



中华人民共和国第一机械工业部统编
机械工人技术培训教材

齿轮工艺学

(初级本)



科学普及出版社

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的文化技术培训，以适应四化建设的需要；现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。为此，我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅（局）和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高（高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编）。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修钳工、造型工、铸铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排，从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅（局）、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来的第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在试行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

第一机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八一年十二月

目 录

概 论	1
第一章 齿轮的基本原理及几何计算	2
第一节 齿轮的基本知识	2
第二节 渐开线齿轮啮合传动的原理	5
第三节 标准齿形的各部名称及基本参数	15
第四节 直齿圆柱齿轮	17
第五节 斜齿圆柱齿轮	21
第六节 英寸制齿轮与模数齿轮的换算	25
第七节 短齿制齿轮	28
第八节 蜗轮蜗杆	32
第九节 直齿圆锥齿轮	36
第二章 齿轮加工的基本知识	53
第一节 齿轮加工机床的概述	53
第二节 齿轮工艺的基本知识	59
第三节 齿轮材料及热处理	65
第四节 刀具材料	69
第五节 冷却润滑液	72
第六节 齿轮的其它加工	74
第三章 齿轮的精度与测量	77
第一节 圆柱齿轮传动公差标准 (JB179—60) 及测量方法	78
第二节 圆锥齿轮传动公差标准 (JB180—60) 及测量方法	126
第三节 蜗杆传动公差标准 (JB162—60) 及测量方法	144
附 件 渐开线圆柱齿轮精度制 (JB179—81)	162
第四章 滚齿加工	184
第一节 滚齿的工作原理	184
第二节 滚刀的基本知识	188
第三节 Y38型滚齿机的简述	184
第四节 滚切直齿轮的操作方法及步骤	194
第五节 滚切斜齿轮的操作方法及步骤	201
第六节 滚切蜗轮的的操作方法及步骤	205
第七节 安全生产及机床维护保养	207
第五章 插削加工	209
第一节 插齿的工作原理	209
第二节 Y54型插齿机的简述	210
第三节 插齿刀的基本知识	215
第四节 插削要素	228

第五节	插削多联齿轮的操作方法及步骤	230
第六节	插削内齿轮的操作方法及步骤	239
第七节	插削斜齿的方法	242
第八节	插削齿条的方法	244
第九节	机床的安全生产及维护保养	246
第十节	插削过程中常出现的误差及原因	247
第六章	剃齿及珩齿	251
第一节	剃齿的工作原理及特点	251
第二节	Y4232A型剃齿机的传动系统	252
第三节	剃齿刀的基本知识	256
第四节	剃齿的合理操作方法	263
第五节	剃齿常出现的误差及原因	275
第六节	简述珩齿机的用途、原理及工作方法	276
第七节	珩磨轮的基本知识	277
第七章	磨齿加工	279
第一节	磨齿的工作原理	279
第二节	Y7131型磨齿机的简述	283
第三节	磨齿机砂轮的选择	290
第四节	磨齿机的磨削用量	296
第五节	磨削齿轮的操作方法和步骤	299
第六节	机床的安全生产及维护保养	315
第七节	磨齿常出现的误差及原因	318
第八章	直锥制齿加工	322
第一节	直锥制齿的加工原理	322
第二节	Y236型制齿机的简述	325
第三节	直锥制齿刀的基本知识	331
第四节	制齿用量的选择	336
第五节	安装距的控制	338
第六节	直锥制齿的操作方法及步骤	340
第七节	机床的安全生产及维护保养	368
第八节	制齿常出现的误差及原因	370

概 论

齿轮是现代机械传动中应用得最广泛、最常见的一种传动零件。各种仪器仪表、机械中都少不了齿轮传动。

随着工农业生产和科学技术的飞跃发展，对齿轮的需要量也在逐年增加。因此多快好省地生产齿轮，便成为发展国民经济的需要。

齿轮传动的应用在我国有悠久的历史，象古老排灌用的牛车、作坊用的风车等都涉及到齿轮的应用。解放前我国没有几家工厂用范成法加工齿轮，仅有几家铣齿小厂用老式铣床采用成形法加工齿轮。解放后国内才开始生产各种齿轮的加工设备，并初步有了自己的系列、规格、品种和分工。但目前齿轮制造方面还存在着噪声大、啮合不好、齿面光洁度差及寿命短等问题。随着国内外机械工业产品的现代化，要求齿轮传动朝着高效高速方向发展，特别是要求在齿轮的耐磨性和耐疲劳等方面应有所突破。为此，除了增加齿轮加工机床的刚性、提高加工设备的精度、改善齿轮刀具及检测手段外，更重要的是提高生产工人的理论水平与实际操作技能，以适应四化建设的需要。

齿轮工艺学是一门科学，是广大劳动人民在长期的生产实践中，不断总结丰富发展起来的硕果。因此作为一个齿轮工，首先应学好这门科学，使自己的技术理论与操作水平有所提高。近几年来，从事齿轮生产的工人，特别是青年工人的队伍壮大了。为了适应他们学习生产技术的需要，根据一机部颁发的《技术等级标准》中一至三级齿轮工的应知应会，我们编写了这本齿轮工艺学。由于齿轮计算较复杂，故要求参加学习的职工，应具有初中以上文化水平。通过本课程的学习，使其能掌握本工种的初级基础理论知识，从而达到下述要求。

1. 能了解齿轮机床的分类、名称、规格和用途。
2. 懂得两种类型以上的齿轮机床的性能、结构和传动系统。
3. 能正确调整、合理操作两种类型的齿轮机床，并能进行机床的一级保养工作。
4. 能较合理地选择切削用量。
5. 熟悉齿轮刀具的规格、种类，并能合理地选取和使用。
6. 能正确使用工、夹、量具，并懂得维护保养方法。
7. 能掌握车间常用的测量手段。
8. 能解决实际操作中的一般计算问题。
9. 懂得齿轮的技术要求和精度与公差。
10. 懂得文明生产及安全技术规程。

第一章 齿轮的基本原理及几何计算

第一节 齿轮的基本知识

齿轮用它的轮齿来传递运动、变换运动方向、传递力矩、指示读数以及变换机构的位置等。它主要用于减速机构，也常用于分度机构中。齿轮传动是目前机械传动中应用最广泛、最常见的一种传动方式，被人们称为“机器的心脏”。

一、齿轮的种类及应用范围

根据齿轮的用途不同，其传动的形式和齿轮的种类也不同。齿轮传动可以实现平行轴、相交轴和交叉轴（两轴线不在一个平面内）间的传动。齿轮按传动的封闭和润滑情况可分为开式、半开式、闭式齿轮传动。若按齿轮的齿廓曲线来分，则可分为渐开线、圆弧线及摆线齿轮。但一般齿轮的分类是按照两齿轮轴线在机构中所处的装配位置来分的。

（一）按装配位置分类

1. 平行轴

（1）直齿圆柱齿轮（俗称正齿轮）大、小齿轮两个轴线互相平行，齿轮齿宽方向线与齿轮轴线平行，外啮合传动时两齿轮转动方向相反，内啮合传动时，两个齿轮转动方向相同。齿型可以做成正常齿（标准齿轮）、矮齿（短齿），并且可以变位修正齿轮（图1-1）。

（2）斜齿圆柱齿轮（斜齿）基本上与正齿轮相同，所区别的是齿轮齿宽方向线与齿轮轴线倾斜一个角度，传动时产生轴向力。在相同的齿宽条件下，斜齿要比正齿轮齿面接触好、重合度大（同时啮合的齿数比直齿轮多）、传动平稳、传递力矩较大，但制造较正齿轮麻烦（图1-2）。

（3）人字齿轮是圆柱齿轮的一种型式，好象两个方向相反的斜齿轮合并成一个齿轮，它具有斜齿轮的特点，传动时轴向力抵消。适用于传递大力矩和正反旋转的机构中，制造较斜齿轮麻烦。故也有用螺旋方向相反的二个斜齿轮配装成一个人字齿轮。为便于制造，中间开有条出刀槽的叫八字齿轮（图1-3）。

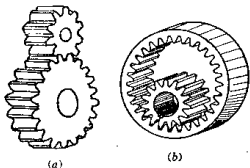


图 1-1 直齿圆柱齿轮



图 1-2 斜齿圆柱齿轮

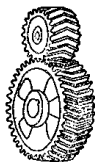


图 1-3 人字齿轮

(4) 齿轮与齿条。齿轮直径无限放大就形成齿条,所以不管是与正齿轮或斜齿轮相啮合,都具有圆柱齿轮的特点,所不同的是把旋转运动变成直线运动,或者反之,把移动变为转动(图1-4)。

2. 相交轴

(1) 直齿圆锥齿轮(俗称直伞)是大、小齿轮两个轴线相交于圆锥顶点,轴交角 δ 可以有三种情况: $\delta = \varphi_1 + \varphi_2 = 90^\circ$ 、 $\delta < 90^\circ$ 、 $\delta > 90^\circ$,可改变传动轴位置。当大齿轮 φ_2 角等于 90° 时即成为平面齿轮,俗称盆子齿轮(图1-5)。



图 1-4 齿轮与齿条

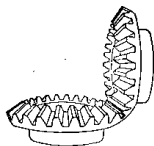


图 1-5 直齿圆锥齿轮

(2) 斜齿圆锥齿轮其特点为齿线是斜向与某一圆相切,齿线不和锥顶相交,大小齿轮的螺旋角 β 相等,但方向相反,较直齿圆锥齿轮传动平稳(图1-6)。

(3) 弧齿圆锥齿轮(俗称螺伞)其特点是传动平稳,传递力矩大,适宜高速传动,大小轮螺旋角呈圆弧形且相等,但方向相反(图1-7)。

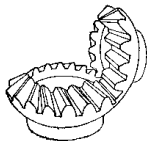


图 1-6 斜齿圆锥齿轮

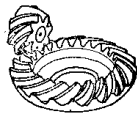
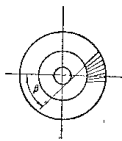


图 1-7 弧齿圆锥齿轮

3. 交叉轴

(1) 螺旋齿轮其特点是大、小齿轮两个轴线在空间平行、交叉,并且可以达到空间平行、垂直。大小齿轮转动方向可以相同,也可以相反,螺旋角可以相等,也可以不相等。单个来看,它与斜齿轮没有区别。当小齿轮螺旋角大到一定程度就成为蜗杆(图1-8)。

(2) 蜗轮蜗杆特点是大、小轮两个轴线在空间平行、垂直。它具有较大的降速比,工作时平稳,噪音小,并有自锁性(螺旋升角 $< 6^\circ$ 时)。所以应用很广泛,缺点是效率较低(图1-9)。

(3) 准双曲线螺旋锥齿轮(也称海波齿轮)特点是大、小齿轮螺旋角不等,方向相反,两轮轴线不相交。严格来讲,齿轮轮锥是双曲线的一部分,可近似看作圆锥体。它比螺伞传动更平稳可靠,噪音小(图1-10)。

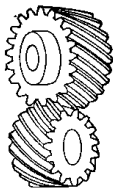


图 1-8 螺旋齿轮

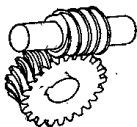


图 1-9 蜗轮蜗杆

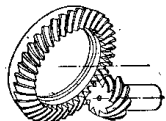


图 1-10 准双曲线螺旋锥齿轮

(二) 按齿轮传动的封闭和润滑情况分

1. **开式齿轮传动** 齿轮是外露的，由于尘砂容易落在齿面，润滑不易完善，故轮齿容易磨损。优点是结构简单。适用于圆周速度较低和精度要求不高的情况。

2. **半开式齿轮传动** 齿轮的下部浸入润滑油池内，有简单的防护罩，但仍然没有完全克服开式传动的缺点，一般用于较低速度的传动。

3. **闭式齿轮传动** 齿轮和轴承等均装在刚性很大的箱壳内（如各种减速器中的齿轮传动），润滑好，封闭严密，安装精确，可保证良好的工作条件，因此用得较为广泛。

各种齿轮根据其各自的特点应用在各种传动结构中。如滚压机中的交换挂轮用正齿轮，刀架传动上用斜齿轮，分度传动中用蜗轮蜗杆，差动机构中用伞齿轮，以及汽车上常用螺旋伞齿轮等。而每种齿轮又划分成不同精度等级。不同精度等级的齿轮，其应用范围也不同，精度的选择和使用条件有关，而这些使用条件的选择又以圆周速度的高低为最主要的依据，详细介绍见第三章。

二、齿轮的损坏及其原因

齿轮传动中，往往由于轮齿的尺寸大小和材料的材质抵抗不了外界载荷的作用而损坏。常见的轮齿损坏情况有下列几种。

1. **轮齿的折断** 轮齿相当于一个悬臂梁，一对轮齿从啮入到啮出的工作过程中，轮齿啮合时受力，脱开时又不受力，在齿根过渡圆角处形成较大的应力集中。在不断频繁的脉动应力的反复作用下，轮齿单面一侧的齿根附近将会发生细微的疲劳裂纹，久而久之，裂纹将不断向齿根的纵深发展，逐渐扩大，当被裂纹削弱的齿根部分不能再承受外力时，即开始被弯曲变应力疲劳折断。在齿宽较大的齿轮中也可能发生局部折断现象（图1-11a）。如果轮齿是脆性材料制成的，受到瞬时过载或冲击，还可能发生突然折断现象。淬硬齿有时在热处理后已形成肉眼

不易发现的裂纹，也会发生突然折断，这就不属于弯曲疲劳折断了。

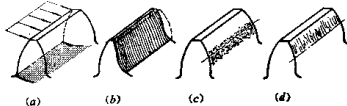


图 1-11 齿的损坏形式

2. **齿面磨损** 齿面的研磨磨损是由于污物、金属屑末、尘埃和砂粒等落入齿的工作表面所引起的，也可能是由于工作表面的不平（齿面光洁度差）、

润滑油的不足、金属直接接触的结果。如果相互啮合的一对齿轮的工作表面硬度相差很大，而较硬的齿面光洁度又不够好，则磨损要继续很长时间，因此要特别注意。齿面磨损后，渐开线齿廓遭到破坏，齿侧间隙增大，轮齿强度减弱，运转时产生冲击和噪音，影响正常工作。当齿面磨损严重时，还可能由于齿厚减薄而引起轮齿折断（图1-11b）。齿面磨损是开式传动中的主要破坏形式。为了防止磨损，应适当加防护装置，注意润滑油的清洁以及采用淬硬齿面等。采用闭式传动是防止磨损的有效措施。

3. 齿面点蚀 在润滑良好的闭式齿轮传动中，工作一段时间后，往往在齿轮节线附近首先出现很多的麻点，这可以解释为由于轮齿实际接触面很小（齿面接触区域），在载荷作用下这些突起的接触点当其冲承受很大的接触压应力，而且这个应力是脉动变化的。在过高的接触变应力的反复作用下，久而久之，在齿面就会产生微观的疲劳裂纹，并蔓延扩展，使齿面的金属微粒逐渐剥落下来而形成麻点，这种破坏形式叫“点蚀”（图1-11c）。点蚀一般都出现在节线偏下部分。轮齿硬度越高，齿面抗点蚀能力越强。点蚀后，齿廓的表面遭到破坏，造成承载能力降低和噪音增大，同时也加剧磨损，以致不堪使用。开式齿轮传动一般不出现点蚀现象，因为开式传动磨损快，当表层未出现点蚀破坏时已被磨去。为了防止点蚀后金属微粒所引起的齿面研磨磨损，应定时更换齿轮箱中的润滑油，或增加油的粘度来减缓点蚀的产生。

4. 齿面胶合 在高速重载或低速重载齿轮传动中，由于轮齿工作表面的压力过大或温度升高（油粘度变薄），容易导致润滑油被挤出和啮合处的局部高温，以致使两轮齿工作表面互相“焊”在一起。当齿轮继续运转时，由于两齿面的相对运动，此时较软的齿面即被撕成沟纹（图1-11d），这种破坏方式称为轮齿的“胶合”。发生胶合后齿面会引起强烈的磨损和发热，甚至很快导致齿轮报废。

防止齿面胶合的办法是采用粘度大的润滑油（低速重载传动）或硫化的润滑油（高速重载传动），提高齿面硬度或光洁度也可防止或减缓胶合破坏。

上述四种破坏情况是齿轮传动中常见的形式，通常不会同时发生，但有时是交替产生的。齿轮的轮齿究竟发生哪种损坏，这主要决定于齿轮的材料和具体的工作条件。例如对闭式齿轮传动，当齿面硬度不高（ $HB \leq 350$ ）时，轮齿主要发生点蚀破坏。当齿面硬度较高（ $HB > 350$ ）时，则点蚀及折断均可能发生。对开式齿轮传动，轮齿的损坏形式主要是齿面磨损及弯曲折断。齿轮传动的设计计算方法就是针对上述的各种损坏方式而分别拟订出来的。

第二节 渐开线齿轮啮合传动的原理

一、齿轮齿形的基本要求

齿轮传动是个比较复杂的啮合过程，是依靠主动轮的牙齿依次拨动从动轮上的牙齿来实现的。齿轮从啮入到啮出，存在着许多问题，在生产实践中经常会遇到的就有噪音、冲击、振动、折断（打牙）、齿面的磨损和点蚀（齿面出现麻点）等现象，通过这些现象集中反映了对齿轮传动的下述两个基本要求。

1. 传动的平稳性 齿轮传动的平稳性是指当主动轮以等角速度旋转时，从动轮也要以等角速度旋转，即在啮合过程中任意一个瞬时的传动比固定不变。否则将产生惯性力，影响齿轮

的强度,引起机件的冲击、振动和噪音,而这在高速传动中是绝对不允许的。

2. 承载能力强(抗破坏能力强) 即要求齿轮的尺寸小、重量轻,而承载能力却要强。也就是要强度高、耐磨性好、抗破坏能力强,有足够的使用寿命。

为了满足上述两个基本要求就得有合适的齿形。例如渐开线齿形就是广大劳动人民,从长期的生产实践中不断改革和总结出来的,并随着生产的发展,传动速度的加快,还在不断改革、创新、完善中。齿形曲线除渐开线外,工程上有时还采用其它齿形曲线(如圆弧曲线和摆线),但由于渐开线齿形比较容易制造,且便于安装,所以至今仍被广泛应用。

二、渐开线和它的形成

在半径为 r_0 的圆盘上围绕一根绳子,在绳子的端部拴一支铅笔,先将铅笔靠绕圆盘并拉紧绳子,然后使绳子在保持拉紧的状态下展开,笔尖所画出的曲线 AKB 就是渐开线(图1-12),圆盘的这个圆称为基圆, r_0 是基圆半径。

渐开线的定义为:一条直线与一个半径为 r_0 的圆作纯滚动时,直线 CD 上任意一点 K 的轨迹 AKB 称为该圆的渐开线,而 CD 直线叫渐开线的发生线。

三、渐开线的性质

从渐开线的形成不难看出,它有以下几个性质。

(1) 发生线在基圆上作纯滚动滚过的线段长等于基圆上被滚过的一段弧长(图1-13)。

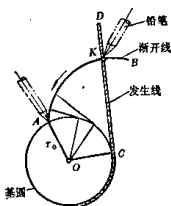


图 1-12 渐开线的形成

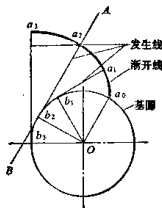


图 1-13 线段在基圆上的滚动

$$\overline{a_1b_1} = \widehat{a_0b_1} \quad \overline{a_2b_2} = \widehat{a_0b_2} \quad \overline{a_3b_3} = \widehat{a_0b_3}$$

(2) 渐开线上任意一点 a_1, a_2, a_3 的发生线必相切于基圆(即基圆的切线)也叫渐开线的法线,即 $\overline{a_1b_1}, \overline{a_2b_2}, \overline{a_3b_3}$ 。

(3) 基圆上任意一点可以有向左向右的渐开线各一条,齿形是截取渐开线上的一段,基圆内无渐开线(图1-14)。

(4) 同一基圆所画出的渐开线完全一样,而且同向的两渐开线间法向距离(法节)完全相等,在法线上截取相等的线段,并且等于渐开线起始点间的基圆弧长(图1-15),即



图 1-14 齿形的形成

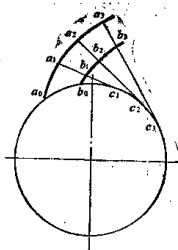


图 1-15 同一基圆的渐开线

$$\widehat{a_0 b_0} = \widehat{a_1 b_1} = \widehat{a_2 b_2} = \widehat{a_3 b_3}$$

$$\therefore \widehat{a_0 c_1} = \widehat{a_0 b_0} + \widehat{b_0 c_1} \quad \widehat{a_1 c_1} = \widehat{a_1 b_1} + \widehat{b_1 c_1} \quad a_0 c_1 = a_1 c_1$$

$$\therefore \widehat{a_0 b_0} + \widehat{b_0 c_1} = \widehat{a_1 b_1} + \widehat{b_1 c_1}$$

$$\therefore \widehat{b_0 c_1} = \widehat{b_1 c_1}$$

$$\therefore \widehat{a_0 b_0} = \widehat{a_1 b_1}$$

同理可证

$$\widehat{a_0 b_0} = \widehat{a_2 b_2} = \widehat{a_3 b_3}$$

(5) 渐开线上任意一点的曲率半径,是指该点沿着法线到基圆上切点的距离(如图1-15中的 $a_1 c_1$, $a_2 c_2$, $a_3 c_3$)。由此可见,渐开线上的各点曲率半径是变化的,离基圆越远,其曲率半径就越大,即曲线越趋于平直。

(6) 渐开线的形状取决于基圆的大小。同一基圆上的渐开线形状完全相同。不同基圆的渐开线,虽然其弯曲程度略有差别,但在几何形状上是相似的。基圆越小,渐开线越弯,基圆越大,渐开线越平直,当基圆直径趋于无穷大时渐开线的曲线就趋于直线,此时齿轮就变成齿条了(图1-16)。

(7) 渐开线上各点的压力角 α 不同。渐开线齿廓上任意一点的受力方向线(压力线)和运动方向线之间的夹角,叫该点的压力角,用 α 表示。受力方向线应该和齿廓曲线垂直。对于渐开线齿形来说,就是基圆的切线(渐开线的法线)。对于作旋转运动的物体,某一点运动方向线就是该点与圆心连线的垂直线(图1-17)。图1-17中, b 、 b_1 为渐开线齿廓上的任意两点,那末它们的受力方向线分别为 $\overline{cb}$ 和 $\overline{c_1 b_1}$ 。并用虚线延长之, b_0 、 $b_1 o$ 分别为与圆心的连线,由 b 、 b_1 分别作 b_0 、 $b_1 o$ 的垂直线(运动方

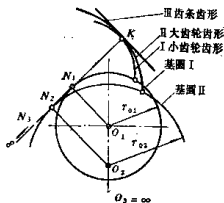


图 1-16 不同基圆的齿廓曲线

向线)。则 α 、 α_1 分别是该两点的压力角。由图1-17中可看出 $\alpha_1 > \alpha$ ，这说明靠近齿顶的压力角较大，靠近根部的压力角较小，在渐开线的起始点 a_0 （基圆上）的压力角等于零。因为这时受力方向线与运动方向线重合没有夹角。

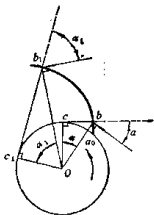


图 1-17 渐开线上各点的压力角 α 不同

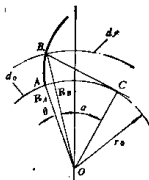


图 1-18 渐开线上 θ 与 α 的关系

(8) 渐开线上任意点的位置由渐开线角 θ 决定，点的位置离基圆越远，其 θ 角越大，换言之， θ 角越大 α 角也越大，两者成正比例。因此通常叫 θ 角为压力角 α 的渐开线函数（图1-18）。渐开线角是指渐开线上任意点的圆心连线和渐开线起始点的圆心连线所夹的角。

渐开线方程式的推导：

图1-18中，由渐开线的性质(1)可知

$$\widehat{AC} = \overline{BC}$$

在直角三角形 $\triangle OBC$ 中

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{BC}}{\overline{OC}}$$

由图可见

$$\overline{OC} = r_0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{BC}}{r_0}$$

移项

$$\overline{BC} = r_0 \operatorname{tg} \alpha$$

由图可见 $\widehat{AC}$ 所对的中心角是 $\theta + \alpha$ ，根据求弧长的公式：弧长 = 半径 $\times$ 圆心角的弧度数，所以

$$\widehat{AC} = r_0 (\theta + \alpha)$$

将 $\overline{BC} = r_0 \operatorname{tg} \alpha$ ， $\widehat{AC} = r_0 (\theta + \alpha)$ 代入 $\widehat{AC} = \overline{BC}$ 得

$$r_0 \operatorname{tg} \alpha = r_0 (\theta + \alpha)$$

消去 r_0

$$\operatorname{tg} \alpha = \theta + \alpha$$

移项

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha$$

即

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \alpha$$

(1-1)

在直角三角形 $\triangle OBC$ 中还可以得出：

$$R_B = \frac{r_0}{\cos \alpha} \quad (1-2)$$

式中 $\text{inv} \alpha$ ——渐开线函数；

α ——动点的压力角；

R_B ——动点（或渐开线上任意点）到圆心的距离；

r_0 ——基圆半径。

工程上，渐开线函数 θ 通常用 $\text{inv} \alpha$ （读因伏阿尔法）来表示，公式1-1、1-2称为渐开线方程式。在渐开线齿轮计算中经常用到。

例如，动点正好落在基圆上（即起始点A）时，

$$\begin{aligned} R_A &= r_0 \\ \cos \alpha &= 1 \quad (\text{即} \alpha = 0) \end{aligned}$$

所以，基圆上的压力角为零。

例如，计算压力角 $\alpha = 20^\circ$ 时的渐开线函数

$$\begin{aligned} \text{解:} \quad \text{inv} \alpha &= \text{tg} \alpha - \alpha \\ \text{当} \quad \alpha &= 20^\circ \quad (\text{tg} 20^\circ = 0.36397) \end{aligned}$$

再将 $\alpha = 20^\circ$ 换成为弧度

$$\therefore 1^\circ = -\frac{\pi}{180^\circ} = 0.0174533 \text{ 弧度}$$

$$\therefore \alpha = 20^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} = 0.349066 \text{ 弧度}$$

$$\therefore \text{inv} \alpha = 0.36397 - 0.349066 = 0.014904 \text{ 弧度}$$

实际上，为了计算方便，对于不同压力角 α 的渐开线函数值已列成数表（表1-1）。使用时不必再计算，查表即得。

四、一对渐开线齿轮的啮合条件

（一）渐开线齿轮传动比的恒定

齿轮传动的最基本要求就是瞬时角速比必须恒定不变，否则，当主动轮以等角速度回转时，而从动轮的角速度为变数，就会产生惯性力，引起振动、噪声，甚至还可能发生轮齿的折断。为什么说渐开线齿廓能满足传动比的恒定？图1-19所示为一对啮合的齿轮，齿轮1（主动）和2（被动）的齿廓在某瞬时于 K_1 点相接触，当主动轮1在很短的时间里转过一个角度 φ_1 ，齿廓1就由位置 a_1 转到位置 b_1 ，接触点由 K_1 移到 K_2 。根据渐开线性质(1)可知，弧长 $\widehat{a_1 b_1}$ 等于线段长 $\overline{K_1 K_2}$ ，即

$$\widehat{a_1 b_1} = \overline{K_1 K_2}$$

在同一个时间里，被动轮2的齿廓被推动转过角度 φ_2 ，位置由 a_2 转到 b_2 ，接触点同样由 K_1 移到 K_2 。 $\widehat{a_2 b_2} = \overline{K_1 K_2}$

$$\text{由此可知} \quad \widehat{a_1 b_1} = \widehat{a_2 b_2}$$

所以在任意一个瞬间里，主动轮基圆转过的弧长，总是等于被动轮基圆转过的弧长，只要两轮

渐开线函数 ($\text{inv}\alpha = \text{tg}\alpha - \alpha$)

表1-1

分	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°
0	0.0049819	0.0061498	0.0074927	0.0090247	0.0107604	0.0127161	0.0149044	0.0173449
1	0.0050000	0.0061707	0.0075166	0.0090519	0.0107912	0.0127496	0.0149430	0.0173787
2	0.0050182	0.0061917	0.0075406	0.0090792	0.0108220	0.0127842	0.0149816	0.0174308
3	0.0050364	0.0062127	0.0075647	0.0091065	0.0108528	0.0128188	0.0150203	0.0174738
4	0.0050546	0.0062337	0.0075888	0.0091339	0.0108838	0.0128535	0.0150591	0.0175169
5	0.0050729	0.0062548	0.0076130	0.0091614	0.0109147	0.0128883	0.0150979	0.0175601
6	0.0050912	0.0062760	0.0076372	0.0091889	0.0109458	0.0129232	0.0151369	0.0176034
7	0.0051096	0.0062972	0.0076614	0.0092164	0.0109769	0.0129581	0.0151758	0.0176468
8	0.0051280	0.0063184	0.0076857	0.0092440	0.0110081	0.0129931	0.0152149	0.0176902
9	0.0051465	0.0063397	0.0077101	0.0092717	0.0110393	0.0130281	0.0152540	0.0177337
10	0.0051650	0.0063611	0.0077346	0.0092994	0.0110706	0.0130633	0.0152932	0.0177773
11	0.0051835	0.0063825	0.0077590	0.0093272	0.0111019	0.0130984	0.0153325	0.0178209
12	0.0052022	0.0064039	0.0077835	0.0093551	0.0111333	0.0131336	0.0153719	0.0178646
13	0.0052208	0.0064254	0.0078081	0.0093830	0.0111648	0.0131689	0.0154113	0.0179084
14	0.0052395	0.0064470	0.0078327	0.0094109	0.0111964	0.0132043	0.0154507	0.0179523
15	0.0052582	0.0064688	0.0078574	0.0094390	0.0112280	0.0132398	0.0154903	0.0179963
16	0.0052770	0.0064902	0.0078822	0.0094670	0.0112596	0.0132753	0.0155299	0.0180403
17	0.0052958	0.0065119	0.0079069	0.0094952	0.0112913	0.0133103	0.0155696	0.0180844
18	0.0053147	0.0065337	0.0079318	0.0095234	0.0113231	0.0133456	0.0156094	0.0181286
19	0.0053336	0.0065555	0.0079567	0.0095516	0.0113550	0.0133822	0.0156492	0.0181728
20	0.0053526	0.0065773	0.0079817	0.0095799	0.0113869	0.0134180	0.0156891	0.0182172
21	0.0053716	0.0065992	0.0080067	0.0096082	0.0114189	0.0134538	0.0157291	0.0182616
22	0.0053907	0.0066211	0.0080317	0.0096367	0.0114509	0.0134897	0.0157692	0.0183061
23	0.0054098	0.0066431	0.0080568	0.0096652	0.0114830	0.0135257	0.0158093	0.0183506
24	0.0054290	0.0066652	0.0080820	0.0096937	0.0115151	0.0135617	0.0158495	0.0183953
25	0.0054482	0.0066873	0.0081072	0.0097223	0.0115474	0.0135978	0.0158898	0.0184400
26	0.0054674	0.0067094	0.0081325	0.0097510	0.0115796	0.0136340	0.0159301	0.0184848
27	0.0054867	0.0067316	0.0081578	0.0097797	0.0116120	0.0136702	0.0159705	0.0185296
28	0.0055060	0.0067539	0.0081832	0.0098085	0.0116444	0.0137065	0.0160110	0.0185746
29	0.0055254	0.0067762	0.0082087	0.0098373	0.0116769	0.0137429	0.0160516	0.0186196
30	0.0055448	0.0067985	0.0082342	0.0098662	0.0117094	0.0137794	0.0160922	0.0186647
31	0.0055643	0.0068209	0.0082597	0.0098951	0.0117420	0.0138159	0.0161329	0.0187099
32	0.0055838	0.0068434	0.0082853	0.0099241	0.0117747	0.0138525	0.0161737	0.0187551
33	0.0056034	0.0068659	0.0083110	0.0099532	0.0118074	0.0138891	0.0162145	0.0188004
34	0.0056230	0.0068884	0.0083367	0.0099823	0.0118402	0.0139258	0.0162554	0.0188458
35	0.0056427	0.0069110	0.0083625	0.0100115	0.0118730	0.0139626	0.0162964	0.0188913
36	0.0056624	0.0069337	0.0083883	0.0100407	0.0119059	0.0139994	0.0163375	0.0189369
37	0.0056822	0.0069564	0.0084142	0.0100700	0.0119389	0.0140364	0.0163786	0.0189825
38	0.0057020	0.0069791	0.0084401	0.0100994	0.0119720	0.0140734	0.0164198	0.0190282
39	0.0057218	0.0070019	0.0084661	0.0101288	0.0120051	0.0141104	0.0164611	0.0190740
40	0.0057417	0.0070248	0.0084921	0.0101583	0.0120382	0.0141475	0.0165024	0.0191199
41	0.0057617	0.0070477	0.0085182	0.0101878	0.0120715	0.0141847	0.0165439	0.0191659
42	0.0057817	0.0070706	0.0085444	0.0102174	0.0121048	0.0142220	0.0165854	0.0192119
43	0.0058017	0.0070936	0.0085706	0.0102471	0.0121381	0.0142593	0.0166269	0.0192580
44	0.0058218	0.0071167	0.0085969	0.0102768	0.0121715	0.0142967	0.0166686	0.0193042
45	0.0058420	0.0071398	0.0086232	0.0103066	0.0122050	0.0143342	0.0167103	0.0193504
46	0.0058622	0.0071630	0.0086496	0.0103364	0.0122386	0.0143717	0.0167521	0.0193968
47	0.0058824	0.0071862	0.0086760	0.0103663	0.0122722	0.0144093	0.0167939	0.0194432
48	0.0059028	0.0072095	0.0087025	0.0103963	0.0123059	0.0144470	0.0168359	0.0194897
49	0.0059230	0.0072328	0.0087290	0.0104263	0.0123396	0.0144847	0.0168779	0.0195363
50	0.0059434	0.0072561	0.0087556	0.0104564	0.0123734	0.0145225	0.0169200	0.0195829
51	0.0059638	0.0072796	0.0087823	0.0104865	0.0124073	0.0145604	0.0169621	0.0196296
52	0.0059843	0.0073030	0.0088090	0.0105167	0.0124412	0.0145983	0.0170044	0.0196765
53	0.0060048	0.0073266	0.0088358	0.0105469	0.0124752	0.0146363	0.0170467	0.0197233
54	0.0060254	0.0073501	0.0088626	0.0105773	0.0125093	0.0146744	0.0170891	0.0197703
55	0.0060460	0.0073737	0.0088895	0.0106076	0.0125434	0.0147126	0.0171315	0.0198174
56	0.0060667	0.0073975	0.0089164	0.0106381	0.0125776	0.0147508	0.0171740	0.0198645
57	0.0060874	0.0074212	0.0089434	0.0106686	0.0126119	0.0147891	0.0172166	0.0199117
58	0.0061081	0.0074450	0.0089704	0.0106991	0.0126462	0.0148275	0.0172593	0.0199590
59	0.0061289	0.0074688	0.0089975	0.0107298	0.0126806	0.0148659	0.0173021	0.0200063
60	0.0061497	0.0074927	0.0090247	0.0107604	0.0127151	0.0149044	0.0173449	0.0200533

分	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
0	0.0200538	0.0230491	0.0263497	0.0299753	0.0339470	0.0382866	0.0430172	0.0481636
1	0.0201013	0.0231015	0.0264074	0.0300388	0.0340162	0.0383621	0.0430995	0.0482530
2	0.0201489	0.0231541	0.0264652	0.0301020	0.0340856	0.0384378	0.0431819	0.0483426
3	0.0201966	0.0232067	0.0265231	0.0301655	0.0341550	0.0385136	0.0432645	0.0484323
4	0.0202444	0.0232594	0.0265810	0.0302291	0.0342246	0.0385895	0.0433471	0.0485221
5	0.0202922	0.0233122	0.0266391	0.0302928	0.0342942	0.0386655	0.0434299	0.0486120
6	0.0203401	0.0233651	0.0266973	0.0303566	0.0343640	0.0387416	0.0435128	0.0487020
7	0.0203881	0.0234181	0.0267555	0.0304205	0.0344339	0.0388179	0.0435957	0.0487922
8	0.0204362	0.0234711	0.0268139	0.0304844	0.0345038	0.0388942	0.0436789	0.0488825
9	0.0204844	0.0235242	0.0268723	0.0305485	0.0345739	0.0389706	0.0437621	0.0489730
10	0.0205326	0.0235775	0.0269308	0.0306127	0.0346441	0.0390472	0.0438454	0.0490635
11	0.0205809	0.0236308	0.0269894	0.0306769	0.0347144	0.0391239	0.0439289	0.0491542
12	0.0206293	0.0236842	0.0270481	0.0307413	0.0347847	0.0392006	0.0440124	0.0492450
13	0.0206778	0.0237376	0.0271069	0.0308058	0.0348552	0.0392775	0.0440961	0.0493359
14	0.0207264	0.0237912	0.0271658	0.0308703	0.0349258	0.0393545	0.0441799	0.0494269
15	0.0207750	0.0238449	0.0272248	0.0309350	0.0349965	0.0394316	0.0442639	0.0495181
16	0.0208238	0.0238985	0.0272839	0.0309997	0.0350673	0.0395083	0.0443479	0.0496094
17	0.0208725	0.0239524	0.0273430	0.0310646	0.0351382	0.0395862	0.0444321	0.0497006
18	0.0209215	0.0240063	0.0274023	0.0311295	0.0352092	0.0396636	0.0445163	0.0497924
19	0.0209704	0.0240603	0.0274617	0.0311946	0.0352803	0.0397411	0.0446007	0.0498840
20	0.0210195	0.0241144	0.0275211	0.0312597	0.0353515	0.0398188	0.0446863	0.0499758
21	0.0210686	0.0241686	0.0275806	0.0313250	0.0354228	0.0398966	0.0447699	0.0500677
22	0.0211178	0.0242228	0.0276403	0.0313903	0.0354942	0.0399745	0.0448546	0.0501598
23	0.0211671	0.0242772	0.0277000	0.0314557	0.0355658	0.0400524	0.0449395	0.0502520
24	0.0212165	0.0243316	0.0277598	0.0315213	0.0356374	0.0401306	0.0450245	0.0503442
25	0.0212660	0.0243861	0.0278197	0.0315869	0.0357091	0.0402088	0.0451096	0.0504367
26	0.0213155	0.0244405	0.0278797	0.0316527	0.0357810	0.0402871	0.0451948	0.0505292
27	0.0213651	0.0244954	0.0279398	0.0317185	0.0358529	0.0403655	0.0452801	0.0506219
28	0.0214148	0.0245502	0.0279999	0.0317844	0.0359249	0.0404441	0.0453655	0.0507147
29	0.0214646	0.0246050	0.0280602	0.0318504	0.0359971	0.0405227	0.0454512	0.0508076
30	0.0215144	0.0246600	0.0281206	0.0319166	0.0360694	0.0406015	0.0455369	0.0509006
31	0.0215644	0.0247150	0.0281810	0.0319828	0.0361417	0.0406804	0.0456227	0.0509938
32	0.0216145	0.0247702	0.0282416	0.0320491	0.0362142	0.0407594	0.0457086	0.0510871
33	0.0216646	0.0248254	0.0283022	0.0321155	0.0362868	0.0408385	0.0457947	0.0511806
34	0.0217148	0.0248807	0.0283630	0.0321821	0.0363594	0.0409177	0.0458803	0.0512741
35	0.0217651	0.0249361	0.0284238	0.0322487	0.0364322	0.0409970	0.0459671	0.0513678
36	0.0218154	0.0249916	0.0284848	0.0323154	0.0365051	0.0410765	0.0460536	0.0514616
37	0.0218659	0.0250474	0.0285458	0.0323823	0.0365781	0.0411561	0.0461401	0.0515555
38	0.0219164	0.0251028	0.0286069	0.0324492	0.0366512	0.0412357	0.0462267	0.0516496
39	0.0219670	0.0251585	0.0286681	0.0325162	0.0367244	0.0413155	0.0463135	0.0517438
40	0.0220177	0.0252143	0.0287294	0.0325833	0.0367977	0.0413954	0.0464004	0.0518381
41	0.0220685	0.0252703	0.0287908	0.0326506	0.0368712	0.0414754	0.0464874	0.0519326
42	0.0221193	0.0253263	0.0288523	0.0327179	0.0369447	0.0415555	0.0465745	0.0520271
43	0.0221703	0.0253824	0.0289139	0.0327853	0.0370183	0.0416358	0.0466618	0.0521218
44	0.0222213	0.0254386	0.0289756	0.0328528	0.0370921	0.0417161	0.0467491	0.0522167
45	0.0222724	0.0254948	0.0290373	0.0329205	0.0371659	0.0417966	0.0468366	0.0523116
46	0.0223236	0.0255512	0.0290992	0.0329882	0.0372399	0.0418772	0.0469242	0.0524067
47	0.0223749	0.0256076	0.0291612	0.0330560	0.0373139	0.0419579	0.0470120	0.0525019
48	0.0224262	0.0256642	0.0292232	0.0331239	0.0373881	0.0420387	0.0470998	0.0525973
49	0.0224777	0.0257208	0.0292854	0.0331920	0.0374624	0.0421196	0.0471878	0.0526923
50	0.0225292	0.0257775	0.0293476	0.0332601	0.0375368	0.0422006	0.0472759	0.0527884
51	0.0225808	0.0258343	0.0294100	0.0333283	0.0376113	0.0422818	0.0473641	0.0528841
52	0.0226325	0.0258912	0.0294724	0.0333967	0.0376859	0.0423630	0.0474523	0.0529799
53	0.0226843	0.0259484	0.0295349	0.0334651	0.0377605	0.0424444	0.0475409	0.0530769
54	0.0227361	0.0260053	0.0295976	0.0335336	0.0378354	0.0425259	0.0476295	0.0531721
55	0.0227881	0.0260625	0.0296603	0.0336023	0.0379103	0.0426075	0.0477182	0.0532683
56	0.0228401	0.0261197	0.0297231	0.0336710	0.0379853	0.0426892	0.0478070	0.0533647
57	0.0228922	0.0261771	0.0297860	0.0337399	0.0380605	0.0427710	0.0478961	0.0534612
58	0.0229444	0.0262345	0.0298490	0.0338088	0.0381357	0.0428530	0.0479851	0.0535578
59	0.0229967	0.0262920	0.0299121	0.0338778	0.0382111	0.0429351	0.0480743	0.0536546
60	0.0230491	0.0263497	0.0299753	0.0339470	0.0382866	0.0430172	0.0481636	0.0537515

的基圆半径不变, 任何一个瞬间的速比总是

$$\widehat{a_1 b_1} = r_{o1} \varphi_1 = r_{o1} \omega_1 \Delta t$$

$$\widehat{a_2 b_2} = r_{o2} \varphi_2 = r_{o2} \omega_2 \Delta t$$

式中 ω_1 、 ω_2 ——分别为主动轮和从动轮的角速度;

Δt ——转过转角 φ_1 或 φ_2 所经过的时间。因为 $\widehat{a_1 b_1} = \widehat{a_2 b_2}$, 所以可得:

$$r_{o1} \omega_1 = r_{o2} \omega_2$$

或
$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{o2}}{r_{o1}}$$

式中 r_{o1} ——主动轮的基圆半径;

r_{o2} ——被动轮的基圆半径。

上式表明其传动比为一常数, 且与两轮的基圆半径成反比。

图1-19中还说明这样一个问题, 即齿廓所有的接触点都落在两基圆的内公切线 $\overline{N_1 N_2}$ 上〔渐开线性质(2)〕。而两个不变的基圆在同一方向的内公切线只有一条(重合), 故直线 $\overline{N_1 N_2}$ 又称为渐开线齿轮的啮合线。它又与 $O_1 O_2$ 连线交于一点 P (节点), 过节点 P 的两个圆称为节圆 (d)。它代表齿轮啮合旋转时, 相互做无滑动的纯滚动的两个圆, 单个齿轮不存在有节圆, 只有分度圆 (d_f)。大小齿轮的节圆半径分别为 r_1 和 r_2 。又因为 $\triangle O_1 N_1 P \sim \triangle O_2 N_2 P$, 于是对应

边成比例:

$$\frac{r_{o2}}{r_{o1}} = \frac{O_2 P}{O_1 P} = \frac{r_2}{r_1}$$

上式又可写成:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{o2}}{r_{o1}} = \frac{r_2}{r_1}$$

分度圆是指齿轮上齿形角与刀具的齿形角相等的圆。也就是切齿时, 齿轮的移动速度和刀具移动速度相等的圆。它表示在齿顶圆与齿根圆之间的一个假想圆, 并作为计算齿轮各部尺寸的依据, 在这个圆的圆周上, 齿间与齿厚正好相等 (即 $W_f = S_f$), 这圆就叫分度圆。在一般无变位的情况下 (标准齿轮), 其分度圆和节圆是重合相等的。

由上式可得 $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$, 即 $v_1 = v_2$ 。它表示两轮之节圆是纯滚动而无滑动, 那么其节圆上的齿距 (周节 t) 一定相等, 即 $t_1 = t_2$ 。

而
$$t_1 = \frac{2\pi r_1}{Z_1} \quad t_2 = \frac{2\pi r_2}{Z_2}$$

则上式又可写成:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{o2}}{r_{o1}} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-3)$$

式中 Z_2 、 Z_1 ——分别为大小两齿轮的齿数。

由式1-3可知,渐开线齿轮的传动比*i*是恒定不变的。

周节是指分度圆上均匀地分布着*Z*个齿,相邻两牙齿同侧齿廓间的弧长,用*t*表示。

$$t = \frac{2\pi r_f}{Z} \quad (\text{或 } t = \frac{\pi d_f}{Z}) \quad (1-4)$$

在分度圆上,齿轮一个牙齿两侧间的弧长称为分度圆齿厚: $S_f = \frac{t}{2}$ 。而两相邻牙齿的空间部分的弧长称为齿间(齿槽)用 W_f 表示,显然 $t = S_f + W_f$ (图1-20)。

(二) 渐开线齿轮传动的可分性

一对互相啮合的齿轮制造好以后,其基圆大小也就固定了。它不因中心距变化而变化。由公式(1-3)可看出传动比与中心距无关,所以中心距稍有变化时,对传动比没有影响,当然中心距变化后,两传动齿轮的节圆大小要随之变化(即产生新的节圆半径 r_1' 、 r_2') ,但

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{r_{02}}{r_{01}} = \frac{r_2'}{r_1'}$$

仍保持不变。

渐开线齿轮传动具有可分性这一特点是很有实用价值的。由于齿轮加工、箱体中心距、轴承、传动轴以及安装等总有误差(尺寸误差及形位误差),再加上持续不断运转时的磨损,因此实际中心距 A 与理论中心距 A_0 不同(即 $A \neq A_0$) ,中心距虽稍有变化,可是传动比仍保持不变。这就为以后要介绍的变位齿轮的应用创造了条件。

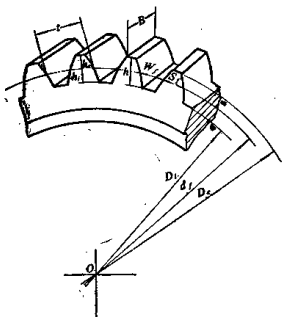


图 1-20

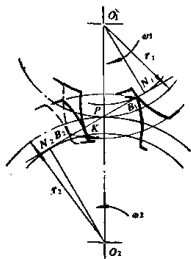


图 1-21 一对齿轮啮合的情况

中心距 A_0 是指两齿轮轴线间的距离,即 $A_0 = r_1 + r_2$ 。

(三) 一对齿轮连续传动的条件

当一对齿轮啮合传动时,开始必为主动轮的齿根推动从动轮的齿顶,直至主动轮的齿顶推不着从动轮的齿根并分离而告终。根据渐开线性质(2)可知,两轮齿廓的接触点只能在啮合线 N_1N_2 上,其所走的距离为 $\overline{B_1'K}$ (法向齿距或法节),见图1-21。这时实际啮合线 $\overline{B_1B_2} > \overline{B_1'K}$ 。