

蘇 聯
機器製造百科全書



機械工業出版社

苏 联

机 器 制 造 百 科 全 書

机器制造百科全书編輯委员会編

第 四 部 分

机 器 設 計

第 九 卷

上 卷

責任編輯教授技术科学博士 薩威林



机 械 工 业 出 版 社

几 点 說 明

1. 本卷分成上、下卷出版，上卷为 1~16 章叙述金属切削机床和木材加工机器；下卷 17~35 章叙述起重运输设备和挖土机。本书为上卷。

2. 由于我国机械名词目前尚未统一，而本书译校者又很多，因此书中名词虽然尽量采用通用的，但尚不能完全一致，故在书末附有中俄名词对照表以供读者参考。

3. 本书第五章承陈利华同志校订，第六章承第一机械工业部第二机器管理局设计处校订，第九章承酈明同志校订，第十一章承陈乃隆同志校订。

本 卷 译 者

王立名，江 南，朱廷栋，李彼得，范若瑛，屠大鲁，陆曾佑，陈乃隆，陈仁钰，
陈 敷，章澄思，谭浩泉，酈 明

* * *

NO. 2314

1958 年 10 月 第一版

1958 年 10 月 第一版 第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 字数 1456 千字 印张 47⁷/₈ 插页 2 0,001—3,050 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业
许可证出字第 008 号

统一书号 15033.1186
定价 (10) 9.00 元

編輯委員會

主任委員兼總編輯院士 丘達科夫(Е.А.Чудаков)

阿科波夫(С. А. Акопов), 阿爾托波列夫斯基(И. И. Артоблевский), 阿切爾康(Н. С. Ачеркан), 別斯普羅茲萬內依(И. М. Беспрозванный), 古德佐夫(Н. Т. Гудцов), 吉古新(В. И. Дикушин), 葉甫利莫夫(А. И. Ефремов), 扎波洛瑞茲(В. К. Запорожец), 濟明(А. И. Зимин), 卡扎科夫(Н. С. Казаков), 吉爾比切夫(М. В. Кирпичев), 柯萬(В. М. Кован), 康紐沙姪(Ю. П. Конюшая), 李普噶爾特(А. А. Липгарт), 馬累歇夫(В. А. Малышев), 馬爾簡斯(Л. К. Мартенс), 馬利恩巴哈(Л. М. Мариенвах), 尼古拉也夫(Г. А. Николаев), 奧金格(И. А. Одинг) (編輯委員會副主任委員), 巴頓(Е. О. Патон), 拉姆金(Л. К. Рамзин), 魯勃佐夫(Н. Н. Рубцов), 薩威林(М. А. Саверин) (編輯委員會副主任委員), 謝明欽柯(И. И. Семенченко), 薛倫新(С. В. Серенсен), 赫倫諾夫(К. К. Хренов), 赫魯曉夫(М. М. Хрущов), 沙明(Н. А. Шамин), 謝列斯特(А. Н. Шелест), 舒赫加利切爾(Л. Я. Шухгальтер) (副總編輯), 雅柯夫列夫(А. С. Яковлев)。

本 卷 著 者

教授阿勃拉莫維奇(И.И.Абрамович); 阿列克西也夫(Е.Г.Алексеев); 教授技術科學博士阿爾費羅夫(К.В. Алферов); 技術科學候補博士安德列也夫(П.К.Андреев); 技術科學候補博士阿方納西耶夫(П.С. Афанасьев); 教授技術科學博士阿切爾康(Н.С. Ачеркан); 工程師巴拉諾夫(В.К.Баранов); 工程師別烈高夫斯基(И.И.Береговский); 教授鮑古斯拉夫斯基(Б.Л.Богуславский); 一級科學工作者技術科學候補博士鮑古斯拉夫斯基(П.Е.Богуславский); 工程師布列也夫(Б.Т.Бреев); 教授布里特金(А.С.Бриткин); 工程師華西利也夫(В.С.Васильев); 教授技術科學博士伏羅比耶夫(Н.В.Воробьев); 工程師魏德陵(П.Г.Выдрин); 工程師葛拉德可夫(Б.А.Гладков); 蘇聯科學院通訊院士吉古新(В.И.Дикушин); 教授技術科學博士陀姆勃羅夫斯基(Н.Г.Домбровский); 技術科學候補博士葉材松(И.И.Елинсон); 一級科學工作者技術科學候補博士扎依欽柯(И.З.Зайченко); 工程師扎哈諾夫(Г.М.Захаров); 副教授技術科學候補博士朱斯曼(В. Г. Зусман); 工程師伊凡諾夫(И.П.Иванов); 工程師卡斯達里斯基(А.А.Кастальский); 教授技術科學博士卡西林(А.И. Каширин); 一級科學工作者技術科學候補博士凱德羅夫(С.М.Кедров); 一級科學工作者技術科學候補博士柯爾尼洛夫(К.А.Корнилов); 教授技術科學博士基費爾(Л. Г. Кифер); 工程師柯彼列夫(Ф.Л.Копелев); 工程師克拉波特金(С.И.Крапоткин); 副教授技術科學候補博士克魯季柯夫(И.П.Крутиков); 一級科學工作者技術科學候補博士拉沙魏爾(А.Л.Лашавер); 工程師列維特(Г.А.Левит); 工程師馬陀爾斯基(Я.М.Мадорский); 工程師馬志林(И.В. Мазырин); 工程師馬可夫斯基(Н.В.Маковский); 副教授技術科學候補博士曼約斯(Ф.М.Манжос); 工程師密濟魏茨基(Я.П.Мезивецкий); 技術科學候補博士美克列爾(А.Г.Меклер); 副教授技術科學候補博士密爾比爾特(М.П.Мерперт); 工程師莫諾佐娃(Е.М.Морозова); 工程師聶美茨(Я.Л. Немец); 一級科學工作者技術科學候補博士李別爾格(Н.Я.Ниберг); 技術科學候補博士尼柯拉耶夫斯基(Г.М.Николаевский); 工程師奧赫利安德(А.Б.Охлянд); 副教授技術科學候補博士彼薦爾斯(Е.Р.Петерс); 工程師普羅卓羅夫(Б.И.Прозоров); 副教授技術科學候補博士布師(В.Э.Пуш); 教授技術科學博士烈施多夫(Д.Н.Решетов); 工程師魯米揚切夫(С.С.Румянцев); 副教授技術科學候補博士謝蓋里(И.С.Сегаль); 技術科學候補博士斯皮瓦克(Э.Д.Спивак); 蘇聯科學院通訊院士斯比瓦柯夫斯基(А.О.Спиваковский); 技術科學候補博士斯比啓納(И.О.Спицина); 工程師蘇哈諾夫(Д.К.Суханов); 技術科學候補博士捷姆青(Г.И.Темчин); 工程師托卡爾(И.Е.Токарь); 工程師費英別爾格(Г.М.Фейнберг); 一級科學工作者技術科學候補博士菲拉托夫(В.П.Филатов); 工程師切爾尼可夫(С.С.Черников); 副教授契哈切夫(С.А.Чихачев); 教授技術科學博士沙烏米揚(Г.А.Шаумян); 一級科學工作者技術科學候補博士西斯科夫(В.А.Шишков); 副教授技術科學候補博士愛爾李赫(Л.Б.Эрлих)。

*

*

*

科 學 編 輯

教授阿勃拉莫維奇(И.И. Абрамович) (第十七、十八、二十、二十三、二十六、二十八、三十二章); 技術科學候補博士阿方納西耶夫(П.С. Афанасьев) (第十四、十六章); 工程師勃李茲尼揚斯基(А.С. Близнянский) (專門名詞及符號); 蘇聯科學院通訊院士吉古新(В.И. Дикушин) (第一至十一章、第十三章); 功勳技術科學家教授技術科學博士基費爾(Л.Г. Кифер) (第十九、二十二、二十四、二十五、二十七、二十九、三十章); 一級科學工作者技術科學候補博士李別爾格(Н.Я.Ниберг) (第一至十三章); 副教授技術科學候補博士彼薦爾斯(Е.Р.Петерс) (第三十五章); 教授技術科學博士波波夫(В.К. Попов) (第二十一章); 蘇聯科學院通訊院士斯皮伐柯夫斯基(А.О. Спиваковский) (第三十一、三十三、三十四章)。

*

圖表科學編輯: 工程師卡爾干諾夫(В.Г. Карганов); 工程師伊昂諾夫(П.М. Ионов)

*

全卷組織編輯克拉斯諾娃(Т.Б. Краснова)

編輯室主任馬列茨卡婭(В.Н. Малецкая)

原編者的話

機器製造百科全書第九卷(即本卷)包括三個獨立部分。這三個部分分別研究關於金屬切削機床,木材加工機器與起重運輸設備的設計問題。

本卷所有材料不僅可供設計者利用,也可以供機器製造工廠裏的工藝師以及從事於運用與修理各種設備的人員利用。

本卷第一部分對於蘇聯機床和一些外國工廠的機床闡述十分詳盡。在機床設計的共同性問題方面,曾充分利用金屬切削機床科學實驗研究所(ЭНИМС)的經驗與資料。

在材料的敘述當中,曾特別注意到項目的分類,因為這樣可以促進現有材料的系統化並使之便於利用。為了使用簡便,本書廣泛地採用了表格式的敘述方式。材料的絕大部分都是專為本書編製的特有材料。

第一章是關於機床分類、切削速度與切削力等方面的概論。在這一章內第一次提出了關於製件成形與機床上的運動操縱方面的原始資料,並敘述了評價機床構造完善程度的指標系統。此外,在這裏還提到了機床生產率的概念。

第二章研究金屬切削機床的功能機構。本章材料對廣大的機器製造業有很大的好處。尤其是在這一章裏所編關於變速箱、各種機構的運動分析等資料可供他們廣泛的利用。

第三章及第四章研究金屬切削機床的液壓與電力設備。第四章中的若干數據是由金屬切削機床科學實驗研究所特別進行的實驗結果確定的。

第五章包含了金屬切削機床零件與個別裝置方面必要的知識。這裏第一次有系統地敘述了關於床面導軌、保險與連鎖裝置等方面的問題。

第六章至第十一章研究了各類機床。對各種機床特別部件的構造方面,用豐富的圖例提供了許多知識。我們想,這幾章的內容份量不大,具有相當程度的讀者對應用這些資料是不致有所困難的。

第十二章第一次在非常重要的聯合機床與自動作業線設計問題方面提出了系統的敘述。

第十三章,即本卷第一部分的最後一章,研究了機床試驗與機床試驗所用試驗儀器。這一章的敘述主要是利用了金屬切削機床科學實驗研究所的經驗。

本卷第二部分研究了木材加工設備。

第十四章包含了木材加工機床設計師與木材加工生產的工藝師在選擇切削速度與進給量方面,在計算切削力與功率方面所必需的數據,以及在刀具方面所必需的知識。

第十五章係研究木材加工機床型式、構造與主要參數,因此包含了當設計木材加工車間而預選必需的機床時,及當設計木材加工機床時可利用的參考數據。這裏介紹了通用設備方面的知識,這些設備包括鋸木架、帶鋸床、圓鋸床、鉋床、銑床、鑽床及其他機床。

第十六章研究了木材加工機床的主要部件,該章內包含了設計師在設計木材加工機床時所必需的關於標準構造方面的數據。在這一章裏說明了床面、工作軸、刀架、送料機構、導向與壓緊裝置、驅動裝置的構造。

第九卷的最後部分研究起重運輸機及挖土機,共計十九章,即第十七章至第三十四章。

在第十七章至第三十四章裏敘述了起重運輸機的計算基礎，介紹了蘇聯電站部國家鍋爐檢查局關於起重運輸機安裝使用規程的要點；並提供了最通用的機械型號的結構。這裏只對於起重運輸機的特殊零件(或部件)介紹了計算式，因為普通機器零件所必需的公式讀者可以在機器製造百科全書第二卷[●]中找到。

金屬結構在起重運輸機中的重要性促使我們把它的計算與設計基本原理特別列為一章(第二十章)。因為同一緣故加進了起重運輸機電力傳動一章(第二十一章)。許多設計與計算數據、定額與示例都是從蘇聯機器製造業的實踐中得來的，他們說明了關於蘇聯起重運輸機高度水平的明確概念，這些資料可以為廣大的設計工作者所利用。在這些章裏的參考資料的很大一部分是從全蘇起重運輸機器製造科學研究所(ВНИИПТМАШ)的材料中得來的。

最後第三十五章研究單斗和多斗挖土機構造，這些挖土機是土工機械中的基本型式。

應當指出蘇聯的科學與實踐在研究挖土機設計的理論基礎與方法方面的先進地位。這一章的材料研究了挖土機的基本計算並使這種機器的設計師們拿這些材料作為正確選擇其主要參數的方針，同時在選擇形式、決定作用力、計算方法(在個別情況下)等方面闡明這些機器的特殊部件的設計計算。這裏並介紹了關於許多蘇聯工廠所產挖土機的資料。

曾邀請生產方面的專家及科學工作者對本卷材料進行評閱。

編輯委員會對下列諸同志在第九卷各章與各論文的内容方面所予批評及寶貴意見表示謝意：教授技術科學博士阿拉費羅夫(К.В. Алферов)(第三十一章)；教授別爾沙德斯基(А.Л. Бершадский)(第十四章)；教授技術科學博士沃一金斯基(Н.С. Войтинский)(第十四章至第十六章)；副教授扎依采夫(Н.А. Зайцев)(第二十二、二十九章)；教授技術科學博士基費爾(Л.Г. Кифер)(第三十五章)；工程師柯爾聶耶夫(Г.К. Корнеев)(第二十八章)；副教授技術科學候補博士克魯季可夫(И.П. Крутиков)(第十八章)；副教授列依金(Н.С. Лейкин)(第二十二、二十三、二十四、二十九章)；副教授技術科學候補博士馬肅爾(Г.Л. Мазур)(第九、十八、二十三、二十五～二十七章)；教授技術科學博士尼柯拉耶夫(Г. А. Николаев)(第二十章)；技術科學候補博士普拉文斯基(В.И. Плавинский)(第三十章)；工程師薩姆索諾夫(В.А. Самсонов)(第三十四章)；工程師歇沃里雅金(А.К. Шевлягин)(第三十二、三十三章)；副教授技術科學候補博士沙斯柯里斯基(Б.В. Шаскольский)(第二章)。

編輯委員會特別指出科學編輯們的巨大工作——蘇聯科學院通訊院士季古新(В.И. Дикушин)(第一章至第十一章，第十三章)；一級科學工作者技術科學候補博士李別爾格(Н.Я. Ниберг)(第一章至第十三章)；技術科學候補博士阿方納西耶夫(П.С. Афанасьев)(第十四章、第十六章)；教授技術科學博士基費爾(Л.Г. Кифер)與教授阿勃拉莫維奇(И.И. Абрамович)(第十七章至第二十章、第二十二章至第三十章、第三十二章)；蘇聯科學院通信院士斯皮瓦柯夫斯基(А.О. Спиваковский)(第三十一章、第三十三章、第三十四章)；副教授技術科學候補博士彼薦爾斯(Е.Р. Петерс)(第三十五章)。

關於本卷內容的批評意見與願望請寄百科全書編輯部的地址；這些意見與願望，我們將以感激的態度予以採納，以便在我們今後的工作中加以利用。

薩威林(М.Саверин)

● 蘇聯已有由阿切爾康教授主編的「機械零件」一書出版，該書即根據蘇聯機器製造百科全書第二卷增編而成，因此機器製造百科全書第二卷我們沒有組織譯出，但「機械零件」一書已譯出，不久即可出版。——譯本編者

目次

第一篇 金屬切削機床

第一章 金屬切削機床的基本概論

(朱廷棟譯)

機床和加工型的分類方法	阿切爾康	1
機床的生產特性	卡西林	2
設計多刀機床時切削用量的選擇	捷姆青	4
設計金屬切削機床的基本資料	吉古新	8
在機床製造中應用的材料	莫諾佐娃和斯皮瓦克	22
參考文獻		25

第二章 金屬切削機床的機構

(朱廷棟譯)

旋轉運動的傳動和調節機構		1
概論	烈施多夫	1
齒輪變速箱	烈施多夫和阿列克西也夫	3
進給箱	烈施多夫	12
塔輪傳動	李別爾格	19
無級調節速度的摩擦式和鏈式傳動箱(變速器)		
	列維特	23
蝸桿式、齒式和鏈式減速器	李別爾格	27
用交換齒輪的傳動	西斯科夫	31
反轉機構	李別爾格	38
離合器和制動器	烈施多夫和列維特	49
直線前進運動的傳動機構	李別爾格	53
概論		53
曲柄連桿和曲柄搖桿機構		56
螺旋和齒條機構		60
行程限制器、關斷機構		64
週期運動機構		68
間歇運動機構	烈施多夫	68
棘輪機構	烈施多夫	71
凸輪機構	沙烏米揚	75
操縱機構(變換)	李別爾格	82
操縱系統		82
機床操縱機關的佈置		82
操縱機構		82
標準的操縱機關和接合指示器		93
參考文獻		95

第三章 金屬切削機床的液壓傳動

扎依欽科(陳乃隆譯)

概論		1
泵		4
操縱、調節裝置		8

分流裝置		10
工作缸筒及液動馬達		14
液壓隨動裝置		15
參考文獻		18

第四章 金屬切削機床的電力設備

(屠大魯譯)

電力驅動裝置型式的選擇	朱斯曼	1
機床的電器	朱斯曼	6
機床電力設備的安裝	朱斯曼	15
電力跟蹤模擬裝置	安德列也夫	17
參考文獻		23

第五章 金屬切削機床的機件

(陸曾佑譯)

直線運動的導軌	烈施多夫	1
圓運動的導軌	烈施多夫	6
床身	烈施多夫	9
工作台、溜板、刀架	布師	19
主軸和軸承	烈施多夫和阿列克西也夫	21
絲槓(導螺桿)	李別爾格	26
緊固切削工具用的標準附件和夾具	契哈切夫	30
緊固加工零件用的標準附件和夾具	契哈切夫	34
分度頭	魯米揚切夫	41
機械配動裝置	沙烏米揚	46
安全裝置和聯鎖(保險)裝置	李別爾格	51
機床的潤滑	馬志林	56
冷卻和冷卻裝置	李別爾格	60
排屑裝置	布師	66
參考文獻		68

第六章 車床

(陳仁鈺譯)

概論	扎哈諾夫和托卡爾	1
螺絲車床和普通車床	扎哈諾夫和托卡爾	1
單軸多刀車床	奧赫利安德	36
轉塔(六角)車床	密濟魏茨基	41
立式車床	葛拉德可夫	61
自動車床和半自動車床	沙烏米揚	72
平面車床(落地車床)	魏德陵	85
其他各種車床	別烈高夫斯基和魏德陵	88
參考文獻		101

第七章 鑽鏜類機床

(陳敦、李彼得譯)

立式鑽床	愛爾李赫	1
搖臂鑽床	柯彼列夫	6
萬能鑽床	葛拉德可夫	18
座標鑽床	葛拉德可夫	32
精密鑽床	柯彼列夫	36
其他鑽銼類機床	馬陀爾斯基	41
參考文獻		43

第八章 銑床

(陳駿、范若瑛譯)

概論	吉古新	1
升降台式銑床	切爾尼可夫	2
龍門銑床	鮑古斯拉夫斯基	19
齒輪銑床	菲拉托夫	32
截割銑床(圓鋸床)	切爾尼可夫	49
靠模銑床	布里特金	51
鍵槽銑床	鮑古斯拉夫斯基	59
參考文獻		60

第九章 鉋削類機床

(王立名譯)

概論	布里特金	1
龍門鉋床	布里特金	1
牛頭鉋床	布里特金	7
插床	伊凡諾夫	13
拉床	切爾尼可夫	18
齒輪鉋床	拉沙魏爾	25
鋸床	魯米揚切夫	49
銼床	魯米揚切夫	53
成形鉋床	魯米揚切夫	53
參考文獻		56

第十章 磨床

(鄺明譯)

概論	鮑古斯拉夫斯基	1
外圓磨床	密爾比爾特	4
螺絲磨床	布列也夫	10
內圓磨床	密爾比爾特	19
無心外圓磨床	凱德羅夫	25
平面磨床	凱德羅夫	30

齒輪磨床	柯爾尼洛夫	43
粗磨磨床	凱德羅夫	57
精磨磨床	凱德羅夫	59
研磨磨床	凱德羅夫	64
仿形磨床	鮑古斯拉夫斯基	66
工具磨床	鮑古斯拉夫斯基	70
切割磨床	鮑古斯拉夫斯基	78
參考文獻		79

第十一章 其他金屬切削機床

(朱廷棟譯)

具有轉動刀座的曲軸加工車床	別烈高夫斯基	1
深孔鑽床	馬陀爾斯基	1
螺帽攻絲機床	馬陀爾斯基	1
聯合機床	鮑古斯拉夫斯基	7
螺紋滾壓機床	布列也夫	8
無心剝荒車床與無心調直機床	鮑古斯拉夫斯基	13
參考文獻		14

第十二章 組合機床與自動作業線

吉古新(朱廷棟譯)

概論	1
床座(底座)	2
機床工作部分的導軌	5
刀具的轉動組件	7
自動刀座和動力頭	15
定位夾具	23
毛坯輸送設備	27
刀具	35
操縱	38
機床自動作業線	40
參考文獻	46

第十三章 金屬切削機床的試驗

(江南、譚浩泉譯)

概論	阿列克西也夫	1
試驗方法	阿列克西也夫	1
機床試驗所用的儀器	阿列克西也夫和華西利也夫	8
參考文獻		12

第二篇 木材加工機器

第十四章 木材切削

曼約斯(章澄思譯)

木材切削的基本知識	1
木材機械加工方法	1
木材切削基本過程中的主要關係	1
鉋削	4
銑削	4
鋸割	7

鑽孔	11
車削	13
剝製	13
模製	14
磨削	15
切削工具	15
鋸	15
鉋削刀具	19

銑削刀具	22
鑽頭	24
鏈式棒孔刀具	25
刀具刃磨用砂輪	25
參考文獻	26

第十五章 木工機器的類型、構造和主要參數

阿方納西耶夫(章澄思譯)

概論	1
排鋸機	1
圓鋸機	5
帶鋸機及鑲鋸機	9
鉋木機	10
銑床	17
開棒機	19
鑽床	21
棒孔機	22
車床	24
圓棒機	24
磨光機	25
聯合機及萬能機	26
手提木工機器	27
膠合設備	28

膠合板製造用的剝製機及呼吸式單板乾燥壓機	29
木材運輸設備	33
輔助設備	35
參考文獻	38

第十六章 木工機床的主要部件

馬可夫斯基(章澄思譯)

機座	1
工作台	3
工作軸	4
刀架	5
斷屑器與排屑漏斗	8
運送機構	9
減速器	15
導向及壓緊裝置	16
連接聯軸節	18
皮帶傳動	18
電力傳動	19
液壓傳動	22
氣壓傳動	23
潤滑設備	23
參考文獻	24

第一章 金屬切削機床的基本概論

機床和加工型式的分類方法

在金屬切削機床上的機械加工，其目的是用取下切屑的方法以改變毛坯。取下切屑之後，毛坯就取得接近於所要求的形狀(粗加工和預加工)或在一定的幾何形狀精度、尺寸(細加工)和表面光潔度(光製)的範圍內與毛坯的形狀相符合。

毛坯所必需的形狀改變應根據各種不同的因素，用各種不同型式的機械加工在各種不同的機床上進行。

金屬切削機床的加工型式分類

按已加工表面的形狀分類 同一幾何形狀的表面可用各種不同的方法加工：例如，可用車刀車削、圓銑、外拉、各種不同方法的輪磨等等取得圓柱形的外表面。因此，按已加工表面形狀特點的分類法，在每一種類型中還多少包含着相當多的(數量上的和技術重要性程度方面)加工形式組別，這些形式組別是在刀具型式、精度和加工光潔度等方面錯綜複雜的情形下，由被加工毛坯和加工刀具的相對運動共同的特性結合成各個組別。

按被加工表面的尺寸分類 被加工表面的尺寸也影響着加工方法，但其絕對數值所招致的影響(它們僅決定必需的機床尺寸)則較表面的基本尺寸和需要的尺寸精度方面的影響為小。因此，例如，兩個長度與寬度的比值小於3和這些尺寸的比值超過10的平面或兩個具有小的和大的孔長和孔徑的比值的光滑圓柱孔，其最經濟的加工方法是各不相同的。此外已加工表面尺寸所要求的精度對於取得這個尺寸的機械加工形式的影響也比較重大，由此也影響到被應用的工具和機床形式。

加工形式的分類列入第七卷第一章，上述因素就作為這些分類的基礎。

按已加工表面的光潔度分類 已加工表面光潔度的要求等級(按ГОСТ 2789-45的級、類、列)對機械加工的形式有重要影響。在機械製造的實踐中，最常用的是：1)粗加工(∇)；2)預加工(介於 ∇ 和 $\nabla\nabla$ 之間)；3)光加工($\nabla\nabla$)；4)光整加工($\nabla\nabla\nabla$)；5)最光加工($\nabla\nabla\nabla\nabla$)。引用ГОСТ 2789-45的根據客觀測量指數(不平度的均方根 $H_{\text{ср}}$)的表面光潔度分類便可以

定出加工形式分類，以適合於ГОСТ所已經指定的光潔度級別：1)粗加工($H_{\text{ср}}=100\sim12.5$ 公忽；標記 ∇)；2)半光加工($H_{\text{ср}}=12.5\sim1.6$ 公忽；標記 $\nabla\nabla$)；3)光加工($H_{\text{ср}}=1.6\sim0.2$ 公忽；標記 $\nabla\nabla\nabla$)；4)極光加工($H_{\text{ср}}\leq 0.2$ 公忽；標記 $\nabla\nabla\nabla\nabla$)。

實際上基於技術過程特點的機械加工形式分類法是非常普遍的，這些特點同時也表徵出被應用的設備——機床和刀具。

金屬切削機床的分類

應用於現代機械製造中的機床型式數量是很多的，而各種型式的特性中就有形形色色的特點：

a)用途廣泛的機床根據加工和刀具形式(例如，車床、銑床、拉床、磨床等等)；

b)用途較窄的機床(例如，在刃磨機床的一類中除萬能刃磨機床以外還有：車刀磨床、麻花鑽磨床、銑頭磨床、拉刀磨床、插齒刀磨床等等)；

в)機床的自動化程度及其特性(自動機床、半自動機床、手動進給的自動化機床；液壓化的機床；具有電子-離子操縱的機床等等)；

г)已加工表面的光潔度(例如，粗磨床、粗切輪齒機床、精製輪齒機床等等)；

д)加工的精度等級([普通]精度的機床、高級精度的機床、精密機床)；

е)某些構造特徵(例如，平銑床、立銑床、龍門銑床、轉台銑床——具有圓工作台、轉筒；單向和雙向中心機床、主軸帶有行星運動的磨床；擺式磨床)；

ж)機床最重要的工作機關或工具的數目(例如，單軸和多軸鑽床、多刀車床、多刀架轉台機床)，決定機床使用可能性部分的數目或其他的數目特點(各種型式的單柱和雙柱機床；工作台有十個工位的組合機床)；

з)附加的使用特性(例如，固定機床、移動機床、台式機床以及其他等等)。

往往在機床的特性中也包括某些其他的特點，這些特點對估計機床的使用質量可能有意義。

列入表1的蘇聯金屬切削機床科學實驗所(ЗНИИМС)金屬切削機床索引乃是表示蘇聯製造的機床型式(類型)的十進系統的基礎。

機床的型式標記(代號)由三個或四個數字所組成，有時候還添上機床附加特性的大寫字母。第一個

數字取自表 1 的橫行 I, 第二個數字則取自直行 II。

例 1620—高級精度的螺絲車床; 1336A—圓鋼料的最大直徑是 36 公厘(標記的後兩個數字)的轉塔車床, 有立式轉塔軸; 機床是 1336 型的機床所改進的(字母 A); 112—縱向車

削的單軸自動車床(圓鋼料的最大直徑是 12 公厘); 2575—最大鑽孔直徑是 75 公厘的搖臂鑽床; 3B64—中心高 100 公厘的萬能工具磨床; 561—長螺紋的螺絲滾床; 6441—電力操縱的半自動仿形銑床; 7A36—液力操縱的牛頭鉋床等等。

表 1

機 床	I \ II	1	2	3	4	5	6	7	8	9
車	1	自動機床與半自動機床		轉塔	鑽孔-切斷	立式台	車床和平面車床	多刀	成形製品的特製車床	其他各式車床
鑽和鏜	2	單軸	多軸	多軸半自動	單柱坐標鏜孔	搖臂鑽	鏜	金鋼鑽鏜孔帶有長方形或圓形工作台的平面磨	研磨和拋光	其他各式鑽床
磨和拋光	3	外圓磨	內圓磨	荒磨	特種軸類磨		磨			其他各式磨床
複合	4									
輪齒和螺紋加工	5	正齒輪鉋齒	錐形齒輪切齒	正齒輪和花鍵軸滾齒	蝸輪滾齒	齒輪的輪齒端面加工	螺紋銑床	輪齒光整加工	磨輪齒和螺紋	其他各式加工輪齒的機床
銑	6	升降式立銑	連續銑削	橫向鉋削(牛頭鉋床)	靠模和雕刻	無升降台立銑	龍門式	萬能式	平升降台式	其他各式銑床
鉋、插和拉	7	單柱	雙柱		插	平拉		立拉		其他各式鉋床
切割	8	切斷, 工作		用光的或切口圓盤	正規切斷	帶式	圓片式	弓鋸		
其他各式	9	用車刀車	用砂輪磨	用光的或切口圓盤						
		離合器和管子加工	鋸條切齒	正規-和無心剝荒		工具試驗				

機床的生產特性

利用切削速度和切削力對於用刀具取下的金屬層的尺寸和刀具的參數(請參閱第七卷第二章)的經驗關係就可以決定機床的傳動和動力參數——主軸轉數和進給的範圍、電動機功率、最大的進給力量以及其他。

機床加工時的生產率為兩個主要因素所限制: 機床的生產可能性和刀具的切削性能。

假使機床的生產可能性與其刀具的可能性相比是不足的, 那麼機床就不能充分地利用刀具, 因而這種機床的生產率僅是在充分利用刀具時的可能生產率的一部分。

在合理地設計好的機床的可能加工範圍中, 其生產可能性必須確保在加工給定的材料時, 最充分地利用在該機床上所應用的刀具的切削性能。

着手設計的機床的生產特性^①可作為其生產率的估計材料。

在給定的被加工製品和給定的切削深度之下, 作為同時利用機床的生產可能性和刀具的切削性能的結

果的機床生產率(按機動時間 $[Q]$)可以用該刀具在機床上的單位時間內的被加工面積來表示。

在一般情況下, 機床的生產率決定於單位時間內加工零件的數量。

一般都採用根據機器加工時間的生產率以比較機床的生產可能性及其刀具的切削性能, 因為輔助時間在全部加工中對於機床及其刀具都是一樣的。例如, 在一定的切削深度下, 根據機動時間的車床生產率可以這樣表示^②:

① 根據科學技術博士卡西林教授所建議的方法[1]。

② 這三段附加說明於下: 機床的生產率有兩種算法。第一種是算每天或每小時(有時每分鐘)加工某一零件的件數, 就是第二段中所說的算法。這算法中包括了輔助時間。第二種算法是算在一定切削深度下每分鐘所能加工的面積, 或每分鐘切屑的體積或重量。這算法不包括輔助時間。就是第一段中所說的算法。第一種算法在工廠管理和工廠設計中很有用, 因為它是生產中現實的情況。第二種算法在工具機設計中很有用。因為在一定情況下刀具每分鐘能切下的切屑可根據刀具耐用度計算, 而工具機每分鐘能切下的切屑可根據機床動力和剛度來算。採用這種算法很容易看出二者是否配合得當。——校者

$$Q = \frac{1}{T_m} = \frac{1000 v s}{\pi D L} = C_1 v s, \quad (1)$$

式中 T_m ——機動加工時間(分); D ——被車削面的直徑(公厘); L ——被車削面的長度(公厘); C_1 ——常數。

車刀切削性能特點的方程式(1)有以下形式

$$Q_{un} = v_{60} \cdot s = \frac{C_v \cdot s^{1-y_v}}{t^{x_v}} = s^{1-y_v} C_2 \quad (2)$$

車床生產可能性特點(根據電動機功率)的方程式(1)有下面的形式:

$$Q_{cm} = v_N \cdot s = \frac{4500 \cdot 1.36 \cdot N_{\text{eff}} \cdot s^{1-y_p}}{C_p t^{x_p}} = s^{1-y_p} \cdot C_3 \quad (3)$$

在公式(1)~(3)中採用了下列符號: v ——切削速度(公尺/分); v_{60} ——相當於切刀耐用度 60 分鐘的切削速度(公尺/分); v_N ——根據 N_{eff} 決定的切削速度(公尺/分); N_{eff} ——機床的有效功率, (仟瓦); t ——切削深度(公厘); s ——轉的進給量(公厘); x_v, y_v, x_p, y_p ——在切削速度和切削力的公式中的深度和進給大小的指數; C_v, C_p, C_1, C_2, C_3 ——常數。

作為一個實例,在圖 1 中列入了有效功率為 5.2 仟瓦的 1Д62(ДИП-20) 型車床,在用 PΦ1 牌號的高速鋼製成的切刀加工 $\sigma_b = 40 \sim 50$ 公斤/公厘² 的碳鋼時的生產特性。

圖中用連續的粗壯直線表示出決定於切刀切削性能的生產率 $\odot (v_{60} \cdot s)$ 。

用點劃線指示出機床效率等於 0.74 時由機床有效功率所決定的生產率 $(v_N \cdot s)$ 。

用數字 I 指出的點乃是 $(v_{60} \cdot s)$ 和 $(v_N \cdot s)$ 兩條線的共同點,即為相當於該切削深度的充分利用切刀和機床功率的點。

用數字 II 指出的點相當於進給機構的強度所容許

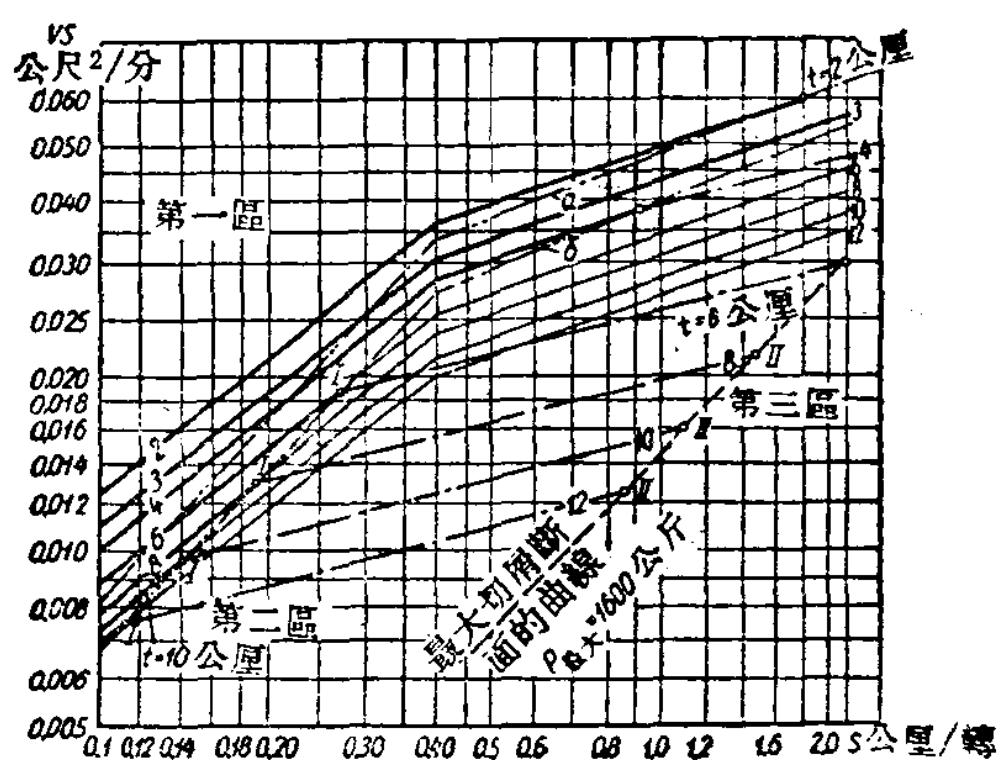


圖 1 [紅色無產者]工廠出品的 1Д62(ДИП-20) 型車床的生產特性:

a ——直線 $N=3.5$ 仟瓦; b ——直線 $N=5.2$ 仟瓦。

的最大進給數值。

這樣,圖上就決定了三個不同的區域:第一區——充分利用刀具的切削性能;第二區——充分利用機床的功率,但未充分利用刀具的切削性能;第三區——機床進給機構的強度所不容許的切屑斷面。

圖 2 是加工 $\sigma_b = 55$ 公斤/公厘² 鋼料時的 2135 型鑽床的生產特性,按鑽頭直徑的函數表示。左方圖表表示根據實驗得到的鑽頭直徑與進給的關係,和它並排的是切削速度的圖表(粗壯的折線),在各別的直徑範圍內切削速度為下列各因素所限制:機床的最高轉數(462 轉/分),鑽頭的經濟耐用度(t_T),電動機功率(v_N)和最大的容許進給力數值(s_p)。右方為機床生產率的綜合圖表:鑽頭直徑在 8~19 公厘的範圍中,機床生產率為主軸最高轉數所限制($v_n s$);在 19~28.5 公厘的範圍中——為鑽床的切削性能($v_N - N$)所限制;在 28.5~36 公厘的範圍中——為機床的電動機功率(5.2 仟瓦)所限制($N - P$)而在大於 36 公厘的範圍中——為功率及機床的最大容許進給力 1600 公斤所限制($v_N s_p$)。

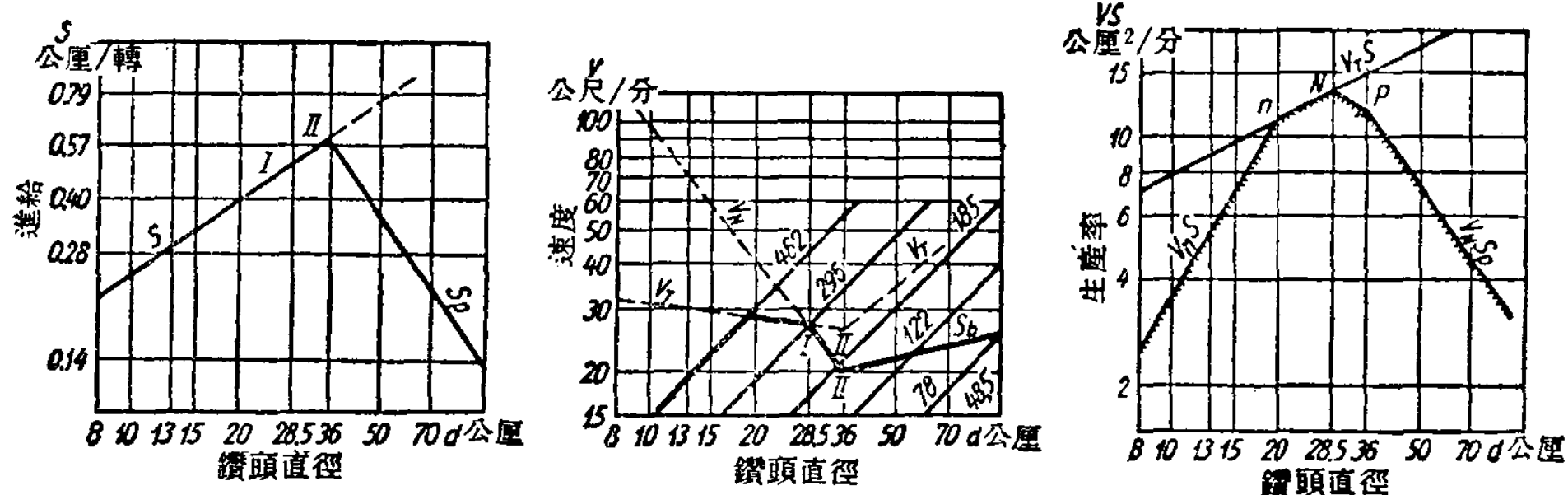


圖 2 2135 型立式鑽床的生產特性。

從鑽頭直徑 28.5 公厘起(點 I),切削速度 v 就開始為機床的電動機功率所限制。直徑從 36 公厘起(點

② 曾採用機床製造部技術標準局的標準係數和指數值作為計算之用。

II), 進給量 s 和切削速度 v 還受到進給機構強度的限制。

用構製試繪的生產特性的方法也可以解決一個反面的問題即: 按照給定的技術要求, 從利用刀具的切削性能的觀點出發, 用圖解——分析法來探索着手設計的機床的最適合的原始傳動參數 (主軸每分鐘轉數和進給量的範圍) 與動力參數 (電動機功率, 最大的進給力及主軸的最大扭轉力矩)。這裏所說的技術要求可以是: 工作的特點——剝荒、光加工或兩者俱備 (進給量和切削深度的範圍), 刀具材料 (高速鋼, 硬質合金), 計算的被加工材料的形式或類別 (鋼, 鑄鐵, 有色金屬) 以及其他。

設計多刀機床時切削用量的選擇

多刀機床切削用量的參數 多刀加工 (平行的、順序的、順序-平行的) 保證着輔助時間的縮減和基準的固定, 而在刀具平行加工時, 除此以外還減少製品的機動時間 T_m (分)。但是, 生產率的增加程度要比同時加工的刀具數的增加為小, 因為它們的運動是相連的。

按照各個刀具、刀架及主軸的切削參數是不相關連的或相關連的 (同樣的, 成比例的), 多刀機床分為下列的種類:

- 1) 正式的多刀機床, 其中的一些參數是相關連的;
- 2) 組合機床 (包括機床自動作業線), 其中各個組合件的機器工作參數彼此各不相關; T_m 是 (不強制地[⊙]) 相關連的。

在多刀機床上可將下列諸參數連繫起來:

- 1) 在鉋床類方面: 同一個刀架上的刀具進給量 s_x (公厘/行程) 和不同刀架上的刀具工作循環行程數 n_x (不強制的[⊙]); 切削速度 v (公尺/分);

- 2) 在車床和鑽床類方面: a) 當進給與工作運動 (主軸轉動) 相連時: 一個刀架的刀具進給量 s_0 (公厘/轉) 和不同刀架的刀具工作循環中主軸的轉數 n_0 (不強制的); 或具有來自凸輪軸的進給時, 相當於機床凸輪軸一轉的主軸轉數 n_p ; 和 б) 當進給不與工作運動相連時, 一個刀架的每分鐘刀具進給量 s_m (公厘/分); 在兩種情形中, 主軸的每分鐘轉數是 n_w ;

- 3) 在銑床和磨床類方面: 平面加工—— s_m 和 n_w ; 旋轉體加工——製品的每分鐘轉數—— n_u 和 n_w 。

計算參數的順序和方法 在選定刀具的型式和工序間的 (工位間的) 餘量之後用下列方式選擇各個刀具的進給量 s_x, s_0 [4]: 1) 假使進給量為刀具的強度或加工光潔度所限制, 而進給彼此沒有運動相連, 將它們

如同在單一刀具的工作條件一樣彼此不相關連地指定下來; 但如果刀具進給是相連的, 則根據各個刀具所容許的進給中最小的指定; 2) 假使進給受加工精度和製品強度所限制, 將符合於單一刀具工作的進給減少, 令其與幾把刀具在最大的載荷時在製品上的力的作用相當。

在進給依附於工作運動的車床和鑽床 (以及鉋床) 上, 以下法進行 n_0 (或 n_x) 的工藝平衡: a) 將工作行程的長度 $L_{p,x}$ 分配在幾個橫向和縱向的刀架之間 (在不同的主軸上用幾把刀具順序加工一個表面的條件下); б) 應利用附加的刀具軸旋轉運動 (在車床上)[⊙]。

假使 n_0 (或 n_x) 的工藝平衡是不可能的, 那麼減少不限制 n_0 的刀架 (需時間較短的刀架。——校者) 的進給量 s_0 (或 s_x), 這可以增加刀具的耐用度 (例如縱向進給量達 $s_0 = 0.05$ 公厘/轉, 橫向進給量達 $s_0 = 0.02$ 公厘/轉)。可能減少到 $s_0 = L_{p,x}/n_{\text{最大}}$, 式中 $n_{\text{最大}}$ ——最大的 n_0 或 n_x 。

[共同參數的計算[⊙]] 共同參數 $v_{\text{эк}}$, $n_{\text{ш.обм}}$, $s_{\text{м.обм}}$, $n_{\text{ш.обм}}$ 的計算按下列順序進行。

- 1) 假定每一把刀具獨立工作, 按 $v_{\text{эк}}$ 的公式或表 (請參閱第七卷第二章 [4] 和機床製造部技術標準局的標準) 根據在本機床上用單一刀具工作時的刀具經濟耐用度 $T_{\text{эк}}$ 決定刀具的經濟切削速度 $v_{\text{эк}}$ 。

- 2) 因為 $T_{\text{эк}}$ 的數量用機床機動工作時間 (分) 來表示, 所以刀具耐用度就是 $\lambda T_{\text{эк}}$ (分), 式中 λ ——切削時間與機動時間的比值, 因此, 還須乘上 $\frac{1}{\lambda}$ 以修正考慮到耐用度 $T_{\text{эк}}$ 的 $v_{\text{эк}}$, 式中 μ ——表示刀具耐用度 (分)

$T = \frac{\text{常數}}{v^{\mu}} (\mu = \frac{1}{m}; \text{請參閱本書第七卷 II-7~10 頁})$ 的指數。

⊙ 這裏 [不強制的] 意思說只是一個大約的數目。

例如 牛頭鉋床每分鐘行程數是強制的, 不隨行程長短而變化。龍門鉋每分鐘行程數則是不強制的, 因為我們直接控制的是切削速度。每分鐘行程數則因行程長短控制不準確而略有出入。——校者

⊙ 例如在自動車床上同時車外圓和鑽孔 (或在多軸自動車床上第一主軸車外圓, 第二主軸鑽孔); 假定車外圓需 1000 轉, 鑽孔需 1500 轉。為了平衡這兩個操作的時間免得外圓先車完要等候鑽孔, 可利用附加的鑽頭運動使鑽頭以和主軸相反方向在主軸轉 1000 轉的時間內轉 500 轉。這樣平衡可將週期由 1500 轉縮短到 1000 轉。——校者

⊙ 這段讀者如感到困難請參看下一段 [組合機床切削用量參數的計算]。——校者

大體上:由高速鋼製成的車刀、鑽頭、端銑刀加工鋼件和鑄鐵時相應地是 $\mu=5$ 和 $\mu=8$; 用由硬質合金製成的同類刀具時 $\mu=4$; 用於柱形銑刀時 $\mu=3$; 用上列刀具加工輕合金時 $\mu=2$ 。

限制 n_0 (或 n_x)的刀架的刀具: $\lambda = L_{pez}/L_{p.x}$, 式中 L_{pez} ——切削長度。不限制的刀架的刀具: $\lambda = \frac{L_{pez}}{L_{p.x}} \cdot \frac{n_0}{n_{最大}}$, 式中 $n_{最大}$ 等於限制的刀架的 n_0 。在刀具順序加工的條件下 $\lambda = \sum \frac{n_{0i}}{n_0}$ (i ——刀具的順序號數)。

3) 決定一個工位的刀具的 $v_{ЭК.З}$, 假定在機床上僅有這個位置上的一些刀具在工作着(在此位置上有由相同的和同樣地工作着的 z 個刀具所組成的一套刀具): $v_{ЭК.З} \approx v_{ЭК} / \sqrt{z}$ 。

4) 繼續決定各別的刀具和工位 $n_{ш.ЭК} = \frac{1000 v_{ЭК}}{\pi d}$; $s_{ш.ЭК} = n_{ш.ЭК} \cdot s_0$ 和 $n_{ш.ЭК} = \frac{s_{ш.ЭК}}{\pi d}$ 。以上按照參數是共同的(d ——毛坯或刀具的直徑[公厘])。

5) 法定經濟切削速度的共同參數 $v_{обш.ЭК}$, $n_{ш.обш.ЭК}$, $s_{ш.обш.ЭК}$ 或 $n_{ш.обш.ЭК}$ (根據機床的傳動):

$$\frac{1}{v_{обш.ЭК}^\mu} = \frac{1}{v_{ЭК_1}^\mu} + \frac{1}{v_{ЭК_2}^\mu} + \dots = \sum \frac{1}{v_{ЭК_i}^\mu} \text{ 或相似地}$$

$$\frac{1}{n_{ш.обш.ЭК}^\mu} = \sum \frac{1}{n_{ш.ЭК_i}^\mu}; \quad \frac{1}{s_{ш.обш.ЭК}^\mu} = \sum \frac{1}{s_{ш.ЭК_i}^\mu}; \quad \frac{1}{n_{ш.обш.ЭК}^\mu} = \sum \frac{1}{s_{ш.ЭК_i}^\mu} \cdot \frac{1}{n_{ш.ЭК_i}^\mu} = \sum \frac{1}{n_{ш.ЭК_i}^\mu}。$$

共同參數, 例如 $n_{ш.обш.ЭК}$, 的技術性計算, 可用特製的計算好的表格中的輔助量 $W = \left(\frac{1000}{n_{ш}}\right)^u$ [4] 的數據加起來, 這些數據是與刀具的耐用度成反比例的。

例 在每個工位有獨立工作的條件下, 為多刀機床的各個位置計算出它們的 $n_{ш.ЭК}$ 並需要在(全部工位的)全套刀具的工作條件下計算 $n_{ш.обш.ЭК}$ 。

工位 1:	$n_{ш.ЭК}=100$; $W=100$ (千)
工位 2:	$n_{ш.ЭК}=120$; $W=40$ (千)
工位 3:	$n_{ш.ЭК}=150$; $W=13$ (千)
工位 4:	$n_{ш.ЭК}=200$; $W=3.1$ (千)
工位 5:	$n_{ш.ЭК}=160$; $W=9.6$ (千)
工位 6:	$n_{ш.ЭК}=122$; $W=33$ (千)

$$\sum W \approx 200 \quad (\text{千})$$

根據 W 值的表找到相當於 $\sum W=200$ 的 $n_{ш.обш.ЭК}=87$ 。

當 μ 的大小對各種刀具不同時, 有關的計算請參閱[4]。

6) 如果有些刀具的切削速度 v 以及 $n_{ш} \cdot s_{ш} \cdot n_{ш}$ 不用刀具的耐用度計算, 而由工藝條件(光潔度和加工精度)計算, 則不用估計這些刀具就可以計算 $v_{обш.ЭК}$, $n_{ш.обш.ЭК}$, $s_{ш.обш.ЭК}$, $n_{ш.обш.ЭК}$, 把它們(刀具耐用度計算的參數)和工藝上容許用於這些刀具的數值比較, 並應用兩者中之較小量。

7) 根據機床的傳動按下列公式之一決定經濟的機動時間 $T_{ш.ЭК}$:

$$T_{ш.ЭК} = \frac{L_{p.x}}{v_{обш.ЭК}}; \quad T_{ш.ЭК} = \frac{n_0}{n_{ш.обш.ЭК}}$$

或(用於進給來自凸輪軸的自動機床)

$$T_{ш.ЭК} = \frac{n_p k_p}{n_{ш.обш.ЭК}};$$

k_p ——凸輪軸上的角度(相當於工作行程)和 360° 之比;

$$T_{ш.ЭК} = \frac{L_{p.x}}{s_{ш.обш.ЭК}}; \quad T_{ш.ЭК} = \frac{1}{n_{ш.обш.ЭК}}。$$

8) 知道了 $s_{ш.обш.ЭК}$ 和 $n_{ш.обш.ЭК}$, 根據傳動相應地決定各個多刀主軸或刀具的實際數量: $n_{ш.фак} = s_{ш.обш.ЭК} / s_0$ 和 $s_{ш.фак} = n_{ш.обш.ЭК} \cdot \pi d$ 。

組合機床切削用量參數的計算

a) 決定各個組合件的 $T_{ш.ЭК}$, 與上面所指出的同樣假定它們有獨立的工作。

6) 按下列公式決定全部組合件同時工作(在全部刀具有相同的 μ 的條件下)的 $T_{ш.обш.ЭК}$:

$$T_{ш.обш.ЭК}^\mu = T_{ш.ЭК_1}^\mu + T_{ш.ЭК_2}^\mu + \dots$$

● 以上八條因為要適應所有的多刀機床, 所以說明是一般性的。因而體會就較困難。但在具體設計時可以靈活運用而不必逐條進行計算。為幫助了解再附加說明如下: 在設計多刀機床時首先根據刀具性質決定更換刀具的時間間隔。換刀磨刀愈費事則間隔時間愈長。但在兩次換刀間的時間內刀具並不是經常在工作着的。如自動車床在進料和退刀時刀具須不工作。但刀具具體工作時間和全部時間在各種機床中常有一定比例(λ)因此就可算出每換一次刀具時刀具實際的工作時間[(λ)和更換刀具的間隔時間由資料和經驗決定]。有了刀具每換一次(磨一次刀)的工作時間便可根據經驗公式找出刀具能容許的切削速度和進給量(所謂切削參數)。但這些切削參數, 當在一個工位有幾把刀同時工作時(如自動車床上的雙刃矩形刀)和幾個位置同時在工作時(如多軸自動車床)還須降低, 以相應延長刀具耐用度(正文中第三第五兩條), 降低後的參數便是可以共用的參數, 如多軸自動車床的共同主軸轉數和共同刀具進給量。正文中其它說明都是為簡化計算用的, 在學習原則時可以不管。——校者

В)知道了 $T_{м.общ.эк}$, 進一步根據機床的型式計算實際的用量參數(相應地按用於 $T_{м.эк}$ 的一些公式計算 $v_{фак}$, $n_{ш.фак}$, $S_{м.фак}$, $n_{и.фак}$, 請參閱前文)。

必須用增加限制的刀具●耐用度或在刀具中間重新分配載荷的方法盡可能地求得(組合件的)刀具的 $T_{м.эк}$ 的平衡。

經濟組織條件的速度選擇計算 選擇共同參數 $v_{общ.эк}$, $n_{ш.общ.эк}$, $S_{м.общ.эк}$, $n_{и.общ.эк}$, $T_{м.общ.эк}$ 確保全套刀具的經濟耐用度的條件, 這個條件在用 z 個同樣的刀具工作時大致以特殊的方程式 $T_{эк.з} = T_{эк}^z$ 表

表2 典型刀具的計算數值 $T_{эк}$,
單位是機床的機動工時分

刀具型式		刀具的尺寸 (公厘或齒數)		$T_{эк}$ (分)	
高速鋼和硬質合金車刀		刀子寬度 B	12~25	40~80	
鑽頭		直徑 d	到 8	8	
			10	10	
			20	20	
			30	30	
			40	50	
			55	70	
整體式擴孔鑽		直徑 d	15	30	
			25	40	
			40	55	
套入式擴孔鑽和端面鉋鑽		直徑 d	20	60	
			32	80	
			50	140	
端銑刀	整體式	齒數 z	—	20 z	
	鑲入高速鋼刀片式	齒數 z	—	12 z	
	鑲入硬質合金刀片式	齒數 z	—	灰鑄鐵是 40 z 鋼件是 60 z	
柱形銑刀		銑削寬度 b 齒數 z	400	135	
			800	240	
			1600	380	
			3200	640	
自動機床刀具	外圓車刀和切斷刀	—	—	60	
	稜形體成形車刀	—	—	120	
	直柄麻花鑽	直徑 d	到 20	20	
			25 30	30 40	
階梯鑽	直徑 d	7~25	70	70	

註 以高速鋼刀具加工灰鑄鐵時將定額 $T_{эк}$ 乘上 2。

示出來, 但在用不同的或相同而工作不同的刀具加工時, 則以下式表示

$$\frac{T_{эк1}}{T_{фак1}} + \frac{T_{эк2}}{T_{фак2}} + \frac{T_{эк3}}{T_{фак3}} + \dots = 1,$$

式中 $T_{фак}$ ——多刀工作時機動工作的實際耐用度(分)(實際的機動時間和刀具耐用度)[以製品的件數(Q 為單位的)的乘積^③。在遵守這個條件時: а)每分鐘刀具方面的機動工時耗費^④ 為 $I_{эк} = \frac{1}{\mu-1}$; б)加工費用^⑤ $\theta = T_{м.эк}(1 + I_{эк}) = T_{м.эк} \cdot \frac{\mu}{\mu-1}$ ——最小。

這裏: $I = \sum \frac{A}{T_{фак}}$, 式中 $A = A' + B$ ——耐用度週期 $T_{фак}$ 內之刀具方面的費用; A' ——刀具折舊、刃磨、裝配、調整工的工資等方面的費用; B ——調換刀具時機床的休止時間;這裏用「機床-分鐘」表示 I , A, A', θ (即以戈比表示的相當的數值用機床-分鐘的價值 E 除之), 而 B ——以分鐘為單位。

E 包括: а)工人的工資和供應方面的費用; б)機床、夾具和輔助工具(折舊、工資、修理)等方面的費用。

典型刀具的計算數值 $T_{эк}$ 列入表 2。

- 即耐用度最短的刀具。——校者
- ③ 如每件的實際機動時間為三分鐘, 刀具耐用度可做一百件製品, 則 $T_{фак} = 3 \times 100 = 300$ 分鐘。——校者
- ④ 以時間為單位(分)。——校者
- ⑤ 這公式很重要補充一點說明。設 v 為切削速度; C_1, C_2 為常數。根據經驗公式, 刀具每磨一次(換一次)的耐用度為

$$T = \frac{C_1}{v^\mu} \quad (1)$$

在切削深度和刀具進給量不變的情形下, 每做一件製品的機動工時 t , 倘不包括更換刀具所需要的時間, 則顯然和切削速度 v 成反比。因此

$$t = \frac{C_2}{v} \quad (2)$$

每換一次刀具所需時間稱它為 K 。每做一件製品所佔用機器的時間, 若將更換刀具所用的時間分攤上去, (總工時)則為

$$\theta = t \left(\frac{T + K}{T} \right) \quad (3)$$

將(1)(2)代入(3)則得

$$\theta = \frac{C_2}{v} \left(1 + \frac{K v^\mu}{C_1} \right) = \frac{C_2}{v} + \frac{K C_2}{C_1} v^{\mu-1}$$

這裏 θ 用 v 的函數表示出來。顯然, 使 θ 變為最小的 v 的值即是最經濟的切削速度, 稱它為 $v_{эк}$ 。為求得 $v_{эк}$ 我們使

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{dv} &= 0 \\ -C_2 v^{-2} + \frac{K C_2 (\mu-1)}{C_1} v^{\mu-2} &= 0 \\ \frac{K (\mu-1)}{C_1} v^\mu &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$

相當於這最經濟切削速度的刀具耐用度（每磨一次）稱它為 $T_{\partial K}$ ，由(1)

$$T_{\partial K} = \frac{C_1}{v_{\partial K}^{\mu}} \text{ 或 } \frac{v_{\partial K}^{\mu}}{C_1} = \frac{1}{T_{\partial K}}$$

代入(4)

$$\frac{K}{T_{\partial K}} = \frac{1}{\mu-1} \quad (4a)$$

即在使用單一刀具的情形下，換一次刀子所費的時間和最經濟的刀具耐用度的比應該是 $1:\mu-1$ 。切削速度應該調整，以獲得這樣的刀具耐用度。並不能說切削速度愈高便愈經濟。

正文中幾乎全部重要公式都可由這一個關係引證出來。例如在多刀切削情況下假定更換各個刀具所需的時間為 $K_1, K_2, K_3, \dots, K_z$ 那麼更換全部刀具所需的總時間便是

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_z,$$

假定所有刀具耐用度都是相等的，稱最經濟的刀具共同耐用度為 $T_{\phi ak}$ 。現在每隔 $T_{\phi ak}$ 分鐘換一次刀，每換一次刀用去 K 分鐘。引用(4a)

$$\begin{aligned} \frac{K}{T_{\phi ak}} &= \frac{1}{\mu-1}, \\ \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_z}{T_{\phi ak}} &= \frac{1}{\mu-1}, \quad (4b) \\ \frac{K_1(\mu-1)}{T_{\phi ak}} + \frac{K_2(\mu-1)}{T_{\phi ak}} + \dots + \frac{K_z(\mu-1)}{T_{\phi ak}} &= 1, \end{aligned}$$

但由(4a) $K(\mu-1) = T_{\partial K}$ 代入上式

$$\frac{T_{\partial K_1}}{T_{\phi ak}} + \frac{T_{\partial K_2}}{T_{\phi ak}} + \dots + \frac{T_{\partial K_z}}{T_{\phi ak}} = 1, \quad (5)$$

$$\text{或 } T_{\partial K_1} + T_{\partial K_2} + \dots + T_{\partial K_z} = T_{\phi ak}, \quad (5a)$$

式中 $T_{\partial K_1} = K_1 \times (\mu-1)$ $T_{\partial K_2} = K_2(\mu-1) \dots$ ；因為是由(4a)來的，所以就代表當換刀所需時間為 $K_1, K_2, \dots$ 等的情形下，各該刀具單獨使用時的最經濟耐用度。(5a)告訴我們當使用多刀切削，而刀具耐用度近乎相等時，最經濟的刀具共同耐用度應該等於各個刀具單獨使用時最經濟耐用度的總和。這說明為什麼多刀車床切削速度常用得非常低。

倘各個刀具耐用度不相等時，則像上面這樣嚴格證明是較複雜的。下面指出一個近似的證明：當各刀具耐用度不等時（如多刀車床車直徑不等的軸）我們當然也可能找出一個最經濟的車頭轉速，這車頭轉速使機床的生產率提到最高，稱它為 R 。在這轉速下各刀具的實際耐用度稱它們為 $T_{\phi ak_1}, T_{\phi ak_2}, \dots, T_{\phi ak_z}$ 。現在把第一把刀具的耐用度 $T_{\phi ak_1}$ 當標準（為方便計假定這刀子耐用度最長）並使：

$$\frac{T_{\phi ak_1}}{T_{\phi ak_2}} = n_2, \frac{T_{\phi ak_1}}{T_{\phi ak_3}} = n_3, \dots,$$

就是說，在第一把刀子耐用度期限 $T_{\phi ak_1}$ 內，第二把刀換過了 n_2 次第三把刀換過 n_3 次等等；現在第二把刀掉換所用的時間為 K_2 第三把刀為 K_3 ，為作技術經濟分析，我們不妨假定第二把刀的耐用度仍是 $T_{\phi ak_1}$ 而把換刀時間假定為當量 $n_2 K_2$ ，其餘各刀也同樣處理。換言之即第二把刀事實上雖然是在 $T_{\phi ak_1}$ 分鐘內週期的換過 n_2 次，但我們却假定它只在這段時間終了後換一次，而換這把刀所花的時間却增長了 n_2 倍。倘把所有的刀具都用這樣的耐用度延長到和第一把刀相等，而換刀時間也相應的增長了 $n_2, n_3, \dots$ 倍的「當量刀」來

代替，式(4b)仍應該是有效的。代入得

$$\begin{aligned} \frac{K_1}{T_{\phi ak_1}} + \frac{K_2 n_2}{T_{\phi ak_1}} + \dots + \frac{K_z n_z}{T_{\phi ak_1}} &= \frac{1}{\mu-1}, \\ \frac{K_1(\mu-1)}{T_{\phi ak_1}} + \frac{n_2 K_2(\mu-1)}{T_{\phi ak_1}} + \dots + \frac{n_z K_z(\mu-1)}{T_{\phi ak_1}} &= 1, \\ \frac{T_{\partial K_1}}{T_{\phi ak_1}} + \frac{n_2 T_{\partial K_2}}{T_{\phi ak_1}} + \dots + \frac{n_z T_{\partial K_z}}{T_{\phi ak_1}} &= 1, \\ \frac{T_{\partial K_1}}{T_{\phi ak_1}} + \frac{T_{\partial K_2}}{T_{\phi ak_1}} + \dots + \frac{T_{\partial K_z}}{T_{\phi ak_1}} &= 1, \end{aligned}$$

但 $\frac{T_{\phi ak_1}}{n_2} = T_{\phi ak_2}, \frac{T_{\phi ak_1}}{n_3} = T_{\phi ak_3} \dots$ 代入上式得

$$\frac{T_{\partial K_1}}{T_{\phi ak_1}} + \frac{T_{\partial K_2}}{T_{\phi ak_2}} + \dots + \frac{T_{\partial K_z}}{T_{\phi ak_z}} = 1,$$

這樣便證明了正文中的一個公式。

倘各刀具的形式和使用情況都是一樣，則顯然各刀具的耐用度和掉換所需時間都是相同的。即

$$K_1 = K_2 = K_3 \dots = K_z, \text{ 代入(4a)}$$

$$\begin{aligned} \frac{Z K_1}{T_{\phi ak_1}} &= \frac{1}{\mu-1}, \\ \frac{Z K_1(\mu-1)}{T_{\phi ak_1}} &= 1, \quad Z T_{\partial K_1} = T_{\phi ak_1}, \end{aligned}$$

以式(1)代入

$$Z \frac{C_1}{v_{\partial K}^{\mu}} = \frac{C_1}{v_{\phi ak_1}^{\mu}}, \quad v_{\phi ak_1} = v_{\partial K} \times \frac{1}{\frac{\mu}{Z}}$$

正文中另兩公式也證明了（正文中 $v_{\phi ak_1}$ 用符號 $v_{\partial K_z}$ ）。

將式(1)代入(5)

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{v_{\partial K_1}^{\mu}} + \frac{C_1}{v_{\partial K_2}^{\mu}} + \dots + \frac{C_1}{v_{\partial K_z}^{\mu}} &= 1 \\ \frac{C_1}{v_{\phi ak_1}^{\mu}} &= 1 \\ \frac{1}{v_{\partial K_1}^{\mu}} + \frac{1}{v_{\partial K_2}^{\mu}} + \dots + \frac{1}{v_{\partial K_z}^{\mu}} &= \frac{1}{v_{\phi ak_1}^{\mu}}, \end{aligned}$$

這樣正文中又一公式得到證明。（正文中 $v_{\phi ak_1}$ 用符號 $v_{\text{общ.эк}}$ 代表）其餘各公式也可用類似方法證明。

以上公式只包括換刀時間而未計入磨刀費用。因此只能求出機床最大生產力而不能求出最低成本。但事實上每換刀一次除機床停止的損失外磨刀本身還需一定費用。為了使所有公式能用於計算成本我們可將磨刀費用折合成機床停止損失的當量而將這當量加入 K 值中。例如銑床停止一分鐘的損失為人民幣 0.05 元，換一次刀須停車十分鐘，而磨一次刀須 3 元。這樣磨一次刀的費用便等於停車 60 分鐘的損失。加上停車本身的十分鐘每磨一次刀等於停車 70 分鐘。 μ 值為 3 時，銑刀的經濟耐用度便是

$$(60+10) \times (3-1) = 140 \text{ 分鐘。}$$

（請注意以上的具體數字和中國現廠的情況是差不多的）。

這裏必須強調聲明：這種算法只在組織得極好的工廠中才有現實意義。用於實際情況不可看成教條。例如倘工具磨床太多，則照上法計算的刀具耐用度常會使磨刀機床和工人窩工，就必須提高切削速度。如刀具磨床不夠，像中國現在情形