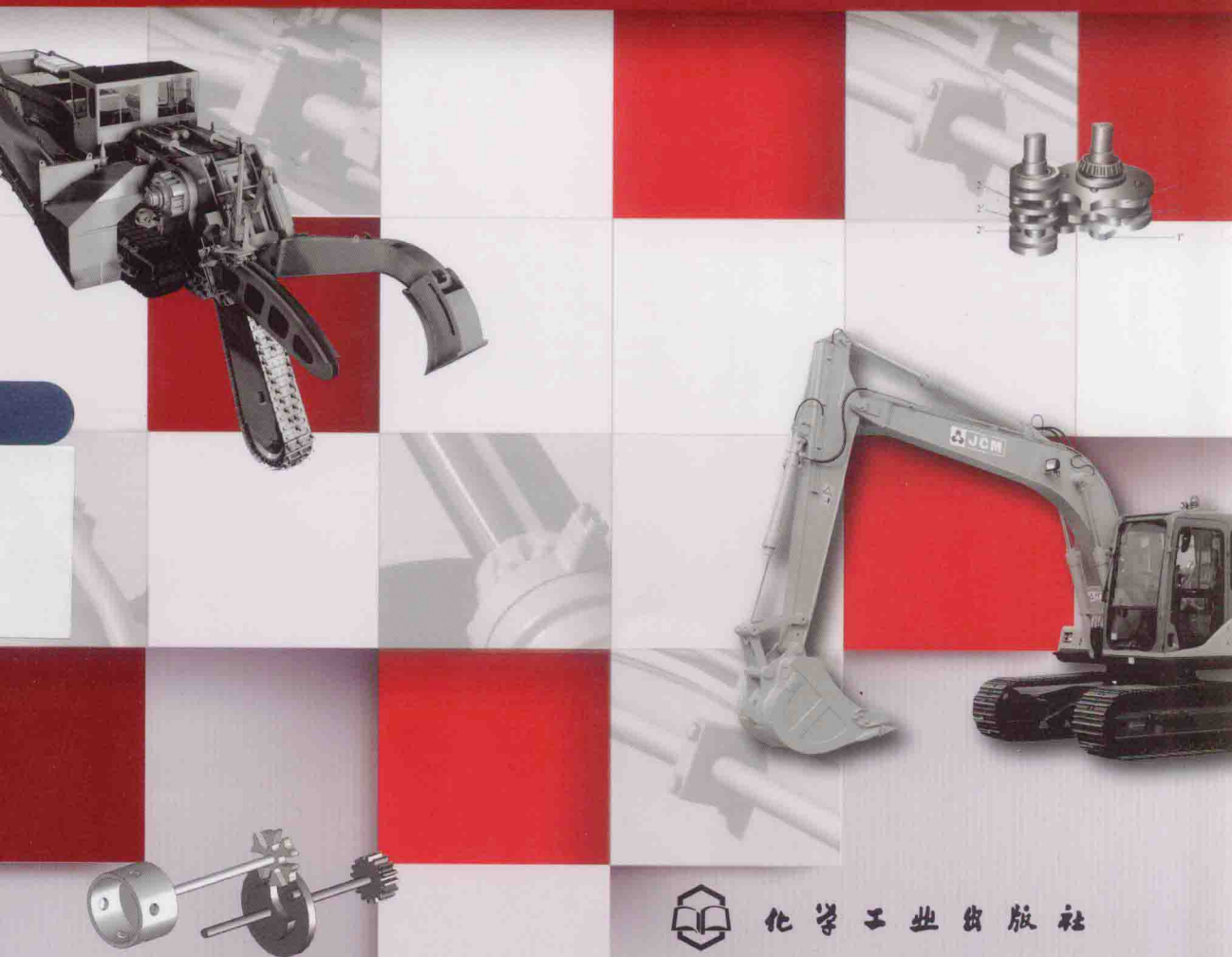


常用机械机构 结构与禁忌图例

CHANGYONG JIXIE JIGOU
JIEGOU SHEJI YU JINJI TULI

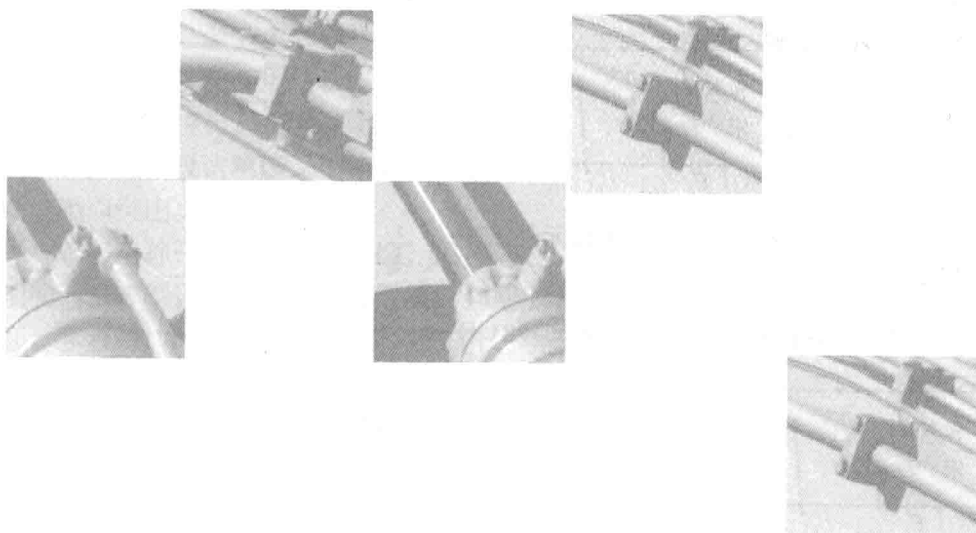
孙开元 张丽杰 主编



化学工业出版社

常用机械机构 结构与禁忌图例

孙开元 张丽杰 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书将常用机械的机构设计与结构设计相结合,详细介绍了各种常用机构的设计方法及其零部件的结构设计、设计禁忌等内容,并提供了大量工程图例,包括平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、蜗杆传动机构、带传动机构、链传动机构和轴等的运动简图、轴测图、装配图、构造图、轴测构造图。内容实用,工程实例翔实、图例直观形象,文字简明扼要,方便读者查阅。

本书可供机械设计人员及相关技术人员学习、查阅和参考,还可作为高等院校机械设计基础课程和相关课程的配套教材。

图书在版编目(CIP)数据

常用机械机构结构与禁忌图例/孙开元,张丽杰
主编. —北京:化学工业出版社,2014.2

ISBN 978-7-122-19447-3

I. ①常… II. ①孙…②张… III. ①机械元件-结构设计 IV. ①TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第004224号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:张绪瑞

责任校对:宋玮

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10 字数240千字 2014年4月北京第1版第1次印刷

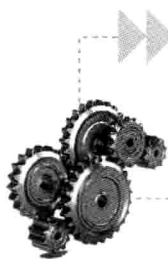
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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:48.00元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

机械机构设计、结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，不仅要掌握各种常用机构设计的设计理论及方法，还应深入了解其零部件的结构设计及禁忌的内容。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，将机械常用机构设计与其零部件的结构设计紧密结合，把机械结构设计的基本知识和理论与常见机械结构设计禁忌等内容合理整合，以常见机构为单元，在简要介绍机构结构设计的基本知识、基本理论和工程应用的基础上，重点介绍了机构结构的设计禁忌。从禁忌的角度对机构结构设计中的常见问题，采用正误对照的方法加以阐述，颇具工程性和实用性，希望能为机械设计人员进行机械结构设计提供参考。

本书的主要特点如下：

(1) 实用性强。主要说明常用机构在结构设计过程中常见的问题和禁忌，重点突出，更具针对性和实用性。

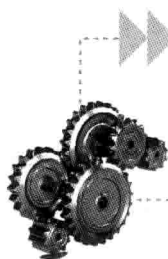
(2) 图文并茂。文字说明配以相应图示，使阅读方便直观，便于理解。

(3) 文字表达精炼。理论知识表达精炼，内容简明扼要，禁忌部分文字说明脉络清晰、重点突出。

本书由孙开元、张丽杰主编，郝振洁、李立华、刘洁、路学成、齐继东副主编，参加编写工作的还有骆素君、李改灵、孙爱丽、冯仁余、田广才、徐来春、王文照、白丽娜、李若蕾、刘雅倩、马雅丽、刘文开、李玉兰、谢霞。由李长娜、张晴峰主审。

由于本书涉及的内容广泛，编者水平和经验有限，殷切希望广大读者在使用过程中，对本书的疏漏和欠妥之处提出批评。

编者



目 录

CONTENTS

Chapter 1

第 1 章 机构设计基础	1
1.1 机构要素	1
1.1.1 构件	1
1.1.2 运动副	2
1.2 机构自由度	3
1.2.1 机构的自由度	3
1.2.2 机构具有确定运动的条件	4
1.2.3 常见机构自由度计算实例	4
1.2.4 计算平面机构自由度时应注意的问题	5
1.3 机械结构设计的任务和工作内容	6
1.3.1 结构设计与机械设计的关系	6
1.3.2 结构设计的任务与工作内容	7
1.4 机械结构设计的基本条件和要求	8

Chapter 2

第 2 章 平面连杆机构的结构设计与禁忌	9
2.1 平面四杆机构的类型和特性	9
2.1.1 平面四杆机构的类型	9
2.1.2 平面四杆机构的特性	12
2.2 平面连杆机构的应用	15
2.2.1 曲柄摇杆机构的应用	15
2.2.2 双曲柄机构的应用	16
2.2.3 双摇杆机构的应用	18
2.2.4 曲柄滑块机构的应用	19
2.2.5 导杆机构的应用	20
2.2.6 滑块机构和定块机构的应用	21
2.2.7 多杆机构的应用	21
2.3 平面连杆机构的结构设计与禁忌	23
2.3.1 平面连杆机构的结构设计	23
2.3.2 平面连杆机构结构设计禁忌	29
2.3.3 机架结构设计实例——减速器箱体的结构设计及禁忌	37

Chapter 3

第3章 凸轮机构结构与禁忌	40
3.1 凸轮机构的分类和特点	40
3.1.1 凸轮机构的分类	40
3.1.2 凸轮机构的工作原理和基本参数	42
3.1.3 凸轮机构从动件运动规律	44
3.2 凸轮机构应用实例	45
3.2.1 盘形凸轮	45
3.2.2 移动凸轮	47
3.2.3 圆柱凸轮	47
3.3 凸轮机构结构与禁忌	48
3.3.1 凸轮机构基本尺寸设计禁忌	49
3.3.2 盘形凸轮轮廓曲线设计禁忌	54
3.3.3 凸轮机构其他结构设计禁忌	57
3.3.4 凸轮机构设计实例——冲压机	60

Chapter 4

第4章 齿轮机构结构与禁忌	62
4.1 齿轮机构的分类和特点	62
4.1.1 齿轮机构的分类	62
4.1.2 齿轮机构工作原理及基本参数	62
4.2 齿轮机构应用实例	65
4.2.1 钟表传动机构	65
4.2.2 机床平动装置	65
4.2.3 具有安全机构的攻螺纹装置	65
4.2.4 汽车差速器	66
4.3 齿轮机构结构与禁忌	67
4.3.1 齿轮传动系统结构设计禁忌	70
4.3.2 齿轮结构参数设计禁忌	74
4.3.3 齿轮结构设计禁忌	77
4.3.4 辐板式锻造齿轮结构设计实例	87

Chapter 5

第5章 蜗杆传动的结构与禁忌	89
5.1 蜗杆传动的类型和特点	89
5.1.1 蜗杆传动的类型	89
5.1.2 蜗杆传动的特点	90
5.1.3 蜗杆传动适用范围	91
5.2 蜗杆传动的应用	91
5.3 蜗杆传动机构的结构设计与禁忌	95
5.3.1 普通圆柱蜗杆传动的失效形式及材料	95

5.3.2	蜗杆和蜗轮的结构	96
5.3.3	蜗杆机构参数选择的禁忌	97
5.3.4	蜗杆传动机构材料、润滑方法选择及布置形式禁忌	98
5.3.5	蜗杆传动承载能力及热平衡设计禁忌	100
5.3.6	蜗杆传动结构设计禁忌实例	102

Chapter 6

第6章 带传动的结构与禁忌

6.1	带传动的类型和特点	104
6.1.1	带传动的类型	104
6.1.2	带传动的形式	105
6.1.3	带传动的特点及适用范围	105
6.2	带传动的应用	106
6.3	带传动的结构与禁忌	112
6.3.1	带传动的主要失效形式和设计准则	112
6.3.2	带与带轮结构	112
6.3.3	带传动的张紧	113
6.3.4	带传动设计及参数选择、布置应注意的问题及禁忌	114
6.3.5	带与带轮结构应注意的问题及禁忌	117
6.3.6	带传动张紧应注意的问题及禁忌	121
6.3.7	带传动结构设计禁忌实例	123

Chapter 7

第7章 链传动的结构与禁忌

7.1	链传动的类型及特点	126
7.1.1	链传动类型	126
7.1.2	链传动的特点	127
7.2	链传动的应用	127
7.3	链传动结构与禁忌	129
7.3.1	不能用一根链条带动一条线上的多个链轮	129
7.3.2	链轮不能水平布置	129
7.3.3	齿形链的导板结构	130
7.3.4	滚子链链轮	130
7.3.5	链传动的布置、张紧和润滑	131
7.3.6	链传动结构设计实例	133

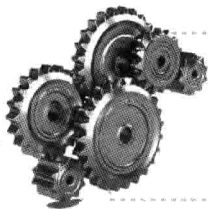
Chapter 8

第8章 轴的结构设计与禁忌

8.1	轴的类型及特点	136
8.1.1	轴的类型	136
8.1.2	轴的特点	138

8.2 轴的应用	138
8.2.1 洗衣机叶轮与轴连接	138
8.2.2 内燃机	139
8.2.3 齿轮减速机构	139
8.2.4 卷扬机卷筒轴结构	140
8.3 轴的结构设计与禁忌	140
8.3.1 轴的结构及设计原则	140
8.3.2 符合力学要求的结构设计禁忌	141
8.3.3 满足结构工艺要求的结构设计禁忌	143
8.3.4 满足刚度要求的结构设计禁忌	146
8.3.5 满足强度要求的结构设计禁忌	147
8.3.6 轴设计禁忌的实例	149

参考文献	151
------------	-----



机构是构成机械运动装置的重要部分，机械机构的设计是机械设计所必需的技术基础和技能，而在机械设计中最重要的是结构设计，每一个构件的结构形状及其相互之间的位置关系都影响整个机构甚至整部机器的功能和工作性能。现代机构除了纯机械式的机构，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构、螺旋机构、挠性传动机构、组合机构外，还包括液动机构、气动机构、光电机构、电磁机构、微动机构、信息机构等广义机构。机械结构的功能主要靠机械零部件的几何形状及各个零部件之间的相对位置关系实现。不论机构的种类与形式如何丰富，都进一步体现出传统机构的基础性和重要性，因而，传统基本机械机构，如平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构；常用机械传动机构，如蜗杆传动、带传动和链传动及轴的结构设计研究更具基础性和实用性。

1.1 机构要素

机器是执行机械运动的装置，用以变换或传递能量、物料和信息。其中有一个构件为机架的、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。机构要素包括构件和运动副。

1.1.1 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 1、螺栓 2、螺母 3 和连杆盖 4 等零件构成的。

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。

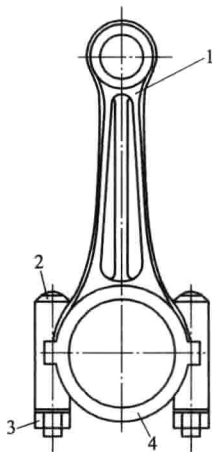


图 1-1 连杆

1—连杆体；2—螺栓；3—螺母；4—连杆盖

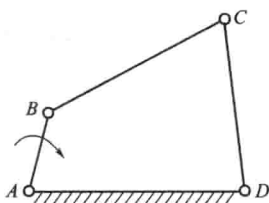


图 1-2 曲柄摇杆机构

1.1.2 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。

① 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。

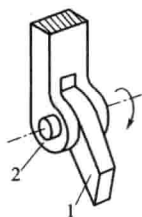


图 1-3 转动副
1,2—构件

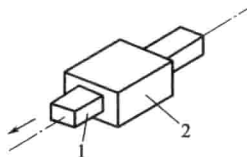


图 1-4 移动副
1,2—构件

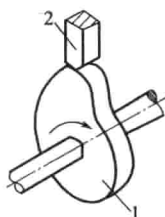


图 1-5 高副
1,2—构件

(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。

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 机构自由度

机械的基本性质之一是有确定运动，为此机构的结构设计必须满足运动要求，即满足自由度的要求。

机构的各构件之间应具有确定的相对运动。显然，不能产生相对运动或无规则乱动的一堆构件难以用来传递运动。为了使组合起来的构件能产生运动并具有运动确定性，有必要探讨机构自由度和机构具有确定运动的条件。

1.2.1 机构的自由度

一个做平面运动的自由构件具有三个自由度。因此，平面机构的每个活动构件，在未用运动副连接之前，都有三个自由度，即沿 x 轴和 y 轴的移动以及在 xoy 平面内的转动。当两构件组成运动副后，相互间的相对运动便会受到某些限制，这些限制的程度称为相对约束度或简称为约束度，用符号 S 表示；而尚存的相对运动称为运动副自由度，用符号 F 表示。

设有构件 1 和 2，若将构件 2 与图 1-6 所示直角坐标系相固连，则当构件 1 尚未与构件 2 组成运动副时，它在坐标系中相对构件 2 的运动完全是自由的，构件 1 相对构件 2 的每一个自由度都对应着沿某一坐标轴的移动和绕某一坐标轴的转动。设每一自由度或相对运动都是独立的，则构件 1 相对构件 2 能分别产生沿三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动，故构件 1 所具有的自由度 $F=6$ 。

若构件 1 和 2 组成运动副，则必然对构件间的相对运动添加了 S 个约束度，因而构件 1 或 2 所具有的自由度 $F < 6$ ，也就是说，由运动副所引入的约束度必然是构件所丧失的自由度，即运动副的自由度应为两构件构成可动连接后一构件相对另一构件的自由度，且满足： $S+F=6$ 。

同理，设有两个作平面运动的构件 1 和 2，若将构件 2 与直角坐标系相固连，则当构件 1 尚未与构件 2 组成运动副时，构件 1 在平面内的运动是自由的，它具有的自由度为 $F=3$ 。组成运动副后，由于添加了 S 个约束度，必然使构件间的某些独立的相对运动受到限制。构件 1 的自由度 F 必将减少，即 $F < 3$ ，但满足 $S+F=3$ 。

不同种类的运动副引入的约束度不同，所保留的自由度也不同。例如图 1-4 所示的移动副，约束了沿一轴方向的移动和在平面内的转动两个自由度，只保留了沿另一轴方向移动的自由度；图 1-3 所示的转动副，约束了两个移动自由度，只保留一个转动自由度；图 1-5 所示的高副则只约束沿接触处公法线方向移动的自由度，保留了绕接触处转动和沿接触处公切线方向移动两个自由度。也可以说，在平面机构中，每个低副引入两个约束，使构件失去两个自由度；每个高副引入一个约束，使构件失去一个自由度。

设某平面机构共有 K 个构件。除去固定构件，则活动构件数为 $n=K-1$ 。在未用运动副连接之前，这些活动构件的自由度总数为 $3n$ 。当用运动副将构件连接组成机构之后，机

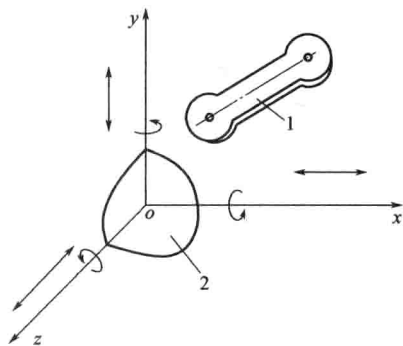


图 1-6 运动构件的自由度
1,2—构件

构中各构件具有的自由度随之减少。若机构中低副数为 P_L 个，高副数为 P_H 个，则运动副引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 。活动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数就是机构自由度 F ，即计算平面机构自由度的公式为 $F = 3n - 2P_L - P_H$ 。由公式可知，机构自由度取决于活动构件的件数以及运动副的性质和个数。

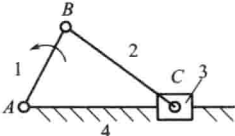
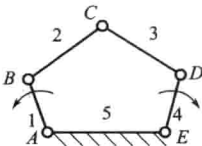
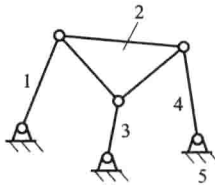
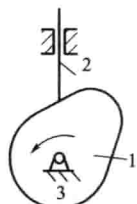
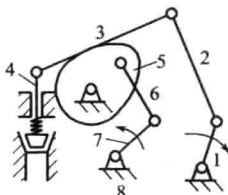
1.2.2 机构具有确定运动的条件

机构的自由度也就是机构相对机架具有的独立运动的数目。由前述可知，从动件是不能独立运动的，只有原动件才能独立运动。通常每个原动件具有一个独立运动，因此，机构具有确定运动的条件是：机构中原动件的数目等于自由度，即 $F \geq 0$ 且等于原动件数。

1.2.3 常见机构自由度计算实例

常见机构自由度计算实例见表 1-1。

表 1-1 常用机构自由度计算实例

名称	机构运动简图	构件、运动副数	自由度计算
曲柄滑块机构		$K=4$ $n=3$ $P_L=4$ $P_H=0$	$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 3-2 \times 4=1$
铰链五杆机构		$K=5$ $n=4$ $P_L=5$ $P_H=0$	$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 4-2 \times 5=2$
五杆运动链		$K=5$ $n=4$ $P_L=6$ $P_H=0$	$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 4-2 \times 6=0$
凸轮机构		$K=3$ $n=2$ $P_L=2$ $P_H=1$	$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 2-2 \times 2-1=1$
凸轮连杆机构		$K=8$ $n=7$ $P_L=9$ $P_H=1$	$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 7-2 \times 9-1=2$

1.2.4 计算平面机构自由度时应注意的问题

计算平面机构自由度时,必须正确了解和处理下列几种特殊情况,否则不能准确计算出与实际情况相符的机构自由度。

(1) 复合铰链

两个以上的构件同时在一处用转动副连接就构成复合铰链。

如图 1-7(a) 表示了三个构件在运动简图上 A 处组成转动副,但它应视为分别由构件 1 和 2 以及构件 1 和 3 组成的转动副,如图 1-7(b) 所示。因此在 A 处的转动副数应计为 2。因此,如果 K 个构件在同一处用转动副连接,那么该复合铰链有 $K-1$ 个转动副。

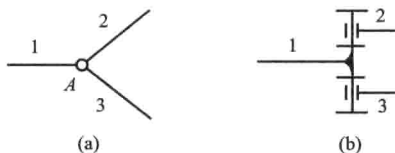


图 1-7 复合铰链
1~3—构件

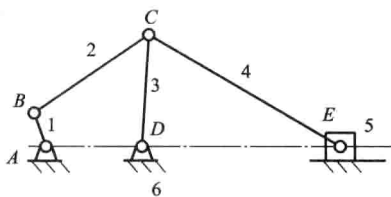


图 1-8 振动式输送机机构
1~5—构件

如图 1-8 所示为振动式输送机机构运动简图,此机构中 C 处是复合铰链,该复合铰链有 2 个转动副。因此该机构的自由度 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 5-2\times 7-0=1$ 。

(2) 局部自由度

在某些机构中,常常存在某些不影响输入件与输出件之间运动关系的个别构件的独立运动的自由度。通常将这种自由度称为局部自由度或多余自由度。在计算机构自由度时,应将此局部自由度除去不计。

如图 1-9(a) 所示为滚子直动从动件盘型凸轮机构,从动件 3 端部的滚子 2 绕轴线 B 的独立转动不影响输入杆 1 和输出杆 3 之间的运动关系,故该机构可以转化为图 1-9(b) 的形式,即将滚子与从动件 3 固连在一起,此时该机构的自由度 $F=3n-2P_L-P_H=3\times 2-2\times 2-1=1$ 。

机构中的局部自由度常用于以滚动摩擦代替滑动摩擦来提高机械效率以及用于减少高副运动副元素的磨损。

(3) 虚约束

在运动副引入的约束中,有些约束对机构自由度的影响是重复的,对机构运动不起任何限制作用。这种重复而对机构不起限制作用的约束称为虚约束或消极约束。在计算自由度时应当除去不计。

平面机构中的虚约束常出现在下列场合。

① 两构件之间组成多个导路平行的移动副时,只有一个移动副起作用,其余都是虚约束。如图 1-10(a) 所示, A、B、C 是三个导路平行的移动副,其中只有一个移动副起作用,其余两个都是虚约束。

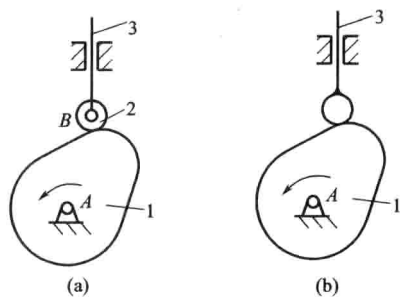


图 1-9 局部自由度
1—凸轮; 2—滚子; 3—从动件

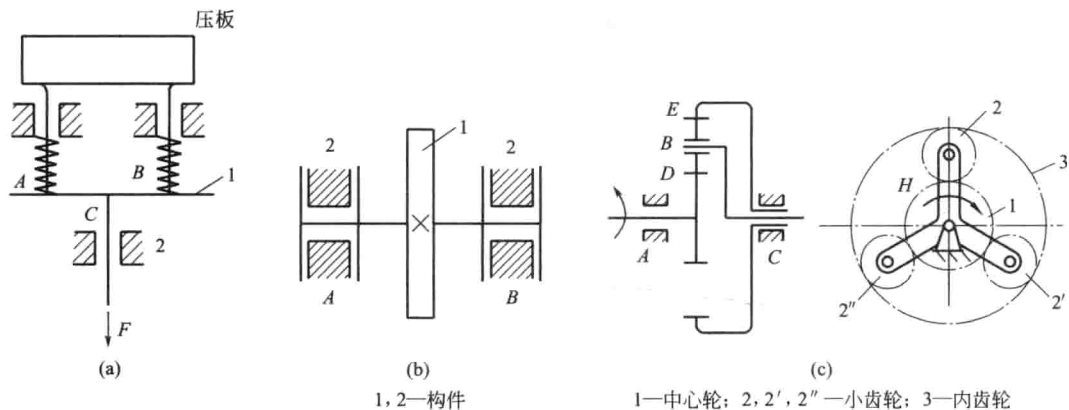


图 1-10 虚约束

② 两构件组成多个轴线重合的转动副时，只有一个转动副起作用，其余都是虚约束。如图 1-10(b) 所示，两个轴承支撑一根轴只能看作一个转动副。

③ 机构中传递运动不起独立作用的对称部分。如图 1-10(c) 所示轮系，中心轮 1 通过三个均匀分布的小齿轮 2、2' 和 2'' 驱动内齿轮 3，其中有两个小齿轮对传递运动不起独立作用，但第二个和第三个小齿轮的加入，使机构增加了两个虚约束。

1.3 机械结构设计的任务和工作内容

1.3.1 结构设计与机械设计的关系

机械设计的过程可以分为以下几个阶段。

(1) 调查决策阶段

根据市场需求、用户委托或主管部门下达的任务，进行可行性研究和专家听证会确定设计任务，制定设计任务书。

(2) 研究设计阶段

提出机械的工作原理，进行必要的分析比较，确定最佳的总体方案。

(3) 技术设计阶段

进行设计计算和结构设计，完成全部设计图样和技术文件（包括设计说明书、使用说明书等）。

(4) 试制阶段

通过试制和试验，必要时先制造样机，经过一次或多次改进，才能得到性能稳定、能够投放市场的产品样机。

(5) 生产销售阶段

正式进行批量生产，投入市场，并在生产和使用中继续不断改进和提高产品的质量。

以上各个阶段的工作是互相密切联系、互相影响的。结构设计在机械设计中是一个十分重要的组成部分。

① 产品设计是否成功在于它的使用性能能否满足使用者的要求，而产品的性能是通过产品的结构体现出来的，或者说是产品的结构所具有的。产品的结构是其性能的物质基础。

没有正确的结构设计就不可能得到具有符合性能要求的产品。

② 机械产品生产面对的是产品的结构,加工机械产品就是要生产出具有合格结构(如形状、尺寸、精度、表面粗糙度、材料、硬度等)的产品。

③ 机械设计的结果表现为其结构(如图样),计算、实验和分析是为了提高结构设计的质量而言的,都可以看作是提高结构设计质量的手段。

④ 在机械设计中,结构设计实际上贯穿机械设计的整个过程,所花费的时间常需占据最大的部分,在许多情况下,它能直接决定设计的成败。

⑤ 虽然结构设计是在总体方案确定以后进行的,但是确定总体方案时往往不得不考虑结构设计的一些重要问题。

因此,可以说结构设计是机械设计的核心和主体部分。

1.3.2 结构设计的任务与工作内容

机械结构设计的任务和工作内容是在总体设计的基础上,根据所确定的原理方案,确定并绘出具体的结构图,以体现所要求的功能。是将抽象的工作原理具体化为某类构件或零部件,具体内容为在确定结构件的材料、形状、尺寸、公差、热处理方式和表面状况的同时,还需考虑其加工工艺、强度、刚度、精度以及与其他零件相互之间关系等问题。所以结构设计的直接产物虽是技术图纸,但结构设计工作不是简单的机械制图,图纸只是表达设计方案的语言综合技术的具体化,是结构设计的基本内容。

机械结构设计的主要特点是:①集思考、绘图、计算(有时进行必要的实验)于一体的设计过程,是机械设计中涉及问题最多、最具体、工作量最大的工作阶段,在整个机械设计的过程中,平均约80%的时间用于结构设计,对机械设计的成败起着举足轻重的作用;②机械结构设计问题的多解性,即满足同一设计要求的机械结构并不是唯一的;③机械结构设计阶段是一个很活跃的设计环节,常常需反复交叉进行。为此,在进行机械结构设计时,必须了解从机器整体出发对机械结构的基本要求。

机械结构的功能主要靠机械零部件的几何形状及各个零部件之间的相对位置关系实现。零部件的几何形状由它的表面所构成,一个零件通常有多个表面,在这些表面中有的与其他零部件表面直接接触,把这一部分表面称为功能表面。在功能表面之间的连接部分称为连接表面。零件的功能表面是决定机械功能的重要因素,功能表面的设计是零部件结构设计的核心问题。描述功能表面的主要几何参数有表面的几何形状、尺寸大小、表面数量、位置、顺序等。通过对功能表面的变异设计,可以得到为实现同一技术功能的多种结构方案。在机械或机器中,任何零件都不是孤立存在的,因此,在结构设计中除了研究零件本身的功能和其他特征外,还必须研究零件之间的相互关系。

零件的相关分为直接相关和间接相关两类。凡两零件有直接装配关系的,称为直接相关。没有直接装配关系的相关称为间接相关。间接相关又分为位置相关和运动相关两类。位置相关是指两零件在相互位置上有关要求,如减速器中两相邻的传动轴,其中心距必须保证一定的精度,两轴线必须平行,以保证齿轮的正常啮合。运动相关是指一零件的运动轨迹与另一零件有关,如车床刀架的运动轨迹必须平行于主轴的中心线,这是靠床身导轨和主轴轴线相平行来保证的,所以,主轴与导轨之间为位置相关;而刀架与主轴之间为运动相关。

多数零件都有两个或更多的直接相关零件,故每个零件大都具有两个或多个部位在结构上与其他零件有关。在进行结构设计时,两零件直接相关部位必须同时考虑,以便合理地选

择材料的热处理方式、形状、尺寸、精度及表面质量等。同时还必须考虑满足间接相关条件,如进行尺寸链和精度计算等。一般来说,若某零件直接相关零件愈多,其结构就愈复杂;零件的间接相关零件愈多,其精度要求愈高。

1.4 机械结构设计的基本条件和要求



机械产品应用于各行各业,结构设计的内容和要求也是千差万别,进行机械结构设计必须清楚地了解结构设计的全部要求和条件,下面就机械结构设计的三个不同层次来说明对结构设计的要求。

(1) 功能设计

满足主要机械功能要求,在技术上的具体化。如工作原理的实现、工作的可靠性、工艺、材料和装配等方面;满足输入或输出的能量、材料或信号的具体要求,如机床的精度、信号的信噪比、破碎块料的大小和形状、负荷的大小及其变化情况;满足机械系统本身的具体要求,如机械本身的尺寸和重量的限制、寿命和可靠性要求等。

(2) 质量设计

兼顾各种要求和限制,提高产品的质量和性价比,它是现代工程设计的特征。具体为操作、美观、成本、安全、环保等众多其他要求和限制。在现代设计中,质量设计相当重要,往往决定产品的竞争力。那种只满足主要技术功能要求的机械设计时代已经过去,统筹兼顾各种要求,提高产品的质量,是现代机械设计的关键所在。与考虑工作原理相比,兼顾各种要求似乎只是设计细节上的问题,然而细节的总和是质量,产品质量问题不仅是工艺和材料的问题,提高质量应始于设计。

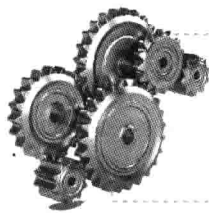
(3) 优化设计和创新设计

用结构设计变元等方法系统地构造优化设计空间,用创造性设计思维方法和其他科学方法进行优选和创新。

对产品质量的提高永无止境,市场的竞争日趋激烈,需求向个性化方向发展。因此,优化设计和创新设计在现代机械设计中的作用越来越重要,它们将是未来技术产品开发的竞争焦点。

结构设计是机械设计的第三个阶段,结构设计工程师应该对前面各阶段考虑的主要问题和设计意图有较全面的了解。这样才能充分发挥结构设计工程师的智慧和创造性,把结构设计工作作为在前面创造性工作的基础上进一步创造的过程。此外,还应该注意各部分结构之间的互相配合,以取得总体结构的最佳效果。必要时可能要修改甚至推翻前两个阶段的结论。

结构设计中得到一个可行的结构方案一般并不很难。机械设计的任务是在众多的可行性方案中寻求较好的或是最好的方案。结构优化设计的前提是要能构造出大量可供优选的可能性方案,即构造出大量的优化求解空间,这也是结构设计最具创造性的地方。结构优化设计目前基本仍局限在用数理模型描述的那类问题上。而更具有潜力、更有成效的结构优化设计应建立在由工艺、材料、连接方式、形状、顺序、方位、数量、尺寸等结构设计变元所构成的结构设计解空间的基础上。



2.1 平面四杆机构的类型和特性

平面连杆机构是由一些刚性构件用转动副和移动副相互连接而组成的在同一平面或相互平行的平面内运动的机构。由于平面连杆机构是由若干构件用平面低副连接而成的机构，故又称之为低副机构。使用平面连杆机构能够实现一些较为复杂的平面运动，因此，平面连杆机构是应用最早也是应用很广泛的机构。

2.1.1 平面四杆机构的类型

(1) 平面四杆机构的基本型式

平面连杆机构构件的形状多种多样，不一定为杆状，但从运动原理来看，均可用等效的杆状构件来替代。最常用的平面连杆机构是具有四个构件（包括机架）的低副机构，称为四杆机构。运动副均为转动副的四杆机构称为铰链四杆机构，它是平面四杆机构的基本形式，也是其他多杆机构的基础。

在铰链四杆机构中，如图 2-1 所示，固定不动的构件 4 称为机架，直接与机架相连的构件 1 和 3 称为连架杆，不与机架直接相连的中间构件 2 称为连杆。

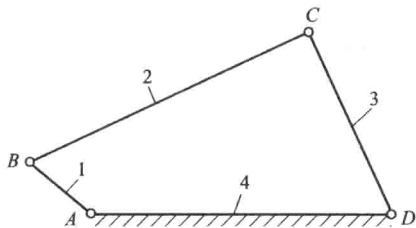


图 2-1 铰链四杆机构

1,3—连架杆；2—连杆；4—机架

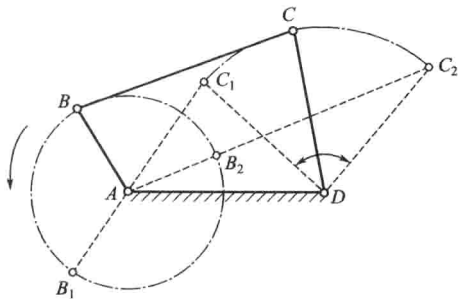


图 2-2 曲柄摇杆机构

连架杆 1 和 3 通常绕自身的回转中心 A 和 D 回转，杆 2 作平面运动。能作整周回转的连架杆称为曲柄，仅能在一定范围内作往复摆动的连架杆称为摇杆。能够作整周转动的转动