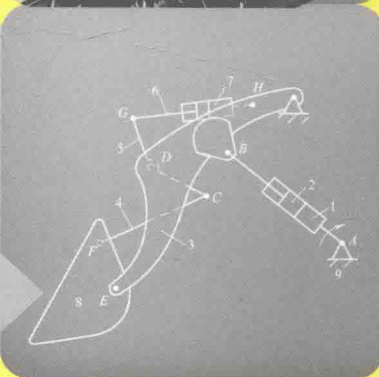
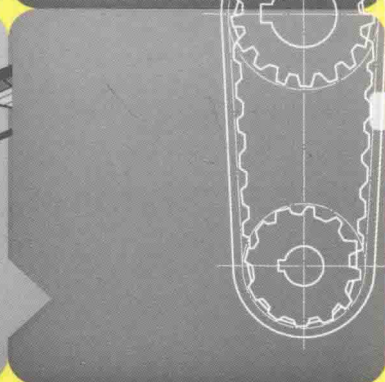
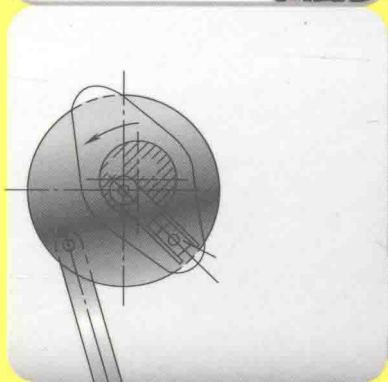
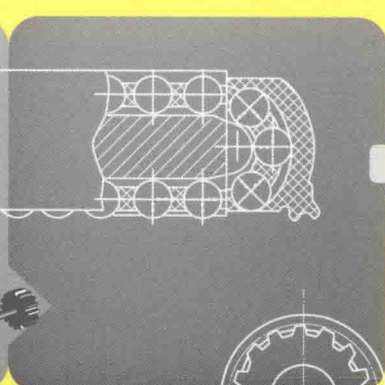
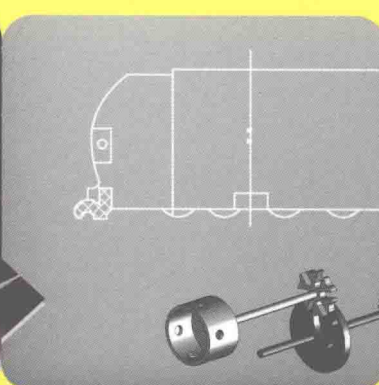


图解 机构设计

要点分析及应用实例

孙开元 李立华 主编



TUJIE JIGOU SHEJI
YAODIAN FENXI JI YINGYONG SHILI

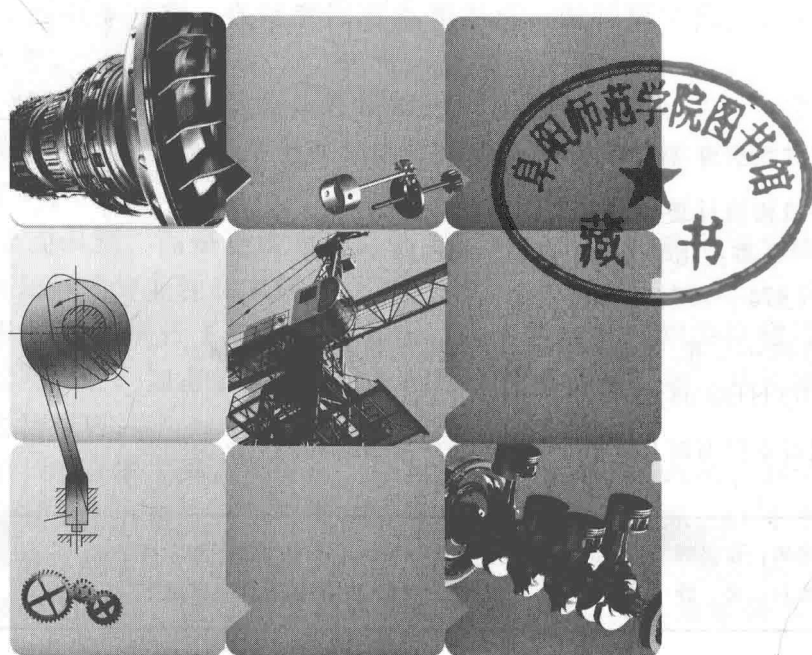


化学工业出版社

图解 机构设计

要点分析及应用实例

孙开元 李立华 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合机械设计的知识和方法,分析了机构的设计要点。图解的机构主要包括平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、组合机构等常用机构。本书内容全面,讲解透彻,实例紧密联系机械设计工程实际,具有较强的专业性和实用性。全书采用“图解”的写作风格,讲解简单明了、重点突出,使读者能够轻松地掌握机构的设计要点。

本书可供广大机械设计人员和相关设计人员学习、查阅和参考,还可作为高校相关专业师生机械设计课程参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解机构设计要点分析及应用实例/孙开元,李立华
主编. —北京:化学工业出版社,2016.5

ISBN 978-7-122-26414-5

I. ①图… II. ①孙…②李… III. ①机械设计-图解
IV. ①TH122-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第040523号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:吴静

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张10½ 字数242千字 2016年5月北京第1版第1次印刷

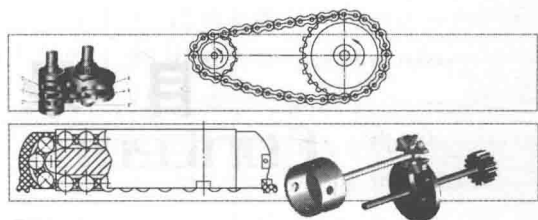
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.00元

版权所有 违者必究



前言

Foreword

机构设计是机械设计的重要组成部分。对于机械设计人员而言，不仅要掌握常用机构的设计理论和设计方法，还应深入了解机构的设计要点。为此，我们将多年来从事机械设计教学和研究所积累的经验总结归纳，并通过查阅大量专业资料反复验证提炼，把机械设计的基本知识和理论与常见机构等内容梳理整合，以常见机构为单元，结合机械设计的知识和方法，分析了机构的设计要点。图解的机构主要包括平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、组合机构等常用机构。本书的主要特点如下：

① 本书内容全面但不冗杂，强调突出重点和要点，做到精选内容、叙述简明，便于查阅和参考。

② 全书采用“图解”的写作风格，在讲解过程中采用了大量的图、表等形式，对于不容易描述清楚的地方采用正误和优劣对比的方法，使读者对书中讲解的知识能够一目了然。

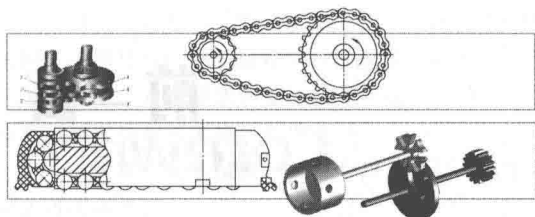
③ 本书不求面面俱到，而是更注重实际需要。书中的实例紧密联系机械设计工程实际，具有较强的专业性和实用性。

④ 本书对机构的设计进行了较深入的分析，让读者在进行相关机械设计的时候知其然还知其所以然，知道着重考虑什么问题、注意什么问题，从而能快速掌握各种设计方法和技巧。

本书由孙开元、李立华主编，郝振洁、张丽杰、孙爱丽、李改灵、刘洁任副主编。参与本书编写工作的还有：邵汉强、袁一、丁伟东、齐继东、匡小平、张文斌、张晴峰、孙葳、刘宝平、孙佳璐、魏柯、廖苓平、韩继富、董宏国、张宝玉、李书江、康来、王洪春、吴继东、陈永祥、李涛、刘志刚。主审是李长娜、于战果。

由于水平和经验有限，难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正，编者在此深表感谢。

编者



目 录

Contents

第 1 章 机构设计概述	1
1.1 机构概念及要素	1
1.1.1 机构概念	1
1.1.2 机构要素	1
1.2 机构运动简图	2
1.3 机械设计过程	7
1.4 常规设计方法	9
第 2 章 平面连杆机构设计	11
2.1 平面连杆机构概述	11
2.1.1 平面四杆机构的基本形式及其演化	11
2.1.2 平面四杆机构的工作特性	18
2.2 平面连杆机构设计方案分析	21
2.2.1 平面四杆机构的设计步骤和要求	21
2.2.2 平面四杆机构设计的进展	21
2.3 平面连杆机构设计的实施	22
2.3.1 图解法设计平面连杆机构	22
2.3.2 解析法设计平面连杆机构	26
2.3.3 平面连杆机构结构设计	29
2.3.4 平面连杆机构结构设计要点	35
2.4 平面连杆机构最优化设计	37
第 3 章 凸轮机构设计	42
3.1 凸轮机构概述	42
3.1.1 凸轮机构的基本结构	42
3.1.2 凸轮机构的分类及特点	42
3.2 凸轮从动件运动规律	44
3.2.1 运动规律的参数名称和定义	44
3.2.2 运动规律方程及特性	45
3.3 凸轮设计方案分析	47
3.3.1 凸轮的设计步骤和要求	47
3.3.2 凸轮机构设计的进展	48
3.4 平面凸轮机构基本尺寸设计	48

3.4.1	凸轮基本尺寸	49
3.4.2	从动件尺寸设计	51
3.5	凸轮机构设计实施	54
3.5.1	图解法设计凸轮机构	54
3.5.2	解析法设计凸轮机构	59
3.5.3	凸轮机构强度设计	61
3.5.4	凸轮机构结构设计	62
3.6	凸轮机构最优化设计	65
3.6.1	凸轮优化设计的基本问题	65
3.6.2	凸轮机构优化实例	66

第4章 齿轮机构的设计 68

4.1	概述	68
4.2	齿轮类型选择要点	69
4.3	齿轮材料及热处理选择要点	70
4.4	齿轮主要参数选择及设计要点	70
4.4.1	圆柱齿轮传动参数选择计算及设计要点	70
4.4.2	圆弧齿轮传动参数选择计算及设计要点	74
4.4.3	圆锥齿轮传动参数选择计算及设计要点	75
4.5	齿轮机构结构设计要点	76
4.5.1	齿轮结构形式	76
4.5.2	满足加工工艺性的齿轮结构设计要点	78
4.5.3	齿轮结构设计应考虑的其他问题	81
4.6	齿轮的布置与齿轮传动系统结构设计要点	84
4.6.1	齿轮的布置与安装	84
4.6.2	齿轮传动与其他传动形式的配置选择要点	87
4.7	蜗杆传动及其设计要点	88
4.7.1	蜗杆传动的类型	88
4.7.2	蜗杆传动的主要参数选择要点及应用场合	89
4.7.3	蜗杆传动结构设计要点分析	92

第5章 间歇运动机构的设计 98

5.1	间歇运动机构概述	98
5.2	棘轮机构设计要点	98
5.2.1	棘轮机构的基本形式与工作特点	98
5.2.2	齿式棘轮机构的参数选择与设计要点	101
5.2.3	摩擦式棘轮机构的参数选择与设计要点	104
5.2.4	棘轮机构的应用实例	106
5.2.5	擒纵机构	109
5.3	槽轮机构设计要点	110
5.3.1	槽轮机构的基本形成工作特点	110

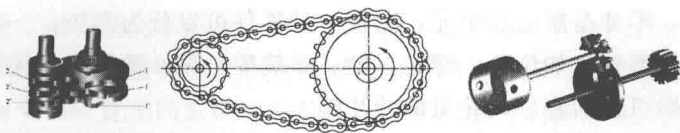
5.3.2	槽轮机构的运动分析	112
5.3.3	槽轮机构的动力学计算	117
5.3.4	槽轮机构设计要点	118
5.3.5	具有特殊结构和工作要求的槽轮机构的设计要点	119
5.4	不完全齿轮机构设计要点	123
5.4.1	不完全齿轮机构基本形式与工作特点	123
5.4.2	不完全齿轮机构的啮合过程	123
5.4.3	齿顶干涉问题与主动轮首、末齿齿顶高系数的确定	124
5.4.4	锁止弧的设计要点	125
5.4.5	从动轮的停歇时间与运动时间	126
5.5	凸轮间歇运动机构设计要点	126
5.5.1	共轭盘形分度凸轮机构设计	126
5.5.2	弧面分度凸轮机构设计要点	127
5.5.3	圆柱分度凸轮机构设计要点	128

第6章 组合机构设计 130

6.1	组合机构总论	130
6.1.1	基本机构的定义	130
6.1.2	组合机构的兴起	131
6.1.3	组合机构的类型	134
6.1.4	组合机构的运动特性	141
6.2	凸轮-连杆机构	142
6.2.1	凸轮-连杆机构的应用	142
6.2.2	凸轮-连杆机构的设计要点	144
6.3	齿轮-连杆机构的常用形式	145
6.3.1	齿轮-连杆机构的工程应用	145
6.3.2	齿轮-连杆机构的组成规则	147
6.3.3	齿轮-连杆机构的设计要点	149
6.4	齿轮-凸轮机构	150
6.4.1	齿轮-凸轮机构的应用	150
6.4.2	齿轮-凸轮机构的设计要点	150
6.5	轮系的设计	152
6.5.1	轮系及其分类	152
6.5.2	轮系及其运动学分析	153
6.5.3	轮系的选型和运动要点分析	156
6.6	其他组合机构的设计	158
6.6.1	连杆-连杆机构设计要点	158
6.6.2	连杆-槽轮机构设计要点	160
6.6.3	槽轮-槽轮机构设计要点	161

参考文献 162

第 1 章



机构设计概述

1.1 机构概念及要素

1.1.1 机构概念

人类为了满足生产和生活的需要,设计和创造了种类繁多、功能各异的机器。机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。

机器的主体部分是由机构组成的。用来传递运动和动力、有一个构件为机架、用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统称为机构,一部机器可包含一个或若干个机构。例如鼓风机、电动机只包含一个机构,而内燃机则包括曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

1.1.2 机构要素

机构要素包括构件和运动副。

(1) 构件

组成机构的运动单元体称为构件,构件可以是一个零件,也可以是若干零件连接在一起的刚性结构。如图 1-1 所示,该连杆构件是由连杆体、螺栓、螺母和连杆盖等零件构成的。

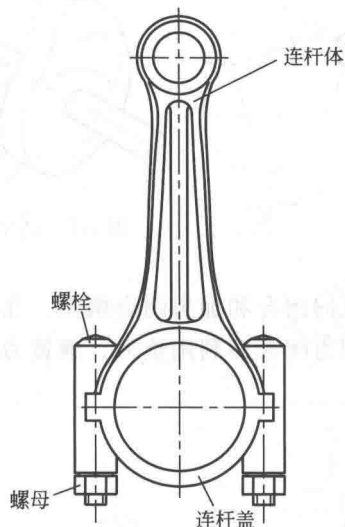


图 1-1 连杆

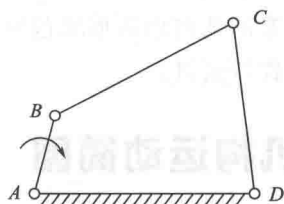


图 1-2 曲柄摇杆机构

零件是制造的单元，机械中的零件可以分为两类：一类称为通用零件，它在各种机械中都能遇到，如齿轮、螺钉、轴、弹簧等；另一类称为专用零件，它只出现于某些机械中，如内燃机的活塞，汽轮机的叶片等。

图 1-2 是最常用的曲柄摇杆机构，该机构中的构件可分为三类：

① 固定构件（机架 AD ）用来支撑活动构件（运动构件）的构件。研究机构中活动构件的运动时，常以固定构件作为参考坐标系。

② 原动件（主动件 AB ）运动规律已知的活动构件。它的运动是由外界输入的，故又称为输入构件。

③ 从动件（连杆 BC 和摇杆 CD ）机构中随原动件运动而运动的其余活动构件。其中输出预期运动的从动件称为输出构件，其他从动件则起传动运动的作用。

(2) 运动副

机构是由许多构件组成的，机构的每一个构件都以一定的方式与某些构件相互连接。这种连接不是固定连接，而是能产生一定相对运动的连接。这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。

两构件组成的运动副，不外乎通过点、线或面的接触来实现。按照两构件的接触情况，通常把运动副分为低副和高副两类。

① 低副 两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副有转动副和移动副两种。

a. 转动副：若组成运动副的两构件只能在一个平面内相对转动，这种运动副称为转动副或称铰链，如图 1-3 所示。

b. 移动副：若组成运动副的两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 1-4 所示。

② 高副 两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副，如图 1-5 所示。

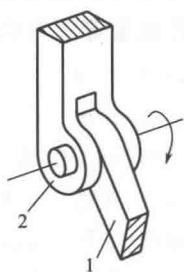


图 1-3 转动副

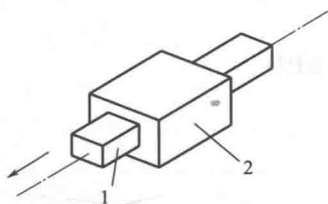


图 1-4 移动副

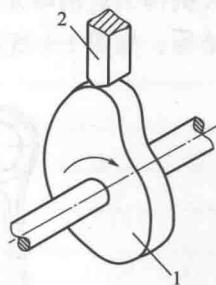


图 1-5 高副

按一对运动副元素保持接触（闭合）的方法分几何闭合和加力闭合两类。几何闭合即一对运动副元素的几何形状形成包容与被包容状态；加力闭合即利用重力、弹簧力等保证一对运动副元素保持接触。

1.2 机构运动简图

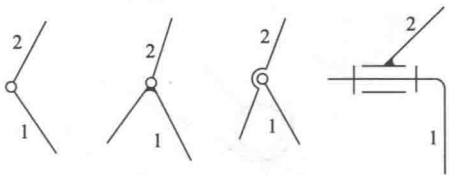
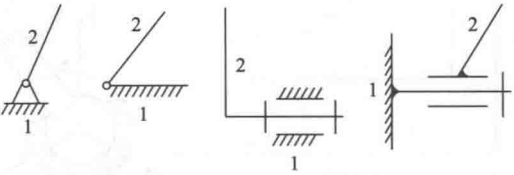
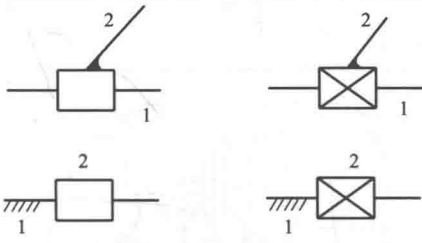
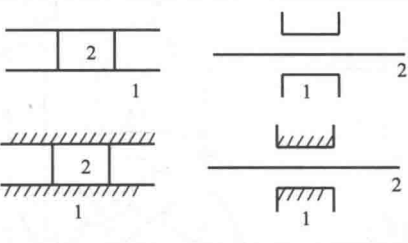
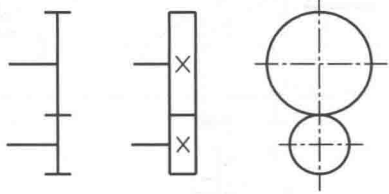
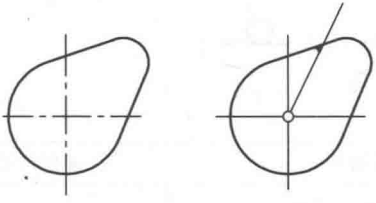
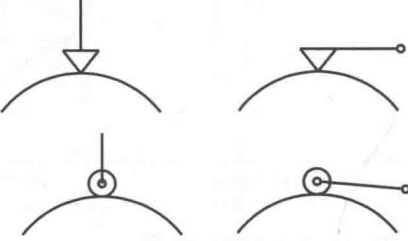
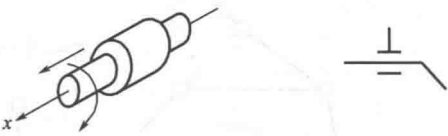
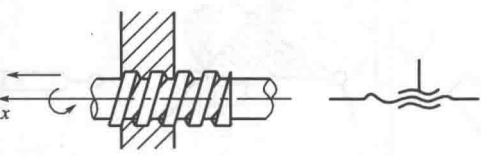
机构的运动仅决定于运动副的类型和位置，而与构件的形状无关，因而描述机构运动原

理的图形，可以用表征运动副类型（运动副元素形状）和位置的简单符号以及代表构件的简单线条来画出。如果要准确地反映机构运动空间的大小或要用几何作图法求解机构的运动参数，则运动副的位置要与实际机构中的位置相同或成比例关系，这样画出的简图称为机构运动简图。

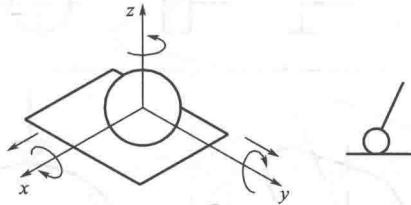
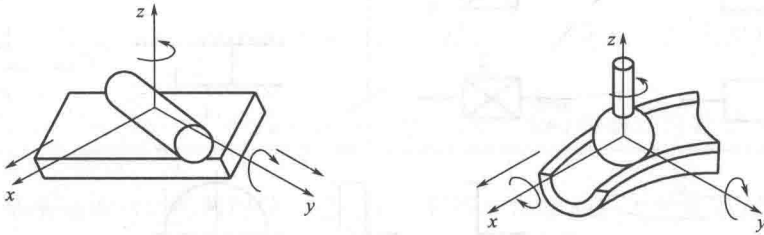
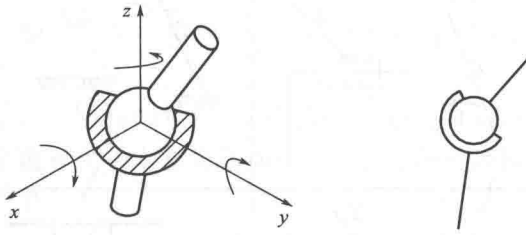
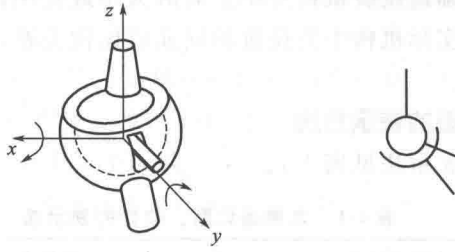
(1) 运动副、构件简图的表示方法

常用运动副、构件的表示法见表 1-1。

表 1-1 常用运动副、构件的表示法

	两运动构件所形成的运动副	两构件之一为机架时所形成的运动副
		
转动副		
		
		
圆柱副		
螺旋副		

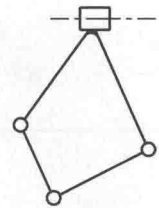
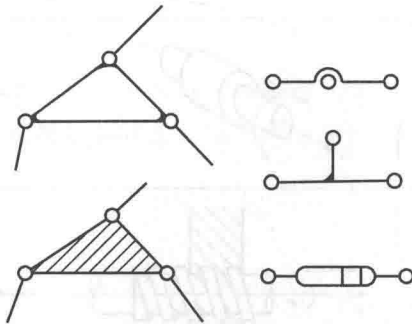
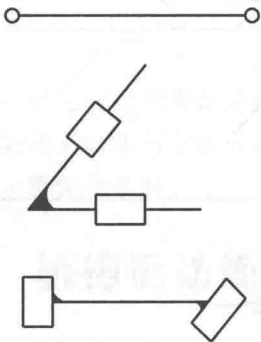
螺旋副



双副元素构件

三副元素构件

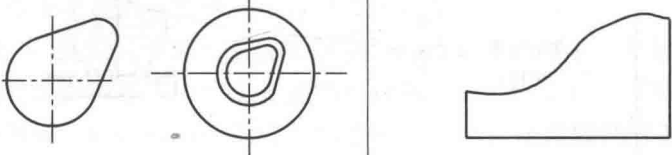
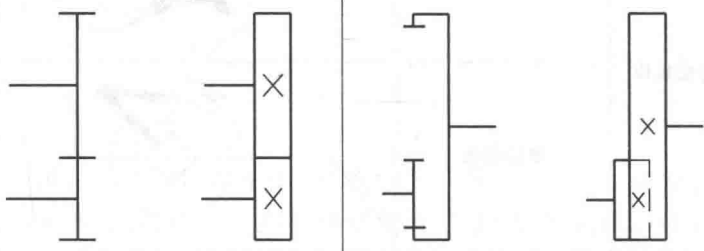
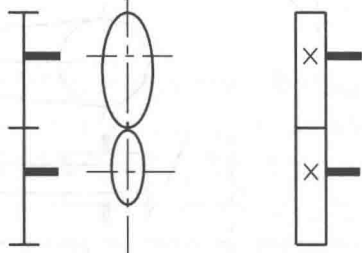
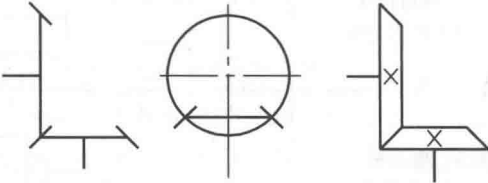
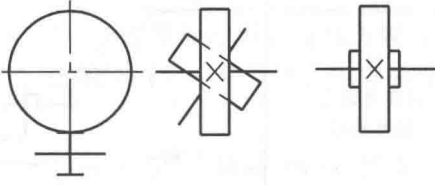
多副元素构件



(2) 机构简图的表示方法

常用机构的简图符号见表 1-2。

表 1-2 常用机构的简图符号

名称		简图符号	
平面凸轮机构		盘状凸轮	移动凸轮
			
齿轮机构		外啮合	内啮合
		圆柱齿轮机构	
		非圆齿轮机构	
		圆锥齿轮机构	
		交错轴斜齿轮机构	

续表

名称		简图符号	
齿 轮 机 构	蜗杆蜗轮 机构		
	齿轮齿条 机构		
棘 轮 机 构	槽轮机构		
	棘轮机构		
挠 性 传 动 机 构		带传动	链传动
原 动 机	通用符号 (不指明类型)		
	电动机 (一般符号)		
	装在支架上 的电动机		

(3) 机构运动简图的作用

设计工作机构时,首先就是要绘制机构运动简图,其主要作用有以下几个方面。

① 表达机构设计的目标:设计机器时,首先是要确定采用怎样的运动方式来实现机器的功能,接着是要选择或创造合适的机构来实现要求的运动,最后,是确定机构与运动有关的尺寸,以较好地实现要求的运动规律,使机构有良好的工作特性。这一工作的结果,是以机构的运动简图来表达的。

② 作为构造设计的依据:对机器的运动部分作具体的零部件构造设计时,首先应保证其运动特性不变。因此,构造设计是在已确定的机构运动简图的基础上进行的。

③ 作为运动分析的“模型”:机构运动简图上仅保留了与运动有关的要素,如转动副的中心是相连两构件的同速点,移动副的导轨方位是相连两构件相对运动的方位,等等,必须通过这些点去求出构件的运动参数。所以运动简图可使问题突出,分析路线醒目明了。

④ 在技术文件中用来说明机器的运动功能:因为它能简洁、直观、明了地表示出机器中各构件间的相互运动关系,文字叙述或语言叙述均无法替代。

⑤ 用作机器“专利”性质的判别:当对发明作专利审查时,要确定该发明是否为机构发明,首先就得从机构运动简图上进行判别。

1.3 机械设计过程

一台机器从着手设计到正常使用,要经过收集资料、研究分析、设计、试制、试验、改进设计、正式投产和运行考核等一系列过程,大致包括:计划阶段、方案设计阶段、技术设计阶段和技术文件编制等阶段。机械设计过程包含机构设计的部分,机构设计是机械设计的重要组成部分。

(1) 计划阶段

在计划阶段中,应对所设计机器的需求情况做充分的调查研究和分析;通过分析,进一步明确机器应具有的功能,并为以后的决策提出由环境、经济、加工以及时限等各方面所确定的约束条件,在此基础上,明确地写出设计任务的全面要求及细节,最后形成设计任务书,作为本阶段的总结。设计任务书大体上应包括:机器的功能,经济性及环保性的估计,制造要求方面的大致估计,基本使用要求,以及完成设计任务的预计期限等。此时,对这些要求及条件一般也只能给出一个合理的范围,而不是准确的数字。

(2) 方案设计与机构简图

机器的方案设计就是要确定机器的运动方案、零部件配置方案、总体布局方案和外观造型。其中为实现某些功能,或预期运动规律的运动方案设计又是总体设计的主要内容,它决定了机器的性能、可靠性和经济性。在机器运动方案设计中,分析和表达机构或机构的运动情况及受力情况时,需要画出其运动简图。

(3) 技术设计

① 零件设计的步骤 当机器的总体布置和运动方案确定后,总体方案设计阶段就完成了,设计进入技术设计(或称详细设计)阶段,即进行零件的设计。零件的设计应该满足工作可靠、结构工艺性好和经济性好等要求。

机械零件的设计步骤随着零件种类的不同和设计计算方法的不同,具体的设计步骤也不同,一般可按下列步骤进行:

a. 选择类型。即零件设计方案的选择。可根据使用条件、载荷性质及尺寸大小选择零件的类型。

b. 受力分析。通过受力分析求出作用在零件上载荷的方向、大小及性质，以便进行设计计算。

c. 选择材料。根据零件工作条件及受力情况，选择合适的材料及热处理方式，并确定其许用应力。

d. 确定计算准则。根据失效分析，确定零件的设计计算准则。

e. 理论设计计算。由设计准则得到的一些设计或校核计算公式确定零件的主要几何尺寸及参数。如螺栓的小径、齿轮的齿数与模数等。

f. 结构设计。结构设计即将零件的功能转化为具体结构的设计过程。设计中应考虑零件的强度、刚度、加工及装配工艺性等要求，符合尺寸小、重量轻和结构简单等原则。结构设计是零件设计中最重要内容之一。

g. 绘制零件工作图。工作图必须符合制图标准，尺寸要齐全并标注必要的尺寸公差、形位公差、表面粗糙度及技术条件。

h. 编写设计计算说明书。将设计计算资料整理成简单的设计计算说明书，作为一种计算文件备查。

② 零件设计应满足的要求 零件的形状、大小、材质和制造精度等，必须由部件或机械的总体要求来确定。零件的形状和大小是否合理，材质和制造精度是否适当，最终都要以部件或机械能否满足预定的技术经济指标为评定的依据。为此，在设计机械零件时，应首先从工作能力和经济性这两个主要方面来满足机器总体对它提出的要求。

a. 零件必须满足工作能力的要求。零件的工作能力是指不发生失效（零件失去了正常工作的能力）条件下的安全工作限度。零件的失效形式可能有许多种，但主要有断裂或塑性变形、过大的弹性变形、工作表面的过度磨损或损伤、接触表面点蚀、发生强烈的振动、温升过高使零件产生过大的热变形、热应力或破坏正常的润滑油膜等。因此，在设计零件时必须满足以下主要的工作能力指标：

- 强度。指零件在外力作用下抵抗破坏的能力，它是设计一切机器时的最基本要求。

- 刚度。指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。如果零件的刚度不足，产生过大的弹性变形，会影响机器的正常工作（如机床主轴刚度不足，会影响零件的加工精度）。实践证明，凡满足刚度要求的零件，一般来说，强度总是没有问题的。

- 寿命。指零件能够正常工作的时间。影响零件工作寿命的主要因素有三个：一是相对运动的零件的磨损；二是在变应力工作条件下零件的疲劳（即疲劳强度问题）；三是高温情况下机械零件过大的热变形和蠕变。

- 减振性。一般情况下，机械或零件的振幅是很小的，但当其自振频率和外力的变动频率相符或接近时就要发生共振，这时，振幅将急剧增大，能在短期内导致零件的破坏，这种情况必须避免。

以上要求并非在任何零件设计过程中都需进行判定，而是根据零件的具体工作情况，按其可能发生的一种或几种主要失效形式，运用相应的设计准则，确定零件的主要尺寸和形状，从而满足其相应的工作能力要求。在设计时，对于不同的失效形式，要建立不同的承载能力判别式，但其基本原则是相同的。

b. 零件必须满足经济性的要求。设计和制造机械零件时应最大限度地考虑其经济性，

即要求成本低、生产率高以及维护费用低等。为了改善和提高其经济指标，主要考虑以下几方面：

- 工艺性。零件必须具有良好的结构工艺性和制造工艺性，以使其在一定的生产规模和生产条件下，能以最少的加工费用制造出合乎技术要求的零件。同时要在满足工作能力要求的前提下，使零件具有尽可能简单的几何形状，避免盲目地提高零件的加工精度及表面质量要求，并尽可能避免采用复杂的加工方法。

- 合理地选择原材料。应根据实际需要和供货可能来选择材料，使其既能满足使用要求，又尽可能地降低成本。要注意推广使用各种非金属材料，如塑料、尼龙等。

- 标准化、通用化、系列化。在不同类型、不同规格的各种机器中，有相当多的零部件是相同的，将这些零部件加以标准化，并按尺寸不同加以系列化，设计者就无须重复设计。通用化是指系列之内或跨系列的产品之间尽量采用同一结构和尺寸的零部件，以减少企业内部的零部件种数，从而简化生产管理和获得较高的经济效益。只有当采用标准零件、标准结构要素、标准参数和尺寸确实不能满足使用要求时，才允许设计非标准零件或采用非标准的结构、尺寸与参数，标准化、系列化、通用化也是评定产品的指标之一。

c. 零件的设计过程和方法。在满足上述要求的前提下，机械零件的设计工作大体分为两个过程：即构形过程和计算过程。所谓构形过程，就是根据部件对零件所提出的运动要求和连接条件，按照零件在部件中的依存关系，合理地确定零件的形状和若干相对尺寸，即通常所说的结构设计，其主要内容是通过绘图来完成的。所谓计算过程，就是根据运动关系和强度（包括刚度、寿命、稳定性等）条件，通过计算来确定零件的一些主要尺寸和某些重要部位的形状。当然，这两个过程是相辅相成，互相渗透的。计算是构形的依据，构形又影响着计算。进行机械零件设计时，按照构形和计算这两个过程的不同程序，存在着两种方法。第一种方法是“先计算后构形”，其步骤为：拟定零件的计算简图；确定作用在零件上的计算载荷；选择适宜的材料；根据零件可能出现的失效形式，选用相应的设计准则进行计算以确定零件的主要形状和主要尺寸，然后再确定其他尺寸；最后，绘出零件图样并标注必要的技术要求。这里所进行的计算通常称之为设计计算。第二种方法是“先构形后计算”，其步骤为：先参照实物（或图纸）和经验数据，初步拟定零件的结构形状和尺寸；然后再用有关的设计准则进行验算和修改；最后确定零件的全部尺寸并完成零件的图样。此时所进行的计算过程，一般称之为校核计算。

(4) 技术文件编制

技术文件的种类较多，常用的有机器的设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。

编制设计计算说明书时，应包括方案选择及技术设计的全部结论性的内容。

编制供用户使用的机器使用说明书时，应向用户介绍机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养及简单的维修方法、备用件的目录等。

其他技术文件，如检验合格单、外购件明细表、验收条件等，视需要与否另行编制。

1.4 常规设计方法

机械零件的设计方法，可从不同的角度做出不同的分类。目前较为流行的分类方法是把过去长期采用的设计方法称为常规的（或传统的）设计方法，近几十年发展起来的设计方法

称为现代设计方法。本节主要阐明常规设计方法。

(1) 理论设计

根据长期总结出来的设计理论和实验数据所进行的设计,称为理论设计,现以简单受拉杆件的强度设计为例来讨论理论设计的概念,设计时强度计算公式为:

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S}$$

$$\text{或 } \frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (1-1)$$

式中 F ——作用于拉杆上的外载荷;

A ——拉杆横截面面积;

σ_{lim} ——拉杆材料的极限应力;

S ——设计安全系数(简称安全系数)。

对式(1-1)的运算过程,可以有以下两大类不同的处理方法:

① 设计计算 由公式直接求出杆件必需的横截面面积 A , 即:

$$A \geq \frac{SF}{\sigma_{\text{lim}}} \quad (1-2)$$

② 校核计算 在按其他办法初步设计出杆件的截面面积后,可选用下列四式之一进行校核计算:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (1-3)$$

$$F \leq \frac{\sigma_{\text{lim}} A}{S} \quad (1-4)$$

$$S_{\text{ca}} = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{\sigma} \geq S \quad (1-5)$$

$$\sigma_{\text{lim}} \geq \sigma S \quad (1-6)$$

式(1-5)中的 S_{ca} 为安全系数计算值,或简称为计算安全系数。

设计计算多用于能通过简单的力学模型进行设计的零件;校核计算则多用于结构复杂,应力分布较复杂,但又能用现有的应力分析方法(以强度为设计准则时)或变形分析方法(以刚度为设计准则时)进行计算的场合。

(2) 经验设计

根据对某类零件已有的设计与使用实践而归纳出的经验关系式,或根据设计者本人的工作经验用类比的方法所进行的设计称为经验设计。这对那些使用要求变动不大而结构形状已典型化的零件,例如箱体、机架、传动零件的各结构要素等,是很有效的设计方法。

(3) 模型实验设计

对于一些尺寸巨大而结构又很复杂的重要零件,尤其是一些重型整体机械零件,为了提高设计质量,可采用模型实验设计的方法。即把初步设计的零、部件或机器制成小模型或小尺寸样机,经过实验的手段对其各方面的特性进行检验,根据实验结果对设计进行逐步地修改,从而达到完善。这样的设计过程称为模型实验设计。

这种设计方法费时、昂贵,因此只用于特别重要的设计中。