



成大先 主编

机械设计手册

HANDBOOK
MECHANICAL
DESIGN

第五版



机 构



化学工业出版社



机械设计手册

HANDBOOK
OF MECHANICAL
DESIGN

第五版

单行本

机 构

主编单位 中国有色工程设计研究总院

主 编 成大先

副 主 编 王德夫 姬奎生 韩学铨

姜 勇 李长顺 王雄耀

虞培清

TH122-62
C675-15.05



化学工业出版社

· 北 京 ·

《机械设计手册》第五版单行本共 16 分册，涵盖了机械常规设计的所有内容。各分册分别为：《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减（变）速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。

本书为《机构》。其中第 1 章为机构分析的常用方法，主要介绍机构的自由度分析，平面机构的运动分析、受力分析，单自由度的动力分析等；第 2 章为基本机构的设计，主要介绍平面连杆机构、瞬心线机构及互包络线机构、凸轮机构、分度凸轮机构、棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、针轮机构、斜面机构和螺旋机构、往复油（汽）缸机构等的性能及运动参数、设计计算、设计实例等；第 3 章为组合机构的分析与设计，主要介绍凸轮一连杆组合机构，齿轮一连杆组合机构，凸轮一齿轮组合机构，同步带一连杆组合机构，差动式带、链一连杆组合机构的分析、设计计算、应用等；第 4 章为机构参考图例，主要介绍各种常用机构的应用实例。

本书可作为机械设计人员和有关工程技术人员的工具书，也可供高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计手册 (第五版): 单行本. 机构/成大先主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 1
ISBN 978-7-122-07137-8

I. 机… II. 成… III. ①机械设计-技术手册②机构-技术手册 IV. ①TH122-62②TH112-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 213113 号

责任编辑: 周国庆 张兴辉 王 焯 贾 娜 文字编辑: 闫 敏 张燕文 项 激
责任校对: 顾淑云 周梦华 装帧设计: 尹琳琳

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm × 1092mm 1/16 印张 17½ 字数 608 千字 2010 年 1 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

《机械设计手册》(第五版)单行本

出版说明

国内第一部机械设计大型工具书——《机械设计手册》第一版于1969年由化学工业出版社正式出版,40年来,共修订了五版,累计销售量超过120万套,受到广大读者的欢迎和厚爱,也多次获得国家和省部级奖励。

《机械设计手册》自出版以来,收到读者数千封来信,赢得了广大机械设计工作者的好评。特别是手册推荐了许多实用的新技术、新产品、新材料和新工艺,扩大了相应产品的品种和规格范围,内容齐全,实用、可靠,成为设计工作者不可缺少的工具书。

广大读者在对《机械设计手册》给予充分肯定的同时,也指出了《机械设计手册》装帧太厚、太重,不便携带和翻阅,希望出版篇幅小些的单行本,建议将《机械设计手册》以篇为单位改编为单行本。

根据广大读者的反映和建议,化学工业出版社组织编辑出版人员深入设计科研院所、大中专院校、制造企业和有一定影响的新华书店进行调研,广泛征求和听取各方面的意见,在与主编单位协商一致的基础上,于2004年以《机械设计手册》第四版为基础,编辑出版了《机械设计手册》单行本,并在出版后很快得到了读者的认可。

而今,《机械设计手册》第五版(5卷本)已于去年修订完毕上市发行,第五版在提高产品开发、创新设计方面,在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面,在为新产品开发、老产品改造创新提供新型元器件和新材料方面,在贯彻推广标准化工作等方面,都较第四版有很大改进。为使更多的读者可按自己的需要,有针对性地选用《机械设计手册》第五版中的部分内容,并降低购书费用,化学工业出版社在汲取《机械设计手册》第四版单行本成功经验的基础上,隆重推出《机械设计手册》第五版单行本。

《机械设计手册》第五版单行本,保留了《机械设计手册》第五版(5卷本)的优势和特色,从设计工作的实际出发,结合机械设计专业具体情况,将原来的5卷23篇调整为16分册20篇,分别为:《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减(变)速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。这样,各分册篇幅适中,查阅和携带更加方便,有利于设计人员和读者根据自身需要灵活选购。

《机械设计手册》第五版单行本,是为了适应机械设计事业发展和广大读者的需要而编辑出版的,将与《机械设计手册》第五版(5卷本)一起,成为机械设计工作者、工程技术人员和广大读者的良师益友。

借《机械设计手册》第五版单行本出版之际，再次向热情支持和积极参加编写工作的单位和人员表示诚挚的敬意！向长期关心、支持《机械设计手册》的广大热心读者表示衷心感谢！

由于编辑出版单行本的工作量较大，时间较紧，难免存在疏漏和缺点，恳请广大读者给予指正。

化学工业出版社

2010年1月



第五版前言

《机械设计手册》自1969年第一版出版发行以来,已经修订至第五版,累计销售量超过120万套,成为新中国成立以来,在国内影响力最强、销售量最大的机械设计工具书。作为国家级的重点科技图书,《机械设计手册》多次获得国家和省部级奖励。其中,1978年获全国科学大会科技成果奖,1983年获化工部优秀科技图书奖,1995年获全国优秀科技图书二等奖,1999年获全国化工科技进步二等奖,2002年获石油和化学工业优秀科技图书一等奖,2003年获中国石油和化学工业科技进步二等奖。1986~2002年,连续被评为全国优秀畅销书。

与时俱进、开拓创新,实现实用性、可靠性和创新性的最佳结合,协助广大机械设计人员开发出更好更新的产品,适应市场和生产需要,提高市场竞争力和国际竞争力,这是《机械设计手册》一贯坚持、不懈努力的最高宗旨。

《机械设计手册》第四版出版发行至今已有6年多的时间,在这期间,我们进行了广泛的调查研究,多次邀请了机械方面的专家、学者座谈,倾听他们对第五版修订的建议,并深入设计院所、工厂和矿山的第一线,向广大设计工作者了解《手册》的应用情况和意见,及时发现、收集生产实践中出现的新经验和新问题,多方位、多渠道跟踪、收集国内外涌现出来的新技术、新产品,改进和丰富《手册》的内容,使《手册》更具鲜活力,以最大限度地快速提高广大机械设计人员自主创新的能力,适应建设创新型国家的需要。

《手册》第五版的具体修订情况如下。

一、在提高产品开发、创新设计方面

1. 开辟了“塑料制品与塑料注射成型模具设计”篇:介绍了塑料产品和模具设计的相关基础资料、注塑成型的常见缺陷和对策。

2. 机械传动部分:增加了点线啮合传动设计;增加了符合ISO国际最新标准的渐开线圆柱齿轮的设计;补充并完善了非零变位锥齿轮设计;对多点啮合柔性传动的柔性支撑做了重新分类;增加了塑料齿轮设计。

3. “气压传动”篇全面更新:强调更新、更全、更实用,尽可能把当今国际上已有的新技术、新产品反映出来。汇集的新技术、新产品有:用于抓取和卸放的模块化导向驱动器、气动肌肉、高速阀、阀岛、气动比例伺服阀、压电比例阀、气动软停止、气动的比例气爪、双倍行程无杆气缸、无接触真空吸盘、智能三联件等。第一次把气动驱动器分成两大类型,即普通类气缸和导向驱动装置。普通类气缸实质上是不带导向机构的传统气缸及新型开发的各种气缸,如低摩擦气缸、低速气缸、耐高温气缸、不含铜和四氟乙烯的气缸等。所谓导向驱动装置是让读者根据产品技术参数直接选用,不必再另行设计导轨系统。它将成为今后的发展趋势,强调模块化,即插即用。另外还增补了与气动应用密切相关的其他行业标准、技术的基础性介绍,如气动技术中静电的产生与防止、各国对净化车间压缩空气的分类等级标准;气动元件的防爆等级分类;食品行业对设备气动元件等的卫生要求;在电子行业不含铜和四氟乙烯产品等。

4. 收集了钢丝绳振动的分析资料。

二、在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面

1. 进一步扩充了表面技术,在介绍多种单一表面技术基础上又新增了复合表面技术的基本原理、适用场合、选用原则和应用实例等内容。

2. 推荐了快速原型制造技术。该技术解决了单件或小批量铸件的制造问题,大大缩短了产品的设计开发周期,可以预见,它必将受到普遍的重视,得到迅速的发展。

3. 节能的形变热处理。如铸造余热淬火,它是利用锻造的余热淬火,既节省了热处理的重新加热,而且得到了较好的力学性能的组合,使淬火钢的强度和冲击值同时提高。

三、为新产品开发、老产品改造创新,提供新型元器件和新材料方面

1. 左右螺纹防松螺栓:生产实践证明防松效果良好,而且结构简单,操作方便,是防松设计的一种新的、好的设计思路。

2. 集成式新型零部件:包括一些新型的联轴器、离合器、制动器、带减速器的电机等,这种集成式零部件增加了产品功能,减少了零件数,既节材又省工。

3. 节能产品:介绍了节能电机。

4. 新型材料:在零部件设计工艺性部分和材料篇分别阐述了“蠕墨铸铁”和“镁合金”的工艺特性和主要技术参数。“蠕墨铸铁”具有介于灰铸铁和球墨铸铁之间的良好性能。其抗拉强度、屈服强度高于高强度灰铸铁,而低于球墨铸铁,热传导性、耐热疲劳性、切削加工性和减振性又近似于一般灰铸铁;它的疲劳极限和冲击韧度虽不如球墨铸铁,但明显优于灰铸铁;它的铸造性能接近于灰铸铁,制造工艺简单,成品率高,因而具有广泛的条件,如:(1)由于强度高,对于断面的敏感性小,铸造性好,因而可用来制造复杂的大型零件;(2)由于具有较高的力学性能,并具有较好的导热性,因而常用来制造在热交换以及有较大温度梯度下工作的零件,如汽车制动盘、钢锭模等;(3)由于强度较高、致密性好,可用来代替孕育铸铁件,不仅节约了废钢,减轻了铸件重量(碳当量较高,强度却比灰铸铁高),而且成品率也大幅度提高,特别是铸件气密性增加,特别适用于液压件的生产等。“镁合金”的主要特点是密度低、比刚度和比强度高。铸造镁合金还有高的减振性,因此能承受较大的冲击振动载荷,而且在受冲击及摩擦时不会起火花。镁的体积热容比其他所有金属都低,因此,镁及其合金的另一个主要特性是加热升温与散热降温都比其他金属快;所有金属成形工艺一般都可以用于镁合金的成形加工,其中,压铸(高压铸造)工艺最为常用,镁压铸件精度高、组织细小、均匀、致密,具有良好的性能,因此,镁合金广泛应用于航天、航空、交通运输、计算机、通信器材和消费类电子产品、纺织和印刷等工业。镁合金由于它的优良的力学性能、物理性能等以及材料回收率高,符合环保要求,被称为21世纪最具开发应用前景的“绿色材料”。

四、在贯彻推广标准化工作方面

1. 所有产品、材料和工艺方面的标准均全部采用2006年和2007年公布的最新标准资料。

2. 在产品资料资料的编写方面,对许多生产厂家(如气动产品厂家)进行了标准化工作的调查研究,将标准化好的产品作为入选首要条件。应广大读者的要求,在介绍产品时,在备注中增加了产品生产厂名。由于市场经济的实际变化较快,读者必须结合当时的实际情况,进一步作深入调查,了解产品实际生产品种、规格及尺寸,以及产品质量和用户的实际反映,再作选择。

借《机械设计手册》第五版出版之际,再次向参加每版编写的单位和个人表示衷心的感谢!同时也感谢给我们提供大力支持和热忱帮助的单位 and 各界朋友们!特别感谢长沙有色冶金设计研究院的袁学敏、刘金庭、陈雨田,武汉钢铁设计研究总院的刘美珑、刘翔等同志给我们提供帮助!

由于水平有限,调研工作不够全面,修订中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者继续给予批评指正。

主 编

目 录

第 4 篇 机构

第 1 章 机构分析的常用方法 4-3

- 1 机构的自由度分析 4-3
 - 1.1 常用术语的概念 4-3
 - 1.2 机构的运动简图和机动画示意图 4-4
 - 1.3 机构的自由度分析 4-9
 - 1.3.1 平面机构自由度分析 4-9
 - 1.3.2 单封闭环空间机构自由度的计算 4-10
 - 1.3.3 多闭环空间机构及开环机构的自由度的计算 4-14
 - 1.3.4 空间机构自由度计算例题 4-14
 - 1.4 平面机构的结构分析 4-15
- 2 平面机构的运动分析 4-17
 - 2.1 机构的位置和构件上某点的轨迹分析 4-18
 - 2.2 机构的速度与加速度分析 4-18
 - 2.2.1 矢量图解法 4-18
 - 2.2.2 解析法 4-24
 - 2.2.3 瞬心法 4-24
 - 2.3 高副机构的运动分析 4-29
 - 2.3.1 用高副低代法求解 4-29
 - 2.3.2 用高副机构直接求解 4-30
- 3 平面机构的受力分析 4-32
 - 3.1 杆组静定条件和构件惯性力的计算 4-33
 - 3.2 运动副中摩擦力的计算 4-34
 - 3.3 机构的受力分析 4-35
 - 3.3.1 图解算法 4-35
 - 3.3.2 用速度杠杆法求平衡力 F_p 4-36

- 3.3.3 机构动态静力分析的解析法 4-36
- 3.4 惯性力的平衡 4-38
 - 3.4.1 具有不规则形状的旋转构件平衡重力的确定 4-39
 - 3.4.2 平面机构的平衡 4-39
- 4 单自由度机器的动力分析 4-43
 - 4.1 机器的运动过程和运动方程式 4-43
 - 4.2 机器运动方程的求解 4-43
 - 4.3 机器周期性速度波动的调节和飞轮设计 4-43
 - 4.3.1 机器主轴的平均角速度 ω_m 与速度不均匀系数 δ 4-48
 - 4.3.2 飞轮设计 4-48
 - 4.4 机械效率的计算 4-50

第 2 章 基本机构的设计 4-52

- 1 平面连杆机构 4-52
 - 1.1 四杆机构的结构型式 4-52
 - 1.2 按传动角设计四杆机构 4-52
 - 1.2.1 按最小传动角具有最大值的条件设计曲柄摇杆机构 4-53
 - 1.2.2 按最小传动角设计行程速比系数 $k=1$ ($\varphi_{12}=180^\circ$) 的曲柄摇杆机构 4-54
 - 1.2.3 按最小传动角具有最大值的条件设计偏置曲柄-滑块机构 4-55
 - 1.2.4 根据最小传动角设计双曲柄机构 4-55
 - 1.3 按照输入杆与输出杆位置关系设计

四杆机构	4-56	3.5 从动件运动规律及其方程式	4-93
1.3.1 几何法	4-56	3.5.1 从动件运动规律	4-93
1.3.2 分析法	4-60	3.5.2 基本运动规律的参数曲线	4-95
1.3.3 实验法	4-63	3.5.3 常用组合运动规律方程式 应用	4-97
1.4 按照连杆位置及连杆点位置综合 铰链四杆机构	4-63	3.6 滚子从动件凸轮工作轮廓的 设计	4-103
1.4.1 已知连杆三个位置综合铰链 四杆机构	4-63	3.6.1 作图法	4-103
1.4.2 已知连杆四个位置综合铰链 四杆机构	4-64	3.6.2 解析法	4-105
1.4.3 圆点曲线及圆心曲线	4-65	3.7 平底从动件盘形凸轮工作轮廓的 设计	4-111
1.4.4 已知连杆上点的位置综合铰链 四杆机构	4-65	3.8 圆弧凸轮工作轮廓的设计	4-114
1.4.5 轨迹综合	4-67	3.8.1 单圆弧凸轮(偏心轮)	4-114
1.4.6 相当机构及其应用	4-70	3.8.2 多圆弧凸轮	4-114
1.4.7 直线运动机构	4-70	3.9 凸轮及滚子结构、材料、强度、 精度、表面粗糙度及工作图	4-116
2 瞬心线机构及互包络线机构	4-71	3.9.1 凸轮及滚子结构	4-116
2.1 瞬心线机构的工作特点及设计计算 的一般原理	4-71	3.9.2 常用材料	4-119
2.2 非圆齿轮节线设计	4-73	3.9.3 强度校核及许用应力	4-119
2.2.1 再现一个给定自变量的函数的 非圆齿轮节线设计	4-73	3.9.4 凸轮精度及表面粗糙度	4-120
2.2.2 偏心圆齿轮与非圆齿轮 共轭	4-75	3.9.5 凸轮工作图	4-120
2.2.3 椭圆-卵形齿轮及卵形齿轮 传动	4-77	4 分度凸轮机构	4-122
2.3 互包络线机构的工作特点	4-79	4.1 分度凸轮机构的性能及其运动 参数	4-122
2.4 互包络线机构的设计	4-80	4.2 弧面(滚子齿式)分度凸轮 机构	4-122
3 凸轮机构	4-83	4.2.1 基本结构和工作原理	4-122
3.1 凸轮机构的术语及一般设计 步骤	4-83	4.2.2 弧面分度凸轮机构的主要运动 参数和几何尺寸	4-124
3.2 凸轮机构的基本型式及封闭 方式	4-85	4.2.3 弧面分度凸轮的工作曲面设计 及其实例计算	4-126
3.3 凸轮机构的压力角	4-88	4.2.4 弧面分度凸轮机构的动力学 计算	4-129
3.4 基圆半径 R_b 、圆柱凸轮最小半径 R_{min} 和滚子半径 R_r	4-89	4.2.5 弧面分度凸轮机构主要零件的 材料、热处理与技术要求	4-131
3.4.1 基圆半径 R_b 对凸轮机构的 影响	4-89	4.2.6 弧面分度凸轮机构的结构设计 要点	4-131
3.4.2 确定基圆半径 R_b 、 R_{min} 的 方法	4-89	4.2.7 弧面分度凸轮机构的主要零 部件图实例	4-131
3.4.3 滚子半径 R_r 的确定	4-92	4.2.8 弧面凸轮分度箱	4-133
		4.3 圆柱分度凸轮机构	4-135

4.3.1	工作原理和主要类型	4-135	公式	4-165
4.3.2	圆柱分度凸轮机构的主要运动 参数和几何尺寸	4-135	6.2 螺旋机构	4-167
4.3.3	圆柱分度凸轮的工作轮廓 设计	4-138	6.2.1 螺旋机构的特性指标	4-168
4.3.4	圆柱分度凸轮机构主要零件的 材料、技术要求及结构设计 要点	4-138	6.2.2 螺旋机构传动型式	4-168
4.3.5	圆柱分度凸轮轮廓曲面展开为 平面矩形时的设计计算	4-139	6.3 参数选择	4-169
4.4	共轭(平行)分度凸轮机构	4-140	7 往复油(汽)缸机构的运动设计	4-169
4.4.1	基本结构和工作原理	4-140	7.1 参数计算	4-169
4.4.2	共轭分度凸轮机构的主要运动 参数和几何尺寸	4-140	7.2 参数选择	4-170
4.4.3	用作图法绘制凸轮的理論廓线 和工作廓线	4-144	7.3 运动设计	4-171
4.4.4	共轭盘形分度凸轮机构凸轮 廓线的解析法计算	4-145	第3章 组合机构的分析与设计	4-173
4.4.5	共轭(平行)凸轮分度箱	4-147	1 基本机构的主要组合型式	4-173
5	棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构 和针轮机构	4-148	2 凸轮-连杆组合机构	4-174
5.1	棘轮机构	4-148	2.1 固定凸轮-连杆组合机构	4-174
5.1.1	常用型式	4-148	2.2 转动凸轮-连杆组合机构	4-176
5.1.2	设计要点	4-149	2.3 联动凸轮-连杆组合机构	4-179
5.2	槽轮机构	4-150	3 齿轮-连杆组合机构	4-179
5.2.1	工作原理及型式	4-150	3.1 行星轮系与Ⅱ级杆组的组合 机构	4-179
5.2.2	槽轮机构的几何尺寸和主要 运动参数的计算(均布径 向槽)	4-152	3.2 四杆机构与周转轮系的组合 机构	4-182
5.2.3	槽轮机构的动力性能	4-155	3.3 五杆机构与齿轮机构的组合 机构	4-187
5.3	不完全齿轮机构	4-156	4 凸轮-齿轮组合机构	4-190
5.3.1	基本型式与啮合特性	4-156	4.1 输出件实现周期性变速运动的 凸轮-齿轮组合机构	4-190
5.3.2	设计参数的计算	4-158	4.2 实现轨迹要求的凸轮-齿轮组合 机构	4-192
5.3.3	不完全齿轮机构的设计计算 公式及工作图	4-161	4.3 输出件实现周期性停歇的凸轮-齿 轮组合机构	4-193
5.4	针轮机构	4-163	5 具有挠性件的组合机构	4-194
5.4.1	针轮机构的主要类型和 特点	4-163	5.1 同步带-连杆组合机构	4-194
5.4.2	针轮机构的设计计算	4-164	5.2 差动式带、链-连杆组合机构	4-194
6	斜面机构与螺旋机构	4-165	第4章 机构参考图例	4-196
6.1	斜面机构的特性指标与计算 公式	4-165	1 匀速转动机构	4-196
			1.1 定传动比匀速转动机构	4-196
			1.2 有级变速机构	4-201
			1.3 无级变速机构	4-203
			2 非匀速转动机构	4-204
			3 往复运动机构	4-206

4 急回机构·····	4-214	12 增力及夹持机构·····	4-239
5 行程放大机构·····	4-216	13 实现预期轨迹的机构·····	4-244
6 可调行程机构·····	4-218	14 安全保险、制动装置·····	4-250
7 间歇运动机构·····	4-221	15 定位联锁机构·····	4-255
8 超越止动及单向机构·····	4-227	16 伸缩机构·····	4-257
9 换向机构·····	4-229	17 振动机构·····	4-260
10 差动补偿机构·····	4-232	参考文献 ·····	4-264
11 气、液驱动机构·····	4-235		





第 4 篇 机 构

主要撰稿 阮忠唐 雷淑存 田惠民 殷鸿樑 王德夫

审 稿 王德夫 成大先 王孝先

第1章 机构分析的常用方法^[1~9]

1 机构的自由度分析

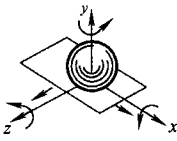

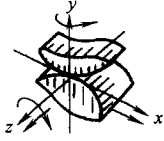
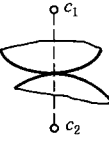
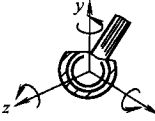
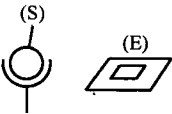
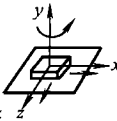
1.1 常用术语的概念

表 4-1-1

术 语	意 义	术 语	意 义
零件	机器中的制造单元,如螺钉、键、轴等	主动件	由外界给予的确定独立运动或力的构件。一般与机架相连,又称原动件、起始构件或输入构件
构件	组成机构的各相对运动的单元	从动件	机构中除机架和主动件以外的构件都叫从动件。其中直接输出运动或力的构件叫输出构件
运动副	两构件直接接触而又保持一定相对运动的连接。按所加的约束条件数的多少,可将运动副分为五级,见表 4-1-2	机架	机构中用以支持运动构件的构件,通常把它看成是相对静止的,用作研究运动的参考坐标
高副	点或线接触的运动副	运动链	若干个构件通过运动副连接成可动的构件系统
低副	面接触的运动副	闭环运动链	将构件以运动副相互连接而构成首尾封闭环路的可动构件系统,它可分为单环或多环闭链,闭链是组成一般机械的基础
闭式运动副	低副所连接的两构件上瞬时接触(重合)点的相对运动轨迹相同,其相对运动特性是可逆的;而高副所连接的两构件的相对运动特性是不可逆的	开环运动链	构件以运动副相互连接而不构成首尾封闭环路的可动构件系统,它是组成机械手或工业机器人的基础
开式运动副	用几何形状来保证接触的运动副	机构	两个以上的构件以机架为基础,由运动副以一定方式连接形成的具有确定相对运动的构件系统。其运动特性取决于构件间的相对尺寸、运动副的性质以及其相互配置方式
约束	依靠外力来保证接触的运动副	平面机构	各构件均在相互平行的平面内运动的机构
自由度	限制系统运动自由的条件	空间机构	各构件不在相互平行的平面内运动的机构
	描述或确定一个系统(构件也是一个简单系统)的运动(或状态,如位置)所必需的独立参变量(或坐标数)。例如一个不受任何约束的自由构件,在空间运动时,具有六个独立运动参数(自由度),即绕 x 、 y 、 z 轴的三个独立转动 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 和沿这三个轴的独立移动 S_x 、 S_y 、 S_z 。而在作平面运动时只具有三个独立运动参数,如 S_x 、 S_y 和 θ_z 。	机器	由一个或多个机构组成,用于执行机械运动,以变换和传递能量、物料或信息
		机械	一般为机器和机构的统称

表 4-1-2

运动副的分类

名 称	图 例	简图符号	副级	代号	约束条件	自由度
开式空间运动副	球面高副 		I	P_1 (S_h)	S_y	5
	柱面高副 		II	P_2 (C_h)	S_y, θ_z	4
闭式空间运动副	球面低副 		III	P_3 (S) (E)	S_x, S_y, S_z	3
	平面低副 				S_y, θ_x, θ_z	

续表

名称	图例	简图符号	副级	代号	约束条件	自由度
闭式空间运动副	球销副		IV	P_4 (S')	S_x, S_z, S_y, θ_y	2
	圆柱套筒副		IV	P_4 (C)	$S_x, \theta_x, S_y, \theta_y$	2
	螺旋副		V	P_5 (H)	$S_x, S_z, \theta_x, S_y, \theta_y$	1
闭式平面运动副	回转副		V	P_5 (R)	$S_x, \theta_x, S_z, S_y, \theta_y$	1
	移动副		V	P_5 (P)	$S_x, \theta_x, \theta_z, S_y, \theta_y$	1

注：1. 对柱面高副再增加 S_z, θ_y 的约束条件则变成二自由度的开式平面滚滑高副；若再增加约束条件 S_x ，则其变成一个自由度的开式平面纯滚动高副。

2. 表中带括号的代号是机构学中常用的代号。

1.2 机构的运动简图和机动示意图

表 4-1-3

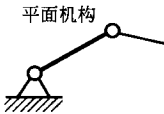
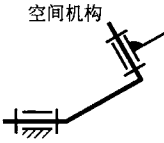
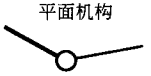





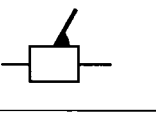
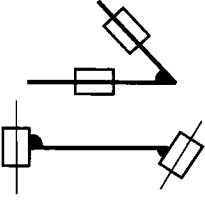
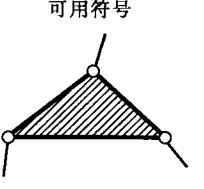


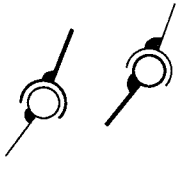
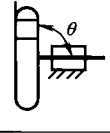
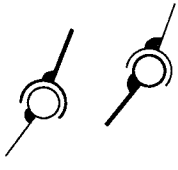
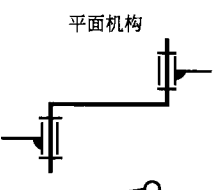
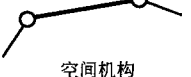
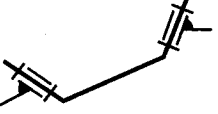
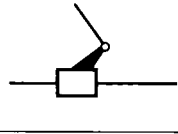
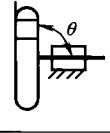
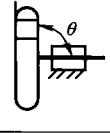
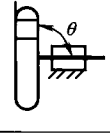
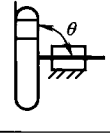
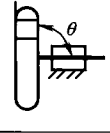
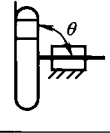
机构运动简图的画法

定义	画法	图例
<p>机构运动简图是把组成机构的构件和运动副，用表 4-1-2、表 4-1-4 的符号按尺寸比例画出的图形。它与原机构有完全相当的运动；可用来表达机构的组成和传动情况，便于进行机构的运动和受力分析。不按尺寸比例绘制的机构运动简图称为机动示意图</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确定机架及活动构件数，标上编号；如图 a 中有主动件 1（包括 $1_a, 1_b, 1_c$ 等组成）、连杆 2、滑块 3 共三个活动构件及机架 4 2. 由相邻两构件间的相对运动性质，定出运动副要素：转动副中心位置、移动副导路的方位和高副廓线的形状等，如图 a 中构件 4 与 $1_a, 1$ 与 $2, 2$ 与 3 分别绕 A、B、C 相对转动（B 为圆盘 1_c 的圆心），是三个五级回转副，3 和 4 可沿 AC 方位相对移动，是一个五级移动副。构件上转动副中心的连线即代表该构件的长度 3. 选择恰当的视图（图 a 选择垂直 1_a 的平面为主视图），以主动件的某一位置为作图位置（以主动件 1 与水平线呈某角度），用表 4-1-4 符号，根据构件尺寸按比例画出机构运动简图 b 4. 必要时应标出主动件的运动方向和参数，如转速、功率或转矩，以及齿轮的齿数、模数等，如图 c 	<p>(a) 冲床的曲柄滑块机构</p> <p>(b) 曲柄滑块机构简图</p> <p>(c) 运锭车翻斗机构简图</p> <p>1—电机；2—传动轴；3—减速器；4—蜗杆；5—连杆；6—翻斗</p> <p>作图比例尺：$\mu(m/mm) = \frac{\text{构件的实际长度}(m)}{\text{简图上代表构件的线段长度}(mm)}$</p> <p>即图上每 1mm 长度代表构件的实际长度 μm</p>

表 4-1-4

机动运动简图符号 (摘自 GB/T 4460—1984)

名称	基本符号	名称	基本符号	名称	基本符号	
机构构件的运动		运动副		五的自由度副	球与平面副	
单向运动	直线运动 回转运动 回转运动 可用符号					
具有瞬时停顿的单向运动	直线运动 回转运动	单自由度的运动副	棱柱副 (移动副)	可用符号	构件及其组成部分的连接	
具有停留的单向运动	直线运动 回转运动				机架	
具有局部反向的单向运动	直线运动 回转运动					
往复运动	直线运动 回转运动					
在一个极限位置停留的往复运动	直线运动 回转运动	螺旋副	可用符号	可用符号	轴、杆	
在两个极限位置停留的往复运动	直线运动 回转运动					
在中间位置停留的往复运动	直线运动 回转运动	圆柱副	可用符号	可用符号	构件组成部分的永久连接	
具有局部反向及停留的单向运动	直线运动 回转运动					
运动终止	直线运动 回转运动	球销副			组成部分与轴(杆)的固定连接	
运动副		球面副	可用符号	可用符号		
单自由度的运动副	平面机构				平面副	可用符号
	空间机构					
	回转副	可用符号	球与圆柱副			构件组成部分的可调连接

名称		基本符号		名称	基本符号	名称	基本符号
多杆构件及其组成部分							
低副机构	附注	细实线所画为相邻构件		连接两个回转副的构件	平面机构  空间机构 	连接回转副与棱柱副的构件	可用符号
构件是回转副的一部分	平面机构	 空间机构 					导杆
单副元素构件	机架是回转副的一部分	平面机构	 空间机构 		偏心轮	三副元素构件	
		可用符号					
	构件是棱柱副的一部分			通用情况		可用符号	
		可用符号					
构件是圆柱副的一部分			通用情况	可用符号			
构件是球面副的一部分							通用情况
连接两个回转副的构件	连杆	平面机构	  空间机构 		连接回转副与棱柱副的构件	导杆	
		通用情况					
双副元素构件			通用情况				
双副元素构件							通用情况