

圓弧齒傘齒輪 加工手冊



吉林人民出版社

圓弧齒傘齒輪加工手冊

第一汽車厂切削試驗室編

吉林人民出版社

1959·長春

內 容 簡 介

为适应全国工农业大跃进的要求，本手册搜集了螺旋伞齿轮、零度伞齿轮、双曲线齿轮的有关参数计算及切齿计算资料等，并介绍了与切齿有关的必要知识，其中包括机床、刀具、磨刀、检验等。以便伞齿轮工作者能依靠本手册获得足够的资料进行工作。手册内还附有盘铣刀设计参考资料和挂轮表。

圆弧齿伞齿轮加工手册 第一汽车厂切削试验室 编

吉林人民出版社出版 (长春市北京大街) 吉林省书刊出版业营业许可证出字第1号

长春新华印刷厂印刷 吉林省新华书店发行

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：18 插页：4 字数：378,000 印数：1—13,000册
1959年10月第1版 1959年10月第1版第1次印刷

统一书号：15091·73

定价(9)：2.80元

前 言

随着祖国社会主义建设的飞跃发展，伞齿轮的应用范围日益扩大，并且对它的制造精度也提出了更高的要求，但是目前我国还缺乏一本比较完整的有关资料，往往由于资料缺乏，影响工作的顺利开展。因此，我们决定编这本手册，借以能够解决目前这个困难。

手册的主要对象是齿轮制造工作者，因此虽然编入了圆弧齿伞齿轮的基本参数计算，但是没有列入齿轮的强度等等计算资料。在一般工作中强度的验算往往不是必要的，因此设计师也可在手册中得到足够的计算资料。

由于编者的工作经验不多，限于水平，错误和遗漏的地方在所难免，希望参考使用本手册的兄弟单位及同志们多提出批评及指正，以便早日更正及补充。在编写过程中承蒙工艺院有关同志的大力帮助，特此致谢。

第一汽车厂 切削实验室

一九五九年三月

目 次

前 言

第一章 伞齿輪种类	(1)
第二章 切齿原理及方法	(4)
第三章 切齿机种类、規格及机床調整的主要項目	(6)
第四章 切齿刀盘	(10)
第五章 螺旋伞齿輪基本参数的計算	(22)
第六章 螺旋伞齿輪的切齿計算	(34)
第七章 零度伞齿輪基本参数及机床調整計算	(63)
第八章 双曲线齿輪基本参数及机床調整計算	(71)
第九章 等高齿螺旋伞齿輪基本参数及机床調整計算	(106)
第十章 伞齿輪毛胚的公差	(122)
第十一章 夹 具	(127)
第十二章 刀盘的刃磨及檢驗	(133)
第十三章 伞齿輪檢驗	(140)
第十四章 附录	(148)
一、盘銑刀設計參考資料	(148)
I. 盘銑刀的类型	(148)
II. 各种盘銑刀的标記及其零件	(148)
III. 尺寸标記	(149)
IV. 盘銑刀的使用方法	(149)
V. 盘銑刀的尺寸	(151)
VI. 技术条件	(174)
二、挂輪表	(179)

第一章 傘齒輪種類

按照傘齒輪的牙齒形狀來說，可分為以下四類（圖1）：

1. 直齒傘齒輪

這是最簡單的傘齒輪，它的傳動速度較低，通常圓周速度不應超過300米/分或1000轉/分，只適用於負荷小而穩定、噪音要求不高的傳動中。但由於軸向推力及徑向推力不大，因此可用滑動軸承，結構可較緊湊及比較經濟。

2. 螺旋傘齒輪

它的牙齒是曲線形的（如果是按格利生制度，則是圓弧形的），所以同時嚙合的齒數要較直齒為多，這樣便可傳遞較大的負荷，約為直齒的130%，同時噪音也可減小，且允許在較高的速度下工作。但因具有螺旋角（一般常用 30° — 50° ），所以軸向推力較大，需用止推軸承。

這種齒輪在汽車及其他機械部門內應用得相當廣泛。

3. 零度傘齒輪

當螺旋傘齒輪的螺旋角等於“零”時就是零度傘齒輪。但是牙齒仍然保持圓弧形，所以它和直齒傘齒輪比較可以有較多的接觸齒數，也就可以傳遞較大的負荷及較平靜地工作。同時直齒傘齒輪不能磨齒而它可以磨齒，它和直齒傘齒輪一樣軸向推力很小，因此往往以零度傘齒輪代替直齒傘齒輪，而不增加其安裝地位。

在航空、拖拉機及機床製造業中常以零度傘齒輪代替直齒傘齒輪。

4. 雙曲線齒輪

按其外形來看，它和螺旋傘齒輪沒有什麼區別，但是在安裝位置上，大、小輪*的軸線有一個相對偏置，因此大、小輪的螺旋角不等，而且設計上總是使小輪的螺旋角較大，於是它的端面模數就較大輪的為大，齒輪的尺寸也就增大，也就是說小輪的強度增加，同時，接觸齒數也增多，所以傳遞負荷能力也大，傳動時很平靜。而且，全齒面上都存在着滑動，因而齒輪在運轉工作時齒面磨損較均勻。這個特點對研磨齒面亦有利。

雙曲線齒輪和螺旋傘齒輪採用於傳遞高於300米/分的圓周速度時，才能充分的顯示其優越性，當圓周速度高於1,500米/分時，應該磨齒。

由於雙曲線齒輪的軸線不相交，有一個偏置量，所以在小汽車後橋減速器上廣泛的採用這種齒輪，以便降低車身，使重心下降，或在某些特殊條件下，如越野車可使車身提高以增進汽車的通過性。雙曲線齒輪也用於分度機構，以代替蝸輪傳動。

* 成對傘齒輪內齒數較多的稱之為大輪，齒數較少的稱之為小輪，以下均同此。

5. 仿形齿（半滚动）伞齿轮

螺旋伞齿轮、零度伞齿轮和双曲线齿轮，当它们的传动比较大时，大轮的齿廓形状接近于直线，因此可以用直线形齿廓来代替，这样一来，小轮的齿廓形状则应加以相应的修正（用范成法）。仿形齿伞齿轮对的大轮，是用仿形法切出，即切齿时机床的摇台不摆动，所切出的齿廓形状和刀刃相同为直边形。

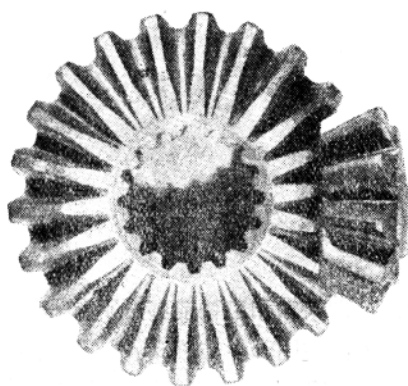
这种齿轮主要在大量和大批生产中采用，一般都用特种机床（如格利生No.22, No.11等）切削大轮。

大轮的牙齿精切是用圆拉刀盘。使精切工序的生产率大大提高，工件质量也好，但机床调整的計算比较复杂。圆拉刀盘制造较困难，且限于传动比大于3或大轮节锥角大于 70° 时使用。

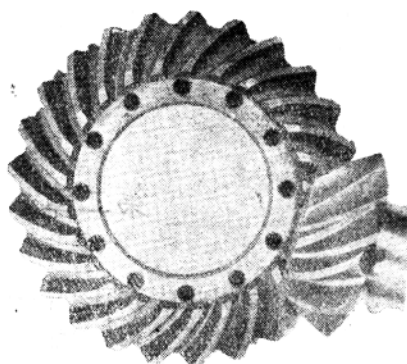
6. 等高齿螺旋伞齿轮

螺旋伞齿轮在小批、小量和单件生产中，人们最感到困难的是刀具需要量大，调整計算和调整安装复杂，等高齿伞齿轮是适应于小量生产中发展起来的。

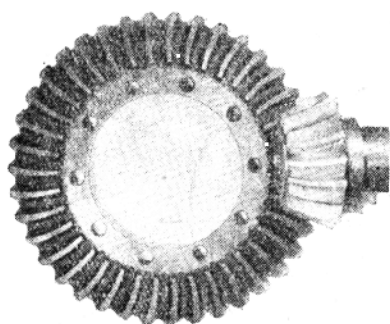
等高齿的特征和优缺点：①牙齿的大端和小端齿高相等，即齿轮的面锥角、节锥角、根锥角都相等；②刀齿压力角等于工件的压力角，即刀盘的刀号等于零，因此刀具数量可以大大的减少；③机床调整简单，計算方便；④刀具計算亦简化；⑤加工出来的工件精度较高；⑥缺点是齿轮小端容易根切和变尖，設計不当时，牙齿强度会减弱。



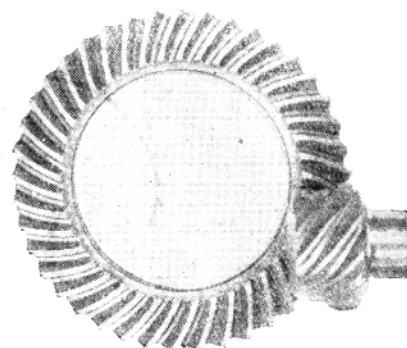
直齿伞齿轮



螺旋伞齿轮



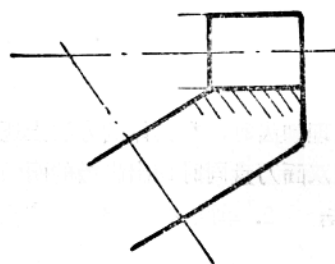
零度伞齿轮



双曲线齿轮



半滚动齿轮的齿形：
实线表示实际齿形；
虚线表示理论齿形。



等高齿伞齿轮

图1 伞齿轮种类

第二章 切齿原理及方法

螺旋伞齿轮的切齿是按照这样一个基本原理：即大轮和小轮能够分别和一个相同的平面齿轮相啮合，则大轮和小轮能彼此啮合。例如：在图2中节锥 T_1 及 T_2 与平面 T_3 ，分别滚动，则 T_3 上的圆弧线（虚线）便印在 T_1 及 T_2 上，于是 T_1 及 T_2 便能相互滚动，并且圆弧线（齿线）作连续接触。这个原理就是所谓冠轮原理。图3内机床的摇台平面上画出了虚线的平面齿轮（冠轮），相当于图2的 T_3 ，它的圆弧齿线则以旋转的切齿刀盘来代替。当机床的摇台平面和齿胚间以一定的运动比例作滚动时便切出所需要的齿形。

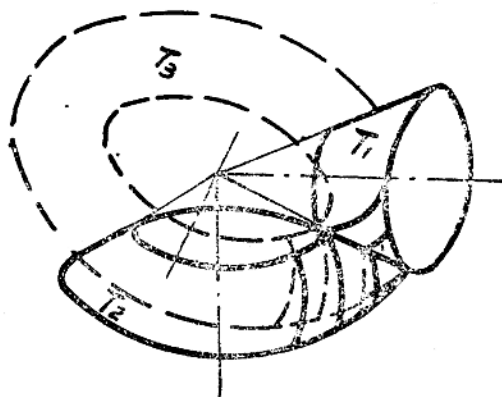


图 2

按上述原理切齿时，在具体的方法上还有许多方案，但是无论是哪一种切齿方法，粗切齿总是用双面刀盘同时切出齿槽的两面。精切齿的方法则有下列三种，即：

1. 双面法；
2. 单面法；
3. 双重双面法。

这些方法的优缺点、特性及适用范围已列在表1内。表1所列出的切削方法是比較籠統的，詳細的方案，以后分別例举。在小量生产的单位，如机床厂、修配厂等，建議采用单刀号单面切削法或格利生单面切削法。根据实际应用，証明这两种方法切出的工件，质量还比較好，而且采用一把刀就可以切出一对齿轮来。

在大量生产的企业，如在汽車、拖拉机、航空工业中，則采用两面切削固定安装法和双重双面切削法。

同时也應該注意到：由于切削方法的不同，所有刀具設計及机床調整的計算都不相同，在某种情况下，連工件的設計也都要改变（例如双重双面法）。

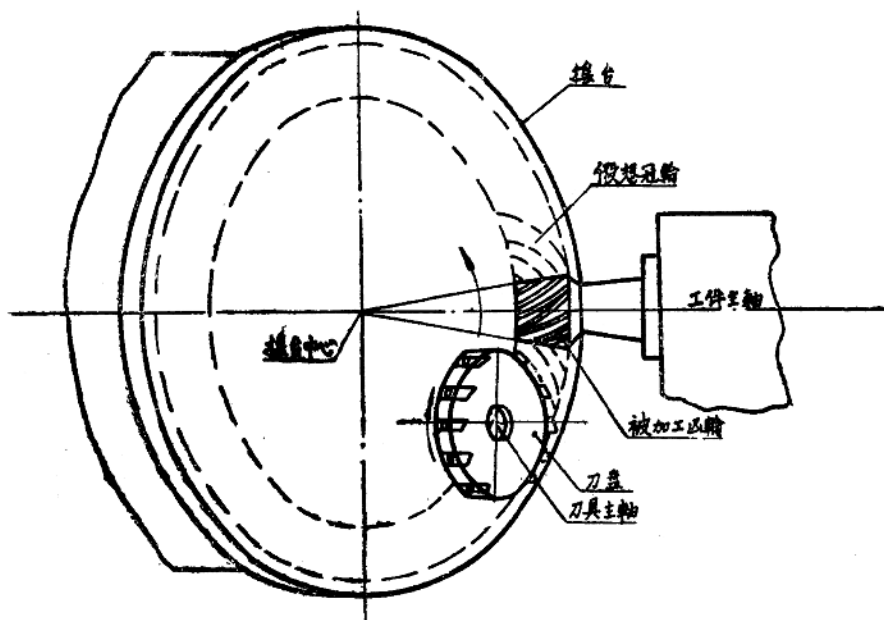


图 3

傘齒輪對的加工方法

表 1

方法的名称		特 性	粗、精切共需机床数量(台)	粗、精切共需刀具数量(把)	优、缺 点	应用范围
单面法	格利生单面法	大輪的齿槽两侧单独进行切削，不必从机床上取下毛胚；小輪的齿槽两侧亦系单独切出，按大輪配，也不必从机床上取下毛胚。	1	大輪粗切，小輪粗切，大、小輪精切凹面，大、小輪精切凸面，合用一把双面刀盘	齿的收缩好，接触区不太好，生产率低，	单件及小批
	单刀号单面法	同上，但分几次走刀。	1	大輪粗、精切，小輪粗切，小輪精切凹凸面，合用一把双面刀盘	用一个刀号(7 1/2)，所以大量减少刀盘数量，接触区不太好，生产率	单件及小批
双面法	简单双面法	大輪用双面刀盘同时切出齿槽两侧；小輪用单面刀盘两把分别切出齿槽两侧。	1	大輪粗切 1把 大輪精切 1把 小輪粗切 1把 小輪精切 2把	接触区好，生产率较高，表面光洁度好，但刀具数量较多。	小批及中批
	固定安装法	同上，但每一工序均在专门的一台机床上完成。	5	大輪粗切 1把 大輪精切 1把 小輪粗切 1把 小輪精切 2把	接触区好，生产率较高，表面光洁度好，但刀具数量较多。	大量及大批
	单刀号双面法	同简单双面法	1	大輪粗切 1把 大輪精切 1把 小輪粗切 1把 小輪精切 2把	接触区好，生产率高，表面光洁度好。刀具数量由于用一个刀号(7 1/2)所以可以减少。	中批，例如 8—10对
双面重法	大、小輪均用双面刀盘同时切出齿槽两侧	4	两个齿輪粗切 1把 两个齿輪精切 1把	生产率最高，接触区不易控制。	大量，模数小于 2.5 及传动比为 1:1 时适用	

第三章 切齿机种类、规格及机床调整的主要项目

切齿机按其使用特性可分为两大类:

1. 粗切机——专门作粗切齿用, 其中又有大轮粗切机及小轮粗切机之分。前者切齿时刀盘只作简单的切入运动, 没有滚动; 后者刀盘先作切入运动切削到全齿深再作滚动运动。

2. 万能切齿机——可以按照需要将其调整作粗切或精切用。大轮粗切时, 用粗切进刀凸轮, 摇台不摆动, 此时刀盘只作简单的切入运动, 小轮粗切时使用精切凸轮, 摇台摆动。在这一类机床中按照主轴的结构又可分为刚性的和非刚性的, 后者刀具主轴可以倾斜, 前者则是固定的。

某些苏联及美国格利生公司的切齿机的主要规格列在表3内。

机床调整的主要项目中用以确定刀盘位置的有:

1. 刀位, 即刀盘中心到摇台中心的距离;
2. 摇台角 (下详);
3. 刀倾角, 即刀轴倾斜的角度;
4. 刀转角, 即刀轴迴转装置角度。

其中3、4两项只在主轴能倾斜的机床上才用, 1、2两项则用以确定刀盘中心。参看图4, O 为摇台中心, O_0 为刀盘中心, 不难看出, 切左旋轮时刀盘中心 O_0 应在摇台中心 O 之下方, 切右旋轮时刀盘中心 O_0 应在摇台中心 O 之上方。 OO_0 连线与水平轴线的夹角用 q 表示 (图5)。

确定刀盘中心 O_0 位置的方法, 按照不同的机床一般有三种:

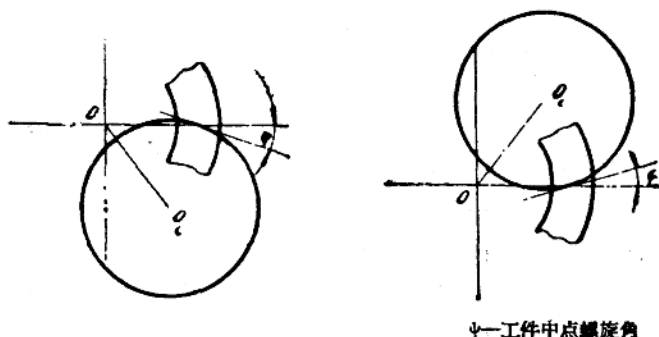


图 4

(1) 参看图 5, 用刀位 S 及向径角 q 确定, 在机床上调整时, 是用摇台角 Q 来得到向径角, 于是按照左、右旋齿輪, Q 分别等于 $(360^\circ - q)$ 及 q , 如格利生 No. 16;

(2) 在同一图内, 用水平坐标 H 及垂直坐标 V 确定, 如格利生 No. 15;

(3) 参看图 6, 在摇台上装有偏心圆盘, 中心为 O_0 , 当偏心圆盘迴轉角度 β 为 0° 时, 则刀盘中心与摇台中心重合, 当它迴轉 β 以后, 刀盘中心就移到 O_0' , 距离 OO_0' 实为刀位 S , 此外, 为了使 O_0' 放在所需的位置上, 尚需将 OO_0' 迴轉到 OO_0 , 在这种情况下所迴轉的角度就是这种机床的摇台角。苏联 528 机床即按此法确定刀盘中心。

这三种方法的参数可以相互变换, 以格利生 No. 16, No. 15, 及 528 为例:

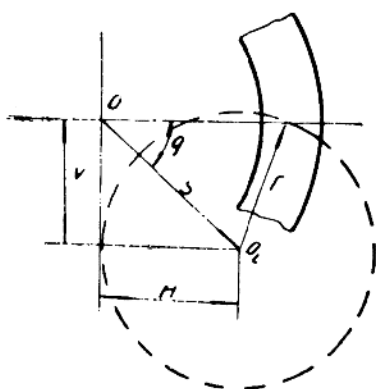


图 5

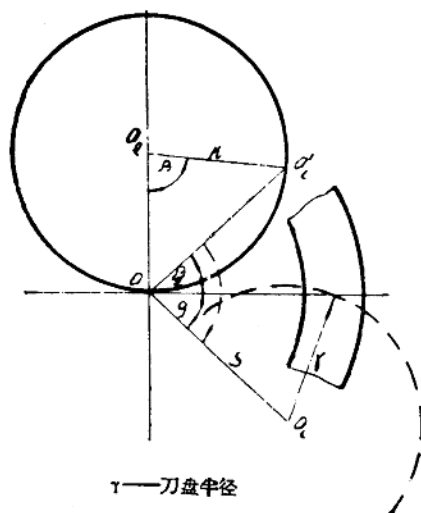


图 6

$$\text{No. 16: } q = \tan^{-1} \frac{V}{H},$$

$$Q = \begin{cases} q & \text{右旋} \\ 360^\circ - q & \text{左旋} \end{cases}$$

$$S = \sqrt{H^2 + V^2}.$$

$$\text{No. 15: } V,$$

$$H.$$

$$528: \frac{\beta}{2} = \sin^{-1} \frac{S}{2K} \left(\text{或 } \beta = 2 \sin^{-1} \frac{\sqrt{H^2 + V^2}}{2K} \right),$$

$$Q = \begin{cases} \frac{\beta}{2} - q & \text{右旋 [或 } 360^\circ - (q - \frac{\beta}{2})] \\ \frac{\beta}{2} + q & \text{左旋.} \end{cases}$$

式中： β 为刀盘中心的偏心角， K 为偏心圆盘半径，机床为528时， $K \approx 170$ 公厘。

用以确定輪胚位置的有以下三个調整項目：

5. 輪位，一般系指搖台中心至齒輪支承端面的距离 X_p ，在机床上調整尚需加入夹具高度 H ，如图7所示；

6. 垂直輪位，即齿胚中心綫对搖台中心綫的相对偏置量，如图8所示的 E ；

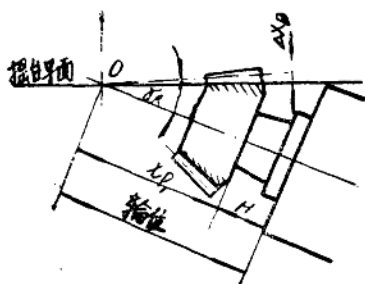


图 7

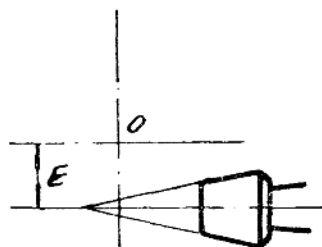


图 8

7. 床位，即分度箱（安装工件的）对标准位置沿搖台中心綫方向的前进或后退的距离 $4X_B$ （图7）；

8. 分度箱的安装角，一般系按根錐角調整，如图7。

此外尚有五个挂輪需要調整，包括：

9. 滚比挂輪，以保証冠輪（搖台）和輪胚間的相对轉动，大輪粗切时搖台不摆动，但一定要鎖牢，528有微量的搖动；

10. 分齿挂輪；

11. 切削速度挂輪；

12. 进刀挂輪（切一个齿所需的时间，秒）；

13. 摆角挂輪，一般按經驗选取，見附表推荐数据。528沒有摆角挂輪，其摆角量决定于分齿越过齿数的多少而定，越过齿数愈多摆角愈大，反之愈小。

格利生 No.16 及 528 机床调整项目对照表

V = 刀位的垂直坐标 H = 刀位的水平坐标

$$S = \sqrt{H^2 + V^2} \quad q = \operatorname{tg}^{-1} \frac{V}{H}$$

表 2

	格利生 No.16		5 2 8		附		注	
确定刀盘中心	刀位 S		偏心角 $\beta=2\arcsin\frac{S}{2K}$		K=170 公厘			
	摇台角 $Q=360^\circ-q$ 右旋 左旋 q		摇台角 $Q=\frac{\beta}{2}-q$ 右旋 左旋 q					
	刀倾角		—		528 沒有刀傾			
	刀轉角		—		528 沒有刀轉			
确定輪胚位置	輪位		輪位					
	垂直輪位		垂直輪位					
	床位		床位					
	齒胚安裝角		齒胚安裝角					
挂輪	分齒挂輪	$m_I=\frac{30}{N}$	粗切大輪	粗切小輪及精切大、小輪	① Z_t 为分齿时越过齿数，一般情况下大輪齒 Z_t 等于 $\frac{1}{5}$ 大輪齒数；小輪齒为 $\frac{1}{2}-\frac{4}{5}$ 小輪齒数，如果摆不出完整齿形，则适当增大 Z_t ，摆角太大，则适当减小 Z_t ， Z_t 应该是整数，且与齒輪的齒数沒有公因子。② N 为被加工齒輪齒数。			
			$m_s=\frac{10}{N}$	$m_I=\frac{2Z_t}{N}$				
	滾比挂輪	$m_s=\frac{N_g}{75}$	$m_s=\frac{17.5}{N_g}$	$m_I=\frac{3.5Z_t}{N_g}$	N_g 为冠輪齒数，螺旋傘齒輪的大輪粗，精切及小輪粗切及格利生單面切削法时 $N_g=\sqrt{N_p^2+N_g^2}$ 。如按格利生計算卡算出精切滾比 m_s ，則精切冠輪齒数 $N_g=75m_s$ ，即可按此計算 528 的精切滾比挂輪。 N_g 及 N_p 分別为大、小輪齒数。			
	摆角挂輪	一般情况下： 大輪 35—40° 小輪 25—35°			① 528 沒有摆角挂輪 ② 如果发现摆角摆太大或太小可作适当的增减，太大光洁度不好，太小摆不出完整齿形。			
	切速挂輪				按机床所附的表挂輪，一般高速鋼刀子可用 30—40 公尺/分。双曲綫齒輪的小輪切齿时可用 60 公尺/分左右。			
进刀挂輪				按机床所附的表挂輪，一般來說，大輪可用每齿 20 秒左右，小輪可用每齿 35 秒左右。				

第四章 切 齿 刀 盘

刀 盘 结 构

上面已經說过冠輪的齿形用旋轉的刀具来代替，这种刀子就是通常所說的刀盘。为了切削全部尺寸范围的螺旋伞齿輪需用下列名义直径的刀盘： $\frac{1}{2}^{\circ}$ ； $1\frac{1}{10}^{\circ}$ ； $1\frac{1}{2}^{\circ}$ ； 2° ； $3\frac{1}{2}^{\circ}$ ； 6° ； $7\frac{1}{2}^{\circ}$ ； 9° ； 12° 及 18° 。前五种刀盘因为尺寸很小，所以做成整体的，也就是說刀体和切刀是連在一起的，因此直径不能調节，后五种刀盘的切刀是装在刀体上的，因此直径可以調节，此外，刀盘可分类如下：

1. 按切削方法分为单面刀盘及双面刀盘。双面刀盘系指刀体上所装的刀齿交替地以内切刀及外切刀都具有切削作用，同时切削齿槽的两侧，单面刀盘系指刀体上所装的刀齿全部用外切刀或内切刀起切削作用，切削齿槽的某一側。

2. 按刀盤旋轉方向分为右旋及左旋刀盘。从刀盘的前面上看，如果是反时針旋轉，則是右旋刀盘；順时針旋轉，則是左旋刀盘。

3. 按加工的特征分为粗切刀盘及精切刀盘。前面已說过全部粗切均用双面刀盘，精切則用双面或单面刀盘，視所选择的切削方法而定。

4. 扇形刀盘。这种刀盘是双面的，專門按半滚动切削法（仿形法 *Formate*）来切削大齿輪。

整体刀盘如图 9 所示，可做成单面或双面的，图示是双面刀盘。

装齿刀盘如图 10, 11, 12 所示，以下介紹某些結構特点。

1. 粗切刀盘。粗切刀盘的刀子数量較精切刀盘的刀子多，这样可减小每把切刀的負荷。

切刀切齿时不仅刀齿的側面参加切削，同时頂刃也参加切削，因此沿刀盘軸向的切削分力是相当大的，所以粗切刀盘上装有支承环，以承受該項分力（如图 10 所示）。

为了增强刀具的刚性，因此无調节螺釘及調节楔片。

通常粗切刀盘只装有內切刀和外切刀。新結構的粗切刀盘装有三种切刀，即內切刀、外切刀和中間切刀，这种刀盘通常只在切入法加上时使用（即机床用粗切凸輪时使用），三刃刀盘使切刀的負荷分布比較均匀，可以提高寿命，但其結構复杂，一般只在大量生产上采用。

2. 精切刀盘 (图11) 由于粗切时常給以附加的深切量, 使精切时不用頂刀工作, 因此减少了刀盘軸向的切削分力, 所以精切刀盘沒有支承环, 而把切刀的后部做成凸肩倚靠在刀体上。

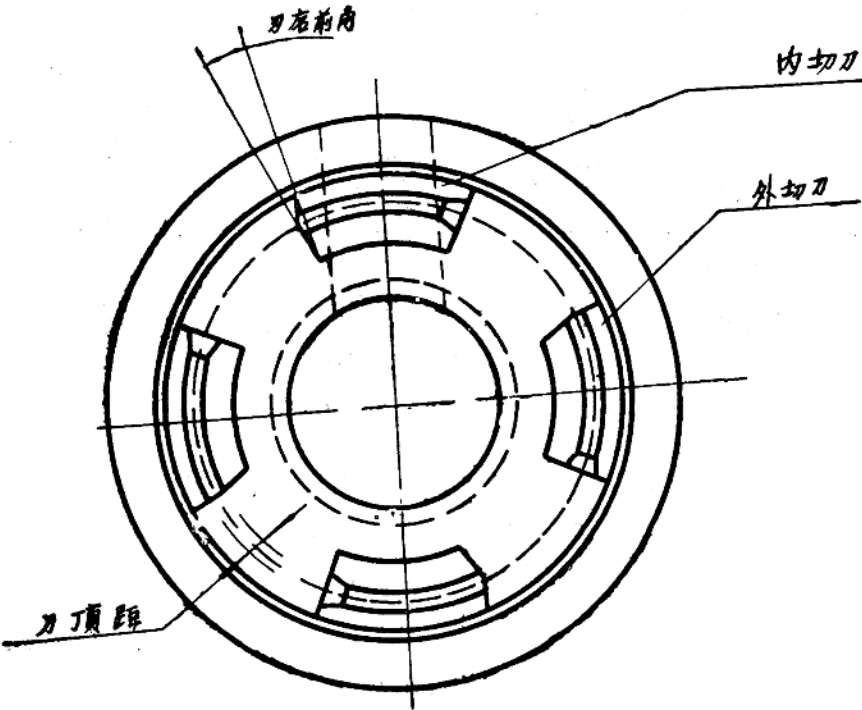
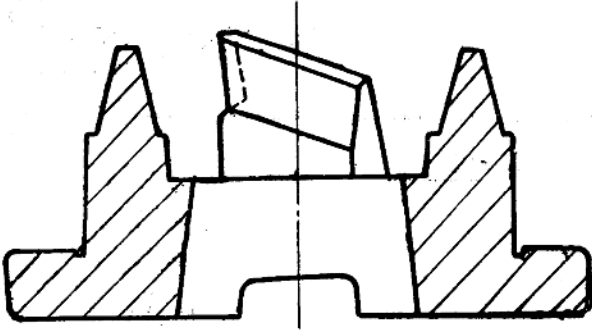


图9 整体刀盘

A B C 剖面

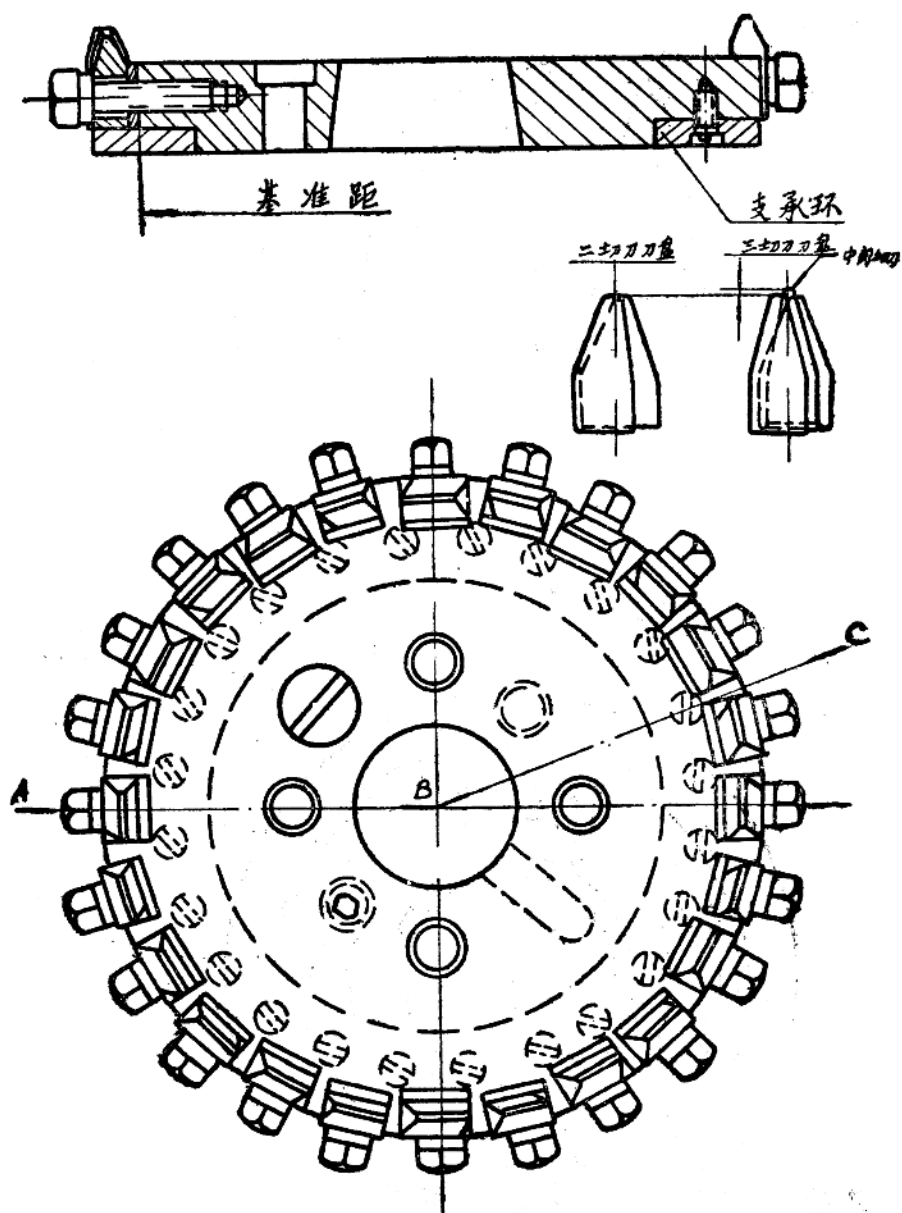


图10 双面粗切刀盘