



21世纪高等学校机械设计制造
及其自动化专业系列教材

机械设计与方法

(下册)

钟毅芳 杨家军 程德云

张卫国 傅祥志

主编

华中科技大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

21世纪高等学校机械设计制造 及其自动化专业系列教材

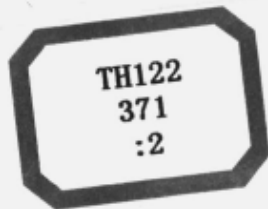
- ☆ 画法几何及机械制图
- ☆ 画法几何及机械制图习题集
- ☆ 机械原理
- ☆ 机械设计
- ★ 机械设计原理与方法
- ☆ 工程材料及应用
- ☆ 材料成形技术基础
- ☆ 机械制造技术基础
- ☆ 机构与机械零部件 CAD
- ☆ 机械系统创新设计
- ☆ 计算机图形学
- ☆ 机电传动控制
- ☆ 机电传动与控制
- ☆ 机械工程控制基础
- ☆ 机电工程控制基础
- ☆ 工程测试与信息处理
- ☆ 工程测试基础
- ☆ 数控控制机床
- ☆ 数控技术
- ☆ 液压传动与气压传动
- ☆ 现代设计方法
- ☆ 机械 CAD / CAM 基础
- ☆ 柔性制造自动化概论
- ☆ 机器人技术基础
- ☆ 工业机器人
- ☆ 机电一体化控制技术与系统
- ☆ 机械工程专业英语

ISBN 7-5609-2660-6



9 787560 926605 >

定价：31.80元



21世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业系列教材

机械设计与方法

(下册)

钟毅芳 杨家军 程德云 张卫国 傅祥志 主编

北方工业大学图书馆



00573784

华中科技大学出版社
(华中理工大学出版社)

3

图书在版编目(CIP)数据

机械设计原理与方法(下册)/钟毅芳 等主编
武汉:华中科技大学出版社,2002年3月
ISBN 7-5609-2660-6

- I. 机…
II. ①钟… ②杨… ③程… ④张… ⑤傅…
III. 机械设计-高等学校-教学参考资料
IV. TH12

21世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
机械设计原理与方法(下册)

钟毅芳 等主编

责任编辑:钟小琰 叶见欣 李丛晖
责任校对:蔡晓璐

封面设计:潘群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学出版社照排室
印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:26

字数:500 000

版次:2002年3月第1版

印次:2005年2月第3次印刷

定价:31.80元

ISBN 7-5609-2660-6/TH·122

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材是为了适应 21 世纪人才培养的需要而编写的,是机械基础课程改革的主要教材之一。本教材以机械类大专业的学生为对象,着重培养学生的创新能力、机械系统总体方案设计能力和结构设计能力;教学内容以机械设计为主线,将传统的《机械原理》、《机械设计》和《互换性与技术测量》三门课程的主要内容有机结合、相互渗透,并注意取材的先进性和实用性及适度拓宽基础。本教材分为四篇共 25 章,第一篇机械设计总论(二至五章)主要介绍有关机械设计中的基础知识,如机械系统和机构的组成、机械设计中的强度和刚度问题及有关的精度设计基础等;第二篇机械零部件和机构设计(六至十八章)主要阐述机械零、部件和机构的参数设计和运动设计;第三篇机械零部件的结构设计(十九至二十一章)主要阐述机械零、部件的结构设计及密封结构;第四篇机械系统设计和系统动力学设计(二十二至二十五章)主要阐述机械系统的方案设计、系统动力学设计和尺寸链等。

本教材可作为高等学校机械类各专业机械设计方面的基础教材,也可供高等学校有关专业的师生和工程技术人员参考。

21 世纪高等学校
工程制图与机械基础系列教材

编审委员会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
(工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

谢友柏 宋玉泉 艾 兴
(工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

熊有伦
(科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济
(科学院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王明智	毛志远	左武藩	卢文祥
朱承高	师汉民	刘太林	李培根	吴昌林
吴宗泽	何玉林	陈康宁	陈心昭	张春林
张福润	张 策	张健民	冷增祥	范华汉
周祖德	洪迈生	姜 楷	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 钟小珉 徐正达

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》。”这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类专业人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材,是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效地拓宽了专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”，就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应，才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步，就得进一步明确指导思想，进一步合适地拓宽专业口径与专业基础，构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构，就得因史制宜、因地制宜、因势制宜，努力实现培养模式的多样化，切忌“千篇一律”、“千人一脸”，万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想，体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心，以机械技术与信息技术结合为龙头，以计算机辅助技术为主线，拓宽基础，强化实践”的总体改革思路，并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则，对课程的内容、体系进行了诸多重要改革，而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则，对原机械专业三门主要专业课（机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具）实行了整合和改造，编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程，将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程，减少了重复，拓宽了基础，突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系，不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合，也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线，重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构，在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化，在教学手段上全面引入多媒体技术，提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》，除紧密结合现代科技成就，讲解金属材料的基本理论及应用外，还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》，加强了与信息获取、传输、存储、处理及应用有关的内容，并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》，精简了内容，强化了应用，并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上，较大幅度地增

加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件 CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天,工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有 11 本被教育部批准为“面向 21 世纪课程教材”,有 5 本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版 20 多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嘤其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在 2000 年 6 月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员
中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子

2000 年 11 月 2 日

前 言

本教材是为了适应 21 世纪人才培养的需要而编写的, 是 21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材之一。

本教材以机械类大专业的学生为对象, 以机械系统的运动设计、参数设计、结构设计、方案设计和几何精度设计为主线, 突出机械设计的本质特征(综合性、多解性、再设计、创造性等)和机械设计中的共性内容; 从培养学生的创新能力出发, 加强机械系统总体方案设计、运动设计、结构设计和几何精度设计方面的内容; 强调设计思想、设计方法的培养, 对某些经验公式、条件性计算(如对某些系数的选择)等, 只要求定性概念的准确, 不追求定量的精确; 为了适应计算机技术的发展, 在机构的分析与设计中, 用解析法代替传统的图解法; 从机械设计的总体要求和培养学生机械设计基本素质和能力出发, 将传统的《机械原理》、《机械设计》和《互换性与技术测量》三门课程的主要内容有机结合, 相互渗透, 并注意取材的先进性、实用性和适度拓宽基础, 对教学内容进行合理的取舍和重新组合, 形成了一种全新的体系结构。

整合后, 本教材在体系结构、内容的取舍与安排等方面, 均形成了自己的特色, 主要体现在以下几个方面:

(1) 三位一体, 相互融合: 将原《机械原理》、《机械设计》、《互换性与技术测量》合而为一, 实现了课程内容的相互融合。例如, 互换性与标准化的概念, 融合于机械设计概述之中, 使学生从一开始接触机械设计, 就对互换性与标准化的问题给以足够的重视; 螺旋机构的设计, 在传统的《机械原理》和《机械设计》中, 都安排了一定篇幅的内容, 有些是明显的重复。在本教材中, 将其合而为一, 使之相互渗透、相互补充; 齿轮传动机构的设计, 历来是《机械原理》和《机械设计》的重点内容, 由这两门课程分别讲授, 不但有些内容重复, 而且, 从设计的思维过程来看, 有些内容本来是紧密联系的(如参数选择的原则和参数选择的限制条件), 却被两门课程所分割, 这不利于学生系统地掌握齿轮传动机构设计的基本原理和方法, 为此, 我们将这两部分的相关内容, 重新作了合理的安排, 使之有机地融合在一起, 形成了齿轮传动机构设计的新体系; 机械系统方案设计, 也是近年来编写的《机械原理》和《机械设计》中都涉及到的内容之一, 相互间也有不少重复的内容, 在本教材中, 将它们统一在一起, 形成了一个有机的整体; 典型结合件的几何精度设计与零部件和机构的设计有密切的关系, 以往都是安排在三门课程中分别讲授, 相互脱节, 本教材将它们作了统一、合理的安排, 使之达到相互联系、互为补充;

(2) 以机械设计为主线: 整个内容的安排, 以设计思想、设计理论、设计方法和精度设计、运动设计、参数设计、结构设计、方案设计为主线。首先, 在“机械设计概述”中, 概要地介绍有关设计思想、理论和方法的内容, 然后在后续各章中, 结合具体零部件

和机构的设计,不断重复和深化这些思想、理论和方法;在教材内容的安排上,按精度设计、运动设计、参数设计、结构设计、方案设计为主线展开,使学生更加便于系统地掌握机械设计的全过程;

(3) 适用面广:以高等学校机械类大专业的学生为对象,面向国内各种类型高校,适用于机械设计与制造自动化及相应专业;注重共性问题的论述,着重培养学生的综合素质和机械设计的能力;

(4) 以传统内容为核心:原三门课程传统的核心内容,如零部件参数设计、机构的运动参数设计、机械零部件的结构设计、几何精度设计等,经精选后,保留其精华内容作为本教材的核心,这样处理,既可以保证教学质量,又可以进一步精简教学内容;

(5) 注意培养学生的创新能力:强调设计过程中创造性思维能力的培养,强调设计的多方案性和优化设计的思想,强调在方案设计、结构设计中创新能力的培养;

(6) 加强机械系统总体方案设计能力的培养:机械系统总体方案设计最具创造性,因此,在本教材中,用较大的篇幅,集中介绍机械系统总体方案设计的基本思想、设计原理和设计方法及机械系统的刚性动力学设计的基本思想、设计原理和设计方法,特别强调总体方案设计中的创新思想;

(7) 加强结构设计能力的培养:将机械设计中有用的结构设计问题集中讲授,提炼出一些共同的特点,讲清结构设计的原则;结合典型的零部件和机构(轮类零件、箱体类零件、连杆机构、轴承部件等),突出重点,通过实例,讲清机械结构设计的基本原理和方法;

(8) 反映机械设计领域的新成果:在本教材中涉及的所有标准,全部采用最新的国家标准;引入新技术(如为了适应计算机技术的发展,在机构的分析和设计中,用分析法代替图解法);增加新内容(为了适应机械类大专业的需要,教材中增加了一些新的内容,如同步齿形带传动、弹性环联接、碟形弹簧、圆弧面蜗杆设计、行星轮机构强度设计等)。

本教材分4篇,共25章。参加本书编写工作的有:钟毅芳(第一章、第二章、第六章、第七章、第十章、第二十一章)、程德云(第三章、第四章、第五章、第十一章、第二十四章和6-1节之四、6-2节之一中的(三)、6-2节之二中的(三)、20-4节之五中的(二))、杨家军、傅祥志、蒙运红(第八章、第十三章、第十八章、第二十二章、第二十三章)、吴丕兰(第九章、第十三章、第二十五章)、姜柳林(第十二章、第十四章、第十七章)、张卫国(第十五章、第十六章、第十九章、第二十章)等。全书由钟毅芳、杨家军、程德云、张卫国、傅祥志担任主编。

作为教学改革的尝试,一定会有某些不足之处,编者殷切希望广大读者对书中不妥之处提出批评和改进意见。

编者

2001年5月于华中科技大学



机械设计原理与方法

(下 册)

第十二章 蜗杆传动设计.....	(427)
12-1 蜗杆传动的类型、特点及其选择.....	(427)
12-2 圆柱蜗杆传动基本参数及几何尺寸.....	(431)
12-3 蜗杆传动的失效形式、设计准则及受力分析.....	(438)
12-4 圆柱蜗杆传动的强度条件.....	(440)
12-5 蜗杆传动的效率和热平衡计算.....	(445)
12-6 圆柱蜗杆传动的设计方法.....	(447)
12-7 环面蜗杆传动.....	(450)
习题.....	(451)
第十三章 轮系的设计.....	(453)
13-1 齿轮系传动比的计算.....	(453)
13-2 行星轮系的运动学设计.....	(466)
13-3 行星轮系传动的效率估算.....	(469)
13-4 行星齿轮系的强度设计.....	(473)
13-5 新型齿轮系简介.....	(477)
习题.....	(481)
第十四章 挠性传动设计.....	(484)
14-1 V带传动设计.....	(484)

14-2 链传动设计.....	(499)
14-3 其他挠性传动.....	(511)
习题.....	(514)
第十五章 轴设计及联轴器和离合器.....	(516)
15-1 概 述.....	(516)
15-2 轴的结构设计.....	(520)
15-3 轴的强度及刚度计算.....	(525)
15-4 轴的设计方法及示例.....	(529)
15-5 联轴器和离合器.....	(540)
习题.....	(557)
第十六章 滚动轴承和滑动轴承设计.....	(559)
16-1 概 述.....	(559)
16-2 滚动轴承的选择与校核.....	(561)
16-3 滑动轴承设计.....	(583)
16-4 其他轴承简介.....	(609)
习题.....	(614)
第十七章 弹簧设计.....	(616)
17-1 概 述.....	(616)
17-2 圆柱拉、压螺旋弹簧的设计.....	(620)
17-3 其他弹簧简介.....	(629)
习题.....	(632)
第十八章 其他机构.....	(633)
18-1 间歇运动机构.....	(633)
18-2 组 合 机 构.....	(643)
习题.....	(647)

第三篇 机械零部件的结构设计

第十九章 机械零部件结构设计基本准则.....	(648)
--------------------------------	--------------

19-1 结构设计的工作步骤.....	(648)
19-2 结构设计的基本要求及方法.....	(650)
19-3 结构设计的基本准则.....	(655)
第二十章 常用机械零部件的结构设计.....	(672)
20-1 轮类零件的结构设计.....	(672)
20-2 连杆类零件的结构设计.....	(682)
20-3 箱体类零件的结构设计.....	(686)
20-4 轴系支承部件的结构设计.....	(690)
习题.....	(704)
第二十一章 机械中的润滑和密封装置.....	(707)
21-1 润滑方式及其选用原则.....	(707)
21-2 密封装置.....	(712)
第四篇 机械系统设计和系统动力学设计	
第二十二章 机械系统运动方案设计.....	(718)
22-1 机械系统运动方案设计概述.....	(718)
22-2 执行机构运动规律设计.....	(720)
22-3 执行机构运动协调设计.....	(727)
22-4 机械运动循环图设计.....	(730)
22-5 机构具有确定运动的条件.....	(733)
22-6 平面机构的组成原理及结构分析.....	(739)
习题.....	(751)
第二十三章 机械系统设计.....	(756)
23-1 机械系统的特性和功能要求.....	(756)
23-2 机械系统设计的基本内容和过程.....	(758)
23-3 机械系统的方案设计.....	(762)
23-4 机械系统的总体设计与布置.....	(764)
习题.....	(770)

第二十四章 尺寸链.....	(771)
24-1 尺寸链的基本概念.....	(771)
24-2 装配单元的综合精度分析与计算.....	(777)
24-3 零件要素的几何精度设计计算.....	(782)
24-4 统计尺寸公差在精度设计中的应用.....	(786)
习题.....	(790)
第二十五章 机构及其系统动力学设计.....	(791)
25-1 机构及其系统的质量平衡与功率平衡.....	(791)
25-2 基于质量平衡的动力学设计.....	(793)
25-3 单自由度机构或机构系统动力学模型及运动方程式.....	(801)
25-4 基于功率平衡的机构系统动力学设计.....	(811)
习题.....	(818)
参考文献.....	(824)



蜗杆传动设计

提示：蜗杆传动用于传递空间相互垂直的两交错轴之间的运动和动力，它广泛应用于机床、冶金、矿山及起重运输等设备的传动系统中。

12-1 蜗杆传动的类型、特点及其选择

按蜗杆的形状分，蜗杆传动的类型有圆柱蜗杆传动(见图 12-1(a))、环面蜗杆传动(见图 12-1(b))和锥蜗杆传动(见图 12-1(c))等。下面主要介绍圆柱蜗杆传动。

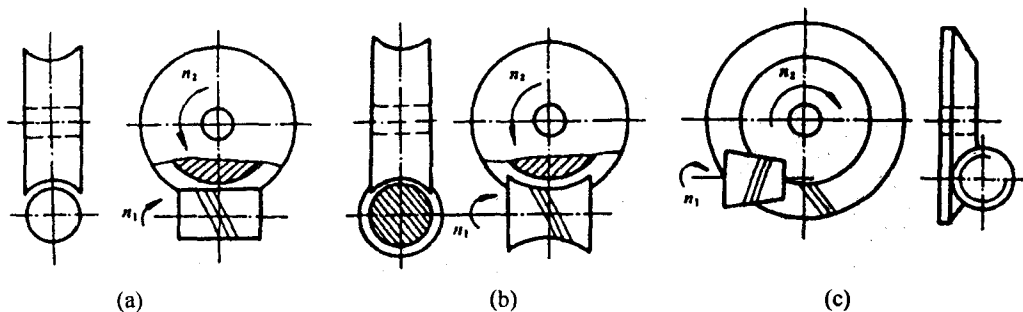


图 12-1 蜗杆传动的类型

(a) 圆柱蜗杆传动； (b) 环面蜗杆传动； (c) 锥蜗杆传动

圆柱蜗杆传动分为普通圆柱蜗杆传动和圆弧圆柱蜗杆传动。

一、普通圆柱蜗杆传动

普通圆柱蜗杆传动多用直母线刀刃加工，由于刀具加工位置的不同，普通圆柱蜗杆传动可分为如图 12-2 所示的四种。

(1) 阿基米德蜗杆(ZA 蜗杆)。加工时，车刀切削平面通过蜗杆轴线(见图 12-2(a))，与加工普通梯形螺纹时相同。故这种蜗杆与普通螺杆一样，在垂直于其轴线的剖面上，齿廓为阿基米德螺旋线，其齿面为阿基米德螺旋面；在轴向剖面 I—I 上具有直线齿廓，犹如直

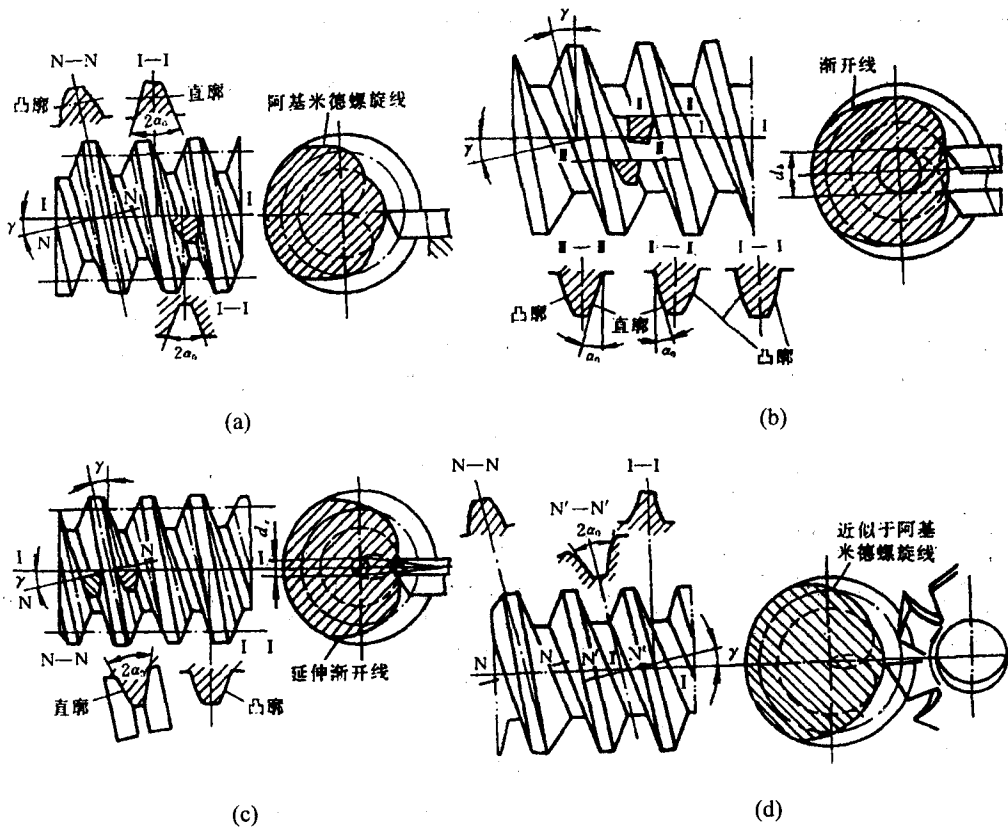


图 12-2 普通圆柱蜗杆的类型

- (a) 阿基米德蜗杆(ZA 蜗杆); (b) 渐开线蜗杆(ZI 蜗杆);
 (c) 法向直廓蜗杆(ZN 蜗杆); (d) 锥面包络圆柱蜗杆(ZK 蜗杆)