ZHICHIGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE

QINGGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE XILIE

# 制齿工操作技术要领图解

丛书主编 王志鑫
本书主编 时 建

青工操作技术要领图解系列



山东科学技术出版社 www.lkj.com.cn

需要全本请访问 www.ertongbook.com

## 内容提要



本书以目前常见的、应用较广泛的滚齿、铣齿、插齿、磨齿、珩齿等齿轮加工方法为主，对掌握这些加工方法所必要的机床知识、齿轮知识、制图知识、齿轮检验知识等也作了介绍。由于齿轮制造是一门复杂的系统工程，涉及的知识较广泛，书中内容仅针对初级、中级制齿工要掌握的必要知识，因此，读者要想更深入更详细地掌握有关齿轮加工的知识，还需要查阅有关手册和其他书籍。对于阅读了本书

的初学者，也必要在有经验的高级制齿工或技师指导下进行现场操作。

本书图文并茂，条理清楚，通俗易懂，在同类书籍中独具特色，可作为制齿工上岗培训或专业技能培训教材，也可作为初、中级制齿工进行职业资格技能鉴定的指导用书。

# 前言



随着工业技术的发展和改革开放的不断深入，我国城乡建设急需大量的技能人才，职业技能培训是提高劳动者素质、增强劳动者就业能力的有效措施。为满足广大青年学习技术、掌握操作技能的要求，以及社会力量办学单位和农村举办短期职业培训班的需求，特别是满足下岗职工转岗和农民工进城务工的需求，我们组织编写了这套浅显易懂、图文并茂的培训教材。

本套培训教材本着以职业活动为导向，以职业技能为中心的指导思想，以国家劳动和社会保障部颁布的职业资格鉴定标准中的初级（国家资格 缘级）内容为主，涉及少量的中级（国家资格 源级）内容，以实用、够用的原则，突出技能操作，以图解的形式，配以简明的文字来说明具体的操作过程与操作工艺，有很强的针对性和实用性，克服了传统培训教材中理论内容偏深、偏多、抽象的弊端，增添了“四新”知识，突出了理论与实践的结合。让学员既学到真本事，又可应对

技能鉴定考试，体现了科学性和实用性。

本套培训教材介绍的内容是从业者应掌握的基本知识和基本操作技能，书中提供的典型实例都是成熟的操作工艺，便于学习者模仿和借鉴，减少了学习的弯路，使其能更方便、更好地运用到实际生产中去，是学习者从业和就业的良师益友。

本套培训教材在编写过程中，参考了国内外有关著作和研究成果，邀请了部分技术高超、技艺精湛的高技能人才进行示范操作，在此谨向有关参考资料的作者、参与示范操作的人员以及帮助出版的有关人员、单位表示最诚挚的谢意。

本书参加编写的人员有：张兆阳第二章，王再兴第三章，叶芬第四章，周东文第五章，董瑞丽第六章，许教伍第八章，时建第一章、第七章；书中图片由各章编者自行收集、绘制，部分照片由周东文拍摄。在编写过程中得到了山东技师学院、济南齿轮厂的大力支持，在此对本书顾问韩树忠和谢安国两位高级工程师表示感谢！

由于编者水平有限，编写时间仓促，疏漏不当之处在所难免，敬请专家和读者朋友批评指正。

编　者

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 目录




第一章　齿轮及齿轮加工的基本知识 1
　第一节　齿轮的基本知识 1
　第二节　齿轮的画法 4
　第三节　常见机床的基础知识 6
　第四节　齿轮加工基础知识 8
第二章　滚齿加工 11
　第一节　滚齿机的类型和功能 11
　第二节　滚齿原理与加工工艺守则 17
　第三节　齿轮滚刀 21
　第四节　滚齿机切齿前的调整 26
　第五节　滚切齿数大于 80 的质数齿轮 31
　第六节　蜗轮加工 33
　第七节　滚齿加工常见缺陷及消除方法 36
第三章　铣齿加工 38
　第一节　铣床简介 38
　第二节　齿轮铣削 41
　第三节　齿条铣削 43
第四章　插齿加工 46
　第一节　插齿机的型号及技术参数 46
　第二节　插齿的工作原理与方法 48

第三节　插齿加工步骤 [illegible]
第五章　剃齿加工及珩齿加工 [illegible]
第一节　剃齿机的功能 [illegible]
第二节　剃齿的工作原理 [illegible]
第三节　剃齿机加工方法及步骤 [illegible]
第四节　珩齿加工 [illegible]
第六章　磨齿加工 [illegible]
第一节　磨齿机的分类、工作原理及传动原理 [illegible]
第二节　再现表型磨齿机的传动系统、切齿调整及关键部件的技术要求 [illegible]
第三节　磨齿加工工艺守则 [illegible]
第四节　磨齿的基础知识 [illegible]
第五节　提高磨齿生产率的几个问题 [illegible]
第六节　磨齿常见误差及其原因 [illegible]
第七章　齿轮测量 [illegible]
第一节　齿轮公法线的相关测量 [illegible]
第二节　齿轮其它尺寸的测量 [illegible]
第八章　齿轮制造业的发展趋势 [illegible]
第一节　齿轮制造业概述 [illegible]
第二节　齿轮制造业的发展趋势 [illegible]
主要参考书目 [illegible]

# 第一章　齿轮及齿轮加工的基本知识

【学习要求】

员.了解齿轮传动的基本知识及齿轮的分类和结构。

圆.掌握国家标准规定中齿轮的画法。

猿.了解常见金属切削机床的基本知识和常见齿轮加工的方法。

## 第一节　齿轮的基本知识

齿轮机构是现代机械中应用最广泛的一种传动机构，其作用是传递空间任意两个轴或多个轴之间的运动（一般是转动）和力，把一个轴的转动传递给另一个轴，以达到变速、换向等目的。与其它常用传动机构相比，齿轮机构的主要优点是结构紧凑，工作可靠，效率高，寿命长，传动比准确，能保证恒定的传动比，适用范围广；主要缺点是制造及安装精度要求高，价格较贵，不适宜于两轴间距离较大的场合。

齿轮机构是用来传递运动和力的，那么就存在运动和力传递的方向，也就是把一根轴（粤）的运动传递到另一根轴（月）上，使轴（月）跟随轴（粤）一起运动。换句话说，如果没有传动机构（在同一

参考系内),轴(月是静止的,轴(粤是运动的。因此,运动的轴(粤称为主动轴,原本静止的轴(月称为从动轴。同样,这两根轴间传递运动的齿轮机构,也分为主动齿轮和从动齿轮(简称主动轮和从动轮)。在齿轮机构中,主动轴(粤上的齿轮叫做该齿轮机构的主动轮,从动轴(月上的齿轮叫做该齿轮机构的从动轮。需要特别说明的是,主动轮和从动轮的区别是在同一个齿轮机构中来说的,在上述中,如果轴(月又通过一个齿轮机构将运动传递到轴(悦,那么在轴(月和轴(悦的传动体系中,轴(月就成了主动轴,轴(悦则为从动轴 在轴(月和轴(悦间的齿轮机构中,轴(月上的齿轮成了主动轮,轴(悦上的齿轮则为从动轮。

一般来说,齿轮传递的运动是轴的转动(齿条除外),即轴以自身的中心轴线为转动中心的回转运动。那么,齿轮机构传递的转动是不是从动轴和主动轴的转动速度必定一样呢?当然不是。从动轴和主动轴的转动速度与齿轮机构的传动比有关。什么是传动比呢?传动比是传动机构的一个重要参数,是指两传动轴转速之比,一般用 蚤表示。对于齿轮传动来说,传动比是相互啮合的两齿轮转速之比,等于两齿轮齿数的反比。

## 一、齿轮的分类

齿轮的种类很多,按照不同分类方法有以下几种:

员.按传动比是否恒定分类

(员.定传动比　圆形齿轮机构(圆柱、圆锥)。

(圆.变传动比　非圆齿轮机构(椭圆齿轮),如图 员原员

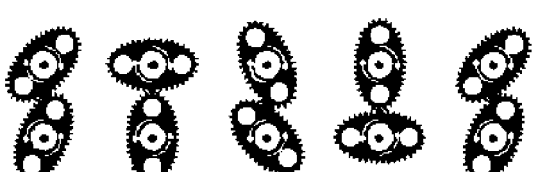


图 员原员　椭圆齿轮传动

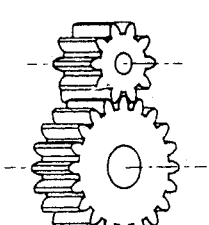
圆按传动时两轮轴的相对位置分类　如图 员原圆

- 平面齿轮机构
  - 直齿圆柱齿轮传动
    - 外啮合齿轮传动
    - 内啮合齿轮传动
    - 齿轮与齿条传动
  - 斜齿圆柱齿轮传动
  - 人字齿轮传动
- 空间齿轮机构
  - 圆锥齿轮传动
    - 直齿圆锥齿轮传动
    - 斜齿圆锥齿轮传动
    - 曲线齿圆锥齿轮传动
  - 交错轴斜齿轮传动
  - 蜗杆传动

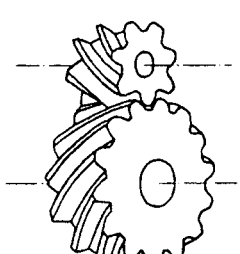
最基本的齿轮传动是圆柱齿轮传动。

猿按齿廓曲线分类　有渐开线齿、摆线齿、圆弧齿等。

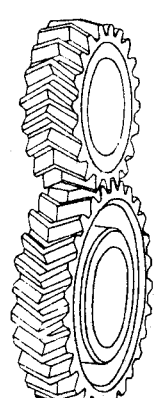
源按齿轮传动机构的工作条件分类　有闭式传动、开式传动、半开式传动等。



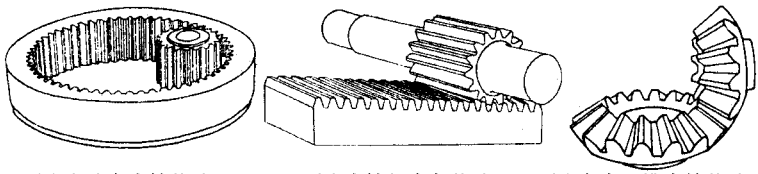
(a)直齿圆柱齿轮传动



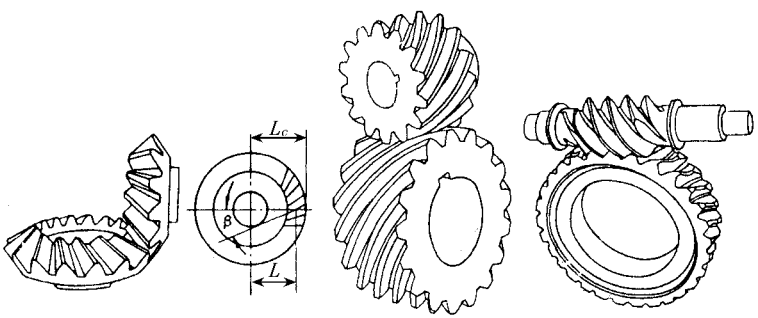
(b)斜齿圆柱齿轮传动



(c)人字齿轮传动



(d)内啮合齿轮传动　(e)齿轮与齿条传动　(f)直齿圆锥齿轮传动




(g)斜齿圆锥齿轮传动　(h)交错轴斜齿轮传动　(i)蜗杆传动

**图 员原圆　常见齿轮传动结构**

闭式传动的齿轮封闭在箱体内,润滑良好;开式传动的齿轮是完全外露的,不能保证良好润滑;半开式传动的齿轮浸在油池内,装有防护罩,不封闭。

缓按齿面硬度分类　有软齿面(≤猿缘匀月)、硬齿面(跃猿缘匀月)等。

## 二、齿轮传动的基本要求

员遭传动平稳　在传动中保持瞬时传动比不变,冲击、振动及噪声尽量小。

圆遭承载能力大　在尺寸小、重量轻的前提下,要求轮齿的强度高、耐磨性好及寿命长。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

## 三、齿廓啮合基本定律

图 员原猿为一对作平面啮合的齿轮，两轮的齿廓曲线分别为 员员和 员圆。设轮 员绕轴 韵员以角速度 $\omega_{员}$转动，轮 圆绕轴 韵圆以角速度 $\omega_{圆}$转动，图 员原猿中点 运为两齿廓的接触点，过点 运作两齿廓的公法线 灶灶，公法线 灶灶与连心线 韵员韵圆交于点 悦。由三心定理可知，点 悦是两轮的相对速度瞬心，故：

$$v_{悦员} = v_{悦圆}$$

即

$$\omega_{员} \cdot 韵_{员}悦 = \omega_{圆} \cdot 韵_{圆}悦$$

由此可得

$$传动比 = \frac{\omega_{员}}{\omega_{圆}} = \frac{韵_{圆}悦}{韵_{员}悦}$$

在齿轮啮合原理中，点 悦称为啮合节点，简称节点。传动比为传动比。

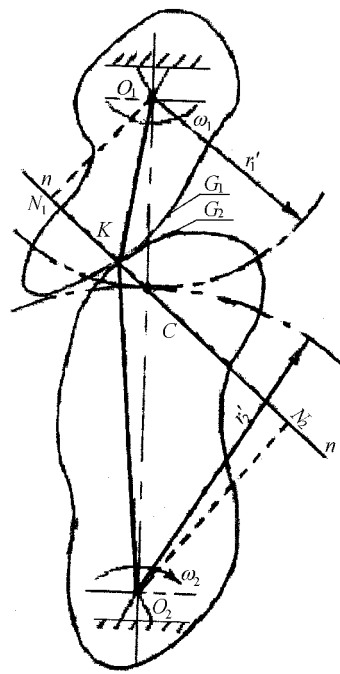



图 员原猿 平面齿轮的啮合示意图

由以上分析可知，一对齿廓在任一位置啮合时，过接触点作齿廓公法线，必通过节点 悦，它们的传动比与连心线 韵员韵圆被节点 悦分成的两个线段成反比。这一规律称为齿廓啮合基本定律。

## 四、作固定传动比传动齿廓必须满足的条件

通常齿轮传动要求两轮作定传动比传动，则由

$$传动比 = \frac{\omega_{员}}{\omega_{圆}} = \frac{韵_{圆}悦}{韵_{员}悦}$$

可得节点 悦为固定点。由此得到两轮作定传动比传动时，其齿廓必须满足的条件是，无论两齿廓在何处接触，过接触点作两齿廓的公法线必须通过固定节点 悦 节点 悦在两轮运动平面上的轨迹是两个圆，称为齿轮的节圆。因为两轮在节点 悦处的相对速度等于零，所以一对齿轮的啮合传动可以视为其节圆的纯滚动。

设两轮节圆半径分别为 则Z和 则Z则

$$\frac{\omega_{员}}{\omega_{圆}}越\frac{韵悦}{韵员悦}越\frac{则Z圆}{则Z员}越常数$$

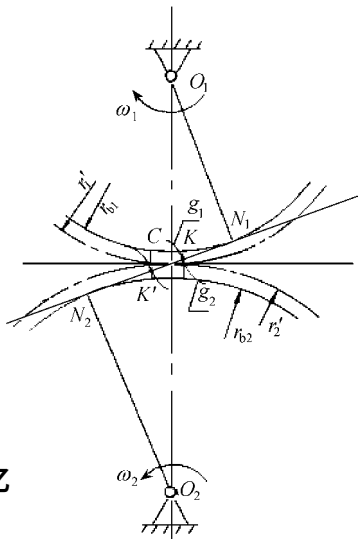



图 员原源 固定传动比传动齿廓必须满足的条件

共轭齿廓：凡是满足齿廓啮合基本定律的一对齿廓称为共轭齿廓，共轭齿廓的齿廓曲线称为共轭曲线。理论上可以作为共轭齿廓的曲线有很多种，但是考虑到设计、制造、测量、安装及使用等问题，目前常用的齿廓曲线有渐开线、摆线和圆弧等。因渐开线齿廓能较全面地满足上述要求，现代的齿轮绝大多数都是采用渐开线齿廓。

## 五、渐开线齿廓

员圆渐开线的形成　如图 员原缘当直线 灶悦沿圆周作纯滚动时，直线上任意一点 运的轨迹 粤运称为该圆的渐开线。这个圆称为基圆，其半径用 则表示；直线 灶悦称为渐开线的发生线，$\theta$噪（越∠粤运）称为渐开线 粤运段的展角。

圆圆渐开线的性质　由渐开线的形成可知，渐开线具有下列

性质(图 员原缘。

(员发生线沿基圆滚过的长度,等于基圆上被滚过的弧长,即弦 运月越弧 粤月。

(圆渐开线上任一点的法线必与基圆相切。

(猿发生线与基圆的切点 月为渐开线上点 运的曲率中心,而线段 月运是相应的曲率半径。渐开线上各点的曲率半径是不同的,离基圆愈远的点其曲率半径愈大;反之,则曲率半径愈小。渐开线在基圆上起始点 粤处的曲率半径为零。

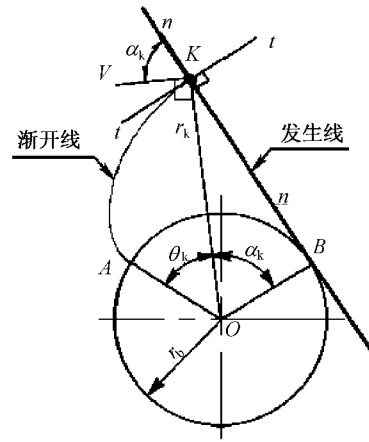



图 员原缘 渐开线的生成

(源渐开线的形状决定于基圆的大小。基圆愈大,渐开线愈平直;当基圆半径趋于无穷大时,渐开线将成为一条垂直于 月运的直线。后面介绍的齿条的齿廓就是这种直线齿廓。

(缘基圆内无渐开线。

猿、渐开线齿廓的压力角 如图 员原缘所示,点 运为渐开线上任意一点,其曲率半径用 则噪表示。若用此渐开线为齿轮的齿廓,当齿轮绕点 韵转动时,齿廓上点 运速度的方向应垂直于直线 韵运,即沿直线 运灾。法线 月运与点 运速度方向线 运灾之间所夹的锐角称为渐开线齿廓在该点的压力角,用 $\alpha_{噪}$表示,其大小等于∠运韵月。由△运韵月可得

$$\cos\alpha_{噪}=\frac{韵月}{韵运}=\frac{基圆半径}{则噪}$$

上式表明,渐开线上各点的压力角是不同的,离基圆愈远(曲率半径 则噪愈大),其压力角愈大。渐开线起始点 粤的压力角

为零。

渐开线齿廓的啮合特征　图 员原远为一对渐开线齿廓 1、2在任意位置啮合，啮合接触点为点 运，过点 运作这对齿廓的公法线 晕员晕圆。根据渐开线的性质可知，公法线 晕员晕圆必同时与两基圆相切，即公法线 晕员晕圆为两基圆的一条内公切线。由于两基圆的大小和位置均固定不变，其内公切线只有一条。因此，不论两齿廓在任何位置啮合，它们的接触点一定在这条内公切线上（图 员原远中的点 运）。这条内公切线是接触点 运的轨迹称为啮合线，即一对渐开线齿廓的啮合线是一条定直线。

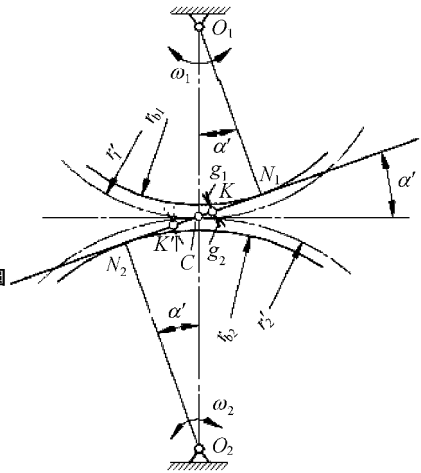



图 员原远　渐开线齿廓的啮合

如上所述，无论两齿廓在任何位置啮合，接触点的公法线是一条定直线，而且该直线与连心线 韵员韵圆的交点 悦是固定点。因图中△韵员晕员悦和△韵圆晕圆悦相似，则传动比为

$$\text{圣}_{\text{圆越}}=\frac{\omega_{\text{员}}}{\omega_{\text{圆}}}=\frac{\text{越}}{\text{越}}\frac{\text{韵}_{\text{圆}}\text{悦}}{\text{韵}_{\text{员}}\text{悦}}=\frac{\text{越}}{\text{越}}\frac{\text{则}_{\text{圆}}\text{乙}}{\text{则}_{\text{员}}\text{乙}}=\text{越常数}$$

因此，一对渐开线齿廓能实现定传动比传动，且一对渐开线齿廓啮合的传动比决定其基圆的大小，而齿轮一经设计加工好后，它们的基圆也就固定不变，因此，当两轮的实际中心距略有偏差时，仍能保持原传动比，此特点称为渐开线齿廓啮合的可分性。这一特点对渐开线齿轮的制造、安装都是十分有利的。

两齿廓在任意位置啮合时，接触点的公法线与节圆公切线

之间所夹的锐角称为啮合角。因为两渐开线齿廓接触点的公法线始终是定直线，所以其啮合角始终不变，而且在数值上恒等于节圆压力角，用 $\alpha'$ 表示。在齿轮传动中，两齿廓间正压力的方向是沿其接触点的公法线，该方向随啮合角的改变而变化。渐开线齿廓啮合的啮合角不变，故齿廓间正压力的方向也始终不变，这对于齿轮传动的平稳性是十分有利的。

## 六、渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的名称和尺寸关系

图 员原苑为一对啮合的直齿外齿轮的一部分，齿轮上每个凸起的部分称为齿，相邻两齿之间的空间称为齿槽。齿轮各部分的名称及符号规定如下。

员遭齿顶圆　过齿轮各齿顶所作的圆，其直径和半径分别用 凿葬和 则葬表示。

圆遭齿根圆　过齿轮各齿槽底部的圆，其直径和半径分别用 凿枣和 则枣表示。

猿遭分度圆　齿顶圆和齿根圆之间的圆，是计算齿轮几何尺寸的基准圆其直径和半径分别用 凿和 则表示。

源遭基圆　形成渐开线的圆，其直径和半径分别用 凿遭和 则遭表示。

缘遭齿顶高、齿根高及齿全高　齿顶高为分度圆与齿顶圆之间的径向距离，用 澡葬表示；齿根高为分度圆与齿根圆之间的径向距离，用 澡枣表示；齿全高为齿顶圆与齿根圆之间的径向距离，用 澡表示，显然，澡越澡葬垣澡枣。

远遭齿厚、齿槽宽及齿距　在分度圆上，一个轮齿两侧齿廓之间的弧长称为齿厚，用 泽表示；一个齿槽两侧齿廓之间的弧长称为齿槽宽，用 藻表示；分度圆上相邻两齿同侧齿廓之间的弧长称为齿距，用 责表示，显然，责越泽垣藻。基圆上的齿距又称为基节，用 责遭表示。

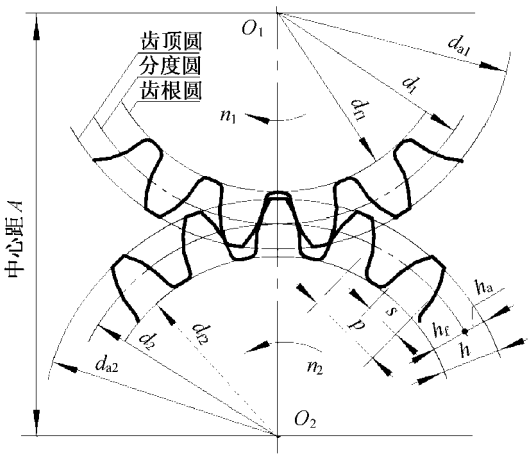



图 2.1 两啮合的标准直齿圆柱齿轮各部分的名称

齿数 $z$ 在齿轮整个圆周上轮齿的总数。

模数 $m$ 分度圆的周长 $=\pi d=pz$，则

$$d=\frac{p}{\pi}z$$

由于 $\pi$ 是无理数，给齿轮的设计、制造及检测带来不便。因此，人为地将比值 $\frac{p}{\pi}$ 取为一些简单的有理数，并称该比值为模数，用 $m$ 表示，单位是 mm（毫米）。因此，分度圆直径 $d=mz$，分度圆齿距 $p=\pi m$。

模数 $m$ 是决定齿轮尺寸的一个基本参数。齿数相同的齿轮，模数愈大，其尺寸也愈大，如图 2.2。模数是设计和制造齿轮的基本参数。为了设计和制造方便，我国已制定了模数的国家标准。模数的标准值见表 2.1。

分度圆压力角 $\alpha$ 轮齿齿廓在齿轮各圆上具有不同的压力角，我国规定分度圆压力角 $\alpha$ 的标准值一般为 20°。此外，在某些场合也采用 $\alpha=14.5°$、25°等齿轮。

需要全本请访问 www.ertongbook.com