

作業機械齒插

董太穌編



民智書店出版

插齒機作業

董太 穌 編

江苏工业学院图书馆
藏书章



民智書店出版

書號 018

插齒機作業

編者
出版者

董太師
民智書店
北京西琉璃廠101號
電話 (3) 4823 號

1953 年 12 月發排 1954 年 2 月初版 印數 0001~3000
48 印刷頁 字數 55 千字 定價 4,800 元

北京市書刊出版業營業許可證出字第 040 號

版權所有 * 不准翻印

目 次

第一章 插齒機之原理及構造	1
一 原理	1
1. 概要	1
2. 鉋齒原理	3
3. 小齒輪式插齒機之特點	5
二 鉋齒刀概要	6
1. 主要條件	6
2. 刀齒之高度	7
3. 刀齒之斜背	13
三 型式及機構組織	23
1. 型式	23
2. 機構組織	25
第二章 簡單體形之鉋削	27
1. 用單頭刀具鉋削圓柱	27
2. 用單頭刀具鉋削橢形體	28
3. 用單頭刀具鉋削螺線形凸輪	29
4. 用單頭刀具鉋削平面	30
5. 用單頭刀具鉋削圓柱端面	30
6. 用盤形刀鉋削內外圓柱	31

7. 用盤形刀鉋削內外圓錐	32
8. 用圓盤形刀具鉋削凸輪	32
9. 用共軛刀鉋削凸輪	33
10. 用盤形刀鉋削平面	34
11. 用盤形刀鉋削圓柱之垂直形端面	34
12. 鉋削圓柱之錐端面	35
13. 用同心或偏心法鉋削圓環之端面	36
14. 鉋削滴漏形或喉形工作物	36
第三章 共軛鉋齒法原理	38
1. 外正齒輪之鉋削	38
2. 內正齒輪之鉋削	40
3. 正齒條之鉋削	41
4. 同心面形齒輪之鉋削	42
5. 偏心面形齒輪之鉋削	43
6. 複形機件之鉋削	45
7. 不規則外形機件之鉋削	47
8. 螺線齒輪之鉋削	49
第四章 型孔之共軛鉋削	52
1. 鉋削圓孔	52
2. 鉋削三角形孔	53
3. 用方形刀鉋削方孔	53
4. 用三角形刀鉋削方孔	54
5. 用方形刀鉋削六角孔	55
6. 用六角形刀鉋削八角孔	56
7. 鉋削內齒輪	56
8. 鉋削同徑同心同角之多孔板	57
9. 鉋削不同直徑與中心距之多孔板	58

第五章 偏心共軛鉋削法.....60

1. 凸形機件之鉋削.....60
2. 大型凸形機件之鉋削.....62
3. 偏心齒輪之鉋削.....63
4. 錐形齒扇之鉋削.....63
5. 長方形孔之鉋削.....64
6. 齒扇之鉋削.....66
7. 非圓形齒扇之鉋削.....67

第六章 斷續式共軛鉋削法.....70

1. 半圓形體之鉋削.....71
2. 圓形夾之鉋削.....72
3. 連桿末端之鉋削.....73
4. 齒扇之鉋削.....73
5. 正齒條之鉋削.....74
6. 外圓齒紋之鉋削.....75
7. 覆裝式離合用齒輪之鉋削.....75
8. 多槽圓孔之鉋削.....76
9. 凸輪軸之鉋削.....79
10. 用間隔式鉋齒刀同時鉋削粗細齒輪.....80
11. 唧筒用計量齒輪之鉋削.....81

第七章 描形鉋削法之原理.....84

1. 離合器棘齒之鉋削.....84
2. 爪齒形離合器之鉋削.....85
3. 面齒形離合器之鉋削.....87

第一章 插齒機*之原理及構造

一 原 理

1. 概說 本書是一本專門講述用齒輪式刀具的插齒機工作作業的書籍。

在共軛造齒(gear generating process of conjugate)方法中,計有二種不同的方式,一種是旋轉的滾削(hobbing),另一種則是往復的鉋削。鉋削中又因刀具形式的不同,而分為齒條(rack)式和齒輪(pinion)式二種。由於所用刀具形式的不同,因之使機器的運動亦有所不同。齒條式插齒機的刀具除上下往復運動外,還有位移往復運動;齒輪式插齒機除上下往復運動外,其刀具還作規律性的間歇旋轉運動。由於技術設計上的成功,齒輪式插齒機除鉋削各色齒輪外(人字形齒輪需用特種鉋齒機,不在本書範圍之內),如換用特別設計的刀具和夾具,再加上必要的運動,則可用以鉋削種種特殊形式的工作物,當然,這許多工作物的尺寸必須是要在鉋齒機能力之內的。

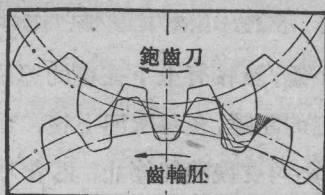
* 本書所指之插齒機,如未註明名稱者,概指齒輪式插齒機(gear shaper of pinion type cutter)。

近一二十年來，由於航空、汽車、電機、兵工和其他機械製造工業的高度發展，凡諸工業所需用的數量相當可觀的特殊形式或一般形式的配件，若用一般常用的鉋銑銹鉗(broaching)的工作方法，則非但加工時間長、成本高，而且所得產品的形式和精度甚難完全一致。自齒輪式插齒機在五十年前發明後，歷經相當時間的改進，工程師們發現其非但能擔任齒輪尤其是小型內齒輪（這是非其他鉋鉋齒輪機械所能勝任的工作）的鉋齒工作，而且又可擔任許多特殊形式的大量產品的造形工作（小量工作物除齒輪外，用插齒機是不甚經濟的），因此，近年來，前述各種工業所用的大量性精細配件，幾皆用齒輪式插齒機作為其造形手段。這種造形方式為機械製造界開一新紀元，一時乃有插齒機愈多，大量生產性工業亦愈發達之謂；細加推考，此語不無發人猛省之處。幾十年來，我國工業內受反動政治之摧殘，外受帝國主義之壓迫，大量生產性機械製造工業迄無發展餘地，試觀國內插齒機之少，即可得一明證。而此少數插齒機中極大多數僅從事小量的或一二個齒輪的鉋削工作。就插齒機的作用言，這是不經濟的；就插齒機的性能言，這是低落的；因為在今日時代裏，齒輪式插齒機已成為一種萬能性的工具機，對於工作物的內外體形的加工，可以在一機上同時完成多種機器如鉋銑銹鉗所能完成的工作。

建立大量生產性的機械製造工業是人民中國的基本建設的基礎，此一時期現已來臨了，我們將大量地應用小齒輪式插

齒機亦是必然的事情。爲此，作者特編作此書，就插齒機所能擔任的工作，收集其典型資料，加以必要的圖說，俾供從事插齒機的工作人員與大量生產性配件的設計人員作參考之用，藉利工作。

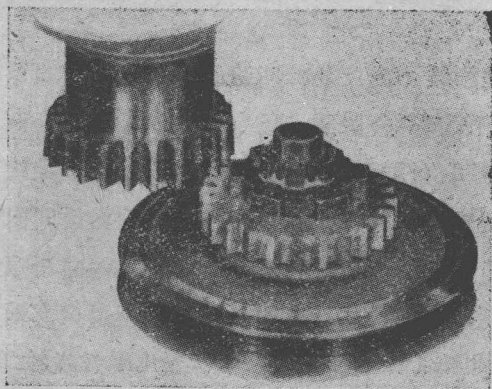
2. 鉋齒原理 爲使易於明瞭齒輪式插齒機的鉋齒原理起見，特作如下的舉例：假設一已完成的齒輪具有正確形式的輪齒，與一相同直徑的軟質輪胚在同速度條件下互相滾轉，結果是使此一軟質的輪胚變成與齒輪相同的齒數與齒形。其原因乃爲當齒輪的輪齒與輪胚滾轉接觸時，輪齒面腹之曲線隨接隨離輪胚，因而乃將軟質的輪胚逐漸滾出與齒輪相同的輪齒形狀，有如第 1-1 圖所示者。事實上凡稱爲齒輪者，其材料



第 1-1 圖 鉋齒刀與齒輪胚在互滾時之離合關係

均用硬質的金屬，實無法使已成形的齒輪滾壓進入硬質輪胚內如上所述者，但上述者的是一個良好而有效的造齒法，如能利用而改良之，必成爲有力的造齒機械。因而，五十年前一名番羅斯(E. R. Fellows)的美國人利用此一原理設計成一種鉋齒機械（這是一般傳說，是否由他一人設計成功，已是無法考證，但美國有一稱爲番羅斯鉋齒機公司專製小齒輪式插齒機，

而且本式插齒機亦通稱為番羅斯插齒機，由這點看來番羅斯對於本式插齒機的創造諒有深切的關係)，其運動原理為：將第1-1圖佈置成第1-2圖的裝置，鉋齒刀是一完全成形的齒輪，



第 1-2 圖 小齒輪形鉋齒刀在鉋削正齒輪時之情形

裝在一旋轉軸的下端，該軸有上下往復的運動，其軸心與齒輪胚的軸心保持一定的距離，在每次回上後，二者各作反方向的比率旋轉，旋動些小角度後隨即停止，再令刀具下落，鉋去已移動位置的齒輪胚。由於二者在旋轉時保持一定的比率，有如一對齒輪在嚙合時之狀態，因而在互滾的動作中鉋削出與刀齒相同形式的曲線，但其相同程度是隨齒數比而定的，故刀齒曲線在事實上有時是與輪齒有較大的相差。

在起初開始鉋削時，刀與輪胚均不旋轉，僅有刀作上下往復的鉋削，但每次上下鉋削，必令二者軸心接近少許，直至已至一定中心距為止，然後開始間歇性的旋轉。第 1-1 圖的連續

性刀齒輪廓，即是刀與輪胚在歇間旋轉後每次上下鉋削位置變異的動路，由這些連續的動路亦可領會和瞭解鉋齒刀所以能鉋出輪齒曲線的原因，而此項曲線又是漸伸線形的。

3. 小齒輪式插齒機之特點 本式插齒機有一每一齒距的鉋齒刀不問其本身齒數爲若何，是可以鉋削同一齒距任何齒數的齒輪的特點。

本式插齒機亦有如滾齒機的一樣，欲有精確的產品，必須依靠下列三個條件：甲．機器本身之精確性，乙．鉋齒刀的精確性，及丙．小心裝置齒輪胚和鉋齒刀。此外，各種變速齒輪、指數蝸齒輪及鉋齒刀，如有些微偏心或等分上的誤差，亦將影響及產品的精確性，首先受其影響者是輪齒的曲線和齒的等分度。因此，鉋齒刀與其主軸軸心的同心關係在插齒機上是一重要的關鍵。若鉋齒刀存有偏心 and 不等分的誤差，如輪胚齒數與刀具者相同，則完成後的齒輪，其誤差是完全與鉋齒刀相同的；若二者齒數並不相同，完成後之齒輪的最初與最後二齒間的齒槽將有特多的誤差。如此部位性的不等分誤差是總加在和表顯在偏心誤差上面的。因此，如與滾削造齒法相比，本式的產品精確性首先是依靠鉋齒刀的精確性。關於前述的機器條件，諸如剛性、排列準線關係、因齒輪系空隙而致損失的運動等等，則是與滾齒機的誤差極相近似的。

刀具撞桿 (ram) 在回程時是自動與工作物軸心分離，以免刀口與工作物齒面因回程時仍行接觸而致磨鈍和受傷。

本式插齒機對於內外正齒輪和內外螺旋齒輪在工作上是一樣的方便。同樣地，對於非齒輪的其他工作物體的形式鉋削工作，亦是一樣的方便。當然，形式愈複雜需要特種輔助動作之處亦愈多。

4. 鉋削速度 下表是宜於不同材料的鉋刀的上下運動速度，其所列數字是以一吋厚的工作物作為基礎，每增厚一吋應降低速度 10%，如五吋厚之工作物，其速度應降低 50%。

材 料		速 度 (呎每分鐘)	附 註
生	鐵	60	普通灰鐵鑄件
低	炭 鋼	90	含炭 0.15 至 0.20%
高	炭 鋼	65	含炭 0.50%，錳 1.15%，鉻 0.55%
工	具 鋼	70	含炭 0.9-1.0%，錳 25%
鉻	鎳 鋼	50	S. A. E. # 3250
軟	銅	100	
磷	銅	50	
鋁		200	用煤油作加工劑

二 鉋齒刀概要

1. 主要條件 小齒輪式插齒機由於尺寸上之限制，除特製者可鉋削較大尺寸的工作物外，一般插齒機僅可容納 7 吋至 16 吋左右直徑的工作物，因之鉋齒刀之尺寸亦受限制，其齒距直徑常在 3 至 4 吋之間，3 吋者尤是最常用的尺寸。當然，如此小徑的鉋齒刀是有相當困難的。譬如遇到頗大的齒距時，

刀具因直徑太小而致刀齒的曲線必須伸入基圈之內，因而不能獲得完全漸伸線形的輪齒；爲補救此一缺點，常將基圈以內的齒腹作成近似輻射方向的直線形式，但此一改變將使工作物輪齒的頭部削尖，亦不是一個良好的辦法。再者，小直徑的刀具將使工作物輪齒有一高的底圓角，因此用本式鉋齒法所得的輪齒底部的間隙常較用其他方法所得者爲大。但以上諸種限制條件，對於 20 度壓力角的短體制輪齒 (stub-tooth system) 非但毫無困難，而且用本方法所得的輪齒是遠較用其他鉋齒法者爲佳。因此在事實上本式鉋齒法是最宜於 20 度壓力角短體齒的工作物。

2. 刀齒之高度 爲求瞭解以上所說的缺點起見，我們先注意齒條與在基圈下有輻射形齒腹的齒輪式鉋齒刀在共軛時之情況，輻射形齒腹之形狀見第 1-3 圖，從之而見及該齒條根部的圓角形式和尖頭部份的變形。

參見第 1-4 圖，並令

E = 鉋齒刀之外徑

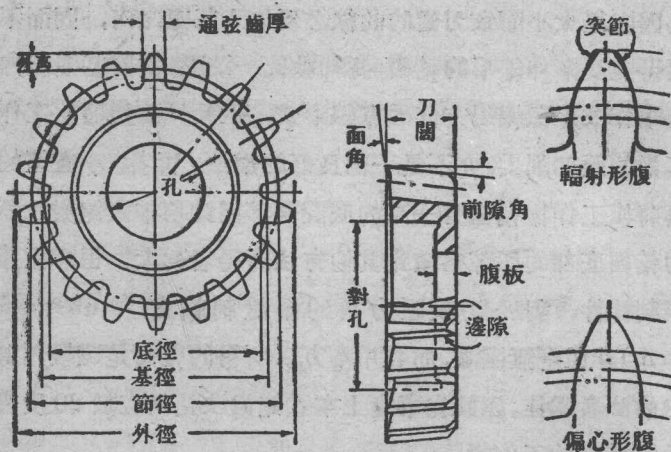
R = 齒距直徑 (節徑)

ϵ = 刀之旋轉角度

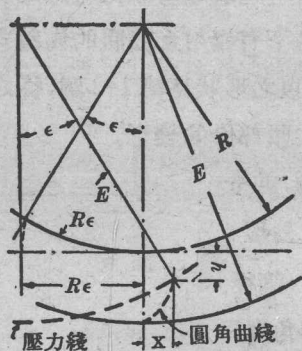
下列公式所求得者是用鉋齒刀之齒刀所展開的齒條根部圓角：

$$x = E \sin \epsilon - R\epsilon \quad (1-1)$$

$$y = R - E \cos \epsilon \quad (1-2)$$



第 1-3 圖 鉋齒刀之各部份名稱



第 1-4 圖 用鉋齒刀所展開之齒條根部圓角

此一曲線是與擺綫 (cycloid) 發生關係的，若描線點是在於齒距圈 (節圈) 上，則此綫即是一擺綫。用下列公式可求得該曲線的切綫：

$$\tan \phi = \frac{dy}{dx} = \frac{E \sin \epsilon}{E \cos \epsilon - R} = \frac{E \sin \epsilon}{-y} \quad (1-3)$$

如 x' 及 y' 是用作壓力線的座標時，則壓力線的公式將為

$$x' = -y \tan \phi = E \sin \epsilon \quad (1-4)$$

$$y' = y \quad (1-5)$$

在本例情形內之壓力線是鉋齒刀的外圈。圓角的切線交叉在齒距線者是與 X 軸心成垂直的。理論上的接觸點應由此點自圓角的外面移至內面，或換言之，在圓角表面的共軛動作在齒距線上者是與一內齒輪的動作情況相同的。雖然，就理論而言，圓角部份亦是擔任共軛動作的，但在實際上那是非常困難的。

現在我人再轉而注意及由輻射形齒腹的鉋齒刀所產生的齒形。它是一擺線形的齒形，其滾動圈直徑是等於刀具齒距直徑（節徑）的一半，由之而得的共軛齒條的齒尖部份的曲線可用下列公式求得之：

$$x = \frac{R}{2} (2\epsilon - \sin 2\epsilon) \quad (1-6)$$

$$y = \frac{R}{2} (1 - \cos 2\epsilon) \quad (1-7)$$

$$\tan \phi = \frac{dy}{dx} = \frac{\sin 2\epsilon}{1 - \cos 2\epsilon} \quad (1-8)$$

如求壓力線，則可用下列公式

$$x' = -y \tan \phi = \frac{R}{2} \sin 2\epsilon \quad (1-9)$$

$$y' = y \quad (1-10)$$

此一壓力線亦是用於一擺線的，有如以前所見的，它是滾轉圈的輪廓。

如以額定的尺寸作為例子，令刀具的齒距直徑(節距)為 3 吋，4 D.P., 12 個刀齒，20 度壓力角，定出與其發生共軛的基齒條的齒形及壓力線，應用以前公式得出如下的數值：

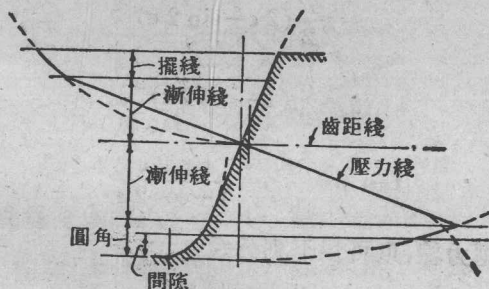
$$\text{外半徑} = E = 1.8125 \text{ 吋}$$

$$\text{齒距半徑} = R = 1.5000 \text{ 吋}$$

$$\text{壓力角} = \alpha = 20 \text{ 度}$$

$$\text{基圈半徑} = a = 1.4095 \text{ 吋}$$

基齒條齒形的一部份與鉋齒刀的漸伸線部份啮合時，是 20 度角的直線，以刀具的中心線作角的一邊線。根部的圓角與頂部的擺線是在切線均與此二曲線成 20 度角時開始，亦以刀具中心線作為其邊線。第 1-5 圖是以上舉例所得的基齒條齒形的各部份名稱和位置。如使一個齒條能互換並適合於同



第 1-5 圖 用鉋齒刀製成的基齒條齒形

一齒距但不同齒數的齒輪，則其在齒距點上的壓力線必須是對稱的，但在本情形中的壓力線則是不對稱的，其原因乃是根部圓角剩留有較多的體料，而在頂部者則較少，故當在嚙合運轉時，一對齒輪的頂根二部份是發生阻涉的。所以促成如此阻涉的原因，乃是由於工作物的齒距大於鉋齒機所能從事者。如改為 $14\frac{1}{2}$ 度壓力角，在根部的圓角與頂部的尖頭（擺線形的）將佔輪齒大部份的輪廓，在運轉時，將有更多的阻涉。

既已明瞭以上諸種情形後，自可決定受鉋齒刀鉋削的齒輪的根部圓角高度，此一高度是以鉋齒刀與工作物二者的齒距直徑作為其計算根源，公式如下：

$$S = \sqrt{a_2^2 + [C \sin \alpha - \sqrt{E_1^2 - a_1^2}]^2} \quad (1-11)$$

公式中之 S = 與鉋齒刀嚙合時之齒輪的圓角的半徑，

a_1 = 鉋齒刀之基圈半徑，

a_2 = 齒輪之基圈半徑，

C = 中心距，

E_1 = 齒輪之外半徑，

α = 壓力角，

H = 齒輪之根圈半徑，

圓角之高度 = $S - H$ 。

假定：鉋齒刀的齒距直徑為 3 吋，6 D. P., 20 度壓力角，全深制；齒輪的齒距直徑為 6 吋，求其圓角之高度，用上述公式所得之結果：