

中等專業學校教學用書



金屬切削機床設計

趙為鐸、趙聖斌合譯

蘇聯機床製造部學校教育司審定為
中等專業學校教學參考書

出版者的話

本書係根據蘇聯國立機器製造書籍出版社(Машгиз)出版的葉蓋爾曼(Б. Г. Егерман)、布拉韋切夫(В. А. Бравичев)、柯爾索夫(Л. А. Корсов)、庫別爾曼(Л. А. Куперман)合著‘金屬切削機床設計’(Расчет и конструирование металлорежущих станков)1950年版譯出。原書經蘇聯機床製造部學校教育司審定為中等專業學校教學參考書。

本書中譯本原分上下兩冊出,第二次印刷時合訂為一冊。第一二兩章由大連工學院趙為鐸、趙聖斌合譯,第三章至第六章以及附錄 I、II,由哈爾濱工業大學機床刀具教研室孫靖民、陶乾、傅佑同合譯。全書並由趙為鐸同志校訂。

NO. 0519

1955年2月第一版, 1956年11月第一版第三次印刷

787×1092¹/₁₆ 421千字 19²/₉印張 3,329—5,828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證出字第008號

定價 (10) 2.70元

目次

原序	
緒言	I
第一章 機床的傳動計算	
1 機床的傳動系統	4
2 主運動系統	6
3 進給系統	22
4 調動系統	42
5 分度系統	44
6 差動系統	46
7 創成系統	50
8 傳動系統間的相互聯系	53
9 傳動系統的設計原則	58
第二章 機床機件的計算	
1 機床機件的工作能量	80
2 機床機件擬定壽命的計算	86
3 作用在軸和軸承上的力的計算	90
4 軸和主軸	103
5 軸承	116
6 齒輪傳動	130
7 蝸桿蝸輪傳動	138
8 帶傳動	143
9 摩擦離合器	153
10 驗算變速箱的方法	156
11 進給機構機件的計算	170
第三章 機床油壓傳動設備	
1 直線往復運動的油壓傳動	183
2 油泵	183
3 油缸	185
4 控制-調節裝置和分配裝置	187
5 迴轉運動的油壓原動機	193
第四章 機床的電力傳動	
1 設計機床時電力設備的選擇	194

2 異步電動機的統一型組	197
3 電磁離合器	198
4 機床的電器	199
5 機床的電動系統	209
6 車曲軸軸頸的 MK 136 型多刀半自動車床電力傳動(交流)系統	211
7 車曲軸的連桿軸頸和曲柄側面的 MK 137 型多刀半自動車床 電力傳動(直流)系統	217
8 機床上的電動做形	230
第五章 機床設計技術要求的制定	
1 概述	237
2 專能機床	239
3 萬能機床	243
4 專能化機床	244
5 專能和專能化機床的技術要求	245
6 萬能機床的技術要求	251
7 結論	255
第六章 機床設計	
1 原始資料	257
2 設計草案的制定	257
3 技術設計的制定	260
4 工作設計的制定	274
附錄 I 機床構造舉例	
1 1D62M型萬能螺絲車床	293
2 1A62型萬能螺絲車床	298
3 1720型萬能多刀半自動車床	298
4 MK 71、MK 72 和 MK 73 型多刀半自動車床組	306
5 MK 137 型多刀半自動車床	306
6 255 型搖臂鑽床	311
7 6A54型無昇降台式銑床	311
8 5330型重型半自動齒輪銑床	316
9 5110型半自動齒輪插床(圖261)	320
10 313型外圓磨床	323
11 3250型內圓磨床(圖263)	324
12 3740 型平面磨床	324
13 MM582 型螺絲磨床	331

附錄 II 機床零件的材料

1 鋼.....	333
2 灰鑄鐵的鑄件.....	336
3 錫青銅, 二次的.....	337
4 鉛鐵青銅.....	338
5 鉛青銅合金.....	339
6 銅-鎳-鎳青銅.....	339
7 鋁合金.....	340
8 鋅合金.....	340
9 巴氏低錫合金.....	341
參考文獻.....	341

緒 言

由於蘇聯工業的迅速發展，隨之需要大量的各種各樣的高度生產能力的機床。在工業化的初期，僅僅建立了蘇聯的工業，而本國的機床製造業尙在萌芽的時代，因此不得不利用世界上已有的各種型式的機床。現在，當蘇聯已經有了自己的極其發達的機床製造業，蘇聯的工業在很多方面已經超過了先進的資本主義國家的工業指標的時候，現有的外國機床的型式已不能滿足要求，我們也就需要更完善的，生產能力大的和便於運用的機床。

在生產力和生產關係完全互相適合的我們的國家裏，發展社會主義工業的最主要因素就是國家的文化技術的普遍提高。由於蘇聯人民具有社會主義的勞動態度，每個工人、技師、工程師都力圖利用每一單位設備、每一單位生產面積、消耗最少的材料和體力而生產出數量更多的質量更好的產品。

社會主義勞動態度的具體表現就是斯大哈諾夫運動、快速工作法、高速切削和很多的其他全民的運動，這些在資本主義國家裏是沒有的，而且也是不可能有的。

這就對於蘇聯機床製造業、特別是機床製造設計師提出了一個任務，就是要用比外國，並且也要比我們自己戰前還要更高級的機床來裝備我們的工業。

蘇聯的機床生產及使用情況，與資本主義國家有着根本的不同。

在資本主義國家裏，機床的需用者——機器製造廠的老闆們——主要是在罕有的“繁榮”時期來購買新的設備，只有在這種時期才有可能擴大生產和盡可能更多的出產，也只有在那種較短的期限內才有銷路的產品。在其餘期間，並且特別是在長期的危機和蕭條的時期內，只有在那些陳舊的設備已經完全無用，或陳舊到使其產品的成本高到無法再和其他公司競爭時，才能購買新的設備。資本主義企業的老闆們極力設法購買那些在極短的時間內能收回它們的成本的新機床，因而往往是購買生產能力較低、但價格較賤的機床。在這種情形下，資本家們對工人的操作便利和安全是毫不關心的；因為他們知道，當有大批的失業工人存在時，雖在極繁重和不安全的機床上工作的條件下，也總是可以找到所需要的熟練的工人的。

在資本主義的生產方式下，產品的必要的精度和機床應有的生產力，往往不僅是由機床的精度及其自動化所保證，並且在很大的程度上要依賴工人的技能，也就是叫工人多年都在很簡陋的機床上只做一個工序，以至他們的技術熟練到能夠以自己的操作來代替十分完善的、精密的並且具有很大的生產力的機床。顯然，在這樣的生產制度下，工廠中設備的更新一定是進行得極其緩慢的，並且其中的極大部分都是些陳舊的和往往是很簡陋的機床。

在機床製造業中，也和資本主義工業的其他部門一樣，長期的危機和停滯代替着

短期的“繁榮”。

當產品有銷路時，工廠的老闆並不向市場上出售他們所設計和試驗的更完善的新型機床，而是對競爭者和用戶們保持秘密。新的專利權被他們買來藏在保險櫃裏。當週期性的蕭條期到來，產品銷路開始急遽地下降時，他們才把新型式的機床在市場上出售，並伴隨着大吹大擂的廣告。

在蘇聯，與惡劣的資本主義經濟制度不同，新機床的製造完全取決於另一種，即社會主義的原則。蘇聯的機床製造業沒有危機和蕭條，是按照連續不斷的、有計劃的社會主義的擴大再生產的原則而發展的。

我們國產的機床，必須是生產能力最大的、在運用方面最方便的，以便在這些機床上工作的工人在極其安全的條件下，最不容易疲乏和消耗最少的體力。這些機床的操縱必須簡單、一目了然，以便在工作時不致神經緊張，並且使工人有可能看管的不是一部，而是多部機床。國產機床既要滿足斯大哈諾夫運動的要求，同時也要使得生產力有更進一步提高的可能，這就是由於國產的硬質合金刀具的切削性能的不斷地改善而來的要求。

根據社會主義生產的自動化的任務，我們的大批和大量生產的工廠不僅需要半自動和自動機床，而且應該是自動線的機床。在社會主義工業中，作為共產主義的物質基礎的，建立完整的自動車間和工廠的時間已經到了。

每一個專長某一方面的機床製造的蘇維埃的機床設計師應充分了解為用戶所設計的機床。在設計專能機床時，特別要了解用戶的產品及其製造過程，並且要注意到在這方面的技術的發展。設計師對用戶的生產情況了解的愈清楚，就愈能預料其各種需要以及其生產的進一步發展的遠景。

設計任何機床都應該估計到用戶根據工藝的進一步的發展，所將要求以後在該機床上的演變。在設計大量生產用的專能和專能化的機床時，所應遵循的方向為減少粗加工的餘量，這種情形可由模壓代替鍛造，由精密的壓鑄代替普通的鑄造等而達到。減少餘量就可以提高所採用的切削速度，因而也就提高了機床的速度。

刀具硬質合金的進一步的掌握及改善和刀具構造的改進，也需要提高機床的速度和大大地加大機床的動力。

任何課本或手冊都不可能為機床設計作好現成的答案。

在着手設計時，設計師應十分仔細地考慮和很明確地提出在機床上加工的全部工作過程：要知道切屑是怎樣形成的和將落到什麼地方，冷卻液的流路，工人將站在什麼地方，事先應考慮到工作的方便和安全。

設計操縱機構時，設計師應假想自己是處在工人的地位，對工作進行觀察或者甚至於自己在類似的機床上工作一會，經過這樣的步驟以後，再選擇各個手柄和掀鈕的最方便的位置。

工作台及刀架的移動到工作位置和退回，都應該設計成由機械傳動的，以避免工

人的體力負擔。如果在機床上要加工重大的工件，應備有安裝和拆卸工件用的起重機。應盡可能保證能在機床旁坐着工作。假如設計師遵守了以上所列舉的條件，在這種機床上工作的工人就不會疲勞，並且工人在一個工作日的工作完了以後，必將仍有足夠的精力，以便提高自己的文化水平和從事於社會活動。

設計高生產能力的、便於使用的並很安全的機床時，設計師不應忽略另一個重要的任務——機床製造的經濟問題。

機床上的材料應該盡量以最合理的方式運用，使機床具有高度的剛性和較輕的重量，這樣節省下來的材料，就可以用來製造其他的機床。

爲了要達到這些目的，設計師不僅需要有很好的目測力，並且首先要根據機床機件的具體工作情況，充分運用材料的全部可能性和熱處理性能，而正確地計算機件。

機床上許多的機件，如齒輪和滾動軸承等，需要考慮到加工用量的變化，而用現代的先進方法計算其壽命。這個方法是由蘇聯學者烈歇托夫，彼得魯謝維奇（А.И. Петрусевич）等人所研究和運用到實際應用上，並可保證機件材料的充分利用。

在設計機件時，不應毫無根據的過於提高其強度安全係數。

在擬定機床的傳動系統時，應力求得到盡可能短的傳動路線。一方面這樣就使得機件的數目最少，因而節省了材料，尺寸也最小，並且減小了機床的繁雜性；在另一方面却保證了機床的最大剛性和最高的效率。因爲每一對多餘的共同工作的機件，每個額外的支承件是都會消耗動力的。

在選擇機床的電動機時，不應取其有過大的動力安全係數；因爲現代的電動機是可以允許某種程度的過載的。

設計複雜的主運動和進給的傳動機構、操縱系統等時，應多加考慮並草擬一些機械的、電力的、油壓的和其他的機構互相比較，從其中選出最合理的，再行最後制定。

設計部件或個別的機件時，設計師應保證其構造上的「工藝性」，也就是機件的便於加工和裝配；這樣就使機床便於製造和使成本降低。爲了制定機床容易製造的構造，應充分了解機床機件的加工和裝配方法，並考慮到製造廠的設備條件。新機床應盡可能採用標準的和統一的機件：機床上的獨特的機件愈少，這種機床將愈容易製造。

第一章 機床的傳動計算

1 機床的傳動系統

設計機床時，首先要擬定其傳動系統圖。傳動系統圖係由各個機件所構成，把這些機件組合起來，就能完成工件和刀具所需要的加工運動，以及一切輔助運動，如調動（空動）運動、機床工作機構的移換等。

機床傳動系統圖是由一系列的各完成一定的任務的，如主運動、進給、分度等傳動系統所組成。每個傳動系統中都包括一些傳動裝置，例如：傳動帶的、齒輪的、鏈條的和其他的傳動裝置，也有的是凸輪的和一些與傳動系統中的主動件和被動件相連的其他機構。

傳動系統中首尾機件的傳動關係，係根據末端機件所需要的運動性質和速度而定，例如：機床原動軸和主軸間的速比係根據主軸所需要的轉速由調整變速箱或掛輪架而得到。主軸的旋轉運動和刀具的移動運動間的關係，係根據切削用量所選擇的進給量而定。

機床的某些傳動系統中首尾機件的運動關係必須確切地協調，例如螺紋的車削、工件的分度等。

因傳動系統中末端機件的任務不同，機床上所應用的傳動系統的種類也很多。

各種機床都具有的傳動系統為：

1. 主運動系統。
2. 進給系統。
3. 調動系統。

有些機床也應用：

4. 分度系統。
5. 差動系統。
6. 創成系統。
7. 工作循環調整系統。

主運動系統包括自原動機構（電動機）起至末端機件間的一些傳動機件，而由這末端機件以適當的高速完成工件或刀具的加工運動。迴轉主運動的傳動系統是電動機——主軸；直線主運動系統是電動機——滑體（或工作台）。

進給系統的目的是在完成刀具或工件的進給運動，由於進給運動的方向和性質不同，而有直線的和圓周的，連續的和間歇的。進給量是根據完成進給的工作機構的移動距離而定，通常多以主軸每轉（或滑體行程）或單位時間為準。因此，車床刀具的

直線運動進給係以主軸每轉若干公厘計(分厘/轉), 銑床工作台的進給為公厘/分, 牛頭鉋床的進給為公厘/往復行程, 外圓磨床的工件的進給為公厘/轉或公厘/分。

調動系統係用手或機械的方式調整傳動系統的末端機件。手調動的方式係當調整或裝置時調整機床個別機構的位置, 機械的調動方式也可用作上述同樣的目的, 或更常用的是工作循環中的快速空動行程。機械傳動的調動系統多半由單獨的電動機傳動, 特別是用在刀架、工作台和其他機件的快速傳動情形下。

分度系統係用作將工件準確地旋轉一定的角度。應用這種系統的, 如切削齒輪、製造多鍵軸、製造多刃的刀具等。分度運動有間歇的和連續的兩種。間歇分度可由手操作或機械傳動, 但連續分度僅能由機械傳動。

差動系統為的是傳動工件或刀具的合成運動, 其結果是兩個同類運動的代數和。例如在用切線方向進給法銑製蝸輪時, 組成這種合成運動的計有: 1) 工件和一個作用如同蝸桿的銑刀相啮合的旋轉運動; 2) 工件的額外旋轉運動, 這個運動是由於銑刀沿其軸向運動而產生, 這時銑刀的作用如同移動的齒條, 而工件如同小齒輪。在傳動系統中, 爲了要產生這種工件的合成運動, 必須有差動或其他類似的裝置。差動系統多半用在齒輪製造和鏟齒的機床上。

創成系統多半用在以創成法製造齒輪、多鍵軸和其他類似工件的機床上。創成法係使刀具和工件按下述三種傳動方式之一而得出一個協調的運動, 即: 蝸桿及蝸輪, 齒輪對和齒條及小齒輪; 在這種運動中, 刀具除了與工件保持一定的運動關係外, 其本身也就相當於傳動系統中的蝸桿、小齒輪或齒條。

例如, 齒輪銑床係應用蝸桿和蝸輪的傳動原理, 齒輪插床係應用齒輪和齒輪的傳動原理, 而齒輪磨床係應用齒輪和齒條的傳動原理。創成系統中的兩末端機件, 即刀具和工件間的運動, 必須絕對的協調, 才能得到準確形狀的製件。

工作循環調整系統係用在具有自動或半自動工作循環的機床上, 如自動和半自動車床、齒輪鉋床等。例如在單軸自動車床上每製一個工件時, 凸輪軸也旋轉一週, 凸輪軸上的凸輪即操縱刀具的進給和一切其他的運動。工作循環調整系統的交換齒輪須根據每個工件所需要的加工時間而調配。

上述每個傳動系統中的兩端機件間的運動都必須保持一定的關係, 這種關係是根據安裝在末端機件上的執行機件所需要的運動性質而定。因此可以根據運動的性質而調整傳動系統中的變速機構, 例如: 移動變速箱或進給箱中的齒輪, 或者更換掛輪架上的交換齒輪。

調整傳動系統的變速機構可利用傳動方程式, 而使兩端機件間保持所需要的關係。

例如: 在車床車削螺紋時, 進給系統的傳動方程式就須由一套中間機構, 即全系統中的固定齒輪、交換齒輪和進給箱, 而把主軸和刀架導螺桿的旋轉運動間的關係聯系起來。在這種情形下的方程式, 就必須根據主軸的每轉一轉所組成, 因爲主軸每轉

一轉，才能車削螺紋的一個螺距。其方程式如下：

$$1(\text{主軸轉數}) \cdot i_{\text{定輪}} \cdot i_{\text{掛輪架}} \cdot i_{\text{進給箱}} \cdot f = s, \quad (1)$$

式中 $i_{\text{定輪}}$ ——傳動系統中固定齒輪速比；

$i_{\text{掛輪架}}$ ——掛輪架齒輪速比；

$i_{\text{進給箱}}$ ——進給箱齒輪速比；

f ——導螺桿螺距(公厘)；

s ——所車削的螺紋螺距(公厘)。

機床上每個可以調整的傳動系統中，通常都包括兩類速比，即：

a) 全部定值機構的速比；

b) 可調整機構的速比。

調整機床傳動系統的速比，為的是選擇正確的工件加工用量或是得到各傳動系統間所需要的相互關係。

傳動系統在構造上的簡繁程度，首先是根據所需要的速比的數目和速比的極限值而定，也就是根據其執行機件的變速級數和變速範圍而定。如傳動系統中具有連續的無級變速機構，則對於加工而言有極大的優點。無級變速裝置可以應用在各種型式的機床上，並且在傳動系統中可採用機械的、電力的或液壓的無級傳動方式。

2 主運動系統

機床的主運動系統包括以下幾種主要機構：

a) 齒輪變速箱；

b) 變速交換齒輪掛輪架(變速架)；

B) 機械的無級變速裝置；

r) 變旋轉運動為直線往復運動的機構。

齒輪變速箱

轉數的基本規律和數列 現代的機床主軸旋轉運動仍多採用分級的旋轉機構。各國工具機製造業所通用的和蘇聯政府所規定的轉速數列都是等比級數。這種分級的主要優點是：採用小於理論上所需要的主軸轉數時，所產生的切削速度損失率在各級轉數之間都完全相等。

切削速度損失率 Δv 可用下式表示：

$$\Delta v = \frac{v - v_0}{v} = 1 - \frac{v_0}{v} = 1 - \frac{n_0}{n},$$

式中 $v = \frac{\pi d n}{1000}$ ——所需要的切削速度(公尺/分)；

$v_0 = \frac{\pi d n_0}{1000}$ ——實際的切削速度(公尺/分)；

n 及 n_0 ——主軸每分鐘所需要的和實際的轉數。

由以上情形可知，兩個相隣轉數間的時間愈小，因此 n_0 和 n 的相差愈少，切削速度的損失率也愈低。

我們知道，某一數列的所有的後一項的數值各與其前一項的數值相差 φ 倍，則這個數列就是按等比級數而變化的。因此，當等比級數的轉數 $n_1 = n_{\min}$ 時，則得下列的形式：

$$\begin{aligned} n_2 &= n_1 \varphi; \\ n_3 &= n_2 \varphi = n_1 \varphi^2; \\ n_4 &= n_3 \varphi = n_1 \varphi^3; \\ n_5 &= n_4 \varphi = n_1 \varphi^4; \\ &\dots\dots\dots \\ n_z &= n_{z-1} \varphi = n_1 \varphi^{z-1}. \end{aligned}$$

因此 z 級變速的最大轉數為

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{z-1}$$

而等比數列的公比為

$$\varphi = \sqrt[z-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (2)$$

式中 n_{\max} ——數列中的最大轉數；
 n_{\min} ——數列中的最小轉數。

圖 1 的線束圖表示轉速 n 因不同的切削速度 v 和工件直徑 d 而變化的情形，圖中的橫坐標為直徑，縱坐標為切削速度。

轉速線束圖的作法係連接切削速度 v 線和所要加工各種直徑 d 線的一些交點，切削速度 v 係由下式決定：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \text{ 公尺/分,}$$

式中 d ——以公厘計。

這種不同的轉速線 (n_1, n_2, n_3) 的分佈情形為：對於同一個直徑而言，從一個轉速降到次低轉速所產生的切削速度的降低 (損失) 是一個定值[⊙]，也就是，例如，

$$\begin{aligned} v_1 &= \pi d_2 n_1 = \pi d_3 n_2 = \pi d_4 n_3 \dots\dots\dots \\ v_2 &= \pi d_2 n_2 = \pi d_3 n_3 = \pi d_4 n_4 \dots\dots\dots \end{aligned}$$

如以上面的第一式除第二式，則得

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{n_4}{n_3} = \dots\dots = \varphi,$$

因此 $n_2 = n_1 \varphi; n_3 = n_2 \varphi; n_4 = n_3 \varphi \dots\dots\dots$

也就是轉速係按等比級數變化。

⊙ 等比級數轉速的切削速度損失為定值，也可用下面的方法證明，仍參照圖 1。

$$v' = v_2 - v_1 = \frac{\pi d (n_2 - n_1)}{1000} = \frac{\pi d n_2}{1000} \left(1 - \frac{1}{\varphi}\right) = v_2 \left(1 - \frac{1}{\varphi}\right) = cv_2$$

也就是，在一定的切削速度 v_2 的條件下，其切削速度的損失是一個定值。——譯者

公比 φ 的規定 蘇聯機床製造業所應用的標準，規定主軸轉速及進給的數列均為等比級數，這種級數的公比為

$$\varphi = \sqrt[E_1]{10} = 10^{\frac{1}{E_1}} \text{ 或 } \varphi = \sqrt[E_2]{2} = 2^{\frac{1}{E_2}};$$

或

$$\varphi = 10^{\frac{1}{E_1}} = 2^{\frac{1}{E_2}}$$

因此

$$E_2 \log 10 = E_1 \log 2,$$

$$E_2 \approx 0.3 E_1.$$

由於公比 φ 的數值不是隨意選擇的，而是彼此有一定的關係，並且與數值 10 和 2 有一定的關係，因此可以有下述的優點。

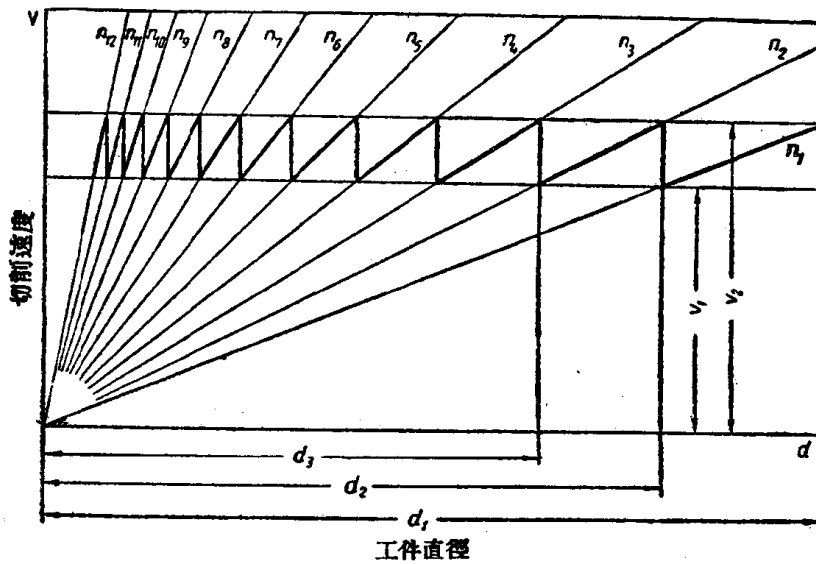


圖 1 轉數線束圖

因為公比 φ 和數值 10 有關係，所以數列中各項經過一定項數以後，就增加到 10 倍。例如：假若數列中有數值 2.8 時，也就一定會有 28、280 和 2800。

因為公比 φ 和數值 2 有關係，所以數列中各項經過一定項數以後，就增加到 2 倍。例如：假若數列中有數值 2 時，也就一定會有 4、8、16 等等。這樣規定的數列，在應用速比等於 2 的多速電動機傳動主運動時，有很大的優點。

OCT3530 規定數值 $E_1 = 40; 20; 10; 5$ 。相應的 $E_2 \approx 0.3 E_1 = 12; 6; 3$ ；和 1.5。這時與數值 10 和 2 有關係的公比即為：

$$\varphi_{40} = \sqrt[40]{10} = \sqrt[12]{2} = 1.06;$$

$$\varphi_{20} = \sqrt[20]{10} = \sqrt[6]{2} = 1.12;$$

$$\varphi_{10} = \sqrt[10]{10} = \sqrt[3]{2} = 1.26;$$

$$\varphi_5 = \sqrt[5]{10} = \sqrt[1.5]{2} = 1.58。$$

因為上面的數值 φ 有時不能滿足機床製造的要求，因此對標準公比 φ 又增加了以下的各數值：

$$\varphi = \sqrt{2} = 1.41;$$

$$\varphi = \sqrt[4]{10} = 1.78;$$

$$\varphi = \sqrt[3]{2} = 2。$$

兩個相隣轉速 n_2 和 n_1 間的切削速度的最大損失率 Δv ，例如當 $\varphi = 1.06$ 時，為

$$\Delta v = \frac{v_2 - v_1}{v_2} = 1 - \frac{v_1}{v_2} = 1 - \frac{n_1}{n_2} = 1 - \frac{n_1}{n_1 \varphi} = \frac{\varphi - 1}{\varphi}, \quad (3)$$

或以百分比計，

$$\Delta v = \frac{(1.06 - 1) \times 100}{1.06} \approx 5\%。$$

表 1 為機床製造所採用的等比級數公比 φ 的數值及其最大速度損失率 Δv 。

表 1 機床標準等比級數公比 φ 的數值

數 值 φ	φ 的 計 算 公 式		最大速度損失率 Δv (%)
	$E_1 \sqrt[10]{10}$	$E_2 \sqrt[2]{2}$	
1.06	$40 \sqrt[10]{10}$	$12 \sqrt[2]{2}$	5
1.12	$20 \sqrt[10]{10}$	$6 \sqrt[2]{2}$	10
1.26	$10 \sqrt[10]{10}$	$3 \sqrt[2]{2}$	20
1.41	$\frac{20}{3} \sqrt[10]{10}$	$\sqrt[2]{2}$	30
1.58	$5 \sqrt[10]{10}$	$1.5 \sqrt[2]{2}$	40
1.78	$4 \sqrt[10]{10}$	$1.2 \sqrt[2]{2}$	45
2	$\frac{10}{3} \sqrt[10]{10}$	$1 \sqrt[2]{2}$	50

以上這些標準數據不僅用作公比 φ ，並且也可以用作機床製造中的一般數據和其他各種變數。

表 2 係用在機床製造方面的標準數列，這個標準不僅用做轉速數列，並且也可以用作機床上的進給、動力、主要尺寸和其他變數的標準數值。

變速箱的型式 萬能機床上應用最廣的主運動傳動機構主要是齒輪變速箱。這種變速箱的優點是變速範圍大，並且可以傳遞的動力也大，工作性能可靠和變速性能確切。缺點是不能無級變速，變速範圍大而最高轉速較高的情形下效率低，並且在運轉時變速困難。

表 2 機床製造用的標準系列

公比 φ 的數值				公比 φ 的數值				公比 φ 的數值					
1.06	1.12	1.26	(1.41)	1.58	(1.78)	(2)	1.06	1.12	1.26	(1.41)	1.58	(1.78)	(2)
1	1	1	1	1	1	1	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
1.06	1.12	1.26	1.41	1.58	1.78	2	37.5	40	40	40	40	40	40
1.12	1.12	1.25	1.25	1.4	1.6	1.8	40	40	45	45	45	45	45
1.18	1.25	1.25	1.4	1.6	1.6	2	42.5	45	45	50	50	50	50
1.32	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	2	45	47.5	50	50	50	50	50
1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	2	47.5	50	50	50	50	50	50
1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2	50	50	50	50	50	50	50
1.7	1.8	2	2	2	2	2	53	56	60	60	60	60	60
1.8	1.8	2	2	2	2	2	56	56	63	63	63	63	63
1.9	2	2	2	2	2	2	60	63	63	63	63	63	63
2	2	2	2	2	2	2	63	63	63	63	63	63	63
2.12	2.24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	67	71	71	71	71	71	71
2.24	2.24	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	71	71	71	71	71	71	71
2.36	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	75	80	80	80	80	80	80
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	80	80	80	80	80	80	80
2.65	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	85	90	90	90	90	90	90
2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	90	90	90	90	90	90	90
3	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	95	100	100	100	100	100	100
3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	100	100	100	100	100	100	100
3.35	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	106	112	112	112	112	112	112
3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	112	112	112	112	112	112	112
3.75	4	4	4	4	4	4	118	125	125	125	125	125	125
4	4	4	4	4	4	4	125	125	125	125	125	125	125
4.25	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	132	140	140	140	140	140	140
4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	140	140	140	140	140	140	140
4.75	5	5	5	5	5	5	150	160	160	160	160	160	160
5	5	5	5	5	5	5	170	170	170	170	170	170	170
5.3	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	180	180	180	180	180	180	180
5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	190	200	200	200	200	200	200
							200	200	200	200	200	200	200
							212	224	224	224	224	224	224
							224	236	236	236	236	236	236
							236	250	250	250	250	250	250
							250	250	250	250	250	250	250
							265	280	280	280	280	280	280
							280	280	280	280	280	280	280
							300	300	300	300	300	300	300
							315	315	315	315	315	315	315
							335	335	335	335	335	335	335
							355	355	355	355	355	355	355
							375	375	375	375	375	375	375
							400	400	400	400	400	400	400
							425	425	425	425	425	425	425
							450	450	450	450	450	450	450
							475	475	475	475	475	475	475
							500	500	500	500	500	500	500
							530	530	530	530	530	530	530
							560	560	560	560	560	560	560
							600	600	600	600	600	600	600
							630	630	630	630	630	630	630
							670	670	670	670	670	670	670
							710	710	710	710	710	710	710
							750	750	750	750	750	750	750
							800	800	800	800	800	800	800
							850	850	850	850	850	850	850
							900	900	900	900	900	900	900
							950	950	950	950	950	950	950
							1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
							1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
							180	180	180	180	180	180	180
							180	180	180	180	180	180	180
							190	190	190	190	190	190	190
							200	200	200	200	200	200	200
							200	200	200	200	200	200	200
							31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
							31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
							33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5

註: 1. 這種標準可以應用在轉速, 進給, 動力, 尺寸和其他的變數;
 2. 大於 1000 和小於 1 的數值, 可將表中數值乘或除以 1000;
 3. 轉速誤差不能超過表中數值的 $\pm 10(\varphi - 1)\%$ 。
 但由異步電動機傳動時, 可較同步轉數的數值降低 5%。

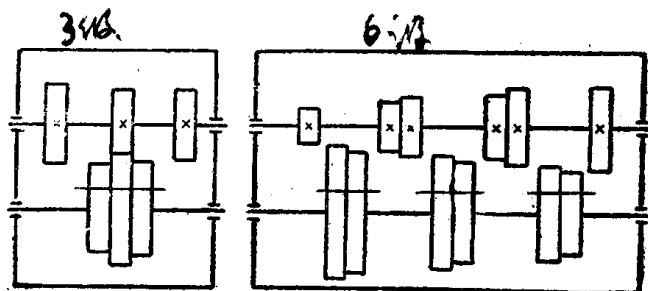


圖2 3和6級雙軸變速箱簡圖

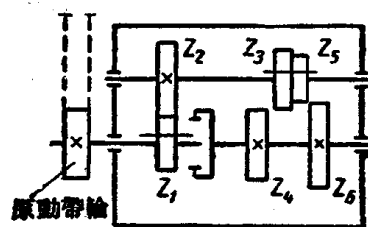


圖3 背輪式3級變速箱簡圖

按構造的不同,變速箱有下列兩種型式:

- a) 滑動齒輪(或聯合齒輪)變速箱;
- b) 固定齒輪(不能滑動)變速箱而用離合器變速。

若按傳動情形分類,則變速箱有以下幾種:

- a) 簡單雙軸式;
- b) 由簡單雙軸式順序相聯的多軸式;
- B) 背輪式。

3級和6級雙軸滑動齒輪式變速箱的標準型式簡圖如圖2所示。這種級數的變速箱只能用在公比 ϕ 的數值為較小的情形下。

高速機床的典型的背輪式3級變速箱的簡圖如圖3所示。主軸的最高轉速係由帶輪直接連接主軸而傳動。圖中的兩背輪速比為

$$i_1 = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \quad \text{和}$$

$$i_2 = \frac{z_1 \cdot z_5}{z_2 \cdot z_6}$$

在變速箱中,特別是成獨立部件形式的變速箱中,首先是齒輪、軸和蓋板等類機件,都有廣泛地統一和標準化的可能。

圖4所示為已經統一化的4級和8級轉速的齒輪變速箱的例子。

前一個變速箱有以下的各種速比:

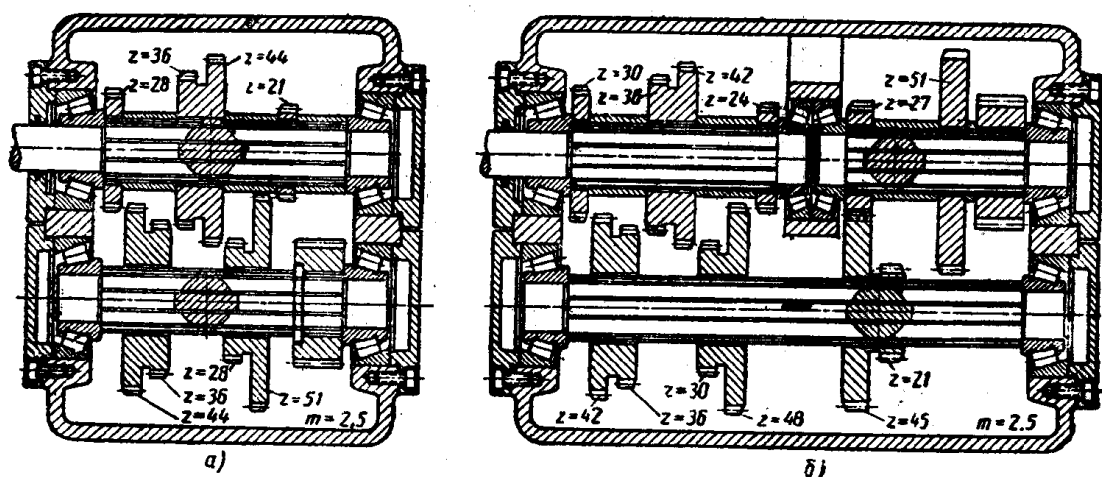


圖4 統一化的4級和8級變速箱

$$i_1 = \frac{44}{28} = 1.58; \quad i_3 = \frac{28}{44} \approx 0.64;$$

$$i_2 = \frac{36}{36} = 1; \quad i_4 = \frac{21}{51} = 0.41。$$

這時

$$\varphi = \sqrt[3]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[3]{\frac{i_{\max}}{i_{\min}}} = \sqrt[3]{\frac{1.58}{0.41}} \approx 1.58。$$

第二個變速箱的速比為：

$$i_1 = \frac{30 \times 45}{42 \times 27} = 1.19; \quad i_5 = \frac{30 \times 21}{42 \times 51} = 0.29;$$

$$i_2 = \frac{36 \times 45}{50 \times 27} = 1.67; \quad i_6 = \frac{36 \times 21}{36 \times 51} = 0.41;$$

$$i_3 = \frac{42 \times 45}{30 \times 27} = 2.35; \quad i_7 = \frac{42 \times 21}{30 \times 51} = 0.58;$$

$$i_4 = \frac{24 \times 45}{48 \times 27} = 0.82; \quad i_8 = \frac{24 \times 21}{48 \times 51} = 0.21,$$

也就是速比的次序為 0.21, 0.29, 0.41, 0.58, 0.82, 1.19, 1.67, 2.35, 其公比

$$\varphi \approx \sqrt[7]{\frac{2.35}{0.21}} \approx 1.41。$$

轉速線圖的繪製 爲了便於計算變速箱的傳動系統，可以應用轉速組織圖和轉速分佈圖。

圖 5 所示是 12 級轉速變速箱的各種不同的組織圖。繪製這種組織圖時，係假設變速箱的速度變化是在變速範圍之內對稱分佈，也就是速度的變化係自變速範圍的中央開始。藉組織圖就可以得出最好的組織方式。四軸 12 級轉速 $2 \times 3 \times 2$ 傳動型式所有的各種組織圖，均如圖 5 所示。通常選擇組織方式時，在前面的（依傳動方向）傳動線束要比後面的配置得緊密些，以避免因前面軸的變速範圍過大而產生巨大的扭轉力矩（在低轉速時）。

轉速分佈圖不同於轉速組織圖的是按機床主軸的實際轉速而排列。根據這種線圖不僅可以選出變速箱的原動軸和中間軸的最好的轉速，也可以選出各齒輪對以及其他傳動機件的最好的傳動速比。這種圖上並可以表示變速箱的中間軸的轉速，這種轉速也是按等比數列變化的。

應用轉速分佈圖和組織圖計算變速箱的傳動系統時，係應用轉速的對數尺度。設變速箱某軸的等比數列轉速爲

$$n_2 = n_1 \varphi,$$

$$n_3 = n_2 \varphi,$$

$$n_4 = n_3 \varphi,$$

.....

取其對數值，則得

$$\log n_2 = \log n_1 + \log \varphi,$$

$$\log n_3 = \log n_2 + \log \varphi,$$