

机械工程及自动化专业 毕业论文

课题名称：齿轮的加工方法

摘 要

人们的生产和生活广泛使用各种机器。随着近代科学技术的发展，人类运用各方面的知识和技术，不断创新出各种新型的机器，因此“机器”也有了新含义。本设计研究的对象是为机械中常见的齿轮传动、齿轮的校核和基本设计理论、计算方法以及一些零件的选择和维护。各部分内容都是按照工作原理、结构、强度计算、使用维护的顺序介绍的。随着科学技术的发展，对设计的理解在不断的深化，设计方法也在不断的发展，然而常规的设计方法是工程技术人员进行机械设计的重要基础。设计的传动方案满足其工作要求，具有结构紧凑、便于加工、使用维护方便等特点。

【关键词】： 齿轮传动 设计理论 计算过程 齿轮校核。

目 录

一 摘要.....	1
前言.....	3
二 齿轮加工工艺.....	4
第一章 齿轮转动基础知识	4
第二章 齿轮的发展历史及我国齿轮发展现状	6
第三章 齿轮的种类及应用范围	9
第四章 齿轮加工方法及工艺过程.....	14
三 结束语	18
四 参考文献	18

前 言

齿轮是工业生产中的重要基础零件，其加工质量和加工能力反映一个国家的工业水平。实现齿轮加工的数控化和自动化，加工和检测的一体化是目前齿轮加工的发展趋势。

齿轮加工机床系指用齿轮切削工具加工齿轮齿面或齿条齿面的机床及其配套辅机。齿轮机床按加工原理分为两类，仿形法和范成法(或称展成法)。仿形法是用刀具的刀刃形状来保证齿轮齿形的准确性，用单分齿来保证分齿的均匀。范成法是按照齿轮啮合原理进行加工，假想刀具为齿轮的牙形，它在切削被加工齿轮时好似一对齿轮啮合传动，被加工齿轮就是在类似啮合传动的过程中被范成成形的，范成法具有加工精度高，粗糙度值低，生产率高等特点，因而得到广泛应用，范成法按其加工方法和加工对象分为：

(1) 插齿机：多用于粗、精加工内外啮合的直齿圆柱齿轮，特别适用于双联、多联齿轮，当机床上装有专用装置后，可以加工斜齿圆柱齿轮及齿条。

(2) 滚齿机：可进行滚铣圆柱直齿轮、斜齿轮、蜗轮及花键轴等加工。

(3) 剃齿机：按螺旋齿轮啮合原理用剃齿刀带动工件(或工件带动刀具)旋转剃削圆柱齿轮齿面的齿轮再加工机床。

(4) 刨齿机：用于外啮合直齿锥齿轮加工。

(5) 铣齿机：用于加工正交、非正交(轴交角不等于 90)的弧齿锥齿轮、双曲线锥齿轮加工。

(6) 磨齿机：用于热处理后各种高精度齿轮再加工。

第一章 齿轮转动基础知识

1. 概述

齿轮传动是应用最广泛的传动机构之一。

齿轮传动的主要优点是：适用的圆周速度和功率范围广；效率较高，一般 $\eta = 0.94 \sim 0.99$ ；传动比准确；寿命较长；工作可靠性较高；可实现平行轴、任意角相交轴和任意角交错轴之间的传动。

齿轮传动的主要缺点是：要求较高的制造和安装精度，成本较高；不适宜远距离两轴之间的传动。

齿轮传动的类型很多，最常见的是：两轴线相互平行的圆柱齿轮传动，两轴线相交的圆锥齿轮传动，两轴线交错在空间既不平行也不相交的螺旋齿轮传动。

圆柱齿轮传动又可分为直齿圆柱齿轮传动，斜齿圆柱齿轮传动和人字齿圆柱齿轮传动。按照轮齿排列在圆柱体的外表面、内表面或平面上，它又可分为外啮合齿轮传动、内啮合齿轮传动和齿轮齿条传动（图 3-27 a. b. c）。

此外，按照齿轮传动的工作条件又分为开式传动和闭式传动

直齿圆柱齿轮的构造最简单，应用最广泛，本章仅以它为典型，分析齿轮传动的基本原理和设计计算的基本方法



2. 齿廓啮合的基本定律

对齿轮传动的基本要求是其瞬时角速度之比(传动比)必须保持恒定,否则,当主动轮以等角速度回转时,由于从动轮角速度的变化,而产生惯性力。这种惯性力不仅影响齿轮的寿命,而且还引起机器的振动和噪音,影响其传动质量。齿廓啮合基本定律就是研究当齿廓形状符合什么条件时才能满足这个基本要求。

图所示出一对齿廓的啮合,两啮合齿轮的齿廓 E_1 和 E_2 在 K 点相接触。两轮的角速度分别为 ω_1 和 ω_2 , v_{K1} 为齿廓 E_1 上 K 点的速度, $v_{K1} = \omega_1 \times O_1K$; v_{K2} 为齿廓 E_2 上 K 点的速度, $v_{K2} = \omega_2 \times O_2K$ 。

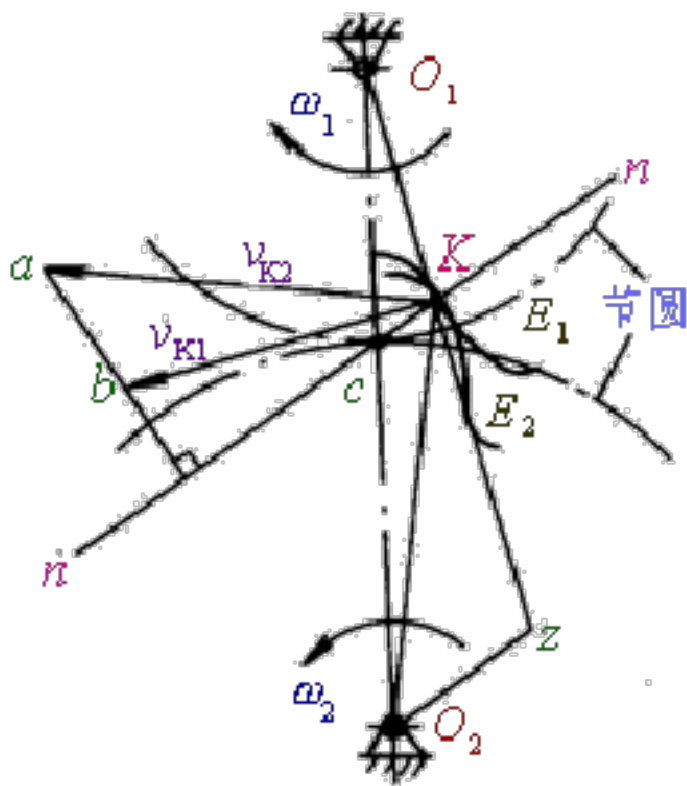


图3-28 一对齿廓的啮合

过 K 点作两齿廓的公法线 nn 交连心线于 C 点, 由于两齿廓在啮合过程中不应互相压入或分离, 所以 v_{K1} 和 v_{K2} 在 nn 方向的分速度应相等, 故 $ab \perp nn$ 。

过 O_1 作 $O_1z \parallel nn$, 与 O_1K 的延长线交于 z 点, 因 $\triangle Kab$ 与 $\triangle KO_1z$ 的对应边互相垂直, 故 $\triangle KO_1z \sim \triangle Kab$, 因而:

$$\frac{Kz}{O_1K} = \frac{Kb}{Ka} = \frac{v_{K1}}{v_{K2}} = \frac{(\omega_1 \times O_1K)}{(\omega_2 \times O_1K)}$$

即
$$\frac{Kz}{O_1K} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

又因 $\triangle KO_1z \sim \triangle KO_2c$, $cK \parallel O_2z$ 故

$$\frac{Kz}{O_1K} = \frac{O_2c}{O_2c}$$

因而得:
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2c}{O_1c} \quad (3-34)$$

上式说明两轮的角速度与连心线被齿廓接触点的公法线所分得的两线段成反比。

由此可见, 要使两轮的传动比恒定, 应使比值 O_2c/O_1c 为常数。因两齿轮中心距 O_1O_2 为定长, 故欲满足上述要求, 必须使 c 点为连心线上的一个固定点。此

固定点 c 称为节点。两轮齿廓不论在任何位置接触，过接触点所作的齿廓公法线都必须通过中心连线的一定点，这就是齿廓啮合基本定律。

凡能满足齿廓啮合基本定律的一对齿廓称为共轭齿廓。齿廓曲线的选择要求满足齿廓啮合基本定律之外，还必须考虑制造、安装和强度要求。在机械中，通常采用渐开线齿廓、摆线齿廓和圆弧齿廓等，其中渐开线齿廓应用最广。本章仅讨论渐开线齿轮传动。

如图 3-28 所示，分别以 O_1 和 O_2 为圆心，以 O_1c 、 O_2c 为半径，过节点 c 点所作的两个相切的圆称为节圆。¹式 3-34 也说明一对节圆²的圆周速度相等，也说明一对齿轮传动时，它的一对节圆是在作纯滚动。

第二章 齿轮的发展历史及我国齿轮发展现状

据史料记载，远在公元前 400~200 年的中国古代就已开始使用齿轮，在我国山西出土的青铜齿轮是迄今已发现的最古老齿轮，作为反映古代科学技术成就的指南车就是以齿轮机构为核心的机械装置。17 世纪末，人们才开始研究能正确传递运动的轮齿形状。18 世纪，欧洲工业革命以后，齿轮传动的应用日益广泛，先是发展摆线齿轮，而后是渐开线齿轮。一直到 20 世纪初，渐开线齿轮已在应用中占了优势。

国外齿轮发展情况：

早在 1694 年，法国学 Philippe De La Hire 先提出渐开线可作为齿形曲线。1733 年，法国人 M. Clause 提出轮齿接触点的公法线必须通过中心连线上的节点。一条辅助瞬心线分别沿大轮和小轮的瞬心线（节圆）纯滚动时，与辅助瞬心线固联的辅助齿形在大轮和小轮上所包络形成的两齿廓曲线是彼此共轭的，这就是 Camus 定理。它考虑了两齿面的啮合状态，明确建立了现代关于接触点轨迹的概念。1765 年瑞士的 L. Euler 提出渐开线齿形解析研究的数学基础，阐明了相啮合的一对齿轮，其齿形曲线的曲率半径和曲率中心位置的关系。后来 Savary 进一步完成这一方法，成为现在的 Euler-Savary 方程。对渐开线齿形应用作出贡献的是 Robert Willis 他提出中心距变化时，渐开线齿轮具有角速比不变的优点。1873 年德国工程师 Hoppe 提出，对不同齿数的齿轮在压力角改变时的渐开线齿形，从而奠定了现代变位齿轮的思想基础。

19 世纪末，展成切齿法的原理及利用此原理切齿的专用机床与刀具的相继出现，使齿轮加工具有较完备的手段后，渐开线齿形更显示出巨大的优越性。切齿时只要将切齿工具从正常的啮合位置稍作移动就能用标准刀具在机床上切出相应的变位齿轮。1908 年，瑞士 MAAG 研究了变位方法并制造出展成加工插齿机。后来，英国 BSS、美国 AGMA、德国 DIN 相继对齿轮变位提出了多种计算方法。

为了提高动力传动齿轮的使用寿命并减小其尺寸。除从材料、热处理及结构等方面改进了外圆弧齿形的齿轮获得了发展。1907 年，英国人 Frank

Humphris 最早发表了圆弧齿形。1926 年，瑞士人 Eruest Wildhabe 取得法面圆弧齿形斜齿轮的专利权。1955 年，苏联的 M·L Novikov 完成了圆弧齿形齿轮的实用研究并获得列宁勋章。1970 年，英国 Rolls-Royce 公司工程师 R·M. Studer 取得了双圆弧齿轮的美国专利。这种齿轮现已日益为人们所重视，在生产中发挥了显著效益。

我国的情况

新中国成立后，当时基本上没有生产齿轮的能力，经过第一、二个五年计划的努力。我国初步形成了一套包括汽车、机床、重型机械、电站设备、石油化工与通用设备等机械制造能力，同时，齿轮制造业也随着发展起来。到 1963 年左右。我国不仅已能成批生产齿轮，而且一般规格的齿轮机床与刀具、量仪也能由国内制造。后来，国家新建和改建了一大批齿轮与齿轮箱的专业厂与专业车间。进一步扩大了齿轮配套的生产能力，到 70 年代末，已基本形成我国齿轮制造工业的完整体系。

圆柱齿轮在机械产品中应用广泛，品种、规格繁多。长期来，在齿形上以采用渐开线齿形为主。在一般设计中较多采用中碳钢（或中碳合金钢）调质处理的齿轮（也称软齿面齿轮）。很少采用低碳合金钢经渗碳淬火处理的齿轮（也称硬齿面齿轮）。在工艺上，对于如汽车、拖拉机工业中大批生产的中、小模数齿轮；通常采用滚（插）齿—剃（挤）齿—热处理—珩齿工艺。对于冶金、矿山、起重运输、通用等机械中所用的大、中模数齿轮，一般采用调质处理—滚齿工艺；对于电站、石油化工、冶金、船用等机械中的高速齿轮多数采用调质处理—滚齿—剃齿工艺，但近年来，滚齿—渗碳—淬火处理—磨齿工艺逐渐发展起来。

1959 年以后，针对当时渐开线齿轮齿面接触强度差、工艺水平低、质量差的薄弱环节，我国从苏联引进了圆弧齿轮的科技成果，利用轴向共轭代替端面共轭和利用圆弧齿轮齿面接触强度比较高的特点，代替了不少机械产品的渐开线齿轮，70 年代末，在一系列高速与低速传动中成功地应用单圆弧齿轮的基础上，采用双圆弧齿轮代替单圆弧齿轮，使抗弯强度提高 40%~60%，工艺上改善了，应用范围获得了进一步扩大。

1970 年以来，工业发达国家随着机械产品功率与参数的提高，对齿轮结构尺寸、性能与可靠性要求也提高了，硬齿面齿轮日益发展。目前正在对硬齿面齿轮的设计、工艺、材料热处理、试验等进行一系列研究。我国已经研制出一批较高设计参数的硬齿面齿轮，如应用于压缩机与轧钢机的齿轮功率 3000~4500kw，圆周速度 140~152m/s，负荷系数 180~310N/cm² 精度等级 4~5 级；已能成批制造用于加工硬齿面的超硬刀具；国产新系列滚齿机已能适应加工硬齿面齿轮的需要。

为了进一步提高齿轮的精度水平，我国正在贯彻 JB179-83“渐开线圆柱齿轮精度标准”，普遍提高了对齿轮量仪的要求。目前对于中等尺寸以下的中小模数齿轮，各种量仪已基本配套，大模数齿轮上置式周节测量仪已研制出来；1968 年我国首创了齿轮整体误差测量理论和方法，1970 年运用这一方法研制成了截

面整体误差测量仪，从而将我国齿轮测量技术发展到了动态综合测量的新阶段。

近年来，结合贯彻齿轮精度标准，广泛开展了基础工艺技术的研究试验，如精滚工艺试验、确定经济工艺的技术条件和精度等级；修磨剃齿刀齿形获得齿轮理想接触区试验；改变刀具材料实现硬齿面剃齿的试验；采用负变位剃齿刀消除齿面中凹试验。“改变珩齿结构和材料，提高齿面精度质量；磨齿修缘与齿向修形的试验等等，都大大促进了齿轮精度水平的提高。

汽车、拖拉机、矿山及运输设备等所用的螺旋圆锥齿轮，大多采用美国格利森制。这种齿轮生产批量大，但因切齿计算与调整繁复，生产上难以获得理想的轮齿接触区，制造质量差，使用寿命不高。七十年代以来，在引进国外加工设备与整套电算程序基础上；开展对螺旋锥齿轮啮合理论的研究消化掌握其程序软件。在生产上已取得成效。

在要求单级减速比大、传递扭矩大的传动中，大多采用蜗杆副，一般设计为轴向直廓的圆柱蜗杆副。多数用在传递运动的机床上和功率不大的动力传动中，为改善齿面润滑条件提高承载性能，发展了一种圆弧圆柱蜗杆副。与此同时，针对大中型重载传动，还发展了直廓环面蜗杆副与平面包络环面蜗杆副。这些蜗杆减速器均有工厂成批生产。另外，各种行星式传动发展迅速。有低速行星齿轮减速器、高速行星齿轮箱，还有摆线针轮减速器、各种少齿差减速器与谐波齿轮减速器等。目前，我国每年生产各种齿轮减速器已达十多万台。

我国越来越多的人掌握了齿轮啮合原理的分析方法，对复杂曲面的几何计算还提供了各种计算方法，一般能从啮合理论的观点，分析计算各种齿轮的参数。因而提高了我国齿轮设计的水平。我国在齿轮材料、热处理技术与齿轮试验技术与测试方法方面也积累了不少的经验。综上所述，我国齿轮生产已达相当规模。设计与工艺水平不断提高，有一批齿轮产品已经接近或达到国际水平，但就总体来讲还有一定差距，需要我们共同努力，狠抓薄弱环节，才能有更大进展。

发展趋势

国际上，动力传动齿轮装置正沿着小型化、高速化、标准化方向发展。特殊齿轮的应用、行星齿轮装置的发展、低振动、低噪声齿轮装置的研制是齿轮设计方面的一些特点。为达到齿轮装置小型化目的，可以提高现有渐开线齿轮的承载能力。各国普遍采用硬齿面技术，提高硬度以缩小装置的尺寸；也可应用以圆弧齿轮为代表的特殊齿形。英法合作研制的舰载直升飞机主传动系统采用圆弧齿轮后，使减速器高度大为降低。随着船舶动力由中速柴油机代替的趋势，在大型船上采用大功率行星齿轮装置确有成效；现在冶金、矿山、水泥一轧机等大型传动装置中，行星齿轮以其体积小、同轴性好、效率高的优点而应用愈来愈多。

由于机械设备向大型化发展，齿轮的工作参数提高了。如高速齿轮的传递功率为 1000-30000kw。齿轮圆周速度为 20~200m/s (1200-12000r/min)，设计工作寿命为 5X10⁴-10X10⁴ 小时；轧钢机齿轮的圆周速度已由每秒几米提高到 20m/s，甚至 30~50m/s。传递扭矩达 100~200t.m，要求使用寿命在 20~30 年以

上。这些齿轮的精度等级一般在 3~8 级。并对平稳性与噪声有较高的要求。对于高速齿轮在圆周速度超过 100m/s 时，由于运转中的热效应 要求在设计时对产生的热变形进行修正，使齿轮在工作时达到一个正常的啮合状态。特别对于高速重载齿轮，更要加以考虑。其次，对于低速重载齿轮 如轧钢机齿轮，由于采用硬齿面齿轮后，其齿面负荷系数增加而引起的整个齿轮装置系统的弹性变形变得突出了，所以有时也要对反映到齿面的弹性变形进行修正。这种对齿轮轮齿修形的技术是目前大功率、高速、重载齿轮制造的一个重要趋势。在齿轮制造技术方面，重点是进行硬齿面加工，尤其是大型硬齿面齿轮的切切与热处理工艺的发展，如超硬切齿、滚内齿、成形磨齿、大模数齿轮珩齿、弹性砂轮抛光、轮齿修形、以及深层沙碳等新工艺正在生产上不断地试验与应用。

齿轮制造工艺的发展很大程度上表现在精度等级与生产效率的提高。自七十年代以来各种齿轮的制造精度，普遍提高一级左右。有的甚至 2~3 级。一般低速齿轮精度由过去的 8~9 级提高到 7~8 级。机床齿轮由 6~8 级提高到 4~6 级。轧机齿轮由 7~8 级提高到 5~6 级。

对于模数不大的中小规格齿轮，由于高性能滚齿机的开发，加上刀具材料的改善，滚齿效率有了显著提高。采用多头滚刀，在大进给条件下，可达到的切削速度为 90m/s 。如用超硬滚刀加工模数 3 左右的调质钢齿轮，切削速度可达 200m/s 。

第三章 齿轮的种类及应用范围

一. 齿轮的种类

按照齿圈上轮齿的分布形式，可分为直齿，斜齿，人字齿轮；按照齿圈上轮齿的齿形，可分为渐开线齿轮和摆线齿轮等；按照轮体的结构特点，齿轮大致分为盘形齿轮，套筒齿轮，内齿轮，轴齿轮，扇形齿轮和齿条等。

以上各种齿轮中，以渐开线齿形直齿盘形圆柱齿轮应用最为广泛。盘形齿轮的内孔多位精度较高的圆柱孔或花键孔，其轮沿具有一个或几个齿圈。单齿圈齿轮的结构工艺性最好，可采用任何一种齿形加工方法加工齿轮；双联或三联等多齿圈齿轮。

齿轮精密锻造技术源于德国。早在 50 年代，由于缺乏足够的齿轮加工机床，德国人开始用闭式热模锻的方法试制锥齿轮。其中的主要特征是

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/478006055123007000>