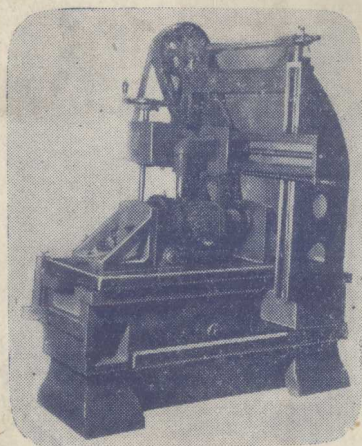


張貴明編著

怎样铣人字齿輪



机械工业出版社

編著者：張貴明

NO. 0666

1955年2月第一版 1958年8月第一版第二次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数 23 千字 印張 1 7,101—27,150 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第 008 号

統一書号 T 15033·1049
定 价 (9) 0.13 元

內容提要 人字齒輪是機械傳動中的重要機件。本書首先把
人字齒輪的種類、特點和用途作概略地介紹；然後敘述了人字
齒輪的銑切原理。主要的內容是有系統地介紹人字齒輪的銑制方
法，包括操作、掛輪以及定數的求法。此外，還介紹了利用刨床
和車床銑制人字齒輪的方法。

本書的讀者對象是三級到四級的銑工同志。

目 次

一	人字齒輪的種類和用途.....	3
	1 普通人字齒輪——2 胡氏人字齒輪——3 鑄造人字齒輪——	
	4 特种人字齒輪	
二	人字齒輪的銑切原理.....	4
	1 正齒輪的銑切原理——2 人字齒輪的銑切原理	
三	怎樣利用人字牙刨刨人字齒輪.....	7
	1 人字牙刨的機構——2 人字牙刨的操作	
四	怎樣利用龍門刨床銑人字齒輪.....	15
	1 機構傳動——2 操作方法——3 配輪計算	
五	怎樣利用車床銑人字齒輪.....	22
	1 傳動系統——2 操作方法——3 掛輪和計算——4 優缺點和 今后的改進	

有指要重西中要制
 地無幾：指介城和縣
 西半人保食此種茶古
 地食分：代地：老米地

有指要重西中要制封其地與軍人 要對容內
 地無幾：指介城和縣介城用府治碑 要得在縣出半人
 西半人保食此種茶古長容內西學生 要得在縣出半人
 地食分：代地：老米地要得在縣出半人 要得在縣出半人
 地食分：代地：老米地要得在縣出半人 要得在縣出半人
 地食分：代地：老米地要得在縣出半人 要得在縣出半人
 地食分：代地：老米地要得在縣出半人 要得在縣出半人

法例上地無幾則

法例上地無幾則地無幾則地無幾則地無幾則地無幾則

大 目

1	.....	多國奇美神佛神位半人	一
2	.....	—— 諸世半人衣箱下—— 諸世半人內箱—— 諸世半人眼背—— 諸世半人轉轉——	
3	.....	聖氣以發內神位半人	二
4	.....	野原以發內神位半人—— 野原以發內神位半人——	
5	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人——	三
6	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人——	
7	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	四
8	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
9	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	五
10	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
11	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	六
12	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
13	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	七
14	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
15	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	八
16	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
17	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	九
18	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	
19	.....	諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人	十
20	.....	—— 諸世半人神位半人神位半人神位半人神位半人——	

一 人字齒輪的種類和用途

人字齒輪是礦山機械和冶金機械中的重要配件。比如大型的捲揚機和軋鋼機，都需要用人字齒輪來傳動。

這種齒輪的特點是：接觸的齒數比正齒輪多，所以每個齒所吃的力也比較均勻；同時，又不像斜齒產生一種軸向推力，使軸承壓向一邊，因此，很多轉速比較快的傳動裝置，尤其是受衝擊力的裝置和馬力較大的裝置，都用到它。

人字齒輪普通有四種型式：

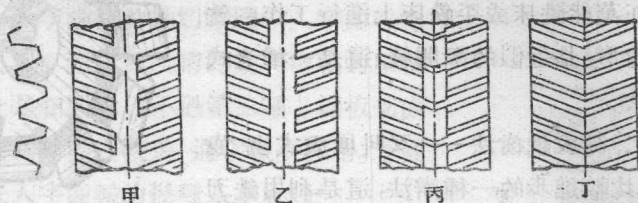


圖 1 普通入字齒輪的型式。

1 普通入字齒輪 如圖 1 甲，牙齒中間的是留給銑刀退刀用的。這樣在銑齒的時候，方便不少。但它的缺點，是因為有槽，減少了齒輪的接觸面，傳動的力量也減小了。

2 胡氏入字齒輪 如圖 1 乙，它跟普通入字齒輪不同的地方，是左右兩邊的齒互相錯開，中間開的槽可能窄一點，但因為有空隙，兩齒還是不能很好地接觸。

3 鑄造入字齒輪 如圖 1 丙，在鑄齒的時候，事先留出銑刀躲刀的地方。因齒中間有連續的地方，所以傳動的力量比胡氏入字齒輪要強一點。

4 特種人字齒輪 如圖 1 丁, 是人字齒輪中最好的一種, 每個齒都能互相接觸, 所以能傳動大的馬力。這種人字齒輪的標準規格, 通常見到的, 有孫德蘭氏和塞克思氏兩種。這裏所介紹的銑人字齒輪的辦法, 是以孫德蘭氏為主, 附帶講兩種我們自己創造的先進經驗。

二 人字齒輪的銑切原理

1 正齒輪的銑切原理 銑正齒輪(或斜齒輪)有下列三種理論根據:

一、齒形銑齒法——這種銑齒法, 是使用如圖 2 所示的齒形銑刀(或叫單片銑刀), 在萬能銑床或平銑床上進行工作。銑出的齒形, 是近似的漸開綫。這是一種老式的辦法。

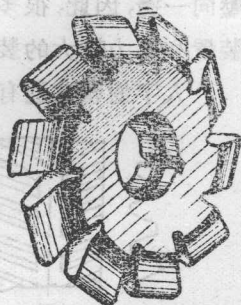
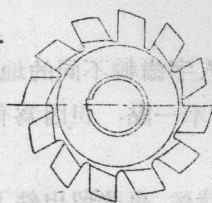


圖 2 齒形銑刀。

二、範成銑齒法——又叫展成式銑齒法, 是比較進步的一種辦法, 這是利用銑刀跟輪坯的相對運動而產生在理論上的漸開綫齒形。在工廠中最常看到的有滾齒機和插齒機, 使用的銑刀, 如圖 3 所示。



甲

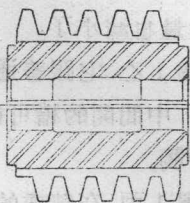
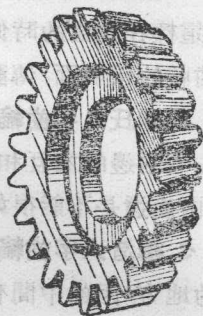


圖 3 滾齒刀(甲)和插齒刀(乙)。



乙

三、樣板切齒法——這種切齒法，有兩種意義：一種是利用樣板鉋刀來鉋切正齒輪的齒形；另一種是鉋刀運動的軌迹，就是我們需要的齒形，而這種齒形的產生，同時也是樣板來確定的，如圖 4 所示。

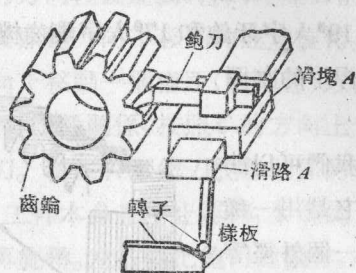


圖 4 樣板切齒法。

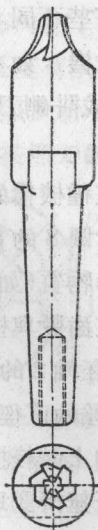
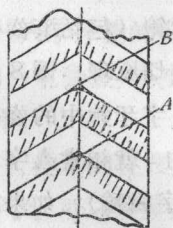


圖 5 指頭銑刀。

2 人字齒輪的銑切原理 人字齒輪的銑切原理，跟上面所講的銑正齒輪的原理基本上是相同的。不過第三種「樣板切齒法」，因為精密度較差，通常很少採用。下面介紹銑人字齒輪的幾種基本原理：

一、指頭銑刀銑齒法——指頭銑刀又稱立銑刀或錐形銑刀，它的形狀如圖 5 所示。利用這種銑刀銑出來的齒形，跟上面所講的齒形銑刀所銑出來的齒形一樣，是一種近似的漸開綫。另外，這種銑齒法還有一個缺點，就是「人字」的交叉部分有一面是圓角（圖 6 中



A 部)，另一面是尖角。爲了兩人字齒輪能够相嚙得很好，這 A 部通常要用鉗工進行修理。一般是把這圓角 A 部，剷出尖角。其實，按道理講：應該把尖角（如圖 6 的 B 部）修成圓角，這樣能使兩人字齒輪嚙合時，齒

跟齒的接觸更平穩。這裏所介紹的銑人字

齒輪的先進經驗，都是採用這種銑刀的。

二、範成銑齒法——這種銑齒的道理，正跟滾齒機和插齒機銑齒的道理完全一樣，銑出的齒型，是理論上的漸開綫，只是銑刀的形狀有些不同。我們見得最多的是孫德蘭氏人字牙鉋（又叫人字齒輪鋸齒機），如××廠出產的19[#]人字牙鉋和17[#]人字鋸齒機。使用鉋刀（或叫鋸刀）的形狀是齒桿形的如圖

7所示。

這種機構的銑切原理，我們可以簡單地拿圖8的實驗來說明：它是用一種易熔的物質（如石蠟）、做成一個外徑等於一定齒數與模數的輪坯1，固定在軸2上，在軸2的另一端，還固定兩個滾輪

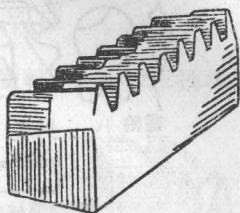


圖7 齒桿形鉋刀。

3，滾輪的直徑，都跟輪坯的節圓直徑相等。滾輪外緣還用一根固定在台上弦綫攔住，這樣，當軸2沿弦綫方向移動時，滾輪會沿着台子毫無滑動地滾動。再用一根跟齒輪坯模數相等的齒桿，平行地放在台子上。這齒桿是用鋼材做的，它比台面高出一個齒頂的距離。如果把齒桿加熱到齒輪坯接近熔點的溫度，然後使齒輪坯慢慢地沿齒桿滾動，就可以在齒輪坯1滾出齒形來，這種齒型是完全符合齒輪吻合的條件的。

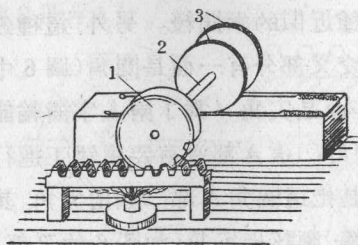


圖8 範成銑齒法的實驗原理。

用這個例子，就可以說明孫德蘭氏人字牙鉋（包括滾齒機和插齒機）的銑切原理，圖8中齒桿，就相當人字牙鉋中的齒桿形鉋刀，齒輪坯1，就相當人字牙鉋中的工件（人字齒輪）。如果齒桿做得太長，就不能很準確，但齒輪坯也不能在短短的齒桿上滾動，

所以人字牙鉋中工件的自動分牙跟鉋刀上下、前後運動交替地進行，使這種機構變為複雜。

人字牙鉋齒桿形鉋刀的運動原理，如圖 9 所示：鉋刀 B 除了按 $x-y$ 軸的方向往復運動外，同時照 E 箭頭所指示的方向往下移動，工件就按照鉋刀向下移動的速度旋轉。因為鉋刀的長度有限，所以當鉋刀向下移動一個齒距（即周節）以後，鉋刀還要照 F 所示的方向，跟工件脫離關係，按照 C 的方向上升到起點，再按照 D 的方向重新吃刀。當工件跟鉋刀脫離關係的那個時間，工件本身也停止運轉，要等鉋刀吃刀後再旋轉。左右兩把鉋刀的動作，都是按照這個道理。當右鉋刀恰好深入工件時，左鉋刀退出工件，相反地，左鉋刀吃刀，右鉋刀退出。

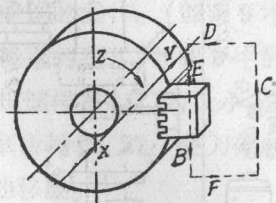


圖 9 齒桿形鉋刀運動的原理。

為什麼說跟滾齒機的原理一樣呢？因為這種鉋刀，表面上看來是齒桿形的，其實跟滾齒刀（螺旋銑刀）的截面形狀完全一致。滾齒機是銑刀每轉一週，移動一個齒距，而工件迴轉一個牙；這裏是鉋刀向下移動一個齒距，工作迴轉一個牙，道理是完全相同的，只不過是構造上複雜一些吧了。

三 怎樣利用人字牙鉋鉋人字齒輪

1 人字牙鉋的機構 人字牙鉋的機構，如圖 10 所示：首先由 15 馬力電動機，經皮帶輪 $D_1 D_2$ ，傳動軸 I，再由軸 I 產生下面四個動作：

一、鉋刀的往復運動——在軸 I 和軸 II 的中間，有一對變換齒輪 $a_4 b_4$ ，可以變換鉋刀的切削速度。軸 II 的另一端，有人字齒輪 1，跟軸 III 上的人字齒輪 2 相銜接，使軸 III 轉動。軸 III 和軸

IV, 同樣用人字齒輪來銜接, 在它們(軸 III 和軸 IV)的另一端, 都帶有偏心柱的圓盤, 當曲拐來使用。當軸 III 和軸 IV 旋轉時, 偏心柱帶動刀架, 在溜板上的傾斜導軌裏來回運動, 這樣就使鉋刀作往復運動。

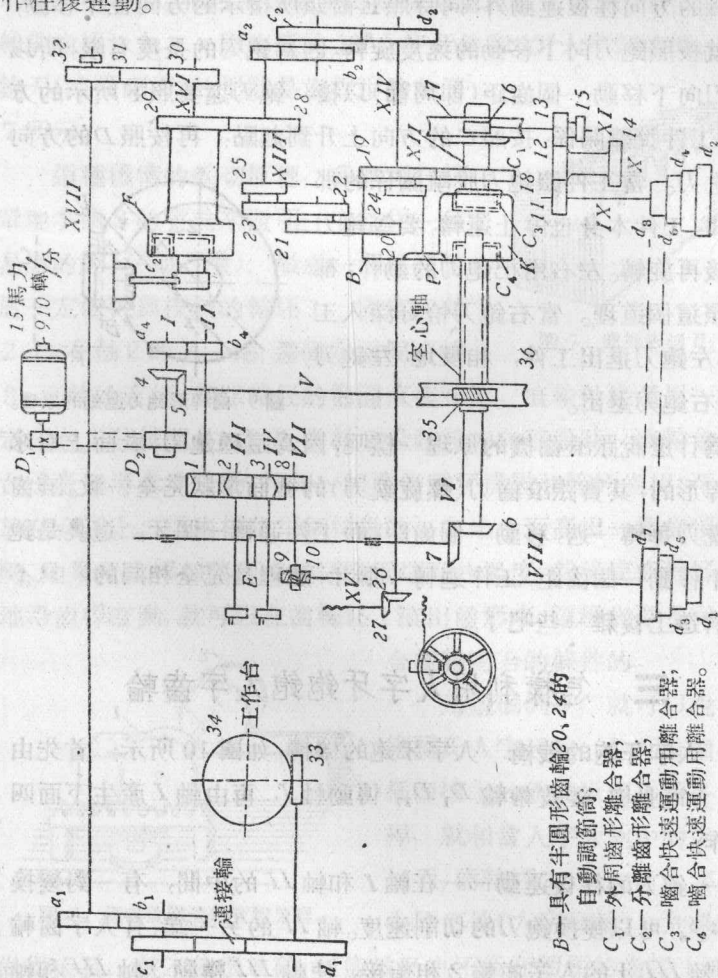


圖10 人字牙鉋的機構。

B—具有半圓形齒輪20、24的

自動調節筒;

C₁—外周齒形離合器;

C₂—分齒形離合器;

C₃—啮合快速運動用離合器;

C₄—啮合快速運動用離合器。

二、刀架溜板的運動——由軸 IV 上的人字齒輪 3，經螺旋齒輪 8，傳動到軸 VII ，再經過一對互相垂直的螺旋齒輪 9、10，轉動軸 $VIII$ 。軸 $VIII$ 和軸 XI 的中間有四段塔輪，($d_1—d_2$ 、 $d_3—d_4$ 、 $d_5—d_6$ 、 $d_7—d_8$)，用它來改變刀架的推進速度。由軸 IX 經變向齒輪 11、12、13、(或 14、15) 轉動軸 XI 。在軸 IX 上有單頭蝸桿 16 和蝸輪 17。17 的裏面，有齒形離合器 C_1 ，由它傳到達軸 XII ，由齒輪 18、19 傳達到軸 XIV 上的空轉圓筒 B ，圓筒 B 上有兩個半圓形的齒輪 20、24，再由 24、25 傳達切削時鉋刀前進的動作。(即圖 9 中的 E)；由 20、21、22、23 傳達切削時鉋刀後退的動作(即圖 9 中的 C)。軸 $XIII$ 上的變速齒輪 a_2 、 b_2 、 c_2 和 d_2 根據模數(M)的大小，改變溜板前進後退的範圍。由軸 XIV 傳到傘齒輪 26、27，使刀架絲槓 XV 轉動，這樣刀架溜板就能一進一退地移動。

三、工件的迴轉運動——由軸 $XIII$ 經過齒輪 28、29，傳動軸 XVI 的空轉套筒 F ， F 內部有分度離合器 C_2 ，由 C_2 的接合，使軸 XIV 上的齒輪 30、31、32 傳達軸 $XVII$ ，再經變換齒輪 a_1 、 b_1 、 c_1 和 d_1 ，經單頭蝸桿 33 和蝸輪 34，使工件(人字齒輪)作迴轉運動(即圖 9Z 的動作)。 a_1 、 b_1 、 c_1 和 d_1 是根據工件齒數的多少來配輪的。

四、快速運動——快速運動的目的，是利用左右兩鉋刀退出的時間，使工件和刀架很快地退到原來的位置。它的動作，是由軸 1 的傘齒輪 4、5 傳到雙頭蝸桿 35 及蝸輪 36，蝸輪 36 是裝在空心軸上，並在軸 VI 的外邊旋轉。在套筒 B 上裝有偏心凸起 P ，當 P 碰上了 c_4 時，就使帶有蝸輪 36 的空心軸隨着軸 VI 一同旋轉；同時 c_1 脫離了關係(c_1 脫離關係，蝸輪 18 不起作用，工件停止轉動)，而 c_3 正好嚙上，使直立的絲槓反方向迴轉，刀架很快地上升到原來的位置。

又 c_4 跟套筒 K 接合的時候，軸 VI 就受到軸 V 和蝸桿 35、蝸輪

36 的轉動，經傘齒輪 6、7，使偏心凸輪 E 開始轉動， E 一開始動作，使鉋刀和刀架一齊退到起初的位置。

2 人字牙鉋的操作

一、應當注意事項——利用人字牙鉋來銑切人字齒輪，在我們掛好變換齒輪後，其他一切動作，完全由機械本身來控制。一人可以操作好幾台機床。

不過，我國目前出產的這類機床和過去留下來的部分人字牙鉋，都沒有統一油泵，工作時靠用油杯加油，所以加油這一件事要特別注意，以免損壞機床。另外，退刀裝置雖有彈簧控制，萬一彈簧失去了作用，在鉋刀還沒有退出來的時候，刀架馬上上升，就有發生鉋刀跟工件相碰撞的危險，關於這一點，也得特別留意。

二、怎樣計算掛輪——這種機床，在操作中一共要掛兩套齒輪，下面分別來介紹：

1) 變換工件齒數的齒輪：這套齒輪，跟滾齒機的分齒輪系差不多，主要的是根據工件齒數的多少來掛輪。

設變換齒輪是 a_1, b_1, c_1 和 d_1 ，工件（人字齒輪）的齒數是 N ，得出：

$$\frac{a_1 \times c_1}{b_1 \times d_1} = \frac{\text{定數}}{N} \quad (1)$$

2) 變換模數的齒輪：這套齒輪是按照工件的模數和升降刀架的絲槓螺距來變的。假設變換齒輪是 a_2, b_2, c_2 和 d_2 ，模數是 M_s ，升降刀架的絲槓是 P ，得出：

$$\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} = \frac{M_s \times \pi}{P} \times \text{定數}_1 \quad (2)$$

如果齒形用 $D.P.$ 表示，得出：

$$\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} = \frac{\pi}{P \times DP} \times \text{定數}_2 \quad (3)$$

上面公式 (2) 和 (3)，在同一機床中，定數並不一樣，因為

D.P. 直徑的單位是吋, 而 M.P. 直徑所採取的單位是公厘。

三、定數的求法及其應用——假定如圖 10 的機構, 各齒輪的齒數如下表:

齒 輪 號	齒 數	齒 輪 號	齒 數	齒 輪 號	齒 數
(1)	18	(13)	28	(25)	21
(2)	42	(14)	28	(26)	32
(3)	42	(15)	20	(27)	32
(4)	32	(16)	單頭	(28)	50
(5)	32	(17)	88	(29)	50
(6)	32	(18)	51	(30)	41
(7)	32	(19)	68	(31)	41
(8)	14	(20)	68(32)	(32)	41
(9)	14	(21)	21	(33)	單頭
(10)	22	(22)	21	(34)	90
(11)	20	(23)	21	(35)	雙頭
(12)	20	(24)	68(31.5)	(36)	52

定數的求法如下:

1) 變換工件齒數掛輪的定數

$$\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = x_1 = \frac{68}{31.5} \times \frac{(25)}{(24)} \times \frac{(29)}{(28)} \times \frac{(32)}{(30)} \times \frac{(34)}{(33)} \times \frac{K}{N}$$

式中 () 括弧中的數字代表齒輪號

K = 每次所切削的齒數 (普通是 1 個齒, 至多 3 個齒)。

N = 工件 (人字齒輪的) 齒數。

把表中齒數代入, 得出:

$$\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{68}{31.5} \times \frac{21}{68} \times \frac{50}{50} \times \frac{41}{41} \times \frac{90}{1} \times \frac{K}{N} = \frac{60K}{N}$$

$$\text{所以 } \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{60K}{N} \quad (1)$$

2) 變換模數掛輪的定數

$$\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{a_2} = x_2 = \frac{\pi \times M_s}{P} \times \frac{(27)}{(26)} \times \frac{(28)}{(29)} \times \frac{(30)}{(32)} \times x_1 \times \frac{(33)}{(34)} \times N$$

式中 $M_s = \text{端面模數} = \frac{M_n(\text{法線模數})}{\cos \alpha(\text{螺旋角的餘弦})}$

$P = 3\pi$ 公厘 (刀架絲槓螺距)

$N = \text{工件齒數}$

() 括弧中數字, 代表齒輪號。

把表中的齒數代入, 得出:

$$\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times a_2} = \frac{\pi \times M_s}{3\pi} \times \frac{32}{32} \times \frac{50}{50} \times \frac{41}{41} \times \frac{60K}{N} \times \frac{1}{90} \times N$$

$$\text{所以 } \frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times a_2} = \frac{KM_s}{4.5} \quad (2)$$

四, 掛輪的例子

例1 某軋鋼機上的人字齒輪, 法節模數 (M_n) = 25, 齒數 = 55, 節圓直徑 = $\phi 1496$ 公厘, 螺旋角 = $23^\circ 12'$, 壓力角 = 20° , 問怎樣掛輪?

解:

1) 變換工件齒數的掛輪

利用公式 (2), 並假定 $K = 2$, 工件齒數 = 55。

$$\frac{a_1 \times c_1}{b_1 \times a_1} = \frac{60K}{N} = \frac{60 \times 2}{55} = \frac{60 \times 40}{55 \times 20} \quad (\text{即 } a_1 = 60 \text{ 牙}, b_1 = 55 \text{ 牙}, c_1 = 40 \text{ 牙}, a_1 = 20 \text{ 牙})$$

2) 變換模數的掛輪

工件法線模數 = 25, 螺旋角 = $23^\circ 12'$, 那麼

$$\text{端面模數} = \frac{25}{\cos 23^\circ 12'} = 27.2$$

把 27.2 代入公式 (2) 中, 得出:

$$\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times a_2} = \frac{27.2}{4.5} = \frac{16 \times 17}{5 \times 9} = \frac{90 \times 105}{25 \times 45} \quad (\text{即 } a_2 = 90 \text{ 牙}, b_2 = 25 \text{ 牙}, c_2 = 105 \text{ 牙}, d_2 = 45 \text{ 牙})。$$

例2 某絞車上的人字齒輪, 法線模數 $M_n = 8$, 齒數 = 121, 節

原书缺页

原书缺页

圓直徑 = $\phi 1051 \cdot 60$, 螺旋角 $(\alpha) = 23^\circ$, 壓力角 $= 20^\circ$, 問怎樣掛輪?

解:

1) 變換工件齒數的掛輪

利用公式 1, 並假定切削齒數 $K = 1$, 工件齒數 = 121。

$$\frac{a_1 \times c_1}{b_1 \times d_1} = \frac{60K}{N} = \frac{60 \times 1}{121} = \frac{60 \times 20}{44 \times 55}$$

2) 變換模數的掛輪

法線模數 $(M_n) = 8$, 端面模數 $(M_s) = \frac{8}{\cos 23^\circ} = \frac{8}{0.9205} = 8.694$ 。

利用公式 (3), 得出:

$$\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} = \frac{M_s}{4.5} = \frac{8.694}{4.5} = \frac{8694}{4500} = \frac{21 \times 23}{25 \times 10} = \frac{105 \times 115}{125 \times 50}$$

四 怎樣利用龍門鉋床銑人字齒輪

利用龍門鉋床銑人字齒輪, 是由本鋼鐵公司傅恩義同志創造成功的先進經驗, 解決了製作人字齒輪的困難關鍵。現在將這種機構與操作, 仔細地來談談。

1 機構傳動(參看圖 11) 這種機構, 是用 8 呎龍門鉋床改裝成功的。如圖 11, 首先, 由安裝在地上的電動機上的皮帶輪 1, 帶動床架上的天軸 A 上的皮帶輪 2, 再由一對皮帶輪 3 和 4, 帶動橫樑上的光槓(即圖上引軸 B), 以後以這光槓為主動, 產生下列三個動作:

一、銑刀的迴轉運動——銑刀的迴轉運動, 是由軸 B 經過兩對傘齒輪 14, 15, 16 和 17, 使銑刀 18 作迴轉運動, 每分鐘轉 200 轉。

二、鉋台的往復運動——鉋台(工作台)的往復運動, 也是以軸 B 為主動的, 經傘齒輪 5, 6, 再經軸 C 上的蝸桿 7 和軸 D 上的蝸輪 8, 使蝸桿 9 和蝸輪 10 迴轉, 最後由一對減速齒輪 11, 12, 去撥動鉋台底下的齒桿, 使鉋台往左移動。

鉋台移動的快和慢, 決定銑刀進刀量(即銑刀每迴轉內銑刀向