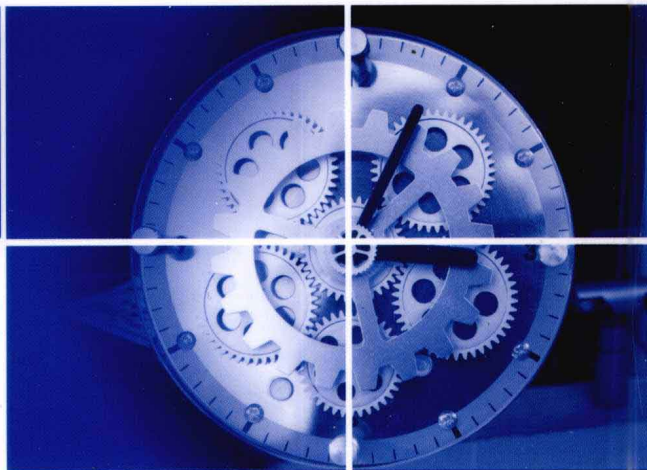
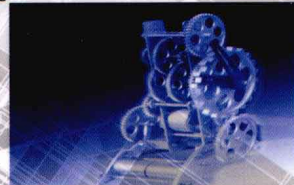
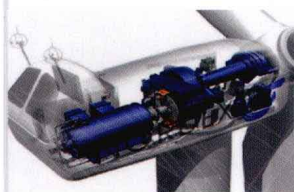


普通高等教育“十二五”规划教材
机械创新设计系列



机械原理

王德伦 高 媛 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材
机械创新设计系列

机 械 原 理

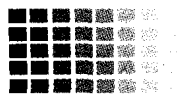
主 编 王德伦 高 媛
参 编 董惠敏 钱 峰
主 审 申永胜 谢 进



机 械 工 业 出 版 社



前言



机械原理课程是机械类专业的一门主干技术基础课，是本科生从基础理论学习过渡到研究和解决机械工程技术问题的桥梁，承担培养学生机械系统运动方案创新设计的任务，在机械类系列课程体系中占有十分重要的地位。近年来全国机械原理课程教学研究与改革成果十分丰富，出版了很多具有鲜明特点的机械原理教材，呈现出从传统的以机构分析为主线的内容体系过渡到机构分析与设计并重，并向以机构设计为主线的内容体系发展的趋势，特别是机械系统运动方案设计内容的引入和发展，使机械原理课程的内涵得以延伸和扩展，在培养学生机械创新设计能力方面日益加强。

本书以培养学生具有一定的机械系统运动方案创新设计能力为目标，建立“以设计为主线，方案设计为牵引，运动与性能设计为支撑”的新体系。全书由上、中、下三篇组成，上篇为机械运动方案设计，主要介绍机构及其应用、常见机构及其特点、机构组成原理及其演变、机构再生运动链设计法、机械系统运动方案设计；中篇为机构运动设计与分析，主要阐述平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构与轮系的几何与运动学设计；下篇为机械动力设计与分析，主要论述机构的惯性力平衡、机械系统的动力学、机械中的摩擦与自锁。通过这一新体系，力求使学生能够初步具有机械运动方案创新设计的能力。

在全书内容安排上，作者根据多年的教学和科研经验，以及与机械制造企业的密切联系和体会，努力处理好如下几方面的关系：

1. 理论性与实践性的关系

机械原理既要满足基础课程的知识性与系统性，又要满足专业课程培养学生分析与解决机械工程中实际问题的能力，如何把握理论性与实践性的尺度，架设从基础理论学习过渡到机械工程专业学习的桥梁，一直是机械原理教材编写面临的难题。编者依据机械原理课程内容体系，结合多年科研及与机械制造企业合作的经验，将自己的科研成果和解决企业实际问题的方法引入教材和课堂，每章内容和习题以机械工程中典型的实际问题为背景，并恰当引入生活中的机械原理问题，展开阐述机械原理课程的相关内容，试图使学生能感受到机械工程实际中的机械原理，感受到机械原理就在身边。

2. 先进性与传统内容的关系

中国作为世界机械制造大国，机械制造企业对技术人员的要求已经进入新的阶段，而且新技术日新月异，机械原理作为机器设计的基础，需要适应社会发展的要求。本书适当增加新内容，如机械系统运动方案设计过程和方法，机构再生运动链设计法，连杆机构精确点综合与近似综合解析法等。当然，新内容增多需要减少一些传统内容，如将只需要了解传动形式和特点的空间齿轮传动、间歇运动机构、其他常用机构、组合机构等内容简化，具体内容放在课堂上讲解或留给学生自学，书中仅作性能特点简介以节省篇幅。

3. 系统性与趣味性的关系

本书以设计为主线，各章既独立又联系，形成更严密的学术体系，但为了避免枯燥、增加趣味性以便引人入胜，本书采用案例式阐述方式，并在各章节开头和正文穿插工程或生活中的实际问题，在每章结尾增加与本章内容密切相关的人物或科学故事介绍，以增加学生的

兴趣。

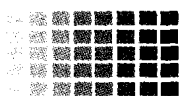
参加本书编写的有：大连理工大学机械工程学院王德伦、高媛、董惠敏、钱峰等。课题组 2009 级与 2010 级硕士研究生参加了部分绘图工作。全书由王德伦教授、高媛副教授担任主编并统稿。

本书是由编者领导的课题组编写的“机械创新设计系列”之一，该系列共有五本，包括学术版《机构运动微分几何学分析与综合》，企业应用版《机械创新设计方法及应用》，教学版《机械原理》、《机械设计》、《机械原理与机械设计实践》，是编者根据多年从事机械基础领域理论研究、解决企业机械设计制造中的大量实际问题以及开展教学研究和改革的成果总结。《机械原理》力图将有关机械运动方案创新设计、机构运动学、动力学分析与设计等研究成果引入教学，如能在机械原理教材理论联系实际，体现中国机械企业现状与时代需求，激发学生的学习热情和兴趣等方面发挥积极作用，那就是编者的心愿。

本书承清华大学申永胜教授、西南交通大学谢进教授精心审阅，并提出许多宝贵意见和建议，在此表示衷心感谢！

本书从策划到编写历时三年，经历两次讲义试点版本，由于采用新内容、新体系、新方式阐述，书中误漏欠妥在所难免，衷心希望广大同仁和读者批评指正。

编 者
于大连理工大学



目 录



前言

上篇 机械运动方案设计

第1章 机构及其应用	1	2.2.2 凸轮机构的类型及应用	25
1.1 机构的应用	2	2.3 齿轮机构与轮系	26
1.1.1 日常生活中的机构	2	2.3.1 齿轮机构的特点及其基本类型	26
1.1.2 工农业生产中的机构	2	2.3.2 轮系基本类型及其特点	27
1.2 机构的基本概念	2	2.4 间歇运动机构	31
1.2.1 构件	3	2.4.1 棘轮机构	31
1.2.2 运动副	3	2.4.2 槽轮机构	32
1.2.3 运动链	5	2.4.3 凸轮式间歇运动机构	32
1.2.4 机构	5	2.4.4 不完全齿轮机构	34
1.3 机构运动简图	6	2.5 挠性传动机构	34
1.3.1 机构运动简图的概念	6	2.5.1 带传动机构	34
1.3.2 机构运动简图的绘制方法	8	2.5.2 链传动机构	35
1.4 机构的自由度	9	2.5.3 绳索滑轮传动机构	36
1.4.1 平面机构自由度	9	2.6 摩擦传动机构	37
1.4.2 机构具有确定运动的条件	10	2.6.1 摩擦传动机构的组成及特点	37
1.4.3 平面机构自由度计算	10	2.6.2 摩擦传动机构的类型及应用	37
1.4.4 空间机构自由度简述	13	2.7 螺旋机构	38
习题	14	2.7.1 螺旋机构的组成及特点	38
知识拓展 世界机械发展史概要	16	2.7.2 螺旋机构的类型及应用	39
第2章 常见机构及其特点	18	2.8 广义机构	39
2.1 连杆机构	19	2.8.1 广义机构的工作原理	39
2.1.1 连杆机构的特点	19	2.8.2 广义机构的类型及应用	39
2.1.2 平面四杆机构的类型及应用	19	2.9 组合机构	40
2.1.3 平面多杆机构	20	习题	41
2.1.4 平面铰链四杆机构的工作特性	21	知识拓展 自行车的发展史	42
2.2 凸轮机构	24	第3章 机构组成原理与演变	43
2.2.1 凸轮机构的组成及特点	24	3.1 机构基本型式	44

3.1.1 平面机构基本型式	44	4.2.4 牛头刨床主运动链特定化	61
3.1.2 空间机构基本型式	44	4.2.5 牛头刨床主运动链具体化	64
3.2 机构的演化与变异	45	习题	66
3.2.1 机架变换	45	知识拓展 颜鸿森教授简介	67
3.2.2 机构尺度变化	47		
3.2.3 运动副演化	47	第5章 机械系统运动方案设计	68
3.2.4 构件结构变异	48	5.1 机械系统性能需求分析	69
3.3 机构的组成原理	49	5.1.1 运动性能需求	70
3.3.1 平面机构的基本杆组	49	5.1.2 动力性能需求	70
3.3.2 平面机构的组成原理	50	5.1.3 结构工艺性能需求	70
3.3.3 平面机构的高副低代	51	5.2 机械系统工艺动作运动分解	70
3.3.4 平面机构的结构分析	52	5.2.1 运动顺序分解	71
习题	53	5.2.2 运动性质分解	71
知识拓展 著名的七桥问题	55	5.2.3 运动约束分解	72
		5.2.4 运动冗余分解	72
第4章 机构再生运动链设计法	56	5.3 机械系统运动方案设计过程	73
4.1 机构再生运动链设计法简介	57	5.3.1 原动机的选择	73
4.1.1 原形机构	57	5.3.2 执行机构的确定	74
4.1.2 运动链一般化	58	5.3.3 执行系统协调设计	75
4.1.3 运动链数综合	58	5.3.4 传动系统形式的选择	77
4.1.4 运动链特定化	60	5.4 机械系统运动方案选型设计	77
4.1.5 运动链具体化	60	5.4.1 基本机构选型设计	77
4.2 牛头刨床主运动的机构再生运动链设计	60	5.4.2 机构组合选型设计	78
4.2.1 牛头刨床主运动的原形机构	60	5.4.3 机械系统运动方案设计实例	80
4.2.2 牛头刨床主运动链的一般化	61	习题	86
4.2.3 牛头刨床主运动链数综合	61	知识拓展 新型内燃机的开发	88
中篇 机构运动设计与分析			
第6章 平面连杆机构	91	6.3 平面连杆机构函数综合	100
6.1 平面连杆机构设计概述	92	6.3.1 平面机构精确函数综合	101
6.1.1 平面连杆机构设计基本问题	92	6.3.2 平面机构近似函数综合	103
6.1.2 刚体运动变换矩阵	92	6.4 平面连杆机构轨迹综合	104
6.2 平面连杆机构位置综合	94	6.5 连杆机构的特殊位置设计——折叠与伸缩机构	105
6.2.1 平面机构精确位置综合	94	6.6 平面连杆机构运动分析	109
6.2.2 平面机构近似位置综合	98		

6.6.1 平面四杆机构运动分析解 析法	109
6.6.2 平面四杆机构运动分析图解法—— 瞬心法	111
习题	115
知识拓展 从蜘蛛网到坐标系	116
第7章 凸轮机构	117
7.1 凸轮机构设计概述	118
7.1.1 凸轮机构设计的基本过程	118
7.1.2 凸轮机构坐标变换	119
7.2 从动件运动规律设计	120
7.2.1 从动件常见运动规律	121
7.2.2 组合运动规律	123
7.2.3 设计从动件运动规律的原则	125
7.3 凸轮轮廓曲线设计	129
7.3.1 凸轮轮廓曲线设计的基本 原理	129
7.3.2 解析法设计凸轮轮廓曲线	130
7.3.3 图解法设计凸轮轮廓曲线	136
7.4 凸轮机构基本尺寸设计	138
7.4.1 压力角及其许用值	138
7.4.2 滚子半径选择	139
7.4.3 基圆半径确定	140
习题	140
知识拓展 凸轮发展史简述	142
第8章 齿轮机构	143
8.1 齿轮齿廓共轭基本定律	144
8.1.1 齿轮共轭齿廓	144
8.1.2 齿轮传动坐标变换	144
8.1.3 包络法求共轭齿廓	146
8.2 渐开线齿廓及其性质	147
8.2.1 渐开线的形成及其性质	147
8.2.2 渐开线方程式	148
8.2.3 渐开线齿廓的啮合特性	148
8.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮	149
8.3.1 外齿轮	149
8.3.2 内齿轮	152
8.3.3 齿条	152
8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮啮合 传动	153
8.4.1 正确啮合条件	153
8.4.2 无齿侧间隙啮合条件	153
8.4.3 齿轮定传动比连续传动条件	155
8.5 渐开线齿廓的根切及其修正	156
8.5.1 渐开线齿轮的加工方法	156
8.5.2 用标准齿条型刀具加工齿轮	158
8.5.3 渐开线齿廓的根切现象及 避免根切的措施	158
8.6 渐开线变位齿轮	160
8.6.1 变位齿轮的概念	160
8.6.2 变位齿轮几何尺寸	161
8.6.3 变位齿轮传动	162
8.7 渐开线直齿圆柱齿轮传动设计	163
8.7.1 传动类型及其选择	163
8.7.2 齿轮传动的设计步骤	164
8.8 渐开线斜齿圆柱齿轮	166
8.8.1 斜齿圆柱齿轮齿面的形成	166
8.8.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数	167
8.8.3 斜齿圆柱齿轮传动	168
8.8.4 斜齿圆柱齿轮传动的特点	169
习题	169
知识拓展 齿轮发展史简述	171
第9章 轮系	172
9.1 定轴轮系传动比	173
9.2 周转轮系传动比	174
9.3 混合轮系及其传动比	177
9.4 轮系运动设计	179
9.4.1 定轴轮系设计	179
9.4.2 周转轮系设计	180

9.4.3 轮系设计实例	182
习题	184

知识拓展 光阴的故事——话说钟表	186
------------------------	-----

下篇 机械动力设计与分析

第10章 机构的惯性力平衡

10.1 惯性力的确定	188
10.1.1 构件的惯性力	188
10.1.2 构件质量代换	189
10.2 平面机构惯性力的完全平衡	190
10.2.1 附加平衡质量法	190
10.2.2 机构对称布置法	191
10.3 平面机构惯性力的部分平衡	192
10.3.1 附加平衡质量法	192
10.3.2 附加平衡机构法	194
10.3.3 近似对称布置法	195
10.4 刚性转子平衡	196
10.4.1 刚性转子平衡设计	196
10.4.2 转子平衡实验	198
10.4.3 转子现场平衡	200
10.4.4 转子平衡精度	201
习题	201
知识拓展 探讨现代汽车动力性与舒适性	203

第11章 机械系统的动力学

11.1 机械系统的运转	205
11.1.1 机械系统的运转过程	205
11.1.2 机械工作中的力	206
11.2 机械系统的等效动力学模型与运动方程	207
11.2.1 等效动力学模型	207

11.2.2 机械系统运动方程	209
-----------------------	-----

11.2.3 机械系统运动方程的求解	210
--------------------------	-----

11.3 机械系统动力学设计	212
----------------------	-----

11.3.1 数控机床伺服电动机选型设计	212
----------------------------	-----

11.3.2 风力发电机组的制动	214
------------------------	-----

11.3.3 机械速度波动的调节	216
------------------------	-----

习题	221
----------	-----

知识拓展 防抱死制动系统 (ABS)	223
--------------------------	-----

第12章 机械中的摩擦与自锁

12.1 机械效率与自锁	226
12.1.1 机械效率的表达方式	226
12.1.2 机械系统的效率	227
12.1.3 机械的自锁	228
12.2 机械中的摩擦	229
12.2.1 移动副的摩擦	230
12.2.2 螺旋副中的摩擦	232
12.2.3 转动副中的摩擦	234
12.3 机械中的摩擦与自锁设计	236
12.3.1 电动平移式板坯夹钳的摩擦与自锁设计	237
12.3.2 离合器与制动器	239
习题	241
知识拓展 离合器简介及其发展历程	243
参考文献	245

上篇

机械运动方案设计

第 1 章

机构及其应用

机构有悠久的历史，生活中随处可见，从图 1-1 中你能找出哪些机构？它们是如何工作的？你能列举出哪些生活中和工业生产中的机构？



图 1-1 生活中的机构

什么叫机构？机构是怎样进行工作的？如何对其进行描述？本章将对机构进行详细介绍。

1.1 机构的应用

只要留心观察,就会发现人类所制造的各种可以产生相对运动的工具都包含机构。无论是日常生活还是工业生产中,到处可以看到机构蕴藏在其中,如家具、门窗、钟表、汽车、飞机、海洋石油钻井平台、自动生产线等,不胜枚举。

1.1.1 日常生活中的机构

日常生活中的用品类型各异,形式多样,丰富多彩,含有机构的常见家庭用品有:雨伞、折叠床、折叠椅、门窗、修鞋机、机械锁、开关,还有钟表、计算机光驱、玩具等。如图1-2所示为生活中常见的水井抽水机构。

1.1.2 工农业生产中的机构

工农业生产以及航空航天中的各种设备,如汽车生产线、风力发电机组、石油机械、冶金机械、农业机械、印刷机械、包装机械等,都是由各种常用机构及其组合构成的。如图1-3所示的汽车发动机,是机构在工业中的典型应用之一。



图 1-2 水井抽水机构

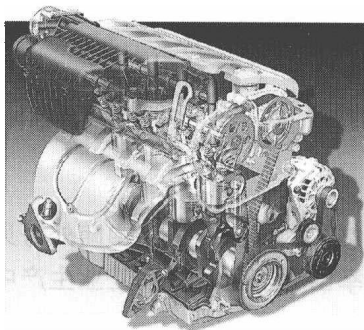


图 1-3 汽车发动机中的机构

1.2 机构的基本概念

机械原理是机器和机构理论的简称,是研究机器和机构共性理论与设计方法的学科,是一门技术基础课程。

机器具有以下三个共同特征:

- 1) 它们都是人为的实物组合体。
- 2) 各组成部分之间具有确定的相对运动。
- 3) 能够用来转换能量、完成有用功或信息变换与传递。

一般来说,具有前两个特征的称为机构,具有三个特征的称为机器;如果机器具有某些智能或可智能控制,能够用来代替人做体力与智力劳动,则称为机器人。因此,通常把机构与机器统称为机械。

1.2.1 构件

机器是由若干个单独加工制造的单元——零件组装而成,如图1-4所示,内燃机连杆由连杆体、连杆头、轴瓦、螺栓、螺母、垫圈、连杆衬套等零件装配而成的。但从运动功能而言,连杆上这些零件却刚性地连接在一起运动,形成一个运动单元。因此,称机器中的运动单元为构件。

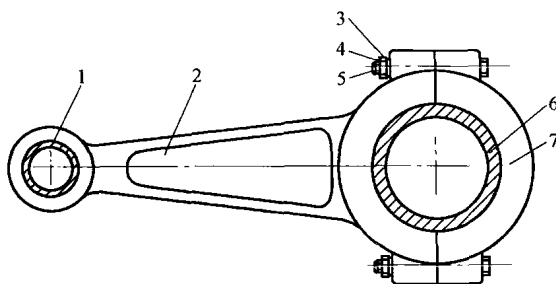


图1-4 连杆构件

1—连杆衬套 2—连杆体 3—垫圈 4—螺母 5—螺栓 6—轴瓦 7—连杆头

机器中的构件可以是一个独立运动的零件,也可以由若干个零件刚性连接而成。由此可见,构件是运动单元,而零件是制造单元。

1.2.2 运动副

每两个构件直接接触而又能产生一定形式的相对运动的连接,称为运动副。形成运动副的构件之间相接触的点、线、面称为运动副元素。

构件具有的独立运动数目称为构件的自由度。一个构件在未与其他构件组成运动副时,在空间具有6个独立运动,即具有6个自由度。如图1-5所示。

两个构件用运动副连接后,构件的某些独立运动受到限制,自由度随之减少,构件之间只能产生某些相对运动。运动副对构件的独立运动所产生的限制称为约束。两个构件形成运动副而引入约束的数量取决于运动副的类型。

运动副常根据其所引入约束的数目进行分类,把引入一个约束的运动副称为Ⅰ级副,引入两个约束的运动副称为Ⅱ级副,依此类推,还有Ⅲ级副、Ⅳ级副,Ⅴ级副。

按组成运动副的构件之间的相对运动形式进行分类,相对运动为平面运动的运动副称为平面运动副,相对运动为空间运动的运动副则称为空间运动副。两构件之间只作相对转动的运动副称为转动副或回转副。两构件之间只作相对移动的运动副,则称为移动副。

按照运动副元素间的接触形式,通常把运动副分为低副和高副。面接触的运动副称为低副,点接触或线接触的运动副称为高副。

平面运动副包括转动副、移动副及平面高副,如图1-6所示。

常用的空间运动副有圆柱副、螺旋副和球面副,如图1-7所示。球面副具有三个独立的

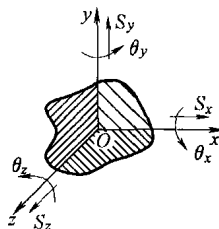


图1-5 构件作空间运动时的自由度

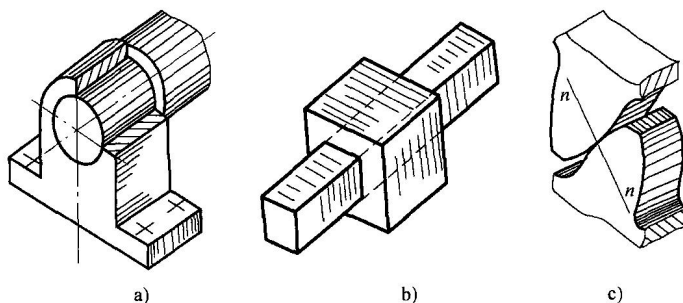


图 1-6 平面运动副

相对转动；圆柱副具有沿轴线移动和绕轴线转动两个独立的相对运动；螺旋副虽可绕轴线转动和沿轴线移动，但它的转角和升距之间存在确定的函数关系，独立运动只有一个。

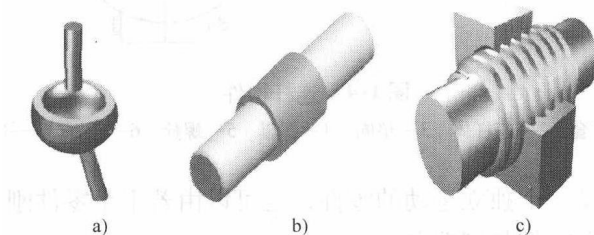


图 1-7 常用空间运动副

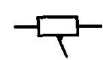
a) 球面副 b) 圆柱副 c) 螺旋副

为了表达方便，常用代号或简图来表示运动副。表 1-1 列出了各种运动副及其基本符号。

表 1-1 运动副及其基本符号 (摘自 GB 4460—1984)

名 称	图	基本符号	约 束 数	自 由 度 数	级 别
球面高副			1	5	I
柱面高副			2	4	II
球面低副			3	3	III
球销副			4	2	IV
圆柱副			4	2	IV

(续)

名 称	图	基本符号	约 束 数	自 由 度 数	级 别
螺旋副			5	1	V
转动副			5	1	V
移动副			5	1	V
平面高副			4	2	IV

1.2.3 运动链

两个以上的构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。运动链分为闭式运动链和开式运动链两种。闭式运动链是指组成运动链的每个构件至少包含两个运动副，组成一个首末封闭的系统，如图 1-8a、b 所示。闭式运动链广泛应用于各种机械，如手动抽水机、汽车发动机等。开式运动链是指运动链中有的构件只包含一个运动副元素，它们不能组成一个封闭的系统，如图 1-8c、d 所示。开式运动链广泛应用于加工中心、机械手等多自由度机械，如图 1-9 所示。

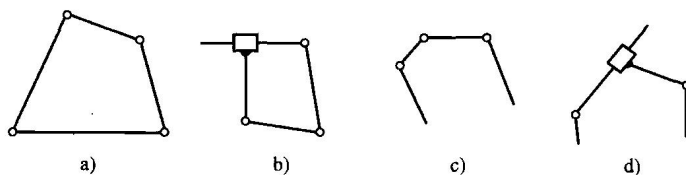


图 1-8 运动链

1.2.4 机构

在运动链中，将某一构件固定，当另一个或几个构件按给定的运动规律相对于固定构件运动时，若其余构件具有确定运动，则此运动链称为机构。机构中相对固定的构件称为机架，与机架构成运动副的构件称为连架杆，按给定运动规律运动的构件称为原动件（或称为主动件），其余的运动构件称为从动件。对于闭式运动链，不与机架构成运动副的构件通常称为连杆。

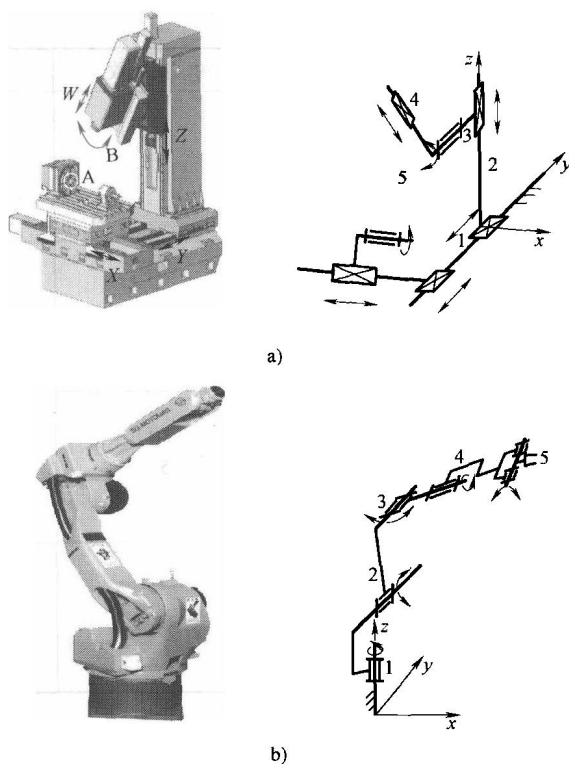


图 1-9 开式运动链机械

a) 加工中心 b) 搬运机械手

组成机构的各构件的相对运动均在同一平面内或在相互平行的平面内，则此机构称为平面机构；组成机构的各构件的相对运动不在同一平面或不在平行平面内，则此机构称为空间机构。平面机构相对简单且应用较为广泛。

1.3 机构运动简图

1.3.1 机构运动简图的概念

通过绘制实物图或结构图来分析或设计机构比较繁琐，常用机构运动简图表达机构运动特性。用国家标准规定的符号和线条代表运动副和构件，并按一定的比例尺表示机构的运动尺寸，绘制出表示机构运动的简明图形，称为机构运动简图。机构运动简图能完全表达机构具有的运动特性，与组成机构各构件的外形、截面尺寸、组成构件的零件数目及固定连接方式等无关。

若只为了表明机构的组成状况和结构特征，也可以不严格按比例来绘制简图，这种简图通常称为机构示意图。机构运动简图中构件、运动副表达符号及常见机构表达方法见表 1-2 ~ 表 1-4。

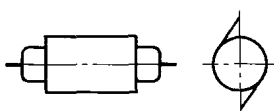
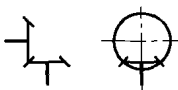
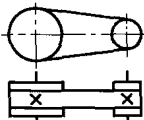
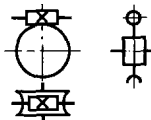
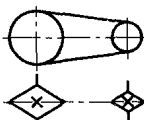
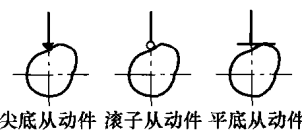
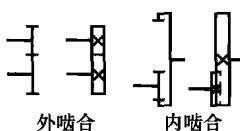
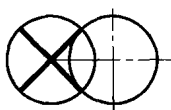
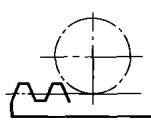
表 1-2 常用的构件表达符号

机架	
固连构件	
两副构件	
三副构件	

表 1-3 常用的平面运动副表达符号

转动副	两构件为活动构件	
	有一个构件固定	
移动副	两构件为活动构件	
	有一个构件固定	
平面高副	两构件为活动构件	
	有一个构件固定	

表 1-4 常用的机构表达方法

电动机		锥齿轮传动	
带传动		蜗杆传动	
链传动		凸轮机构	
圆柱 齿轮传动		槽轮机构	
齿轮 齿条传动		棘轮机构	

1.3.2 机构运动简图的绘制方法

机构运动简图绘制主要步骤如下：

1) 分析机构的动作原理、组成情况和运动情况，明确机构的组成构件，确定原动件、机架、执行部分和传动部分。

2) 沿着运动传递路线，逐一分析每两个构件间相对运动的性质，以确定运动副的类型和数目。

3) 恰当地选择运动简图的视图平面。通常应选择机构中多数构件的运动平面为视图平面。对于复杂机构也可选择两个或两个以上的视图平面，然后将其展开到同一图面上。

4) 选择适当的比例尺 μ_l ， $\mu_l = \text{实际尺寸 (m)} / \text{图示长度 (mm)}$ ，从原动件开始，按传动顺序确定各运动副的相对位置，并用国家标准规定的运动副符号和简单线条绘制机构运动简图。然后在原动件上标出箭头以表示其运动方向，并标出各构件的编号和运动副的代号。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 绘制图 1-10a 所示悬窗启闭机构运动简图。

解 悬窗机构是由窗体 1，摆杆 2，窗 3，连杆 4 和 6，滑块 5 组成的，用手动实现窗的启闭动作。窗本身既是原动件又是执行部分，窗体为机架，连杆和滑块为传动部分。

连接窗与窗体、窗与连杆、连杆与滑块的各有一个转动副，连接滑块与窗体的是一个移动副。选取合适的视图平面和比例尺，用规定的符号绘制的运动简图如图 1-10b 所示，在原

动件上标出箭头以表示其运动方向。

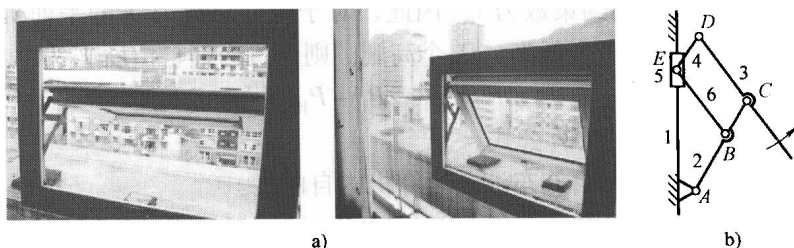


图 1-10 悬窗及机构运动简图

a) 实物图 b) 机构运动简图

例 1-2 绘制图 1-11 所示自卸车液动倾卸机构运动简图。

解 自卸车液动倾卸机构如图 1-11a 所示。该机构为六杆机构，由车厢 1，杆件 2、3，车架 4，液压缸组件活塞 5、液压缸 6 组成。车架 4 为机架，活塞 5 为原动件，车厢 1 与车架 4 构成转动副实现一定角度的摆动运动，为执行部分，其余为传动部分。绘制的机构运动简图如图 1-11b 所示，最后用箭头标出原动件的运动方向。

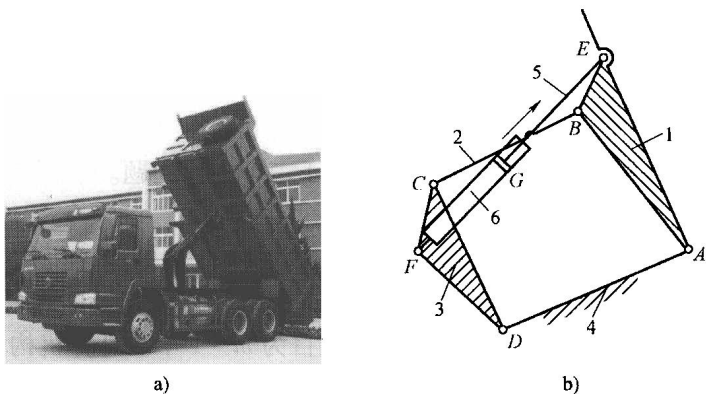


图 1-11 自卸车液动倾卸机构

a) 实物图 b) 机构简图

1—车厢 2、3—杆件 4—车架 5—液压缸组件活塞 6—液压缸

1.4 机构的自由度

1.4.1 平面机构自由度

确定机构各构件相对机架的位置所需的独立运动数目称为机构的自由度。对于平面机构，一个不受任何约束的构件在平面内运动具有 3 个自由度，具有 n 个活动构件的平面机构，在各活动构件完全不受约束时，所有构件相对于机架共有 $3n$ 个自由度。在构成机构时，每个构件与其他构件至少构成一个运动副，当两构件用运动副连接后，其相对运动就受到约束，自由度减少。自由度减少的数目，应等于运动副引入的约束数目。由于平面机构中的运