

哈 尔 滨 工 业 大 学 講 义

金屬切削机床的設計和計算

孫 靖 民 編
謝 鴻 汉

1957

編 者： 孙 靖 民 、 謝 鴻 漢

出版者： 哈 尔 濱 工 業 大 学

印刷者： 哈 尔 濱 工 業 大 学 印 刷 厂

1957 年 月 工 本 費 2.00

前 言

本講義是根据苏联專家阿·尼·赫里可夫同志為我校机床与刀具專業四年級學生講課內容和我教研室几年來教學工作的体会編寫而成。在編寫过程中，曾参考了我國和苏联以及其他國家的有关書刊。此外，鑒于目前國內尚缺乏这方面的參考資料，特在講義中編入一些供計算用的參考資料和数据，並对某些机构的工作原理加以簡單的說明。

講義的內容包括金屬切削机床的运动設計、主要部件、主要零件及操縱系統和冷却潤滑系統的構造設計和計算問題。在目前缺乏适当教材的情況下，本講義可做為本校有关專業學生學習本門課程的主要參考書。

由于編者的科学技術水平和教學經驗所限，缺点和錯誤在所难免，望讀者指正，以便修改。

本講義經程韓和張曙同志審閱，特此致謝。

編 者 1956年12月

目 录

第一章 緒 論

- § 1. 近代机床制造的發展趨勢..... 1
- § 2. 机床設計的基本任务..... 4
- § 3. 設計机床的步驟..... 7

第二章 决定机床的基本技術特性

- § 1. 决定主运动为回轉运动的机床的主軸轉数.....10
- § 2. 决定主运动为往复（直線）运动的机床的双行程数.....17
- § 3. 走刀量系列.....18
- § 4. 选择轉速（双行程数）調節范围 R_n 19
- § 4. 决定机床傳动动力.....20

第三章 擬定机床的傳動系統

- § 1. 設計傳动系統的一般要求.....26
- § 2. 决定傳动系統（鏈）中各傳动副的傳动比.....27
- § 3. 决定傳动鏈中齒輪的齒数.....44

第四章 床身和導軌

- § 1. 床身.....53
- § 2. 導軌.....58
- § 3. 工作台、溜板等.....78

第五章 机床上的皮帶、鏈條、齒輪和蝸輪傳動

- § 1. 机床上的皮帶傳动.....80
- § 2. 机床上的鏈条傳动.....85
- § 3. 机床上的齒輪傳动.....90
- § 4. 机床上的蝸輪傳动.....99

第六章 机床的變速箱和走刀箱

- § 1. 机床的變速箱..... 108
- § 2. 机床的走刀箱..... 115
- § 3. 机床上的快速走刀機構..... 120

第七章 机床上的無級調速裝置

- § 1. 机械的無級調速裝置的構造..... 123
- § 2. 加大机械無級調速裝置的調速範圍的方法..... 130
- § 3. 机械無級調速裝置的計算..... 133

第八章 机床上的軸和主軸

- § 1. 主軸和軸的材料及其熱處理..... 139
- § 2. 軸和主軸的構造..... 141
- § 3. 軸和主軸的計算..... 142

第九章 机床上所用的軸承

- § 1. 滑動軸承..... 153
- § 2. 滾動軸承..... 159

第十章 机床上完成直線和平面運動的機構

- § 1. 齒輪——齒條..... 168
- § 2. 蝸桿——齒條..... 169
- § 3. 絲槓——螺母..... 170
- § 4. 比例儀..... 180
- § 5. 其他完成往復運動的機構..... 180

第十一章 机床上完成週期運動的機構

- § 1. 棘輪機構..... 181
- § 2. 單轉和超越离合器..... 182
- § 3. 十字輪機構..... 185
- § 4. 定位裝置..... 189

第十二章 机床上的換向機構

- § 1. 換向的動力學..... 192
- § 2. 机械換向機構的構造..... 194

第十三章 机械的操縱系統和保險裝置

- § 1. 机床上的操縱系統..... 196
- § 2. 机床上的保險裝置..... 204

第十四章 机床的潤滑和冷卻系統

- § 1. 机床的潤滑系統..... 210

§ 2. 机床的冷却系統.....	215
主要参考文献.....	217

附 錄:

1. 机床制造業标准轉数系列表.....	218
2. 各种級数轉数系列的比較.....	220

第一章 緒 論

§ 1. 近代机床制造的發展趨勢

要設計符合于近代机械制造要求的新机床，首先必須明確近代机床制造的發展趨勢，而机床制造的發展趨勢決定于机械制造的發展方向。

近代机械制造的發展方向是：一方面降低產品成本，另一方面尽可能減輕工人的勞動。降低成本的一个主要途徑是在保證質量的条件下，尽可能提高生產率，即在保證必須的和足够的加工精確度和表面光潔度的条件下，尽可能地提高生產率。

对單件生產率來說，它可理解為單位時間內所完成的制件數量。若 T 為加工每一制件所需的時間，則生產率：

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x} \text{ 件/分} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q —— 單件生產率，單位為件/分；

T —— 加工每一制件所需的時間，單位為分；

t_p —— 工作行程（切削）時間，即直接用在切削工件上的時間，單位為分；

t_x —— 工作循環內的空行程，如用在進刀、退刀、裝卡工件等上所需的時間，單位為分。

从 (1) 式可知，提高生產率可从縮短切削時間 t_p 着手，而縮短 t_p 可用提高切削速度、加大走刀量及加深吃刀量的辦法來實現。

吃刀量 (t) 受加工裕量的限制。必須指出，為了節省材料，应从毛坯制造方面設法，盡量避免留過大的加工裕量。

目前走刀量 (S) 因刀具幾何形狀改進的結果（科列索夫和烏蘭諾夫車刀即其一例），已達 6—10 公厘/轉以上，在加工有色金屬時還可更高。例如，在銑床上銑鋁時，工作台速度已達 3800—7600 公厘/分以上。

在提高切削速度 (V) 方面，今天已有顯著的成就。例如，車鋼時已應用到 1880 公尺/分的切削速度；銑鋼時可達 300—350 公尺/分，銑有色金屬時甚至已達 6000—7000 公尺/分；切齒為 60—150 公尺/分；磨削為 90—100 公尺/分；用硬質合金車刀高速銑螺絲（旋風切削法）已達 200 公尺/分；鉋削已達 90—120 公尺/分，而拉削也是達到 90 公尺/分。

顯然，如果不斷改進刀具幾何形狀和制造刀具的材料，則切削速度和走刀量還將繼續提高。

提高切削速度的結果，相應地提高了机床主軸的轉數或增加了工作台的往復行程數。目前，車床的主軸轉數已達 6000 轉/分；銑床已達 15000 轉/分；鉗床和磨床已達 80000—100000 轉/分。从圖 1 中可以看出蘇聯和民主德國出產的車床的轉數提高情況。

由于在粗加工时普遍地采用高速切削和加大走刀量，而提高切削速度和加大走刀量

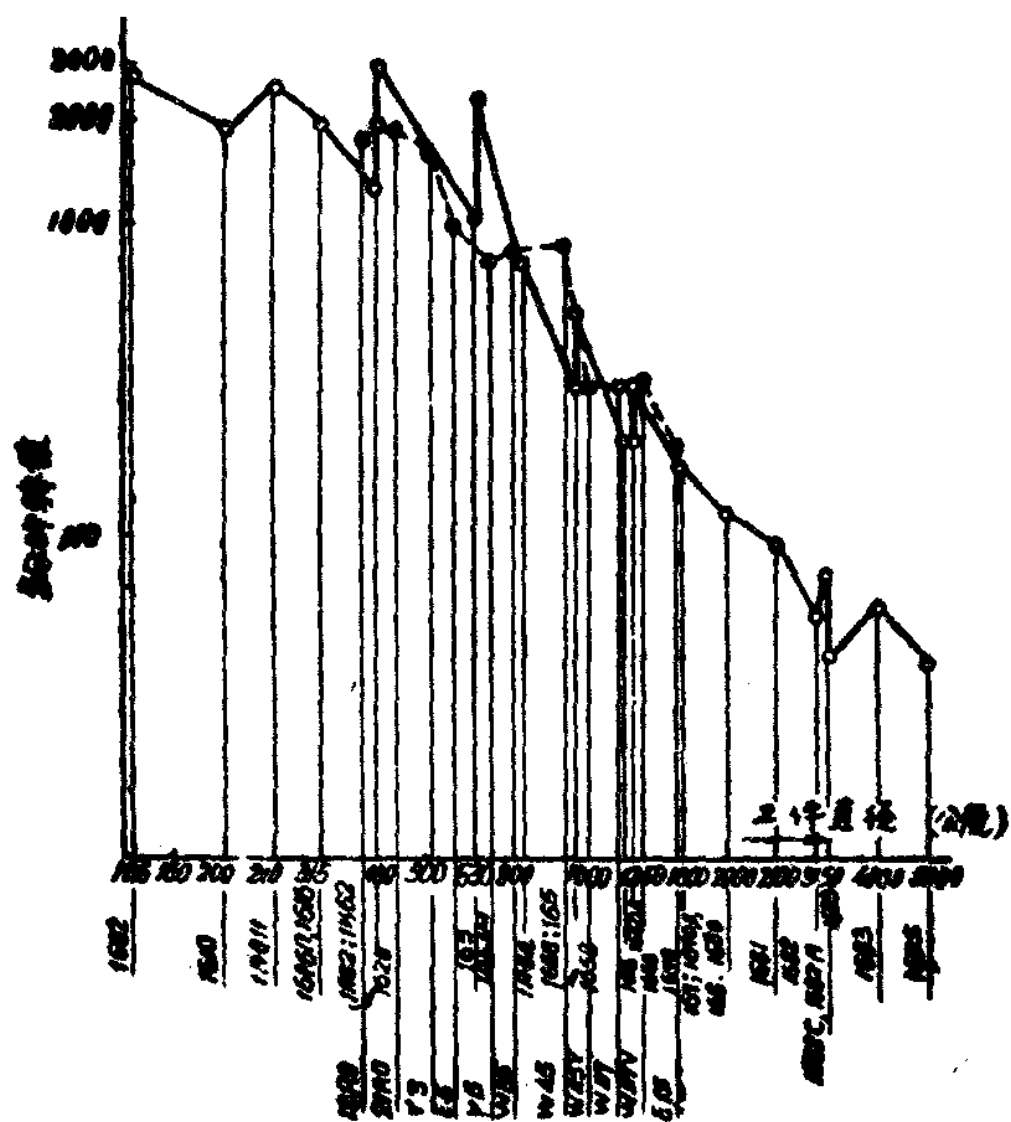


图 1 车床转速比较图

的结果却大大地增加了加工时的切削力(此力有时大到几十吨)，因此，就必须要提高机床的传动动力。如果仍以车床为例，图 2 可以说明机床动力增长的情况。

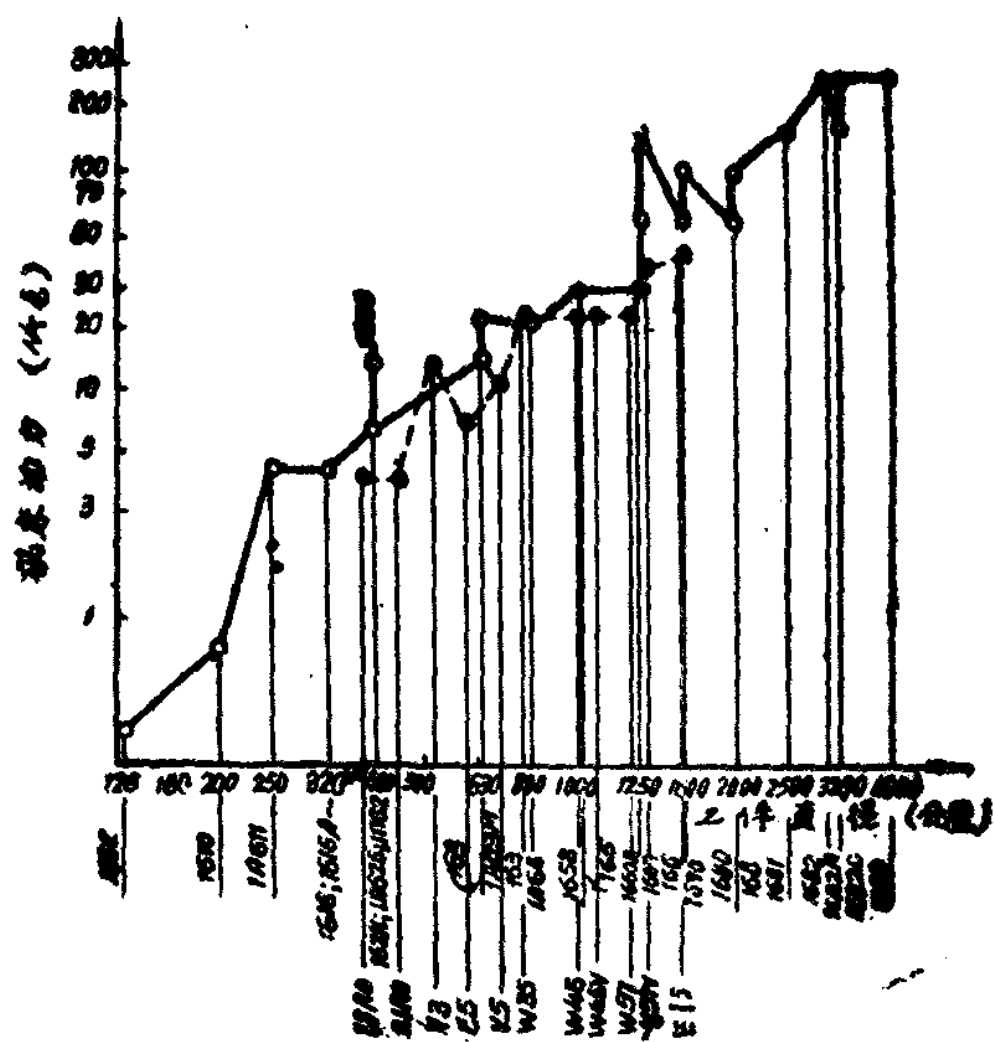


图 2 车床动力比较图

提高生产率应该在保证质量的基础上进行。因此，一定要在保证加工精确度和表面光洁度的条件下提高切削速度和走刀量，并且必须提高对机床刚度和抗振性的要求。

提高机床的刚度和抗振性，不能简单地加大机件的断面尺寸和重量，而必须从节省材

料的原則出發，尽可能应用結構簡單的办法：如合理分佈剛筋；正確設計另件的断面，使之与作用力的分配和方向相适应(参考圖3)；利用附加另件來提高基本另件的剛度；

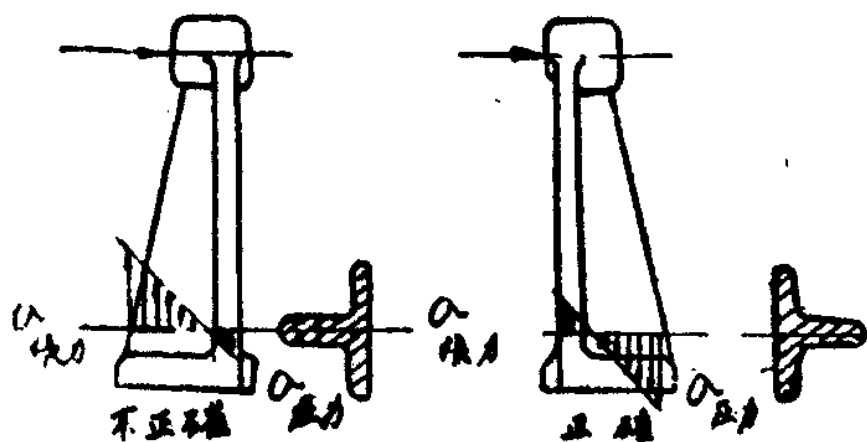


图 3

尽可能采用整体另件；減少另件的自由長度和另件接触处的余隙；高轉速的另件必須進行动力平衡試驗等。

假定(1)式中的 $t_x=0$ ，即工作时全部的时间都用在切削上。当然，这是最理想的情形。此时，所獲得的生產率为理想生產率，即

$$Q_{\phi} = \frac{1}{t_p} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Q_{ϕ} ——理想生產率，單位为件/分。

自(2)式得：

$$t_p = \frac{1}{Q_{\phi}} \dots\dots\dots (3)$$

將(3)代入(1)式，則得：

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{Q_{\phi}} + t_x} = Q_{\phi} \frac{1}{1 + Q_{\phi} t_x} \dots\dots\dots (4)$$

自(4)式可知，單件生產率 Q 並不与理想生產率 Q_{ϕ} 成直線比例，亦即縮短切削加工時間並不是在所有的情况下都能提高生產率的。若(4)式中的 $Q_{\phi} t_x$ 之值比1大得多，以致1可以略去，則(4)式可寫为

$$Q \approx \frac{Q_{\phi}}{Q_{\phi} t_x} = \frac{1}{t_x} \dots\dots\dots (5)$$

这就是說，当 t_x 大时，則生產率与 t_p 成反比。所以，欲提高生產率，則在縮短 t_p 的同时，还必須縮短 t_x 。

縮短 t_x 的最好办法就是使机床工作自动化。現代机床制造業中的一个特点，就是許多从前未進行自动化的万能机床，例如鏜床和立式車床等也向自动化發展。

机床工作自动化以后，工人花在照管此类半自动或自动机床上的時間就減少。因此，有可能实行多机床照管。但这种同类的多机床照管的缺点是：第一，各單軸机床都佔同等的生產面積；第二，工人經常往返在各机床之間，因而易疲勞。

为了避免上述缺点，將同类的單軸机床合併制造成多軸(自动及半自动)机床。

机床工作的自动化可借机械装置、电力装置、液压装置、气压装置及上述各种装置的組合装置来完成。最近几年由于电子学的发展，机床的程序控制逐渐地由实验阶段转入在生产条件下运用。程序控制不仅使机床的工作过程高度自动化和大大地增加设备的利用率，同时还可以达到其他任何自动化方法所不能达到的加工精度。利用程序控制和电子计算机，我们有可能使加工极其复杂工件表面的机床全部工作循环自动化。应用电力装置、电子仪器和液压装置可以使机床的构造简化，同时，调整也方便。这可以降低机床本身的成本，也可以提高生产率。此外，因为电力装置、电子仪器和液压装置不需要机床制造厂自己制造，所以掌握机床的生产快而且容易，因而也缩短机床的设计和制造时间。

缩短机床的设计和制造时间的另一重要办法是采用組合设计原理，即采用标准的組合部件，这种組合部件由专门工厂生产。值得注意的是，最近几年組合机床已经不仅限于钻、镗加工，同时也出现了用于车、铣、磨等加工的組合机床，例如，国外已经在多刀中心——卡盘式车床上使用了标准的自动刀架，刀架可以根据加工工件的形状和尺寸来安置。

机床工作自动化的进一步发展是自动作业线。在自动机床和自动作业线上工作的工人的劳动条件比在普通机床上优越得多。

因此，提高切削速度和加大走刀量，相应地提高切削动力并使机床工作自动化成为机床制造业的基本发展方向。在体现这一基本方向的同时，必须贯彻下述要求：

1. 相对地提高专用机床的比重。我国工业生产已逐步向专业化过渡，因而有条件和必须采用专用机床，因为这种机床的构造简单、生产率高、对工人的技术水平要求较低。
2. 设计制造联合机床，以便使零件制造过程中的许多工序集中在一部机床上完成。应用这样的机床，可以节省生产面积，减少工人的数量，降低对车间内搬运的要求等。这样的机床特别适用于拖拉机修理站和其他修理工厂。
3. 提高精密机床的精确度，以提高产品质量。
4. 注意移棄切屑的问题，以适应高速切削的需要，保证铁屑很好的排除，改善导轨机构的保护而延长机床的寿命。
5. 尽可能缩小机床的外围尺寸，以节省生产面积。
6. 机床结构的配置应力求能应用于自动作业线中。
7. 构造上应符合安全技术的要求，并能减轻工人的劳动强度。
8. 注意机床外形的美观。

§ 2. 机床设计的基本任务

我国社会主义工业化的主要要求，就是大约要在三个五年计划的期限内，基本上建成一个完整的工业体系。做为机械工业中心部门的机床制造业就必须为国民经济各部门的发展提供足够数量的新产品。在过去几年内由于自己的设计力量薄弱，绝大部分机床是做照苏联和兄弟国家供给的产品图样和自行测绘的产品图样来生产的。

随着国民经济的发展，单纯依靠做造已经不能满足需要，我们必须根据自己国家的资源、自然的特点以及使用上的具体条件和要求来逐步地设计出大型的、精密的、成套

的、优良的机床设备。由此可见，我国机床设计者的任务是非常艰巨的。在目前设计人员数量极少和缺乏设计经验的情况下，我们除了在短时间内解决大量的新式机床的设计和使用的問題外，还必须大力改装旧有设备，以充分发挥其潜在能力，来适应国家建设的迫切需要，因此，机床设计的基本任务可归纳如下：

1. 改装现有通用机床，使之能在成批或大量生产中担当专用机床的任务。
2. 改进现有机床的设计(产品改进工作)，以满足提高生产率和使用质量的要求。例如提高转速(双行程数)、动力、刚度、抗振性等；扩大或缩小机床的转速和进给量范围；使工作自动化，创造多机床照管的条件；减少机床制造的困难程度；节省材料等。
3. 以已经投入成批生产的机床为基础，设计制造新型号的机床，即用改进基本型号机床的设计的方法，设计制造新型号机床。
4. 设计制造新型号机床，即设计制造前所未有的新机床，以适应新产品生产的需要。

在进行上述改装、改进设计、设计制造时，必须时刻参考下列的设计原则：

1. 尽可能采用电力、液压和空气传动装置，以提高自动化的可能性和减少机床构造的复杂性。
2. 在条件许可下，尽量节省材料，尤其是贵重的金属材料(参考图4)。
3. 机床另件的构造必须制造简单、装配方便、修理容易(参考图5)。

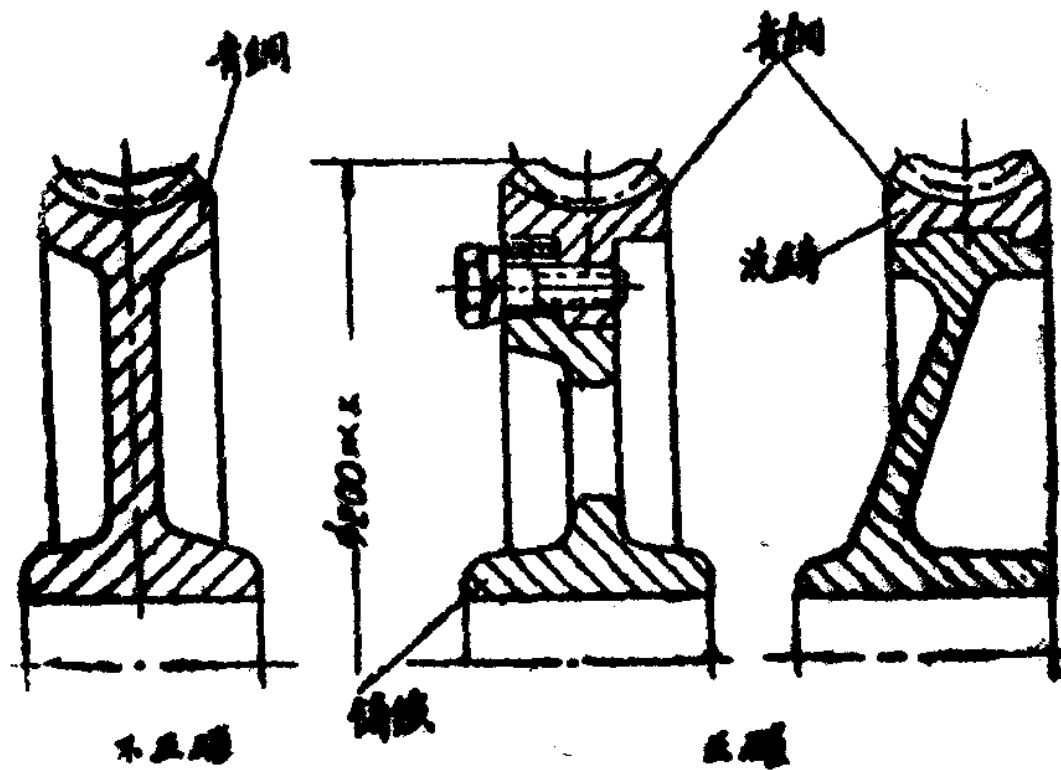


图 4

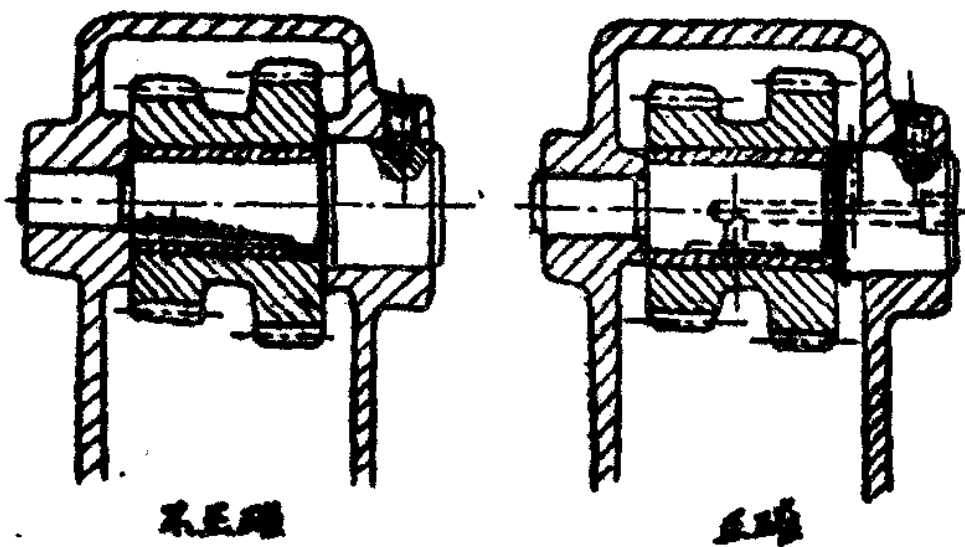


图 5

4. 尽量采用标准另件、部件、以缩短设计和制造的时间，并降低机床成本。

由于机床的用途、类型及組合方式（如臥式、立式等）不同，机床的另件、部件实际上也不可能只有一个典型的構造。不过，仍然可以归納出一套典型來。因此，在設計时，即使需要進行新的設計，也应以典型構造为基础而進行必要的修改。

5. 应使机床的操縱和照管方便，周密考慮技術安全問題，以避免工人和調整員的人身事故並減少其疲勞。

設計工作者必須認識：沒有在任何場合下都能套用和一成不變的机床設計規則。例如，在各式机床上加工的另件，除了材料不同、形式不同、尺寸不同以外，其精確度和光潔度的要求可以不同，同时生產的規模也会不同。这就要求有特殊的、最适合于各該另件加工需要的机床。为适应如此广闊的需要，机床不但在类型上要多，在重量和傳动力上也相差極大。例如精密仪器制造用的机床的重量常为 3—4 公斤，其动力在 0.1—0.15 仟瓦，很少到 1 仟瓦的；重型立式車床的重量有到 1800 吨，其总动力往往在几百仟瓦左右。在設計尺寸和动力如此懸殊的机床时，当然应有不同的办法。此外，設計重型和中型机床、精加工和粗加工机床的方法也有不同。因此必須分別对待。这就要求在進行設計时，首先应分析設計任务，然后搜集能滿足机床要求（包括所完成的运动特性和精度等）的另件並加以組合，再分析各种組合的方式。最后，选择一个最适合的組合方式，即最現代化的構造。必須指出：即使是現有的最好的最新的構造，也要逐漸變旧，變为不太适合，最后会被更新的、更合理的構造所代替。所以，設計时必须批判地采用現有的構造方式、現行規格、标准和計算方法。只有这样才能設計出現代化的構造和在經濟上及工藝上合理的机床。

在选择机床構造时，还必须考慮需要者的要求和制造該机床的工厂的生產情况。

选择机床的構造是用比較的办法，以比較其技術經濟指标。

机床的技術經濟指标最主要的是：

1. 生產率——机床的类型不同，則比較生產率的标准也不同。因此，在比較粗加工机床时可采用切削生產率，即用在單位時間內机床所切下的切屑的重量为比較标准；比較精加工机床时用表面形成生產率，即用机床在單位時間內所加工的表面面積为比較标准；比較自动和半自动机床用單件生產率，即用單位時間內在机床上所完成的制造件数目为比較标准。此外，尚有絕對生產率，即用机床所消耗的平均有效动力为比較标准。應該指出：不是在所有情况下上述比較不同类型机床的生產率都能正確地反映机床的基本性能，因此，設計新机床或改裝机床时，可用机床生產能力特性圖解（参考「金屬切削原理」課程）。

2. 自动化程度——对自动和半自动机床特別重要。用机床的自动工作時間与整个加工循环总時間的比表示。此比值約在 0.5—0.995 之間。

3. 机床的加工精度——对于高速和精密机床特別重要。机床的精度随机構的傳动精度、另件的制造和裝配精度等因素而定。

輔助的技術經濟指标有：

1. 机床構造的工藝性——由需要加工的表面数目及其复雜性决定。

2. 机床構造在材料消耗上的有效性——用單位切削动力所代表的机床重量表示。通用机床的值 W/N 約为 250—300 公斤/仟瓦。

3. 机床的外形及其構造形狀。

§ 3. 設計机床的步驟

設計机床的工作通常分为三个阶段，因此称为三段設計法。但由于所設計的机床用途不同，有时也只需要進行三段設計中的二个阶段的設計工作。

三段設計的意义

目前机床制造業的產品种类是非常繁多的，有尺寸不同的小、中和重型机床，在这些机床上加工另件的尺寸可以相差几千、万倍。另外，加工这些另件不僅需要不同类型的机床，如車床、鉗床、鉋床、齒輪加工机床等，同时还必須注意到，在小另件和大另件之間有一系列的尺寸由小到大逐次增加的各种另件也要求我們有相应的机床來加工。如果每次都是根据定貨人的具体需要進行設計，就將設計出无数台样式繁多的机床，这样做是不可能的，是任何机床制造厂所无能为力的。因此，在創設一种新型号的机床时，必須在滿足訂貨人要求和达到經濟效果的前提下，适当地限制同一类型机床的数量。

在資本主义國家里，這個問題是通过各机床制造企業的競爭來解决的。

在社会主义國家里是用計劃經濟的方法，通过机床系列化來解决這項問題。例如，机床制造厂生產鉗床，如果我們先單獨設計尺寸为 $\phi 35$ 的鉗床而未考慮到 $\phi 25$ 和 $\phi 50$ 的，將來再單獨設計 $\phi 25$ 和 $\phi 50$ 的鉗床时不但浪費時間，而且因为事先考慮不週，不可能利用几何形狀相同和通用的部件与另件。因此，在开始設計机床之前必須考慮下列三個問題：

1. 机床的系列化。也就是在設計某机床之前應該首先設計整个机床的系列。例如設計立式鉗床时，可以確定这系列中有 $\phi 6$ 、 $\phi 12$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 35$ 、 $\phi 50$ 、 $\phi 75$ 和 $\phi 100$ 八种尺寸的机床。

2. 研究本系列中某些机床的共同点，以便使其部件和另件通用化。上述系列的机床可分許多組，例如一組为 $\phi 25$ 、 $\phi 35$ 的立式鉗床；另一組为 $\phi 50$ 、 $\phi 75$ 的立式鉗床；第三組为 $\phi 100$ 的立式鉗床。

3. 確定設計原則，也就是要選擇一种既滿足加工要求，而又对本系列中所有机床都适用的構造。

在系列中除基本型号的机床外，还有變型机床。这是為了滿足某种生產的需要才將基本型号机床的尺寸或个别部件進行修改而得到的。例如，中心高相同的車床可以有不同中心距，或沒有絲槓而僅用光槓的變型車床；最大鉗孔直徑相同但橫臂伸出長度不同的變型搖臂鉗床等。

各种机床的設計階段

通用机床——通用机床因为產量較大，因此必須進行三段設計。

第一階段：擬制系列机床的技術任務書；

第二階段：技術設計——分別按系列中某一部分机床來進行，而在这一部分机床中，相互間大部分部件的規格是通用的；

第三階段：在這系列中的單獨的每個型號機床的工作圖設計。

專門化機床——專門化機床通常是一般用途機床的變型，是經過一些技術性能和某些部件的改變後而成。例如，以車床為基礎的粗加工車床、端面車床、銑床等。

一般在擬制系列機床的技術任務書時，應首先考慮在通用機床的基礎上製造專門化機床的可能性，因此專門化機床設計分為兩個階段，即技術設計和工作圖設計。

專用機床——用於大量和大批生產中的特殊機床，它僅是為了完成少數另件的某一道工序，這種機床一般都是自動或半自動的。例如，組合機床、多軸立式鉗床等。和通用機床一樣，對於這類機床如果每一個單獨的定貨都完全重新設計，則將提高機床的成本，延長掌握機床的時間。因此，專用機床的製造廠，首先要掌握基本型號和標準部件的設計和製造，然後對它們加以不同的組合，再製成專用機床。顯然，設計這種基本型號和標準部件是一個很複雜的工作。所以一般分為三個階段。

第一階段：擬制基本型號機床系列和標準部件的設計任務書；

第二階段：進行基本型號機床及標準部件的技術設計；

第三階段：基本型號機床及標準部件的工作圖設計。

有時由於定貨者提出的特殊條件需要很多新的部件，設計這種專用機床的步驟也分為三個階段：

第一階段：擬制機床的技術建議書；

第二階段：機床的技術設計；

第三階段：機床的工作圖設計。

對於新另件數佔基本型號機床和標準部件中另件數 $25-40\%$ 的特殊機床，可以分二個階段進行。

第一階段：擬制機床的技術建議書；

第二階段：機床的工作圖設計。

當設計時無法決定機床技術性能和基本部件的位置安排時，常加入一個草圖設計階段，它和擬制技術任務書或技術建議書階段同時進行。

綜合上述，可知設計機床的步驟為：

第一階段：擬制技術任務書或技術建議書和草圖設計；

第二階段：機床的技術設計；

第三階段：機床的工作圖設計。

只有當前一階段的設計經過規定的審查和批准程序後，才可以進行下一階段的設計。因為，設計機床按上述三個階段進行有下列的優點。

第一，當進行系列機床設計時，雖然用的是整個系列的設計方法，但不需要等待整個系列的施工設計（工作圖設計）全部完成，這樣就不致拖長掌握機床的時間。

第二，便於在各個時期中來審查和批准設計，不致為了根據定貨者的要求和批准機床的結論而在修改設計時推翻全部已完成的設計工作。

第三，可以使設計工作均勻而有順序地進行，避免倉促或未經週密考慮就採取某些決定的可能性，促使設計人員必須在進行設計時對所設計的部件和主要另件進行計算。

第四，不允許設計人員在未將各部件聯系好之前就進行整個部件的詳細設計。

各設計階段的工作內容

技術任務書中应包括：

1. 机床用途及其應用範圍；
2. 設計、制造新型号机床的根据；
3. 分析与所設計的机床同类型的現有較好的机床的特点。根据这种分析和說明再决定采用何种机床为所設計的新机床的基礎；
4. 所設計的机床的構造特点和主要技術規格。

草圖設計內有机床的总裝配圖、傳動圖、液压傳動圖、电力傳動原理圖、加工原理圖及主要部件的設計原則和机床的技術性能。

技術設計包括設計的圖表部分和文字說明部分。

圖表部分包括有：

1. 机床总裝配圖及各部件的裝配圖；
2. 傳動圖、液压傳動圖和电力傳動圖；
3. 潤滑系統圖；
4. 滾動軸承部位分佈圖。

若为半自动和自动机床，則必須有工作的自动循环圖。

若为專用机床，則必須有工具分佈圖。

文字說明部分包括有：

1. 計算和說明書；
2. 外購电器設備明細表；
3. 附件和机床成套备件一覽表；
4. 螺紋、配合直徑、齒輪模數明細表；
5. 与軸承工業部門所簽訂的关于訂制机床上所采用的滾動軸承（广泛使用的普通軸承除外）的協議書；
6. 前一階段設計的審查和批准文件副本。

工作圖設計中主要是設計另件和拟訂制造另件的技術条件。此外，还应包括机床出厂說明、机床維護說明書、技術驗收文件、机床技術条件、标准件明細表和机床包裝圖、已批准的机床成套外購件和外購的半成品的标准。

三段設計中工作量的比重大致如下：第一階段拟制技術任務書約佔 10%，第二階段進行技術設計約佔 30%，第三階段進行工作圖設計約佔 60%。

第二章 决定机床的基本技术特性

技术设计主要是运动设计和动力设计。为了进行这项设计，则必须知道以下两项数据：

1. 所设计机床执行件（工件或刀具）的工作速度。根据工作速度进行运动设计；
2. 所设计机床的传动动力。按此动力进行动力设计，也就是知道动力的数值后，才能进行机床主要另件和部件的设计。

§ 1. 决定主运动为回转运动的机床的主轴转速

当机床的主运动为回转运动时，如车床、铣床、钻床、镗床等，可用下式求其主轴的极限转速 $n_{\max}$ 和 $n_{\min}$ ：

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}} \dots\dots\dots (6)$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}} \dots\dots\dots (7)$$

式中最大和最小的切削速度 $V_{\max}$ 和 $V_{\min}$ （对走刀运动应采用最大和最小的走刀量 $S_{\max}$ 和 $S_{\min}$ ）是根据所采用的刀具材料和被加工工件材料从切削用量手册中选择出来或用计算公式计算出来的。对一些加工切削用量研究较少的通用机床或专门化机床，也可根据技术任务书或技术建议书中对现有国内、外机床分析的结果，参考最新式、最先进和在使用中验证过的机床的速度，以及考虑到今后切削刀具的发展情况来确定极限速度。

$d_{\max}$ 根据车床的中心高、铣刀的最大直径和加工孔的最大直径等决定。平均可取

$$\frac{d_{\max}}{d_{\min}} = 5 \text{ (苏联ЭНИМС取 } \frac{d_{\max}}{d_{\min}} = 4 \text{)}, \text{ 由此求出 } d_{\min} \text{ 之值。}$$

所求出的极限转速值之比称为主轴转速调节范围或简称转速调节范围，用 $R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$ 表示。

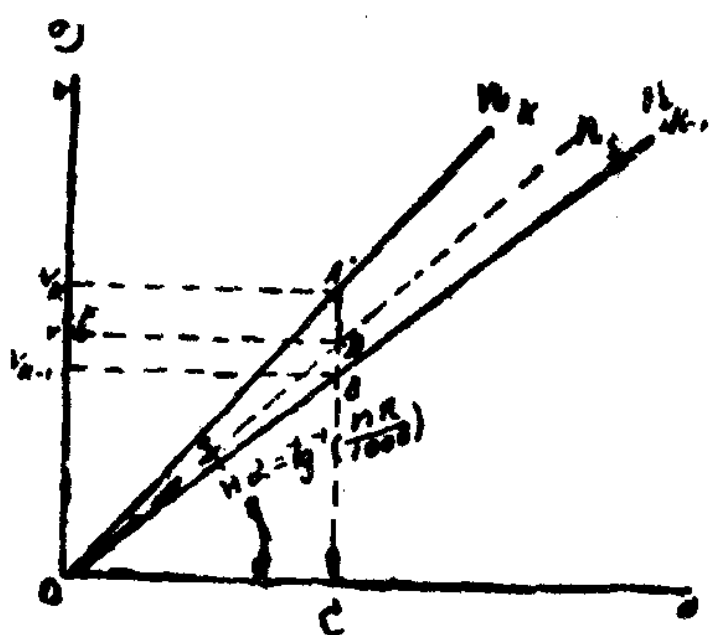
为了保证在任意直径时能选用最合理的切削速度进行加工，必须采用无级调速的传动，这样，才能使机床主轴获得自 $n_{\min}$ 至 $n_{\max}$ 间的任意转速。但目前尚有很多原因限制无级传动的广泛应用。因此，在近代机床上主要仍采用有级传动机构来实现 $n_1 = n_{\min}, n_2, n_3, n_4, \dots, n_k, \dots, n_z = n_{\max}$ 主轴转速级。显然，此时不能在任意的 V 和 d 值下选用最理想的主轴转速进行加工。因此，这将造成切削速度和生产率的损失。为了使用上方便，应该选用生产率损失为常数的转速级数的排列。能满足这种要求的转速系列在 1876 年已为俄国学者科学院院士格达林(Гадюлин)证明应该为几何级数的排列。

当 $n = \text{Const}$ 时, $V = \frac{\pi d n}{1000}$ 式在 (d, V) 直角坐标系中是一个通过原点的直

线方程式, 它与横坐标成交角 $\alpha = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\pi n}{1000} \right)$, 如图 6。

今有直径为 d 的工件或刀具, 根据计算的结果, 需用最合理的切削速度为 V , 其相应的转速为 n 。机床上只有 n_K 和 n_{K-1} 。显然, 当刀具耐用度受限制时, 只能取 n_{K-1} , 因而产生切削速度的损失为 ΔV 。当 n 趋近于 n_{K-1} 但仍大于 n_{K-1} 时, 损失为最小; n 趋近于 n_K 但仍小于 n_K 时, 损失为最大。所以切削速度的最大损失:

$$\Delta V_{\max} = \frac{AC - BC}{AC} = \frac{V_K - V_{K-1}}{V_K} = 1 - \frac{V_{K-1}}{V_K} \dots\dots\dots (8)$$



因为:

$$\left. \begin{aligned} V_K &= \frac{\pi d n_K}{1000} \\ V_{K-1} &= \frac{\pi d n_{K-1}}{1000} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

所以:

$$\Delta V_{\max} = 1 - \frac{V_{K-1}}{V_K} = 1 - \frac{n_{K-1}}{n_K};$$

图 6

$$\text{式中 } K = 2, 3, 4, \dots, Z \dots\dots\dots (8a)$$

也就是, 对主轴转速系列中每两个相邻转速之间 (n_1, n_2) , (n_2, n_3) , $\dots\dots\dots$ (n_{Z-1}, n_Z) 的速度损失

$$\left. \begin{aligned} \Delta V_{(1,2)\max} &= 1 - \frac{n_1}{n_2} \\ \Delta V_{(2,3)\max} &= 1 - \frac{n_2}{n_3} \\ \Delta V_{(3,4)\max} &= 1 - \frac{n_3}{n_4} \\ \dots\dots\dots \\ \Delta V_{(Z-1,Z)\max} &= 1 - \frac{n_{Z-1}}{n_Z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8b)$$

生产率的损失与切削速度的损失成正比例, 所以 (8) 式也反映着生产率的最大损失。

为了保证机床的使用性能, 应使整个转速系列中切削速度的最大损失在任意两速度之间都相同。因此, 必须使:

$$\Delta V_{\max} = 1 - \frac{n_{K-1}}{n_K} = \text{Const} \dots\dots\dots (8B)$$

为此, 必须使 $\frac{n_{K-1}}{n_K} = \text{Const}$ 。此公式说明, 为了使任意两速度之间切削速度的最