

銑床的改裝

普罗科波維奇著

机械工業出版社

銑 床 的 改 裝

普 羅 科 波 維 奇 著

孟 馨 齋 譯



机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 7

出版者的話

銑床是金屬切削的主要机床之一。怎样才能使得普通銑床适合于高速銑削呢？

本書根据高速銑削的特点，提出改裝普通銑床的某些要求。最后，詳細列举了主体傳动裝置和进給傳动裝置的改裝方法。

本書适合五級以上銑工和工長學習。

苏联 А. Е. Прокопович 著 ‘Модернизация фрезерных станков’ (Трудрезервиздат 1954 年第一版)

* * *

NO. 1292

1957 年11月第一版 1957 年11月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字数 30 千字 印張 $1\frac{1}{4}$ 0.001— 2.800 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10)0.28 元

目 次

前言	4
一 高速銑削加工方法对銑床提出的要求	5
二 現有銑床的簡評	8
三 主体傳动裝置的改裝	11
四 进給傳动裝置的改裝	19
五 提高剛性和抗振性的办法	24
六 改裝銑床以降低輔助時間的消耗	27
七 創造安全工作的条件	39

前 言

銑削是加工平面以及其他表面的主要方法之一。許多复杂的表面，只有用銑削的方法才能加工得出来。

在苏联金屬加工各工業部門里，就所使用的千百万台金屬切削机床來說，銑床占有了一个很大的比重。

在工業部門里进一步解决改善加工方法和提高劳动生产率的問題，是跟改进利用現有銑床有着很大的关系。

提高工業部門劳动生产率最有效的办法，是以高的切削速度和大的进給量为基础的高速切削法。这种方法在銑削領域中也完全获得广泛应用。

我們（苏联）的工業部門中，在銑床上用高的切削速度和大的負荷进行加工已經积累了很丰富的經驗。根据这些經驗創造了許多新型的、快速的、大功率的、不同尺寸和不同功用的銑床，給我們工業提供了日益增長所需要的装备。

由于学者和生产者們工作的結果，找到了改善老式銑床使用性能最簡單的办法。因为用新型的銑床代替老式的銑床需要比較長的时间，而且新型的銑床在工業部門中的比重不大，因此改裝現有銑床作为有效提高劳动生产率的方法是一項重要的国民經济任务。

現有銑床根据它的功用和加工零件的尺寸，以及銑床的尺寸和結構形式分成很多类型。

在本書中介紹了高速加工对銑床提出的基本要求，并推荐了一些滿足这些要求的典型方法。同时介紹了許多应用很广一般功用的銑床的設計和計算的具体例子。

上述建議是以金屬切削机床实验科学研究所（ЭНИМС）的实验和理論著作以及我們工業部門的綜合經驗为基础。

一 高速銑削加工方法对銑床提出的要求

硬質合金首先应用在端銑刀上，所以高速銑削大多数都用这种銑刀。在最近几年来，也創造了許多不同結構而裝有硬質合金的圓柱銑刀。硬質合金也广泛应用在盤形銑刀和切口銑刀上。小尺寸的銑刀(大多数是片銑刀)，一般都是用整塊的硬質合金做成的。性質比硬質合金更脆的是燒結剛玉，目前多用在精銑端銑刀上。

广泛采用硬質合金刀具，机床主軸的轉速就要大大地增加。

由車工革新者福·科列索夫首創，現已广泛开展的，以大走刀在車床进行高速切削是提高劳动生产率最有效的方法。

銑削不是連續切削的，所以每齿的进給量就要受刀刃强度的限制。刀具切入金屬的时候，冲击載荷限制了每齿进給量在0.05~0.15公厘的範圍以內。

根据减小切入时的冲击力来找尋增加进給量的方法，金屬切削机床实验科学研究所証实借以适当安裝的方法使端銑刀相对于被加工零件，就可以大大地减少銑刀刀齿切入金屬时的冲击力。

为了减少冲击力，必須使刀齿离开和工件开始接触的位置，即C或T点的位置。这时它們离开主刀刃的距离是 $s_z \cos \varepsilon$ 。式中 ε ——切入角。同时减少刀齿和工件开始接触从点扩散到整个面积 $F = B s_z \cos \varepsilon$ 上的速度(圖1)，于是冲击力就减小了。

当保証接触点C开始在C点时，初載荷的作用位置随着进給量增加將移到刀片更强的地方(圖2)。这时候，能保証接触点C向刀片邊緣的扩散速度最小，則銑刀的工作条件接近于連續切削的車刀的工作条件。这样，硬質合金的强度就允許銑刀以大的进給量进行切削。

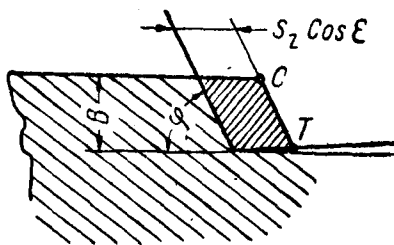


圖 1

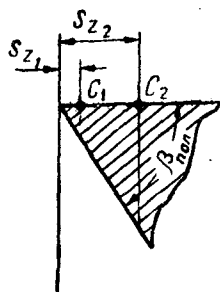


圖 2

在端銑的時候，一般要求把銑刀安裝的對稱於加工表面，同時要這樣地選擇銑刀，即使銑刀直徑接近於所銑削表面的寬度。用這種銑削方式，可以保證銑刀的超越量最小。但是，這對刀齒的切入條件是非常不利的，因為跟工件接觸的首先是主刀刀，也就是說在切入的時候承受衝擊的是在銑刀刀齒最弱的部位。

減少切入時的衝擊條件，可以借銑刀刀刀相對於

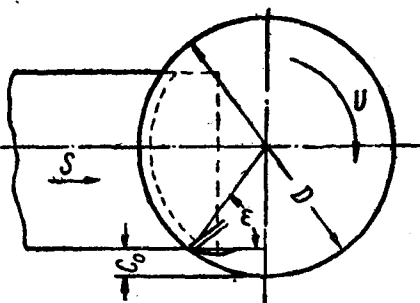


圖 3 銑刀相對於工件軸線的安裝圖。

工件移動一個數值 C_0 （圖 3），並確定這時最有利的切入角 ϵ 來達到。移動值 C_0 和最有利的切入角 ϵ 要根據銑刀的刀磨角和銑削深度來確定。

對於硬質合金端銑刀最常用的各刀磨角的角度，根據銑削深度所得的切入角的數值列於表 1 中，這些切入角能保證最有利的切入條件。切入角的數值可按下面的公式計算：

$$\sin \epsilon = 1 - \frac{2C_0}{D}。$$

金屬切削機床實驗科學研究所和許多工廠的經驗證明了：用硬質合金的端銑刀以每齒 1.5~2 公厘的進給量和較高的切削速度在剛性高、功率大的銑床上加工時，能保證這樣的切入條件。

这时硬質合金既不崩裂也不破碎。为了保証所需要的表面光潔度，在銑刀的一个或几个刀齿上做有类似科列索夫車刀的倒棱。但以这样大的进給量用高的切削速度加工时，要求銑床除了有相当大的功率之外，还必须有很大的剛性和抗振性。

表 1 最有利切入角 ϵ 的数值

端銑刀的各刃磨角			切 入 角 ϵ	
导角 φ°	前角 γ°	后角 λ°	銑 削 深 度	
			< 2 公厘	> 2 公厘
60~75	+ 5	5	35~45	35~45
60~75	+ 5	15	15~20	45~55
60~75	- 5	5	0~ 5	35~45
60~75	- 5	15	5~10	45~55
60~75	-10	15	3~10	45~55
60~75	-15	15	0~ 5	45~55
60~75	-20	15	10~ 5	50~60

在生产条件下，高速銑削由于赤热的切屑往往飞射得很远，射力很大，威脅着机床工人和周围的工人，以致有时不能正常使用机床。因此，除了根据技术保安条例施行一些措施以外，保护工人不受切屑伤害也非常重要。

当在銑床上工作时，也和别的机床一样，切削時間仅是总加工時間的一部分。实践証明：切削時間約占輔助時間和准备—結束時間的50%左右。在这样的条件下，即使大大地增加切削速度和进給量，对生产率提高还是很少的。要想大大提高劳动生产率，只有同时縮短机动時間和輔助時間，以及消耗費在技术—組織方面的時間才行。縮短消耗在輔助工作的時間，可以通过縮短并减少工人体力消耗、改善劳动条件得到。改造結構的建議应当是实现起来簡單、方便，而所采用的裝置也应特別紧凑。

这样高速銑削对銑床提出如下的要求：

- 1) 要有現代硬質合金刀具所允許的必需的主軸轉速。
- 2) 可供高的切削速度和大截面切屑銑削时的机床元件的强度，以及电动机的功率。

3) 保証能在強力条件下, 机床能平稳工作的剛性和抗振性。

4) 降低工人在單位時間內体力消耗的同时, 要保証切削过程中断時間最小。

5) 完全保証使用机床工人的安全。

根据机床原有的結構和具体生产条件, 上述各因素之值以及滿足这些要求的方法可以是不同的; 但在所有的情況下, 必須用最簡單的办法来解决而且所消耗的材料和時間最少。

二 現有銑床的簡評

現有的各式各样的銑床, 按照它的結構来分, 可分为如下基本类型:

- 1) 曲座銑床;
- 2) 無曲座銑床;
- 3) 龍門銑床;
- 4) 鼓輪銑床;
- 5) 特种的和專門化銑床。

曲座銑床是应用最广的一种銑床。按它的尺寸可以編成若干号碼。在現有銑床中, 常用的为从№000 (小的几种型式) 到№3 (曲座銑床中最大的一种, 工作台面积为 1600×400 公厘) 号銑床。在这一类型的範圍內, 应用最广的是№0和№2 (工作台面积为 800×200 公厘和 1250×320 公厘)。

这一类銑床按它的速度指标, 在大多数的情况下完全可以利用硬質合金刀具进行銑削。但由于工作台裝在曲座上, 因而大大降低了銑床的剛性, 所以不适合在高的切削速度时以大截面切屑进行加工。为了这个目的, 尺寸更大的無曲座銑床才更合适。

在最近几年, 苏联的机床制造家們大部分的精力集中在研究創造大功率的、快速的、自动化銑床的工作上。

在目前我們机床制造厂成批生产的新型的銑床中, 在主軸轉

速、驱动功率和进给量方面都比从前生产的铣床有很大的提高。

表 2 中列有老式和新型的曲座铣床的主要工艺参数。

表 2 老式和新型曲座铣床主要参数对照表

参数名称	老 式 铣 床				新 型 铣 床			
	610Γ	681Γ	6B12	615	6Π10	6H81Γ	6H12	6H13
主体传动功率 (仟瓦)	2.2	2.2	4.3	8.2	2.8	4.5	7	10
主轴的最大转速 (转/分)	580	420	750	420	2240	1800	1500	1500
最大进给量 (公厘/分)	420	730	770	508	1000	980	950	1180

为了加工轻合金和进行精铣，制造了一批专门改装过的快速铣床。例如：6H12B 型快速铣床就是由 №2 立式铣床改装而成的。在这种铣床上，主轴的最大转速是 3150 转/分，进给量到 2000 公厘/分，而电动机的功率是 16 仟瓦。№3 铣床改装成快速铣床之后，就成为 6H13B 型的快速铣床。主轴转速为 2000 转/分。

龙门铣床的使用指标也可进行类似的改装（表 3）。

表 3 老式和新型龙门铣床的主要参数

指 标 名 称	老 式 铣 床			新 型 铣 床		
	A 662	A 663	A 6649	6622	6632	6642
一个主轴的驱动功率(仟瓦)	6	8	10.5	7	10	14
最大的主轴转速(转/分)	375	235	235	1250	950	950
最大进给量(公厘/分)	475	475	475	1000	600	600

表 4

机 床 型 号	使 用 指 标		
	主轴转速范围 (转/分)	进给范围 (公厘/分)	电动机的功率 (仟瓦)
6Д16 6A54	12~ 375 40~1250	12~ 375 90~1600	18 40

新型的無曲座銑床，特別是 6A54 型銑床（圖 4）按它的結構和使用指標，最適用來高速銑削帶有加工余量較大的零件。表 4 中列有這種銑床和類似尺寸的老式銑床 6П16 的主要使用指標。

以上所列举的例子說明：新型銑床的主軸轉速和驅動功率比老式銑床增加 0.4~1 倍甚至更高。同時它的剛性和抗振性也得到很大的提高。這種新型銑床的特性允許有效地利用現代硬質合金刀具的性能。

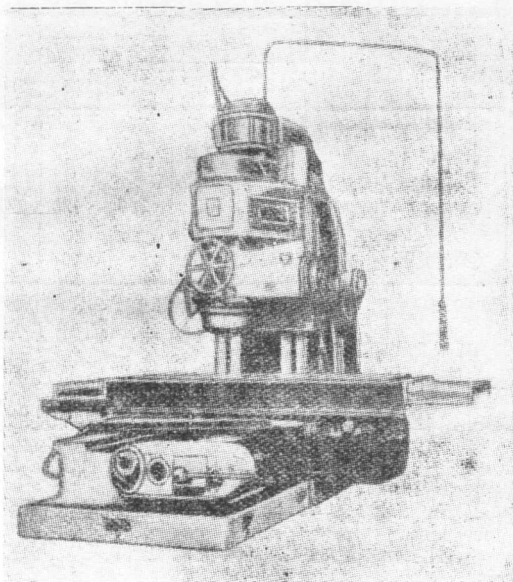


圖 4 6A54 型無曲座立式快速銑床。

所有新型銑床的特點都具有很高程度的自動化。差不多在所有這一類的銑床都可以按半自動循環來進行加工。操縱機構集中在工作位置，變速箱和進給箱都應用單個手柄來操縱。橫梁、銑頭以及在加工過程中不需運動的其他工作機構的夾緊也都機械化了。如在 6A54 型銑床上，夾緊橫溜板、銑削頭架和主軸襯套都是借液壓裝置自動進行的。變速箱和進給箱的操縱也都採用液壓裝置。主軸具有準確的移動指示器，並裝有快速停止的制動裝置。機床的工作循環是半自動化的。操縱利用懸挂的按鈕站來實現。

6П12 型立式曲座銑床（圖 5）具有現代萬能銑床所有的各種特性，並可進行靠模銑削。靠模銑削是在送進運動鏈中採用電磁离合器和電氣觸鎗達到的。在這種銑床上，可以進行立體的和

輪廓的靠模加工。这种新的有价值的使用性能，是依靠裝設不大复杂的机床結構方法来实现的。

当然，以前生产的銑床是根据高速鋼刀具計算的，所以就沒有以上所說的銑床特有的性能。但是老式結構的銑床常常可以不加任何改裝也可以用硬質合金刀具进行加工。例如在6B12型銑床上，改变銑刀的直徑为100公厘就可以采用每分鐘高于200公尺的切削速度进行的銑削。在更大的615型銑床上，主軸轉速为420轉/分，也可把

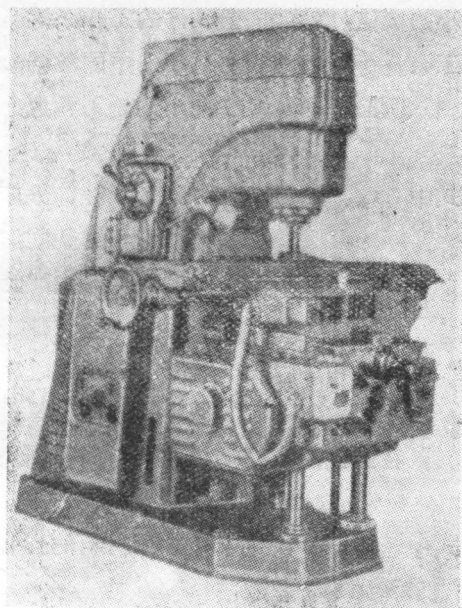


圖5 6B12型万能曲座电动靠模銑床。

銑刀直徑改为200公厘以高于250公尺/分的切削速度进行銑削。类似的情况在其他型号的銑床上也有。但是計算和使用的經驗証明：安裝在老式銑床上的电动机的功率不仅是在大进給加工时不够用，就是在正常的加工余量（粗加工）以大的切削速度和小的进給量加工也是不够的。因此，在大多数的情况下，不增加老式銑床电动机的功率只可以进行高速的精加工和半精加工。

三 主体傳动裝置的改裝

把銑床用于高速銑削的时候，首先应确定所需要的主軸的轉速、每分鐘的进給量以及主电动机和进給电动机的功率。

如果銑床仅用于某些已定的工作（如用于成批及大量生产），

那末上述各参数就应当根据所拟定的过程计算。如果铣床用于一般的工作（如用于单件及小批生产），那末这些参数底最大的和最小的数值，就要根据具体的工作条件（如被加工零件的材料，加工余量等）借铣削用量手册中的数据来确定。

所必需的最大和最小的铣刀转速，按下式求得：

$$n_{\text{最大}} = \frac{1000v_{\text{最大}}}{\pi D_{\text{最小}}} \text{ 或 } n_{\text{最小}} = \frac{1000v_{\text{最小}}}{\pi D_{\text{最大}}},$$

式中 $v_{\text{最大}}$ 和 $v_{\text{最小}}$ ——相应于将在此铣床上进行加工时所采用的最大和最小的切削速度（根据铣削用量手册并考虑到实际生产的需要来取用），单位为公尺/分；

$D_{\text{最大}}$ 和 $D_{\text{最小}}$ ——相应于将在此铣床上所使用的铣刀的最大和最小的直径，单位为公厘。

在端铣的时候，平均的圆周切削力可按下式求得：

$$P_{z\text{平均}} = C' B^x s_z^y \left(\frac{t}{D}\right) qz \text{ (公斤)},$$

式中 C' ——决定于被加工材料的性质，铣刀的刃磨角度等的系数；

B ——铣削深度（公厘）；

D ——铣刀直径（公厘）；

s_z ——铣刀每齿的送进量（公厘）；

z ——铣刀的齿数；

t ——铣削宽度（公厘）。

例如：用导角 $\varphi = 60^\circ$ 、前角 $\gamma = +10^\circ$ 的铣刀，以切削速度 $v = 200$ 公尺/分加工 45 号钢时，则采用如下的公式：

$$P_{z\text{平均}} = 73.5 B^{0.98} s_z^{0.78} \left(\frac{t}{D}\right)^{1.1} z \text{ (公斤)}.$$

对于其他的工作条件，平均圆周切削力的数值按相应的系数计算或根据手册[●]取用。

主电动机的功率可按下式求得。

● [用硬合金铣刀端铣时的圆周切削力]，沃·雅·拉索兴著。ЦВТИ 1952出版。

$$N_{\text{主}} = \frac{P_{\text{平均}} v}{60 \times 102 \eta} \quad (\text{仟瓦}),$$

式中 v ——計算切削速度 (公尺/分) ;

$P_{\text{平均}}$ ——平均圓周切削力 (当用計算切削速度时), 單位为公斤;

η ——主体傳动機構的效率 (大体上可採用 $\eta = 0.75$) 。

以后就要确定最合适的主軸轉速和电动机所需要的功率, 并驗算它实现的可能性。如果銑床原有的主軸轉速和电动机的功率足够, 那么把它改用于高削銑削, 只要进行修理和調整就可以了。

如果銑床原有的主軸轉速和电动机的功率不够, 那就要进行驗算借以确定增大这些参数的可能性。

提高主軸轉速是否有可能, 主要是和齒輪、軸承、离合器的許可圓周速度和皮帶的許可速度等有关。

所計算环节的最大許可圓周速度可按下式求出:

$$v_{\text{最大}} = \frac{\pi D n_{\text{最大}}}{1000 \times 60} \quad (\text{公尺/秒}),$$

式中 D ——計算直徑 (公厘) ;

$n_{\text{最大}}$ ——所計算环节的最大轉速 (轉/分) 。

采用齒輪分度圓的直徑, 滑动軸承軸頸的直徑, 离合器摩擦面的平均直徑, 平皮帶帶輪的直徑, 以及三角皮帶帶輪帶槽的平均直徑作为計算直徑。

实际上, 在驗算的时候, 最大圓周速度可以采用如下的数值: 对于齒輪 $v_{\text{最大}} = 9 \sim 15$ 公尺/秒 (最小的数值用于粗加工未經剃过的齒輪, 最大的数值用于淬火磨过的齒輪) 。

对于錐式摩擦离合器, 圓周速度允許在 20 公尺/秒以上; 对于多片式摩擦离合器, 圓周速度尽可能不要超过 5 公尺/秒。

对于平皮帶, 最大的許可圓周速度約为 40 公尺/秒; 对于橡膠帶和棉織帶可到 25 公尺/秒; 对于三角皮帶則为 25~35 公尺/秒。

对于在滑动軸承內旋轉的軸頸, 圓周速度一般允許到 6

公尺/秒；对于滚动轴承可按滚动轴承产品目录所载的每分鐘的許可轉数計算。在絕大多數的銑床上，最弱环节实有的最大轉速要比許可轉速低很多。

例如：在 612、6B12、682、6B82 型銑床上，齒輪的最大圓周速度為 2.86 公尺/秒，皮帶的最大速度為 8.6 公尺/秒。滚动轴承并不限制主軸轉速的提高。根据薄弱环节的最大許可速度，这些型号銑床的主軸轉速可以提高到 1500~1800 轉/分。实际上，由于主軸在这样高的轉速時發生很大的振動；因此这些銑床在主軸轉速高于 800 轉/分的时候，常常不能保證平穩的工作。但在某些企業中，利用上述銑床进行工作，甚至主軸在 1200~1400 轉/分时，仍能保證平穩的工作。

在 683 和 615 型銑床上，主体傳動三角皮帶的最大速度不超过 10.6 公尺/秒。在 683 型銑床中，齒輪的最大圓周速度是 3.8 公尺/秒，而在 615 型銑床中就有 5.5 公尺/秒。實踐証明：683 型銑床的主軸轉速可提高到 850 轉/分，615 型銑床的主軸轉速可提高到 670 轉/分。

在上述各种情況下，提高主軸轉速可以用更換皮帶輪的辦法得到。建議在主軸前支承中安裝 A 級滚动轴承，以增加工作的平穩性。

在 6Г65 型龍門銑床中，齒輪的最大圓周速度是 7.4 公尺/秒。由于主軸傳動齒輪承受大的動載荷，所以只能用这样小的圓周速度，加大齒輪的圓周速度到 10 公尺/秒，是不合适的。在这样的情況下，6Г65 型銑床主軸的轉速可以提高到 600~630 轉/分。这种轉速有兩種辦法可以得到：

1) 附加一對傳動比为 $\frac{63}{36}$ 的配換齒輪，就可以提高主軸的轉速到 630 轉/分。

2) 更換電動機的傳動齒輪付：主動齒輪 $z = 25$ 換以 $z = 31$ ，被動齒輪 $z = 76$ 換以 $z = 70$ ，这样主軸轉速就增加到 625 轉/分。

類似的「快速性能貯備」在其他型號的銑床上也有。

提高銑床扭矩（及功率）的可能性，一般受摩擦离合器、齒輪傳動和皮帶傳動件的限制。軸承和軸在大多數的情況下不是極限環節。

當解決和提高主軸轉速有關的加大傳動功率必要性的問題時，應當考慮：用這樣的改裝方法，如在機床的機構上的載荷不改變時（僅僅只有動載荷發生的），而功率就隨切削速度的增加而加大。只有在載荷大過15~20%時才重新計算主體傳動裝置的零件。

有必要的時候，也應遵守如下的總原則進行計算。

驗算各軸上承受載荷最大的齒輪（即這一齒輪在同樣的模數和材料時，齒數最少，寬度最小，同時傳遞最大的功率）。

必須根據輪齒表面層的疲勞強度，並考慮加工條件的變動情況驗算它的耐久性。

有必要的時候，可以增加輪齒寬度，採用質量更好的材料，進行熱處理以及提高加工質量來加強齒輪。

多片式摩擦离合器要驗算它所能傳遞的最大扭矩。如果這種扭矩不夠，就要增加摩擦片的數目、摩擦片的面積，採用具有更大的摩擦系數的其他摩擦片材料，或者以鎖緊离合器來提高它所能傳遞的扭矩。最後一種辦法最簡單，一般改裝銑床時都採用它。

驗算皮帶傳動可以用計算有效圓周力的方法來驗算。這個圓周力即由本皮帶傳動（平皮帶或三角皮帶）所能傳遞的力。

在改裝銑床時，原有的平皮帶傳動最好用三角皮帶來代替。必要時，還可以增加皮帶的數目以及採用大截面的皮帶的辦法來增大三角皮帶所傳遞的力。

有必要計算軸的時候，要計算軸在最大載荷下，受扭轉及彎曲的共同作用。

驗算滑動軸的時候，可以計算它平均單位壓力和圓周速度，並跟手冊的允許數據^⑤進行比較。

實際使用銑床證明：主體傳動功率在低轉速時照例是不能全

部利用。因此建議在計算的時候，要根據這種觀點把銑床主軸轉速總級數中最低的 $1/4$ 當作在不變的扭矩之下工作，同時原有電動機的全部功率也沒有完全利用。

改裝銑床的目的在於保證它能在高速之下工作，因此，在速度範圍內級數最低的 $1/4$ ，全部功率能不能利用沒有實際意義。因此允許在相同條件之下，採用比銑床改裝前電動機功率大得多的電動機來驅動改裝後的銑床。

解決用更大功率的電動機代替的問題時應注意：現代的電動機不僅可以在短時間內大大過載，而且還可在過載之下長時間的工作。考慮了在萬能銑床進行的各種工作之後，得知在所有情況之下功率也不可能全部利用。所以當改裝的時候，用更大功率的電動機來替換只有在這種情況時才需要，即長期在沉重的加工條件下工作，電動機將劇烈發熱時才需要。

金屬切削機床實驗科學研究所進行的一系列型號銑床的計算，以及後來這些銑床在工廠生產條件下實際驗算的結果證明：銑床原有耐久性及強度的貯備允許大大地增加所傳遞的功率。

在 612 型銑床上，如果用三角皮帶代替平皮帶的時候，銑床的功率可以從 3.7 或 4.3 增加到 5.8 或 7.8 仟瓦。在第一种情況下，功率可以從 64 轉/分（第四級）開始全部都利用，而在第二種情況下，即可從 85 轉/分（第五級，當主軸共有十二級時）開始全部利用。

在 682 型銑床上，原有強度貯備允許增加功率到 5.8 仟瓦，並從 64 轉/分開始可全部利用。繼續增加功率要受摩擦離合器和平皮帶傳動的限制。如果把摩擦離合器緊緊鎖住，把平皮帶換成三角皮帶，驅動功率就可以增加到 7.8 仟瓦，並可從 85 轉/分

● 機床的零件與機構的詳細計算敘述在下列各書中：

[機床零件的計算] 德·恩·烈歇托夫著，機械製造出版社 1945 年出版。

[機床零件的表算法] ЭНИМС 1952—1953。

[改裝及合理利用機床於硬質合金刀具加工] 銑床部分 ЭНИМС 第三版 機械製造出版社 1949。