

高等学校教学用书

金属切削机床的 设计与计算

上册

阿切尔康著



机械工业出版社

高等学校教学用书



金属切削机床的设计与计算

(第二版)

上册

清华大学、交通大学、浙江大学、北京工业学院、山东工学院译

清华大学 校

苏联高等教育部批准为
机器制造高等技术学校教学参考书



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書是高等機械製造工業學校「金屬切削機床」課程「機床設計與計算」部分的教学參考書，書內討論了適應社會主義先進生產要求的現代金屬切削機床的許多設計問題和機床發展的現代趨勢。

在具體內容上，本書首先着重地介紹了為了適應現代金屬切削加工日益提高的要求，在機床設計方面所應遵循的一些主要方向和蘇聯機床製造業在這方面的成就。然後，大致按以下順序討論了各個問題，包括：機床基本技術特性的確定，機床運動圖的擬定，各主要傳動部件（變速箱、進給箱等）及零件（床身、軸、軸承、齒輪等）的設計，無級變速機構，直線運動機構，間歇運動機構，反向機構，操縱機構及機床的潤滑和冷卻裝置。

本書系統是按照高等機械製造工業學校機床設計專業這門課程的教学大綱編寫的，主要是供大學生參考之用。由於書中比較全面而系統地介紹了許多有關機床設計的基本和實際問題，因此它對機床廠和機床設計等部門的設計師來說也是很有用的。

全書分上下兩冊出版，上冊為 1~9 章。

此書第一章由清華大學馮鉄蓀譯，金希武校；第二、三章北京工業學院陳肖南、陳振聲譯，清華大學陳克成校；第四章交通大學金屬切削機床及刀具教研室譯，清華大學李民范校；第五章北京工業學院陳肖南、于啓勛譯，清華大學李民范校；第六章山東工學院顏子平譯，清華大學李民范校；第七章北京工業學院陳肖南、于啓勛譯，清華大學李民范校；第八章山東工學院顏子平譯，清華大學馮鉄蓀校；第九章浙江大學梁允奇、呂維雪譯，清華大學金希武校。

蘇聯 Н. С. Ачеркан 著 'Расчет и конструирование металлорежущих станков' (2-е издание) (Машгиз 1952 年第二版)

* * *

NO. 1067

1956 年 10 月第一版

1956 年 10 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₈ 字數 496 千字 印張 22⁵/₉

00,001—10,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷

新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號

定價(10) 2.80 元

目次

第一章 緒論	7
1 現代机床制造的一般趨勢	7
2 祖國（苏联）机床制造發展的概述	17
3 从苏維埃社会主义工業的任务來看机床設計的一些基本問題	27
4 根据工藝任务对机床結構的選擇及其理由	29
参考文献	33
第二章 机床基本技術特性之确定	34
5 極限切削速度与進給量之選擇	34
6 机床主軸的轉速系列	35
7 作直線主体运动机床之双行程数系列	42
A 作往复主体运动的机床	42
B 方向不变的直線运动机床	44
8 進給量系列	45
9 主軸轉速，双行程数与進給量之選擇	47
10 現代机床中之轉速、双行程数、進給量、变速范围、速度与進給量分級数及系列 公比	48
11 机床电动机功率之确定	51
A 單一目的（特殊專用）机床	52
B 專門化机床	53
B 万能机床	53
参考文献	59
第三章 机床运动圖的拟定	60
12 對於机床运动圖的一般要求	60
13 决定机床运动鏈結構之基本因素	68
14 拟定机床运动圖的要点	72
15 运动鏈中各機構傳动比的确定	77
A 确定傳动比的分析法	78
B 决定傳动比的圖解法	82
B 直流或交流多速电动机驅動中傳动比之确定	91
Г 有公用齒輪的機構中傳动比之确定	95
Д 折迴機構傳动比之确定	96
16 各类变速箱和進給箱機構中齒輪齒数之确定	100
A 一般方法	100
B 同一傳动組內不同模数諸齒輪齒数之确定	104
B 相鄰兩組間有公用齒輪时輪齒数目之确定	106
Г 斜齒傳动輪齒数目之确定	106
Д 滑动齒輪塊中輪齒数目間之关系	107
参考文献	109

第四章 床身、導軌、立柱、工作台、橫樑、刀架	110
17 床身	110
18 床身材料。床身技術條件	115
19 床身的典型結構	123
20 近代計算機床床身問題的情況	141
21 導軌	145
導軌的材料及保證耐磨性的方法	145
導軌的技術條件	149
22 滑動導軌的結構	151
A 總論	151
B 滑動導軌的結構形式	154
B 導軌的調整裝置	157
Г 用螺絲固定的或銲接的導軌	161
Д 圓柱形導軌	162
E 圓導軌(對於旋轉運動的導軌)	163
23 滾動導軌	166
24 導軌的保護與潤滑	173
25 導軌的計算	178
A 滑動導軌	178
B 滾動導軌	190
26 機床的立柱、工作台、橫樑及刀架。關於它們設計上的一般指示	192
参考文献	200
第五章 機床中的皮帶傳動	201
27 機床中皮帶傳動的应用範圍	201
28 計算機床皮帶傳動的注意點	202
29 主軸上的功率與扭矩	203
30 帶及皮帶輪的材料，機床皮帶傳動的技術條件	204
31 機床皮帶傳動的結構	206
A 皮帶輪的構造	206
B 皮帶輪的配合與固定	208
B 從皮帶壓力下使主軸或軸卸荷	208
Г 皮帶拉緊裝置	210
Д 保證更換皮帶與裝卸帶輪的方便	215
E 用一根皮帶或一組皮帶在幾個皮帶輪上的傳動	216
参考文献	217
第六章 機床里的鏈條傳動、齒輪傳動與蝸桿傳動	218
32 鏈條傳動	218
A 鏈條傳動的優點與缺點，它在機床上的应用範圍	218
B 鏈條傳動計算時的指示	219
B 鏈輪的材料，技術條件	220
Г 鏈條傳動的裝置	220
Д 鏈輪的結構	221

E 鏈条綑緊裝置	222
Ж 鏈条傳動的潤滑	224
33 机床上的齒輪傳動	224
A 齒輪傳動的優點與缺點，它在机床上的應用	224
B 机床中採用的齒輪傳動的类型	226
B 机床制造中所用的齒輪材料	232
Г 机床上齒輪傳動的技術条件	234
Д 机床齒輪傳動計算的指示	235
E 机床齒輪傳動裝置的結構形态	237
34 蝸桿傳動	242
A 机床上蝸桿傳動的應用，它們的優點與缺點	242
B 机床上所用的蝸桿傳動機構的类型	244
B 蝸桿與蝸輪的材料	245
Г 蝸桿傳動計算的指示	246
Д 机床上蝸桿傳動的結構形态	248
参考文献	252
第七章 變速箱和進給箱	253
35 机床的變速箱	253
A 一般情况。對變速箱使用上與工藝上的要求	253
B 術技条件	257
36 變速箱类型	262
A 在机床中的位置	263
B 實現各種傳動比的方法	264
B 傳動接合與分開的方法	268
37 進給箱	282
A 总則。對於進給箱的要求	282
B 技術条件	283
38 進給箱类型	284
A 具有固定齒輪傳動，借滑動齒輪、齒輪塊與离合器配換的進給箱	284
B 配換掛輪式進給箱	287
B 帶反向宝塔齒輪與拉鍵的進給箱	289
Г 梅安德機構	294
Д 諾登箱	298
39 快速進給機構	305
参考文献	307
第八章 机床上的無級變速器	308
40 机床無級驅動在使用上的優點	308
41 轉速、雙行程次數及進給量無級調節的方法	309
42 在驅動中應用機械變速器時，擴大無級調節範圍的方法	312
43 應用在机床上的機械無級變速器的結構	317
44 機械無級摩擦變速器的計算	325
A 傳動比	325

B 摩擦損失。在負荷下的滑動（轉速降落）。摩擦無級變速器效率的實際數值	329
B 摩擦變速器的計算方法	332
参考文献	336
第九章 主軸、傳動軸及其軸承	337
45 機床主軸和傳動軸的任務及其一般要求	337
46 主軸和軸的材料及其熱處理	339
47 機床主軸和傳動軸的技術條件	341
48 主軸和軸的構造及主軸端的形狀	343
49 主軸和軸的計算	348
A 強度計算	348
B 花鍵軸鍵邊側面上比壓的計算	351
B 剛度的計算	353
Г 光禱的計算	357
Д 主軸和軸的振動。臨界轉速的決定	358
50 機床所用軸承的式樣。軸及主軸軸承式樣的選擇	360
51 機床中的滑動軸承	362
A 滑動軸承的材料	362
B 滑動軸承的構造	365
B 計算主軸和傳動軸上滑動軸承的指示	372
52 機床中的滾動軸承	377
A 滾動軸承式樣的選擇	378
B 在機床上應用的特殊型式的滾動軸承	380
B 自位（球面的）軸承、滾針軸承及帶預加載荷軸承的應用	381
Г 一個軸座內能安裝軸承的數目和止推軸承的配置	383
Д 機床中滾動軸承軸座的構造	384
E 滾動軸承的配合	395
Ж 軸座的密封裝置	396
З 主軸和傳動軸軸座上的滾動軸承的計算	397
参考文献	402

第一章 緒論

1 現代机床制造的一般趨勢

〔金屬切削机床〕总的課程中的〔机床的設計与計算〕部分，其目的为給学生在設計現代金屬切削机床——高生產率和精密的工具机械——所必需的專門知識。为了創造適應我們先進机械制造工業所要求的机床，在拟定其結構时必须考慮机床發展的趋势。

首先應該指出，在机床上制造的零件在材料上、形狀上、尺寸上、精度及表面光潔度上，生產規模和其他更特殊的要求上存在着的非常大的差別性，同样引起了金屬切削机床的差別性。由於这些原因，所以不可能有設計机床的很詳細規則，而能毫無例外地適用於所有的实际情况。如果我們把重3.5~4公斤，傳動功率0.1~0.15 仟瓦（很少到1仟瓦）的制造精密仪器用的机床与重达1800噸以上，而总共电动机的功率有好几百仟瓦的重型立式車床來比較一下，这就会很容易了解。

容易理解，像上述机床尺寸及功率很不相同的机床，其設計的方法和具体步驟，也是完全不同的。中型和重型的机床、为粗加工用的及为光加工或精加工用的机床、高級精密及普通精密机床等的設計方法，虽然相差的程度較小，但也是各不相同的。所以新型机床的設計問題只有用辯証的方法才能正确地解决。为此，必須对提出的任务加以分析，然后綜合各种機構以便得出以適合的速度及精度來完成所要求工作循环的机器。先分析这样得出來的各种方案，最后再从其中选出最適合於所提出的条件的一种方案。在選擇时，是以一定的技術和經濟指标制度來指導的。在这里應該記住，即使現在設計出來的最好式样的各种零件和部件也在不断地变旧，而被新的更完善的所代替。同样，對於設計的方式，甚至對於設計原理也是如此，虽然此地〔精神上的陈旧(моральное старение)〕的过程是很慢的。同样，零件及部件的計算方法也有不同的來源，这也包括本書在內。定額是無时不在被更准确的方法更好地能適應現實要求的定額所代替着。

为了設計一种新机床，做一个試驗的样品、試驗它、調整它以及在所得結果的基礎上進一步在需要的生產規模中掌握此新机床之生產能力，就需要几个月的時間，而对特別复雜或大型的机床則常需一年至一年半的時間。所以，新机床的設計师正如別的机器的設計師一样，應該对金屬切削机床技術發展总的方向特別是所設計的机床型式所屬的那一类机床的發展趨勢有一个很清楚的概念。不然，如在設計新机床时不考慮这些趨勢或不拋棄那些在資本主义國家中常用以競爭、追求利潤以及其他由於这些國家的經濟特性所採用的各种办法的話，那末在新机床進入大批生

產時，它可能就是有缺陷的：首先是「精神上的陳舊」，即技術上的落後；其次是在其運轉或技術指標上不符合於蘇維埃國民經濟對本國機床提出之要求。

當然，金屬切削機床技術發展的方向在蘇聯是一個；而在資本主義國家中則是另外一個。他們不一樣也不可能一樣。在我國機床的設計上體現了那些被資本主義的機床製造公司認為是次要的或者根本就不注意的那些因素，例如那些目的在於保護工人的設計部分。這些部分在新設計的機床中將不僅避免了工人受傷而且也避免了工人過分的勞累。在外國，考慮廣告的作用、各公司廠家之間的壟斷競爭、為機床出口市場找出路等因素對機床設計有着很大的影響。例如，外國的機床製造公司常常用複雜合金鋼來製造那些可以用簡單的機器鋼很成功地制出的機床零件。同樣在很多情況下，他們用合金鑄鐵製造床身，在滑動軸承、摩擦离合器及其他部件中，利用有色金屬。同樣的原因使許多外國工廠不合理地追求流線型，這對機床性能也不起什麼作用，反而常常會損害了它的運轉性能（對接近調整機構及機床其他機構增加了困難，屑末不好收集，觀察刀具工作的困難性等）。從這些例子中已很明顯，對外國機床中新東西無批判的接受及在新設計的機床中追求盡多地利用外國機床製造的「新創造」，會給祖國機床製造的發展帶來多大的危害。

從課程的前部知道，現代的機械製造向金屬切削機床提出了基本的要求，就是要在保證必須的及足夠的加工表面的精度及光潔度的條件下，尽可能地有更高的生產率。對於機床工作的這兩個指標（精度及光潔度）的要求，可以在很大的範圍內變動。它決定於機床完成工序的種類和機床在製造零件工藝過程中的地位。至於說生產率在一定的表面精度及光潔度條件之下，對所有一般機床都是要求最大的。

可能的更高生產率的要求，在大規模生產的工業部門中，尤其對軍事工業及廣大必需品工業部門中具有特別重要的意義。在現代機床製造業中高生產率引起了一系列基本而顯明的趨向。關於這一點，首先在機床主體運動及進給速度的增加方面可以看到。刀具幾何形狀的不斷改進，新型刀具及新硬質刀具材料的創造都引起了切削速度的不斷提高，因此不斷提高了機床主軸的轉數。切削速度，銑鋼料時約 300~350 公尺/分；加工輕合金時約 6000~7000 公尺/分；用硬合金刀片的飛刀法（也稱做繞銑法）切削螺紋時，200 公尺/分和更高的切削速度已經不像在最近一次世界大戰時一樣僅是個別工廠達到了。生產革新者的工人們達到了更高的切削速度，例如斯大林獎金獲得者莫斯科銑床工廠車工貝可夫（П. В. Быков）在車鋼料時曾達到 1880 公尺/分的速度。

在祖國的工業中，切削速度普遍提高的結果是：

a) 差不多在所有類型的機床中不斷地增加了高速型式的數量。主軸的轉速譬如在車床中達到每分鐘 6000 轉；在銑床中達到每分鐘 15000 轉；在鑽床及磨床中，達到每分鐘 80000~100000 轉。

6) 在機床的傳動中應用很高轉速的電動機，特別是高頻率電流的感應電動

机，同步速度达120000轉/分；以及把空气机（特別是渦輪机）用在小的磨床及鑽床的主軸傳动中。

同样基本的要求使鉋床的主体运动速度增加到90~120公尺/分。

進給速度也提高了，如在航空工業中銑鋁質零件时，在战时採用工作台進給速度为3800~7600公厘/分。

自然，为表面的光加工及光整加工要用特別高的切削速度及進給速度。在这些工序中，裕量是很小的，切削力相应地也是很小。因此，虽然在很高的切削条件下，有效功率仍是不大的。

可是，現在同样在很高的切削条件下進行粗加工。此时切削力常达几万公斤。相应地，这种机床的傳动功率就会很大。由此可以看見一种趋向即机床傳动功率增加，而机床大小常几乎保持不变。这种趋向表現在很多类型的机床中，而在立式車床、銑床及大型磨床中則特別明顯。

切削及進給速度的提高，使毛坯加工時間（称为基本工藝時間）縮短，因而也提高了机床的生產率。在机床主体运动及進給傳动中更廣泛地应用無級变速也就是为了这个目的。生產率進一步的提高可以用減少「單件時間」的其余部分來达到。單件時間（штучное время）是在某机床上花在一个零件加工上的全部時間。为此力求減少：

a) 輔助時間，即花在在机床上夾緊毛坯及換下完工零件，机床的起動及停車，切削刀具对毛坯或毛坯对刀具的趋近及退出，換向，週期性地控制被加工零件的尺寸及其他工序上的時間。

6) 准备及終結時間的某些部分，即調整机床、安裝及換下刀具的時間。

b) 机床服务時間的某些部分，即加油、清除屑末、修整磨具（砂輪）等的時間。

这些單件時間的組成部分有时對於机床生產率起着決定性的意义。因为切削時間縮短后，这些組成部分在总的時間平衡中即相对增加。有时这个比值是如此之大，使得提高切削条件起的作用比縮短上述單件時間各部分的作用要小。因而随着切削速度的提高，縮短上述時間的問題就具有更重要的意义。

縮短工时最好的解决办法就是使机床工作自动化。自动化可使机床在調整后建立起強制的、不变的工作節奏。換句話說，在給自动机床以起始的开动后，他就会按照重复不变地結構及週期都一样的循环而工作，直到停止为止。但是不应認為机床部件运动的自动化在所有的情况下無例外地会縮短時間。例如經驗說明磨刀机床工作台往复运动的自动化有时在縮短時間上是無利的，因为在短工作行程內用手推动工作台同样也很快，就像机械裝置或液体傳动一样。但甚至在相似的情况下並不降低自动化的合理性。因为：第一，对工人減輕了机床服务，第二，建立起嚴格的節奏，这在別的条件下是不可能的。

如果零件的形狀複雜和重量很大，那么在加工开始前在机床上夾緊毛坯和在最后结束后放松和取下毛坯的自动化是困难的。所以現代机床制造業創造了新的半自动机，即除上述兩個動作以外全部工序都自动化了的机床。这种机床比完全自动机还要更常見，型式也更多些。

自动化普及於所有各类金屬切削机床，是我們时代的特点之一，同时也是这些机器發展的重要特征。在許多新型机床中不僅主体运动及進給的变换是自动的，而且潤滑系統的工作，用懸樑式度量仪器控制被加工零件的尺寸（「積極的檢查」）也是自动的。有时根据切削阻力的变化，切削条件的調整也是自动的。

在靠模机床中，刀具沿着平面、曲線或几乎任何形狀的表面的运动，大部分是完全自动地完成的。

觀察机床各个機構動作的正确性，常常也是自动的；任何的事故都以有色电灯的燃亮來作信号等等。

与自动化密切連系的有許多其他的——次要的——現代金屬切削机床的設計特点，这就是为机器零件的流水作業大量生產創造自动机床組合，自动作業線及整个自动工厂的必要条件，在这方面可以說領導地位無可置疑地是屬於苏联的。

單軸自动机要求最少的服务。这种服务通常是週期地把毛坯裝滿儲料箱或把桿料裝進主軸，週期地度量由自动机制造出來的零件，觀察刀具的情况及机床潤滑系統工作的正确性及刀具的冷却等。此外，有时还应用了裝入式控制仪器和預防及警告設備等，而且將这些手續也自动化了。所以工人看管自动机用的時間是很少的，他能够很容易地看管几台这样的机器。因此，現在趋向於更廣泛地应用多軸自动机及半自动机：在这种机床的每一个主軸上都加工同样的零件，这样就代替了几台單軸自动机。这里工人就擺脫了不停地从这个走到那个机床的必要性，由此就減少了劳累。

有一点是重要的，就是一个 n 軸的自动机或半自动机比較，为了同一目的 n 台單軸自动机所佔的地位要小得很多。由單軸自动机及半自动机換成多軸的所达到的效果可用下面的例子明顯地說明。

圖1左面代表一双緣齒輪塊。为要在八小时的一个工作班中制造出190个这样的齒輪塊，所需要的机床数目，生產面積及机床工人的数量都在同一圖上列出。因此以百分数表示，則：

机 床	机床数目	需要的面積，公尺 ²	工人数目
車床	100	100	100
轉塔車床	43	56	43
單軸半自动机	22	45	11
四軸半自动机	7	21	3.5

要在八小时的一个工作班中制出480个小齒輪时，則：

机 床	机 床 数 目		所 需 面 積		工 人 数 目		佈置工 人数目
	台	%	公尺 ²	%	机床工人	%	
車床	20	100	180	100	20	100	1
轉塔車床	8	40	198	110	8	40	1
單軸自动机	5	25	140	78	1	5	1
六軸自动机	1	5	36	20	1	5	1

比較上述数字，就可明了应用自动机及半自动机要節省多么大的生產面積及劳动力，特别是应用了多軸的自动机及半自动机。这充分地說明了上面指出的趨勢。

通常机床的主軸数愈多，則節省的面積也愈大。增加主軸数目之所以有利，在於多軸机床的成本並不以主軸数比例上升，而是上升得較慢。但是自动机和半自动机的主軸数愈多，則其結構愈趨复雜，事故愈多，並增加佈置的時間和使排除屑末發生困难。与此同时，多軸机床的生產率因为一系列的原因也不是以其主軸数按比例增加的（在相似同一的条件下）。因此，在每一种情形下設計新型的自动机或半自动机时，應該对最有利的主軸数的問題給以分析（見章末参考文献）。

如果可能应力求最大地縮減，甚至完全消除机床的非切削的时间部分。这就引起这样的趨勢：即制造有週期轉动的多位工作台，有連續轉动的工作台或鼓輪的半自动机，还有轉位半自动机。

在立式及鼓輪式的机床中，工作主軸的軸心在工作时是不动的；而夾緊在工作台上或鼓輪周緣上夾具中的毛坯通过裝在主軸上的刀具而被加工。工人把下一件毛坯放進夾具及換下加工过的零件是在机床的運轉过程中進行的，不必

为此停下工作台或鼓輪。圖 2 代表在双軸立式銑床上同时進行零件的粗加工及光加

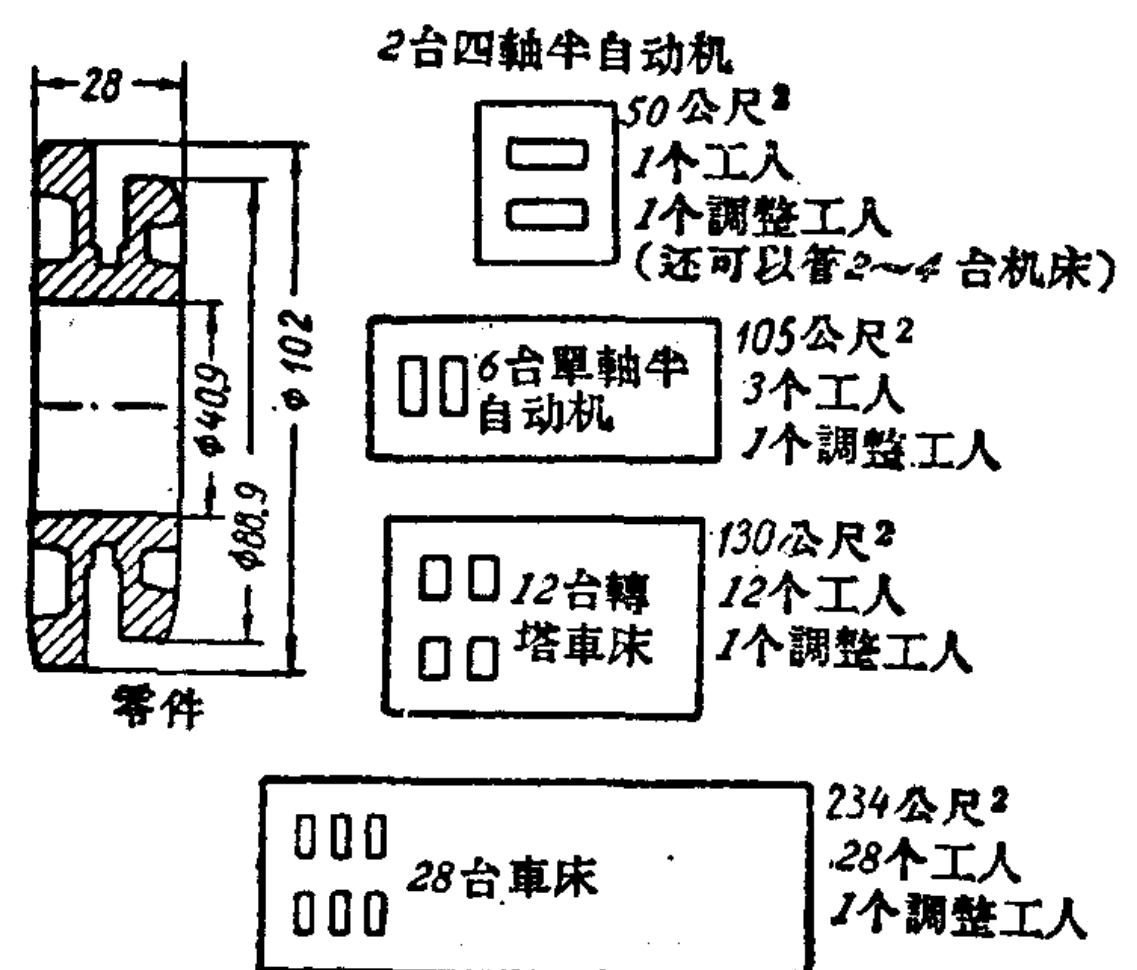


圖 1

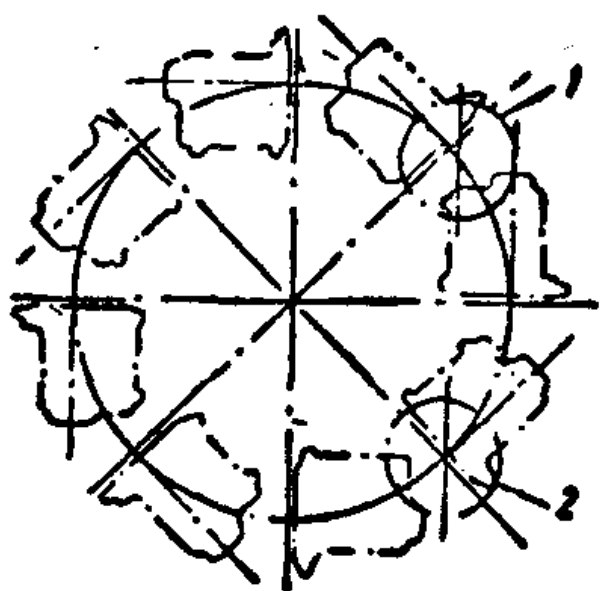


圖 2

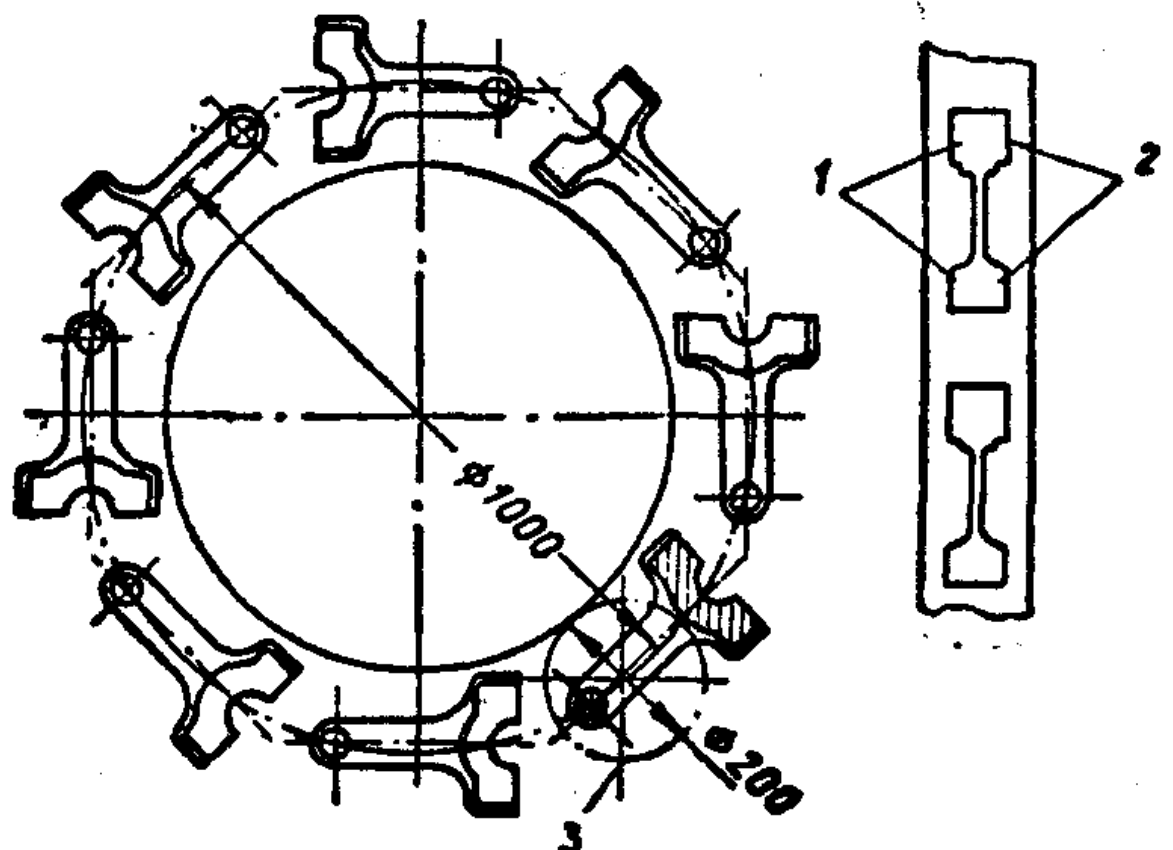


圖 3

工(1——粗銑刀, 2——光銑刀), 圖3代表在鼓輪式銑床上用兩個相對安裝的銑刀3來加工連桿的兩個側面1及2。

轉位式半自動機或連續工作式半自動機是由幾個機床組成的。這些機床裝在一中心立柱的周圍, 並且不斷地以某一速度圍繞着它旋轉。這個速度是使轉一轉的時間等於一個零件的加工時間, 包括輔助時間在內。每一主軸有它自己的刀架組, 它們都進行着相同的工作, 但有着加工過程的相對進展。看管這樣結構機床的工人始終在一個工作地點, 而組成轉位式半自動機的各個機床本身則順序接近工人。工人只需要從接近工作地點的夾具中拿下加工後之零件, 然後再放上新的毛坯。轉位式半自動機的每一個組成機床如果用單獨(或幾個)電動機驅動, 則它與其餘的機床即無何

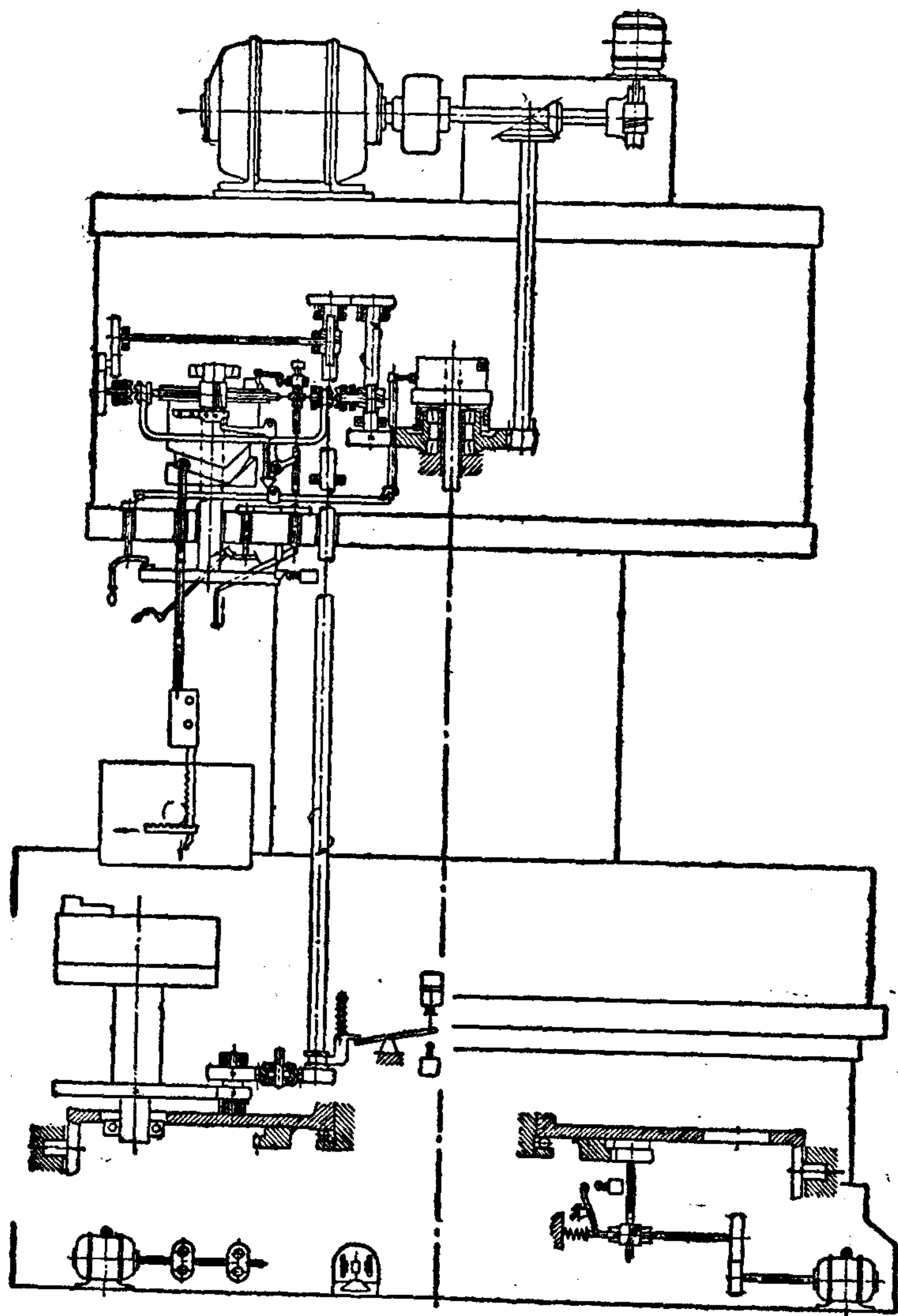


圖 4

关系。在相同的条件下，机器中别的机床如因事故而停止时，也不致擾乱其繼續工作。

鍊式拉床，無心磨床，帶式磨床及一些別的机床也归入連續式工作的机床类中。

上述趨勢呈現在零件大量生產中利用得特別廣泛的机床类之中，因为連續式工作机床是比較复雜和昂貴的。这可举我國工厂所造無數联合机床，轉位齒輪銑床，插齒机，輪齒光整加工机床，拉床等为例。类似型式机床工作的自动化，机床所佔單位面積的高度生產率，看管机床的極度簡單化，提供了預料連續工作式半自动机及自动机將在祖國机械制造工業各部門中得到進一步普及的根据。

現代机床的非常突出的特点就是在机床中非常廣泛地利用电气及液壓設備（用气动設備的較少）來完成各种不同的动作。这种趨勢可以解釋如下：即僅單獨用机械傳动及其組合來使机床自动化会使其結構在制造时很复雜及在使用上很不方便。

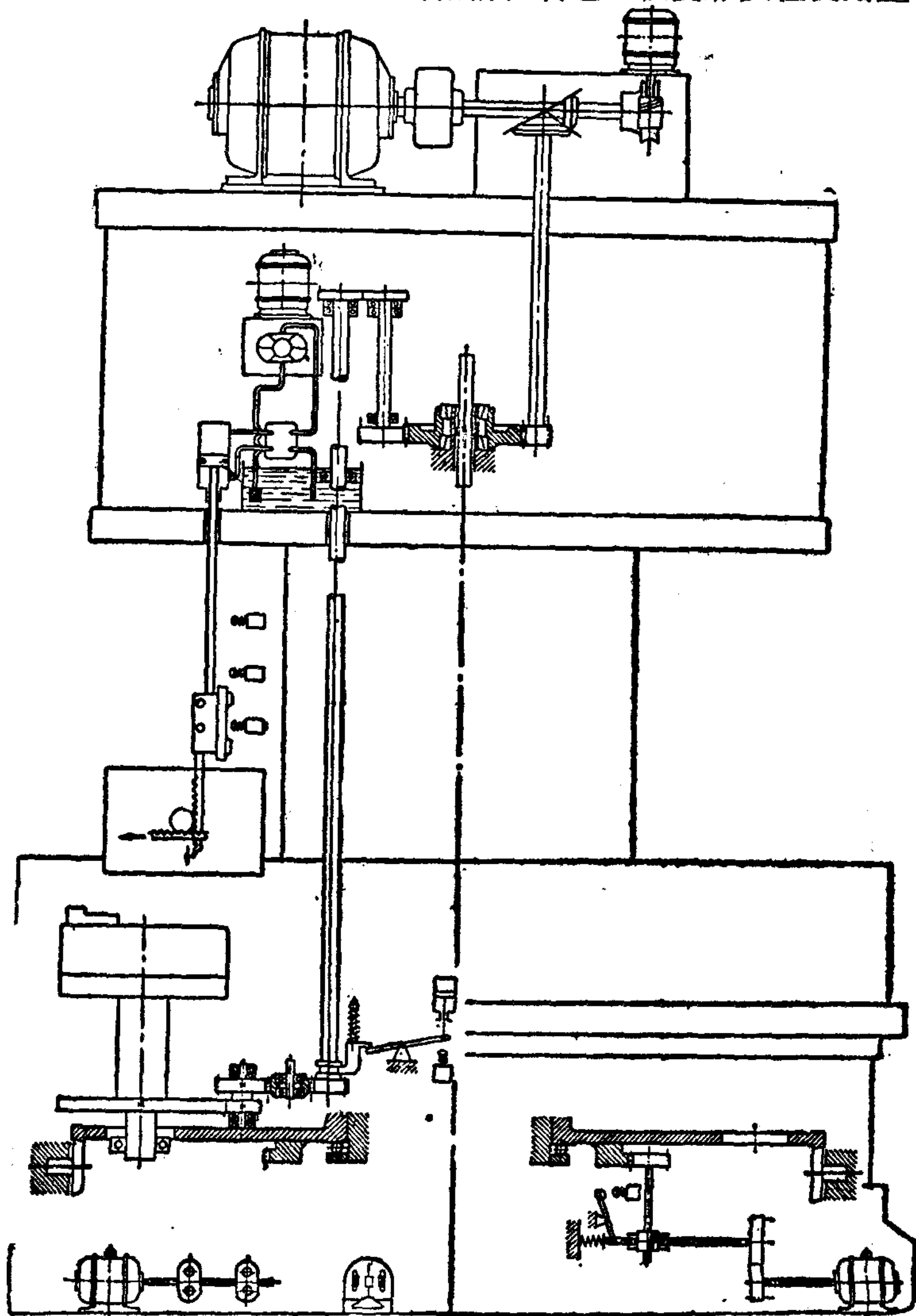


圖 5

为此目的，应用电气设备可使很复杂的机床工作自动化，同时不致使其机构部分过分复杂。液压设备也有很大的适应性。在现代的自动或半自动机中常常同时利用着电气的、液压的及气动的装置。这可用来说明上述近年来关于所有金属切削机床今后发展方向的意见。这就是使一般机床首先是使专门机床变成为「电气机床」方面，所有基本动作均将由电气组件来完成。

各种电气装置（其中包括电子管和液压的装置）深入传播到机床新的结构中应该认为是健康的发展方向，特别是当这些机器的电气化及液压化能利用标准组件及标准设备时，它们可以在配件工厂（завод-смежник）中以成批的方式生产出来。用上述设备可以对机床结构的简化及使在机床工厂中生产简化程度上起着多么大的作用，这种明显的例子在图4~6上示出。

图4表示的是23-1283型六轴半自动车床的运动图。这种半自动机床的所有运动的操纵都是用机械的装置来实现的——用齿轮传动、联轴器、带凸轮的鼓轮等等。由于整个机床是由一个电动机带动的，所以实现各种个别运动的运动链是互相关连着的。这个机床结构的复杂性，由其运动图就不难想像出。图5所示也是这种半自动机的运动图，但它是电气化了的。这里，机床分别由几个单独的电动机来带动每个刀架的液压传动，工作台的周期转动，油泵及冷却液泵。此外还有一个小的辅助电动机，它经过减速器及超越离合器在主轴传动系统中工作，以便保证主轴齿轮能均匀接合。从两个图的比较中，可以明显看出：由于半自动机的电气化，其机构部分已得到很大的简化。最后图6代表功用与图4所示半自动机一样的立式半自动车床的液压化了的传动图，但在结构上它们是完全不同的。这里用电气液压装置来操纵机床工作的循环，所有刀架的运动，工作行程及空行程，都是液压化了的。机床的结构比较图4的机械式稍为简单些，但比起按图5造出的半自动机来就要稍为复杂一些。

这个例子说明：在简化机床结构方面，把运动图分成互不相关的运动链，每个

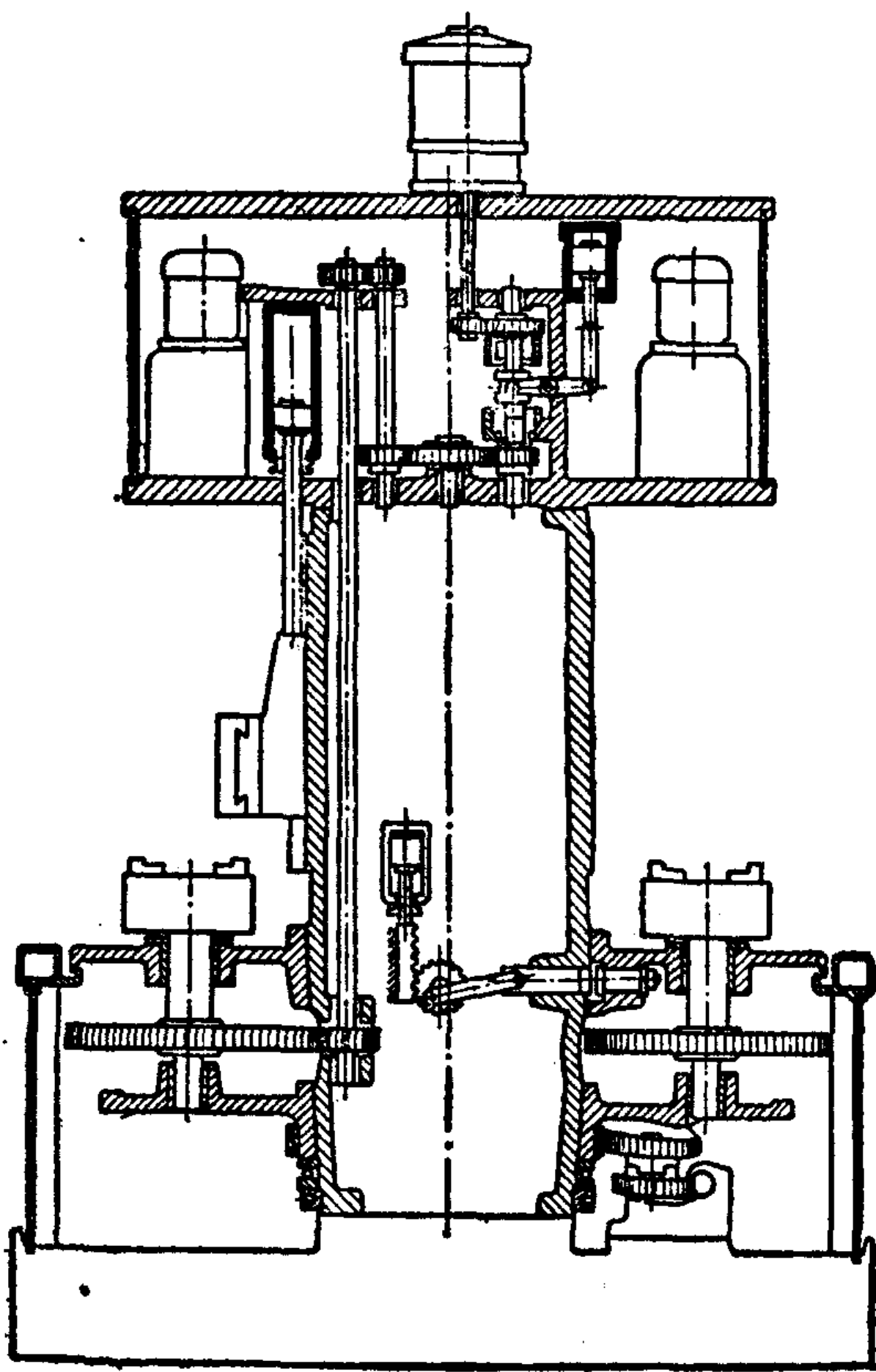


图 6

運動鏈都由一個單獨的電動機帶動是很合適的。這種結構的趨勢不僅呈現在重型机床的範圍內，在個別情況下這種重型机床可以有50個以上的電動機，而且也呈現在中型甚至小型的机床中。

在擬制高度電氣化的結構式樣時，必須注意非常複雜帶有無數互鎖裝置的電路圖，有時在使用上，不是完全可靠的。同樣，對很複雜的液體管路圖也是如此。

在當机床的兩個或更多部分的運動速度，在完成工序的時候應有嚴格確定的關係的條件下，例如螺絲車床中主軸及刀架的速度，齒輪机床中被加工毛坯及刀具，相應運動鏈用單獨電動機傳動的問題暫時在實際上還沒解決。但在这方面也有個別的企圖，想在机床中利用嚴格的同步電動機來解決這個問題的。

對在戰時及戰後年代中生產的最新式的机床來說，更廣泛地利用無級變速傳動的電氣系統的趨勢；為机床操縱的自動化而應用各種電子管設備和在大的縱向鉋床臥式鏜床的傳動中利用電機加力器；以及在個別情形下利用單相整流的交流電機等等；所有這些都是其特點。

机床的液壓化也有很大的成就。液壓傳動有一系列的優點，為其應用創造了先決條件。這包括：在很廣的範圍內有無級變速的可能性；甚至很複雜的工作，循環也可自動化；差不多任何的管路圖都可由標準規定的零件或部件裝配而成等等。由於在現代的液壓傳動中當輸油量為120~100公升/分時，應用的壓力達250~350個大氣壓力，故結果使液壓原動機的尺寸較小，這使得在小型机床中用液壓傳動也較為方便。在這方面出現了不僅為實現直線運動廣泛地應用液壓原動機，而且在旋轉運動中也應用液壓原動機的趨勢。

壓縮空氣主要應用在机床的夾緊設備（氣動卡盤等），自動操縱系統以及小馬力机床的速度很高的主軸傳動中，關於後者已在上面介紹過（第8頁）。

由於一系列的原因，應用空氣發動機的前途在大馬力和中等馬力的机床中都是不大的。

現代机床製造業顯著的趨勢是向提高机床的剛度及振動穩定性發展。就是由於這些机床在要求高的加工表面精度及光潔度的同時又要求增加工作運動速度及傳動馬力的結果。

以前的辦法是用增加斷面尺寸及其對應部分的重量來保證机床較大的剛度。這在經濟上是不利的，而且這也不是總能達到目的的。在現代机床中，採用了一些新的方法來達到結構的剛度。這些方法不像第一個方法在解決這問題時不可避免地要增加金屬的用量。為此，把床身、立柱、工作台、橫樑等「壳体」零件做得相當薄，而以合理分佈的增加剛度的一系列的肋來加強它們；給零件的斷面以與作用力的分佈及方向相適應的形狀，而不增加此斷面的面積；利用支承、膝架、托架、拉條及類似零件形式的輔助夾緊及加固；及尽可能地減少表面的接頭數目等等。

對振動的預防需要給以很大的注意。這包括強迫的、自發的（共振）以及由剛

度变化而引起的振动。这些振动可能在机床工作时發生，影响到被加工表面的光潔度，也影响到刀具的耐用度及机床某些零件的寿命。机床必要的振动穩定性可用各种方法来达到，其中包括：增加屬於傳动機構及机床其他部件結構中的剛度；減少机床的在振动方面特別危險的自由部分的長度；減少在接头处的空隙；採用高速轉动零件的动力平衡以及其他办法等等。在某些新式結構的用多刀多刃工作的高速机床中（如銑床和滾齒机），在主軸上（很少在刀桿上）安上了飛輪，因而可使机床工作得比較平穩。

有一种趋势对設計新的机床發生着很大的影响。这就是要尽量縮短設計及制造机床的时间及在新机床中尽量地利用标准化及規格化零件及部件來使它便宜。这个趋势首先表現在改变机床部件結構的办法上。这种結構是用完善的專門的各个部件組合而成的。这些部件常是互不相关的。它們可用來完成一定的相同作用，虽然按照机床的任务有时是完全不同的。例如：液压傳动部分，潤滑系統及冷却液供給系統，減速器（有时为減速箱），刀架，刀头，及附屬装备等等。机器的組合結構原則的应用，可以在基本机床的一般基礎上創造出各种專門化的及專用机床來。由於在基本机床及經過改造的机床（改進的）中一系列部件的統一化，使对新型机床的掌握非常容易，也只需要最少的时间。

上述趋势在联合机結構的机床中有着最重要的原則上及实际上的表現。联合机床主要是由标准部件及零件再加上在每一个別情形下需要的某些專門設備而組成的。

为了祖國各主要工業部門的需要，这种机床多数是由金屬切削机床科学实验研究所（ЭНИМС）創造並由「机床結構」工厂（Завод [Станкоконструкция]）制造的。后者在这种机床制造的先進領域內早已远远地超过了西欧的技術了。与为做銑工、鏜工及鑽工工序用的多軸联合机床的同时，近來同样也出現了联合車床，其結構基礎就是联合机的原理。在这种机床的帶有統一头架的床身上，裝上几个轉动刀架。它的数目系与加工的要求相適應。每一个刀架由一个單独的电动机帶動，其工作的自动循环的調節与其余的刀架無關。联合机結構的趋势也呈現在磨床的範圍內。

下面所列也是对現代机床制造可作为特征的趋势：

a) 增加專門机床的「比重」而相对地減少普通用途的机床数量。这是被在工業主要部門中大量生產的特点所决定的。

б) 創造能在上面完成几个順序机械加工工序的机床。力求把整段（部分）的工藝过程轉移到一台自动机或半自动机上去。这一部分工藝过程常由非常不同的工序組成，愈能这样就愈能節省熟練的劳动力。在康拜因机床中，这种办法得到了最大的發揮；但其数量暫時还有限。

в) 力求提高几种光加工及光整加工机床如坐标鏜床及螺絲磨床的工作精度；