

車床之設計製圖

笠松 勇 著
佐野 京亮 著
張兆 豐 譯

臺隆書店

科技叢書 3

車床之設計製圖

笠松 勇 著

佐野京亮

張兆豐 譯

臺隆書店出版

車床之設計製圖

定價新臺幣200元

中華民國71年2月20日初版發行

著者 笠松勇·佐野京亮 譯者 張兆豐

出版者 臺隆書店 地址：臺北市衡陽路75號 郵政劃撥帳戶12935號

發行人 張宗河 地址：臺北市衡陽路75號 電話：3314807-3113914號

印刷者 立辰印刷打字有限公司

有 版 權

登記證：行政院新聞局局版臺業字第983號

前 言

關於工具機之設計，首先應對下述各項條件加以考慮。

- (1) 工作件之材料、大小、形狀、重量
- (2) 每單位時間之加工量
- (3) 加工精度

由(1)項可決定工具機之機種、機械之大小以及工程之步驟。即應考慮是否選擇製造同一材料同一尺寸之專用工具機，抑或選定可加工不同材料不同尺寸之汎用工具機。

(2)項條件由於可決定切削速率、進給速率、切削阻力、電動機之輸出量等，於是可決定在機械上所需要之力學上的條件。

(3)之條件依旋轉精度、導面之精度等所謂工具機之靠模原理 (Copying principle)，機械本身精度依樣仍能直接影響工作件之精度，又切削阻力、工作件之重量以及工具機之自重等，可能對機械主要部產生撓曲變形或振動，而予尺寸精度及加工面之良否以重大影響。工作件之尺寸精度當決定於主軸之構造、導面之精度、床身之剛性等要素，至於加工面之良否除上述之要素外，卻決定於切削速率、進給速率等。

又除以上之條件外應具備機械之良好操作性能及價格低廉等之條件。

最近之工具機卻受切削工具之發達，頗有提高精密、增加速率、加重切削之趨勢。隨之機械之精度、強度、剛性、切削速率、輸出量等亦大有進步，同時對有關驅動機構、使用材料、加工法等新技術，亦予以引導及開發。

本書內容除搜羅過去之理論及經驗上之資料外，另加新理論以及獨特之理論，並參考中外各公司之新品，以闡述簡便合理之普

通車床設計法爲目的而執筆，爲此對工具機全盤之解說一概不提。因爲車床具備工具機應備之共同要素最多。且屬於日常最普遍之機種，對了解切削理論上已具有有利之條件。閱讀本書既理解車床之設計，亦可熟悉切削理論、動力之傳動、變速、進給、導面等之各種機構，將此理論及經驗，不難應用於其他工具機之設計，而舉百無一失之效果。

本書之理論及構造由笠松擔任，其設計實例及工作圖則由佐野負責。本書之著作係參考以下工具機之設計有關書籍，除對上述之著者表示敬意外，並對本書之發行始終鼎力協助之 Power 公司原田董事長亦謹此一併誌謝。

日本機械學會編	機械工學便覽
日本機械學會 工作機械部門委員會著	工作機械
伊藤 鎮 著	機械工作法
塩見・大西・松井著	機械設計製圖演習(1)
工作機械設計研究會編	工作機械設計圖集(1)
笠松・飯田著	機械要素設計法
Schlesinger 著	Die Werkzeugmaschinen I(1936)
Niclson and Smith 著	Lathe design
J I S B 6 2 0 1	工作機械精度檢查通則
J I S B 6 2 0 2	旋盤精度檢查
J I S B 6 2 3 2	旋盤運轉檢查
J I S B 6 2 0 3	工作機械運轉檢查
J I S B 6 0 0 3	工作機械の振動檢查方法
J I S B 6 0 0 4	工作機械騒音レベル測定方法

笠 松 勇
佐 野 京 亮

車床之設計製圖 目 次

第 1 章 切削理論	1
1.1 切削刀具	1
1.2 刀尖之形狀	2
1.3 切屑之生成	4
1.4 切削速率、進給、切削深度	6
1.5 切削阻力	9
1.6 切削動力	12
第 2 章 基本設計	14
2.1 車床之規格	14
2.2 設計步驟	17
2.3 主軸速率之選定	18
2.4 切削力、所需要動力之計算	21
2.5 工作件之重量	25
2.6 設計實例	25
第 3 章 主軸台 (車頭)	30
3.1 主軸台之概要	30
3.2 變速機構	31
3.3 主軸	34
3.4 其他之齒輪軸	37
3.5 主軸齒輪	40
3.6 主軸承	47

2 目 次

3.7	主軸箱	53
3.8	電動機、三角皮帶、離合器、其他	54
3.9	設計實例	58
第4章	進給箱	82
4.1	進給之傳動系	82
4.2	油壓驅動、靠模裝置	83
4.3	進給箱之構造	86
4.4	進給範圍、進給速率	88
4.5	車螺紋	89
4.6	齒輪、齒輪軸	93
4.7	進給軸、導螺桿	93
4.8	設計實例	96
第5章	護 床	115
5.1	護床之傳動系	115
5.2	齒輪之尺寸、軸徑	116
5.3	滑動軸承、對開螺帽	119
5.4	手柄類	121
5.5	進給之聯鎖機構	122
5.6	過量負荷保險機構	123
5.7	設計實例	125
第6章	溜 板	135
6.1	溜板之概要	135
6.2	鞍座之構造	136
6.3	鞍座之尺寸	137
6.4	搖台 (Cradle)	140

6.5	滑台之構造	142
6.6	滑台之尺寸	144
6.7	刀具台	145
6.8	進給軸	147
6.9	設計實例	148
第7章	尾 座	155
7.1	尾座之構造	155
7.2	本體、底座	156
7.3	尾座心軸	158
7.4	螺軸	160
7.5	手輪	160
7.6	凸緣之螺栓	160
7.7	尾座之T形螺栓	161
7.8	鑽頭夾頭	163
7.9	設計實例	164
第8章	床身、床脚	168
8.1	床身與床脚概要	168
8.2	床身之長度與寬度	169
8.3	床身之剛性及強度	170
8.4	導面	172
8.5	床脚	174
8.6	設計實例	175
第9章	附錄、設計資料、設計圖例	177
資料1	車床之檢查規格	177
資料2	車床主軸端	201

目 次

資料 3	超硬頂尖	229
資料 4	渦旋夾頭 (scroll chuck)	231
資料 5	四顎單動夾頭 (4-jaw independent chuck)	232
資料 6	平行齒方栓槽	234
資料 7	滾動軸承	239
資料 8	滾動軸承用零件之尺寸	241
資料 9	軸之容許差	247
資料 10	軸承箱內徑之容許差	251
資料 11	三相鼠籠形感應電動機	255
資料 12	三角皮帶、環槽滑輪	257
資料 13	機械多盤離合器	262
資料 14	油壓多盤離合器	268
資料 15	電磁多盤離合器	271
資料 16	漸開線鋸齒狀缺口	272
資料 17	梯形螺紋	273
資料 18	滑動軸承	274
資料 19	手輪、手柄、握把	281
資料 20	工具機用鑽頭夾頭	289
資料 21	數表	307
資料 22	車床用刀架車刀裝置部之尺寸	310
附 錄	歐美日本各公司車床之規格	312
附 錄	零件明細	341
附 圖		

第1章 切削理論

1.1 切削刀具

切削刀具 (cutting tool) 有多種，即用於車床或龍門刨床之車刀 (single point tool)，用於銑床之銑刀 (milling cutter)，用於鑽床之鑽頭 (drill)，用於鋸機之鋸條 (saw blade)，用於磨床之磨輪 (grinding wheel) 等。

如今之高速切削技術，隨工具機之發達同時乘耐熱、耐磨耗性切削刀具材料之顯著改良，有迅速之進步。

用於車刀之主要材料有高速鋼、燒結超硬合金、鑄造超硬合金非金屬材料等，各有特長及缺點如下。

(1) 高速鋼 (high speed steel) 其代表成品為 $18\%W-4\%Cr-1\%V$ ，即 18-4-1 形，至 600°C 左右不變其硬度 ($H_{RC} 60 \sim 65$)，其耐磨性較碳工具鋼為高。

(2) 燒結超硬合金 (sintered hard metal) 屬於燒結碳化鎢系之合金，有 $WC + 6\%C_0$ (G 種) 與 $WC + 15\%TiC + 6\%C_0$ (S 種) 等。在 1000°C 之高溫下，均能保持 $H_{RC} 75 \sim 80$ 左右之硬度，其高速切削可達高速鋼之 5~10 倍，但弱於衝擊所以需要振動小之堅固工具機。G 種適於鑄鐵、銅合金、輕合金、玻璃、合成樹脂等之切削，S 種則適於鋼之切削。一般將刀尖塊 (tip) 熔焊於鋼製刀柄使用。例如 Tungalloy (東芝)、Igedalloy (住友)、Tori-dia (三菱)、Widia (西德 Krupp 公司)、Carboloy (美國) 等均屬於此類。

(3) 鑄造超硬合金 (cast nonferrous metal) 其代表成品為

C_0-Cr-W 系之史斗鎢鈷 (stellite) (美國)，在 700°C 之高溫下，仍然不軟化而保持 $H_{RC} 60$ 左右之硬度，對軟鋼或鑄鐵之切削較高速鋼有 2 倍之性能，但是脆性大都不適於抗拉強度 120 kg/mm^2 以上之構造用合金鋼或冷激硬面鑄鐵 (chilled iron) 之加工。

(4) 非金屬材料刀具 最近漸入實用階段，其代表以 Al_2O_3 為主體之非金屬刀具 Selamic，切削速率在 180 m/mn 以上，關於耐熱性、高溫硬度、耐磨性等優於上記各材料。其缺點為耐衝擊性小，又劣於再研磨性。

(5) 金剛石刀具 自古既有，由於高價且刀尖之脆性大，再加再研磨之困難，除特殊之場合外敬而遠之。但是最近受高速切削之影響，再度令人認識由於刀尖之耐磨性使其加工面光滑無比以及尺寸精度之正確性。於是斂縫金剛石於鋼柄作刀具，使用於輕合金、玻璃、合成樹脂之切削，其速率為 $100 \sim 300$ 。

1.2 刀尖之形狀

將車刀之刀尖，以二次元之觀點論之，如圖 1.1 所示。鑽刃角

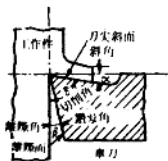


圖 1.1 刀尖之角度

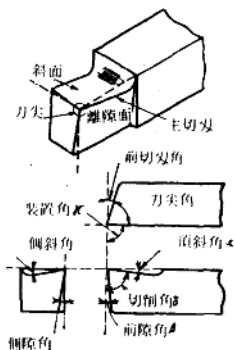


圖 1.2 刀尖之名稱

γ 各車刀有一定角度，但是斜角 α 、離隙角 β 、切削角 δ ，由於車刀之裝置角或工作狀態而變化。上述之各角度之最適值為將切削角 δ 應先行決定於根據加工件及車刀材料、進刀深度等之切削條件以及車刀之壽命等之切削理論與實驗，於是其他角度亦必然隨之可決定。

就一般而言，切削角 δ 為 $70^\circ \sim 80^\circ$ ，鑽刃角 γ 如決定離隙角 β ，則可決定為 $(\delta - \gamma)$ ，但是 β 係防止由於工作件加工面與刀具離隙面之接觸而引起加工面之損傷，或磨擦熱之轉大，於是非必要過大之角度。一般為 $4^\circ \sim 10^\circ$ 如表 1.1 所示。

車刀之刀尖按照加工件之形態使用各種不同之形狀。茲舉刀尖之一例，如圖 1.2 所示屬於複雜之立體，除表示於二次元之斷面之角度外，尚有側斜角、側隙角、裝置角等，以上之角度均決定於作業條件。

表 1.1 車刀之刀尖

工作材料	高速鋼車刀				超硬車刀				
	前隙角° β	側隙角° β'	頂斜角° α	側斜角° α'	前隙角° β	側隙角° β'	頂斜角° α	側斜角° α'	
鑄鐵	軟	8	10	5	12	4~6	4~6	0~6	0~10
	硬	8	10	5	12	4~10	4~10	0~6	0~12
展性鑄鐵					4~8	4~8	0~6	0~10	
鋼	硬	8	10	8~12	12~14	5~10	5~10	0~10	4~12
	軟	8	12	12~16 $\frac{1}{2}$	14~22	6~12	6~12	0~15	8~15
易削鋼		8	12	12~16 $\frac{1}{2}$	18~22	6~12	6~12	0~15	8~15
合金鋼	硬	8	10	8~10	12~14	5~10	5~10	0~10	4~12
	軟	8	10	10~12	12~14	6~12	6~12	0~15	8~15
黃銅·青銅	硬	8	10	0	-2~0	4~6	4~6	0~5	4~8
	軟	8	10	0	-4~0	6~8	6~8	0~10	4~16
銅		12	14	16 $\frac{1}{2}$	20	7~10	7~10	6~10	15~25
鋁		8	12	35	15	6~10	6~10	5~15	8~15
塑膠		8~10	12~15	-5~16 $\frac{1}{2}$	0~10	6~10	6~10	0~10	8~15

1.3 切屑之生成

切屑 (chip) 生成之形式，由於車刀形狀、加工件之材質其他之切削條件而不同，對此 Rosenhain 氏及 Sturney 氏提倡可分為流動形、剪斷形、裂斷形之三種。

(1) 流動形 (flow type) 產生如圖 1.3 (a) 所示形式之切屑，受與斜面形成直角方向剪斷力作用，自刀尖向斜上方發生之滑動，由於幾乎連續不斷使切削作用極為圓滑，因此切屑形式形成如連續之流體。

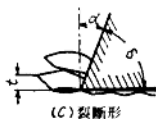
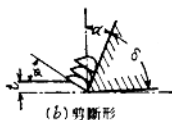
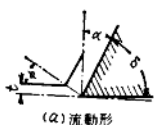


圖 1.3 切屑之 3 形式

(2) 剪斷形 (shear type) 與斜面形成直角方向之滑動間隔較流動形稍大，其斜角為 10° 左右，切削深度較小場合，容易產生此形式之切屑。如圖 1.3 (b) 所示隨車刀之進行，切屑受壓縮作用，剪斷於向斜上方且沿切屑之面。因此切削力之變動大在加工表面產生凹凸。在鑄鐵之切削常發生此種形式之切屑。

(3) 裂斷形 (tear type) 以小斜角之車刀切削帶黏性材料時，切屑黏着於刀尖而不易流動。隨車刀之進給其黏性愈增，刀尖劈開前方材料使其產生裂縫。由於產生裂縫使促進向斜上方之滑動，其切屑如圖 1.3 (c) 所示。如此則切削面殘留撕裂外貌而形成不光滑之加工面，而且切削力之變

動又大，於是此種裂斷形之產生應極力設法避免為宜。

又大越氏另外發現龜裂形 (crack type) 之存在。龜裂形則以小斜角低速，切削脆弱材料例如鑄鐵時卻常發生，隨車刀之進給在瞬間產生龜裂於加工件而進行切削，所以其加工面極不光滑。

在圖 1.4 與表 1.2 所示者為加工件在軟鋼場合所表示之切屑 3 形式之生成條件及結果。

(4) 附着刃 (built-up edge) 經切削中所產生之高溫高壓，使切削附着於刀尖上，結成極硬之非晶質稱為附着刃 (圖 1.5)。

表 1.2 切屑形式之生成條件與結果

條件與結果		切屑形式		
		流動形	剪斷形	裂斷形
生成條件	斜 角	大	中	小
	切 削 速 率	大	中	小
	切 削 深 度	小	中	大
	斜面之磨擦	小	中	大
結果	加工面之粗度	良	中	劣
	切削阻力之變動	小	中	大

附着刃多少或可保護刀尖，但是，附着刃之成長過大則自行脫落，毀及加工面同時磨損斜角。其成長一脫落之週期為 0.1 ~ 0.5 sec，大小則 0.05 ~ 0.1 mm 程度。

附着刃容易發生於軟鋼、不銹鋼、鋁等具有黏性材料之切削，如增加切削速率，則可減少其發生。

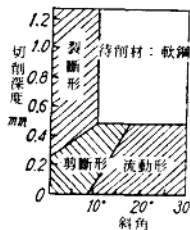


圖 1.4 切屑形式之範圍

在軟鋼之場合其速率超過 120 ~ 150 m/mn 時，完全消失。

1.4 切屑速率·進給·切削深度

(1) 切削速率 (cutting speed) 車床之切削速率係指工具與加工件間之關係運動之速率，一般以 m/mn 表示之。車削場合之切削速率 v ，如以加工件之直徑為 d (mm)，每分鐘轉數為 n (rpm)，則

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/mn} \dots\dots\dots (1.1)$$

關於切削速率不妨參閱圖 1.6。

(2) 進給 (feed) 進給運動之速率稱為進給，在車削之場合，主軸每 1 旋轉之進給長度之單位為 mm/rev，在平面切削則每 1 往復之進給單位為 mm/stroke，在銑削除 mm/mn，mm/rev 外，尚用銑刀每 1 刀刃之進給量 mm/tooth 等。

(3) 切削深度 (depth of cut) 切削深度為加工件表面與完工予定面間之距離，即表示刀具切入之深度，以 mm 表示之。

(4) 切屑面積 (area of chip) 就嚴密而言係指待切削部分之斷面積，但是在此為方便以切屑之斷面積表示之。

$$q = s \cdot t \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (1.2)$$

(5) 切削效率 (cutting efficiency) 工具機之切削效率以在單位時間內所切削之切屑量表示之。茲將切屑之比重量為 γ (一般之換

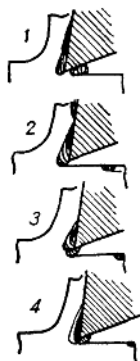


圖 1.5 附着刃

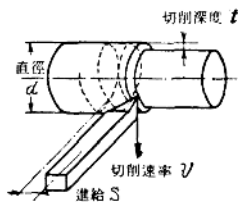


圖 1.6 切削速率

算以鋼為準即 $\gamma = 7.85 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$), 則每單位時間之切屑量如下式。

$$w = v \cdot s \cdot t \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{mn} \text{ 或 } w = v \cdot s \cdot t \cdot \gamma \text{ g/mn} \cdots (1.3)$$

又有以工具機每 1 PS 之切屑量表示之場合。機械之需要馬力假設為 N PS, 則該工具機之切削效率 η_c , 可求於下式。

$$\eta_c = \frac{v \cdot s \cdot t}{N} \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{mn} \cdot \text{PS} \cdots \cdots (1.4)$$

表 1.3 即表示工具機之切削效率。

(6) 切削之經濟速率 (economical cutting speed) 應求於

JSME 表 1.3 工具機之切削效率

工具機種類	加工件之材料	切削刀具	切削效率 $\text{mm}^3/\text{mn} \cdot \text{PS}$
車床	鋼	高速鋼車刀	21.8×10^3
車床	鑄鐵	高速鋼車刀	34.3×10^3
鑽床	軟鋼	高速鋼鑽頭	10.2×10^3
銑床	軟鋼	高速鋼銑刀	19.0×10^3

切削效率最大, 而加工費卻最低之條件下。為求高度切削效率, 應加強切削速率、進給、切削深度, 但是為求此目的不可避免需要馬力之增強及工具機壽命之縮短。

刀具壽命 (life of tool) 之判定方法雖有多種, 但是就高速鋼刀具而言於加工面產生帶光澤之條紋時, 又在切削阻力之背分力或進給分力急增時, 以時間表示之。超硬刀具則以產生於相對加工面之切刃離隙面 (flank) 磨耗寬度達 0.8 mm 時, 各以時間表示之, 在一般作業將工具壽命以 60 mn 之條件切削時一般認為合乎經濟原則, 尤其為再研磨、裝置、調整所需要之時間或費用過大時可延長至 480 mn。

加工件材料	SAE 鋼料號碼其他	刀具材料	切削深度	切削深度	切削深度	切削深度	切削深度
			0.13-0.38 進給 0.051-0.13	0.38-2.4 進給 0.13-0.38	2.4-4.7 進給 0.38-0.75	4.7-9.5 進給 0.75-1.3	9.5-19 進給 1.3-2.3
易削鋼	1112(SUM1A), X1112, 1120(SUM3), 1315 等	(1) (2)	230-460	75-105 185-230	55-75 135-185	25-45 105-135	16-20 55-105
低合金鋼	1010 (S10C) 1025 (S25C)	(1) (2)	215-365	70-90 165-215	45-60 120-165	20-40 90-120	13-20 45-90
中合金鋼	1030 (S30C) 1050 (S50C)	(1) (2)	185-300	60-85 135-185	40-55 105-135	20-35 75-105	10-20 40-75
高合金鋼	1060 1095 1350	(1) (2)	150-230	55-75 120-150	40-55 90-120	20-30 60-90	10-15 30-90
鍍鋼	2330 2350	(1) (2)	165-245	60-85 130-195	40-55 100-130	20-35 70-100	13-20 60-70
鉻鋼	3120, 3450 5140 (SCr 4), 52100	(1) (2)	130-165	45-60 100-130	30-40 75-100	15-20 55-75	9-15 20-55
鉍鋼	4130 4615	(1) (2)	145-200	50-65 105-145	35-40 85-105	20-52 60-85	10-15 30-60
不銹鋼	6120, 6150 6195	(1) (2)	115-150	30-45 90-115	25-30 75-90	50-20 55-75	9-15 20-55
銅	7260 退火	(1) (2)	100-120	35-45 75-100	20-35 60-70	12-20 45-61	7-12 15-45
特殊鋼	12~18% 鉻鋼 砂鋼板用鋼錠	(1) (2) (1) (2)	60-75 120-150 300-370	40-60 90-120 245-305	20-40 60-90 185-245	15-20 45-60 150-185	
鑄鐵	軟質鑄鐵 中質鑄鐵, 可鍛鑄鐵 超硬合金鑄鐵 冷激硬面鑄鐵	(1) (2) (1) (2) (1) (2)	135-185 35-45 105-135 75-90 3-5 9-15	35-45 105-135 35-45 75-105 25-40 45-75 3-9	25-35 75-105 25-35 60-75 18-25 30-45	20-25 60-75 20-25 45-60 12-20 20-30	10-15 30-60 9-20 20-45 6-12 15-20
銅合金	易削鉛黃銅及青銅 黃銅及青銅 高錫青銅, 錳青銅 其他	(1) (2) (1) (2) (1) (2)	300-380 215-245 150-185	90-120 245-305 85-105 185-215 30-45 120-150	70-90 200-245 70-85 150-185 20-30 90-120	45-75 155-200 45-70 120-150 15-20 60-90	30-45 90-150 20-45 60-120 10-15 30-60
輕合金	鎂 鋁	(1) (2) (1) (2)	150-230 380-610 105-150 215-300	105-150 245-380 70-105 135-215	85-105 185-245 45-70 90-135	60-85 150-185 45-70 90-135	40-60 90-150 15-30 30-60
塑膠	熱可塑性・熱硬化性等	(1) (2)	200-300	120-200	75-120	45-75	

註：1. ()內表示近似於 SAE 規格之 JIS 規格鋼料。

2. 刀具材料(1)表示高速鋼, (2)表示超硬合金。

3. 切削速率之小數字表示粗削, 大數字則表示完工切削。