



面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

机械设计基础

隋秀梅 张庆玲 郭佳萍 主 编

董晓冰 杨晓辉 金 晶 副主编

面向“十二五”高等学校精品规划教材·机电类

机械设计基础

主 编 隋秀梅 张庆玲 郭佳萍
副主编 董晓冰 杨晓辉 金 晶
参 编 林 源 王 洋 刘宏伟 高玉侠

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书对机械设计基础、公差配合与测量技术、机械工程材料、工程力学等学科的知识进行精简并做了深度融合,以零件为主线使各学科知识有机地结合在一起,不再有明显的学科界限。全书分为六大模块,内容包括:常用连接的选用、带传动和链传动的应用、齿轮传动的设计计算、轴系通用件的选用、轴系结构设计、常用机构的设计。每一个模块的内容以任务驱动的方式给出,设有任务引入、任务分析、任务实施、知识链接等。

本书主要作为高等院校数控技术专业、机电一体化技术专业及模具设计与制造专业的教材,也可作为高职高专、成人专科教育的教材,可供有关专业技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 隋秀梅, 张庆玲, 郭佳萍主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3028 - 5

I. ①机… II. ①隋…②张…③郭… III. ①机械设计 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 015231 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.75

字 数 / 459 千字

版 次 / 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 36.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

近年来,我国高等教育的改革和发展实现了历史性的跨越,培养了大量人才,为我国经济的发展作出了巨大的贡献,但从 IMD 国际竞争力指标体系中的分析数据来看,我国企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才严重不足,这也热切地呼唤着高等院校培养出更多具备全面的知识、能力和综合素质,面向生产、建设、管理、服务第一线的高级应用型专门人才。教育部在 2003 年启动了本科教学评估工作,并在 2007 年提出了本科教育、教学“质量工程”,鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新,形成有利于多样化人才成长的培养体系,满足国家对社会紧缺的创新型人才和应用型人才的需要。

北京理工大学出版社组织知名专家、学者,以培养应用型人才为主题进行深入的研讨,规划出版了这套“面向‘十二五’高等学校精品规划教材·机电类”。着力于培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。

本套教材在规划过程中体现了如下基本原则和特点:

- 学科体系完整,课程间相互衔接紧密。

本套教材根据工程实践需要,按教学体系要求进行整合编排。包括了机电类专业的基础课、专业基础课和部分专业课。除了考虑单门课程自身体系的完整,兼顾不同课程间的衔接。

- 强调实用性和工程概念。

工程的概念体现在整套教材中,以工程实践要求为核心编写教材。

- 减少了部分理论推导方面的内容。

强调概念和应用,减少了部分理论推导。在实验环节强调创新型的实验,减少验证型的实验。

- 结合新技术和新工艺。

充分吸收新技术和新工艺的内容,反映国内外机械学科最新发展。

- 注重培养学生职业能力。加强学生对 Autocad、UG、Pro/E、Mastercam 等

软件进行设计和仿真的能力。

■ 提供教学包，可在北京理工大学出版社网站 [www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn) 下载。

本套教材既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律，又针对本科人才培养目标及与之相适应的教学特点，精心设计写作体例，科学安排知识内容，表达了一批教育工作者和出版人“精心打造精品，教材服务教育”的理念。

本套教材可作为高等教育应用型本科院校机电类相关专业的课程教学用书，也可以作为机电类技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

机械设计基础课程作为高等学校机械类专业的一门重要的专业基础课程，多年来，从未间断教学探索、改革。2007 年教育部换出了本科教育、教学“质量工程”，鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新。在这种形式下，机械设计基础课从教学内容到教学模式到教学方法进行了较大的变革。

教学内容上，本着提高学生职业能力的原则，将机械工程材料、公差配合与测量技术、机械工程力学的知识融入机械设计基础，彻底打破学科间的界限，建设成基于工作过程的课程内容体系。教学模式上，在重构了课程内容的基础上，通过项目引导、案例分析，使学生在完成任务的过程中提高综合能力并掌握理论知识。教学方法上，采用适合项目教学的教学方法，如案例分析法，张贴板法，头脑风暴法等，使学生的学习直观化，趣味化。

本教材作为课程建设的一项主要成果，对于基于工作过程的课程的实施起着重要作用，全书以模块——任务的形式编写，每一任务都有具体的工作内容，使选用者宜教宜学。

本书由隋秀梅、张庆玲、郭佳萍任主编。董晓冰、杨晓辉、金晶任副主编。此外，参加本书编写的还有林源、王洋、刘宏伟、高玉侠。全书由张庆玲统稿，由隋秀梅定稿。

尽管我们在编写的过程中作了许多努力，但限于编者的学术水平，书中难免存在一些疏漏和不妥，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
一、机器的组成及功能	(1)
二、机构	(2)
三、构件与零件	(3)
四、机械设计的基本要求和设计方法	(3)
五、本课程的性质、任务和主要内容	(4)
模块一 常用连接的选用	(5)
任务 1-1 螺纹连接的选用	(5)
1.1 螺纹的形成、类型及参数	(5)
1.2 螺纹连接的类型及常用螺纹连接件	(9)
1.3 螺纹连接的预紧和防松	(12)
知识链接	(14)
思考与练习	(16)
任务 1-2 铰制孔螺栓连接的公差与配合检测	(16)
1.4 光滑圆柱公差与配合基本概念	(16)
1.5 公差与配合标准的主要内容	(19)
1.6 公差与配合的选择	(22)
1.7 光滑工件尺寸的检测	(32)
1.8 普通螺纹的公差与配合	(33)
知识链接	(37)
思考与练习	(40)
任务 1-3 认识金属材料	(41)
1.9 金属材料的力学性能	(41)
1.10 非合金钢	(47)
知识链接	(53)
思考与练习	(53)
任务 1-4 键连接的选用	(54)
1.11 键连接的类型及应用	(54)
1.12 剪切变形及强度计算	(56)
1.13 普通平键连接的选择及强度计算	(58)
知识链接	(60)
思考与练习	(62)

任务 1-5 键及键槽的公差检测	(62)
1.14 形状和位置公差及检测	(63)
1.15 表面粗糙度及检测	(72)
1.16 平键、花键连接的公差与检测	(75)
知识链接	(77)
思考与练习	(79)
模块二 带传动及链传动的应用	(81)
任务 2-1 带传动的设计计算	(81)
2.1 带传动的认识及应用	(82)
2.2 带传动的工作情况分析	(83)
2.3 普通 V 带传动的设计	(86)
2.4 带传动的张紧维护和安装	(95)
知识链接	(98)
思考与练习	(99)
任务 2-2 链传动	(100)
2.5 链传动	(100)
知识链接	(106)
思考与练习	(107)
模块三 齿轮传动的设计计算	(108)
任务 3-1 认识齿轮传动	(108)
3.1 齿轮传动的认识	(109)
3.2 齿廓啮合基本定律	(110)
3.3 渐开线齿廓	(111)
3.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	(113)
3.5 渐开线齿轮的啮合传动	(115)
3.6 渐开线齿轮的切齿原理	(118)
知识链接	(121)
思考与练习	(121)
任务 3-2 安排钢的热处理工序	(122)
3.7 钢在加热、冷却时的组织转变	(123)
3.8 钢的退火与正火	(124)
3.9 钢的淬火	(125)
3.10 钢的回火	(127)
3.11 钢的表面热处理	(127)
3.12 热处理技术条件的标注与工序安排	(129)
知识链接	(131)
思考与练习	(132)

任务 3-3 识别合金钢、铸铁及其他材料	(133)
3.13 合金钢	(133)
3.14 铸铁	(144)
3.15 有色金属及合金	(148)
3.16 非金属材料	(152)
知识链接	(155)
思考与练习	(155)
任务 3-4 设计齿轮传动	(156)
3.17 齿轮的失效形式、常用材料及结构	(156)
3.18 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的设计	(159)
3.19 渐开线直齿圆柱齿轮的检测	(166)
3.20 斜齿圆柱齿轮	(167)
3.21 直齿圆锥齿轮	(171)
3.22 蜗杆传动	(173)
知识链接	(179)
思考与练习	(180)
任务 3-5 齿轮系传动比的计算	(180)
3.23 轮系的认识及应用	(181)
3.24 定轴轮系的传动比计算	(183)
3.25 行星轮系的传动比计算	(185)
3.26 混合轮系的传动比计算	(186)
知识链接	(187)
思考与练习	(188)
模块四 轴系通用件的选用	(190)
任务 4-1 轴承的选用计算	(190)
4.1 轴承合金和粉末冶金	(191)
4.2 滑动轴承	(194)
4.3 滚动轴承的类型及应用	(199)
4.4 滚动轴承的代号	(202)
4.5 滚动轴承的选择计算	(205)
4.6 滚动轴承的组合设计	(210)
4.7 滚动轴承公差与配合	(213)
知识链接	(221)
思考与练习	(222)
任务 4-2 轴间连接件的识别与选用	(222)
4.8 联轴器	(223)
4.9 离合器	(228)
知识链接	(229)

思考与练习	(230)
模块五 轴系结构设计	(231)
任务 5-1 轴的设计	(231)
5.1 轴的分类及材料	(232)
5.2 轴的结构设计	(235)
5.3 力学基本知识	(239)
5.4 传动轴的强度和刚度计算	(246)
5.5 心轴及转轴的强度计算	(251)
5.6 轴的设计	(257)
思考与练习	(261)
模块六 常用机构的设计	(263)
任务 6-1 平面四杆机构的设计	(263)
6.1 平面机构的基本知识	(263)
6.2 平面连杆机构	(271)
6.3 平面四杆机构的基本特性	(275)
6.4 平面四杆机构的设计	(278)
知识链接	(281)
思考与练习	(283)
任务 6-2 凸轮机构的设计	(284)
6.5 凸轮机构的认识及应用	(285)
6.6 凸轮机构的运动规律分析	(287)
6.7 凸轮机构的设计	(290)
知识链接	(295)
思考与练习	(295)
任务 6-3 其他常用机构的认识	(296)
6.8 棘轮机构与槽轮机构	(297)
6.9 螺旋机构	(300)
知识链接	(304)
思考与练习	(304)
参考文献	(305)

绪 论

机器是人类生产和生活中的重要工具，使用机器生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志。图 0-1 所示为企业进行汽车装配时所用的搬动轮胎机械手，它是通过主体部分的平衡机构完成其上下的运动的，通过夹紧部分的开合来完成轮胎的抓取工作，同时该机器中还设有翻转部分，保证搬动的轮胎可有 90 度以上的翻转。那么，你还见过哪些机器呢？

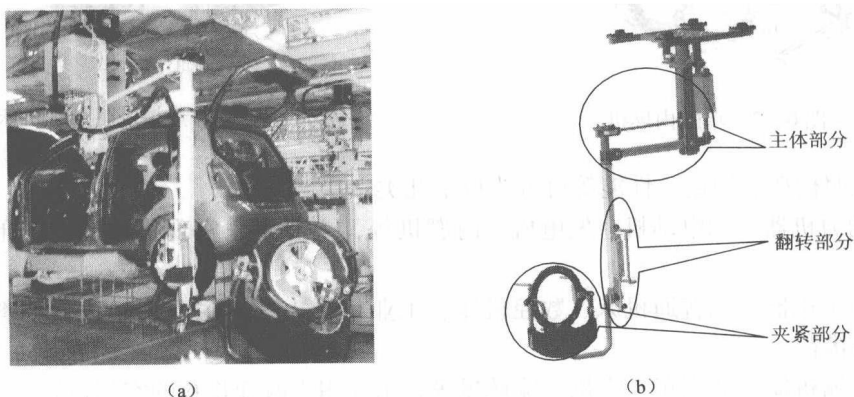


图 0-1 搬轮胎机械手
(a) 机械手工作现场；(b) 机械手简图

一、机器的组成及功能

图 0-2 所示为单缸内燃机，它是由气缸体 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 组成。燃气推动活塞 2 作往复移动，经连杆 5 转变为曲轴 6 的连续转动，从而带动齿轮 10，通过齿轮 10 和齿轮 9 的啮合带动凸轮 7 转动，进而控制进、排气阀的启闭运动。为保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次，曲轴与凸轮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，各构件协调地动作，加上汽化、点火等装置的配合，就把燃气的热能转化为曲轴转动的机械能。

图 0-3 所示为数控铣削加工机床，通过将零件的加工程序输入机床的数控装置中，数控装置控制伺服系统和其他驱动系统，再驱动机床的工作台、主轴等装置的运动，从而完成零件的加工。

由以上实例可以看出，尽管机器的种类很多，其结构、功能和用途各异。但从组成和作

用上来分析, 机器却有着以下共同的特征: ① 任何机器都是由许多实体组合而成的。如图 0-2 所示的单缸内燃机, 是由汽缸、活塞、连杆、曲轴等构件组合而成的; ② 各运动实体之间具有确定的相对运动; ③ 能实现能量的转换、代替或减轻人类的劳动, 完成有用的机械功。我们把同时具有以上三个特征的实物组合称为机器。

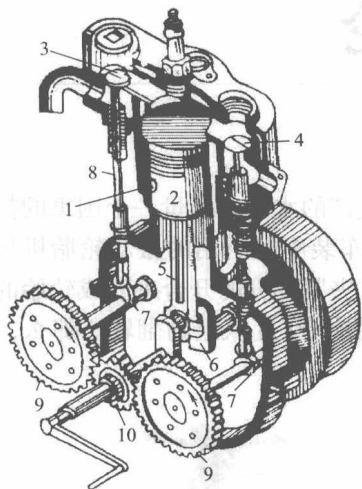


图 0-2 单缸内燃机

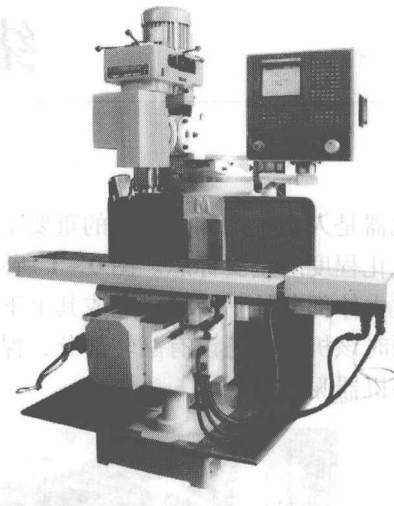


图 0-3 数控铣削加工机床

机器按照构造、用途、性能等可分为以下几类:

(1) 动力机器。如电动机、发电机、内燃机等, 主要用来实现机械能与其他形式能量间的转换。

(2) 加工机器。如普通机床、数控机床、工业机器人等, 主要用来改变物料的结构形状、性质和状态。

(3) 运输机器。如汽车、飞机、输送机等, 主要用来改变物料的空间位置。

二、机构

机构是用来传递运动和力的各实物的组合。如图 0-1 (b) 所示的缝纫机脚踏板机构, 它是由踏板 3、连杆 2、曲轴 1 和机架 4 组成, 各实物之间用运动副连接。由此可见, 机构具有机器的前两个特征, 是机器的组成部分。

机器与机构的区别在于: 机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量的转换; 机构的主要功用在于传递或转变运动的形式, 不能做机械功, 也不能实现能量转换。例如发动机、机床、轧钢机、纺织机和拖拉机等都是机器, 而钟表、仪表、千斤顶、机床中的变速装置或分度装置等都是机构。通常的机器必包含一个或一个以上的机构。图 0-2 所示的单缸内燃机, 其中就有一个曲柄连杆机构, 用来将汽缸内活塞的往复运动转变为曲柄(曲轴)的连续转动。

如果不考虑做功或实现能量转换, 只从结构和运动的角度来看, 机器和机构没有区别, 而将它们总称为机械, 即机械是机器与机构的总称。

三、构件与零件

构件是机构中参加运动的单元体, 具有独立的运动特性, 它是运动的单元, 一个构件可

以是不能拆开的单一整体,如图0-2所示的曲轴6;也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚性体,如图0-4中所示的内燃机中的连杆,它是由连杆体、连杆盖和连接连杆体和连杆盖的螺钉组成(如(b)、(c)、(d)所示),内燃机工作时,连杆作为一个整体参加运动。

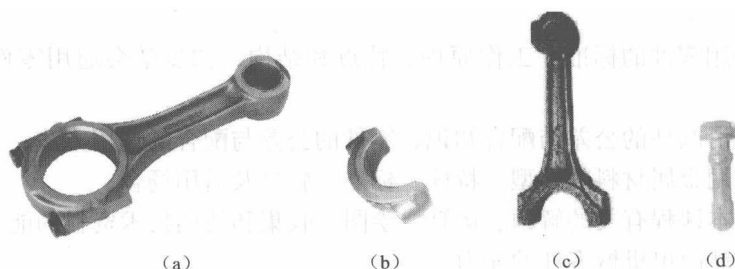


图0-4 连杆

(a) 连杆; (b) 连杆盖; (c) 连杆体; (d) 连接螺钉

零件是机械中的制造单元,是组成机械的不可拆的基本单元,如图0-4中的螺钉、连杆体、连杆盖等。机械中的零件按功能和结构特点又可分为通用零件和专用零件。各种机械中普遍使用的零件是通用零件,如螺钉、键、齿轮、轴承等。仅在某些专门行业中才用到的零件称专用零件,如内燃机活塞、机床床身、汽轮机叶片等。

四、机械设计的基本要求和设计方法

1. 设计要求

(1) 满足使用要求。设计的机器必须完成规定的功能,在规定的条件下和预期的寿命期间内能可靠地工作,并且操作简单、维修方便。

(2) 满足经济性要求。经济性指标是一项综合性指标。所设计的机械产品应满足使用要求的前提下,尽量使得产品的设计制造成本低、能源材料耗费少、维护管理费用低,而生产率和机械效率高。

(3) 满足其他要求。如要求机械产品外形美观、装拆容易、噪声小等。

2. 设计方法

机械零件的设计方法很多,如理论设计法、类比法、实验法、计算机辅助设计法等。机械零件的一般设计步骤为:

- (1) 根据使用要求,选择零件的类型及结构形式;
- (2) 按工作情况,确定作用在零件上的载荷;
- (3) 根据工作要求,合理选择零件材料;
- (4) 分析零件的主要失效形式,按照相应的设计准则,确定零件的基本尺寸;
- (5) 设计零件的结构及尺寸,并进行必要的强度、刚度校核计算;
- (6) 绘制零件工作图。

五、本课程的性质、任务和主要内容

本课程是一门综合性较强的技术基础课,在培养学生掌握机械的基本知识方面起着非常

重要的作用。本课程的具体任务和要求如下：

- (1) 了解理论力学知识，会进行一般的静力学问题分析与简单计算；
- (2) 掌握零件的强度计算方法，能对零件进行相应的强度计算；
- (3) 了解常用机构及机械传动的组成，理解其工作原理，特点和应用，能对常用机构进行设计计算；
- (4) 掌握通用零件的标准、工作原理、特点和结构，初步学会通用零件选用及设计的基本方法；
- (5) 掌握光滑圆柱的公差与配合知识，零件的公差与配合的选用方法；
- (6) 掌握常用金属材料的类型、特性、标准、牌号及适用场合；
- (7) 具有与本课程有关的解题、运算、绘图、收集和使用技术资料的能力；
- (8) 具有设计简单机械零件的能力。

模块一

常用连接的选用

任务 1-1 螺纹连接的选用



任务引入

图 1-1 所示是直齿圆柱齿轮减速器，它的上下箱体的连接、轴承盖与箱体的连接、视孔盖与箱体的连接等都是采用的螺纹连接，螺纹连接具有结构简单、连接可靠、装拆方便等特点。本任务就是完成螺纹连接的选用工作。

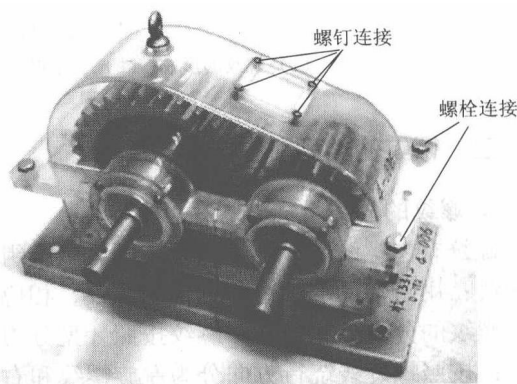


图 1-1 减速器中的螺纹连接



任务分析

螺纹连接在生产实践中有着广泛的应用，那么螺纹是怎样形成的？它的主要参数有哪些？常用的螺纹连接有哪些常用类型？在使用过程中如何对其进行预紧和防松？学习了以下知识后，不仅能回答上述问题，还能完成减速器中螺栓和螺钉的选用。



相关知识

1.1 螺纹的形成、类型及参数

一、螺纹的形成

如图 1-2 (a) 所示，假想将一直角三角形 ABC 绕一圆柱体旋转一周，并使底边 AB 与圆柱体底面圆周相重合，斜边 AC 所形成的曲线叫做螺旋线。选择一定形状的平面，如三角

形 [图 1-2 (b)]、矩形 [图 1-2 (c)]、梯形 [图 1-2 (d)] 和锯齿形 [图 1-2 (e)] 等沿螺旋线运动, 并保持此平面图形始终在通过圆柱体轴线的平面内, 则此平面图形的轮廓线在空间的轨迹便形成螺纹。

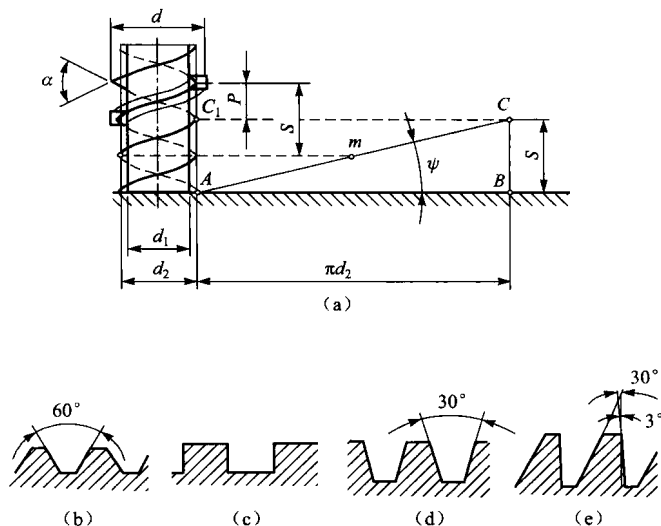


图 1-2 螺纹形成及螺纹牙

(a) 螺纹的形成; (b) 三角形; (c) 矩形; (d) 梯形; (e) 锯齿形

二、螺纹的类型和主要参数

1. 螺纹的分类

螺纹有内螺纹和外螺纹之分, 两者旋合组成螺旋副, 即螺纹副。用于连接的螺纹称为连接螺纹; 用于传动的螺纹称为传动螺纹, 相应的传动称为螺旋传动。

螺纹的分类方法很多, 螺纹按照牙型分为三角形螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹等; 按照螺旋线绕行方向分为左旋螺纹和右旋螺纹; 按照螺旋线的数目分为单线螺纹和等距排列的多线螺纹; 按照母体形状分为圆柱螺纹和圆锥螺纹。

2. 螺纹的主要参数

现以圆柱普通螺纹为例说明螺纹的主要几何参数。

(1) 螺纹线数 n 。单线螺纹 ($n=1$) 为一条螺旋线所形成的螺纹 [图 1-3 (a)]。由两条或两条以上 ($n \geq 2$) 在轴向等距分布的螺旋线所形成的螺纹称为多线螺纹 [图 1-3 (b)]。一般为了加工方便取 $n \leq 4$ 。

(2) 螺纹的旋向。螺纹的旋向是螺旋线在圆柱面上的旋转方向。按照螺纹的旋向不同, 分为右旋和左旋, 顺时针方向旋入的螺纹为右旋螺纹, 逆时针方向旋入的螺纹为左旋螺纹。螺纹的旋向可用右手法则来判别: 手心对着自己, 四指沿螺纹轴线方向伸直, 螺纹的旋向与右手大拇指指向一致则为右旋螺纹 [图 1-4 (b)]; 反之为左旋螺纹 [图 1-4 (a)]。一般常用右旋螺纹, 也叫正扣。

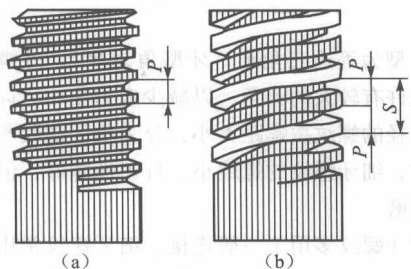


图 1-3 螺纹的线数

(a) 单线; (b) 多线

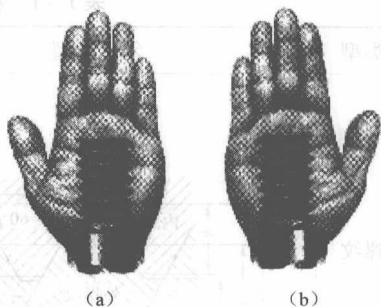


图 1-4 螺纹的旋向

(a) 左旋; (b) 右旋

(3) 大径 D 、 d 。与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱的直径，称为大径，即螺纹的最大直径，如图 1-5 所示。其中内螺纹大径用 D 表示，外螺纹大径用 d 表示。螺纹大径为普通螺纹的公称直径，代表螺纹的规格尺寸。

(4) 小径 D_1 、 d_1 。与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱的直径，称为小径，即螺纹的最小直径，如图 1-5 所示。其中内螺纹小径用 D_1 表示，外螺纹小径用 d_1 表示。在强度计算中作为危险剖面的计算直径。

(5) 中径 D_2 、 d_2 。中径是圆柱的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等处的假想圆柱的直径，如图 1-5 所示。其中内螺纹中径用 D_2 表示，外螺纹中径用 d_2 表示。

(6) 螺距 P 。相邻两牙在螺纹中径线上对应两点间的轴向距离，称为螺距，用 P 表示，如图 1-5 所示。

(7) 导程 S 。同一条螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离，用 S 表示， $S = nP$ 。如图 1-3 (b)。

(8) 螺纹升角 ψ 。螺纹升角是指在中径圆柱上螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线的平面的夹角，用 ψ 表示 (图 1-2)。

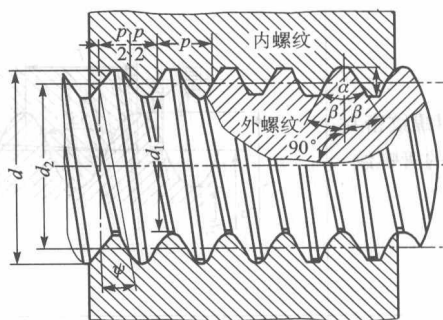


图 1-5 螺纹的主要参数

$$\tan \psi = \frac{S}{\pi d_2} \quad (1-1)$$

(9) 牙型角 α 。牙型角是指在螺纹牙型上相邻两牙侧边的夹角 (图 1-5)。

(10) 牙侧角 β 。螺纹牙型侧边与垂直于螺纹轴线的平面的夹角。对称牙型 $\beta = \alpha/2$ (图 1-5)。

3. 常用螺纹的种类、特点及应用

表 1-1 列出了机械中常用螺纹的类型与特点。