

科學圖書大庫

碳化鎢及金屬切削刀具手冊

選擇與應用

譯者 高 鄂

徐氏基金會出版

金屬切削刀具的選擇與應用

卡布洛系統的顧客應用發展中心 (C.A.D.C.)，是全世界最好的碳化鎢應用實驗室，全心發展科學地精確加工資料。本中心，配備了數值控制式及傳統式的加工刀具，由專門的金屬切削工程師及技師主持。本中心的主要目的在增進碳化鎢刀具設計和應用的效率——同時幫助碳化鎢使用者解決特殊的加工難題。

本中心的活動集中在加工物料的工藝，刀具材料及機器作業條件等等的研究。為強化本中心的能力，現場裝有電腦終端機，可立即與奇異 (GE) 的分時電腦系統接往捷登 (GETURN) 電腦獲得協助計畫，及卡布洛本身的電腦化加工能力計畫。要儘量充實刀具，使本中心成為試驗刀具形狀與碳化鎢材質開發的理想園地，和在推往市場以前的新產品作研究試驗。

本中心的另一個功能在提供工業界的碳化鎢使用者最易瞭解的教育計畫，在這個獨一無二的計畫下有 11,000 多位專業的刀具及製造工程師自本中心結業。

簡介

本手冊為專業的金屬切削所準備。只要可能的話，卡布洛系統對選擇與應用碳化鎢刀具所發生的複雜難題提出精確的解答。另外，建議最佳的傳統作業方法，深信我們所提供的必是最有助益及實用的指引。

很多資料和大部份的刀具概念都是由卡布洛系統的顧客應用發展中心所匯集或研究得來的。在本手冊的每一頁都有許多碳化鎢使用者所提供的意見，未能一一述明，謹致由衷的謝誠。

謹誠摯地盼望本手冊，配合卡布洛系統的產品及服務，幫助大家到達共同的目標：增進金屬切削的生產力。

目 錄

第一章	建立作業的條件及刀具壽命·····	1
第二章	選用刀片固定形式，刀片及內孔刀柄·····	16
第三章	刀具壽命和刀片損壞的分析·····	72
第四章	切屑控制·····	86
第五章	表面光度·····	99
第六章	車牙，切槽和切斷·····	102
第七章	焊接與研磨·····	110
第八章	補充資料·····	116

第一章 建立作業的條件及刀具壽命

加工業的專業化就是在這個行業裡創造利潤。任何一種加工作業裡有關創造利潤的事，沒有比建立作業的條件（即切削深度，進刀率，及表面速度）更有意義的了。因為唯有作業條件控制着刀具壽命和金屬切削率。

當改變正常的作業條件來增加金屬切削率時，刀具的壽命通常會減短，在減少金屬切削率時，刀具的壽命常常會延長。很明顯地看出，任何金屬切削作業的基本問題是：在特定作業中最佳的切削率與刀具壽命配合是什麼？如何達成這個配合？提出這個疑問比如何去解答要容易多了，因為答案包含（同時要分析）下列諸項：多元的機器負荷率，生產率，刀具成本，機器條件，工作物的形狀，夾具，工作物材料，刀具材質，及更換刀具時間等等。

由於這個難題是多元的，沒有唯一的作業條件存在，倒是可以有效地證明有某一範圍的金屬切削率，那要看機器的負荷率，工作物材料和刀具成本來決定。卡布洛系統稱這個範圍為高效率加工境界，或是HI-E境界。

高效率境界

如何決定某一特定作業的高效率加工境界，及如何定下有效的進刀、速度及切削深度，求得金屬切削率與刀具壽命的配合，正好在高效率加工境界，是本章的主題。另外，在本章的結尾有着簡單實用的圖表，那是由電腦算出的精確資料所作成。為了特定作業訂下的寬領域的高效率加工境界。

進刀，速度及切削深度如何影響金屬切削率

只要將進刀率，表面速度，或切削深度增加時，金屬切削率也相對提高。降低其中任何一個作業條件，金屬切削率也會降低。進一步來說，作業條件的改良與金屬切削率成正比，如：將進刀、速度或切削速度改變10%時，金屬切削率每分鐘的立方吋 (in^3/min) 數也改變10%。

金屬切削率如何影響刀具壽命

通常，增加金屬切削率時，在切削邊所產生的摩擦和熱會造成刀具壽命的減短。相反地，減低金屬切削率常會延長刀具壽命。可是改變這三個作業條件對刀具的壽命的影響並不一致。

進刀率，表面速度及切削深度等任一項的改變，對刀具的壽命有不同程度的影響。實際上，這種差異才是設定“可有效證明的作業條件”的主要決定因素。所以對於進刀率，表面速度，及切削深度的改變所引起刀具壽命的變化，一定要透澈地了解。

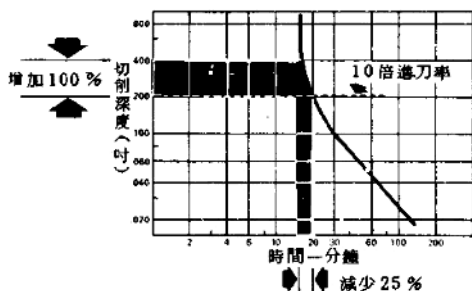


圖 1-1 切削深度的增加

圖：1-1，1-2，及1-3，顯示三個作業條件與刀具壽命的典型關係，請注意，通常刀具壽命因進刀率或切削深度的改變所受的影響，小於因表面速度改變所受的影響。由於這個事實，卡布洛系統建議：要獲得高效率的境界，永遠要選擇機器，刀具，或加工物料所能承受

的最高進刀率及最大切削深度。這是所有影響金屬切削作業成本的基本原則。

以下幾幅圖表說明這個原則的重要性。

刀具壽命與切削深度

圖1-1表示刀具壽命與切削深度的典型關係。注意，假設開始的切削深度是進刀率的10倍，再增加切削深度時，對刀具壽命僅有輕微的影響。

事實上，切削深度超過進刀率10倍時，刀具壽命的曲線幾乎是垂直的，在所舉例子中，切削深度增加100%而刀具壽命僅減少25%；在切削深度低於10倍的進刀率時，刀具壽命曲線並不很垂直，顯示在這一範圍的切削深度改變對於刀具壽命有較大的衝擊。由於事實上較淺的切削深度，使得所產生的熱大半集中在刀片的銳口弧，而銳口弧部位的碳化鎢太小，不足以散熱。因為這種刀具壽命與切削深度的“無彈性”關係，所以就切削每一立方吋金屬的成本來看，最大的切削深度才是有效率的舉動，其理至明。

刀具壽命與進刀率

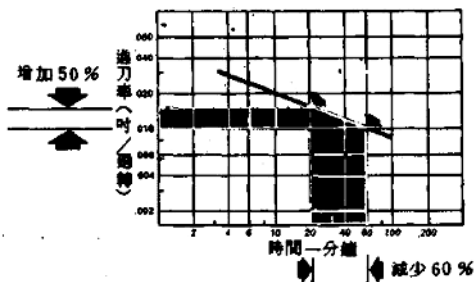


圖1-2 進刀率的增加

在圖 1-2 裡表示刀具壽命與進刀率的關係。與圖 1-1 相比較，刀具壽命的曲線要平緩多了，這顯示進刀率比切削深度更影響刀具壽命。在例圖中可看到進刀率比原先的增加 50% 時，刀具壽命會減少約 60%

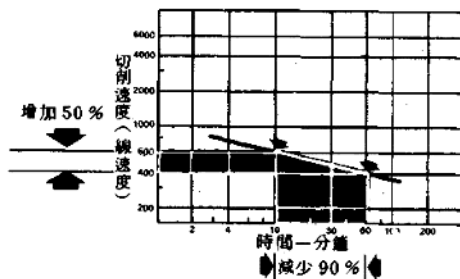


圖 1-3 表面速度的增加

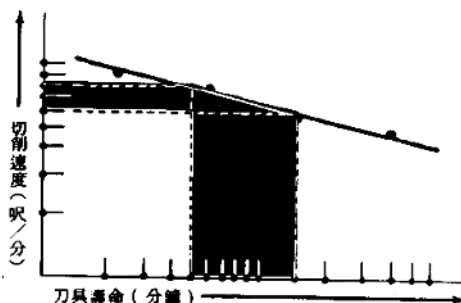


圖 1-4 典型刀具壽命線圖

，當然，實際的數字要看加工物的材料來決定。就切削每立方吋金屬的成本觀點來說，增加進刀率比增加切削深度的成本高些；還有上面的顯示，提高表面速度的成本也很高。因此，增加進刀率，如同增加切削深度，是判斷影響成本的活動，同時要用最大的進刀率以求得最低廉的每

立方吋金屬切削成本。

刀具壽命與表面速度

在圖 1—3 中可以看出切削速度在這三個基本作業條件中是最明顯地影響刀具壽命的。切削速度增加 50% 時常使得刀具壽命減短大約 90%，因此，切削速度必須小心決定，倘生產量與有效成本的比例要是樂觀的話。

作業條件經驗談：

- 選擇最大可能的切削深度。
- 選擇最高可能的進刀率。
- 選擇表面速度，使得刀具壽命在高效率的境界裡。

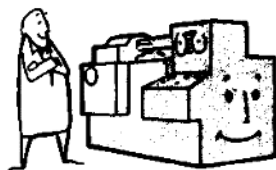
上述這幾條規則的一般限制是進刀量與切削深度所能負荷的實際限度。

通常，工作物的強度限制了進刀率與切削深度。如果工作物是脆的，邊壁薄的，或是橫截面很小的，或是由一種薄弱的材料所組成的，在較高的進刀率或較大的切削深度所增加的力量使得工作物某一部份扭曲，以致想保持加工尺寸在所要求的公差內成為不可能。如果機器的刀具動力不足或是夾具薄弱時，也使得某部份的生產有了困難。在發生顫動或變形的時候，須要依次將進刀率或切削深度降低到理論的最大限度以下。

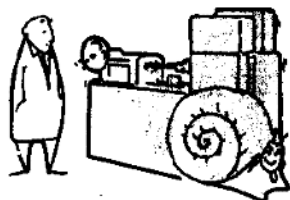
當然進刀率永遠受工作物表面光度的限制，進刀率配上刀片的銳口弧，有時加上刀具的頂端角，才是達到表面光度要求的主要控制因素。如果最大的銳口弧跟工作物的輪廓相順應時，進刀率仍然被平滑的表面光度要求所限制。（見第 5 章——表面精度）。

雖然設定作業條件的重要性就刀具壽命，生產量及獲利能力等綜合效果來說是非常要緊的，還要盡可能地擴大；同時也要參照過去的經驗。

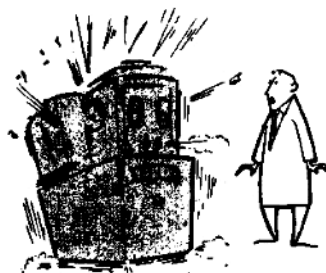
要決定一個可以有效證明地表面速度是很困難的工作，真是太不幸了，因為大多數的工作物材料，並沒有所謂單一的“最佳”切削速度。



■ 1-5 高效率加工



■ 1-6 太慢

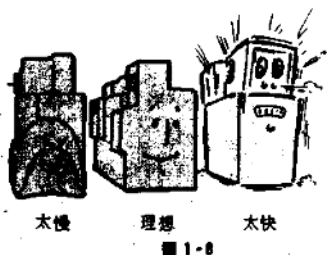


■ 1-7 太快

事實上極大多數的工作物材料都能在一個很寬的切削速度範圍裡很成功地切削着。設定切削速度的困難不僅是“適當地切削”；更是刀具壽命的問題。這是由於表面速度的微小變動使得刀具壽命發生很大的變化（看圖1-4）。事實上，由於表面速度的變化給刀具壽命如此大的影響，致這同樣的變化對整個切削作業的成本有深遠地影響。

選擇切削速度的高效率方法

高效率方法是在任何一種製造費率下的任何一所工廠中的任何一台機器所實地設定的可行的狹窄切削速度範圍，使得作業有樂觀的獲利能力。



要澈底瞭解高效率方法就是有這種觀念：每一作業的切削速度（表面速度）可以有效地證明或許“太慢”或許“太快”。

所選的切削速度“太慢”是因為作業所生產的產品不足以超過這部機器的製造費率總成本。在這種情況的機器作業所生產的產品成本高於每件產品的可能最低成本。

“太慢”的作業會嘗到非常長的刀具壽命。可是長的刀具壽命本身及它對整個工廠的所有作業來說並不划算的，因為正確的計算是每件加工產品的總成本，並不僅是消耗的刀具成本而已。

就另一方面來說，如果因為頻頻換刀而“耽誤”作業時，那可以判斷所選的切削速度是“太快”了。

機器作業“太快”時實際生產少於可能的最大生產率。一個簡單的

試驗可以分辨所選擇的切削速度是否“太快”……即將速度降低，在一定時間的生產件數確實增加時，那麼原有的較高速度是“太快”了。

明顯地看出在“太快”與“太慢”之間的切削速度所獲得的刀具壽命是著眼在每件加工品的最低總成本與作業的最大產量之間，這是可以有效地證明了。在這個範圍的刀具壽命，以分鐘計算，稱為“高效率加工境界”。

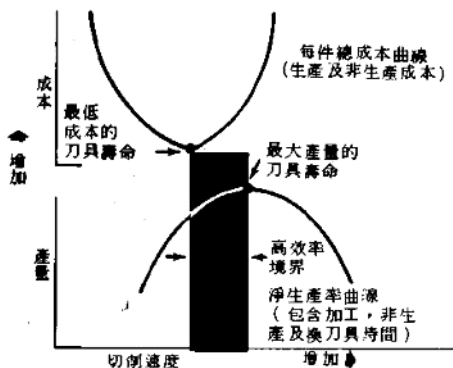


圖 1-9 高效率境界在最低可能的成本與最大可能生產率之間的切削速度

典型的高效率曲線

圖 1-9 顯示切削速度增加的結果，在“太慢”階段逐漸增加切削速度可以減低每件產品的總成本，直到最低成本的那一點，超過最低成本點再繼續增加速度，則成本與產量同時增加，直到最大產量那一點，再增高切削速度時，實際產量要減少，因為刀具壽命縮短，使得刀具頻頻更換。

下列的表是依據最低成本與最大產量兩點之間提供您容易決定的所需要刀具壽命分鐘數。高效率境界即刀具壽命應在這兩點之間。如果刀具壽命超出這個境界，跟高效率加工方法的結果相比，就是無效率，浪費，無利潤的。

請按照下列順序：

1. 決定作業中換刀具時間（換刀具時間是需要換刀片所耽擱總時間的平均數），如果有需要，包括量尺寸及調整時間。卡希洛系統準備的表按換刀具時間分別為1，2，3，4，5，及10分鐘，請按您的作業選用最適合的表。
2. 表上有最大產量所容許的刀具壽命分鐘數。實地作業的刀具壽命不可以短於這個（時間）。如果是的話，降低切削速度，直到刀具壽命至少等於這個時間。
3. 每加工一件最低成本的容許刀具壽命分鐘數，要參攷每一切削邊成本及每小時的製造費率。不許刀具壽命長過這個時間。如果是的話，要增加切削速度，直到刀具壽命小於或等於這個時間。開始新的作業時，只要利用卡布洛系統材質選擇及作業條件表（第2章A—表1—12），採用開始表面速度欄的數字，這個速度比加工作業的正常最高表面速度低20%。在作業進行中可按照需要調整切削速度。

高效率刀具壽命需求表為幫助刀具工程師便於決定划算的金屬切削作業。（如果在預測的立場上）要將所需刀具壽命精確地換算為表面切削速度的選擇時是很複雜的，必需要借助電腦的模擬試驗。如要預測刀具壽命，請連續卡布洛系統—顧客應用發展中心，或奇異分時電腦系統，請參攷小手冊：卡布洛系統電腦化加工能力計畫手冊GT 2—265。

加工作業所需的刀具壽命

1

總換刀時間

最大生產量的刀具壽命

3.5

分鐘		最低成本的刀具壽命分數										分鐘	
每邊的刀具成本 (美元)		10	20	30	40	50	60	70	80	90			
\$	.10	5.6	4.6	4.2	4.0	3.9	3.8	3.8	3.8	3.7			
	.20	7.7	5.6	4.9	4.6	4.3	4.2	4.1	4.0	4.0			
	.30	9.9	6.7	5.6	5.1	4.8	4.6	4.4	4.3	4.2			
	.40	12.0	7.7	6.3	5.6	5.2	4.9	4.7	4.6	4.4			
	.50	14.1	8.8	7.0	6.2	5.6	5.3	5.0	4.8	4.7			
	.60	16.3	9.9	7.7	6.7	6.0	5.6	5.3	5.1	4.9			
	.70	18.4	10.9	8.5	7.2	6.5	6.0	5.6	5.4	5.1			
	.80	20.5	12.0	9.2	7.7	6.9	6.3	5.9	5.6	5.4			
	.90	22.6	13.1	9.9	8.3	7.3	6.7	6.2	5.9	5.6			
	1.00	24.8	14.1	10.6	8.8	7.7	7.0	6.5	6.2	5.9			
	1.10	26.9	15.2	11.3	9.3	8.2	7.4	6.8	6.4	6.1			
	1.20	29.0	16.3	12.0	9.9	8.6	7.7	7.1	6.7	6.3			
	1.30	31.1	17.3	12.7	10.4	9.0	8.1	7.4	7.0	6.6			
	1.40	33.3	18.4	13.4	10.9	9.5	8.5	7.7	7.2	6.8			
	1.50	35.4	19.4	14.1	11.5	9.9	8.8	8.1	7.5	7.0			
	1.60	37.5	20.5	14.8	12.0	10.3	9.2	8.4	7.7	7.3			
	1.70	39.7	21.6	15.5	12.5	10.7	9.5	8.7	8.0	7.5			
	1.80	41.8	22.6	16.3	13.1	11.2	9.9	9.0	8.3	7.7			
	1.90	43.9	23.7	17.0	13.6	11.6	10.2	9.3	8.5	8.0			
	1.00	46.0	24.8	17.7	14.1	12.0	10.6	9.6	8.8	8.2			
每小時製造費率 (美元)		10	20	30	40	50	60	70	80	90			

2		加工作業所需的刀具壽命										7	
總換刀具時間		最大生產量的刀具壽命										分鐘	
分鐘		最低成本的刀具壽命分鐘數										分鐘	
每邊的刀具成本 (美元)		最低成本的刀具壽命分鐘數										分鐘	
1.00	10	9.2	8.1	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	
1.20	20	11.3	9.2	8.5	8.1	7.9	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	
1.40	30	13.4	10.2	9.2	8.6	8.3	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	7.7	
1.60	40	15.5	11.3	9.9	9.2	8.7	8.5	8.3	8.3	8.3	8.3	8.0	
1.80	50	17.7	12.4	10.6	9.7	9.2	8.8	8.6	8.6	8.6	8.6	8.2	
2.00	60	19.8	13.4	11.3	10.2	9.6	9.2	8.9	8.9	8.9	8.9	8.5	
2.20	70	21.9	14.5	12.0	10.8	10.0	9.5	9.2	9.2	9.2	9.2	8.7	
2.40	80	24.1	15.5	12.7	11.3	10.4	9.9	9.5	9.5	9.5	9.5	8.9	
2.60	90	26.2	16.6	13.4	11.8	10.9	10.2	9.8	9.8	9.8	9.8	9.2	
2.80	100	28.3	17.7	14.1	12.4	11.3	10.6	10.1	10.1	10.1	10.1	9.4	
3.00	110	30.4	18.7	14.8	12.9	11.7	10.9	10.4	10.4	10.4	10.4	9.6	
3.20	120	32.6	19.8	15.5	13.4	12.1	11.3	10.7	10.7	10.7	10.7	9.9	
3.40	130	34.7	20.9	16.3	14.0	12.6	11.6	11.0	11.0	11.0	11.0	10.1	
3.60	140	36.8	21.9	17.0	14.5	13.0	12.0	11.3	11.3	11.3	11.3	10.3	
3.80	150	38.9	23.0	17.7	15.0	13.4	12.4	11.6	11.6	11.6	11.6	10.6	
4.00	160	41.1	24.1	18.4	15.5	13.8	12.7	11.9	11.9	11.9	11.9	10.8	
4.20	170	43.2	25.1	19.1	16.1	14.3	13.1	12.2	12.2	12.2	12.2	11.1	
4.40	180	45.3	26.2	19.8	16.6	14.7	13.4	12.5	12.5	12.5	12.5	11.3	
4.60	190	47.5	27.2	20.5	17.1	15.1	13.8	12.8	12.8	12.8	12.8	11.5	
4.80	200	49.6	28.3	21.2	17.7	15.5	14.1	13.1	13.1	13.1	13.1	11.8	
5.00	210	51.7	29.4	21.9	18.2	15.9	14.4	13.4	13.4	13.4	13.4	12.1	
5.20	220	53.8	30.4	22.6	18.7	16.3	14.8	13.8	13.8	13.8	13.8	12.4	
5.40	230	55.9	31.5	23.3	19.2	16.7	15.2	14.2	14.2	14.2	14.2	12.7	
5.60	240	58.0	32.6	24.0	19.7	17.1	15.7	14.7	14.7	14.7	14.7	13.0	
5.80	250	60.1	33.7	24.7	20.2	17.5	16.1	15.1	15.1	15.1	15.1	13.3	
6.00	260	62.2	34.8	25.4	20.7	17.9	16.6	15.6	15.6	15.6	15.6	13.6	
6.20	270	64.3	35.9	26.1	21.2	18.3	17.1	16.1	16.1	16.1	16.1	13.9	
6.40	280	66.4	37.0	26.8	21.7	18.7	17.6	16.6	16.6	16.6	16.6	14.2	
6.60	290	68.5	38.1	27.5	22.2	19.1	18.1	17.1	17.1	17.1	17.1	14.5	
6.80	300	70.6	39.2	28.2	22.7	19.5	18.6	17.6	17.6	17.6	17.6	14.8	
7.00	310	72.7	40.3	28.9	23.2	20.0	19.1	18.1	18.1	18.1	18.1	15.1	
7.20	320	74.8	41.4	29.6	23.7	20.4	19.6	18.6	18.6	18.6	18.6	15.4	
7.40	330	76.9	42.5	30.3	24.2	20.8	20.1	19.1	19.1	19.1	19.1	15.7	
7.60	340	79.0	43.6	31.0	24.7	21.2	20.6	19.6	19.6	19.6	19.6	16.0	
7.80	350	81.1	44.7	31.7	25.2	21.6	21.1	20.1	20.1	20.1	20.1	16.3	
8.00	360	83.2	45.8	32.4	25.7	22.0	21.6	20.6	20.6	20.6	20.6	16.6	
8.20	370	85.3	46.9	33.1	26.2	22.4	22.1	21.1	21.1	21.1	21.1	16.9	
8.40	380	87.4	48.0	33.8	26.7	22.8	22.6	21.6	21.6	21.6	21.6	17.2	
8.60	390	89.5	49.1	34.5	27.2	23.2	23.1	22.1	22.1	22.1	22.1	17.5	
8.80	400	91.6	50.2	35.2	27.7	23.6	23.6	22.6	22.6	22.6	22.6	17.8	
9.00	410	93.7	51.3	35.9	28.2	24.0	24.1	23.1	23.1	23.1	23.1	18.1	
9.20	420	95.8	52.4	36.6	28.7	24.4	24.6	23.6	23.6	23.6	23.6	18.4	
9.40	430	97.9	53.5	37.3	29.2	24.8	25.1	24.6	24.6	24.6	24.6	18.7	
9.60	440	100.0	54.6	38.0	29.7	25.2	25.6	24.6	24.6	24.6	24.6	19.0	
9.80	450	102.1	55.7	38.7	30.2	25.6	26.1	25.6	25.6	25.6	25.6	19.3	
10.00	460	104.2	56.8	39.4	30.7	26.0	26.6	25.6	25.6	25.6	25.6	19.6	
10.20	470	106.3	57.9	40.1	31.2	26.4	27.1	26.6	26.6	26.6	26.6	19.9	
10.40	480	108.4	59.0	40.8	31.7	26.8	27.6	26.6	26.6	26.6	26.6	20.2	
10.60	490	110.5	60.1	41.5	32.2	27.2	28.1	27.6	27.6	27.6	27.6	20.5	
10.80	500	112.6	61.2	42.2	32.7	27.6	28.6	28.1	28.1	28.1	28.1	20.8	
11.00	510	114.7	62.3	42.9	33.2	28.0	29.1	28.6	28.6	28.6	28.6	21.1	
11.20	520	116.8	63.4	43.6	33.7	28.4	29.6	29.1	29.1	29.1	29.1	21.4	
11.40	530	118.9	64.5	44.3	34.2	28.8	30.1	29.6	29.6	29.6	29.6	21.7	
11.60	540	121.0	65.6	45.0	34.7	29.2	30.6	30.1	30.1	30.1	30.1	22.0	
11.80	550	123.1	66.7	45.7	35.2	29.6	31.1	30.6	30.6	30.6	30.6	22.3	
12.00	560	125.2	67.8	46.4	35.7	30.0	31.6	31.1	31.1	31.1	31.1	22.6	
12.20	570	127.3	68.9	47.1	36.2	30.4	32.1	31.6	31.6	31.6	31.6	22.9	
12.40	580	129.4	70.0	47.8	36.7	30.8	32.6	32.1	32.1	32.1	32.1	23.2	
12.60	590	131.5	71.1	48.5	37.2	31.2	33.1	32.6	32.6	32.6	32.6	23.5	
12.80	600	133.6	72.2	49.2	37.7	31.6	33.6	33.1	33.1	33.1	33.1	23.8	
13.00	610	135.7	73.3	49.9	38.2	32.0	34.1	33.6	33.6	33.6	33.6	24.1	
13.20	620	137.8	74.4	50.6	38.7	32.4	34.6	34.1	34.1	34.1	34.1	24.4	
13.40	630	139.9	75.5	51.3	39.2	32.8	35.1	34.6	34.6	34.6	34.6	24.7	
13.60	640	142.0	76.6	52.0	39.7	33.2	35.6	35.1	35.1	35.1	35.1	25.0	
13.80	650	144.1	77.7	52.7	40.2	33.6	36.1	35.6	35.6	35.6	35.6	25.3	
14.00	660	146.2	78.8	53.4	40.7	34.0	36.6	36.1	36.1	36.1	36.1	25.6	
14.20	670	148.3	79.9	54.1	41.2	34.4	37.1	36.6	36.6	36.6	36.6	25.9	
14.40	680	150.4	81.0	54.8	41.7	34.8	37.6	37.1	37.1	37.1	37.1	26.2	
14.60	690	152.5	82.1	55.5	42.2	35.2	38.1	37.6	37.6	37.6	37.6	26.5	
14.80	700	154.6	83.2	56.2	42.7	35.6	38.6	38.1	38.1	38.1	38.1	26.8	
15.00	710	156.7	84.3	56.9	43.2	36.0	39.1	38.6	38.6	38.6	38.6	27.1	
15.20	720	158.8	85.4	57.6	43.7	36.4	39.6	39.1	39.1	39.1	39.1	27.4	
15.40	730	160.9	86.5	58.3	44.2	36.8	40.1	39.6	39.6	39.6	39.6	27.7	
15.60	740	163.0	87.6	59.0	44.7	37.2	40.6	40.1	40.1	40.1	40.1	28.0	
15.80	750	165.1	88.7	59.7	45.2	37.6	41.1	40.6	40.6	40.6	40.6	28.3	
16.00	760	167.2	89.8	60.4	45.7	38.0	41.6	41.1	41.1	41.1	41.1	28.6	
16.20	770	169.3	90.9	61.1	46.2	38.4	42.1	41.6	41.6	41.6	41.6	28.9	
16.40	780	171.4	92.0	61.8	46.7	38.8	42.6	42.1	42.1	42.1	42.1	29.2	
16.60	790	173.5	93.1	62.5	47.2	39.2	43.1	42.6	42.6	42.6	42.6	29.5	
16.80	800	175.6	94.2	63.2	47.7	39.6	43.6	43.1	43.1	43.1	43.1	29.8	
17.00	810	177.7	95.3	63.9	48.2	40.0	44.1	43.6	43.6	43.6	43.6	30.1	
17.20	820	179.8	96.4	64.6	48.7	40.4	44.6	44.1	44.1	44.1	44.1	30.4	
17.40	830	181.9	97.5	65.3	49.2	40.8	45.1	44.6	44.6	44.6	44.6	30.7	
17.60	840	184.0	98.6	66.0	49.7	41.2	45.6	45.1	45.1	45.1	45.1	31.0	
17.80	850	186.1	99.7	66.7	50.2	41.6	46.1	45.6	45.6	45.6	45.6	31.3	
18.00	860	188.2	100.8	67.4	50.7	42.0	46.6	46.1	46.1	46.1	46.1	31.6	
18.20	870	190.3	101.9	68.1	51.2	42.4	47.1	46.6	46.6	46.6	46.6	31.9	
18.40	880	192.4	103.0	68.8	51.7	42.8	47.6	47.1	47.1	47.1	47.1	32.2	
18.60	890	194.5	104.1	69.5	52.2	43.2	48.1	47.6	47.6	47.6	47.6	32.5	
18.80	900	196.6	105.2	70.2	52.7	43.6	48.6	48.1	48.1	48.1	48.1	32.8	
19.00	910	198.7	106.3	70.9	53.2	44.0	49.1	48.6	48.6	48.6	48.6	33.1	
19.20	920	200.8	107.4	71.6	53.7	44.4	49.6	49.1	49.1	49.1	49.1	33.4	
19.40	930	202.9	108.5	72.3	54.2	44.8	50.1	49.6	49.6	49.6	49.6	33.7	
19.60	940	205.0	109.6	73.0	54.7	45.2	50.6	50.1	50.1	50.1	50.1	34.0	
19.80	950	207.1	110.7	73.7	55.2	45.6	51.1	50.6	50.6	50.6	50.6	34.3	
20.00	960	209.2	111.8	74.4	55.7	46.0	51.6	51.1	51.1	51.1	51.1	34.6	
20.20	970	211.3	1										

3

總換刀時間

最大生產量的刀具壽命

10.5

分鐘

分鐘

每邊的刀具成本
(美元)

最低成本的刀具壽命分鐘數

\$	.10	12.7	11.6	11.3	11.1	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	10.8
.20	14.8	12.7	12.0	11.6	11.4	11.3	11.3	11.2	11.1	11.1	11.1
.30	17.0	13.8	12.7	12.2	11.9	11.6	11.6	11.5	11.4	11.3	11.3
.40	19.1	14.8	13.4	12.7	12.3	12.0	12.0	11.8	11.6	11.5	11.5
.50	21.2	15.9	14.1	13.2	12.7	12.4	12.4	12.1	11.9	11.8	11.8
.60	23.3	17.0	14.8	13.8	13.1	12.7	12.7	12.4	12.2	12.0	12.0
.70	25.5	18.0	15.5	14.3	13.6	13.1	13.1	12.7	12.4	12.2	12.2
.80	27.6	19.1	16.3	14.8	14.0	13.4	13.4	13.0	12.7	12.5	12.5
.90	29.7	20.2	17.0	15.4	14.4	13.8	13.8	13.3	13.0	12.7	12.7
1.00	31.9	21.2	17.7	15.9	14.8	14.1	14.1	13.6	13.2	12.9	12.9
1.10	34.0	22.3	18.4	16.4	15.3	14.5	14.5	13.9	13.5	13.2	13.2
1.20	36.1	23.3	19.1	17.0	15.7	14.8	14.8	14.2	13.8	13.4	13.4
1.30	38.2	24.4	19.8	17.5	16.1	15.2	15.2	14.5	14.0	13.7	13.7
1.40	40.4	25.5	20.5	18.0	16.5	15.5	15.5	14.8	14.3	13.9	13.9
1.50	42.5	26.5	21.2	18.6	17.0	15.9	15.9	15.1	14.6	14.1	14.1
1.60	44.6	27.6	21.9	19.1	17.4	16.3	16.3	15.4	14.8	14.4	14.4
1.70	46.7	28.7	22.6	19.6	17.8	16.6	16.6	15.8	15.1	14.6	14.6
1.80	48.9	29.7	23.3	20.2	18.2	17.0	17.0	16.1	15.4	14.8	14.8
1.90	51.0	30.8	24.1	20.7	18.7	17.3	17.3	16.4	15.6	15.1	15.1
1.00	53.1	31.9	24.8	21.2	19.1	17.7	17.7	16.7	15.9	15.3	15.3

每小時製造費率
(美元)

10

20

30

40

50

60

70

80

90

4		加工作業所需的刀具壽命										14
分級		最大生產量的刀具壽命										分級
每邊的刀具成本 (美元)		最低成本均刀具壽命分級數										
.10	16.3	15.2	14.8	14.7	14.6	14.5	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
.20	18.4	16.3	15.5	15.2	15.0	14.8	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.6
.30	20.5	17.3	16.3	15.7	15.4	15.2	15.0	14.9	14.9	14.9	14.8	14.8
.40	22.6	18.4	17.0	16.3	15.8	15.5	15.3	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1
.50	24.8	19.4	17.7	16.8	16.3	15.9	15.7	15.5	15.5	15.5	15.3	15.3
.60	26.9	20.5	18.4	17.3	16.7	16.3	16.0	15.7	15.7	15.7	15.5	15.5
.70	29.0	21.6	19.1	17.9	17.1	16.6	16.3	16.0	15.7	15.7	15.5	15.5
.80	31.1	22.6	19.8	18.4	17.5	17.0	16.6	16.3	16.0	15.7	15.5	15.5
.90	33.3	23.7	20.5	18.9	18.0	17.3	16.9	16.5	16.3	16.0	15.8	15.8
1.00	35.4	24.8	21.2	19.4	18.4	17.7	17.2	16.8	16.5	16.3	16.0	16.3
1.10	37.5	25.8	21.9	20.0	18.8	18.0	17.5	17.1	16.7	16.5	16.3	16.5
1.20	39.7	26.9	22.6	20.5	19.2	18.4	17.8	17.3	17.0	16.7	16.5	16.7
1.30	41.8	28.0	23.3	21.0	19.7	18.7	18.1	17.6	17.2	16.9	16.6	17.0
1.40	43.9	29.0	24.1	21.6	20.1	19.1	18.4	17.9	17.4	17.1	16.8	17.2
1.50	46.0	30.1	24.8	22.1	20.5	19.4	18.7	18.1	17.7	17.4	17.1	17.4
1.60	48.2	31.1	25.5	22.6	20.9	19.8	19.0	18.4	17.9	17.7	17.4	17.7
1.70	50.3	32.2	26.2	23.2	21.4	20.2	19.3	18.7	18.1	17.9	17.7	17.9
1.80	52.4	33.3	26.9	23.7	21.8	20.5	19.6	18.9	18.4	18.1	17.9	18.1
1.90	54.5	34.3	27.6	24.2	22.2	20.9	19.9	19.2	18.6	18.4	18.1	18.4
2.00	56.7	35.4	28.3	24.8	22.6	21.2	20.2	19.4	18.8	18.6	18.4	18.6
每小時製造費率 (美元)	10	20	30	40	50	60	70	80	90			