

全 国 工 具 專 業 會 議 資 料

第 四 冊

齒 輪 刀 具



机 械 工 业 出 版 社

16
48
C2



数据加载失败，请稍后重试！

出版者的話

1958年12月，第一机械工业部二局在上海召开了全国工具專業會議。会上，分析了我国工具工业的情况，虽然我国工具工业在1958年有很大的跃进，但仍不能满足客观需要，并且發展也不够平衡。會議指出，为了改变这种情况，工具工业必需貫徹两条腿走路，土法生产与洋法生产并举的方针；工具工业空白的地区，应迅速采取土法上马，建設綜合性的小型工具厂，然后由小到大，由土到洋，以逐步提高。

会上还广泛地交流了大跃进中群众創造出来的先进經驗。为了使这些經驗能在全國各机械工厂更广泛地交流，以促进工具工业的發展，我們把这些資料加以适当整理归納，共分八册出版：第一册螺紋刀具；第二册鑽头，中心鑽，拉刀；第三册銑刀，鉸刀；第四册齿輪刀具；第五册銼刀鋸条；第六册刀具热处理；第七册刀具材料及其焊接；第八册制造量具的先进工艺。

本書是第四册齿輪刀具，可供齿輪加工的技术人員和工人閱讀，也可以作为有关科学研究人員的參考資料。

編者：第一机械工业部第二局

*

*

*

NO. 2902

1959年4月第一版 1959年4月第一版第一次印刷

850×1163 1/32 字数 47 千字 印張 1¹⁵/₁₆ 0.001—10,100 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業
許可証出字第 008 号

統一書号 15033·1785

定 价 (9) 0.26 元

全國工具專業會議資料

第四冊

齒輪刀具

第一機械工業部第二局編



機械工業出版社

1059

目 次

1. 蜗輪滾刀的制造	3
2. 成形鏟刀	9
3. 解决千分表用齿輪滾刀的質量的几点經驗	11
4. 关于仪器仪表工业漸开綫小齿輪滾刀的設計与制造	17
5. 大螺旋沟粗銑指形模数銑刀的設計和制造	27
6. 指形銑刀的工艺經驗簡介	51
7. 在 5832 齿輪磨床上磨小模数插齿刀的經驗	55
8. 研磨内孔的改进	56
9. 代替手工操作的插齿刀半自动双头研磨机	59
10. 刨槽刀銑凹槽多刀加工	61
11. 刨槽刀开口夹具的改进	61

1. 蝸輪滾刀的制造

蝸輪滾刀經常是多頭的，由于蝸杆直徑的限制，蝸輪滾刀的刀溝的螺旋角經常都較大；我們在生产中遇到的多头滾刀的螺旋角，一般是在 5° 以上，有的达到 25° 。由于蝸輪滾刀的螺旋角較大，給制造上（主要是銑刀溝開刀和鏟磨）帶來了很大困難。下面介紹我廠在制造蝸輪滾刀中的一些經驗。

（一）洗刀溝：螺旋角較大的蝸輪滾刀，若仍用雙角度銑刀，則銑出的刀面上，很容易出現中部凸出的現象（如圖1）。為了減少銑削中的干涉，我們曾用過三種方法，以提高被銑出的刀面的平直性。具體方法如下：

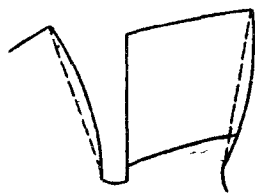


圖 1

1. 單角度銑刀：

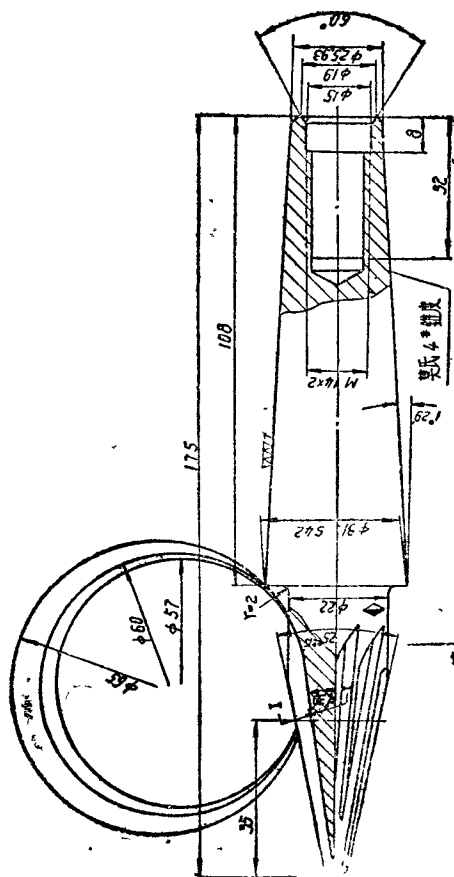
對於螺旋角大約在 10° 以下，刀溝深度小於30公厘的，用單角度銑刀銑出的刀面，可以不超過圖紙上規定的徑向性公差（即成品徑向性公差），但銑刀的直徑要尽可能小些。實際證明，銑刀直徑愈小，銑出的刀面凸出數值就愈小。

2. 指形角度銑刀：

當用單角銑刀解決不了時（螺旋角約為 10° 以上），可以用指形角度銑刀，在立銑床上精銑刀面。這種指形角度銑刀的形狀如圖2。採用這種銑刀的優點是：

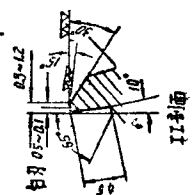
- 1) 不管螺旋角多大，都可以銑出平直的刀面；
- 2) 只要銑刀的刀面够長，即不受滾刀的刀溝深度的限制，就可以只用一把銑刀而銑出幾種刀溝深度不同的滾刀；
- 3) 制造簡單。

採用這種銑刀的缺點是：由於尖部刃數少，不能用大的銑削用量，因此比圓片形的單角度銑刀的效率低。



- 1) 材质: 6, 热处理: 淬火, 调质 Rc62-65,
- 2) 淬火硬度: 调质 Rc62-65,
- 3) 打字: Rc30-40,

图 2



3. 把双面角度铣刀的刃边修正成曲线形：把双面角度铣刀的刃边修正成曲线形（如图3），可以克服双面角度铣刀及指形角度铣刀所存在的缺点，铣出的滚刀的刃面平直性较好，而且铣削速度也可以加快。但这种铣刀制造比较困难，主要是在获得正确的曲线时要花费一些工夫。获得曲线的方法有两种：1）投影图解法或算法；2）展成反切法。

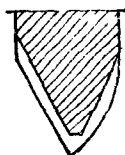


圖 3

前一种方法非常繁杂并且不准确。要精确的从理论上计算出来，必须花费很大的劳动量；而且实际上，条件稍有变化（即铣刀外径错位量及角度的实际误差），曲线也不会正确。

后一种方法，即展成反切法，是比较准确而适用的。其具体方法是：将与铣刀同样直径的碳钢毛坯，安装在万能铣床的刀杆上，在分度头与顶尖之间，安上一把切刀，它的刀口应通过顶尖中心，刀口高度等于滚刀外圆。其他与铣滚刀刀沟的调整一样。开动铣床后，切刀经过碳钢毛坯时，切刀就在毛坯上切出凸出的曲线形，这个曲线也就是平直的滚刀刃面在螺旋运动的行程中形成的轨迹。按这种反切出的毛坯曲线形状，做出样板，再做出成形铣刀。

必须注意的是，反切时所用的错位量要记下来，在铣滚刀时做为错位之用。

反切时用的毛坯如图4所示，各部尺寸如下表；切刀和心轴如图5。

毛坯各部尺寸

D	d_1	d_2	B	B_1
81 ⁻¹	38	45	12	3
101 ⁻¹	38	45	18	4
125 ⁻¹	40	50	22	4.4

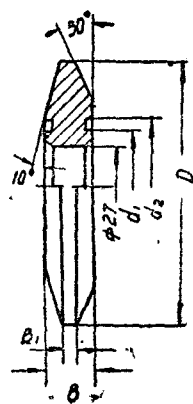


圖 4

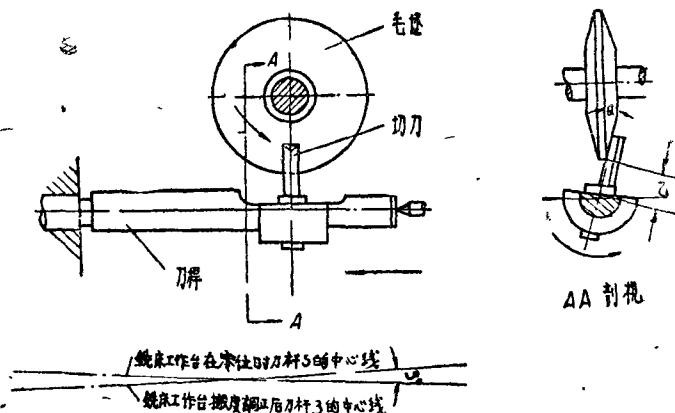


圖 5

(二) 粗銼齒形工序：銼齒方法与齒輪滾刀的做法相同，但必須注意以下几点：

1) 銼齒形时，要給下道工序留出足够余量（包括齒厚与齒頂），因为这类滾刀的外徑公差很严。

2) 如果是阿基米德螺旋形齒輪滾刀，应在軸向測量齒形角。

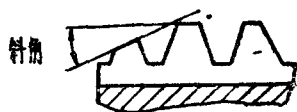


圖 6

3) 切向進刀的齒輪滾刀，在刃部一端有斜角（如圖6），应在全部齒形銼好后，再銼出这个斜角，否則会产生讓刀現象，影响齒厚留量与齒距的均匀。

4) 尽量縮小齒距誤差，以保持齒形兩側具有均匀留量。

(三) 開刃工序：下面是大螺旋角滾刀開刃时困难的地方及解决办法：

1) 刃面在刃部全長上各段螺旋角不一致，仍用一般的方法，則很容易部分阶段（中部）合格，而部分阶段（兩端）超差。产生这种现象的主要原因是，在開刃过程中，往复行程开始时，床

面行程与滚刀旋轉的开始時間間隔太長，致使滚刀刀面在接触砂輪后才开始旋轉。所以最好是在能够調整行程与旋轉运动間隙的机床上开刀。

但是，在普通的滚刀磨床上，刃磨大螺旋角滚刀用土办法也可以使刀面上各段螺旋角的不一致性相差很少。这办法是在滚刀刀部两端各加上一个垫圈，它的圓周上也銑有与滚刀刀沟完全相同的等分沟槽（最好在銑滚刀时同时銑出），厚度相当于滚刀的1~1.5倍螺距，并淬火到硬度不低于滚刀硬度（ $R_c 62 \sim 64$ ），滚刀在往复行程时离开砂輪的距离远些为宜，經過試驗，螺旋角 $=24^\circ$ 多的滚刀，用这种方法磨出的刀面質量令人滿意。

2) 为了得到平直的刀面，必須把砂輪与滚刀刀面接触的角度修正成凸起的曲綫表面，一般的方法都是由工人手拿着砂輪而进行修整，修整后即刃磨滚刀，直到合格为止。这必須具有一定的經驗才能掌握。有时两端前角不一致，是由于刀面上各段螺旋角不一致所造成。为了减少刃磨工人在修整砂輪时的麻煩，應該十分強調銑刀沟时必須严格按技术要求加工。

其次，砂輪的選擇也很重要，必須注意：1) 砂輪的直徑盡量要小；2) 砂輪的脫粒性要合适，即要選擇适当的粒度、硬度，一般用 ΦB 、46~60、 $CM_1 \sim CM_2$ 的砂輪。

(四) 磨齒工序：銑磨齒形时要注意以下几点：

1) 导程挂輪要尽量与刃磨后的实际导程相似，以减少外徑錐度的誤差。

2) 齿距挂輪要尽量与銑齒时的实际齿距誤差正負方向相同，以减少多余的磨削，保証节徑上的齿厚尺寸。

3) 阿基米德螺旋綫形的蜗輪滚刀的齿形，要在軸向截面上測量齿形角及齿距，齿距的測量是取为投影齿距，即：

$$\text{投影齿距 } t_p = \frac{t \cdot S}{t + S}$$

式中 t = 軸向齿距； S = 实际刀面导程。

用样板檢驗軸向齿形角时，可以把样板放在支架上，沿滚刀

軸向檢驗。螺旋角在 10° 以下的，應該把數據換算到法向尺寸，可以在投影儀上檢驗，因為法向檢驗較為方便。

4) 砂輪的選擇：為了減少磨削中的干涉，應該盡量減小砂輪直徑，如果能加大與齒形接觸的砂輪角度，則更為合適。砂輪成分也要合適，使之即不燒傷齒形也不使砂輪變形太快，一般可用 9B、80~100、 $CM_1 \sim CM_2$ 的砂輪。

5) 砂輪的修整：鍵磨時，為了保證磨出的齒形面的平直性，齒形砂輪的角度面上也應修成曲綫表面，這可以採用可折成角度

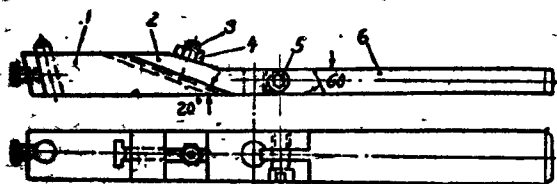


圖 7

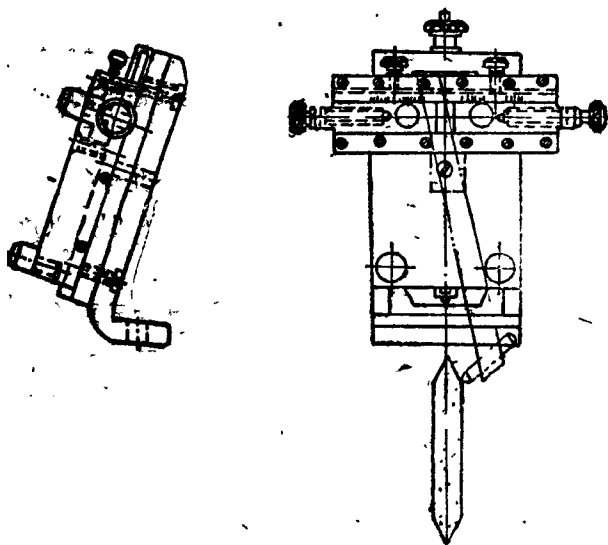


圖 8

的滑尺（如圖 7）在裝有四個圓柱的夾具（如圖 8）上進行。可折成角度的滑尺是由 6 個部件組成，件 1、2、6 通過螺釘 3 和 5，連接成一個整體；鬆開螺釘 5，可以折成角度，按着實際要求調整好合適的角度後，緊固螺釘 5。在件 1 的一端裝上金剛石，在圖 8 的卡具上，上下滑動，就可以修正出要求的曲線砂輪了。

（哈爾濱第一工具廠）

2. 成形鏟刀

在蘇聯專家西苗諾夫同志的幫助下，在我廠推廣了符合於齒輪滾刀齒形的成形鏟刀（見圖 1），在大量生產的條件下，不論在經濟上或提高質量上，都有着顯著的意义，因為它具有符合齒槽的普通鏟刀所不可獲得的幾個優點：

- 1) 由於在走刀中，雙滾刀的齒形雙面同時切削，克服了進入與離開滾刀時的讓刀現象，使吃刀均勻。
- 2) 由於沒有讓刀，在滾刀的刃面附近，也沒有圓刀。
- 3) 容易保證滾刀的各齒距和齒厚的均勻。

模數 1~2.5 的較小的滾刀，在莫斯科工具廠是用三個齒的鏟刀加工（見圖 1 甲）；為了減少鏟刀所受的負荷，使滾刀齒頂與鏟刀齒底留 0.1 公厘的間隙，此外，鏟刀的齒形全高也高於滾刀齒高，從而加深滾刀齒底，減少鏟磨齒底的磨損。用這種鏟刀，可以保證工件質量，也可以大大提高粗鏟和鏟磨的數量。這種鏟刀用鈍了以後，可以在平面磨床上磨去刃齒的上面，直到鈍刃全部磨掉。

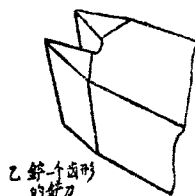
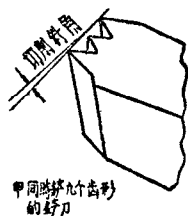


圖 1

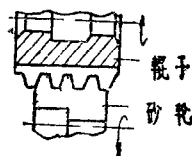


圖 2

用輥壓方法修整砂輪——成形砂輪磨齒形。

輥壓出成形砂輪，用以銼磨齒輪滾刀齒形的方法（見圖2），是在蘇聯專家西苗諾夫同志親自指導下在我廠試驗成功的。輥壓出的成形砂輪是梳狀的，即環狀的一排砂輪齒形對滾刀的每排齒形同時磨削，它將過去的幾個加工步驟合併為一次磨出，從而提高了生產效率，提高了滾刀表面光潔度與精度，節省了輔助時間及貴重的金剛石。

這種方法一般適用於加工模數 = 4 以下的齒輪滾刀。

銼磨滾刀時，由於所磨的螺紋是螺旋面，在輥子齒槽兩側的角度發生變化，即已經不等於滾刀的齒形角了，螺旋角愈大，角度的變化相差愈大。從理論上求得輥子齒形槽兩側變化後的角度是很複雜的，一般都是從實際中得出。

輥子的形狀如圖2中所示，輥子的直徑為90~100公厘，寬度為7~8個螺距，使用時只有3~4個螺距輥壓，可以分粗、精輥壓兩部分，以減少輥子的磨損，延長修磨的間隔時間；輥子的圓周上銼有不等分並且深於齒形的窄槽，槽寬約為1.5~2公厘，內孔最好與滾刀的內孔相同，以盡量減少頂尖中心距離的調整；齒形槽是在銼磨滾刀之前在磨滾刀的銼床上精磨出來；熱處理硬度為 $R_c62\sim64$ 。

輥子在使用時的步驟如下：

1) 按照原來的銼磨方法，先磨好一個齒輪滾刀的齒距和兩側齒形角，然後把對好的打砂輪卡具固定好。

2) 摘下分齒和導程的交換齒輪，把螺距齒輪換為環形扣分齒時需用的齒數和位置。

3) 用對好的打砂輪卡具修正砂輪，將砂輪開出需要的齒形，輥子的齒厚與滾刀相同。並且磨好齒頂圓角與齒距。

4) 把車好齒槽的梳形砂輪裝在砂輪軸上，砂輪軸不搬螺旋角（即在軸向 0° 位置），用手拉動砂輪軸另一端的綫帶，使砂輪轉動，並且漸漸靠近輥子齒形，進行輥壓砂輪，直到砂輪齒槽被均

匀的完全辗压好了为止。

5) 再把砂輪扳回螺旋角傾斜位置，換上齒輪滾刀需用所有的交換齒輪，就可以銼磨齒輪滾刀齒形了。

(哈爾濱第一工具廠)

3. 解決千分表用齒輪滾刀的

質量的幾點經驗

我廠生產的千分表中，有一個 16 齒和一個 10 齒的小模數齒軸，千分表讀數的準確度，取決於這些齒軸的加工精度，特別是它的漸開線齒廓，必須完整無缺，以保證正確的嚙合。

齒軸的主要數據如下：模數 $M = 0.199$ ；壓力角 $\alpha = 20^\circ$ ；分度圓齒距 $t = 0.625$ 公厘；16 齒齒軸為標準齒，外徑 $D = 3.58$ 公厘；10 齒齒軸為修正齒，刀具移距係數 $\varphi = +0.25$ ，外徑 $D = 2.488$ 公厘。

取模數為 0.199 是為了使 16 齒齒軸的分度圓周長為 $\pi D_0 = \pi M z = t z = 0.625 \times 16 = 10$ 公厘，以方便於表面的刻度。這種非標準模數的齒輪滾刀，以前依靠進口，

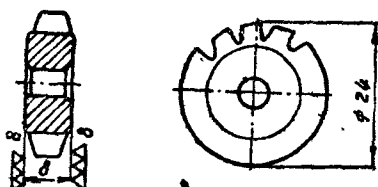


圖 1

其形狀如圖 1，其主要技術條件如下：1) 模數 $M = 0.199$ ；2) 壓力角 $\alpha = 20^\circ$ ；3) 螺距誤差在一扣上 ± 0.003 公厘，在三扣上 ± 0.005 公厘；4) 端面對中心綫跳動不大於 0.003 公厘；5) 齒形徑向跳動不大於 0.003 公厘。

根據外地各廠的經驗，這種銑刀的加工方法，是在熱處理以前進行齒形精加工，因為如果用砂輪銼磨，限於齒數多、後角大，只能採用 $\phi 18$ 公厘左右的砂輪直徑（見後計算），使銼磨工作非常困難。我廠在開始生產這種銑刀時，由於銼齒機床的精度不高，且熱處理無法嚴格控制變形，所以改在熱處理以後，試用螺絲磨

銼磨，齒形的精度虽有所提高，但是仍滿足不了产品的要求，銼出齒廓曲綫，有圖2的几种情况。

为了解决这些問題，我們走了些弯路。

如前所述，銼磨齒形时，允許的最大砂輪直徑应为 $\phi 18$ 公厘左右，改用螺絲磨床加工后，因为砂輪直徑增大很多，以致齒背实际上根本沒有形成应有的阿基米德曲綫，而是一个較大的反圓弧，如圖3。



圖2 虛綫为理論齒形。

圖3

滾刀的質量問題提出以后，首先就發現了这一缺点，于是我們作了很多努力，在机床上改装了卡活的裝置，用螺絲磨床的內磨附件，使砂輪直徑減少至18公厘，砂輪的轉数提高到15000轉/分，磨削速度虽然达到了14公尺/秒，但是砂輪的周長有限，所以磨損很快，为了适合这种加工方法，又改用9XC材料来作銼刀，这时我們要花3~4工作班才能完成一个銼刀，經過試驗，銼出的齒廓仍有同样情况，形成了質量关键。

量具車間生产上的跃进，向我們提出了迫切的要求，成千上万的千分表等待装配，問題到底在那里呢？經過老工人的研究，找来了国外的样品进行分析比較后，采取了下面几項措施：

(一) 适当减少銼量，使可能改用大直徑砂輪銼磨。为了便于說明，我們近似的从銼磨銼刀外徑的極限位置計算于下：

如圖4，設 b 点为用砂輪銼磨时砂輪的極限位置（即砂輪的外圓恰通过第二齒的齒頂 a 点）。

已知 Oa 为銼刀半徑 R ，

$O'b$ 等于 $P = R - \lambda K$ 。

式中 K 为錐量, λ 为錐磨長度与全齿寬之比 $= \frac{\theta}{\varepsilon}$ 。

由 $\triangle Oab$ 可知:

$$\operatorname{tg} P = \frac{P \sin(\varepsilon - \theta)}{R - P \cos(\varepsilon - \theta)} = \frac{(R - \lambda K) \sin(\varepsilon - \theta)}{R - (R - \lambda K) \cos(\varepsilon - \theta)}$$

由正弦定律得出:

$$ab = \frac{P \sin(\varepsilon - \theta)}{\sin P}$$

設 b 点的后角为 α ,

則 $\eta = B + (\varepsilon - \theta) - \alpha$

故砂輪直徑 D_k 可以由下式求出。

$$D_k = bc = \frac{ab}{\cos \eta}$$

从上式可以看出: 当后角 α 减少时, 就可使 η 增大, 当 $\eta \rightarrow 90^\circ$ 时, $\cos \eta$ 之值 $\rightarrow 0$, 砂輪直徑 D_k 就因而趋近于无限大。

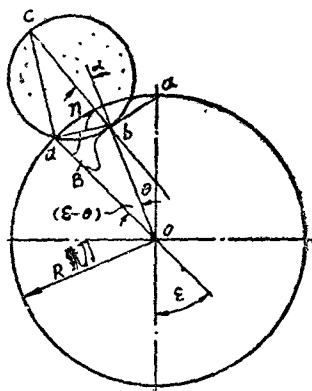


圖 4

当然过大的减少后角, 是很不利的, 根据索科洛克斯基在“仪器制造中的切削刀具”一書中指出齿形的法向后角不应小于 2° 。

其計算結果如下:

已知滾刀外徑 $\phi 24$, 齿数 $Z = 12$, $\varepsilon = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$;

錐磨長度 $a = 2.5$ 公厘, 其所对的中心角 $\theta = 11^\circ 54'$;

$$\lambda = \frac{\theta}{\varepsilon} = 0.397。$$

1) 取錐量 $K = 1.2$, $\lambda K = 0.476$,

則后角由 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{KZ}{\pi D}$, 得 $\alpha = 10^\circ 48'$,

$$\begin{aligned} \text{代入公式 } \operatorname{tg} P &= \frac{(R - \lambda K) \sin(\varepsilon - \theta)}{R - (R - \lambda K) \cos(\varepsilon - \theta)} \\ &= \frac{11.524 \times 0.3107}{12 - 11.524 \times 0.9505} = 3.41 \end{aligned}$$

$$\therefore \beta = 73^\circ 39';$$

$$ab = \frac{P \sin(\varepsilon - \theta)}{\sin \beta} = 3.73。$$

又知 $\eta = \rho + (\varepsilon - \theta) - \alpha = 80^\circ 57'$,

故 $*D_k = \frac{ab}{\cos \eta} = \frac{3.73}{0.1573} = 23.7$ 公厘。

2) 取齿形的法向后角 $\alpha_n = 2^\circ$, 则后角 α 可由下式求出:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\sin 20^\circ} \approx 5^\circ 43', \text{ 則銼量 } K = 0.63.$$

如果其他条件均不改变, 則 $\lambda K = 0.25$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(R - \lambda K) \sin(\varepsilon - \theta)}{R - (R - \lambda K) \cos(\varepsilon - \theta)} = \frac{11.75 \times 0.3107}{12 - 11.75 \times 0.9505} = 4.384$$

$$\therefore \beta = 77^\circ 9'.$$

$$\eta = \beta + (\varepsilon - \theta) - \alpha = 89^\circ 32'$$

$$\text{故砂輪直徑 } D_k = \frac{3.73}{\cos 89^\circ 32'} \approx 460 \text{ 公厘}.$$

实际工作中, 所使用的砂輪直徑, 应比計算尺寸减少一些, 以便于操作。我們实际采用 $K = 0.6$ 公厘, 砂輪直徑为 300 公厘, 显著地提高了工作效率与刀具的精度, 达到齿形压力角誤差在 $\pm 2'$ 以內, 齿距誤差在 0.003 公厘以內。

(二) 把减少齿形的徑向跳动量与軸向跳动量, 作为一个重点来解决。齿輪滾刀是按展成原理工作的, 滾刀的齿数愈少, 則銑出的齿廓曲綫愈粗糙。当滾刀的齿形存在徑向或軸向跳动时, 不仅等于减少了滾刀的齿数, 而且会使工件的齿形部分地遭到破坏。这种破坏的情况, 在模数越小, 齿輪齿数愈少的时候, 愈显得突出。在我們所討論的实例中, 根据近似的計算与实际試驗証明, 如果跳动量 $\Delta f = 0.01$ 公厘, 就会使齿高的一半成为直綫, 如圖 5。

为了在制造过程中, 完全消除这些誤差的来源, 我們采取了如下的措施:

1) 在齿形进行精加工以前, 尽可能的准确地制造加工基面, 內孔与端面同时磨出, 并进行研磨以保証其互相垂直。

2) 滾刀的齿槽的等分誤差是直接影響齿形徑向跳动量的, 所以我們制造了高精度的分度盘, 分度盘的外徑为 200 公厘, 等分誤差为 0.002 公厘。