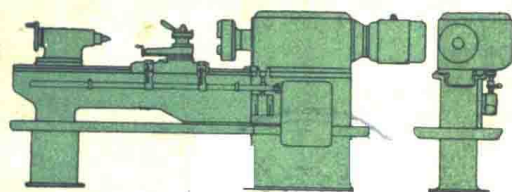


机器制造 工艺学

于振泉 吳 杰編



辽宁人民出版社

机器制造工艺学

于振泉 吳 杰編

辽宁人民出版社

1957年 沈阳

机 器 制 造 工 艺 学

于振泉 吴 杰 编

☆

辽宁人民出版社出版（沈阳市沈阳路二段宫前里2号） 沈阳市书刊出版业营业许可証文出字第1号
沈阳新华印刷厂印刷 新华书店沈阳发行所发行

850×1168毫米·8号印张·5插页·203,000字·印数：1—5,057 1957年11月第1版
1957年11月第1次印刷 统一书号：15090·29 定价(9)1.50元

說 明

本書原系第一機械工業部所屬各廠業余技術學校試用教材，為了配合今年各廠多余人員學習，我們特委托遼寧人民出版社把它公開出版。

由于本書系根據業余技術學校機器制造工艺學教學大綱編成，對於組織多余人員學習，口徑可能不完全符合，加之編寫時間倉促，在內容、取材、分量、系統性以及文字等方面定有不妥之處，各單位在使用過程中可以根據學員情況，適當增刪或修改，并請將使用意見寄交我司。

本書主要供培養工人的工長及車間主任用。

第一機械工業部工業教育司

目 录

总 論	1
第一篇 設計工艺規程的主要問題	4
1 机械加工的精度	4
2 机械加工的光潔度	10
3 毛坯的选择	16
4 工艺基准与基准的选择	20
5 編制工艺規程的基本知識	28
6 提高劳动生产率的方法	47
第二篇 典型机器零件的加工	57
1 軸类零件的加工	57
2 孔的加工	83
3 平面的加工	111
4 螺紋的加工	122
5 齿輪的加工	153
6 花鍵联接的加工	181
第三篇 夾 具	189
1 关于夾具的一般知識	189
2 工件的定位方法	194
3 工件的夾紧方法	209
4 刀具導引元件、夾具体及夾具上其他零件与部件	228
5 車床类夾具	239
6 銑床夾具	248
7 鑽床夾具	256

总 論

1 課程的目的和任务

这門課程的目的，是研究在金屬切削机床上加工零件的基本方法，并使學生了解机器加工的先进工艺和工艺規程的編制方法。

这門課程的任务，是使學生获得关于編制工艺規程的原理及現代金屬加工工艺範圍內的理論基础和实际知識以及关于夾具的基本知識。

机器制造工艺学是系統地总结积累起来的工件切削加工的理論与实际知識。学完这門課程以后，就可以在理論上打下一个初步的基础，在实际工作中运用这些知識进行工件切削加工的工艺分析，寻找更合理更先进的加工方法和工艺路綫。因此这門課程学习的好坏将会直接关系到我們的工作。

2 机器制造的过程

在实现社会主义工业化的过程中，国民經济的各个部門所采取的各种机器，如汽車、飞机、紡織机等等，都是由各种机器制造厂供应的。

不同的工厂生产的机器可以完全不同，但是無論那一种机器的生产都具有一些共同的特点。从金屬进厂到机器制成，都要經過一定的時間。在这些時間里，要在鑄造車間或鍛造車間生产出机器的各种毛坯，在机械車間里把这些毛坯制成零件，然后再在裝配車間里

裝配成機器。所有這些製造機器過程的總合，叫做機器製造的生產過程。生產過程這個概念不僅可以用於整個機器的製造，也可以用於機器的某一個部件或零件的製造。

現代機器製造工廠的整個生產過程可以按車間分成幾個部門：如鑄造、鍛造、機工、裝配等車間的生產過程。任何車間的生產過程都是由各個更小部分組成的，這些部分叫做工藝過程。

3 生產類型

現代機器製造的特點是大量生產，有的機器年產幾萬台，例如汽車、拖拉機等；有的機器還是按單件製造的方法生產的，例如軋鋼機、移動式掘土機等重型機器。

根據產品年產量的不同，可以把生產分為三種類型：（1）單件生產；（2）成批生產；（3）大量生產。

單一地製造不同結構和尺寸的產品，產量少、且又不重複或很少重複的生產，叫做單件生產。通常把一年中產量在五件以下的生產都認為是單件生產。因為生產量少，設備利用率低；同時又需要高度熟練的工人，所以機器製造的成本高。因此，只要有可能就應該盡量改單件生產為成批生產，那怕是小批生產，以便降低製造成本。

單件生產時所用的機器、刀具、量具和夾具大多數是萬能的。

不是單件製造，而是經過一定時間，定期成批製造的生產，叫做成批生產。這種類型的生產，通常又分為：小批生產，每批五件到二十五件；中批生產，每批二十五件到一百件；和大批生產，每批一百件以上。成批生產時可以採用機器與專用刀具、量具和夾具，將工序固定在一定的工段內。這樣不僅提高了勞動生產率，而且較單件生產既經濟又合算，因而降低了產品成本。

重複地製造大量同樣產品的生產，叫做大量生產。採用這種生產類型時，產品數量是以千萬來計算的。在每個工作地上都進行着經

常重复的同一工序。生产中普遍采用专用机器，每一种机器只用来完成一道或几道工序。机器上配备着专用刀具、夹具和量具，产品的零件有广泛的互换性。零件的精密度，完全依靠机器设备来保证。这时机械化的程度很高，在短時間內能生产很多的产品，因此生产成本最低。

在大量生产中常常采用流水生产与自动化生产。流水生产时机器设备按照生产机器零件工序的先后次序排列，原材料进入生产过程中象流水般地有节奏地由一道工序轉移到另一道工序，中間沒有不銜接現象。在自动化生产中，工件完全依靠机器傳送，工人只担任調整机床等有限的工作。原材料的檢驗、鑄造、加工、热处理、檢查零件尺寸和包裝等工序，也都由机器进行。生产自动化是我們生产發展的方向。

第一篇 設計工艺規程的主要問題

1. 机械加工的精度

一 一般概念

任何一个工件,虽然在机床上經過了精密的加工,但是总不可能做到与圖紙上所規定的名义尺寸完全一样,而总会有一些誤差。不过由于加工方法不同,誤差的大小也不一样,例如,粗加工要比精加工的誤差大。同样,在不同的机床上加工,所得出来的精度也不同,例如要加工一根20公厘的圓軸,在車床上加工,得出的誤差是0.10公厘,在磨床上加工,誤差就可以减少到0.03公厘,如果用精密研磨的話,那么誤差可以减少到0.004公厘以下。虽然誤差逐漸减少,但仍不可能一点不差地加工出整整20公厘的圓軸来。

从机器的实际工件条件來說,也不需要每个零件都达到絕對准确的尺寸,而允許有一定範圍內的偏差,只要制成的零件能近似地符合規定的名义尺寸和形狀,就能滿足使用机器时的要求。如果規定的誤差越小,制造精度就越高,就要求更加精密的設備和更加熟練的工人,因而制造費用也就越高。在單件和小批生产时,常常是依靠熟練工人用修配方法来保証裝配后不超过允許的偏差,也就是先做好一些零件,然后根据已做好的零件来配其他的零件。在成批和大量生产时不采用这种方法,而要求零件有互換性,制造好的零件在裝配时不需要进行修配。

加工精密度的高低决定于允許偏差的大小。加工时允許偏差越

大,精度越低;相反地,允許偏差越小,精度就越高。加工精度可以分为以下几种:(1)零件(或它的組成部分)的尺寸精度;(2)零件的几何精度(如圓柱面的橢圓度、圓錐度等);(3)零件各部分間的相互位置精度。

二 产生加工誤差的因素

造成零件加工誤差的有以下各項因素:(1)机床和夾具的制造精度与磨損;(2)刀具和量具的制造精度与磨損;(3)机床、夾具、工具和工件的剛性;(4)温度变形;(5)工件材料中內应力的影响;(6)执行者的錯誤。下面我們將分別介紹这些因素。

1) 机床和夾具的制造精度与磨損

金屬切削机床与其他机器一样,只能按一定的精度来制造,机床上使用的夾具同样也只能按一定的精度来制造。机床和夾具本身的制造誤差和使用过程中的磨損,都会影响工件的加工精度。

由夾具造成工件的誤差,可以用檢驗夾具的方法計算出来(計算夾具定位誤差的方法將在“夾具”篇中講到)。

机床的主要誤差有:(1)主軸跳动;(2)机床床身、床架和工作台導軌的非直綫性;(3)主軸中心綫与床身導軌的不平行性和主軸中心綫与工作台平面的不垂直性;(4)机床各機構傳动系統中的間隙。

新机床和部分的誤差按精度标准来驗收。标准中同时規定有切削檢驗,例如一般新車床进行輕切削加工檢驗时应保證直徑精度不低于 OCT 2 級,此时几何形狀的允許誤差不应超过下列数值:車300公厘長的平滑軸时,錐度为0.02公厘,橢圓度为0.01公厘。

磨損的机床和夾具,当磨損量超过允許的偏差范围时,必須进行修理。已經修理的机床的精度分为三級:H 級,相当于新机床的精度;II 級,精度較低,能保證加工精度达 OCT 3 級;Γ 級,粗加工用,能

达到 OCT 4 級以下的加工精度。

2) 刀具和量具的制造精度及磨損

刀具和量具也是由机械加工制成的，必然会有制造誤差，而使用中必然会有磨損。刀具和量具的制造誤差及磨損对零件的加工精度影响很大。尤其在用尺寸刀具(如鑽头、扩孔鑽、鉸刀等)及成形刀具(如成形車刀、銑刀等)时，加工表面的尺寸和形狀直接与刀具的尺寸和形狀有关。所以对于刀具和量具的制造精度及磨損都要按国家标准来規定，以保証零件的互换性。

3) 机床、夹具、工具和工件的剛性

剛性是物体抵抗使它發生变形的外力的能力。

在切削时，机床、夹具、刀具和工件都要受到切削力，因而产生彈性变形；剛性越大，变形越小。所有的变形都会使工件加工發生誤差。

如圖 1 所示，如果刀具由于彈性变形下降 Δz ，那么工件的直徑就会增加 Δy 。

圖 2 表明在車床上車軸件时，刀具在走刀过程中与工件的接触点不同，切削力分配到兩边頂尖的情况也就不同，于是在整个切削过程中机床兩头頂尖的变形也是变化的。

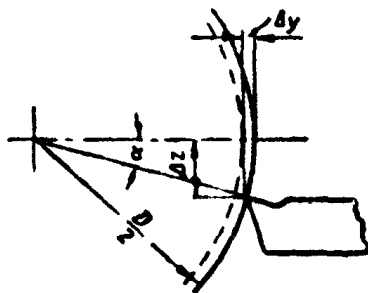


圖 1

圖 3 是夾緊工件时彈性变形对圓筒孔精度的影响。圖中 a 是夾緊力使圓筒变形，圖中 b 是車出內孔，圖中 c 是卸下的工件。由于松去了夾緊力，于是夾緊力所引起的变形又消失，工件恢复原狀。結果在夾緊狀態下車出的圓孔，这时就不圓了。

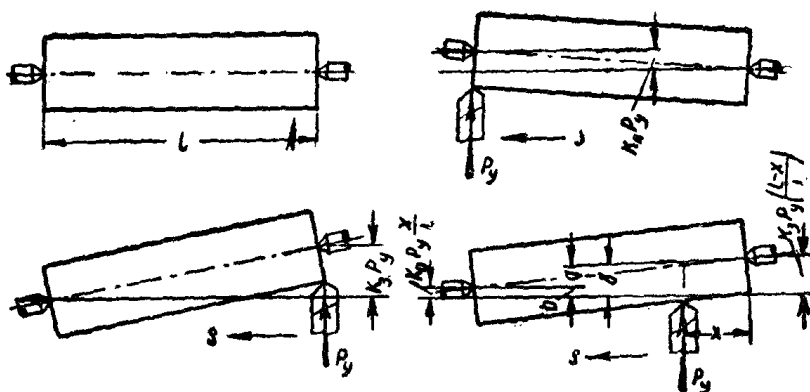


圖 2

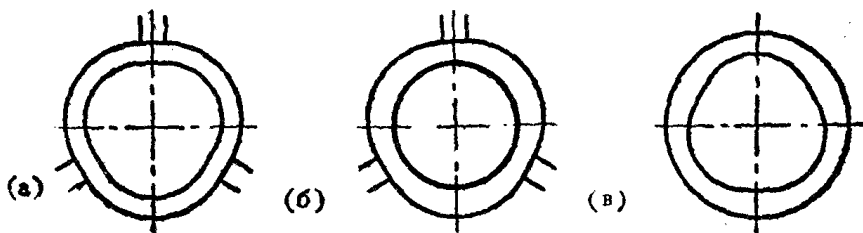


圖 3

圖 4 表明由于工件受切削力引起彈性變形，結果車出的軸帶有凸肚。

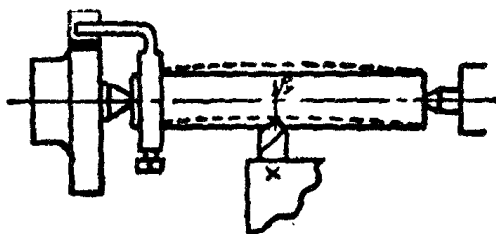


圖 4

4) 溫度變形

由于金屬熱脹冷縮的性質，不論是零件，還是機床、夾具和切削工具，在溫度變化時都會發生變形，因而影響工件的加工精度。例如，直徑100公厘的鐵制件，從 20°C 升高到 60°C ，直徑增大 $\Delta d = \alpha \cdot L \cdot t = 0.000012 \times 100 \times 40 = 0.048$ 公厘，約為0.05公厘（式中之 α 為線脹

系数, L 为直径长度, t 为升高的温度)。

圖 5 表示輪磨时由于發热使薄襯筒向外鼓起, 冷却后襯筒成了凹形, 或者叫做縮腰形。

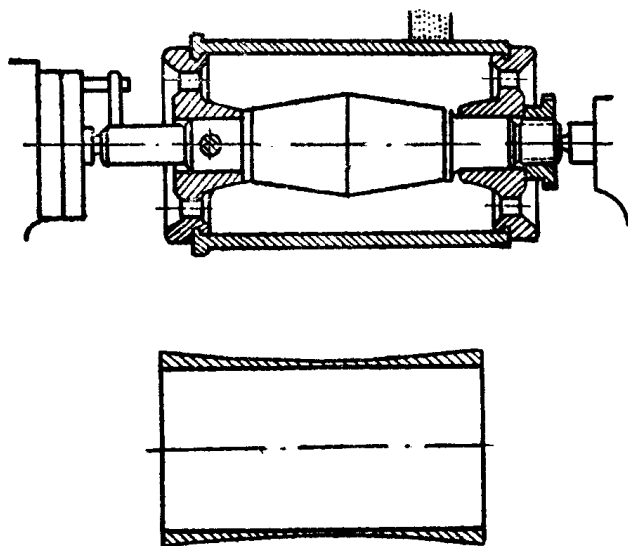


圖 5

5) 工件材料中內應力的影响

鑄鐵、鋼鑄件及未退火鍛件的毛坯常常有很大的內应力。粗加工以后內应力失去平衡, 工件就要在一定的時間內慢慢变形直到內应力重新平衡为止, 因而影响工件加工的精度。毛坯在鑄出或鍛出后要經過热处理以消除內应力。有的工件需要存放一个时期来消除內应力。工件加工中的切削力也会引起內应力, 所以应根据工件的毛坯情况和加工情况考虑是否有必要在加工过程中进行热处理以消除內应力問題。

6) 执行者的錯誤

工人在机床上安裝夾具、工件和刀具时的錯誤以及測量零件时的錯誤, 都会增加工件的加工誤差。

三 机械加工的平均經濟精度

在不同的机床上进行不同种类的加工可以达到不同的精度。例如，粗車一般只达 5 級精度，而細車可以达到 3 級；粗磨可达到 3 級，細磨就可以达到 2 級以上。如果我們采取一定的措施，还可以使机床加工的精度提高。例如，在普通車床上將工件車到适当的尺寸后，在刀架上夾上适当的木棒，用木棒將砂布压在工件上，并加上潤滑油就可以达到 2 級精度。但是这样很費工，而且难以保証質量，廢品率高，因此不經濟。所以談到一般加工方法所能达到的精度时，不是指所能达到的最高精度，而是指正常的生产条件能达到的精度。換句話說，也就是能經濟地达到的精度，我們把它叫平均經濟精度。

正常生产条件包括：(1) 設備合格；(2) 采用适当的夾具和工具；(3) 标准的工人技术等級；(4) 标准的时间消耗。

各种加工方法的平均經濟精度在許多手冊中都可以查到。編制工艺規程时可以它为原始資料，再根据所用机床实际达到的精度进行修正。

表 1 是軸加工时的平均經濟精度，表中还列出了几种加工方法的实际尺寸对名义尺寸的偏差。

表 1

加工方式	長度在180公厘以下								長度为180~500公厘					按 OCT 的精度等級 (近似)
	直徑範圍 (公厘)								直徑範圍 (公厘)					
	10 以下	11 ~18	19 ~30	31 ~50	51 ~80	81 ~120	121 ~180	181 ~260	19 ~30	31 ~50	51 ~80	81 ~120	121 ~260	
在車床上 車外圓	粗車	0.18	0.20	0.20	0.30	0.40	0.40	0.40	0.25	0.30	0.40	0.40	0.40	5 級
	精車	0.09	0.09	0.10	0.15	0.15	0.15	0.20	0.12	0.15	0.16	0.17	0.20	4 級
以縱橫走 刀而磨	粗磨	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.08	0.08	0.10	0.10	0.12	3 級
	精磨	0.017	0.019	0.022	0.027	0.030	0.035	0.040	0.027	0.032	0.042	0.042	0.045	2 級
研 磨		0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.009	—	—	—	—	1 級

2 机械加工的光潔度

一 表面光潔度的概念

表面光潔度是指加工后工件表面粗糙不平的程度。經過切削加工的表面，并不是理想的光潔表面，而是留下各种大小和方向的刀痕。比如車外圓，由于車刀刀痕、車刀后面与被加工表面摩擦及切屑瘤等原因，就会使車后的表面沿着縱向和橫向都有高低不同的波紋，如圖 6 所示。粗加工表面的波紋，可以用肉眼看出，而精加工和光整加工表面的波紋，需要在放大仪上才能看出。这些錯綜交叉的波紋，分布在整個加工面上，形成凸出的波峰和凹下的波谷。表面光潔度等級的高低，就是根据凸出的高度和凹下的深度来决定的。

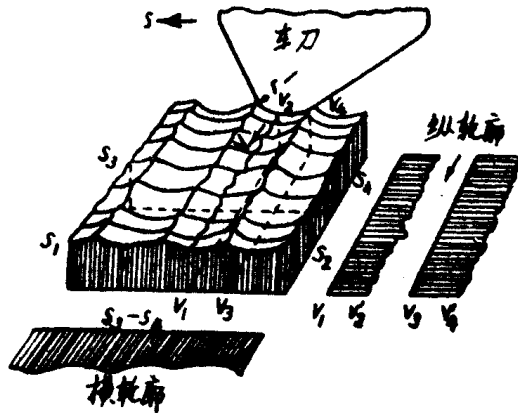


圖 6

二 表面光潔的作用

1. 减少摩擦增加工件的耐磨性 表面光潔度愈高，两个接触面中的接触点就多，每一点上的力量也就愈小，于是就比較不容易引起表面的塑性变形和磨損。所以象机件中的軸和軸承以及導軌等就要求比較高的光潔度。

2. 保証压合配件紧固 两个工件，例如軸和孔，如果采用压合方法配成为一个整体，表面光潔度愈高就能愈紧固。假如表面粗糙，在

压入和使用的过程中，表面上凸出的高点，就会被揉挤磨平，这就等于减少轴的直径，增大孔的直径。结果就会使机器在使用过程中，由于压合的强度降低，造成机件松动以至发生事故。

3. 增加工件的疲劳强度 有些工件受力的方向或大小是不断改变的，例如，車輛彈簧就随着車輛所走的路面高低不平的情况，不断地改变力量的大小。旋轉的軸上如有一个方向固定的力作用在軸的中間，以力量作用下的一点來說，当軸上的这一点与施力件相接触时是受压力，而当旋轉的軸轉 180° 以后，这一点則由所受压力，变为被拉力。如果机件的疲劳强度不够，这样的載荷，反复作用在机件上，虽然短時間內軸運轉得良好，但是到了一定的時間，就会突然損坏。由此可見，表面光潔度对工件的疲劳强度有很大的关系。

提高表面光潔度，就相应地提高了疲劳强度。

我們再举一个大家都很熟悉的例子來說明这个道理。例如，我們想折断鉄絲，向一面弯折并不会使它断开，但是我們反复的使鉄絲作反向弯折，到一定时候鉄絲就会突然断开。如果我們在鉄絲中間打一小裂紋，鉄絲在反复弯折时便沿小裂紋裂开，那么折断鉄絲所需要的次数就会大大减少，也就是說小裂紋使鉄絲的疲劳强度降低了。表面光潔度影响疲劳强度的道理和这是一样的。

苏联科学家們在这个問題上研究的結果，得出了一個結論：在变动負荷下，磨出的工件，它的寿命比車出的工件要高兩倍。所以有些机器零件要求很高的表面光潔度，不單是因为轉速高，减少磨損；同时也是为了提高疲劳强度。

4. 增加耐蝕作用 空气中的气体和水蒸汽，对金屬表面有腐蝕作用，如鋼鉄生銹、銅生銅綠。表面愈粗糙，这种腐蝕作用也愈快。因为水蒸汽和腐蝕的物質，不但容易附着凝聚在凹处，并且从細微的裂紋中，能滲透到金屬層的內部，而使表面的金屬層成为斑薄塊剝落掉，这样就会使工件由于腐蝕而損坏。

如果我們經常注意，我們会在自己的工作中發現这种例子。一

根粗車的軸，放在空氣中，只要經過幾天就會出現銹斑；而一根細磨過的軸，即使放置了很久，仍然不會生銹。

三 影响表面光潔度的因素

我們在前面已經談過，不同的加工方法所得出的表面光潔度也不一样。除了加工方法以外，影响表面光潔度的因素還有許多。下面是主要的幾種：

1. 工件材料的性質 一般說，工件材料越硬，所能達到的光潔度越高。切削軟鋼時，切屑是從本體上被擠壓撕裂下來，表面很難光滑。但是如果經過硬化處理，所加工出的表面光潔度就會增高。所以加工表面光潔度要求比較高的工件時，常常要毛坯車間先將毛坯熱處理到一定的硬度。

2. 加工系統的剛性 機床、夾具、刀具或工件的剛性對光潔度有很大影响。如果剛性不足，切削時會發生顫動，因而降低了表面光潔度。

3. 刀具的幾何形狀 當切削速度為 $15\sim 30$ 公尺/分時，刀具的前角影响切屑瘤的生成。前角愈小，加工表面的光潔度就愈低。但是速度很高或很低時不生成切屑瘤，這時前角對光潔度幾乎沒有影响。

後角大於 $2\sim 3^\circ$ 時對於表面光潔度的影响不大。如果後角等於 0° ，會有極大的摩擦，因此表面不光潔。由於車刀後面磨損時後角就減小，所以後角一般取為 $6\sim 12^\circ$ 。

4. 切削用量 加工鋼時，在低速和高速下可以得到較高的光潔度。例如，加工45號鋼，切削速度在 $2\sim 4$ 公尺/分以下或在 100 公尺/分以上時，都能達到5級光潔度；而在一般速度 $20\sim 30$ 公尺/分切削時，只能達到3級光潔度。另外對一些塑性較大的鋼材和有色金屬，如不銹鋼和銅、鋁等，都要在高速切削下，才能得到光潔的表面。銅、鋁甚至要到 $1500\sim 2000$ 公尺/分的切削速度，才能得到最好的光