

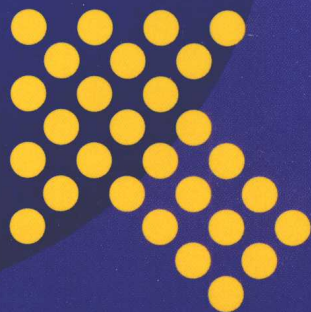
21世纪高等学校规划教材



JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

贺 艺 黄大宇 王晓璐 主 编
付晓莉 胡靖明 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

TH122/1008

2009

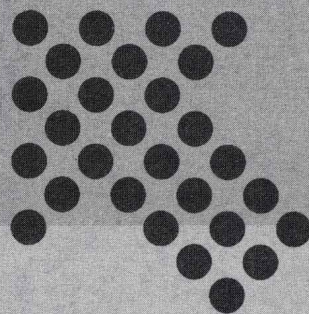
21世纪高等学校规划教材



JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

主 编 黄大宇 王晓璐
副主编 贺 艺 付晓莉 胡靖明
编 写 朱从云 许艺萍 李世良 王云德
主 审 郑文纬



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是 21 世纪高等学校规划教材。

全书共 19 章。第 1~8 章主要介绍常用的机构(平面机构的运动简图和速度分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构)和机械动力学的基本知识;第 9~19 章主要介绍常用的连接、机械传动、轴系零部件、弹簧等的工作原理、特点及设计计算。本书适用于 60~90 学时的教学学时。

本书可作为高等学校机械设计基础课程的本科教材,也可供高职高专院校师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/黄大字,王晓璐主编. —北京:中国电力出版社, 2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9295 - 0

I. 机… II. ①黄…②王… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 140256 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 9 月第一版 2009 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 528 千字

定价 34.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书是编者根据教育部有关“机械设计基础课程教学基本要求”和最新颁布的国家标准,结合编者多年的教学经验编写而成的。

在编写过程中,编者根据目前的实际教学需要,在吸取兄弟院校宝贵经验的基础上,紧密结合机械设计基础课程的教学实践,围绕设计能力的培养,对传统的“机械设计基础”课程的教学内容进行了精选、补充、整合。本书具有以下特点:

(1) 针对机械工程学科新课程体系改革的需要和近机类专业面广、学时逐渐减少的特点,精选内容,突出机械设计的基本知识、基本理论和基本设计方法;叙述深入浅出,公式推导简明扼要,符合学生的认知规律;着重加强提出问题、分析问题和解决问题的能力培养。

(2) 内容覆盖面广、概念清楚,采用最新颁布的有关国家标准、规范和成熟的设计资料。授课教师可根据不同专业的教学时数对本书内容作适当的取舍,以适应近机类和非机类各专业课程体系的教学要求。本书适用于 60~90 学时的教学学时。

(3) 结合课程特点,阐述了课程重点、难点及学习方法,并精选适当的复习思考题和习题,以便教学。

全书共 19 章。第 1~8 章主要介绍常用的机构(平面机构的运动简图和速度分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构)和机械动力学的基本知识;第 9~19 章主要介绍常用的连接、机械传动、轴系零部件、弹簧等的工作原理、特点及设计计算。

参加本书编写的人员有:中原工学院黄大宇(绪论、第 5~7 章),中原工学院付晓莉(第 1、4、11 章及附录),中原工学院朱从云(第 2、3 章),甘肃畜牧工程职业学院王云德(第 8、19 章),甘肃畜牧工程职业学院李世良(第 9、18 章)、甘肃农业大学胡靖明(第 10、14 章),洛阳理工学院贺艺(第 12、16 章),洛阳理工学院许艺萍(第 13、15 章),中原工学院王晓璐(第 17 章)。本书由黄大宇、王晓璐担任主编,贺艺、付晓莉、胡靖明担任副主编。在本书的编写过程中得到了中原工学院的大力支持,在此表示感谢。

本书由东南大学郑文伟教授主审。郑教授细心审阅了全书,并提出了许多宝贵意见,在此致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 8 月

目 录

前言	
绪论	1
0.1 机械的组成	1
0.2 本课程的内容、性质和任务	3
0.3 机械设计的基本要求和一般步骤	4
思考题和习题	5
第1章 平面机构的运动简图和速度分析	7
1.1 运动副	7
1.2 平面机构运动简图	9
1.3 平面机构的自由度	12
1.4 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用	18
小结	21
思考题和习题	23
第2章 平面连杆机构	26
2.1 平面四杆机构的基本类型及其应用	26
2.2 平面四杆机构的基本特性	32
2.3 平面四杆机构的设计	37
小结	43
思考题和习题	44
第3章 凸轮机构	47
3.1 凸轮机构的应用和分类	47
3.2 从动件常用运动规律	48
3.3 凸轮机构的压力角	52
3.4 图解法设计盘形凸轮轮廓	53
3.5 用解析法设计凸轮轮廓的基本方法	58
小结	60
思考题和习题	61
第4章 齿轮机构	63
4.1 齿轮机构的特点和类型	63
4.2 齿廓实现定角速比传动的条件	64
4.3 渐开线齿廓	65
4.4 标准直齿圆柱齿轮各部分名称及几何尺寸计算	68
4.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	71

4.6	渐开线齿轮的切齿原理与变位齿轮简介	74
4.7	斜齿圆柱齿轮机构	78
4.8	锥齿轮机构	81
	小结	83
	思考题和习题	85
第5章	轮系	87
5.1	轮系分类	87
5.2	定轴轮系及其传动比计算	87
5.3	周转轮系及其传动比计算	90
5.4	复合轮系的传动比计算	94
5.5	轮系的应用	96
	小结	99
	思考题和习题	100
第6章	间歇运动机构	103
6.1	棘轮机构	103
6.2	槽轮机构	105
6.3	不完全齿轮机构	107
	小结	108
	思考题和习题	109
第7章	机械运转速度的波动及其调节	110
7.1	机械运转速度波动的原因及调节方法	110
7.2	飞轮设计的近似方法	112
7.3	飞轮主要尺寸的确定	116
	小结	117
	思考题和习题	117
第8章	回转件的平衡	119
8.1	回转件平衡的目的	119
8.2	回转件平衡的计算	120
8.3	回转件的平衡实验	123
	小结	124
	思考题和习题	125
第9章	机械零件设计概论	127
9.1	机械零件设计要点	127
9.2	机械零件的强度计算	132
9.3	机械零件的接触强度计算	134
9.4	机械零件的耐磨性	135
9.5	机械零件的常用材料及其选择	136
9.6	机械零件的工艺性及标准化	143
	小结	143

思考题和习题·····	143
第 10 章 连接 ·····	145
10.1 螺纹的形成、类型及主要参数·····	145
10.2 螺纹副的受力分析、效率和自锁·····	146
10.3 常用螺纹的种类、特点及应用·····	149
10.4 螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件·····	150
10.5 螺纹连接的预紧和防松·····	152
10.6 螺栓连接的强度计算·····	155
10.7 螺栓的材料和许用应力·····	159
10.8 提高螺栓连接强度的措施·····	161
10.9 螺旋传动简介·····	163
10.10 键连接、花键连接及销连接 ·····	164
小结·····	169
思考题和习题·····	170
第 11 章 齿轮传动 ·····	172
11.1 齿轮的失效形式和设计准则·····	172
11.2 齿轮材料及其热处理·····	174
11.3 直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷·····	177
11.4 标准直齿圆柱齿轮传动的齿面接触强度计算·····	178
11.5 标准直齿圆柱齿轮传动的轮齿弯曲强度计算·····	180
11.6 齿轮传动设计参数和精度等级的选择·····	182
11.7 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算·····	184
11.8 直齿圆锥齿轮传动的强度计算·····	188
11.9 齿轮的结构设计·····	190
11.10 齿轮传动的润滑与效率 ·····	192
小结·····	194
思考题和习题·····	196
第 12 章 蜗杆传动 ·····	198
12.1 蜗杆传动的特点和类型·····	198
12.2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸·····	199
12.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构·····	204
12.4 圆柱蜗杆传动的受力分析·····	205
12.5 圆柱蜗杆传动的强度计算·····	206
12.6 圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算·····	209
小结·····	211
思考题和习题·····	213
第 13 章 带传动 ·····	215
13.1 带传动的类型和应用·····	215
13.2 带传动的基本理论·····	217

13.3	普通 V 带传动的设计计算	223
13.4	V 带轮的材料和结构	232
13.5	同步带传动简介	233
	小结	234
	思考题和习题	235
第 14 章	链传动	236
14.1	链传动的特点和应用	236
14.2	链条和链轮	236
14.3	链传动的运动分析和受力分析	240
14.4	链传动的主要参数及其选择	242
14.5	滚子链传动的设计计算	243
14.6	链传动的润滑和布置	246
	小结	249
	思考题和习题	250
第 15 章	轴	251
15.1	轴的用途、类型和设计要求	251
15.2	轴的材料	252
15.3	最小轴径的估算	253
15.4	轴的结构设计	254
15.5	轴的强度计算	257
15.6	轴的设计实例分析及设计时应注意的事项	259
	小结	263
	思考题和习题	263
第 16 章	滑动轴承	265
16.1	摩擦状态	265
16.2	滑动轴承的结构形式	266
16.3	滑动轴承的失效形式及其常用材料	269
16.4	润滑剂和润滑装置	271
16.5	非液体摩擦滑动轴承的设计	275
16.6	液体摩擦滑动轴承的简介	277
16.7	其他滑动轴承的简介	279
	小结	279
	思考题和习题	280
第 17 章	滚动轴承	282
17.1	滚动轴承的结构、基本类型和特点	282
17.2	滚动轴承的代号	285
17.3	滚动轴承的失效形式和设计准则	287
17.4	滚动轴承的选择计算	288
17.5	滚动轴承的组合设计	296

小结.....	300
思考题和习题.....	301
第 18 章 联轴器、离合器和制动器	303
18.1 联轴器.....	303
18.2 离合器.....	308
18.3 制动器.....	311
小结.....	312
思考题和习题.....	313
第 19 章 弹簧	315
19.1 概述.....	315
19.2 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹簧结构、制造、材料及许用应力.....	316
19.3 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹簧的几何尺寸及特性线.....	320
19.4 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹簧的设计计算.....	324
19.5 其他类型弹簧简介.....	328
小结.....	330
思考题和习题.....	331
附录.....	333
参考文献.....	338

绪 论

重点学习内容

机械的组成；机器与机构、构件与零件、通用零件与专用零件等概念；本课程研究的内容、性质和任务及机械设计的基本要求与一般步骤。

0.1 机械的组成

人类在长期的劳动生产实践中不断地创造和发明了各种各样的机器。例如机器人、航天器、机床、运输机械、洗衣机、缝纫机等。机器是人类发明创造的、用于减轻劳动强度、改善劳动条件和提高劳动生产率的多件实物的组合体。

机器的种类繁多，其工作原理、构造、性能和用途各不相同，但从机器的组成原理来看，都具有共性。机器是由机构组成，而机构又是由构件组成。下面是几个机器的示例。

图 0-1 所示为一台单缸内燃机。它是由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞做往复移动，经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周，进、排气阀各启闭一次，曲轴与凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮。这样，当燃气推动活塞运动时，各构件协调动作，进、排气阀有规律地启闭，加上汽化、点火等装置的配合，就将热能转换为曲轴回转的机械能。

图 0-2 所示为加工工件平面的牛头刨床。它是由电动机 0、带传动 1、小齿轮 2、大齿轮 3、滑块 4 和 6、导杆 5、滑枕 7、工作台 8、升降螺杆 9、转轮丝杠 10、刨头 11、变速箱 12、床身 13 及其他辅助部分组成。当电动机经带传动并通过小齿轮使大齿轮（也起到曲柄作用）回转时，导杆做平面复杂运动，滑枕便带着刨头做往复直线移动，从而产生刨削动作。同时，动力还通过其他辅助部分带动转轮丝杠做间歇回转，使工作台做横向移动，从而实现工件的进给动作。

图 0-3 所示为家用洗衣机。它是由机架 1、电动机 2、传动带 3、减速器 4、波轮 5、控制器 6 等组成。洗衣时，电动机带动小带轮转动，通过传动带，带动大带轮旋转，并将旋转运动传递给减速器的输入轴，减速器的输出轴则与洗衣桶内的波轮连接，并带动波轮旋转，波轮搅动洗涤液及洗涤衣物，通过洗涤液与洗涤衣物之间的冲击力即可清除衣物上的污垢，代替人类完成洁衣

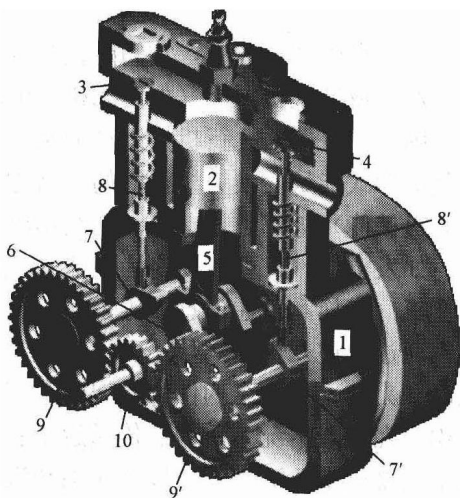


图 0-1 内燃机

1—汽缸体；2—活塞；3—进气阀；4—排气阀；
5—连杆；6—曲轴；7、7'—凸轮；
8、8'—顶杆；9、9'、10—齿轮

所做的机械功。洗衣机是将电动机的电能转化成洗衣桶内波轮转动的机械能，从而代替人类做机械功。

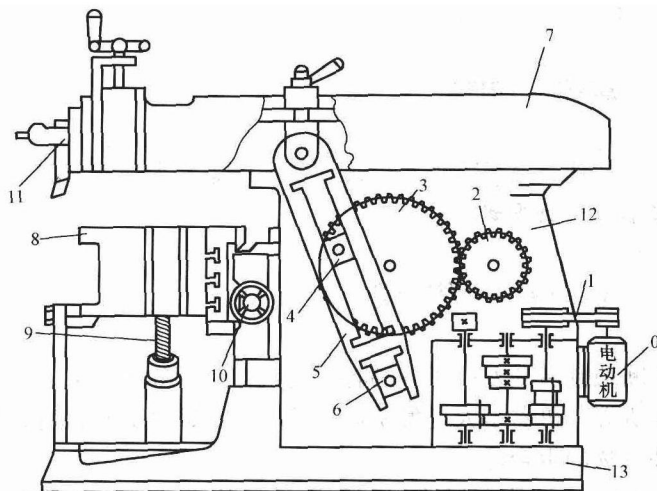


图 0-2 牛头刨床

- 1—带传动；2—小齿轮；3—大齿轮；4、6—滑块；5—导杆；
7—滑枕；8—工作台；9—升降螺杆；10—转轮丝杠；
11—刨头；12—变速箱；13—床身

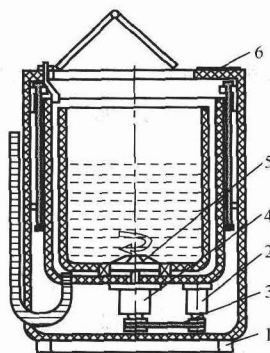


图 0-3 洗衣机

- 1—机架；2—电动机；3—传动带；
4—减速器；5—波轮；
6—控制器

从上述三个机器的实例可以看出，机器都具有如下三个共同的特征。

- (1) 它们都是由各种材料做成的制造单元（通常称为零件）经装配而成的组合体。
- (2) 它们分别通过刚性组合形成各个运动单元（通常称为构件）。各单元之间具有确定的相对运动。即当其中一个或一个以上单元的运动确定时，该组合体就能实现预期的机械运动。
- (3) 在生产过程中，它们能代替或减轻人类的劳动，来完成有用的机械功（如刨床的切削工作）或转换机械能（如内燃机、电动机分别将热能和电能转换成机械能）。

因此，机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料、信息。在机器中，凡将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机，如内燃机、电动机（分别将热能和电能变换为机械能）等都是原动机。凡利用机械能去变换或传递能量、物料、信息的机器称为工作机，如发电机（机械能变换为电能）、起重机（传递物料）、金属切削机床（变换物料外形）、录音机（变换和传递信息）等都属于工作机。

通过上述几个实例，还可以看出，机器的主体部分是由许多运动构件组成的。用来传递运动和力的、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。在一般情况下，为了传递运动和力，机构各构件间应具有确定的相对运动。在图 0-1 所示内燃机中，活塞、连杆、曲轴和汽缸体组成一个曲柄滑块机构，可将活塞的往复运动变为曲柄的连续转动。凸轮、顶杆和汽缸体组成凸轮机构，将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间歇移动。曲轴和凸轮轴上的齿轮与汽缸体组成齿轮机构，使两轴保持一定的速比。所以，机器的主体部分也可以说是由机构组成的。一部机器可以包含一个或若干个机构，例如鼓风机和电动机只含有一个机构，而内燃机则包含曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若

干个机构。机器中最常用机构有：连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构等。

就功能而言，一般机器包含四个基本组成部分：动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。动力部分可采用人力、畜力、风力、液力、电力、热力、磁力、压缩空气等作动力源，其中利用电力和热力的原动机（电动机和内燃机）使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成，是机器的主体。控制部分包括各种控制机构（如内燃机中的凸轮机构）、电气装置、计算机、液压系统、气压系统等。

机构与机器的区别在于：①机构只是一个构件系统，而机器除构件系统之外还包含电气、液压、控制等其他装置；②机构只用于传递运动和力，机器除传递运动和力之外，还应当具有变换或传递能量、物料、信息的功能。但是，在研究构件的运动和受力情况时，机器与机构之间并无区别。因此，习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

在研究机械运动和动力传递过程中，将做相对运动的单元体称为构件。例如在内燃机中，连杆、曲柄轴和齿轮、汽缸体等。机构是由构件系统组成的，为了传递运动和力，各个构件间应具有确定的相对运动。

零件是组成机器的最基本的单元，在加工制造中是加工制造的单元。构件可以是单一的整体，也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0-4 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 2、对开式轴瓦 3 和 4、整体轴瓦 5、轴螺栓 6、螺母 7 等几个零件组成。这些零件之间没有相对运动，构成一个运动单元，成为一个构件。

因此，构件与零件之间的区别在于：构件是机器或机构中的运动单元，而零件是加工制造的单元。

零件可分为两类，即通用零件和专用零件。

通用零件是指在各种机械中都能经常遇到的，具有同一功用及性能的零件，如齿轮、螺钉、轴、弹簧等。通用零件按其用途不同又可分为连接零件、传动零件、轴系零件和其他零件。

专用零件是指仅适用于特定机器上使用的零件，如汽轮机的叶片、内燃机的活塞、纺织机械中的纺锭、织梭等。专用零件的设计问题，应由相应的专业课程来介绍，不属于本课程讲授范围。

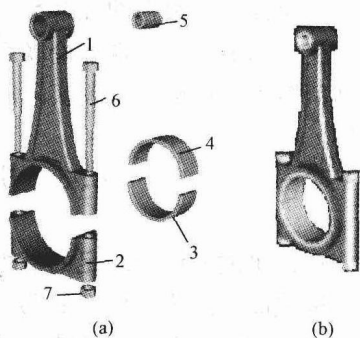


图 0-4 连杆的组成

1—连杆体；2—连杆盖；
3、4—对开式轴瓦；5—整体
轴瓦；6—轴螺栓；7—螺母

0.2 本课程的内容、性质和任务

一、本课程的内容

“机械设计基础”课程又称为“机械原理及机械设计”课程。机械设计基础主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。

本教材第 1~8 章着重研究机械中的常用机构（如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构）及机器动力学的基本知识（如机械的调速和平衡）；第 9 章及其后各章着重研究常用的连接零件、传动零件、轴系零部件等，并简要介绍国家标准和有关规范。这

些常用机构和通用零件的工作原理、设计理论和计算方法,对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

二、本课程的性质和任务

本课程是工科院校中近机类专业的一门重要课程,是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。它综合应用机械制图、工程力学、工程材料及机械制造基础、金工实习等先修课程的知识,阐述机械设计的一些基本知识,为学生学习专业机械知识提供必要的理论基础。

本课程的主要任务是培养学生以下几方面的能力。

(1) 掌握常用机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析、设计常用机构的能力。

(2) 掌握通用零件的工作原理、特点、设计计算和选用原则,初步具有设计一般简单机械及常用机械传动装置的能力。

(3) 具有运用标准、手册、规范、图册和查阅有关技术资料的能力。

(4) 了解典型机械的实验方法,获得实验技能的基本训练。

本课程具有很强的综合性、实践性,学习中要综合运用所学知识解决机械设计问题,细心观察周围事物,重视理论联系实际,注重基本技能的训练,努力培养自己的机械设计能力和创新能力,以解决工程实际问题。

0.3 机械设计的基本要求和一般步骤

一、机械设计应满足的基本要求

机械设计是机械生产的第一步,是影响机械产品的性能、经济性等方面的重要环节。虽然机械的种类繁多,其功能、结构形式、零件材料、外形各不相同,但它们设计的基本要求大体是相同的。

机械设计应满足的基本要求可归纳为以下几方面。

1. 预定功能要求

一般机器的预定功能要求包括运动性能、动力性能、基本技术指标、外形结构等方面。

设计机器的基本出发点是实现预定功能要求。为此,必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案。

2. 安全可靠与强度、寿命要求

设计的机器必须保证在预定的工作期限内能够可靠地工作,防止因个别零件的破坏或失效而影响正常运行。为此,应使所设计的机器零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、振动稳定性、寿命等方面的要求。

3. 经济性要求

设计机器时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下,尽可能做到经济合理、力求投入的费用少、工作效率高且维修简便等。

由于机器的经济性是一个综合指标,它与设计、制造、使用等各方面有关。为此,设计者需要注意:良好的工艺性、合理的选材、尽可能实现三化(零件标准化、部件通用化、产品系列化),以最大限度地提高经济效益。

4. 操作使用要求

设计的机器要力求操作方便,最大限度地减少工人操作时体力和脑力消耗,改善操作者的工作环境,降低机器噪声,净化废气、废液及灰尘,使其对环境的污染和公害尽可能小。

5. 其他特殊要求

某些机器还有一些特殊要求。例如:机床应能在规定的使用期限内保持精度;经常搬动的机器(如塔式起重机、钻探机等),要求便于安装、拆卸和运输;食品、药品、纺织等机械有不得污染产品的要求等。

总之,必须根据所要设计的机器的实际情况,分清应满足的各项要求的主次程度,且尽量做到结构上可靠、工艺上可能、经济上合理,切忌简单照搬或乱提要求。

二、机械设计的一般步骤

机械设计是一项复杂而细致的工作,必须有一套科学的工作步骤。机械设计的步骤应视具体情况而定,但通常是按下列步骤进行的。

1. 提出和制订产品设计任务书

首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机器的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制订产品设计任务书。

2. 总体设计

根据设计任务书,进行调查研究,了解国内外有关的技术经济信息。分析有关产品,参阅有关技术资料,并充分了解用户意见、制造厂的技术设备、工艺能力等。在此基础上确定实现预定功能的机器工作原理,拟订出总体设计方案,进行运动和动力分析,从工作原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标做适当修改,然后绘制机构简图。同时可进行液压、电气控制系统(有关这方面的知识,会在其他相关课程中介绍)的方案设计。

3. 技术设计

在总体方案设计的基础上,确定机器各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对主要零件的工作能力进行计算,完成机械零件设计。

4. 样机的试制和鉴定

设计的机器是否能满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行,进行性能测试,然后便可组织鉴定,进行全面的技术评价。

5. 产品的正式投产

在样机试制与鉴定通过的基础上,才可能进行产品的正式投产。

将机器的全套设计图纸(总装图、部装图、零件图、电气原理图、液压传动系统图、安装地基图、备件图等)和全套技术文件(设计任务书、设计计算说明书、试验鉴定报告、零件明细表、产品质量标准、产品检验规范、包装运输技术条件等)提交产品定型鉴定会评审。在评审通过后,才能由有关部门下达任务,进行批量生产。

思考题和习题

0-1 机械、机器和机构有何不同?零件与构件有何区别?

0-2 对具有下述功用的机器各举出两个实例：(1) 原动机；(2) 变换机械能为其他形式能量的机器；(3) 变换物料的机器；(4) 变换或传递信息的机器；(5) 传递物料的机器；(6) 传递机械能的机器。

0-3 指出下列机器的动力部分、传动部分、控制部分和执行部分：(1) 汽车；(2) 自行车；(3) 车床；(4) 缝纫机；(5) 电风扇；(6) 录音机。

第 1 章 平面机构的运动简图和速度分析

—— 重点学习内容 ——

1. 运动副及其分类、平面机构运动简图的绘制。
2. 机构运动的可能性和具有确定运动的条件以及平面机构自由度的计算。
3. 用速度瞬心法对平面机构进行速度分析。

机器和机构是由外形和结构都十分复杂的构件组成的。为了便于分析、研究、设计机器和机构,需要用简图来表达它们的组成和构件之间的相对运动关系。学习如何正确绘制机构运动简图是工程技术人员必备的知识。

机构是由构件组成的系统,其作用是传递运动和变换运动形式。为了准确地传递运动和力,机构中各构件之间应具有确定的相对运动。讨论和研究机构的组成和机构在什么条件下才具有确定的相对运动,对于分析现有机构或设计新机构都是很重要的。

在对机构中的构件进行运动分析时,常要求出两个回转件间的角速比、做直线运动构件的运动速度或某些点的速度变化规律。用速度瞬心法对简单机构的速度分析较为简便清晰。

所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构,否则称为空间机构。本章只讨论平面机构运动简图的绘制、机构具有确定运动的条件和机构自由度的计算,以及用速度瞬心法对平面机构进行速度分析。

1.1 运 动 副

一、平面运动副

1. 运动副和运动副元素

正如前面所述,机构是由构件组成的系统,为了使构件之间能够传递运动和力,构件之间需要按照一定方式相互连接起来。这种连接不像焊接或铆接那样的固定连接,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。例如:内燃机中的活塞与汽缸体之间的连接、曲柄与连杆之间的连接;凸轮与推杆之间的连接;齿轮传动中两个轮齿间的连接等都构成运动副。由此可见,运动副的形成是由两个构件通过点、线或面的直接接触来实现的。例如,活塞与汽缸体之间形成的运动副是通过活塞与汽缸体之间柱面的接触来实现的。再如,曲柄与连杆之间形成的转动副是通过曲柄与连杆之间圆柱面的接触来实现的,凸轮与顶杆之间的高副是通过它们之间点或线的接触来实现的。将构件之间组成运动副的那些点、线或面称为运动副元素。

2. 平面运动副的约束

如图 1-1(a) 所示,构件 1 在尚未与其他构件组成运动副时,是一个自由的构件。该构件做平面运动时,应具有 3 个独立运动的可能性,即沿 x 轴、 y 轴的移动和绕垂直于 xOy

平面轴的转动。这种相对于参考系所具有的独立运动称之为自由度。因而，一个做平面运动的自由构件具有 3 个自由度。

一旦两个构件组成运动副以后，由于两个构件运动副元素的直接接触，两个构件之间的某些相对运动就会受到彼此的限制，构件的自由度数就会减少。这种对可能独立运动所相互施加的限制称之为约束。

如图 1-1 (b) 所示，构件 1 和构件 2 通过圆柱面互相接触，即形成一个转动副。这时两个构件间只能做相对转动，而沿 x 轴、 y 轴方向的相对移动受到接触圆柱面的限制。因此，这两个构件之间不可能存在任何的相对移动。这两个构件在组成转动副之前，其可能独立运动的数目，即自由度数

目为 $3 \times 2 = 6$ 。组成转动副后，由于构件之间的两个方向上的相对运动受到接触的圆柱面的限制，即产生两个约束，使得自由度数减少两个。因此，两个构件组成转动副后，其自由度数目为 $3 \times 2 - 2 = 4$ 。

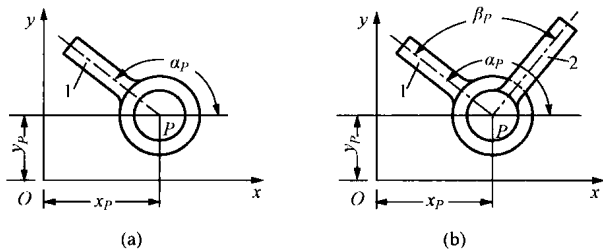


图 1-1 做平面运动构件的自由度

由此可以得出结论：一旦两个构件形成运动副以后，构件之间就会产生相互的运动约束，产生的约束数目应等于自由度减少的数目。运动副对构件间产生的约束数目和约束性质完全取决于运动副的类型。

二、平面运动副的分类

运动副是由两构件直接接触而形成的。这种直接接触无非是通过构件的点、线或面的接触来实现的。因此，按照构件接触的情况特征不同，平面运动副分为低副和高副。

1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。在平面低副中，根据构件间的相对运动特征，又可分为转动副和移动副两种。

(1) 转动副（又称为回转副和铰链）。如图 1-2 所示，两构件以圆柱面接触形成运动副后，两构件间只能在平面内做相对转动。这种具有一个相对独立转动的运动副称为转动副。

(2) 移动副。如图 1-3 所示，构件 1 和构件 2 通过平面接触形成一运动副，两构件在移动副接触面的约束下，只能沿 x 轴方向做相对移动，而沿 y 轴方向的相对移动和绕 z 轴的相对转动受到移动副接触面的限制，这种具有一个独立相对移动的运动副称为移动副。例如在图 0-2 所示的牛头刨床中，滑枕 7 与床身 13 之间形成的运动副就是一个移动副。

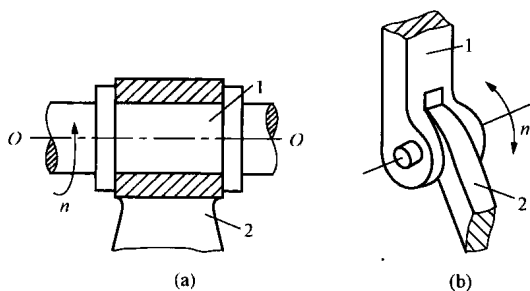


图 1-2 转动副

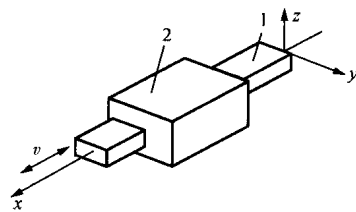


图 1-3 移动副