

机床的改装与自动化

И.М. 库切尔 A.M. 库切尔著

山东工学院机械制造工艺与金属切削机床及刀具专业六零班译

中国工业出版社

本书作者根据苏联的具体情况与实际经验，叙述了机床改装与自动化等问题，其中包括：提高机床功率与转速的方法，减少辅助时间的方法，实现自动化的方法，改变机床工艺性能及提高精度的方法等等。为了说明问题，书中还列举了必要的基本运算，引进了许多原理图与结构图，提供了各类机床进行改装与自动化的具体资料。本书可供机床专业的设计师与工艺师参考，也可作为有关大专学生的参考书。

本书由山东工学院制机六零班毕业生集体译校，其中的前三章是参考机床研究所的草稿稿重新译校而成的。

Носиф Михайлович Кучер Александр Михайлович Кучер

МОДЕРНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНКОВ

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

1958

* * *

机床的改装与自动化

山东工学院机械制造工艺与金属切削机床及
刀具专业六零班译

*

机械工业图书编辑部编辑（北京阜成门外百万庄）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第119号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $17^{1/8}$ ·插页2·字数402,000

1962年10月北京第一版，1962年10月北京第一次印刷

印数0001—39400·定价（10-7）2.40元

*

统一书号：15165·1561（一机-297）

目 录

前言	
緒論	1
第一章 保证最充分地利用现代切削工具的性能	4
1. 主运动传动装置及进给传动装置的改装	7
主运动传动装置的改装形式	7
改装时的效率和空转功率	12
根据齿轮的工作条件确定提高转速和功率的最有利范围	18
改装传动装置时, 确定功率及转速提高极限的范例	27
轴和轴承的验算及主轴轴承部件的改装	31
根据薄弱环节确定电机的功率	34
进给传动装置的改装	35
2. 提高机床的刚度和抗振性	36
刚度和抗振性的概念	36
可动结合和固定结合的刚度及抗振性	36
提高周期移动的溜板的刚度	38
提高主轴部件的刚度	39
提高主传动装置的扭转刚度	40
提高进给传动装置的刚度和抗振性	40
3. 工序和工步的集中	40
第二章 缩短辅助时间	41
4. 辅助时间的主要组成部份和机床改装的任务	41
安装、校正、夹紧及拆卸工件的时间	41
安装、校正及夹紧刀具的时间	42
根据工件的尺寸和外形去调整机床的时间和机床工作机构的空行程时间	42
根据给定的切削用量去调整机床的时间	43
操纵机床的时间	43
5. 机床工作机构的调整及空行程的机械化	44
调整移动的机械化	44
空行程的机械化	44
6. 读数装置和定位器	46
带有直尺的光学投影读数装置	46
刻度盘	47
定位器	51
制动器	53
第三章 机床的自动化改装及数字程序控制	54
7. 机床的自动化驱动机构及其原理图	55
8. 机床工作自动循环的操纵机构	61
自动停车机构	61
离合器的自动转换机构	67
气压-机械联动装置和气液联动装置上元件的结构及其操纵系统	70
气压-机械和气液联动系统的转换机构	73
9. 用测量仪器控制机床工作的自动循环和自动调整	76
自动工作循环的控制	76
自动调整	77
10. 数字程序控制原理	79
加工阶梯表面的数字程序控制	79
加工成形表面的数字程序控制	89
第四章 机床改装的其他途径	93
11. 改变机床的工艺性能	93
扩大机床的工艺性能	93
改变机床的基本工艺用途	93
机床的专门化	94
12. 提高机床的精度	94
提高几何精度	94
提高刚度	95
减少温度变形	95
提高调整移动的精度	95
提高运动精度	96
13. 改善机床的使用条件	98
用滚动摩擦代替滑动摩擦	99
改进润滑系统	99
改变零件的材料及零件的热处理	100
改进零件与部件的结构	101
导轨和丝杠的保护装置	103
切屑的清除	104
减少电能的消耗	105
14. 机床的保安工作	105
第五章 车床的改装	105
15. 保证最充分地利用现代切削工具的性能	105
提高功率和转速	106
提高刚度和抗振性	108
进给传动装置的改装	111
16. 缩短辅助时间	112
尾架的改装	112

车床的多位刀架.....	113	扩大工艺性能.....	172
横向和纵向刻度盘.....	115	保安技术.....	173
纵向和横向刀架的多级定位器.....	116	第七章 铣床的改装.....	174
自动制动机构.....	118	24. 充分利用切削工具的性能.....	174
刀架的快速移动机构.....	120	转速和功率的提高.....	174
17. 综合改装多用途车床的范例	122	飞轮装置.....	177
1A62型车床的改装.....	123	提高刚度.....	181
1A65型车床的改装.....	124	25. 缩短辅助时间	185
老式塔轮车床的改装.....	125	多轴迴转床头.....	185
大型车床的改装.....	125	刻度盘、挡块.....	186
18. 自动化.....	127	快速移动工作台的传动装置.....	186
液压仿型刀架.....	127	26. 万能铣床综合改装的实例.....	187
机械靠模装置.....	138	改装不能高速切削的新式铣床.....	187
电气—机械联动的自动化车床.....	138	老式结构铣床的改装.....	194
气压—机械联动的自动化车床.....	141	龙门铣床的改装.....	197
气液联动的自动化车床.....	145	27. 自动化.....	199
凸轮传动的自动化车床.....	145	可下降的上工作台.....	199
带有液压刀架的自动化车床.....	146	主轴的抬高机构.....	200
程序控制车床.....	146	机械传动的自动化铣床.....	201
把普通车床改装为切削螺纹的自动化		电气—机械联动的自动化铣床	201
车床.....	147	气液联动的自动化铣床.....	202
19. 改变车床的工艺性能	149	凸轮传动的自动化铣床.....	204
扩大工艺性能.....	149	用于完成分度工作的自动化铣床.....	204
改变车床的基本工艺用途.....	154	28. 铣床改装的其他途径.....	206
机床的专门化.....	155	工序和工步的集中.....	206
工序和工步的集中.....	157	扩大工艺性能.....	207
20. 车床改装的其他途径	158	专门化.....	210
提高精度.....	158	提高精度.....	211
改善使用条件.....	158	加强保安工作.....	212
保证车床的安全工作.....	159	第八章 钻床和镗床的改装.....	212
第六章 转塔车床、自动车床和立		29. 钻床的改装	212
式车床的改装	159	保证最充分地利用现代切削工具的性能... 212	
21. 转塔车床.....	159	缩短辅助时间.....	214
用自动送进代替手动送进.....	159	30. 钻床的自动化	215
缩短辅助时间.....	160	凸轮传动.....	215
自动化.....	163	气液联动的自动化钻床.....	217
扩大工艺性能.....	163	多位工作台的自动化钻床.....	221
改善使用条件.....	163	用作分度钻孔的自动化钻床.....	223
转塔车床改装的实例.....	164	31. 镗床的改装.....	224
22. 自动车床和半自动车床	165	保证最充分地利用现代切削工具的性能... 224	
最大限度地利用切削工具的性能.....	165	改装镗床的其他途径.....	226
提高自动化的程度.....	167	第九章 磨床的改装.....	227
改善使用条件.....	168	32. 最大限度地利用切削工具的性能 ... 227	
保安技术.....	169	磨头.....	227
23. 立式车床.....	169	驱动工件的头架.....	230
最大限度地利用切削工具的性能.....	169		
自动化.....	172		

33. 縮短輔助時間	231
空行程的機械化	231
砂輪送進的機械化	231
零件的安裝	232
砂輪的修整	233
34. 自動化	233
採用切入法磨削時工作循環的自動化	233
快速移動磨頭的自動停止	233
工件旋轉的啟動和制動的自動化及冷卻液供給的自動化	234
利用測量儀器實現測量自動化	234
砂輪修整的自動化	235
磨床綜合自動化的實例	235
35. 提高精度	236
提高橫向送進的精度	236
降低縱向送進的速度	237
提高精度的其他措施	237
36. 擴大工藝性能	237
37. 保安技術	238
第十章 切齒機床的改裝	238
38. 充分利用切削工具的性能	238
提高轉速和功率	238
為保證採用先進銑齒法所進行的改裝	240
冷卻	241
39. 縮短輔助時間	242
空行程的機械化	242

夾緊機構	242
40. 自動化	242
41. 提高精度	245
提高剛度	245
改變分度蝸輪副的參數	245
安裝校正機構	246
42. 擴大工藝性能	247
滾齒機	247
插齒機	248
第十一章 刨床和拉床的改裝	250
43. 龍門刨床	250
充分利用切削工具的性能	250
縮短輔助時間	252
擴大工藝性能	252
改善使用條件	254
44. 牛頭刨床和插床	254
充分利用切削工具的性能	254
縮短輔助時間	255
提高精度	256
改變工藝性能	256
45. 拉床	257
附錄	258
參考文獻	264
譯後記	268

緒 論

金屬切削机床现代化的主要方向

在我国工业企业中，机床现代化的方式是多种多样的。如果说前一时期推行金属高速切削的基本任务是提高机床的轉速、功率和刚度，那么，现在主要关心的則是縮短加工的輔助時間和机床工作循环的自动化。在许多企业中，我們认为：提高某些机床組件的精度和耐用度等，更具有重大的意义。

在各种企业中，选择适当的现代化方案和經過改装的机床，对于提高原有設施的技术经济指标來說，有着决定性的意义。只有正确地解决这些机床的改装問題，才能提高劳动生产率并降低产品成本。为此，首要的条件是必須采用这样的改装方式，这种方式能保證每个生产部分都采用生产率最高的加工方法。

为了便于解决上述任务，应该在分析我国工业經驗的基础上，确定几項主要的改装方案。这就是：

- 1) 保證最充分地利用現代切削工具的性能；
- 2) 在机床上实现工步集中和工序集中；
- 3) 縮短輔助時間；
- 4) 工作循环自动化；
- 5) 扩大机床的工艺性能；
- 6) 改变机床的主要工艺用途；
- 7) 进行机床的專門化改装；
- 8) 提高机床的精度；
- 9) 改善机床的使用条件；
- 10) 加强机床上的保安工作。

保證最充分地利用現代切削工具的性能 由高强度的切削材料所制成的、具有合理几何形状的現代切削工具的性能，只有在高速的、大功率的和高刚度的机床上才能得到充分的利用。

过去，尽管在推行大切削用量时期，已經对提高机床的轉速、功率和刚度进行了許多工作，但是，为了保證最充分地利用現代切削工具的性能，机床的现代化仍然具有很大的现实意义。事实上，在現有的全部机床中，仍然有一大部分迫切地需要提高它們的功率和轉速。不仅如此，由于制造切削工具的新材料的出現，和工程师、科学家及生产革新者对各种工具结构的改进，又为进一步提高切削速度和增加送进量提出了新的要求。

提高切削用量將縮短切削時間——基本（机动）時間，这样，就能在一定范围内显著地提高劳动生产率。

工序与工步的集中 目前，改装机床有这样一個目的，就是保證將以前在同一台机床、同类型机床或不同的机床上所連續（或分散）进行的工序和工步予以集中、併合。这样，如同前面所說的其他措施一样，就能縮短基本工时。

縮短輔助時間 在工序工步集中的情況下，即使充分使用了現代切削工具的性能，采用了大切削用量，基本工時的縮短依然會經常受到一定的限制。而且，它在全部單件生產時間中，也只占很小一部分。因此，如果僅僅依靠提高切削用量，並不能不斷地顯著提高生產率。因為到那時，大部分剩餘時間就將為各種輔助操作所占用。

這時，問題的焦點就轉移到縮短輔助時間方面來了。

在這種情況下，改裝機床的重要任務就是保證縮短耗於輔助工序的時間。

工作循環自動化 在總加工工時中，由於實現了機床工作循環的自動化，就可以大大地縮短基本工時，提高勞動生產率。因此，機床的自動化改裝問題具有特別現實的意義。

機床經過自動化改裝後，耗於空行程方面的輔助時間就縮短了。這樣，就為實行多機床管理，及在許多情況下為提高切削用量創造了條件。

在沒有經過自動化改裝的機床上，切削用量的提高受到手動操縱條件的限制。在這種機床上為便於手動，通常都不許在加工過程中把速度提得太高，因此，相應的切削用量一般都比較低。但是，在經過自動化改裝的機床上，切削用量的提高並沒有這種限制。

擴大機床的工藝性能 所謂擴大工藝性能，指的是把機床改裝一下，使它在基本工藝用途範圍內，能夠擴大工作面，或完成它在以前所不能完成的工作。

改變機床的基本工藝用途 當機床經過改裝，改變了基本工藝用途以後，它就能夠用來完成過去所不能完成的工序。但這時，它就不能再按過去的基本工藝用途來使用了。

機床的專門化改裝 在大量生產的條件下，當機床只用於完成一種工序或只用於完成在限定範圍的同類工序時，就應該對它進行合理的專門化改裝，以便於它更好地完成這些工序。

提高機床的精度 當現有設備遠不能滿足加工精度的要求時，有必要對機床進行提高精度的改裝。這時，改裝的目的，是把機床的精度提高到高於同類型所有機床的原始精度。

改善機床的使用條件 這是一個方向。根據它的要求，應採取一切措施，減少輔助勞動方面的勞力消耗，並保證在將來對經過改裝的機床進行大修或小修時，不致耗費過多的材料。

加強機床上的保安工作 在社會主義的生產條件下，任何機床的改裝都應該保證機床工作的可靠性和靠近工作地點的人員的安全。

機床的改裝應綜合地進行，它應該同時吸取本生產部門中所有的高生產率加工方法。例如：既要保證轉速與功率的提高，又要採取縮短輔助時間的措施；在實現機床專門化的同時，還應該實現自動化等等。

改進機床的結構，以達到同類型號的現代機床的水平，是綜合改裝的方法之一。這種改裝通常包括：提高功率和轉速（在保持相當大的調整範圍的條件下），增強剛度及縮短輔助時間。經驗證明，這種改裝方式在單件生產和小批生產的情況下是最有效的。因為這時，任何機床都有可能用來完成各種不同的工序。而在其他情況下則必須分析機床所完成的工作的特性，並且根據工藝要求去確定機床改裝的方向。

第一章 保証最充分地利用现代

切削工具的性能

保証最充分地利用现代切削工具的性能，基本措施就是提高切削用量——切削速度和送进速度。其結果将縮短基本（机动）時間，即切削時間，并相应地提高劳动生产率。但是生产率的提高与机动時間的减少并不成正比。下面我們就来研究一下提高劳动生产率与减少机动時間之間的关系。

討論时采用下列符号：

$T_{\text{单件}}$ ——单件時間；

$T_{\text{基本}}$ ——基本時間（切削过程所占据的时间）；

k' ——表示基本時間与单件時間的比例系数， $T_{\text{基本}} = k' T_{\text{单件}}$ ；

n ——改装前机床主軸的最高轉数；

n' ——改装后机床主軸的最高轉数；

q ——改装后的速度提高系数 $q = \frac{n'}{n}$ ；

Q ——改装前的生产率；

Q' ——改装后的生产率；

ε ——改装后的机床生产率提高系数 $\varepsilon = \frac{Q'}{Q}$ 。

改装前机床的生产率 Q 用下列公式表达：

$$Q = \frac{1}{T_{\text{单件}}}。 \quad (1)$$

在轉速提高后，为了便于确定机床生产率的提高，式（1）可改写为：

$$Q = \frac{1}{(T_{\text{单件}} - T_{\text{基本}} + T_{\text{基本}})}。$$

因为

$$T_{\text{基本}} = k' T_{\text{单件}}，$$

于是有

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{(T_{\text{单件}} - k' T_{\text{单件}}) + k' T_{\text{单件}}} \\ &= \frac{1}{(1 - k') T_{\text{单件}} + k' T_{\text{单件}}}。 \end{aligned}$$

如果采用上式的一次近似值后，我們就可以知道：当同时提高轉速和功率时，基本工时的减少是与轉速的提高成反比的。因此，在轉速提高 q 倍后，机床生产率 Q' 可用下式表示：

$$Q' = \frac{1}{(1 - k') T_{\text{单件}} + \frac{k' T_{\text{单件}}}{q}}；$$

或

$$Q' = \frac{q}{T_{\text{单件}}[(1-k')q + k']} \quad (2)$$

改装后生产率的提高相应地等于

$$\varepsilon = \frac{Q'}{Q} = \frac{q}{(1-k')q + k'} \quad (3)$$

由于ЭНИМС[1]的研究,发现了在企业中确定各类机床时间定额的组成规律(如表1)。因而,就有可能来研究各类机床生产率的提高问题。

系数 k' 的值可这样确定:

$$k' = \frac{C}{100},$$

式中 C ——表1内所列举的切削时间的百分比。

根据公式(3)及表1,可以绘制出在提高各类机床的转速及功率时,生产率增长的曲线(图1)。某些类型机床的曲线形状彼此是统一的,因为这些机床来说, k' 值几乎都相同。

从这些曲线我们可以看到,在现已稳定的切削用量下,当进一步提高转速和功率时,机床生产率的提高是不大的。例如,对于应用最广泛的各类车床来说,当转速和功率提高到两倍时,生产率只能提高15%,而在小批生产中所采用的转塔车床也只能提高21%。将转速提到这样高,并不是经常能够实现的。当转速和功率提高到1.5倍时,车床生产率的提高仅为10%、转塔车床为13%、立式钻床为18%、摇臂钻床为12%。只有用于成批或大批生产的机床,当提高其转速与功率时,生产率的提高才会获得较好的效果。

生产率的提高实际上比图1所示的曲线要稍微小些,因为在经过改装的机床上,并不是所有的工序都可以提高切削用量的。因此,实际生产率的提高只能达到图1曲线所示值的60~70%。

表1 在一个工作班内(480分钟)确定各类机床每种工作所消耗的时间百分数

机床型号	生 产 方 式										
	单件及小批生产					成批及大量生产					
	切削 时间	辅助 时间	工作地点及 技术服务时间	准备及 结束时间	因管理及技 术组织工作 所消耗时间	切削 时间	辅助 时间	技术服务 时间	准备及 结束时间	机床工 作能力恢 复时间	因技术组 织工作所 消耗时间
车床	26.0	24	5.0	16.0	29	—	—	—	—	—	—
转塔车床	35.0	25	7.0	11.0	22	60.5	18	6	2.5	3.0	10
外圆磨床	36.5	25	16.5	6.0	16	56.5	20	10	2.5	1.5	9.5
臥式鑽床(大型)	18.0	26	14.0	7.0	35	—	—	—	—	—	—
立式鑽床	44.6	23	9.9	6.5	16	64.7	15	5	3.0	1.5	10.8
搖臂鑽床	32.5	17	11.5	17.0	22	57.0	18	4	5.0	1.0	15
单軸多刀半自动机	—	—	—	—	—	55.5	19	10	1.5	5.0	9.5
立式多軸自动机	—	—	—	—	—	53.0	14	14	1.0	10.0	7
单軸棒料自动机	—	—	—	—	—	66.0	13	6	—	4.0	11
多軸棒料自动机	—	—	—	—	—	69.5	11	5	—	4.5	10

知道了生产率提高的范围后，同时也就可以确定改装所能得到的经济效果。应当指出，许多工厂由于不分析经济效果和经常采用复杂的方法来改装机床，结果，就使得改装后劳动生产率的提高远不能抵偿改装时所消耗的费用。

应当指出，用增大送进量或同时增大送进量和转速，以及依靠工序集中和工步集中来减少基本时间，同样都可以达到提高生产率的目的。

机 床 类 型	各种生产类型的曲线号码	
	单件及小批生产	成批及大量生产
车床	I	—
转塔车床	II	IV
单轴自动机床	—	VI
多轴自动机床	—	VII
立式钻床	IV	VII
摇臂钻床	I	V
外圆磨床	II	V

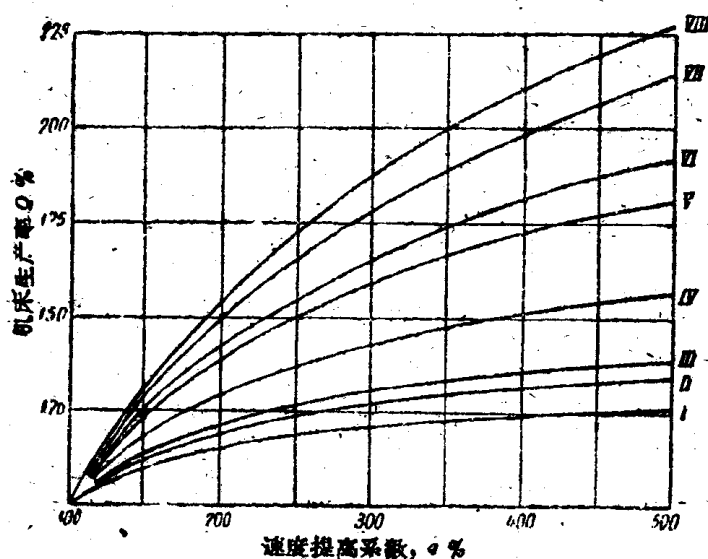


图 1 各种机床转速和功率与生产率提高的关系曲线图

分析指出，在总的单件时间中，切削时间所占的比例是不大的。在改装机床时，如果只是孤立地去保证最充分地利用现代切削工具的性能，或实现工序集中与工步集中往往并不能使生产率得到很大的提高。只有同时缩短了辅助时间，或同时实现了工作循环自动化并消除了各种消耗，改装才是合理的。

根据图 1 的曲线，我们可以确定这样的范围。在这个范围内，如果只是单纯地缩短基本时间，而不同时缩短辅助时间及采取其他的措施，那么效果是不好的。利用这些曲线，可以从前面所述的三个改装方向中，选择一个更具有实际意义的改装方向。并且，在研究曲线的基础上，在确定生产率提高范围的同时，还可以确定改装后的经济效果和核算的改装费用，相应地也可以决定改装工作量。

为了保证充分地利用切削工具的性能，通常都要求提高机床的功率与转速，这样，就需要相应地改装主运动传动装置。而要提高转速，常常还要改装主轴的轴承。在很多情况下，为了最充分地利用切削工具的性能，还要进行送进传动装置的改装，借以提高送进量的上限和送进传动装置的功率。

机床转速提高以后，在切削过程中就可能出现振动现象。这种现象限制了采用大的切削用量。除了使用消振器以外，提高机床的刚度也是克服这种振动的方法之一。

因此，为了保证最充分地利用现代切削工具的性能，就必须提高机床的转速、功率及刚度。这样，就要进行主运动传动装置、送进传动装置和主轴部件的改装，并实现一系列提高刚度的措施。

1. 主运动传动装置及送进传动装置的改装

主运动传动装置的改装形式

主运动传动装置由三个环节组成：

1. 连接电动机和变速箱的固定传动（皮带传动或齿轮传动）；
2. 变速箱；
3. 连接变速箱和主轴的固定传动。

图2中，a~д表示首环和末环的固定传动，其中，轴和用来表示变速箱传动系统的虚线相连接。

提高转速的一般方法 提高传动装置转速的最简单方法是改变首环固定传动（图2 a、б）的传动比；另外也可以采用取消首环传动，而使电动机轴与变速箱第一根轴直接相连接的方法（图2 в），或更换新的快速电动机。

如果采用上述提高转速的方案，将使得所有传动环节的转速都有所提高。结果，既带来了某些好处，也带来了某些坏处。因为，某个传动元件所能传递的功率是由下面这个公式来决定的：

$$N = \frac{Mn}{71620} \text{ 馬力,}$$

式中 M——元件根据强度和疲劳条件所能传递的扭矩。

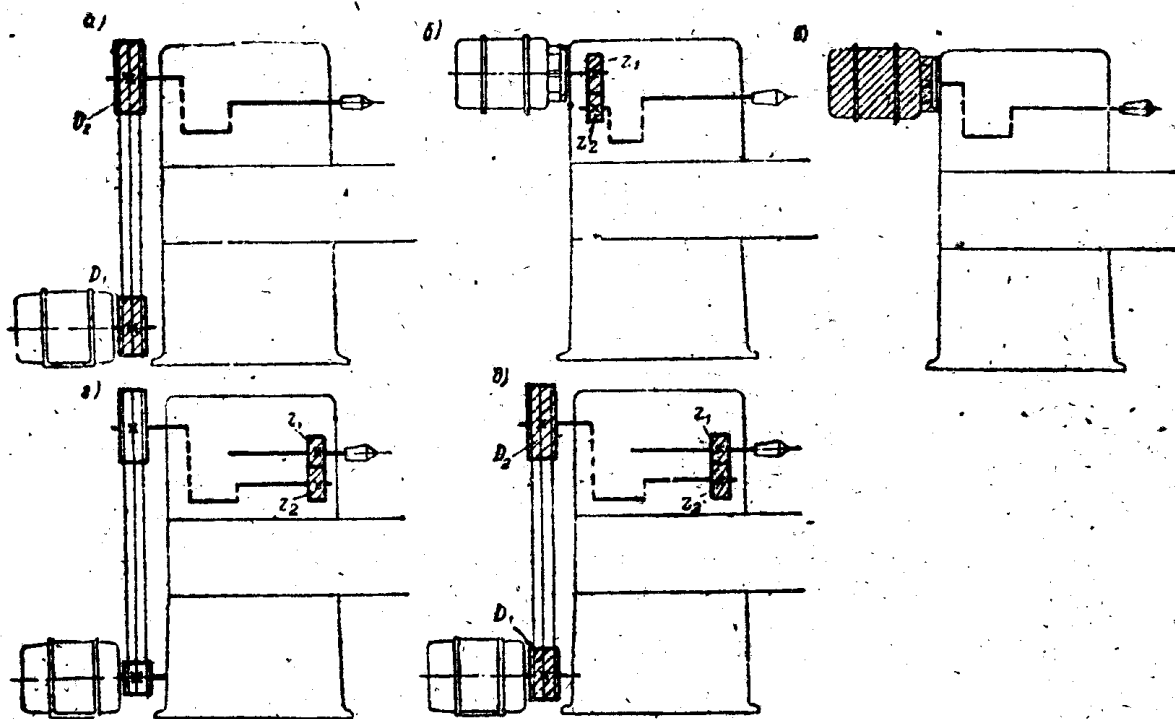


图2 在旧式传动链上，用改变传动比的方法去改装主运动传动装置的简图

a—增加从电动机到变速箱第一根轴之间的皮带传动的传动比；б—增加从电动机到变速箱之间齿轮传动的传动比；в—取消从电动机到变速箱之间的传动，把电动机轴和变速箱第一根轴直接连接起来；г—增加从电动机到变速箱传动链中的最后一环的传动比；д—同时增加从电动机到变速箱之间的和从变速箱到主轴之间的传动的传动比。

提高轉速 n 的同时, 元件所能传递的功率也就要增加。但轉速的提高并不与功率的增加成正比。因为根据疲劳条件可知: 轉速的提高和载荷交变次数的增加, 将会导致許多应力的减小。这样, 就会相应地使扭矩减小。另外, 随着轉速的提高也使作用于传动元件的动载荷增加, 結果也会使这些元件所能传递的有效扭矩减小。

增加载荷循环次数和动载荷, 对于齿輪的影响最大。它限制了传动装置轉速和功率的提高。正如 [43] 的分析所指出: 某齿輪付所能传递的功率, 开始时, 随着轉速的提高而增加, 达到最大值后就要开始下降 (图 3 a)。

假設改装前某齿輪付主动輪的轉速为 n_1 , 所能传递的功率为 N_1 , 那末随着轉速提高到 n_2 时, 則功率可增加到 N_2 (图 3 b)。但是, 若过高地将轉速提高到 n_3 时, 許用应力和动载荷就将限制該齿輪付所能传递的功率数值 N_3 。因此, 当轉速过高时, 为了避免齿輪的损坏, 我們不得不降低传动功率。

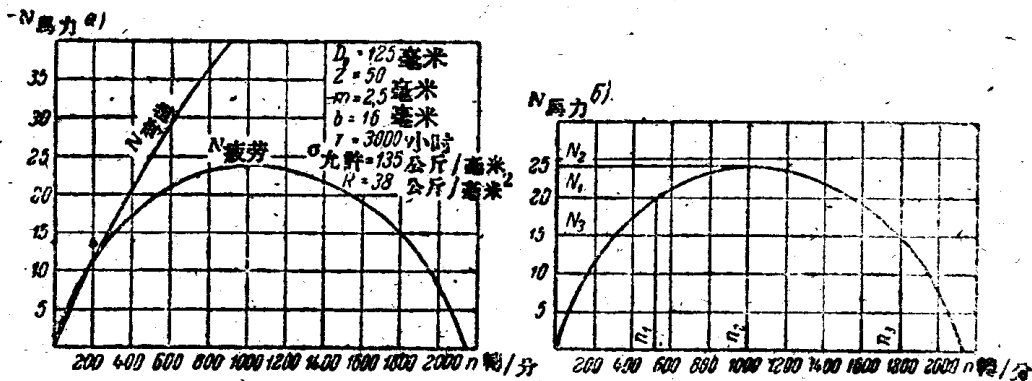


图 3 主动齿輪的轉速与該齿輪付所能传递之功率的关系曲线图

$N_{弯曲}$ ——按許用弯曲应力齿輪所能传递的功率。

$N_{接触}$ ——按許用接触应力齿輪所能传递的功率。

这样, 只有当改装前所有传动齿輪的速度都位于功率曲线图的左半部, 而且是一般地提高轉速时, 我們才有可能同时提高传动功率。

改装时, 传动装置轉速的提高, 应该在仔細分析传动齿輪工作条件的基础上来进行, 因为任意地提高轉速, 将会使机床提前损坏。分析齿輪传动的工作条件, 还可以确定提高轉速的合理范围, 在这个范围内, 能保証同时提高传动装置所能传递的功率。

如果个别齿輪付限制着轉速和功率的提高, 則可改用强度高的新齿輪。这种齿輪可通过增加其宽度, 对它进行热处理或采用优质的材料而获得。另外, 一般提高传动装置轉速时, 也常常需要改善潤滑系統, 以循环潤滑法代替飞溅潤滑法。

必須指出, 随着传动装置轉速的提高, 也将使空轉的損耗增加, 因此有效功率的增加并不与电动机功率的增加成正比。

整个說来, 在所有的传动装置改装方式中, 用增加第一环的传动比来改装传动系統是較简单的。在多数情况下, 这种方式还可以保証把轉速和功率提高到2~2.5倍。对于近25~30年来所出产的大多数机床, 都可利用这种改装方式去提高它們的轉速和功率。

提高主軸的轉速 从分析传动元件的工作情况可知, 当轉速提高时, 将使这些元件所能传递的功率降低, 或使某些元件的速度超过所允許的极限。这时, 都可以采用增加从变速箱到主軸之間传动比的改装方案 (图 2 r)。

用增大末环传动比来提高机床的转速时，只能依靠利用它的传动零件的安全系数来达到提高传动功率的目的。在改装传动装置方面所进行的工作指出，通常，传动零件的安全系数并不是很大的，因此，这种改装形式并不能保证同时提高功率和转速。不但如此，甚至还可能由于空行程损耗的增加，反而使有效功率比改装前还要小。

这个方案的优点是：简单，并能在相当大的范围内提高转速。这种改装方式可用于经常完成半精加工或精加工，以及加工余量小的零件（如仪表零件等）的机床上。

同时提高传动装置的总转速和主轴的转速 如果在提高功率的同时，传动装置总转速的提高只能限制在一定的范围内，那末，转速提高的不足部分，就应该通过增加从变速箱到主轴之间的传动比来得到。这种改装方式（图2 д）并不复杂，但功率和转速却可以保证显著地提高。现在许多工厂都已广泛采用这种改装方式，去提高 ДИП-200、1Д62、1Д62М、VDF 以及其他类似机床的转速和功率，结果都使转速和功率提高了一倍。

改变传动装置的运动链 当上面所说的几种改装传动装置的方式都不能满足提高功率和转速的要求时，可应用一种较为复杂的改变主运动传动链的方法，这时就需要安装新的齿轮传动装置和轴等。

这种改装方式需要相当大的费用，但是在改装重型机床时，还是合算的。因为这些重型机床的成本大大地超过了改装时所消耗的费用，同时，对产品产量老是提不高的那些生产工段的机床来说，采用这种改装也是合算的。

安装附加的变速箱 如果现有的传动装置不能用于提高功率及转速时，就应该安装附加的变速箱（图4 а）。

柱形附加变速箱（图5）用于改装塔轮式机床，它早在三十年代就开始被采用。这种类型的附加变速箱和跨轮同时采用。其中，用皮带将变速箱的迴转运动传递给塔轮的大轮。脱开塔轮时可得到高速，合上时则得到低速。

由于跨轮工作时没有液体润滑，因此，这一系统的转速受到跨轮工作条件的限制，不能提得很高。通常，主轴和转速都限制在 600~800 转/分范围内。

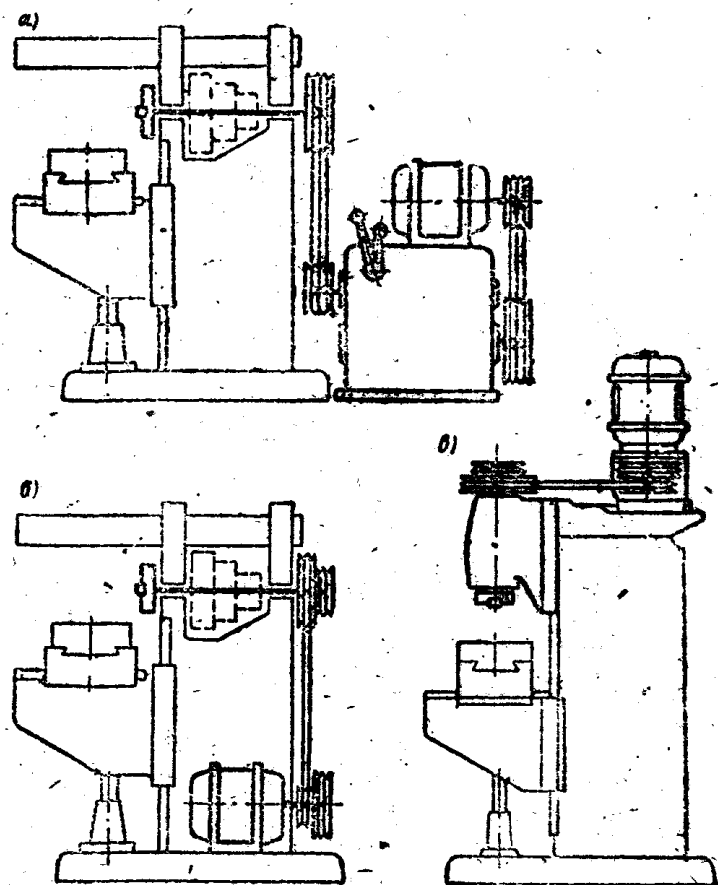


图4 主运动传动装置的改装简图

а—附加变速箱装置；б—从电动机到主轴的直接传动装置；

в—附加主轴箱装置。

采用图4 a所示的附加变速箱的方案,可以得到高的轉速。附加变速箱的迴轉运动,经过皮带直接传给机床主轴。传动輪固定在主軸上或压装在套筒外的滾珠軸承上,它可以繞套筒自由地迴轉。而套筒用法兰緣固定在主軸箱的外壳或床身上。后一种装法可以使主軸避免承受来自皮带的拉力,因而减少了主軸的变形和主軸軸承上的負荷。这对于提高主軸的轉速具有重大的意义。

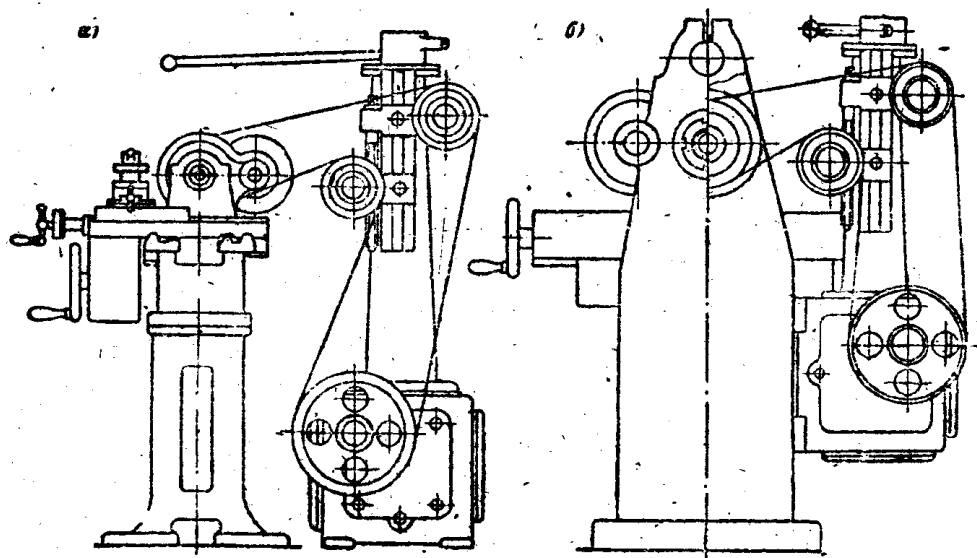


图5 柱形附加变速箱

a—附加变速箱安装在独立的机座上; b—附加变速箱安装在床身上。

表2 附加变速箱的调整范围

变速级数	公 比		
	1.26	1.41	1.58
3	1.6	2.0	2.5
4	2	2.8	4.0
6	3.2	5.6	10.0

为避免改装时耗費过大,附加变速箱的变速級数不应大于4~6級。

表2所列的数字表示:附加变速箱在各种变速級数及公比的情况下,其調整范围的大小。从表中可以看出,附加变速箱的調整范围是很小的。实际上,在改装用于小批生产的机床时,可考虑采用公比为

1.58的四級变速箱,以及公比为1.41和1.58的六級变速箱。

对于变速級数很小的专用机床来说,可采用調整范围更小的变速箱。

图6表示变速箱級数为4和6的附加变速箱最合理的系統图。表3列举了三种尺寸类型的附加变速箱齒輪的主要参数。

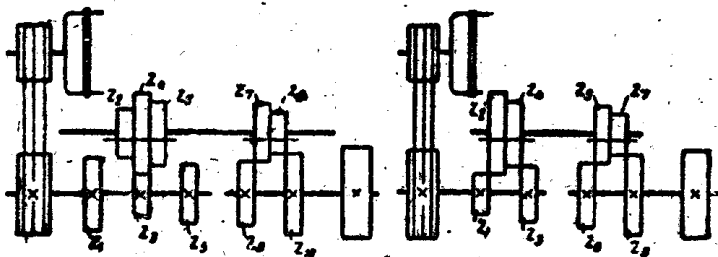


图6 附加变速箱传动系統图

采用这种改装方式时,主軸的最低轉速会很自然地受到最高轉速的限制。如果主軸轉速的上限为1500~2000轉/分,則在上述附加变速箱的調整范围内,其下限将等于200~300轉/分。这时,就可以采用标准的高速切削用量,对直径为150~200毫米以下的鋼件进行粗加工。

当主軸上的皮帶輪直径为300~350毫米,并使用4条B型断面的皮帶时,低速級的功率将等于10~12馬力,这时也能滿足上述直径零件的粗加工要求。

在按照上述方法进行了改装的机床上,也能加工直径更大的零件。但这时只能用于半精加工或精加工,因为机床上沒有粗加工所需要的更低的轉速了。

表 3 附加变速箱齒輪的基本数据

齒輪號碼	四 級 變 速 箱 $\varphi=1.58$		六 級 變 速 箱 $\varphi=1.58$		六 級 變 速 箱 $\varphi=1.41$	
	Zmb	材 料	Zmb	材 料	Zmb	材 料
z_1	27 3 16	20X鋼 滲 碳 淬 火 $H_{RC}=$ 56~62	27 3 16	20X鋼 滲 碳 淬 火 $H_{RC}=$ 56~62	30 3 16	20X鋼 滲 碳 淬 火 $H_{RC}=$ 56~62
z_2	43 3 16		43 3 16		30 3 16	
z_3	35 3 16		20 3 16		20 3 16	
z_4	35 3 16		50 3 16		40 3 16	
z_5	43 3 16		35 3 16		25 3 16	
z_6	27 3 16		35 3 16		35 3 16	
z_7	27 3 26		43 3 16		35 3 16	
z_8	43 3 26		27 3 16		25 3 16	
z_9	— — —		20 3 26		20 3 26	
z_{10}	— — —		50 3 26		40 3 26	
主動軸轉速=950轉/分 功率—4.5~7千瓦			主動軸轉速=950轉/分 功率—4.5~7 千 瓦		主動軸轉速=1050轉/分 功率—4.5~7 千 瓦	
從動軸每分鐘轉數 375; 600; 950; 1500			從動軸每分鐘轉數 150;235;375;600;950;1500		從動軸每分鐘轉數 265;375;530;750;1050;1500	

但是,中型机器制造厂的产品的分析資料却告訴我們,50%以上的車削工序,都能有效地在按上述方法改装的机床上进行。事实上,如果在加工某些工件时,其最低轉速显得过高的話,那末,还可以在未經改装的机床上进行加工。

直接连接电动机与主軸的皮帶传动裝置 在大批生产的条件下,进行上述改装时,也可以不用附加变速箱,而采用从电动机到主軸的直接传动裝置(图46)。

改装旧式塔輪車床时,实际上,只有后两种方法才是最合理的。这两种方法具有特別优越的效果,因为它们不用很大的开支,就能够把低生产率的机床改装成为現代化的机床,只是应用范围略为縮小了些。

安装新的主軸箱和变速箱 如果传动裝置和主軸部件的結構都不允許采用前面所說的改装方式,或者这些改装方式都不能达到所要求的結果时,那末,在一般情况下,就可以将原有传动裝置及主軸部件都改換成新的。这时改装費用将显著地增加。因此,这种改装方式只能在一定条件下采用,特別是在改装重型机床和貴重机床时,才比較合算,因为这种机床的成本比起改装时所需要的开支來說,要大得多。这种方式也可用以改装老式的塔輪式車床,这时,可采用标准主軸箱,或者应用帶有独立传动裝置的附加立式主軸头。这种方式也还可以用于改装老式結構的臥式銑床(图4B)。

前面所說的几种提高传动裝置功率和轉速的改装方式列举于表4中。

所需要的功率和轉速的提高范围,可以根据切削原理的公式来确定。对于万能机床

表 4 用于提高传动装置功率和轉速的几种改装方式

改 装 特 性	优 点	缺 点
用改变首环传动比、安装快速电动机或直接把电动机轴与变速箱第一根轴连接起来的方法（必要时拆换一些薄弱环节），去普遍地提高传动装置的轉速（图 2 a、б、в）。	方案简单。在許多情况下，可以在相当大的范围内提高功率和轉速。	功率的提高受到限制。
在功率的极限范围内，用改装首环传动比的方法，去普遍地提高传动装置的轉速，然后，再用改变末环传动比的方法，使主軸的轉速进一步得到提高（图 2 б）。	方案简单。轉速可以在相当大的范围内提高。	有效功率有些降低。多数情况下，应用范围限于精加工和半精加工。
改变末环传动比，提高主軸轉速（图 2 в）。	方案简单。轉速可以在相当大的范围内提高。	大大地增加了改装的困难。
改变传动装置的运动系统，提高主軸轉速。	轉速可以在相当大的范围内得到提高。	增加了改装的困难，工艺性能多少地缩小了一些。
把原有的传动装置换成附加变速箱或采用直接由电动机传动的单速传动装置，以提高功率和轉速。	功率和轉速均可以有很大的提高。	增加了改装的困难。
把原有的传动装置和主軸部件一起换成新的，以提高功率和轉速。	功率和轉速均可以有很大的提高。	

來說，应该知道：工件和刀具的极限尺寸；工件材料和刀具材料的牌号，粗加工及精加工的工艺余量；工艺上允許的送进量；粗加工时最难加工材料的最低速度；以及精加工时最易加工材料的最高速度。在确定工件和刀具材料的牌号以及零件的极限尺寸时，还应考虑到该生产工段的实际負荷。

改装时的效率和空轉功率

机床传动装置中的电动机从綫路中所获得的功率 N' 电机消耗于以下几方面：电动机本身的功率損耗 $N_{\text{电机損耗}}$ ，机床空轉損耗 $N_{\text{空轉}}$ ，机床有載損耗 $N_{\text{載荷}}$ ，以及用于有效工作的功率 $N_{\text{有效}}$ 。

所謂空載損耗是指沒有任何有效負載时，消耗于传动装置運轉上的功率。这一功率消耗于克服因下列作用而产生的摩擦力：

- 1) 运动部分的重量；
- 2) 皮带的預紧力，軸承的預加載荷和可动溜板上楔条的夹紧力；
- 3) 因迴轉零件不平衡所产生的离心力；
- 4) 由于加工和装配时的誤差所必然产生的軸在齒輪和軸承內的各种弯曲；
- 5) 作用于传动元件上的动載荷。

另外，空轉功率也損耗于：

- 6) 油箱中潤滑油的攪动；
- 7) 脫开換向摩擦离合器时摩擦片之間的摩擦；
- 8) 油封內的摩擦；
- 9) 滚动軸承及快速迴轉零件的空气动力損耗。