 是固定件,推杆 8 是从动件。

(2)凸轮 7 与机架组成回转副,与推杆 8 组成高副,推杆 8 与机架组成移动副。这是一个有三个构件用一个高副、一个回转副和一个移动副联接而成的机构。

(3)同理,可绘出图 1-1(b)所示的凸轮机构部分的简图。

从上述分析可知,就内燃机整体而言,它的主动件是活塞 2,而齿轮 5 及凸轮 7 的运动都取决于活塞,当活塞 2 的位置一定时,齿轮 5 和凸轮 7 的相应位置也就确定了。

1.4 机械设计简介

机械设计是一项综合性的工作,设计之前要进行调查研究,提出设计方案和论证;然后进行理论计算和结构设计,并把最后结果用图样和说明书来表达。

一、机械设计方法

1. 理论设计

根据理论分析得到的计算方法进行设计,称为理论设计。机器中的主要零件常按此种方法进行设计。

2. 经验设计

根据实践经验,在参考同类型机械或零件的基础上,结合具体对象的设计要求进行设计,称为经验设计。这种设计无详尽的理论分析和计算,但它是实践中总结出来的,并经过实践检验的,所以有一定的实用价值,常用于设计较次要的零件,或用于结构设计之初,估算零件尺寸,然后进行理论校核计算,也用于目前尚无比较完善的理论计算方法的零件设计。此法在技术革新中广泛采用。

此外,对于一些新颖的或要求较高的机械零件,在缺乏参考资料和计算方法时,还可采用模型实验设计等方法。

二、机械设计基本要求

机械设计没有一成不变的步骤,设计过程是灵活和多样的。尽管如此,还是有以下几个基本要求:

1. 运动和动力性能要求

大多数机械传动不仅用来传递运动,还要求传递动力。为了使选择或设计的机械能够满足使用需要,必须按照所要求的运动和承受的载荷,确定实现这些要求的工作原理、选择或设计适当的机构和传动方案。

2. 工作可靠性要求

设计的机器要求在预定的工作期限内工作可靠,即其中关键零件不发生破坏,不过度磨损或产生过大变形而导致机器丧失工作能力;也不因机器的运转精度不够及强烈的冲击、振动等因素损害机器的正常工作质量等。所有这些,都要靠正确设计或选择机械零件来保证。

3. 经济性要求

经济性要求是个综合指标,它贯穿在设计、制造及使用的整个过程。

(1)提高设计和制造的经济性 总的要求为成本低、周期短。

合理选择材料:在满足要求的前提下,应选用价格便宜和供应方便的材料,还可采用不同的热处理方法改善材料的机械性能。

良好的结构工艺性:在一定的制造条件下,零件的几何形状要便于加工;加工精度和表面粗糙度等要选择合理。

产品系列化、部件通用化和零件标准化:推广“三化”不仅可以简化设计、降低成本,保证互换性和便于维修,而且有利于保证零件质量。

(2)提高使用的经济性 总的要求为效率高、适用范围广和能源消耗小。

选择高效率的传动系统,减少动力或燃料消耗。

采用良好的润滑装置,延长机件使用寿命。采用可靠的密封装置,防止漏油、漏气等损耗。

4. 操作方便和安全

必须考虑操作方便,力求改善操作条件和减轻劳动强度;同时还应注意安全,加强劳

动保护。

此外,还应注意各类机械的特殊要求。例如,食品和纺织机械要求清洁不受污染;建筑机械和钻探机械应便于装卸和运输;航空机械力求体积小质量轻等。

三、机械零件设计要求

由于各种各样的原因,使机械零件丧失正常工作能力称为失效。失效并不单纯意味着破坏,而有更广泛的含义。机械零件常见的失效有:断裂和塑性变形、过大的弹性变形、工作表面的损伤或磨损、联接的松脱以及靠摩擦工作的表面打滑等。

零件的工作能力是指在预期使用期限内不发生失效的安全工作限度。衡量零件工作能力的准则有:强度、刚度、耐磨性、振动稳定性以及耐热性等。它们是确定零件基本尺寸的依据。

1. 强度

机械零件工作能力的最基本要求。零件强度不够,在工作中会产生断裂或塑性变形,使零件不能正常工作。

2. 刚度

指在一定工作条件下,零件抵抗弹性变形的能力。零件的刚度不够,弹性变形将超过许用值,从而影响机械正常工作。例如,机床的主轴,除了强度还应有足够的刚度。

3. 耐磨性

有相对运动的零件表面,由于摩擦引起磨损,削弱了零件强度、降低了零件精度。据统计,报废的零件中,80%是因为磨损。为了使零件减轻磨损、延长使用寿命和减少能耗,设计中应保证良好的润滑措施。

4. 振动稳定性

这是高速机械容易发生的失效形式。一旦机械零件的自振频率与周期性干扰频率相等,就会引起共振,发生共振现象即失去振动稳定性,它不仅使机械丧失正常工作能力,甚至造成破坏事故。例如发动机转子,必须进行振动稳定性计算和试验。

5. 耐热性

零件由于摩擦生热引起局部高温或在高温环境下工作,都会使零件的强度降低和引起热变形。所以在高温下工作的零件要进行热平衡计算。

设计的机械零件可分为三类:

- (1)主要零件 通过某种计算准则确定其基本尺寸的零件,如机器中的齿轮和轴等。
- (2)一般零件 根据结构要求、加工和安装工艺要求确定零件的形状和尺寸的零件,如套筒、壳体等。
- (3)标准零件 是有国家标准的零件,设计者应尽量多采用。这类零件主要是选用,如螺钉、螺母、滚动轴承等。

设计的机械零件要用图样来表达,并标注尺寸和必要的技术条件,这就是零件图。零件图是零件加工、检验的依据。

第二章 机械零件的常用材料及其性能

2.1 机械零件常用材料及选择

制造机械零件常用的材料,主要是钢和铸铁,其次是有色合金,此外也应用橡胶、皮革、塑料等非金属材料。

一、钢

钢是含碳量小于2%的铁碳合金。钢的强度较高,可以承受大的载荷;塑性较好,可以轧制、锻造、铸造和冲压;而且可以通过热处理来提高和改变其力学性能和切削加工性能。因此钢在机械中的应用极为广泛。

钢的种类很多,可按不同的方法进行分类。

按不同用途可分为结构钢、工具钢和特殊钢。结构钢用于制造各种机械零件和工程结构的构件;工具钢主要用于制造刀具、模具和量具;特殊钢用于有特殊要求的零件,如不锈钢、耐热钢和低温钢等。

按化学成分可分为碳素钢和合金钢。碳素钢的性质主要与碳的含量有关,含碳量高,钢的强度高,但塑性降低;含碳量低,钢的强度低,但塑性高;合金钢是在碳素钢内加入某些合金元素,以改善钢的性能。

按钢的品质可分为碳素结构钢和优质碳素结构钢。

按钢在冶炼过程中脱氧程度和钢锭中气孔存在的情况,可分为镇静钢、半镇静钢和沸腾钢,在钢号的尾部用汉语拼音字头Z、b、F表示。镇静钢质量好,成本较高,都为优质钢。

1. 碳素结构钢(简称碳钢)

钢号冠以“Q”代表钢材屈服强度,后面的数字表示屈服强度值,单位是MPa。同一钢号的质量等级分别用A、B、C、D表示(见表2-1)。例如:Q235,表示屈服强度为235MPa。又如:Q235-A·F,表示其为A级沸腾钢。

常用碳钢结构号及其力学性能列于表2-1。

2. 优质碳素结构钢(简称优质碳钢)

优质碳素结构钢能同时保证力学性能和化学成分,且磷、硫等有害杂质较少,是制造机械零件的主要材料,力学性能优于碳素结构钢。

优质碳钢的钢号以平均碳含量的万分之几表示。如平均碳含量为0.45%的钢,钢号为“45”;若为高级优质钢,则应在钢号后再加“A”,如45A。

根据碳含量的多少又可分为三类:碳含量小于0.25%的称为低碳钢,碳含量在0.3%~0.5%的称为中碳钢,碳含量在0.55%~0.7%的称为高碳钢。其机械强度随碳含量的增加而提高,塑性则随碳含量的增加而降低。低碳钢可淬性较差,一般用于退火状态下强度不高的零件,如螺钉、螺母、垫片等。中碳钢可淬性较好,可进行淬火、调质或正火热处