

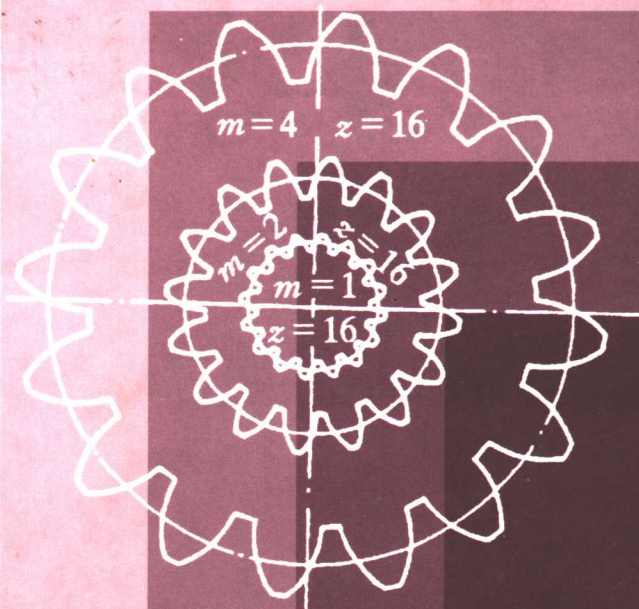
全国高等职业技术师范院校教材



机械设计基础

主编 崔正昀
副主编 王健民 张范群 张永安

J1 X1E



SHE J1

天津大学出版社

机械设计基础

主 编 崔正昀
副主编 王健民
张范群
张永安

天津大学出版社

内容简介

本书是根据原国家教委1994年12月审定的《机械制造工艺教育专业本科教学方案》和原国家教委指导下的职业高师工科教材编审委员会审定的《机械设计基础》课程基本要求编写的。

全书涵盖了机械原理和机械设计两部分,共21章。内容包括绪论,平面机构的结构分析,平面机构的运动分析,运动副的摩擦和机构效率,机械动力学基础,凸轮机构,平面连杆机构,齿轮机构,轮系,其他常用机构,机构的选型及组合,机械零件设计概论,联接,带传动与链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器、离合器和制动器,弹簧,机械零件计算机辅助设计等。

本书根据职业高师的教学要求及教学经验,对传统内容进行了精简,突出应用性,有些内容作了较大调整和更新,加强了解析法和计算机辅助设计。

本书已由全国职业高师工科教材编审委员会推荐为职业高师机械系的专业教材,也可作为电视大学、职业技术学院等的教材,又可供从事机械制造专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/崔正昀主编. —天津:天津大学出版社,
2000.8

ISBN 7-5618-1347-3

I. 机... II. 崔... III. 机械设计 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第69127号

出 版 天津大学出版社

出版人 杨风和

地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

印 刷 天津市宝坻县第二印刷厂

发 行 新华书店天津发行所

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 34

字 数 850千

版 次 2000年8月第1版

印 次 2000年8月第1次

印 数 1-5 000

定 价 42.00元



本书是根据原国家教委 1994 年 12 月审定的《机械制造工艺教育专业本科教学方案》和原国家教委指导下的职业高师工科教材编审委员会审定的《机械设计基础》课程的基本要求编写的。

编写本书时,在以下几方面做了一定的努力:

①适应职业高师机械制造工艺教育专业的培养目标的要求,突出职业性、技术性和应用性;

②根据教学方案总体优化的原则,本课程安排 130 学时(含实验),对普通院校同类课程的内容进行了取舍和调整,对与其他课程重复的内容,进行了删减;

③重点阐述基本原理和基本方法及其应用,加强了解析法及计算机辅助设计的内容;

④尽量做到主次分明,例如,机械原理部分包括机构学和机械动力学两大部分,以机构学为主,带传动和链传动,以带传动为主等;

⑤各类机构和传动,理论推导从简,突出应用,设计方法简明实用。

本书由天津职业技术师范学院崔正昀担任主编,由天津职业技术师范学院王健民、河北师范大学职业技术师范学院张永安、湖南师范大学职业技术师范学院张范群任副主编。

参加本书编写工作的有:天津职业技术师范学院崔正昀(第六、七章),王健民(第十四、十七、二十一章),侯杰茹(第二、七章);河北师范大学职业技术师范学院张永安(第五、十三、十九章),谭朝阳(第九章);湖南师范大学职业技术师范学院张范群(绪论及第一、三、八、十五章),黄劲枝(第十六章);河南职业技术师范学院安国会(第十二章),丛晓霞(第四、十章);合肥联合大学杨久志(第十一、十八章);安徽农业技术师范学院周如太(第二十章)。

本书在出版过程中,天津职业技术师范学院教材科胡振武同志做了大量工作,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中如有错漏和不妥,望读者不吝赐教。

编 者

1999 年 8 月

目 录

前言

绪论	(1)
0.1 机械设计基础的研究对象	(1)
0.2 机械设计基础的研究内容及在教学中的地位与作用	(2)
0.3 机械设计的基本要求和一般程序	(2)
0.4 机械设计的新发展	(4)
第1章 平面机构的结构分析	(6)
1.1 机构的组成	(6)
1.2 平面机构运动简图	(9)
1.3 平面机构的自由度	(12)
1.4 平面机构中的高副低代	(16)
1.5 平面机构的结构分析	(18)
习题	(22)
第2章 平面机构的运动分析	(25)
2.1 机构运动分析的目的和方法	(25)
2.2 运动分析的速度瞬心法	(25)
2.3 运动分析的相对运动图解法	(29)
2.4 运动分析的解析法	(40)
附录 运动分析的通用计算机程序	(54)
习题	(60)
第3章 运动副的摩擦和机械效率	(65)
3.1 移动副的摩擦	(65)
3.2 螺旋副的摩擦	(67)
3.3 转动副的摩擦	(68)
3.4 考虑摩擦时机构的静力分析	(72)
3.5 机械效率和自锁	(74)
习题	(78)
第4章 机械动力学基础	(81)
4.1 刚性回转件的平衡	(81)
4.2 周期性速度波动的调节	(85)
习题	(90)
第5章 凸轮机构	(92)
5.1 凸轮机构的应用和分类	(92)
5.2 从动件常用的运动规律	(94)

5.3	凸轮机构的压力角	(105)
5.4	盘形凸轮基本参数的确定	(108)
5.5	用图解法设计平面凸轮的廓线	(111)
5.6	用解析法设计平面 盘形凸轮的廓线	(114)
	习题	(124)
第 6 章	平面连杆机构及其运动设计	(126)
6.1	概述	(126)
6.2	铰链四杆机构的类型及判据	(126)
6.3	含有移动副的四杆机构	(129)
6.4	平面四杆机构的设计原理	(131)
6.5	实现给定运动规律的平面四杆机构运动设计的图解法	(135)
6.6	实现给定运动规律的平面四杆机构运动设计的解析法	(138)
6.7	实现已知轨迹的平面四杆机构设计	(144)
附录	梯度法解非线性方程组	(145)
	习题	(148)
第 7 章	齿轮机构	(152)
7.1	齿轮机构的分类和应用	(152)
7.2	齿轮的齿廓曲线	(154)
7.3	渐开线齿廓及其啮合传动特点	(156)
7.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	(158)
7.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(161)
7.6	渐开线齿轮的切削加工	(165)
7.7	变位齿轮机构	(168)
7.8	斜齿圆柱齿轮机构	(174)
7.9	蜗杆蜗轮机构	(179)
7.10	圆锥齿轮机构	(182)
	习题	(186)
附表	渐开线函数表	(189)
第 8 章	轮系	(195)
8.1	轮系及其分类	(195)
8.2	定轴轮系传动比的计算	(196)
8.3	周转轮系传动比的计算	(198)
8.4	复合轮系传动比的计算	(201)
8.5	轮系的功用	(205)
*8.6	其他行星轮系简介	(209)
	习题	(213)
第 9 章	其他传动机构	(217)
9.1	不完全齿轮机构	(217)
9.2	棘轮机构	(218)

9.3 槽轮机构	(221)
9.4 凸轮间歇传动机构	(225)
9.5 螺旋机构	(227)
9.6 非圆齿轮机构	(228)
习题	(232)
第 10 章 机构的选型及组合	(233)
10.1 基本机构的类型及选择	(233)
10.2 机构的组合	(234)
10.3 传动系统设计	(240)
习题	(245)
第 11 章 机械零件设计概论	(246)
11.1 机械零件设计概述	(246)
11.2 机械零件的强度	(248)
11.3 机械零件常用材料及其选择	(252)
11.4 公差配合及表面粗糙度的选择	(254)
11.5 机械零件制造工艺性及标准化	(255)
习题	(261)
第 12 章 联接	(262)
12.1 键、花键和销联接	(262)
12.2 螺纹联接	(268)
12.3 螺旋传动	(291)
习题	(296)
第 13 章 带传动与链传动	(298)
13.1 带传动的类型和应用	(298)
13.2 带传动的基本理论	(301)
13.3 V 带传动的设计计算	(307)
13.4 V 带带轮的结构	(317)
13.5 带传动的张紧装置	(320)
13.6 同步齿形带传动简介	(322)
13.7 链传动的特点和应用	(323)
13.8 链条和链轮	(326)
13.9 链传动的运动分析和受力分析	(334)
13.10 滚子链传动的计算	(338)
13.11 链传动的主要参数及其选择	(341)
13.12 链传动的润滑、布置和张紧	(344)
习题	(348)
第 14 章 齿轮传动	(349)
14.1 轮齿的失效形式	(349)
14.2 齿轮材料及其热处理	(351)

14.3	齿轮传动的精度等级	(354)
14.4	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(355)
14.5	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(376)
14.6	直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(384)
14.7	齿轮结构	(390)
14.8	齿轮传动的效率及润滑	(393)
	习题	(395)
第 15 章	蜗杆传动	(397)
15.1	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(397)
15.2	蜗杆传动的受力分析	(399)
15.3	圆柱蜗杆传动的强度计算	(401)
15.4	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(404)
	习题	(411)
第 16 章	轴	(412)
16.1	轴的功用和类型	(412)
16.2	轴的材料	(413)
16.3	轴的结构设计	(414)
16.4	轴的强度和刚度计算	(418)
16.5	轴的临界转速的概念	(424)
	习题	(425)
第 17 章	滑动轴承	(427)
17.1	润滑摩擦状态	(427)
17.2	滑动轴承的结构形式	(429)
17.3	轴瓦及轴承衬的材料	(432)
17.4	润滑剂及润滑装置	(435)
17.5	非液体润滑摩擦滑动轴承的计算	(441)
17.6	动压润滑原理	(443)
17.7	液体动压单油楔向心轴承的设计计算	(446)
17.8	其他轴承简介	(453)
	习题	(455)
第 18 章	滚动轴承	(457)
18.1	滚动轴承的结构、基本类型和特点	(457)
18.2	滚动轴承的代号及类型的选择	(460)
18.3	滚动轴承的载荷分析、失效形式及计算准则	(463)
18.4	滚动轴承的寿命计算	(465)
18.5	滚动轴承的静强度计算和极限转速计算	(473)
18.6	滚动轴承的组合设计	(475)
	习题	(484)
第 19 章	联轴器、离合器和制动器	(485)

19.1 概述.....	(485)
19.2 联轴器.....	(485)
19.3 离合器.....	(491)
19.4 制动器.....	(495)
习题.....	(498)
第 20 章 弹簧	(500)
20.1 弹簧的功用和类型.....	(500)
20.2 圆柱螺旋弹簧的材料和制造.....	(501)
20.3 弹簧的工作原理.....	(504)
20.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计.....	(505)
20.5 其他弹簧简介.....	(512)
习题.....	(515)
第 21 章 机械零件计算机辅助设计	(516)
21.1 概述.....	(516)
21.2 图表的计算机化处理.....	(519)
21.3 计算机辅助设计应用程序举例.....	(528)
习题.....	(533)
参考文献.....	(534)

绪 论

0.1 机械设计基础的研究对象

在现代工农业生产和日常生活中广泛使用着各式各样的机器。机器种类繁多,用途、原理、构造和性能各异,如各种汽车、各种金属加工机床、轻纺食品机械、农业机械等。要想了解和掌握各种机器,应从认识各种机器的共性入手,在掌握机器的共同原理之后,再以此为基础进一步了解和掌握某种专业机械设备。机械设计基础研究的正是各种机器的共性。

各种机器都有以下三个共同特征。

①都是由各种材料制成的零件(制造单元)经装配而成的组合体。

②各相对运动单元体之间具有确定的相对运动。一个相对运动单元体,称为一个构件。即当一个或一个以上构件的运动一定时,该组合体能够实现预期的运动规律,完成规定的动作。

③在工作时能转换能量,或完成有益的机械功。

图 0-1 所示的牛头刨床是由床身(机架)1、传动齿轮 2 和 3(包括曲柄 3')、导杆 4、滑块 5、连杆 6 和刨头 7 等构件以及其他辅助部分(图中未画出)所组成。当电动机经过带传动驱动齿轮 2,带动大齿轮 3 使曲柄 3' 回转时,滑块 5 推动导杆 4 左右摆动,再经过连杆 6 带动刨头 7 作往复直线运动而实现刨削加工。刨削加工就是牛头刨床完成的有益机械功。可见,牛头刨床同时具有上述三个特征,故能称其为机器。

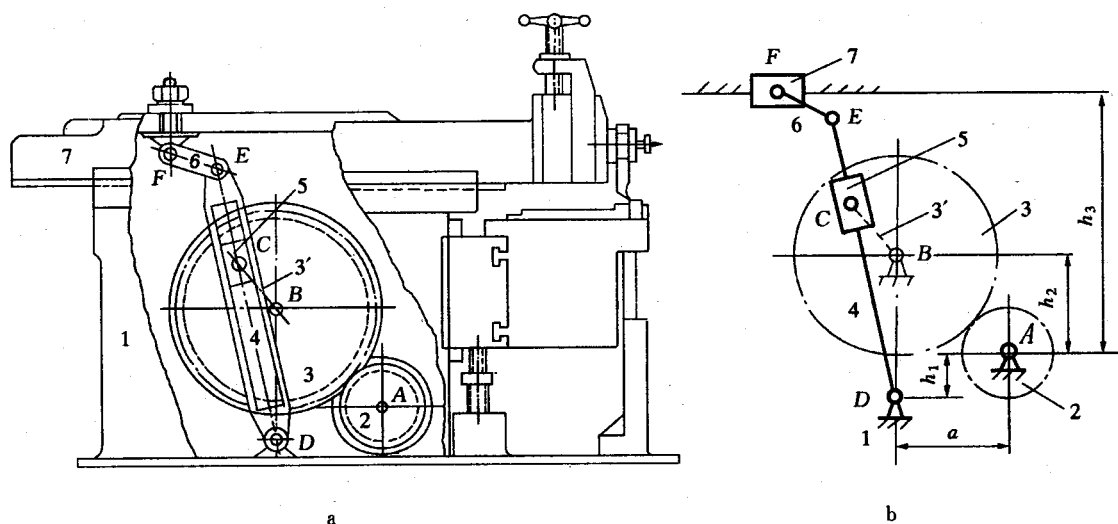


图 0-1

如果一个组合体只具有机器的前两个特征,就不能称为机器,而专称为“机构”。如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。机构的主要职能是变换运动。图 0-1 中齿轮 2、3 和机架 1 组成一个齿轮机构,将回转运动由 A 轴传给 B 轴,同时改变转速大小和回转方向。由曲柄、导杆、滑块、连杆、刨头和机架组成的连杆机构,则将曲柄的等速回转运动转变为刨头的往复直线运动。

如上所述,从结构和运动的观点来看机器由机构组成,机构由构件组成。机器与机构之间并无区别,故通常将它们统称为机械。机器与机构的全部区别仅在于是否完成有益的机械功或进行能量转换。

从制造的观点分析机器,我们也可以说,机器由机械零件组成。零件是机械制造的基本单元,是组成机器的基本要素。

机器中普遍使用的机构称为常用机构,常用机构又有刚性和挠性之分。如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等属刚性机构,而带传动机构、链传动机构等属挠性机构。

机器中普遍使用的零件称为通用零件,如齿轮、轴、螺钉、弹簧等;只有在特定类型的机器中才用到的零件称为专用零件,如洗衣机中的波轮、纺织机中的织梭和纺锭等。有的通用件,如滚动轴承,由多个零件组成,但其整体作为基本件生产和使用,称为通用部件。

机械设计基础研究机器的共性,其研究对象是常用机构、通用零部件及由它们组成传动系统的分析和设计的基本方法。

0.2 机械设计基础的研究内容及在教学中的地位与作用

机械设计基础是机械类专业的一门主要技术基础课程。

本课程研究的内容包括各类常用机构和通用零部件的工作原理、结构特点、参数标准、设计规范、基本设计理论和设计方法(或选用方法),以及机械摩擦、机械效率、速度调节、回转件平衡、机构组成原理等与机械设计有关的基本知识、基本理论。对常用机构,主要研究其运动问题。对通用零部件,则主要研究其工作能力问题。

通过本课程的学习,学生应该达到的基本要求是:

①掌握机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析和设计基本机构的能力,并对机械运动方案的确定有所了解;

②掌握通用机械零部件的工作原理、特点、维护和设计计算的基本知识,并初步具有设计机械传动装置和简单机械的能力;

③具有运用标准、规范、手册、图册等有关资料的能力。

本课程是一门设计性质的课程,既需要综合运用许多先修课程(画法几何与机械制图、金工工艺学、理论力学、材料力学、机械工程材料、互换性与技术测量、算法语言等)的知识,又为后续专业课程的学习打好基础。因此,它在教学计划中起着承上启下的作用。

同时,本课程又是一门实践性比较强的课程,不仅涉及的知识面广,而且偏重于应用。因此,学习时应重视理论联系实际,重视基本技能的训练,注意学习、掌握分析问题和解决问题的方法,力求运用本课程所学知识解决具体的机构和机械及其零部件的设计问题。

0.3 机械设计的基本要求和一般程序

0.3.1 设计机器应满足的基本要求

首先要满足对机器提出的功能要求,就是要保证机器能按规定的运动速度,完成规定的动作,有效地执行预期的全部职能。其次,要求机器能在预定的工作期限内,安全可靠地工作,操

作轻便省力,维修保养方便,效率高。同时,尽量实现产品的标准化、系列化、通用化,以尽可能地降低能源、材料、劳动力的消耗,降低成本,降低管理和维护费用。再者,要求避免环境污染、人身伤害,机器外观造型协调、美观,色彩和产品功能相适应等。

在满足上述共同的基本要求的前提下,对不同用途的机器还可能有一些特殊要求。如机床要求能较长期地保持精度;食品、纺织机器不得污染产品等。

0.3.2 机械设计的一般程序

0.3.2.1 制定设计任务书

新的机械产品的设计任务通常是根椐生产或生活的需要提出的。提出任务后,设计人员应对类似机械产品的性能及有关技术情报和专利,用户意见和要求,国内外的生产、使用情况,市场需求情况等作充分的调查研究和分析。在此基础上,确定设计任务书,并经过专家评审。设计任务书应明确规定机械产品的名称(或代号)、功用、主要性能指标、基本使用要求、生产批量、预计成本以及完成设计任务的预计期限等。

0.3.2.2 方案设计

方案设计包括机械产品的整体方案、传动系统方案和工作机构选择等。它是下一步技术设计的基础,是整个机械设计中至关重要的一步。方案设计的优劣将在很大程度上决定着整个设计的成败。所以在进行方案设计时,应充分发挥创造性,尽可能多地提出几个切实可行的方案,反复分析比较,必要时甚至可以通过试验分析,最后从中选定最佳方案。据此,确定技术设计的原理和机械系统的运动简图。

0.3.2.3 技术设计

技术设计是把设计方案变成技术文件的过程。技术设计包括运动学设计、动力学设计、结构设计和主要零部件的工作能力(强度、刚度、寿命等)设计。这一阶段要完成总装配图、部件装配图、零件工作图及编写设计计算说明书等技术文件。

0.3.2.4 样机试制、试验

按技术设计所提供的图纸等技术文件进行样机试制,对试制提供的样机进行试验。这是验证设计是否合理以及为技术经济评价和进一步修改设计提供依据的阶段。样机试制、试验中发现的不合理之处,应及时加以修改,以使设计更趋完善。

0.3.2.5 技术经济评价

技术上需对设计是否达到设计要求的各项技术指标,是否安全可靠,操纵、维护是否方便等作出评价;经济上则需进行成本预测、利润预测等,以评定设计的经济价值。

0.3.2.6 提供全套技术文件

经评价确认设计的技术价值和经济价值均优时,即可向承制部门提供包括完整的设计图样(总装配图、部件装配图及除标准件以外的全部零件工作图)、设计计算说明书、使用说明书、样机试验(性能试验、生产试验)报告、技术经济评价报告及有关工艺文件等在内的全套技术文

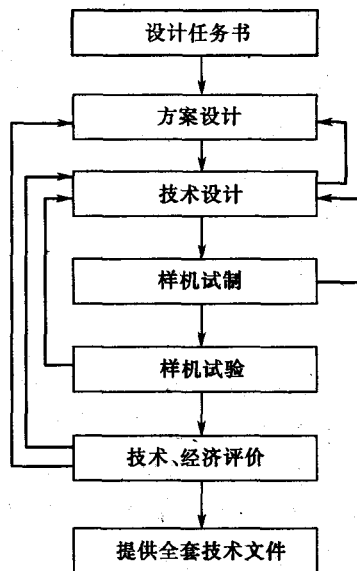


图 0-2

件。也可将全套技术文件提交业务主管部门,请求组织专家进行样机鉴定。

必须指出的是,以上设计过程的各个阶段并不是截然分开的,而常常是相互配合、交叉进行的。设计工作也常需多次反复(如图 0-2 中的返回箭头所示),才能设计出性能好、质量高、成本低、竞争能力强、受用户欢迎的好产品。

0.4 机械设计的新发展

近二三十年来,机械设计学科发生了相当大的变化。设计方法更为科学、完善,计算精度更高,计算速度更快。主要体现在以下几方面。

①基础理论的研究进一步深化和扩展。例如:机构学基本理论近年来扩展至多自由度系统;强度设计理论方面,重点研究随机疲劳和非线性累积损伤理论;疲劳断裂从无限寿命设计发展到有限寿命设计;从常规疲劳强度设计发展到用循环弹塑性解的局部应力应变法估算裂纹形成寿命;引入疲劳分析计算裂纹扩展速率,使含缺陷结构的剩余寿命计算和安全评定规范不断完善;摩擦学的研究由静态特性研究转为动态过程研究,由定性分析转为建立定量计算关系,由宏观现象分析深入到微观机理研究,由单一学科的分散研究逐渐进入对摩擦学系统诸多影响因素进行学科的综合研究等。

②传统的机械设计偏重于零件、部件的静态设计,现正向以局部或整个机械系统为对象的动态设计方向扩展。国外以机械动力学为核心内容之一的机械振动学发展十分迅速,模态分析和模态试验技术已普遍采用;动力分析软件成为机械产品设计的有效工具;对多柔体机械系统动力学、多自由度机构动力学也进行着多方面的研究;机构动平衡理论有了大的进展,为机器高速化和重载化奠定了基础。国内在机构运动弹性动力学和多刚体系统动力学方面的研究已达到世界先进水平,在结构动态分析、转子动力学分析、故障诊断逻辑分析等方面的基础理论研究也有较大的发展。

③设计方法学的研究受到重视,新的设计方法和设计技术发展迅速。现代机械设计由经验性和随意性向科学化和模式化发展,强调理论分析计算和试验分析的相互结合,由满足单个机件的单一性能要求,到整个机械系统的功能综合和分析,使设计在限定条件下实现最佳功能目标。为此,各工业发达国家对设计方法等的研究日益重视和深入,新的设计理论、设计方法和技术不断出现,如:创新设计、概念设计、系统设计、疲劳强度设计、优化设计、可靠性设计、蠕变设计、摩擦学设计、模块化设计、计算机辅助设计、造型设计、人机工程和价值工程等。

④电子计算机在机械设计的各个领域得到越来越广泛的应用。传统设计过程在很大程度上是依靠设计师的个人劳动,借助计算尺(后来有了计算器)和人工绘图仪器的手工作坊式设计过程。现代设计则是充分依靠集体的成果和充分发挥计算机的功能,借助计算机进行设计、分析、判断、信息与数据处理、绘图及计算机仿真,形成以数据库为核心、以交互式图形系统为手段、以工程计算为主体的一体化计算机辅助设计系统,使半科学、半经验的机械设计逐步向完全科学化发展,使手工作业的机械设计逐步向完全自动化发展,向最优化发展,不仅设计质量高,而且设计效率比人工设计提高了 3~20 倍。

⑤传统的机械产品正面临新的转折。机电仪一体化是当今世界掌握高技术国家的发展方向,我国也已将其列为机械工业技术政策的发展目标之一。机电仪一体化的实质是将机械与电子、强电与弱电、软件与硬件、控制与信息等多种技术有机地结合起来。所以,典型的机电仪

一体化产品,包括机械、电脑、仪器三部分,相当于人的肢体、大脑和感官,它将模拟人的基本要素,构成高级自动化系统,使机械产品面貌一新,具有技术先进、结构简单、工作精度高、易于实现自动化和半自动化操作、调整和维修方便、产品更新换代快等特点。机电仪一体化的一个典型是机器人,世界上机器人行业已经历了三代。第一代是可编程序式或示教式机器人,已稳定用于生产;第二代是具有视、触等感觉功能的工业机器人,已在工业生产中试用;第三代是具有部分人工智能的高级机器人,已在实验室内取得进展,它们将会逐步进入生产、流通、信息、办公、管理、游乐、家庭等一切领域。

⑥机械设计的实验研究技术,在微观、动态的精密测量,在自动控制和监测、数据采集和处理等方面都已取得很大的进步。在国内也建立了一些国家重点实验室,已初步形成一批研究设备和手段配套的基地以及一支训练有素的研究队伍。

⑦机械设计的最新发展是智能设计。传统的计算机辅助设计(CAD)技术还不能对设计工程师的智能活动提供有效的支持,智能设计则使计算机能在更大范围内、更高水平上帮助或代替设计专家处理数据、信息和知识,做出设计决策,提高人机设计系统中计算机的智能水平。智能设计是面向 21 世纪的先进设计技术。

第1章 平面机构的结构分析

1.1 机构的组成

1.1.1 组成机构的要素

1.1.1.1 构件

构件是机构中的一个刚性系统,它与机构的其他刚性系统相接触而保持一定的相对运动。所以它是机构中独立的运动单元体。一个构件可以是单一的零件,也可以是由多个零件固结而成。

一个作平面运动的自由构件有三个独立运动的可能性。如图 1-1 所示,在 oxy 坐标系中,构件 1 可以沿 x 、 y 轴方向移动,还可绕垂直于运动平面的 z 轴转动。这种可能出现的独立运动称为构件的自由度。所以,一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

1.1.1.2 运动副

机构是由若干构件组合而成的。机构中相邻两构件,应以适当的方式进行接触联接,才能使二者之间保持确定的相对运动。这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的联接称为运动副。例如图 1-2 所示构件 1 与构件 2 的联接;图 1-3 所示轮齿 1 与轮齿 2 的联接都是运动副。

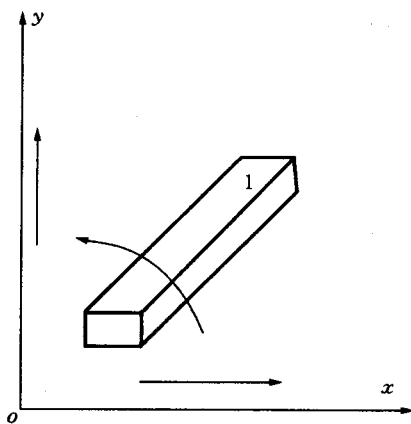


图 1-1

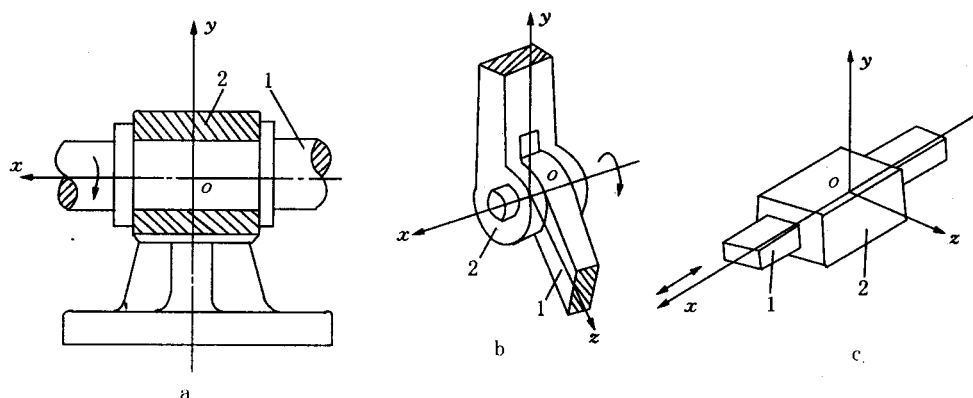


图 1-2

一个构件与其他构件构成运动副后,某些独立运动将受到限制。如图 1-1 所示构件 1 有三个独立运动,可是当它与导槽 2 相联接后(图 1-2 c),就只能沿 x 轴相对导槽 2 作往复移动,其余两个运动均被限制。这些限制是由运动副提供的,称为运动副的约束。构件每增加一个

约束,便减少一个自由度。

按照组成运动副的两构件之间的相对运动是平面运动,还是空间运动,可将运动副分为平面运动副与空间运动副两大类。

两构件上能够参与接触而构成运动副的部分称运动副元素。按照接触的特性,运动副元素不外乎点、线、面三种。据此,又常把运动副分为低副和高副。

1) 低副

两构件通过面接触而构成的运动副称为低副。转动副与移动副为常见的平面低副。

在图 1-2 a、b 所示轴颈 1 与轴承 2 所组成的运动副中,两构件只能绕 x 轴相对转动,即沿 x 轴、 y 轴的移动均受到约束。这种使两构件只能绕某一轴线作相对转动的运动副称为转动副或铰链。在图 1-2 a 中,因为有一个构件是固定的,该铰链称为固定铰链。图 1-2 b 中两个构件均未固定,则称为活动铰链。

图 1-2 c 中的两构件组成运动副后,只能沿 x 轴方向作相对移动,沿 y 轴方向的相对移动和绕 z 轴的相对转动均受到约束。这种使两构件只能作相对直线移动的运动副称为移动副。

平面上两个构件组成转动副或者移动副后,均只剩下一个可能的相对运动。因此,每个平面低副引入两个约束。

图 1-4 所示的运动副中,螺旋 1 与螺母 2 之间的相对运动为螺旋运动,故这个运动副称为螺旋副。图 1-5 中球 1 与球碗 2 的相对运动为球面运动,故它们之间的运动副称为球面副。螺旋副与球面副也是低副,但它们是空间运动副。空间运动副超出本章讨论的范围,故不赘述。

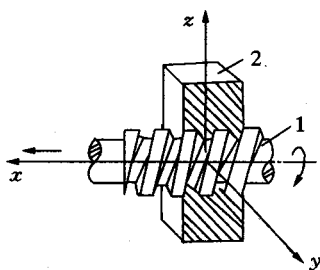


图 1-4

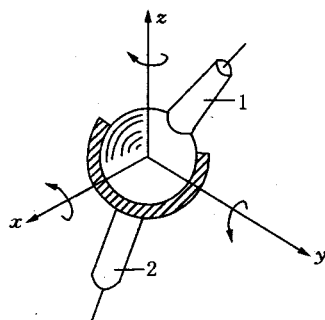


图 1-5

2) 高副

两构件通过点或线接触所构成的运动副称为高副。如图 1-3 中所示轮齿 1 与轮齿 2, 图 1-6 a 中车轮与钢轨, 图 1-6 b 中的凸轮与从动件分别在接触处 A 组成高副。组成平面高副的两构件, 可以沿接触处切线 $t-t$ 方向相对移动, 也可以在平面内绕通过 A 点垂直于运动平面的轴转动。所以一个平面高副引入一个约束, 限制了两构件沿过接触点 A 的法线 $n-n$ 方向的相对移动。

由于实际构件与运动副的结构往往可能很复杂, 两构件之间的相对运动情况又与此无关,

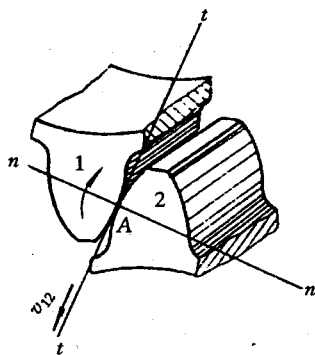


图 1-3

而只与运动副的形式有关,所以在研究机构时,为了能简明地表示两构件的相对运动情况,常撇开那些与运动无关的因素,仅用简单的线条和国标规定的各种符号表示构件和运动副。

如图 1-7 所示,转动副用代表两构件的两条线的交点处的小圆圈表示,其圆心代表相对转动中心。图 a 表示两活动构件所组成的转动副,即活动铰链;图 b 所示为固定铰链,其中画有短斜线的构件为固定构件;图 c 表示当构件的运动平面与图纸平面垂直时,两构件组成的转动副。

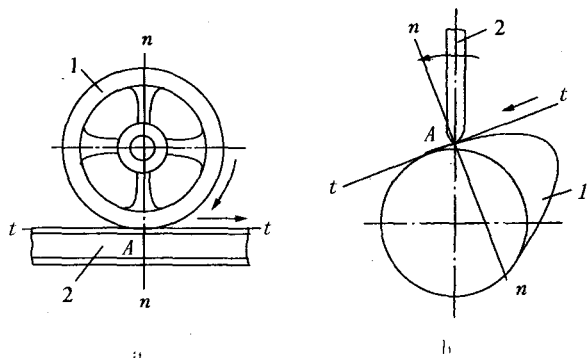


图 1-6

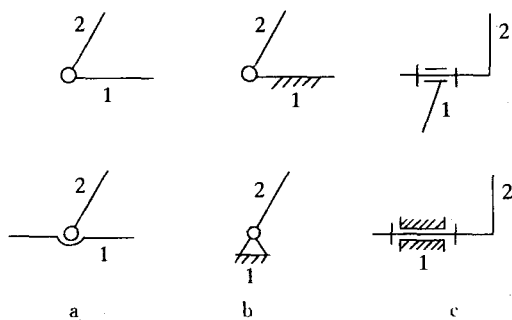


图 1-7

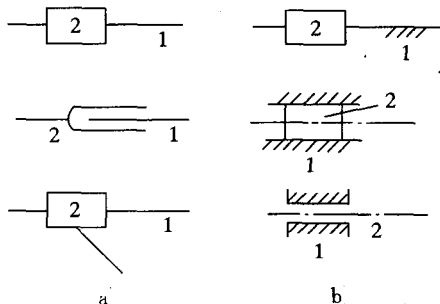


图 1-8

图 1-8 所示为移动副的常用代表符号。其中图 a 代表两活动构件所组成的移动副,直线既代表构件 1,又代表两构件的相对移动导路。图 b 所示为活动构件 2 与固定构件 1 组成的移动副。滑块 2 上的点划线,代表滑块 2 的移动导路。

两构件组成平面高副时,应照实绘出两构件接触处的曲线轮廓,如图 1-6 所示。因为其轮廓形状将影响构件的运动特性。

1.1.1.3 运动链

两个以上的构件通过运动副联接而成的系统称为运动链。若运动链的各构件没有构成首末封闭的系统(如图 1-9 a、b),称为开式运动链;若运动链的各构件构成首末封闭的系统(如图 1-9 c、d),则称为闭式运动链。

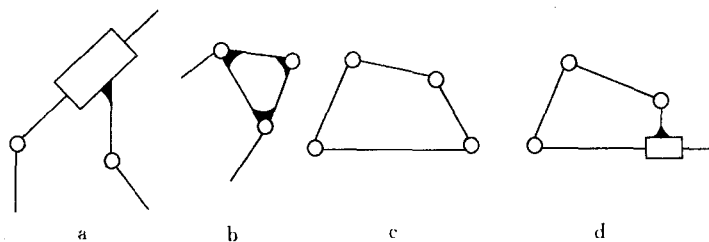


图 1-9