

机械设计手册

单行本

成大先 主编 ●

机 构



化学工业出版社

机械设计手册

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

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计手册. 单行本. 机构/成大先主编. —北京:
化学工业出版社, 2004.1
ISBN 7-5025-4961-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 104926 号

机械设计手册

单行本

机 构

成大先 主编

责任编辑: 周国庆 张红兵

任文斗 张兴辉

责任校对: 顾淑云

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张 18 字数 603 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4961-7/TH·168

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

撰 稿 人 员

成大先	中国有色工程设计研究总院	邹舜卿	中国有色工程设计研究总院
王德夫	中国有色工程设计研究总院	邓述慈	西安理工大学
姬奎生	中国有色工程设计研究总院	秦 毅	中国有色工程设计研究总院
韩学铨	北京石油化工工程公司	周凤香	中国有色工程设计研究总院
余梦生	北京科技大学	朴树寰	中国有色工程设计研究总院
高淑之	北京化工大学	杜子英	中国有色工程设计研究总院
柯蕊珍	中国有色工程设计研究总院	汪德涛	广州机床研究所
陶兆荣	中国有色工程设计研究总院	王鸿翔	中国有色工程设计研究总院
孙东辉	中国有色工程设计研究总院	段慧文	中国有色工程设计研究总院
李福君	中国有色工程设计研究总院	姜 勇	中国有色工程设计研究总院
阮忠唐	西安理工大学	徐永年	郑州机械研究所
熊绮华	西安理工大学	梁桂明	洛阳工学院
雷淑存	西安理工大学	张光辉	重庆大学
田惠民	西安理工大学	罗文军	重庆大学
殷鸿樑	上海工业大学	沙树明	中国有色工程设计研究总院
齐维浩	西安理工大学	谢佩娟	太原理工大学
曹惟庆	西安理工大学	余 铭	无锡市万向轴厂
关天池	中国有色工程设计研究总院	陈祖元	广东工业大学
房庆久	中国有色工程设计研究总院	陈仕贤	北京航空航天大学
李安民	机械科学研究院	王春和	北方工业大学
李维荣	机械科学研究院	周朗晴	中国有色工程设计研究总院
丁宝平	机械科学研究院	孙夏明	北方工业大学
梁全贵	中国有色工程设计研究总院	季泉生	济南钢铁集团
王淑兰	中国有色工程设计研究总院	马敬勋	济南钢铁集团
林基明	中国有色工程设计研究总院	蔡学熙	连云港化工矿山设计研究院
童祖楹	上海交通大学	姚光义	连云港化工矿山设计研究院
刘清廉	中国有色工程设计研究总院	沈益新	连云港化工矿山设计研究院
许文元	天津工程机械研究所	钱亦清	连云港化工矿山设计研究院
孔庆堂	北京新兴超越离合器有限公司	于 琴	连云港化工矿山设计研究院
孔 炜	北京新兴超越离合器有限公司	蔡学坚	邢台地区经济委员会
朱春梅	北京机械工业学院	虞培清	浙江长城减速机有限公司
丘大谋	西安交通大学	项建忠	浙江通力减速机有限公司
诸文俊	西安交通大学	阮劲松	宝鸡市广环机床责任有限公司
徐 华	西安交通大学	纪盛青	东北大学
陈立群	西北轻工业学院	黄效国	北京科技大学
肖治彭	中国有色工程设计研究总院	陈新华	北京科技大学

MA685/05

李长顺 中国有色工程设计研究总院
 崔桂芝 北方工业大学
 张若青 北方工业大学
 王 侃 北方工业大学
 张常年 北方工业大学
 朱宏军 北方工业大学
 佟 新 中国有色工程设计研究总院
 褊有雄 天津大学
 林少芬 集美大学
 卢长耿 集美大学
 吴根茂 浙江大学

钟荣龙 厦门海特液压机械工程有限公司
 黄 奋 北京科技大学
 彭光正 北京理工大学
 张百海 北京理工大学
 王 涛 北京理工大学
 陈金兵 北京理工大学
 包 钢 哈尔滨工业大学
 王雄耀 费斯托 (FESTO) (中国) 有限公司
 蒋友谅 北京理工大学
 刘福祐 中国有色工程设计研究总院
 史习先 中国有色工程设计研究总院

审 稿 人 员

余梦生	成大先	王德夫	强 毅	房庆久	李福君
钟云杰	郭可谦	姬奎生	王春九	韩学铨	段慧文
邹舜卿	汪德涛	陈应斗	刘清廉	李继和	徐 智
郭长生	吴宗泽	李长顺	陈湛闻	饶振纲	季泉生
林 鹤	黄靖远	武其俭	洪允楣	蔡学熙	张红兵
朱天仕	唐铁城	卢长耿	宋京其	黄效国	吴 筠
徐文灿	史习先				

编 辑 人 员

周国庆	张红兵	任文斗	张兴辉	刘 哲	武志怡
段志兵	辛 田				

《机械设计手册》单行本

出版说明

在我国机械设计界享有盛名的《机械设计手册》，自1969年第一版出版发行以来，已经修订了四版，累计销售量超过113万套，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年至2002年，连续被评为全国优秀畅销书。

《机械设计手册》第四版（5卷本），以其技术性和实用性强、标准和数据可靠、思路和方法可行、使用和核查方便等特点，受到广大机械设计工作者和工程技术人员的首肯和厚爱。自2002年初出版发行以来，已累计销售24000多套，收到读者来信数千封。山西省太原重型机器厂设计院的一位工程技术人员在来信中说，“《机械设计手册》（第四版）赢得了我们机械设计者的好评。特别是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，是我们设计工作者不可缺少的好助手。”江苏省南通市的一位退休工程师说，“我从事机械设计工作40余年，最初用的是1969年的《机械设计手册》第一版，后来陆续使用第二版、第三版，现在已经退休。近来逛书店，突然发现《机械设计手册》新出的第四版，爱不释手，自己买了一套收藏，它是我一生事业中最亲密、最忠诚的伴侣。”湖南省湘潭市江麓机械集团有限公司、辽宁省鞍山焦化耐火材料设计总院的读者认为，“《机械设计手册》第四版资料全面、新颖、准确、可靠，突出了实用性，从机械人员的角度出发，反映先进性，设计方法、公式选择、参数选用都采用最新标准，实用便查。”广大读者在对《机械设计手册》第四版的内容给予充分肯定的同时，也指出了《机械设计手册》第四版（5卷本）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。其中武汉钢铁设计研究总院、重庆钢铁设计研究总院、内蒙古包头钢铁设计研究院、哈尔滨重型机器厂研究所、沈阳铁路分局沈东机械总厂、兰州铁道学院、天津工程机械研究院等众多单位的读者都纷纷来函、来电，建议将《机械设计手册》第四版以篇为单位改编为多卷本。

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、机械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，决定编辑出版《机械设计手册》单行本。

《机械设计手册》单行本，保留了《机械设计手册》第四版（5卷本）的优势和特色，从设计工作的实际出发，结合机械设计专业的具体情况，将原来的5卷23篇调整为15分册22篇，分别为：《常用设计资料》、《机械制图·极限与配合》、《常用工程材料》、《联接与紧固》、《轴及其联接》、《轴承》、《弹簧·起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《机械传动》、《减（变）速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《机构》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。原第5卷第23篇中“中外金属材料、滚动轴承、液压介质等牌号对照”内容，分别编入《常用工程材料》、《轴承》、《润滑与密封》、《液压传动》、《气压传动》等单行本中。这样，全套书查阅和携带更加方便，各分册篇幅适中，利于设计人员和读者根据各自需要灵活选购。

《机械设计手册》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》第四版（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》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

2004年1月

第四版前言

《机械设计手册》第一版于1969年问世,30多年来,共修订了三版,发行110余万套,受到了广大读者的欢迎和厚爱。

《机械设计手册》第三版于1994年出版发行,至今已有8年的时间。在这期间,我国的改革开放取得了举世瞩目的成就,以信息技术为代表的高新技术产业迅猛发展,经济建设日新月异。作为世界贸易组织的新成员,我国在进一步加强对外开放,顺应经济全球化潮流,主动参与国际竞争与合作的同时,也必将面对更为激烈的竞争和更加严峻的挑战。作为机械设计工作者,要参与激烈的竞争,迎接严峻的挑战,就必须积极快速地开发具有国际先进水平、形成自身特色的高质量的新产品。

《机械设计手册》第四版修订就是以满足新产品开发设计的需要为宗旨而进行的。因此,本版除了继续发扬前三版“实用可靠、内容齐全、简明便查”的特点外,首先着重推荐了许多实用的新技术、新产品、新材料和新工艺,并扩大了相应产品的品种和规格范围,同时全面采用了最新标准。调整了部分篇章,修改删节了不足和错误之处。全书仍分五卷出版,修订情况如下。

1. 采用新技术方面:

(1) 为便于设计人员充分利用通用的、先进的数字仿真软件,快速地进行液压伺服系统的数字仿真与动态分析,专门撰写了MATLAB仿真软件及其在液压控制系统仿真中的应用。气压传动进行了全面更新,包括了现代气压传动最新技术的各主要方面,推荐了阀岛技术、导杆气缸、仿生气动肌腱(一种能卷折起来的便于携带的新型气动驱动器)和模块化气动机械手等。

(2) 传动方面增加了“新型非零变位锥齿轮及双曲齿轮技术”和活齿传动。新型非零变位锥齿轮及双曲齿轮技术突破了零传动设计的制约,创立了非零传动设计。用此设计制造出的齿轮,在轴交角保持不变的条件下,具有高强度、长寿命、低噪声、小体积、大速比、少齿数等优点。该技术具有国际先进或领先水平,适用于高强度正传动设计,小体积小型设计,低噪声负传动设计等,并便于引进产品国产化,新产品开发创优和老产品改进,已在国内许多产品上推广使用。

(3) 介绍了金属-橡胶复合弹簧的设计计算。

(4) 介绍了几种新型热处理和新型表面处理工艺。

2. 采用新材料、新产品方面:

(1) 材料全面采用最新国家标准、行业标准,并推荐了许多新型材料品种,扩大了相应的规格范围。

(2) 联接与紧固、传动零部件、滚动轴承以及大部分或全部液压、气压传动和控制零部件都采用了最新标准及新产品,同时新增加了空气轴承、电磁轴承、膜片联轴器、膜片弹簧、盘形制动器、惯性制动器、电液推杆等,大大丰富了机械零部件的品种和规格范围。

(3) 在同类手册中首次编入了锚固联接一章,锚固联接技术有利于改善和加快设备的安装。

3. 补充了多点柔性传动的动力计算,从而完善了多点柔性传动的设计内容。

4. 为引起读者在新产品开发设计中重视产品的造型设计,特别在第1篇中增加了结构设计应与造型设计相结合的内容。

5. 扩大了几种常用设计资料的中外对照范围,更加便于今后的中外交流和产品开发中的国内外产品选择和配套。

6. 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。

7. 目前国家各级标准修订工作正处在向国际标准接轨时期, 加之组织机构的调整, 使各类标准工作未能同步进行, 因此, 手册中的一些名词、术语以及单位等, 未能完全统一。同时, 手册在引用各种标准时, 也都是根据设计需要进行摘编的, 请读者在使用中注意。

8. 对篇章结构作了部分调整。将第1篇原第12章通用技术条件及说明, 分散到该篇相关工艺性及结构要素各章, 更便于查阅, 原第11章变为第12章, 并增加了结构设计应与造型设计相结合的内容(第11章)。第5篇联接与紧固增加了锚固联接一章。考虑机电一体化产品发展很快, 原第22篇内容已无法满足产品开发设计的需要, 若继续更新扩大, 则手册篇幅过大, 使用不便, 故第四版未再将此内容编入手册, 而是单独组织编写了《光机电一体化产品设计手册》一书。

为了满足新产品开发设计的需要, 我们还陆续组织编写了《机械设计图册》(已出版)、《光机电一体化产品设计使用手册》(已出版)、《现代设计方法实用手册》、《新产品开发设计指南》、《技术创新专利申请策划基础》等新书目。这几套书既各自独立, 又有内在联系, 但其共同点都是有助于新产品的开发, 强调实用性、启发性、开拓性和先进性相结合, 构成一套比较系统的、风格独特的机械新产品开发设计系列工具书。

《机械设计手册》第四版是在前几版基础上重新编写而成的。借《机械设计手册》第四版出版之际, 再次向参加每版编写的单位和个人表示衷心地感谢! 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!

由于水平有限, 调查研究工作不够全面, 《机械设计手册》第四版中难免存在疏漏和缺点, 恳请广大读者继续给予指正。

主 编
2001 年 11 月

内 容 提 要

《机械设计手册》单行本共 15 分册 22 篇,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、极限与配合》、《常用工程材料》、《联接与紧固》、《轴及其联接》、《轴承》、《弹簧·起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《机械传动》、《减(变)速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《机构》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。

本书为《机构》,共 4 章。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-连杆组合机构,齿轮-连杆组合机构,凸轮-齿轮组合机构,同步带-连杆组合机构,差动式带、链-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作书,也可供大专院校有关专业师生参考。

目 录

第 19 篇 机 构

第 1 章 机构分析的常用方法	19-3	1 平面连杆机构	19-55
1 机构的自由度分析	19-3	1.1 四杆机构的结构形式	19-55
1.1 常用术语的概念	19-3	1.2 按传动角设计四杆机构	19-55
1.2 机构的运动简图和机动示意图	19-4	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	19-56
1.3 机构的自由度分析	19-11	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	19-58
1.3.1 平面机构自由度分析	19-11	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	19-58
1.3.2 单封闭环空间机构自由度的计算	19-11	1.2.4 根据最小传动角设计双曲柄机构	19-60
1.3.3 多闭环空间机构自由度的计算	19-16	1.3 按照输入杆与输出杆位置关系设计四 杆机构	19-60
1.3.4 空间机构自由度计算例题	19-16	1.3.1 几何法	19-60
2 平面机构的运动分析	19-18	1.3.2 分析法	19-64
2.1 机构的位置和构件上某点的轨迹分析	19-18	1.3.3 实验法	19-67
2.2 机构的速度与加速度分析	19-18	1.4 按照连杆位置及连杆点位置综合铰链 四杆机构	19-68
2.2.1 矢量图解法	19-18	1.4.1 已知连杆三个位置综合铰链四杆 机构	19-68
2.2.2 解析法	19-23	1.4.2 已知连杆四个位置综合铰链四杆 机构	19-69
2.2.3 瞬心法	19-23	1.4.3 圆点曲线及圆心曲线	19-69
2.3 高副机构的运动分析	19-27	1.4.4 已知连杆上点的位置综合铰链四 杆机构	19-70
2.3.1 用高副低代法求解	19-27	1.4.5 轨迹综合	19-71
2.3.2 用高副机构直接求解	19-27	1.4.6 相当机构及其应用	19-74
3 平面机构的受力分析	19-30	1.4.7 直线运动机构	19-75
3.1 构件惯性力的计算	19-31	2 瞬心线机构及互包络线机构	19-75
3.2 运动副中摩擦力的计算	19-32	2.1 瞬心线机构的工作特点及设计计算的 一般原理	19-75
3.3 机构的受力分析	19-34	2.2 非圆齿轮节线设计	19-78
3.3.1 图解算法	19-34	2.2.1 再现一个给定自变量的函数的非 圆齿轮节线设计	19-78
3.3.2 用速度杠杆法求平衡力 F_p	19-36	2.2.2 偏心圆齿轮与非圆齿轮共轭	19-81
3.3.3 机构动态静力分析的解析法	19-36	2.2.3 椭圆-卵形齿轮及卵形齿轮传动	19-82
3.4 惯性力的平衡	19-38	2.3 互包络线机构的工作特点	19-84
3.4.1 具有不规则形状的旋转构件平衡 重力的确定	19-39	2.4 互包络线机构的设计	19-85
3.4.2 平面机构的平衡	19-40		
4 单自由度机器的动力分析	19-43		
4.1 机器的运动过程和运动方程式	19-43		
4.2 机器运动方程的求解	19-43		
4.3 机器周期性速度波动的调节和飞轮 设计	19-43		
4.3.1 机器主轴的平均角速度 ω_m 与速度 不均匀系数 δ	19-49		
4.3.2 飞轮设计	19-49		
4.4 机械效率的计算	19-53		
第 2 章 基本机构的设计	19-55		

3 凸轮机构	19-89	4.2.8 弧面凸轮分度箱	19-139
3.1 凸轮机构的术语及一般设计步骤	19-89	4.3 圆柱分度凸轮机构	19-141
3.2 凸轮机构的基本型式及封闭方式	19-91	4.3.1 工作原理和主要类型	19-141
3.3 凸轮机构的压力角	19-94	4.3.2 圆柱分度凸轮机构的主要运动参 数和几何尺寸	19-141
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	19-95	4.3.3 圆柱分度凸轮的工作轮廓设计	19-144
3.4.1 基圆半径 R_b 对凸轮机构的影响	19-95	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	19-144
3.4.2 确定基圆半径 R_b 、 $R_{\min}$ 的方法	19-95	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	19-145
3.4.3 滚子半径 R_r 的确定	19-98	4.4 共轭（平行）分度凸轮机构	19-146
3.5 从动件运动规律及其方程式	19-99	4.4.1 基本结构和工作原理	19-146
3.5.1 从动件运动规律	19-99	4.4.2 共轭分度凸轮机构的主要运动参 数和几何尺寸	19-146
3.5.2 基本运动规律的参数曲线	19-101	4.4.3 用作图法绘制凸轮的理论廓线和 工作廓线	19-150
3.5.3 常用组合运动规律方程式应用	19-103	4.4.4 共轭盘形分度凸轮机构凸轮廓线 的解析法计算	19-151
3.6 滚子从动件凸轮工作轮廓的设计	19-109	4.4.5 共轭（平行）凸轮分度箱	19-154
3.6.1 作图法	19-109	5 棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构和 针轮机构	19-155
3.6.2 解析法	19-111	5.1 棘轮机构	19-155
3.7 平底从动件盘形凸轮工作轮廓的设计	19-116	5.1.1 常用型式	19-155
3.8 圆弧凸轮工作轮廓的设计	19-120	5.1.2 设计要点	19-156
3.8.1 单圆弧凸轮（偏心轮）	19-120	5.2 槽轮机构	19-157
3.8.2 多圆弧凸轮	19-120	5.2.1 工作原理及型式	19-157
3.9 凸轮及滚子结构、材料、强度、精度、 表面粗糙度及工作图	19-122	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）	19-159
3.9.1 凸轮及滚子结构	19-122	5.2.3 槽轮机构的动力性能	19-162
3.9.2 常用材料	19-125	5.3 不完全齿轮机构	19-163
3.9.3 强度校核及许用应力	19-125	5.3.1 基本型式与啮合特性	19-163
3.9.4 凸轮精度及表面粗糙度	19-126	5.3.2 设计参数的计算	19-165
3.9.5 凸轮工作图	19-126	5.3.3 不完全齿轮机构的设计计算公式 及工作图	19-168
4 分度凸轮机构	19-128	5.4 针轮机构	19-172
4.1 分度凸轮机构的性能及其运动参数	19-128	5.4.1 针轮机构的主要类型和特点	19-172
4.2 弧面（滚子齿式）分度凸轮机构	19-128	5.4.2 针轮机构的设计计算	19-172
4.2.1 基本结构和工作原理	19-128	6 斜面机构与螺旋机构	19-174
4.2.2 弧面分度凸轮机构的主要运动参 数和几何尺寸	19-130	6.1 斜面机构的特性指标与计算公式	19-174
4.2.3 弧面分度凸轮的工作曲面设计及 其实例计算	19-132	6.2 螺旋机构	19-176
4.2.4 弧面分度凸轮机构的动力学计算	19-135	6.2.1 螺旋机构的特性指标	19-176
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	19-137	6.2.2 螺旋机构传动型式	19-177
4.2.6 弧面分度凸轮机构的结构设计 要点	19-137	6.3 参数选择	19-178
4.2.7 弧面分度凸轮机构的主要零部件 图实例	19-137	7 往复油（汽）缸机构的运动设计	19-178

7.1 参数计算	19-178
7.2 参数选择	19-179
7.3 运动设计	19-180
第3章 组合机构的分析与设计	19-182
1 基本机构的主要组合型式	19-182
2 凸轮-连杆组合机构	19-183
2.1 固定凸轮-连杆组合机构	19-183
2.2 转动凸轮-连杆组合机构	19-185
2.3 联动凸轮-连杆组合机构	19-187
3 齿轮-连杆组合机构	19-188
3.1 行星轮系与Ⅱ级杆组的组合机构	19-188
3.2 四杆机构与周转轮系的组合机构	19-192
3.3 五杆机构与齿轮机构的组合机构	19-198
4 凸轮-齿轮组合机构	19-201
4.1 输出件实现周期性变速运动的凸轮- 齿轮组合机构	19-201
4.2 实现轨迹要求的凸轮-齿轮组合机构	19-202
4.3 输出件实现周期性停歇的凸轮-齿轮 组合机构	19-203
5 具有挠性件的组合机构	19-204
5.1 同步带-连杆组合机构	19-204
5.2 差动式带、链-连杆组合机构	19-205

第4章 机构参考图例	19-206
1 匀速转动机构	19-206
1.1 定传动比匀速转动机构	19-206
1.2 有级变速机构	19-210
1.3 无级变速机构	19-212
2 非匀速转动机构	19-214
3 往复运动机构	19-216
4 急回机构	19-223
5 行程放大机构	19-225
6 可调行程机构	19-228
7 间歇运动机构	19-231
8 超越止动及单向机构	19-237
9 换向机构	19-239
10 差动补偿机构	19-241
11 气、液驱动机构	19-245
12 增力及夹持机构	19-248
13 实现预期轨迹的机构	19-253
14 安全保险、制动装置	19-260
15 定位联锁机构	19-264
16 伸缩机构	19-267
17 振动机构	19-270
参考文献	19-272

第 19 篇 机 构

主要撰稿 阮忠唐 熊绮华 雷淑存 田惠民
殷鸿樑 王德夫
审 稿 王德夫 成大先

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 19-1-1

术 语	意 义	术 语	意 义
构件	组成机构的各相对运动的单元	主动件	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 。
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 19-1-2	从动件	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
高副	点或线接触的运动副	机架	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
低副	面接触的运动副	机构	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
闭式运动副	低副所联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；而高副所联接的两构件的相对运动特性是不可逆的	机构	两个以上的构件以机架为基础，由运动副以一定方式联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
开式运动副	用几何形状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
约束	依靠外力来保证接触的运动副	空间机构	各构件不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		
	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		

表 19-1-2

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_y	5
	柱面高副 ^①		II	P_2	S_y 、 θ_x	4
闭式空间运动副	球面低副		III	P_3	S_x 、 S_z 、 S_y	3
	球销副		IV	P_4	S_x 、 S_z 、 S_y 、 θ_y	2

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	圆柱套简副		IV	P_4	$S_x, \theta_x, S_y, \theta_y$	2
	螺旋副		V	P_5	$S_x, S_z, \theta_x, S_y, \theta_y$	1
闭式平面运动副	回转副		V	P_5	$S_x, \theta_x, S_z, S_y, \theta_y$	1
	移动副		V	P_5	$S_x, \theta_x, \theta_z, S_y, \theta_y$	1

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_z , 则其变成一个自由度的开式平面纯滚动高副。

1.2 机构的运动简图和机动示意图

表 19-1-3 机构运动简图的画法

定 义	画 法	图 例
机构运动简图是把组成机构的构件和运动副, 用表 19-1-2、表 19-1-4 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	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, 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 19-1-4 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	(a) 冲床的曲柄滑块机构 (b) 曲柄滑块机构简图 (c) 运锭车翻斗机构简图 ZZ52 $N=35\text{kW}$ $n=650\text{r/min}$ $z_1=34, z_2=104$ $m_n=5, \beta=9^\circ 42'$ $z_3=2, z_4=59$ 钢锭 滚道 1—电机; 2—传动轴; 3—减速器; 4—蜗杆; 5—连杆; 6—翻斗 作图比例尺: $\mu(\text{m/mm}) = \frac{\text{构件的实际长度 (m)}}{\text{简图上代表构件的线段长度 (mm)}}$ 即图上每 mm 长度代表构件的实际长度 μm