

齒輪傳動的 基本知識

米扎金特列爾著

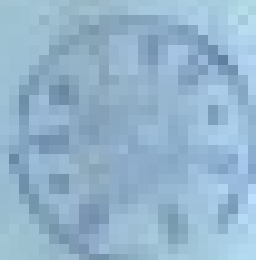


机械工业出版社

175771

齒輪傳動的 基本知識

鄭兆昌 鄭永年 著



機械工业出版社

齒輪傳動的基本知識

米扎金特列尔著

郑志峰譯



机械工业出版社

1958

出版者的話

在各种机器上,要使旋轉运动从这根軸傳到另一根軸,多半是用齒輪傳动,因此作为一个机工对各种齒輪的性能、傳动比的关系和齒輪各部分計算的要素等必須有个了解,只有这样才能对齒輪进行加工、計算、修理和装配等工作。本書着重介紹齒輪傳动的基本知識,書中列有許多計算公式和計算实例,使讀者学习起来更加方便。

本書是根据[苏联齒輪工革新者叢書]第一册翻譯的,其他各册将在編写[机械工人活叶学习材料]时作为資料。

本書可供齒輪工、装配工和修理工学习。

苏联 М. Л. Миценгендлер 著 'Основные сведения о зубчатых передачах' (Машгиз 1956 年第一版)

*

*

*

NO. 1842

1958 年 9 月第一版 1958 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字数 47 千字 印張 2 $\frac{1}{8}$ 00,001—15,100 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.34 元

目 次

原序	4
一 齒輪嚙合的理論要素	5
1 關於漸伸綫和漸伸綫嚙合的概念	5
2 轉數比	9
3 齒輪的類型	10
二 圓柱齒輪	11
4 圓柱齒輪的特性	11
5 外嚙合直齒圓柱齒輪	12
6 原始齒廓	16
7 內嚙合圓柱齒輪	18
8 外嚙合直齒圓柱齒輪的修正	20
9 斜齒圓柱齒輪	24
三 圓錐齒輪	28
10 基本概念	28
11 斜齒圓錐齒輪	30
12 曲齒圓錐齒輪	33
13 直齒圓錐齒輪的修正	34
四 蝸輪傳動	37
14 蝸杆要素	38
15 蝸輪要素	39
16 跟圓柱齒輪相嚙合的蝸杆要素計算	40
附錄 齒輪工作圖的制訂	44

原 序

在有历史意义的苏联共产党第廿次党代表大会上，通过了發展苏联国民經济的第六个五年計劃的指令。

指令中載明大力發展机器制造業，在机器机床和机械制造中要繼續进行技术革新。

在机器制造中，齿輪傳动的生产范围極广。在齿輪加工工作者、生产革新者、机床修配工作者、工長和技术工作者面前提出了各种提高齿輪傳动工作質量和增加齿輪加工机床生产率的問題。所有这些問題都要求提高齿輪制造者的技艺水平和提高齿輪加工工人、机床修配工人和工長在齿輪加工工艺方面的熟練程度。

为了上述的目的，乃編出了一套齿輪生产革新者的叢書。

本叢書計包括九册，其目录一覽表皆列于叢書每册的卷末中。

叢書所包括的内容为基本知識、齿輪切削机床調整須知、齿輪加工缺陷的消除、齿輪檢查，在其余各册中則綜合了許多工厂在齿輪傳动生产方面的經驗。

由于在齿輪制造工艺的某些文献中，对于个别問題的叙述上特别是在制造高精度齿輪的方面有一些明显的缺点，所以在本叢書中对这些問題首先予以闡明。这样，就毫无疑问的会引起广大熟練工人以及其它同齿輪生产有直接关系的工作者們对它發生兴趣。

对本叢書的指导和批評意見請寄到下面的地址：列宁格勒捷尔任斯基大街十号国立机器制造書籍出版社列宁格勒分社。

編 者



一 齒輪嚙合的理論要素

在機器和儀器中，要把旋轉運動從這一根軸傳到另一根軸上時，多半是采用齒輪傳動。齒輪傳動的輪子彼此間進行嚙合。傳出旋轉運動的齒輪，叫做主動輪，而接受這個旋轉運動的齒輪就叫做從動輪。

能夠傳遞大功率，保證一定的傳動比，傳動平穩，傳動效率高以及其他一系列的優點，使齒輪傳動得到了廣泛的應用。

差不多所有近代的機器和儀器：例如汽車、航空發動機、拖拉機、農業機械、金屬切削機床、精密儀器的機構、計算機、鐘表以及其他等等，都有齒輪傳動。

齒輪傳動不僅用於傳遞旋轉運動，而且也用在變旋轉運動為往復直線運動的機構中。

1 關於漸伸綫和漸伸綫嚙合的概念

齒輪上的齒廓形狀並不是任意做成的，而是一種特別的曲綫。從工藝上講，構成齒廓的這種曲綫應當是容易製造的，而漸伸綫就能滿足這個要求。

在近代機器製造中，應用最廣的是由兩個對稱漸伸綫構成齒廓面的齒。

漸伸綫是這樣一種曲綫，它由跟圓周相切的切綫上的一點 A

描繪而成，如果切綫在点 A 的这边或另外一边沿圓周做无滑动的滚动时(圖 1)，就可以构成两个对称的漸伸綫，其方向彼此相反。

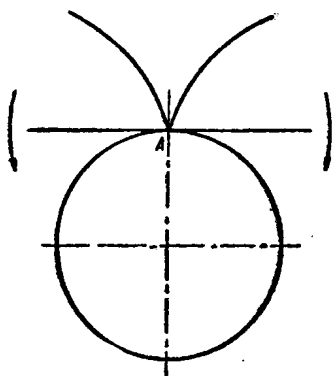


圖 1 对称的漸伸綫。

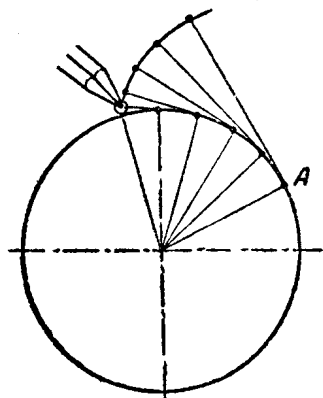


圖 2 漸伸綫的描繪。

用于构成漸伸綫齿廓面的切綫，叫做母綫。

漸伸綫有时叫做展开圓，如果研究一下簡單的描繪漸伸綫的方法时，这个名称就变成很明白的了。

在一个不动的圓柱体上，纏繞一根綫，并把它的一端固定于 A 点，在綫另一端的环中套上一枝铅笔，使綫在拉紧的状态下，卷向圓周或离开圓周，于是铅笔尖就在垂直于圓柱体軸綫的紙面上繪出一个曲綫(圖 2)，这就是漸伸綫。

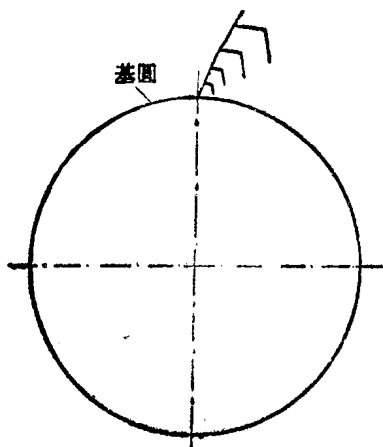


圖 3 在同一个漸伸綫上不同尺寸的齿的位置。

可展开而构成漸开綫齿廓的圓周，叫做基圓。

在一定直径的基圆上，可以画出很多的渐伸线，但完全一样：它们的形状仅仅跟基圆的直径有关。同一条渐伸线同时可做为大齿和小齿的齿廓（图3）。

让我们来研究一下由两个轮子组成的齿轮传动，当转动时一个轮子在另一个上面滚动。

把一个轮子的轮齿引入另一个的齿槽中，并且使两齿廓在中心线 O_1O_2 上一点 P 处互相接触。 P 点叫做啮合极点（图4）。

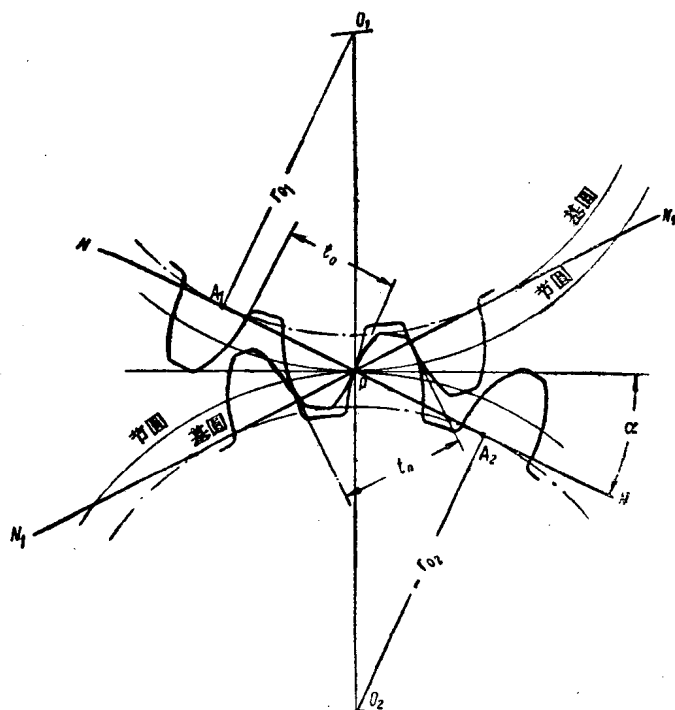


图4 两个圆柱齿轮的渐伸线啮合。

通过这个极点，半径为 O_1P 和 O_2P 的两个齿轮的圆周，叫做节圆。

在节圆的啮合极点上，两轮的圆周速度相等，因而彼此能无滑动的互相滚过。

经过 P 点作直线 NN ，使跟两个基圆相切。切线 NN 跟垂直于中心线 O_1O_2 的直线组成角 α 。另外一个跟直线 NN 相同的直线 N_1N_1 同样的也切在基圆上。从中心 O_1 和 O_2 画垂直于直线 NN 的垂线 O_1A_1 和 O_2A_2 。显然，这垂线 O_1A_1 和 O_2A_2 即是这基圆的半径。当直线 NN 沿基圆滚动时，在这直线上的任意一点都可以描绘出渐伸线而构成齿廓。

齿廓的接触点总是位于两个基圆的切线上，这条直线叫做啮合线。它跟母线 NN 重合在一起。当齿轮传动旋转到啮合线上的 A_1 点时，主动轮齿根部就进入工作，跟从动轮的齿顶相接触（图 5）；之后，齿廓的接触点沿 A_1PA_2 移动（图 4），移动到 A_2 时（图 5）两个齿就离开啮合。在啮合线 NN 上的线段 A_1 和 A_2 叫做啮合长度（图 4）。

齿轮的运动是由于主动轮的齿面对从动轮的齿面发生压力。这个压力 Q 是沿着啮合线 NN 的方向（图 5）跟基圆相切，而不

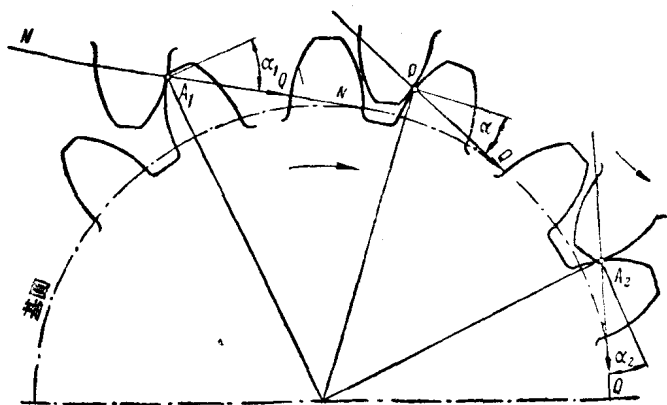


图 5 当齿轮旋转时，根据齿的位置而变化的压力角。

跟决定牙齿旋轉方向的半徑相垂直。

由压力的方向和齿輪的旋轉方向所构成的角度叫做压力角。压力在齿輪旋轉时有变化，它从嚙合开始（ A_1 点）到嚙合終了（ A_2 点）逐漸减小。

在节圓上 P 点处的压力角叫做嚙合角。

在一般的情况下，嚙合角 α 是嚙合綫和垂直于中心綫的直綫之間的夾角。

为了使齿輪傳动工作平稳，必須在一对齿脫离嚙合之前另一对齿已經进入嚙合状态中，也就是使同时进行嚙合的齿数多于一对。同时进行嚙合的齿数越多則傳动工作也就越平稳。

可以看到，当主动齿輪圍繞中心 O_1 依逆时針方向旋轉时的一瞬间（圖 4）是一对齿相接触。而当繞中心 O_1 順时針方向旋轉的同样瞬間，是两对齿相接触。不过这两个齿輪的基节 t_0 應該是相等的。

所謂齿輪的基节 t_0 就是沿嚙合綫（或是沿法綫——最短的距离）方向在相鄰两齿廓上相应点（右边或左边）之間的节距。

$$t_0 = t \cos \alpha = m\pi \cos 20^\circ.$$

2 轉数比

一对齿輪的轉数比由两个齿輪的轉数的比值及其齿数的反比值来确定。

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

式中 n_1 ——具有齿数 z_1 的齿輪的轉数；

n_2 ——具有齿数 z_2 的齿輪的轉数。

为了使齿輪旋轉得平稳，在一对齿輪傳动时，其轉数比建議不超过 5。最好的是轉数比 $i = 1$ 的齿輪傳动，即 $z_1 = z_2$ 。此时

齒輪 z_1 的齒將與齒輪 z_2 的同一齒永久實行嚙合，從而使這對齒輪相互接觸的齒更容易跑合。

在動力傳動中，建議採用分數形式的轉數比，分子和分母沒有公約數。例如

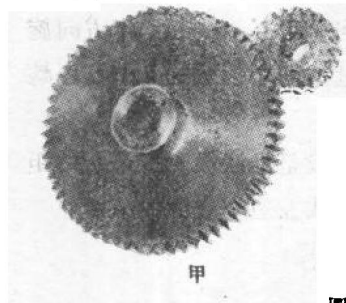
$$\frac{24}{31}, \frac{49}{65}, \frac{72}{85} \text{ 等等。}$$

這樣可以保證傳動輪齒的磨損均勻。對於轉數比的倒數值，則叫做傳動比並用帶兩個腳注符號的 i 來表示。

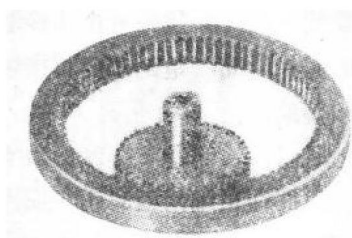
$$i_{12} = \frac{1}{i} = \frac{z_1}{z_2}。$$

3 齒輪的類型

圓柱齒輪用於傳遞兩平行軸之間的旋轉運動（圖 6）。



甲



乙

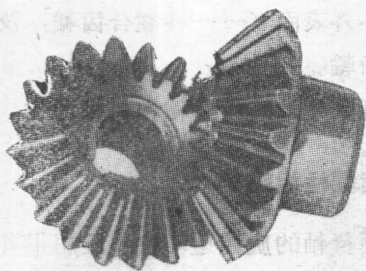
圖 6 圓柱齒輪：

甲—外嚙合；乙—內嚙合。

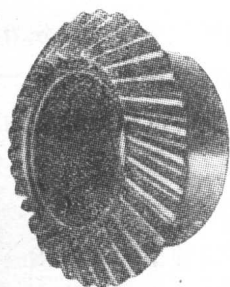
圓錐齒輪（圖 7）用來傳遞兩軸放置成一角度時的旋轉運動（交叉放置的軸）。

蝸輪傳動用於傳遞兩軸在空間交錯放置時的旋轉運動（圖 8）。

螺旋齒輪（圖 9）也用於傳遞兩軸在空間交錯時的旋轉運動，螺旋齒輪可以是圓柱齒輪和圓錐齒輪，也就是所謂准雙曲綫齒輪。



甲



乙

圖 7 圓錐齒輪：
甲一直齒的；乙一斜齒的。

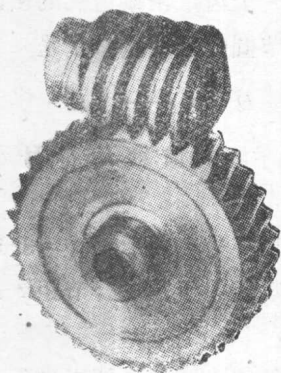


圖 8 蝸輪傳動。

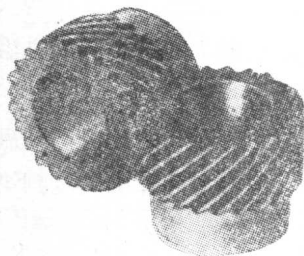


圖 9 螺旋齒輪。

二 圓柱齒輪

4 圓柱齒輪的特性

所謂圓柱齒輪是把齒切削在齒輪毛坯的圓柱表面上，切在毛坯上的齒構成齒圈。

圆柱齿轮可以分为齿圈在毛坯外表面者——外啮合齿轮，及齿圈在毛坯内表面者——内啮合齿轮。

此外，根据轮齿的方向，又可以分为直齿齿轮和斜齿齿轮。

5 外啮合直齿圆柱齿轮

这种型式的齿轮，在傳遞两平行轴的旋轉运动中，应用得非常广泛。齿轮的齿，切在圆柱形毛坯的外表面上，并平行于齿轮軸綫；沿齿圈整个长度的齿廓都是一样的。

在直径为 D 的齿轮节圆上分布着 z 个齿，相邻齿廓的相应点之间的距离，叫做啮合节距 t ，它沿节圆弧来度量。于是

$$\pi \cdot D = z \cdot t \quad \text{或} \quad D = z \cdot \frac{t}{\pi}。$$

在齿轮上的这个圆周叫做分度圆，它的直径用符号 d_0 来表示。

节距 t 对 π 的比值，叫做模数，用符号 m 表示。 $\pi = 3.1416$ ——无理数，计算准确度到第四位小数值。于是啮合节距 t 是一个分。

实际上，度量节距时是沿分度圆的同心圆即母圆来进行，此节距也叫做周节。通过模数表示 d_0 。

$$d_0 = m \cdot z \quad \text{或} \quad m = \frac{d_0}{z}。$$

这样，模数——被一个齿所占有的节圆直径的一部分。模数和节距的单位为公厘。

根据 OCT 1597 模数采用下列的标准值：0.3；0.4；0.5；0.6；0.7；0.8；1；1.25；1.5；1.75；2；2.25；2.5；(2.75)；3；(3.25)；3.5；(3.75)；4；(4.25)；4.5；5；5.5；6；6.5；7；8；9；10；11；12；13；14；15；16；18；20 等等。括号中

的模數不推薦採用。採用模數可以簡化齒輪要素的計算。齒輪所有的幾何尺寸都可通過模數來表示。

以下我們來確定齒輪的基本要素。

分度圓的直徑將齒高分為齒頂和齒高兩部分（圖 10）。

分度圓上面的一部分叫做齒頂。

齒根是齒的根部 and 分度圓之間的一部分。

輪齒頂部的圓周叫做頂圓，它的直徑為 D_e 。

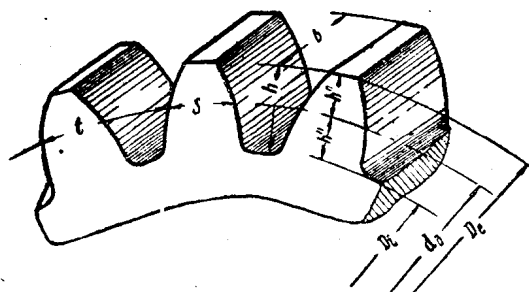


圖 10 圓柱直齒輪的要素。

輪齒齒槽底面的圓周叫做根圓，它的直徑為 D_i 。

沿半徑方向量得的齒頂圓跟分度圓之間的距離，叫做齒頂高 h' 。

沿半徑方向量得的分度圓跟齒根圓之間的距離叫做齒根高 h'' 。

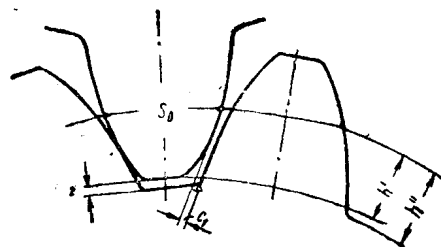


圖 11 徑向和側向間隙。

齒的全高等於齒頂高跟齒根高之和。

$$h = h' + h''$$

齒厚 S 是一個弧長，它是沿節圓周在同一个齒的兩相對齒廓面之間的距離。

齒槽的寬度 S_0 ，是相鄰兩齒廓在節圓周上相鄰點之間的距離（圖 11）。

在无間隙的嚙合中，也就是說一个齿輪的齿紧紧的嵌进在另一齿輪的齿槽中，齿厚 S 等于齿槽的寬度 S_B ， $S + S_B = t$ （嚙合节距）。一般齿槽的寬度大于齿厚，因之产生側向間隙 c_1 。此外，在齿輪嚙合中还有徑向間隙。

$$c_2 = h'' - h'。$$

如果减小这个間隙，或者是把它去掉，就会使共軛齿輪的齿頂和齿槽發生咬切。取齿頂高 h' 等于模数 m ，齿根高 $h'' = 1.25m$ ，則齿高

$$h = h' + h'' = m + 1.25m = 2.25m。$$

齿頂圓的直徑用下式确定：

$$D_e = d_o + 2h' = d_o + 2m = m \cdot z + 2m = m(z + 2)。$$

齿根圓直徑：

$$D_i = d_o - 2h'' = d_o - 2 \cdot 1.25 \cdot m = d_o - 2.5m = m(z - 2.5)。$$

此外，采用短齿时，高度 $h = (1.8 \sim 1.9)m$ ，齿頂高 $h' = 0.8m$ 。

在齿輪傳动中，两齿輪旋轉軸中心 O_1O_2 （圖 4）之間的距离叫做中心距并用字母 A 表示之

$$A = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2}。$$

式中 d_{o1} ——主动輪的分度圓直徑；

d_{o2} ——从动輪的分度圓直徑。

共軛齿輪的分度圓在标准中心距的情况下跟节圓相重合，但是不应当把它倆看成是一回事。

当理論中心距改变时，分度圓就不再相切，因此它也就不再是节圓。分度圓有它自己的計算值，它在齿輪上是不能測量的。

分度圓只是在齿輪度量时的一个基准。在分度圓上节距和嚙合角等于切削刀具的理論节距和齿形角。

理論中心距的改变会引起齿輪齿槽寬度的改变。这时，齿輪

的齿槽宽度 S_s 不等于齿厚 S 。

对于未修正的圆柱直齿轮（未改善的齿轮），其基本要素可按表 1 所列出的公式求得。

表1 直齿圆柱齿轮的计算公式
(未修正的)

要素名称			單位	符号	計 算 公 式
模 数			公厘	m	按OCT 1597 的标准系列中选用
沿分度圓的节距			公厘	t	$t = m \cdot \pi; \pi = 3.1416$
基 节			公厘	t_0	$t_0 = m \cdot \pi \cos 20^\circ$
齿 数	齿 輪	主 动		z_1	按结构的需要选用
		从 动		z_2	当 $z \leq 17$ 时, 要加以修正
分度圓直径			公厘	d_∂	$d_\partial = m \cdot z$
齿頂圓直径			公厘	D_e	$D_e = d_\partial + 2m = m(z+2)$
齿根圓直径			公厘	D_i	$D_i = d_\partial - 2.5m = m(z-2.5)$
齿 高			公厘	h	$h = h' + h'' = 2.25m$
齿頂高			公厘	h'	$h' = m$
齿根高			公厘	h''	$h'' = 1.25m$
徑向間隙			公厘	c_2	$c_2 = h'' - h' = 0.25m$
沿分度圓弧的齿厚			公厘	S	$S = \frac{t}{2} = \frac{m \cdot \pi}{2}$
齿 長			公厘	b	b 到 $10m$
中心距			公厘	A	$A = \frac{d_{\partial 1} + d_{\partial 2}}{2} = m \frac{z_1 + z_2}{2}$

例題 1 如果圆柱齿轮的模数 $m = 2.5$ 公厘, 齿数 $z = 42$, 试计算它的基本要素。