

齒輪及蝸輪傳動裝置的制

齒輪及蝸輪 傳動裝置的製造

西道联柯、卡尔采夫、沙特斯基著



机械工业出版社



親愛的讀者：

當您讀完這本書後，請盡量地指出本書內容、設計和校對上的錯誤和缺點，以及對我社有關出版工作的意見和要求，以幫助我們改進工作。來信請寄北京東交民巷二十七號本社收（將信封左上角剪開，註明郵資總付字樣，不必貼郵票），並請詳告您的通訊地址和工作職務，以便經常聯系。

機械工業出版社

統一書號

15033·308

定價 0.80 元

623.1
29
1

齒輪及蝸輪傳動裝置的制造

西道联柯、卡尔采夫、沙特斯基著

刘 仁 化 譯



机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 6

007288

出版者的話

本書包括六篇論文，主要是敘述大、中模數的圓柱形蝸杆及球形蝸杆傳動，斜齒輪及人字齒輪傳動的制造方法（根據新克拉馬托城的斯大林機器制造廠的經驗）。

還敘述了切齒及量齒工具的設計與計算方法，以及滾銑刀使用的方法。

本書適用於中型及重型機器制造廠中的工程技術人員參考。

苏联 А. К. Сидоренко、А. К. Карцев、Е. С. Шатский 著
‘Изготовление зубчатых и червячных передач’ (Маши-
низ 1954 年第一版)

* * *

NO. 1102

1956 年 11 月 第一版 1956 年 11 月 第一版第一次印刷
850×1168^{1/32} 字數 100 千字 印張 4^{3/16} 0,001—7,000 冊
機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10) 0.80 元

目 次

大、中模数的圓柱形蝸杆傳动·····	西道联柯 (5
大模数多头漸伸綫蝸杆·····	西道联柯 (32
大模数人字齿輪及斜齿輪的切制·····	西道联柯 (45
制造球形蝸杆副的方法·····	卡尔采夫 (66
切制球形蝸杆副輪齿工具的計算与設計·····	沙特斯基 (91
模数滾銑刀的使用 ·····	西道联柯、沙特斯基(116
中俄名詞对照表·····	(132

大、中模数的圓柱形蝸杆傳动

西道联柯(А. К. Сидоренко)

I 阿基米德螺綫的蝸杆傳动

各种蝸杆傳动形式中,以阿基米德螺綫的蝸杆傳动,在机器制造中用得最为广泛。虽然在軸向截面上蝸杆为直边(直綫)廓形,还不能說制造这样的傳动就很簡單,实际上要达到所要求的准确度是很困难的。由于嚙合时的接触不良,往往在裝配过程中必須將蝸輪輪齿按蝸杆螺紋来进行刮或銓。接触不良的原因大部分是由于不遵守制造蝸杆副时工艺規程上的要求,或者使用了不够准确的切削工具。

用滾刀来切制蝸輪輪齿不能保証所要求的准确度,因为軸向截面上为直边齿形的滾刀不能进行磨削。假使要磨成这样的銑刀,必須用按照一定曲綫制成的特型砂輪,而現有机床無打磨此种砂輪的設備,为了此目的而試圖采用特殊設備[1, 2]在工厂的实践中証明是不合算的。因此蝸輪輪齿主要用直边的飞刀来切制,对刀时应使飞刀的前面在通过心軸軸綫的平面內(圖1)。

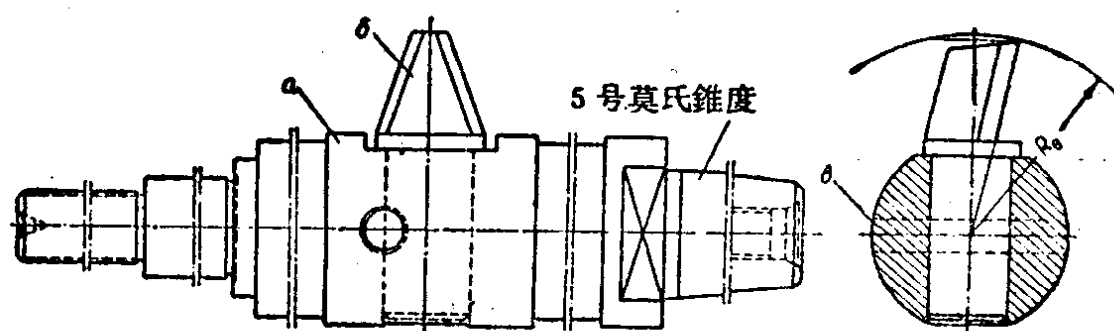


圖 1 切制蝸輪輪齿的軸向飞刀: a—心軸; b—飞刀; c—錐形銷。

用有直边切削刃而且前面通过蝸杆軸綫的飞刀,可以制造具

有准确阿基米德螺线的蜗杆（圖2）。蜗杆也可以用特型的指形铣刀或圆盘铣刀在蜗杆铣床上切出，所得准确度虽然较低，但已

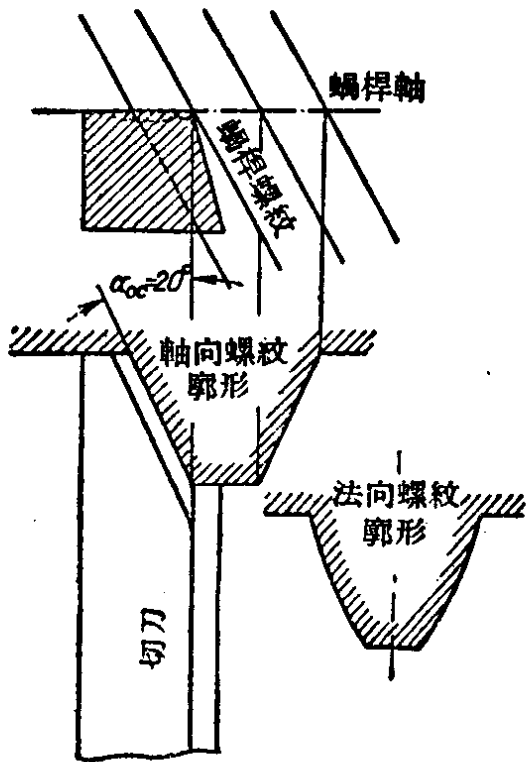


圖2 用車刀車制蜗杆的草圖。

足敷生产要求。根据滚铣刀的道理阿基米德蜗杆也不能进行磨削。

在任何情形下，正确的执行合理的工艺规程，就能保证蜗杆及蜗轮的制造质量。

下面列述蜗轮及蜗杆在制造工艺中的一些主要问题，在制造阿基米德蜗杆传动装置时，对这些问题应当予以特别注意。

1 蜗杆的切制 將粗車

后的蜗杆安装在螺丝车床的頂

尖上并夹紧后，在蜗杆的圓周面上画出平行于軸綫的水平綫2（圖3）。粗車蜗杆并留出精車留量后，按照專用的对刀样板装上精車刀，卡刀时要使切刀的前面对准蜗杆的軸綫，然后进行精車。大、中模数的蜗杆（ $m \geq 8$ ）系用兩把車刀切成，一把为銳角切刀的車刀，一把为鈍角切刀的車刀。圖4中列有圖5a, b, 所示各种車刀切削角度的符号。蜗杆螺紋廓形可用按照蜗杆螺紋圓周面上刻綫定位而放置的直边样板作光隙檢查（圖6）。

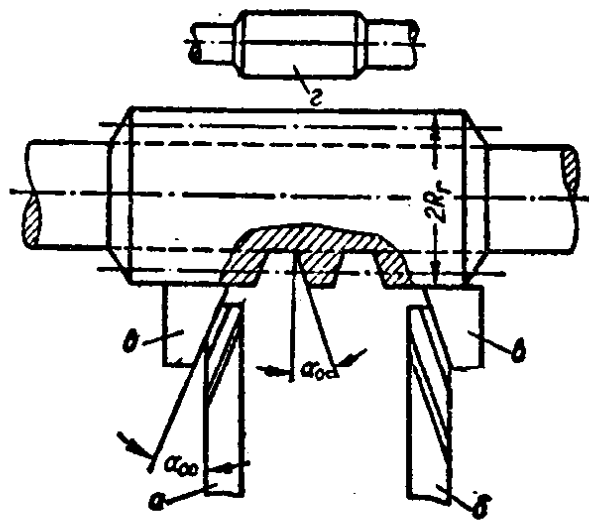


圖3 切制蜗杆时切刀的安裝：

a—螺紋右側車刀；b—螺紋左側車刀；
c—对刀样板；2—蜗杆边上的刻綫。

螺紋齒厚可用測齒規檢查，度量時測齒規的位置应在如圖 7 所示的法向截面上。

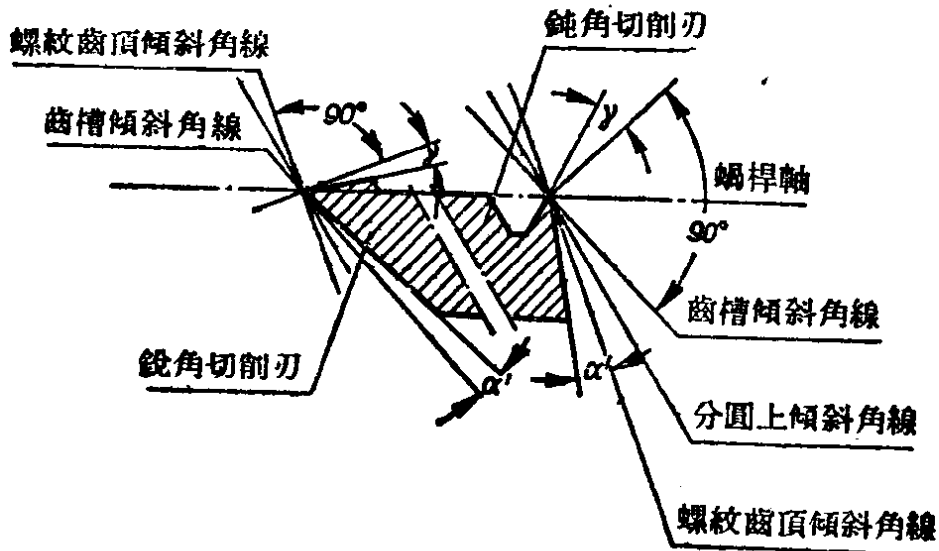


圖 4 切制右旋蝸杆時車刀刃磨的角度。

採用下列原始數據的符號：

$t_{oc} = \pi m_{oc}$ ——螺紋的軸向齒距；

z_1 ——螺紋綫數（螺紋頭數）；

α_{oc} ——咬合角（在軸向截面上的螺紋廓形角）；

R_e ——外圓半徑；

R_o ——分圓半徑；

R_i ——根圓半徑；

S ——在軸向平面內分圓上螺紋的齒厚；

β_o ——分圓上螺紋的升角。

可用測齒規量得的蝸杆螺紋尺寸按下列公式加以計算：

1. 在法向截面內分圓圓弧上螺紋的弧齒厚：

$$S_{on} = S \cos \beta_o$$

2. 投影在垂直于蝸杆軸綫的平面內分圓上的弧長：

$$S_{nk} = S_{on} \sin \beta_o$$

3. 在垂直于蝸杆軸綫的平面內，弧長所對中心角之半值：

$$\sigma_o = \frac{28.6478 \cdot S_{nk}}{R_o}$$

4. 在垂直于蜗杆轴綫的平面內分圓上的弦長;

$$C_o = 2R_o \sin \sigma_{o_0}$$

5. 在法向截面內分圓上螺紋的弦齒厚;

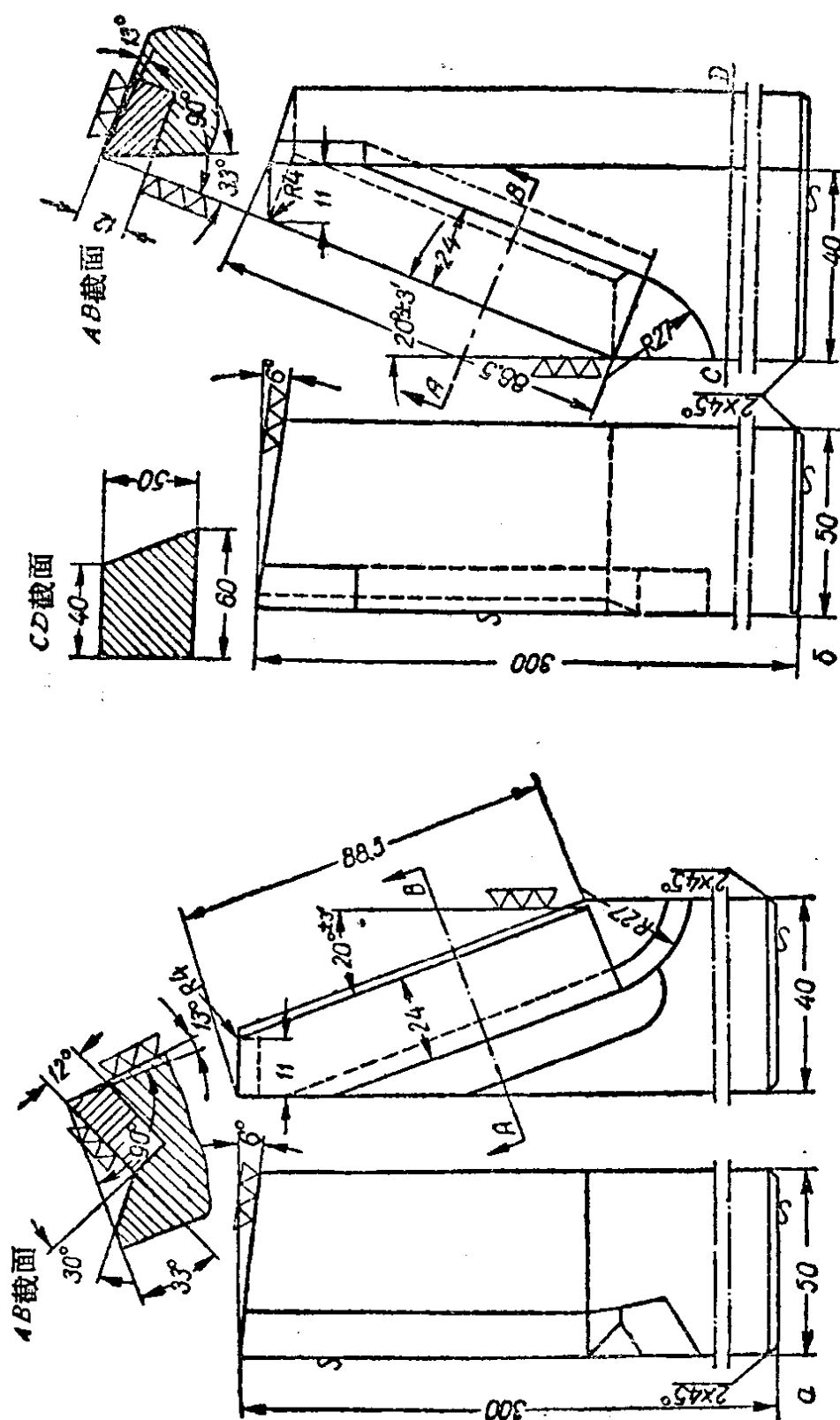


圖 5 切制右旋四重螺紋 $m_{oc} = 20, \alpha_{oc} = 20^\circ$ 蜗杆的車刀工作圖:
a—螺紋右側車刀; 6—螺紋左側車刀。

6. 調整測齒規的高度來度量分圓上螺紋的齒頂高:

$$H = \Delta + m_{oc} = R_o(1 - \cos \sigma_o) + m_{oc}$$

求出的尺寸 S_n 及 H 註在法向截面的螺紋廓形圖上，如圖 7 的右側所示。

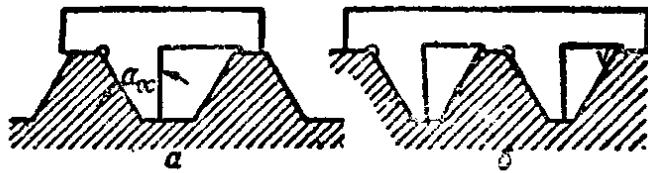


圖 6 檢查螺紋的样板：a—齒形样板；b—齒距样板。

$$S_n = \frac{C_o}{\sin \beta_o}$$

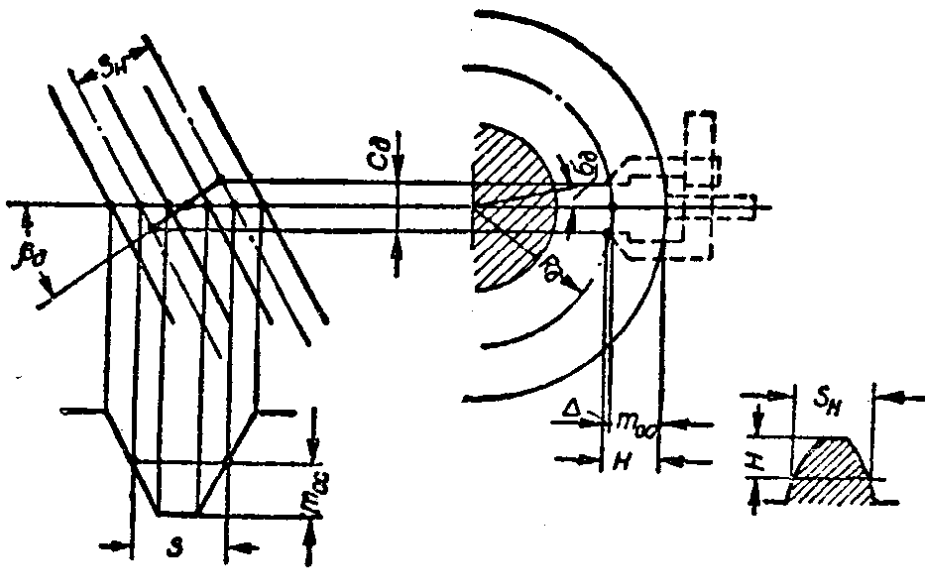


圖 7 用測齒規檢查蝸杆螺紋的尺寸。

假若在制造蝸杆的过程中，所制成的外圓直徑對理論尺寸發生偏差時，則在用測齒規度量齒厚時必須考慮到這種偏差而加以校正；假若半徑 R_o 比它的理論值大 K_{mo} 時，測齒規必須調整到 $H + K_{mo}$ 的高度；假若 R_o 比其理論值小 K_{mo} 時，則高度為 $H - K_{mo}$ 。

為了提高制造的生产率，最好采用圓盤銑刀或指形銑刀來切制大模數的蝸杆；此時應注意到圓盤銑刀與指形銑刀的廓形有所不同。

圓盤銑刀的廓形計算在技術文獻[2, 3]中介紹較多, 因此在這里沒有介紹的必要; 一般書上所介紹的指形銑刀廓形的計算過分複雜。

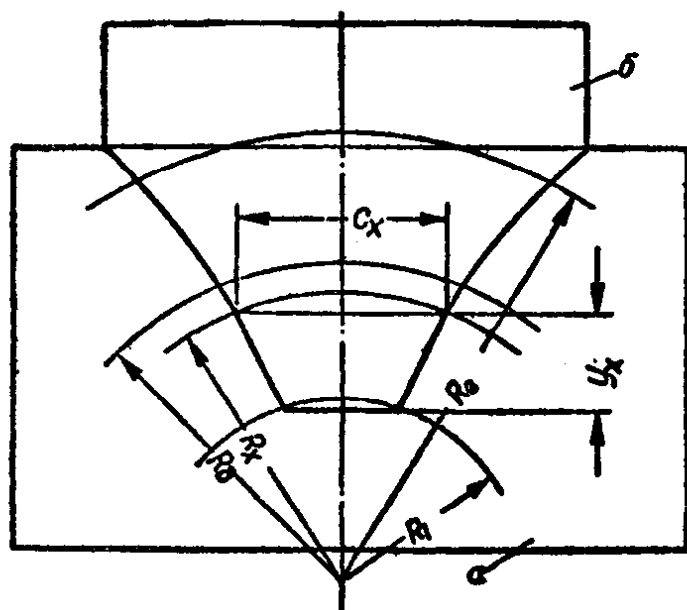


圖 8 指形銑刀样板的計算:

a—样板; b—校驗样板。

著者所提出的指形銑刀廓形的計算方法能減輕一些設計者的工作, 並使其能準確地求得所需要的廓形。

由于指形銑刀的廓形是在鏟齒車床上按專用样板來制作的, 因此所求出的銑刀廓形的計算尺寸不註在銑刀圖上而註在銑刀的样板圖上。

样板 (圖 8) 的計算用下列方法:

1. 在法向截面內任意半徑 R_x 圓周上的弧向槽寬按下式求出:

$$l_x = (\pi m_{oc} - S_x) \cos \beta_x, \quad (1.1)$$

式中

$$S_x = S + 2 \operatorname{tg} \alpha_{oc} (R_o - R_x); \quad (1.2)$$

$$\operatorname{tg} \beta_x = \frac{m_{oc} \cdot z_1}{2R_x}; \quad (1.3)$$

z_1 ——螺紋綫數。

2. 投影在垂直于蝸杆軸綫的平面內, 任意半徑的圓周上槽寬的弧長:

$$l_{kx} = l_x \sin \beta_{x0} \quad (1.4)$$

3. 投影在垂直于蝸杆軸綫的平面內, 任意半徑的圓周上, 弧長所對中心角之半值等于下式:

$$\sigma_{\kappa x} = \frac{28.6478 l_{\kappa x}}{R_x} \circ \quad (1.5)$$

4. 在任意半徑的圓周上，齒槽的弦長（銑刀直徑）可按下式計算：

$$C_x = \frac{2R_x \sin \sigma_{\kappa x} \ominus}{\sin \beta_x} \circ \quad (1.6)$$

5. 从銑刀頂到已知弦 C_x 的銑刀高度可按下式計算：

$$Y_x = R_x - R_i + \Delta_i - \Delta_x, \quad (1.7)$$

式中

$$\Delta_i = R_i(1 - \cos \sigma_i);$$

$$\Delta_x = R_x(1 - \cos \sigma_x) \circ \quad (1.8)$$

所求出的尺寸 C_x 及 Y_x 註在样板圖上。

尺寸 C_x 与 Y_x 計算数目的多少应視样板所要求的准确度而异。

例 要求决定用以切制蜗杆螺紋的指形銑刀的廓形：

$m_{oc} = 20$; $\alpha_{oc} = 20^\circ$; $z_1 = 4$; $\beta_o = 18^\circ 26' 5''$; $R_e = 140$ 公厘; $R_o = 120$ 公厘; $R_i = 96$ 公厘; $S = 30.08$ 公厘。

先求出在下列半徑上的各点座标: $R_e = 140$ 公厘; $R_{x_1} = 130$ 公厘; $R_o = 120$ 公厘; $R_{x_2} = 108$ 公厘; $R_i = 96$ 公厘。

1. 求出各相当半徑处的螺紋升角(1.3):

$$\operatorname{tg} \beta_e = \frac{4 \times 20}{280} = 0.28571; \quad \beta_e = 15^\circ 56' 42'';$$

$$\operatorname{tg} \beta_{x_1} = \frac{4 \times 20}{260} = 0.30769; \quad \beta_{x_1} = 17^\circ 6' 9'';$$

$$\operatorname{tg} \beta_o = \operatorname{tg} 18^\circ 26' 5'' = 0.3333 \circ$$

$$\operatorname{tg} \beta_{x_2} = \frac{4 \times 20}{216} = 0.37037; \quad \beta_{x_2} = 20^\circ 19' 23'';$$

● 理論上分母应为 $\sin \beta_1$, 与 $\sin \beta_x$ 稍有不同, 实际計算上以 β_x 代 β_1 不至于損失及所要求的准确度。

$$\operatorname{tg} \beta_i = \frac{4 \times 20}{192} = 0.41666; \quad \beta_i = 22^\circ 37' 10''.$$

求出 S_x 的数值(1.2):

$$S_e = 30.08 + 2 \times 0.36397 \times (120 - 140) = 15.52 \text{ 公厘};$$

$$S_{x_1} = 30.08 + 2 \times 0.36397 \times (120 - 130) = 22.80 \text{ 公厘};$$

$$S_o = 30.08 \text{ 公厘};$$

$$S_{x_2} = 30.08 + 2 \times 0.36397(120 - 108) = 38.82 \text{ 公厘};$$

$$S_i = 30.08 + 2 \times 0.36397(120 - 96) = 47.55 \text{ 公厘}.$$

齿槽弧宽将等于(1.1):

$$l_e = (20 \times 3.14 - 15.52) \times 0.96153 = 45.49 \text{ 公厘};$$

$$l_{x_1} = (20 \times 3.14 - 22.8) \times 0.95558 = 38.2 \text{ 公厘};$$

$$l_o = (20 \times 3.14 - 30.08) \times 0.9487 = 31.07 \text{ 公厘};$$

$$l_{x_2} = (20 \times 3.14 - 38.82) \times 0.9377 = 22.52 \text{ 公厘};$$

$$l_i = (20 \times 3.14 - 47.55) \times 0.9230 = 14.10 \text{ 公厘}.$$

2. 按公式(1.4)可求出圆弧投影的长度:

$$l_{ke} = 45.49 \times 0.2747 = 12.49 \text{ 公厘};$$

$$l_{kx_1} = 38.26 \times 0.2941 = 11.25 \text{ 公厘};$$

$$l_{ko} = 31.07 \times 0.3162 = 9.83 \text{ 公厘};$$

$$l_{kx_2} = 22.52 \times 0.3473 = 7.82 \text{ 公厘};$$

$$l_{ki} = 14.10 \times 0.3846 = 5.42 \text{ 公厘}.$$

3. 投影弧所对中心角之半值将等于(1.5):

$$\sigma_{ke} = \frac{28.6478 \times 12.49}{140} = 2.557; \quad \sigma_{ke} = 2^\circ 33' 25'';$$

$$\sigma_{kx_1} = \frac{28.6478 \times 11.25}{130} = 2.479; \quad \sigma_{kx_1} = 2^\circ 28' 46'';$$

$$\sigma_{ko} = \frac{28.6478 \times 9.83}{120} = 2.3450; \quad \sigma_{ko} = 2^\circ 20' 44'';$$

$$\sigma_{kx_2} = \frac{28.6478 \times 7.82}{108} = 2.0478; \quad \sigma_{kx_2} = 2^\circ 4' 29'';$$

$$\sigma_{\kappa i} = \frac{28.6478 \times 5.42}{96} = 1.62; \quad \sigma_{\kappa i} = 1^{\circ}37'11''.$$

4. 按公式(1.7)求出槽寬的弦長(銑刀直徑):

$$C_e = \frac{280 \times 0.0446}{0.2747} = 45.46 \text{ 公厘};$$

$$C_{x_1} = \frac{260 \times 0.04326}{0.2941} = 38.25 \text{ 公厘};$$

$$C_o = \frac{240 \times 0.04092}{0.3162} = 31.05 \text{ 公厘};$$

$$C_{x_2} = \frac{216 \times 0.0362}{0.3473} = 22.51 \text{ 公厘};$$

$$C_i = \frac{192 \times 0.02826}{0.3846} = 14.11 \text{ 公厘}.$$

5. 求出数值 Δ (1.8):

$$\Delta_e = 140 \times 0.00099 = 0.14 \text{ 公厘};$$

$$\Delta_{x_1} = 130 \times 0.00094 = 0.12 \text{ 公厘};$$

$$\Delta_o = 120 \times 0.00074 = 0.09 \text{ 公厘};$$

$$\Delta_{x_2} = 108 \times 0.00066 = 0.07 \text{ 公厘};$$

$$\Delta_i = 96 \times 0.0004 = 0.04 \text{ 公厘}.$$

6. 決定銑刀各部分的高度(1.7):

$$Y_e = 140 - 96 + 0.04 - 0.14 = 43.9 \text{ 公厘};$$

$$Y_{x_1} = 130 - 96 + 0.04 - 0.12 = 33.92 \text{ 公厘};$$

$$Y_o = 120 - 96 + 0.04 - 0.09 = 23.95 \text{ 公厘};$$

$$Y_{x_2} = 108 - 96 + 0.04 - 0.07 = 11.97 \text{ 公厘}.$$

根据所求出的尺寸 C_x 及 Y_x 繪制銑刀廓形圖(样板)。

用指形銑刀銑出蝸杆螺紋之后, 应用直边样板檢驗螺紋在軸向截面上的廓形(圖6); 平面的指形銑刀样板的校对样板(圖8)不适宜于檢驗螺紋的凹槽, 因为它不能与旋轉体的指形銑刀在加工时所接触的那些螺紋部分相接触。

当用圓盤銑刀或指形銑刀銑制蝸杆螺紋时，必須注意到蝸杆中心与指形銑刀刀頂間理論距离的任何改变都会引起螺紋廓形的歪曲。在这方面銑刀是不及直刀車刀的，因为用車刀切削螺紋时，

蝸杆軸心与車刀刀刃間距离的改变并不会引起齿形的歪曲。

2 蝸輪輪齿的切制 正如上面所指出的滾銑刀的齿形不能磨削，因此用未曾磨削的滾刀最后加工蝸輪时只能达到 IV 級准确度。

用切削面位于心軸（圖 9）軸綫方向的單个飞刀来切制蝸輪輪齿，生产率不如銑削。至于用飞刀所切制蝸輪的准确度，

根据新克拉馬托城的斯大林机器制造厂及其他的机器制造厂的工作經驗証实，所加工的蝸輪的准确度未能超过 III 級以上。这是因为用飞刀切削輪齿时积累有大量誤差，这种誤差將在几何以及傳动方面导致显著的嚙合歪曲。但是由于缺乏准确磨制的滾刀以及蝸杆傳动的多式多样（特别是在單件生产的机器制造厂中）不可避免的要采用飞刀。

用專門样板（圖 10）来檢驗的飞刀，用銷或用其他的方法固定在心軸上，飞刀的位置則用放置在心軸圓柱体基准面上的对刀样板来进行檢查（圖 9）。飞刀的構造在模数 $m < 20$ 的做成整体

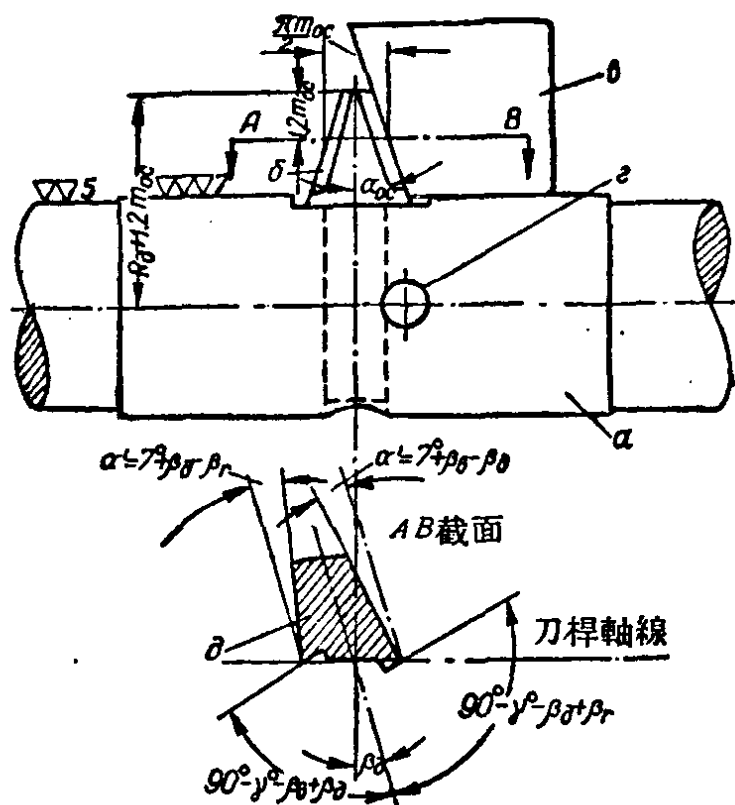


圖 9 切削蝸輪輪齿的飞刀：

а—心軸；б—飞刀；в—对刀样板；г—銷；
δ—車刀刃磨的角度(γ—前角)。

的，模数 $m > 20$ 的做为合成的，用高速鋼刀片焊在 50 号鋼作成的刀体上（圖 11）。

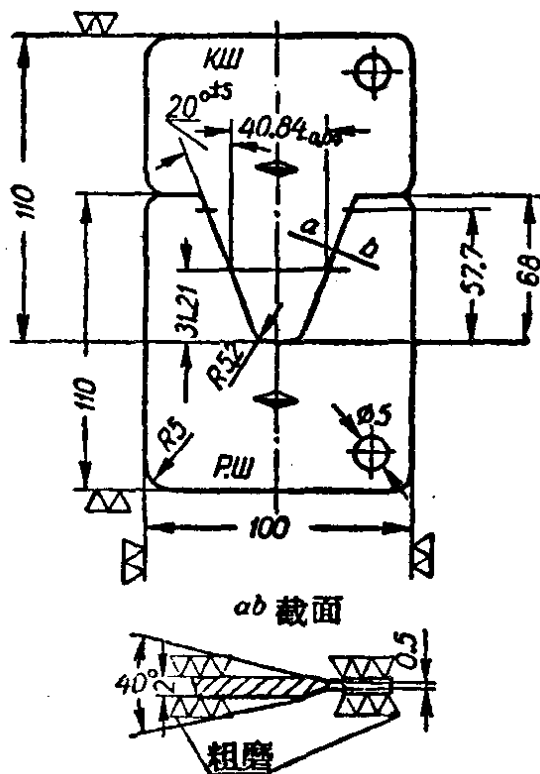


圖 10 飞刀刃磨的样板与校驗样板。

($m_{oc} = 26$; $\alpha_{oc} = 20^\circ$; $z_4 = 6$)。

用飞刀加工蜗輪，当用切綫进給（徑向进給不容許）时，根据模数的大小可走刀 2~4 次。

当蜗輪模数 $m < 18$ 时，飞刀尺寸可根据能同时切出兩相鄰牙齒的兩对面的要求来計算。当制造模数 $m > 18$ 的蜗輪时，以采用較薄的飞刀分兩次裝卡来切制輪齿为較合理。这种方法要求將蜗輪进行細心而又准确的重新裝卡的工作。但是新克拉馬托城的斯大林机器

制造厂的工作經驗証实了这样的工艺过程在切削大模数的蜗輪时

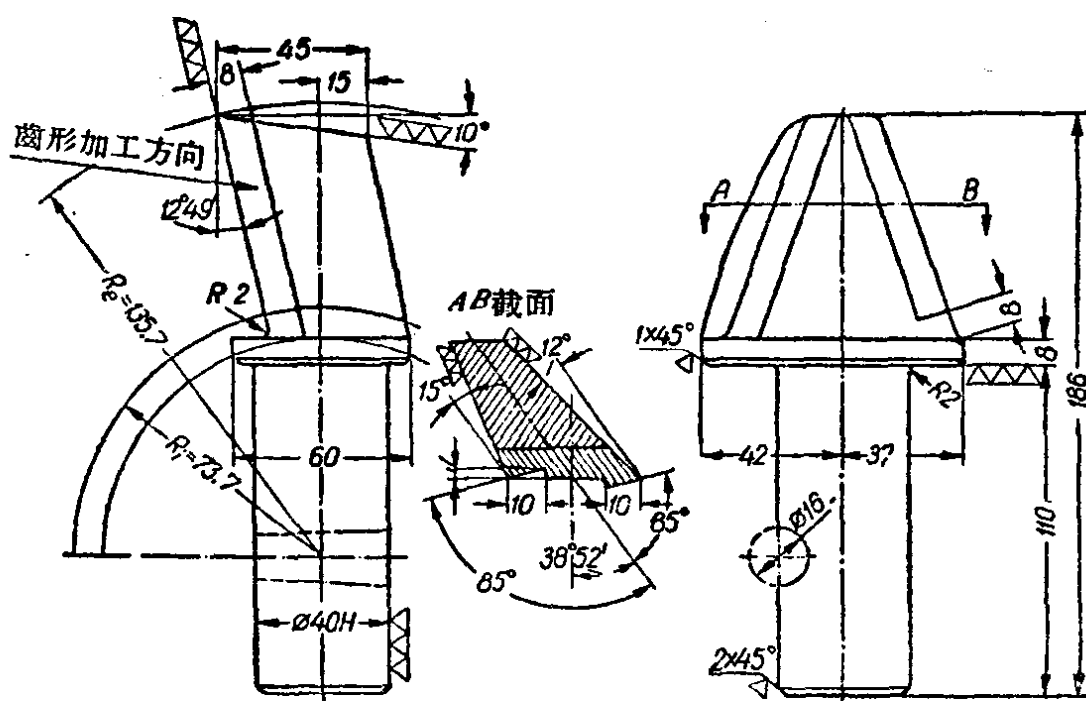


圖 11 飞刀圖($m_{oc} = 20$; $\alpha_{oc} = 20^\circ$; $z_r = 6$)。