

哈爾濱工業大學

電機系

工業企業電氣化專業

畢業設計

題目：立式車床的電力裝備

哈爾濱 1954

哈爾濱工業大學

電機系

工業企業電氣化專業

畢業設計

題目：立式車床的電力裝備

江苏工业学院图书馆
藏书章

電力傳動教研室主任：

趙 昌 穎

設計指導者：

黃 俊

畢業設計者：

陳 嫣 枝

哈爾濱 1954

目 錄

I. 序 言	
§ 1. 生產機械在國民經濟中的意義	1
§ 2. 設計中的主要數據	1
§ 3. 設計內容及要求	2
II. 生產機械的工作情況	
§ 1. 生產機械的工作原理	3
§ 2. 與電力裝備有關的工作情況	5
§ 3. 主軸電機的估計負載圖	6
III. 電動機的選擇	
§ 1. 傳動方案	7
§ 2. 主軸電機的計算與選擇	9
§ 3. 輔助電機容量的計算與選擇	21
§ 4. 電機銘牌一覽表	26
§ 5. 所有電機佈置位置圖	27
IV. 自動控制線路設計	
§ 1. 對控制線路的設計要求	28
§ 2. 主軸控制線路方案	28
§ 3. 全套自動控制原理圖	31
V. 所用電器選擇	
§ 1. 電器數據計算與熔斷器、電阻的選擇	32
§ 2. 接觸器、繼電器銘牌數據一覽表	44
§ 3. 其他所用電器選擇	47
§ 4. 定製元件	48
§ 5. 解決操作方便的方案	49
VI. 有關控制線路的說明	53
VII. 控制台、按鈕台與控制盤的設計	60
VIII. 保安問題	65
IX. 結 論	66
X. 參考文獻	68
XI. 附圖:	
圖一: 機械外貌及傳動系統簡圖。	
圖二: 負載圖。	
圖三—A: 輔助電機控制原理圖。	
圖三—B: 主軸電機控制原理圖。	
圖四: 電器裝置圖。	

I. 序 言

§ 1. 生產機械在國民經濟中的意義

立式車床為巨型自動機床製造廠；大型汽輪機、水輪機製造廠；高爐端蓋和電機廠中最重要的工作母機之一。近年來由於立式車床的使用，更加大了它的工作範圍，因為本體的各部份都有自動機構裝置，控制容易，同時也由於它結構堅固，可以抵抗強烈的振動。特別是立式轉盤車床的轉盤刀頭，我們可以在上面配置各種刀具，使工作程序能連續進行。另外，按立式車床的型式和大小，它本身可以具有 2—3 個刀架，為着提高生產率，可以同時在三個不同的平面或曲面上加工。

我們知道，舊中國的遺產是破舊、落後的，所謂自動化工廠根本就沒有，僅留下來的修理零配工廠亦是使用着古老的動力(天軸)或完全用人力代替之。為了改建、擴建與重建新型的自動化工廠，必然具有原動力—發電機與電動機，因此後者之製造成了當前一個很重要的生產對象。製造電機，必須備有大量的立式車床。又為了保證機座、端蓋的加工數量、質量起見，要求在考慮本床的工作範圍，精密度和自動化程度上，必須達到更高的水平，祇有這樣，才能滿足祖國經濟飛躍發展的需要，才能更快地使祖國走上工業化的康莊大道。

§ 2. 設計中所採用的主要數據

一、原始資料：

- | | |
|------------------------------|--------------------|
| 1. 本機床專為鋼件加工而設 | 工件 $D \leq 5.25$ 米 |
| | $h \leq 1.4$ 米 |
| 2. 刀具材料 —— 硬質合金鋼 | |
| 3. 最大切削刀 —— 設二把刀同時工作 | $F = 4000$ 公斤 |
| 4. 刀架數 —— 二主刀架，一側刀架 | |
| 5. 調速範圍 | $i = 1:30$ |
| 6. 機床構造 —— 利用實習資料及指導教師的補充指示。 | |

二、輔助資料：根據實習中所參考的數據，並徵得指導教師同意

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1. 橫樑重量 | 30 噸 |
| 2. 橫樑運動速度 | 0.33 米/分 |
| 3. 垂直刀架重 | 3.5 噸 |
| 4. 垂直刀架之平衡錘重 | 1.4 噸 |
| 5. 側刀架重 (不包括平衡錘) | 6 噸 |
| 6. 側刀架之平衡錘重 | 4.5 噸 |
| 7. 側刀架之上下與垂直刀架之左右直線運動速度 | 2 米/分 |
| 8. 側刀架刀身的左右直線運動速度 | 1.2 米/分 |
| 9. 垂直刀架刀身的上下直線運動速度 | 1.1 米/分 |
| 10. 工件重 | 20 噸 |

- | | |
|----------------|-----------|
| 11. 工作台之最大轉速 | 21 轉/分 |
| 12. 工作台重 | 10 噸 |
| 13. 工作台導槽的摩擦係數 | $\mu=0.1$ |

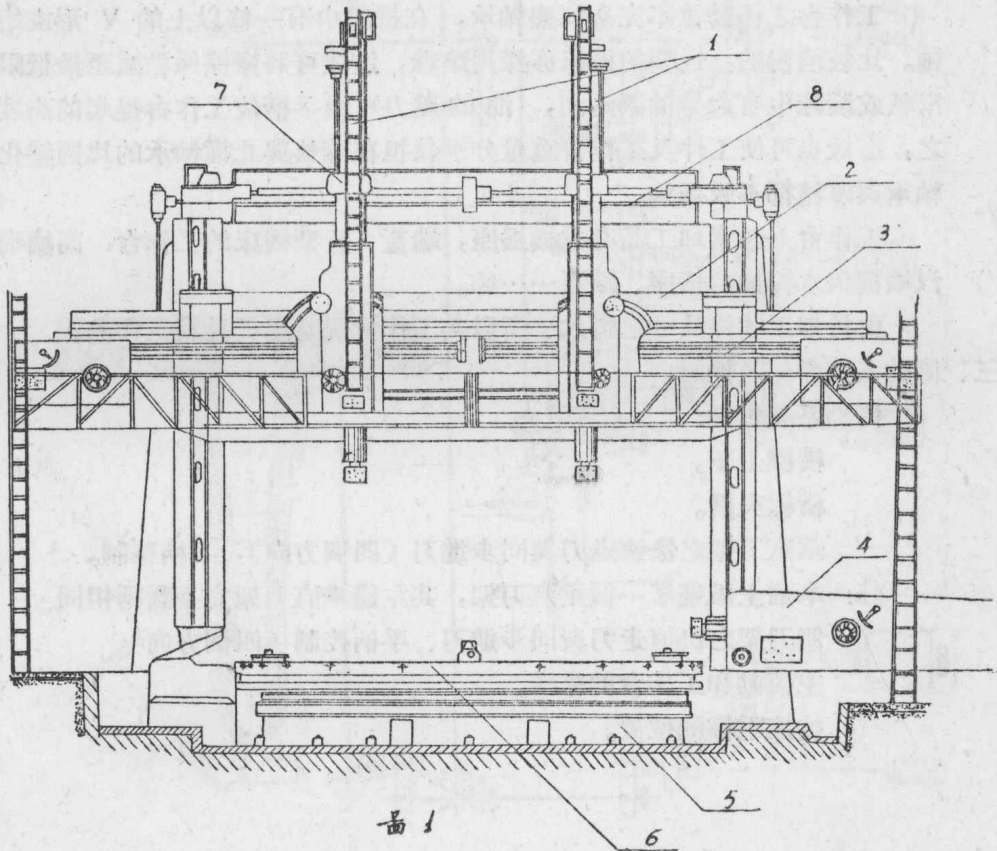
§ 3. 設計內容及要求

1. 內容:
 - 1) 計算各電動機的功率
 - 2) 設計自動控制線路
 - 3) 列表說明所用一切電氣設備
2. 要求完成作業:
 - 1) 自動控制線路全圖
 - 2) 機床及其傳動系統簡圖
 - 3) 電磁控制盤及操縱台的簡圖
 - 4) 設計說明書

II. 生產機械的工作情況

§ 1. 生產機械的工作原理

一、外形圖及部件運動介紹：（參一）



1. 垂直刀架：可由絲槓及光槓帶動作走刀和進刀的上下、左右之直線運動，並可旋轉角度。
2. 橫樑：根據加工品的不同高度，可作上下運動，以調節垂直刀架進刀總距離，本身由電動機帶動。此外為保證在切削時不受劇烈的機械震動而產生的位移和保證準確度起見，又備有由電動機傳動的機械夾緊裝置。
3. 是帶動刀架走刀的光槓與絲槓，在走刀時由電動機帶動，在自動進刀時由主軸同步聯動。
4. 側刀架：作加工工件外圓之用，亦可作上下及左右的直線運動。
5. 機座：支持工作台與工件重量，與軸承有相同的作用。
6. 工作台：由主電機帶動作正反轉之旋轉運動。

7. 垂直刀架之平衡錘：在刀身上下運動時用。
8. 由工作台同步去帶動刀架運動的光絲槓之歐姆槓。

二、工作情况簡單介紹

此類立式車床專供直徑很大而寬度不大的圓形工件加工之用，其尺寸由工作台上所能安置的最大工件直徑來決定的，直徑由0.6—16.5米範圍內變化之。

本床又是普通車床之進一步發展，工作台是水平地安置在機座上，因此給夾活與操作上以不少方便之處。

工作台之轉動並不完全依據軸承，在機座中有一條以上的V形或矩形導槽。比較精密的，巨型的機床亦採用滾珠，這樣可將摩擦係數減至最低限度。滑軌或滾珠中有大量的潤滑油，油的壓力可由手柄使工作台提起的高度控制之，這樣也可使工件及工作台重量分別負擔在導軌與止推軸承的比例變化，使軸承與導槽都不致過熱。

工作台上經常加工品有電機機座，端蓋、巨型機床的工作台、高爐端蓋，汽輪機與水輪機的機座、端蓋……等。

由於加工物件尺寸之龐大、所以其工作情况是屬於長期工作的。

三、傳動系統介紹及簡圖：

傳動系統包括：

橫樑上下。

橫樑夾緊。

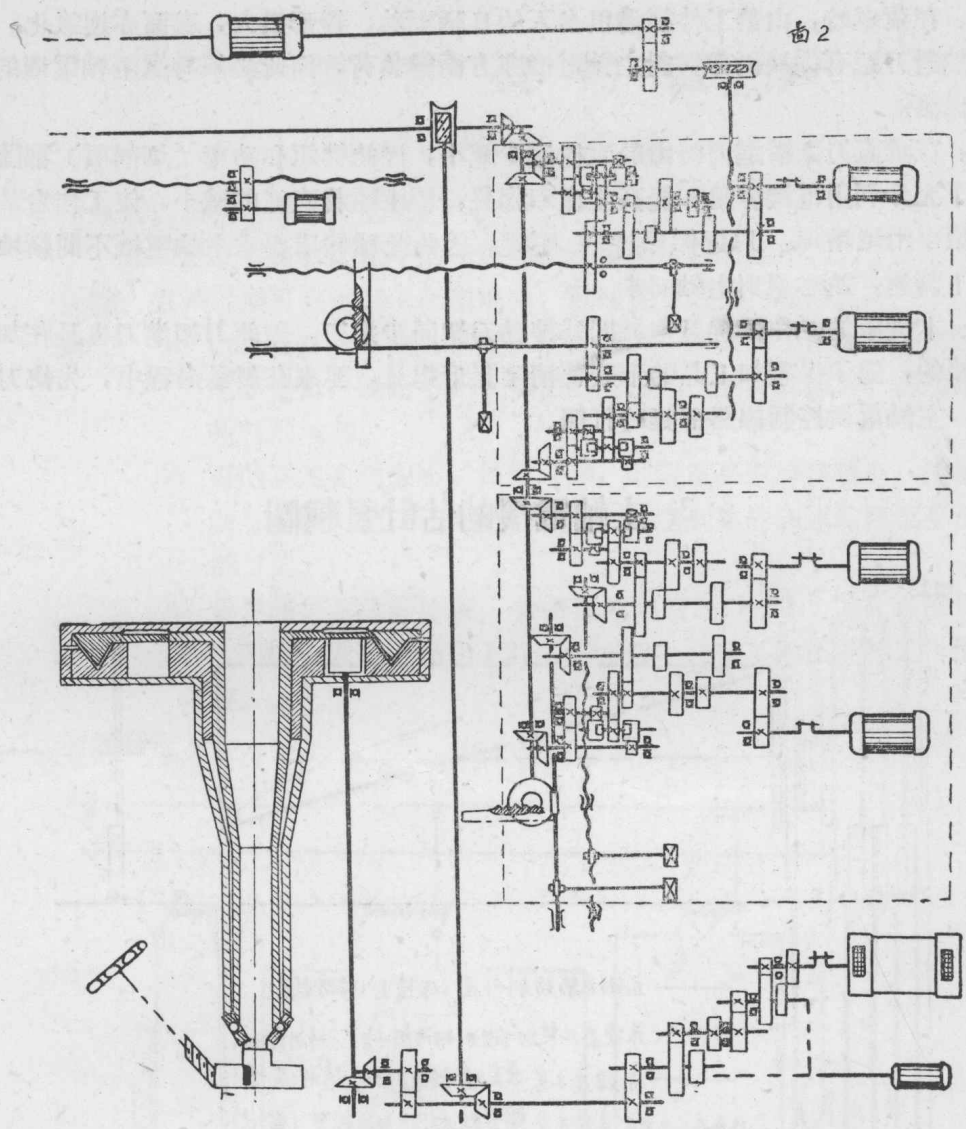
垂直刀架之快速走刀與同步進刀（四個方向），手柄控制。

註：本圖上祇畫了一個垂直刀架，其左邊垂直刀架完全對稱相同

側刀架之快速走刀與同步進刀、手柄控制（四個方向）

主傳動和工作台的結構。

換速電機的位置。



§ 2. 與電力裝備有關的工作情況

一、由於機床本身結構龐大，因此 GD^2 必然會很大，其啟動，掣動時間亦隨之加大。另一方面在考慮 Mn 時為了免除龐大機械結構易受衝擊危險，所取之值不應過大，雖然如此，但由於立式車床一般工作時間都較長，每一工序起碼加工時間超過一小時因此所起的影響不大。

二、主軸電機是真正的長期工作，在選擇電機時亦必須考慮到在各個平面上的加工情況，防止過熱，其他電機如橫樑，夾緊用，刀架快速走刀用都屬於短時或斷續工作，在選擇時可考慮之。

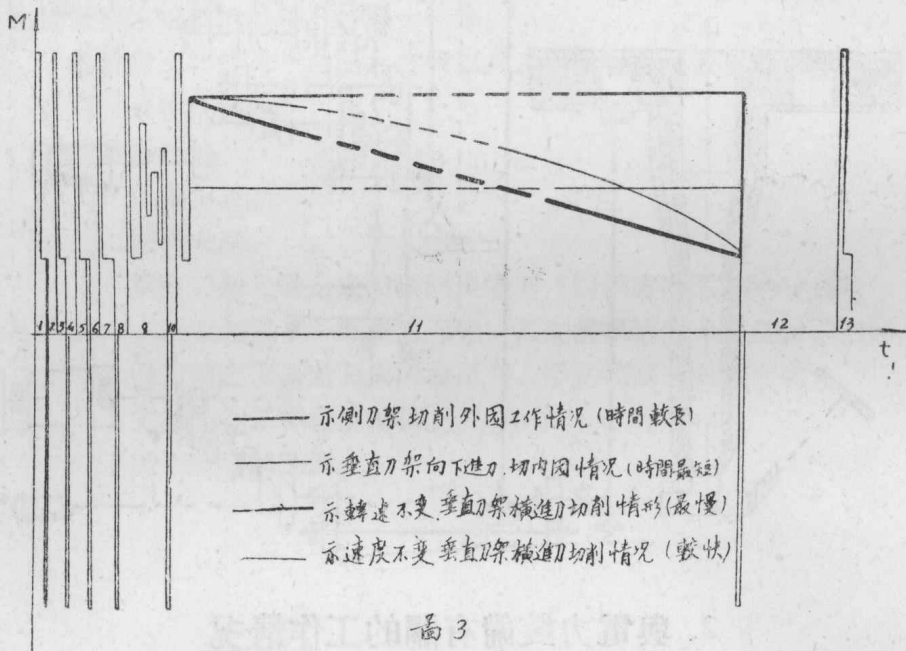
三、因為工作台是在導槽上摩擦旋轉，所以導槽的發熱問題必須適當解決。對於潤滑油泵電機不僅要先於主軸啟動，並且要保證有一定的數量和一定壓力的情況下容許主軸啟動。否則，工作台將不能進行工作。

四、在荒車時，由於工件經過很多天的日晒雨淋，變形很大，表面亦趨氧化。在加工時必然對刀架有機械衝擊，對主軸電機亦有衝擊負荷，因此必須考慮主軸電機的過載與短路保護。

五、在垂直刀架橫進刀時由於直徑逐步減小，因此轉矩和功率（切削項）都隨之減小，為了充分利用電機容量和提高生產率起見，要求隨着直徑的減小，使工作台的轉速不斷連續平滑地增加，以近似保持 V 不變。因此此種機床要求主軸電機不間斷地在工作狀態下調速，並必須與主軸同步。

六、本機床的工作情況是主軸同時帶動刀架同步進刀，因此刀架進刀也是在加工過程中連續的，為了保證加工品的形狀為精確圓形起見，要求在製動過程中，先使刀架停止進刀，主軸電機控制線路卻延時打開。

§ 3. 主軸電機的估計負載圖



- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1. 夾活時使工作台旋轉某一角度 | 10. 正式切削的準備時間 |
| 2. 夾活時間 | 11. 工作負載情況——由於比例不够故以虛線示意時間很長 |
| 3. 夾活時使工作台旋轉某一角度 | 12. 自一個工序至另一個工序所必須做的準備時間，如備刀、備料。 |
| 4. 夾活時間 | 13. 重覆 1—12 |
| 5. 正轉校正糾正時間 | |
| 6. 自正轉到反轉的間隔時間 | |
| 7. 反轉校正糾正時間 | |
| 8. 準確切削時間 | |
| 9. 試車情況 | |

III. 電動機的選擇

§ 1. 傳動方案

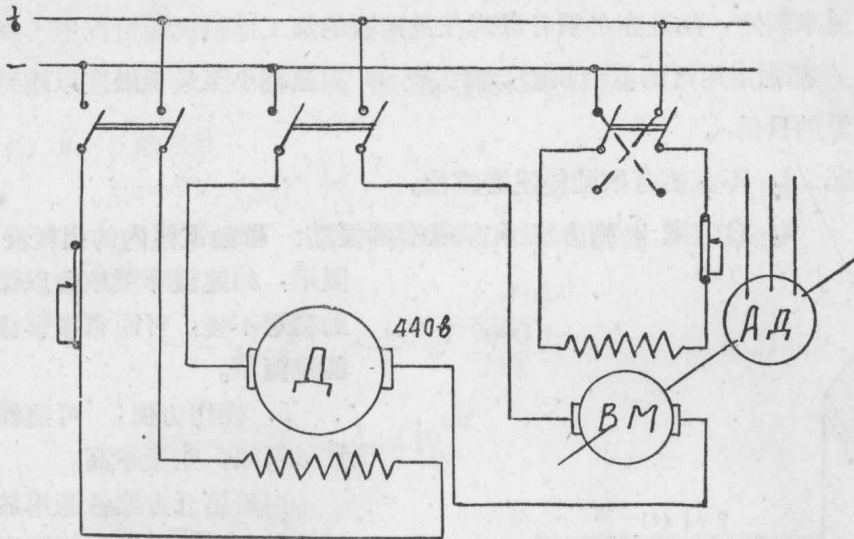
一、用鼠籠式或繞線式異步電機。

其調速範圍由改變定子的極數和改變齒輪級數來達到。

優點：主軸電機可直接接上三相電源，電機數量較少、經濟。

- 缺點：
1. 由於立軸的切削功率變化情況很大，如果轉速恒定不變的情況下轉矩亦變化，因此 $\cos \varphi$ 變化範圍很大，並甚為顯著。引起電網無功損耗的增加。
 2. 電的調速範圍太小，如用 1:4，則電機必須特殊製造，最壞的一點就是不能滿足 V 不變的要求，與達到電的調速使轉速平滑地增加的目的。
 3. 爲了滿足本設計要求，使調速範圍增至 1:30，因此必須另加很多套齒輪，造成了操作上許多不方便，並且不能在主軸工作情況下換速。

二、昇壓發電機：



圖四

因爲其調速範圍可達 1:30 以上並且完全用電，故提出作爲方案討論。

變更 BM 的極性與大小可以使 A 能平滑地達到很多速度。

- 缺點：
1. 工廠必須備有直流電源，但由於目前國內情況來看，尙未達到此水平，因此本設計所考慮使用場所爲假定沒有直流電源的工廠之用。
 2. 適用於恒轉矩情況的負載，如龍門鉋床，對於轉矩不斷變更的立式車床而言，這樣使用系統是不够經濟的。

三、用自激或交磁放大機作為供給電動機的直流電源。

調速範圍太大如到 1:100 本設計不需要有這樣大的範圍和準確度。

四、用直流電動機，但却以汞弧整流器來獲得直流電源。

其調速範圍可與 $\Gamma-D$ 組完全一樣。

優點：1. 慣性小，靈敏度較高，適用於連續調速，因為可以減小其過渡過程時間。

2. 電壓高於 300 伏時效率高 $\cos\varphi$ 也好。

缺點：1. 祇能適用於電壓不變或改變電壓的範圍不小於 300 伏的情況下，否則效率降低得很快， $\cos\varphi$ 也差。

2. 壽命短

3. 由離子器械饋電的電動機，由於其電流波動增加了損耗，電流換向情形也要壞一些。

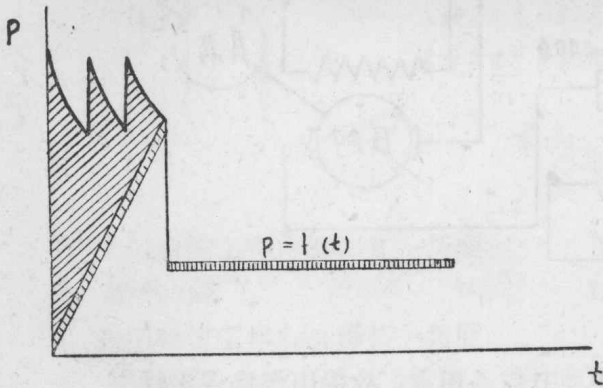
4. 激磁迴路及控制迴路的直流電源必須另外供給，因為它們都要求電壓恒定不變。

五、單獨的發電機供電 $\Gamma-D$ 組

為了適應本機床的工作情況，是變轉矩的，因此儘可能應用改變電動機的磁通來調速，此外亦必須考慮到在最困難的加工連續調速情況中（如橫進刀切削）都應用用電的無級調整，將改變 U 調速縮小至最低限度以達到節省電機容量的目的。

優點：1. 不需要有啟動變阻器設備。

2. 自方案 2 到方案 5 都具有的優點：啟動電阻內的損耗沒有了，如圖示，如連續降壓啟動以保持最大啟動轉矩不變，可節省陰影線所包括的能量面積。



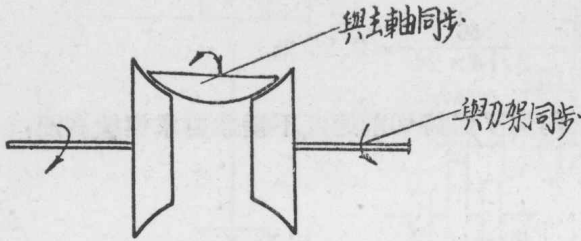
3. 操作方便，可連續在工作中無級調速，生產率高。

由於第五方案較適用於本設計，無論從可以利用的調速幅度，操作方便與否與經濟上的比較，就決定採用之。

附：自動進刀方案討論：

1). 設計原始資料規定的 $F = 4000$ 公斤，如用一把刀時，刀柄寬度，厚度可特殊製造，使其截面能承受加工時所產生的彎矩。但由於刀頭的發熱很厲害，因此祇有降切削速度，這樣做有碍生產率的提高。

2).



$$M = F \cdot \frac{D}{2}, \text{ 使 } F \text{ 隨 } D \text{ 的減}$$

小而加大，當然這裡所考慮的不應該使 F 趨然加大，因為 $P \cong F \cdot V$ ，在增加 F 力的瞬時間 V 並未變化，並 F 趨然增加必會引起 P 之加大而使電機過載很大，產生不好情況；對機械

傳動系統講是受到衝擊，對工件的精密度也是同樣不良。

如何能滿足切削力逐項增加的要求呢？機械上一般有二種裝置，如圖即為摩擦塊，隨着其移動其所得到的線速度相應不同，以得到從動輪轉速亦不同，但由於摩擦塊的發熱限制，容量有限 < 400 公斤。

另一種是利用油壓集油環，利用油的壓力和量的不同使運動部件的速度不同，缺點是準確度不高。考慮以上情況，並不能滿足切削力逐漸增加的目的故不加考慮。

3). 使切削力等於 4000 公斤，分別承擔在二把刀上。在考慮切削速度大小時主要由刀子容許發熱情況來考慮決定之，每一把刀既然祇承受了 2000 公斤，所以其速度就可以加快 $P = F \cdot V$ 電機容量應該增加，但從提高生產率角度來想，將來發展趨向是進行多刀切削，因此不應受電機容量限制。

決定採用方案 3.

§ 2. 主電機容量的計算

一、 S, V, t 的決定

$$P_z = 200 (S \cdot f)^{0.9} \quad (\text{III-1}) \quad (\text{參 } 2)$$

P_z : 每一把刀所承受的切削力由前知 2000 公斤

取 $t = 8$ 毫米

$$\begin{aligned} S &= \frac{1^{0.9}}{t} \sqrt{\frac{P_z}{200}} = \frac{1^{0.9}}{8} \sqrt{\frac{2000}{200}} \\ &= \frac{1}{8} (10)^{\frac{1}{0.9}} = \frac{1}{8} \times 10^{1.11} \\ &= 1.615 \text{ 毫米/轉} \end{aligned}$$

決定採用 T 5 K 10 型硬質合金鋼刀具。其特性是散熱性能好，適用於高速切削和長期工作情況，耐熱可至 800°C

查表: $V \approx 56$ 米/分 (參 2)

二、調速範圍的分配

當 D 工件 = 5.25 米時為了得到 $V = 56$ 米/分

$$\begin{aligned} \text{需轉速 } n_0 &= \frac{V}{\pi D} \\ &= \frac{56}{3.14 \times 5.25} = 3.4 \text{ 轉/分} \end{aligned}$$

00:051

工作台是最高轉速不得超過： $n_M = 21$ 轉/分 （根據輔助資料）

相當於在 $V = 56$ 米/分 工作的工件直徑：

$$D_{\min} = \frac{V}{\pi n} = \frac{56}{3.14 \times 21} = 0.85 \text{ 米}$$

如考慮加工工件自 D 到 D_{\min} 範圍內爲了保持切削速度不變並要求連續調速，則決定電的調速範圍：

$$\frac{21}{3.4} = 6.2 \quad \text{即 } 1:6.2$$

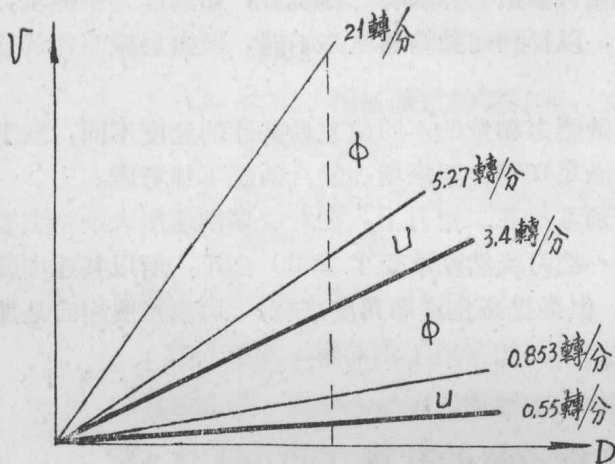


圖 5

設：改變 ϕ_A 調速 1:4

則：改變 U 調速 1:1.55

在最大傳速比的情況下最大電動機轉速所表現的工作台轉速相當於最小傳速比時電動機之最低電調節轉速所表現的工作台轉速：即 3.4 轉/分線所示

$$n_{\text{工作台}} = 3.4 \text{ 轉/分}$$

齒輪的調速範圍 = 齒輪的可變傳速比

$$\frac{3.4}{0.55} = \frac{i_{\text{最大}}}{i_{\text{最小}}} = 6.2$$

總的調速範圍等於

$$i = 1 : 6.2 \times 4 \times 1.55 = 1 : 38.4$$

在 $n_{\text{工作台}} = 3.4$ 轉/分 時電機轉速爲最低：

$$n_M = \frac{n_H}{K_U}$$

n_H ：預先由電動機目錄上估計爲 300 轉/分

K_U ：爲改變電壓幅度 1:1.55

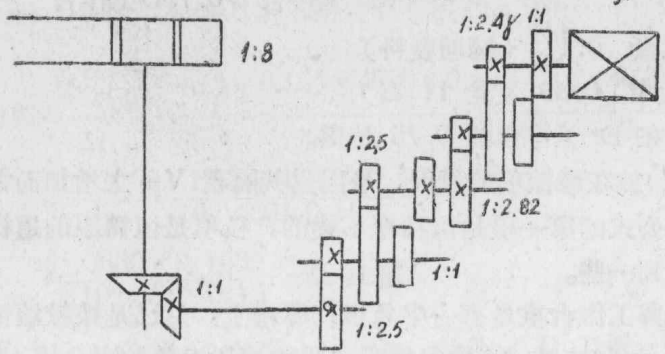
上式是建築在假定 $U \approx n$ 的基礎上使用。

$$n_M = \frac{300}{1.55} = 193 \text{ 轉/分}$$

同時在 $N_2 = 193$ 轉/分情況下，加入齒輪傳速比或調速範圍 1:6.2。

$$\text{相當於工作台轉速 } n_{\text{工作台 min}} = \frac{193}{6.2} = 0.55 \text{ 轉/分}$$

最大傳速比: $i_{\mu} = \frac{193}{0.55} = 350$



工作台大齒輪 = 1:8 其他齒輪 = $\frac{350}{8} = 43.7$
 需變速 $i = 6.2$ 不變速 $i = \frac{43.7}{6.2} = 7.02$
 最小傳速比 $i_{min} = 7.02 \times 8 = 56.4$

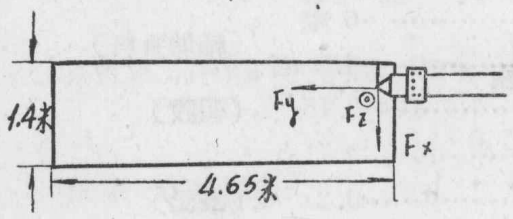
在上述分配調速範圍情況下有下列優點:

- i). 可以保證在工件橫進刀的最大範圍內，達到均勻無級調速的要求，完全可以達到提高生產率目的。
- ii). 由於滿足了第一條的要求因此可以運用換齒輪擴大整個機床的調速範圍，而不浪費電機容量，調速範圍已可達 1:38.4

三、預選:

決定效率 η : 主輪齒輪 $\eta_1 = 0.975$ (由筆記得)
 六套齒輪 $\eta_2 = 0.985^6 = 0.9135$
 $\eta_{總} = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0.89$

一). 縱進刀:



設: $F_z: F_y: F_x = 1:0.4:0.25$ (由筆記得)

$$P_c = \frac{mF_z \cdot V + [mF_x + (G_0 + G_2)^{1/2} + mKF_y]V_p \cdot \mu}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{總}}$$

由筆記得.....(III-2) (參3)

- | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------------|--------|
| m : 工作刀數 | 2 | G_0 : 工作台重 | 10 噸 |
| F_z : 主切削力 | 2000 公斤 | G_2 : 工件重 | 20 噸 |
| F_x : 進刀方向分力 | 500 公斤 | F_y : 吃刀方向分力 | 800 公斤 |
| K : 考慮由 F_y 所引起摩擦力相應的偏壓係數 | 1.1 (指導教師給) | | |
| V : 切削速度 | 56 米/分 | | |

V_p : 導槽速度 42 米/分 ($V_p = \frac{V}{\pi D_{\text{工作台}}} \cdot \frac{\pi}{0.75 D_{\text{工作台}}}$)

μ : 導槽摩擦係數 0.1 (輔助資料)

$\eta_{\text{總}}$: 傳動部件效率 0.89 (見 11 頁)

說明: 1). 導槽位置在 D 工作台的 0.75 倍處。

2). 考慮把 K 放在摩擦項的原因, 是因為其隨着 V_p 之增加而需要的功率亦加大, 公式的第一項是恒功率不變的, 後項是恒轉矩的這樣考慮時較為細緻遇到一些。

假設工件與工作台重量有一半負擔在導槽上, 這已是按較壞情況考慮, 實際上當 n 加快時, 導槽與軸承之間的相對負擔的百分值亦隨着變化, 導槽負擔越來越輕, 這是由於離心力的作用, 另一方面亦可以用手柄控制其工作台的上下。

$$P_c = \frac{2 \times 2000 \times 56 + [2 \times 2000 \times 0.25 + 15000 + 2 \times 1.1 \times 2000 \times 0.4] 0.75 \times 56 \times 0.1}{102 \times 60 \times 0.89}$$

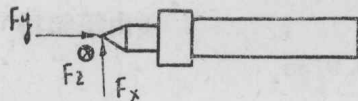
$$= \frac{224000 + [1000 + 15000 + 1760] 4.2}{102 \times 60 \times 0.89}$$

$$= \frac{224000 + 74500}{102 \times 60 \times 1.89} = 44.3 \text{ 瓩}$$

為了考慮當轉矩最大時, 並非 $n = n_H$, 因此在考慮預選電機容量時應按最壞發熱情況, 使 I_M 決定 P 的數值 (在考慮 $U = U_H$ 的情況下), 不致過熱, 而不應按 U_H 來決定 I:

定 I: $P = K_u \times P_c = 68 \text{ 瓩}$

考慮刀架自動進刀所需功率: —



$$P_{\text{刀架}} = \frac{[(G - G_{np}) / \eta_{\delta} + (1 + x)mF_x + (F_y \cdot m + mF_z \cdot Z)\mu] V_{\text{刀架}}}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{刀架}}} \quad (\text{III-3})$$

- G: 側刀架重 6 噸 (輔助資料)
- G_{np} : 側刀架平衡錘重 4.5 噸
- X: 由 F_x 所引起的偏壓係數 0.15 (假設)
- m : 工作刀數 2
- μ : 滑軌摩擦係數 0.2 (筆記)
- V: 刀架進刀速度: Z: 由 F_z 所產生的偏壓係數 0.2 (假設)

$S = 1.615$ 公厘/轉

$$n_{\text{工作台}} = \frac{V}{\pi D_{\text{工作台}}} = \frac{56}{3.14 \times 4.65} = 3.84 \text{ 轉/分}$$

$$\text{轉一轉所需時間: } T = \frac{60}{3.84} = 15.6 \text{ 秒}$$

$$15.6 : 1.615 = 60 : X_v$$

$$X_v = \frac{1.615 \times 60}{15.6 \times 60} = 0.1035 \text{ 米/分}$$

η 刀架: 刀架傳動效率0.15 (教師給)

η_6 : 平衡錘與側刀架之間所經滑輪之 η 0.91 (筆記)

$$P_{\text{刀架}} = \frac{\left[\frac{6-4.5}{0.91} + (1+0.15) \times 4000 \times 0.25 + (0.4 \times 4000 + 4000 \times 0.2) \times 0.2 \right] \cdot 0.6035}{102 \times 60 \times 0.15}$$

$$= \frac{[1650 + 1500 + 480] \times 0.1035}{102 \times 60 \times 0.15}$$

$$= \frac{3630 \times 0.1035}{102 \times 60 \times 0.15} = 0.41 \text{ 瓩}$$

因為 X_v 是隨着 D 的減小而加快, 故假定 $P_{\text{刀架}} = 1$ 瓩

二)、橫進刀

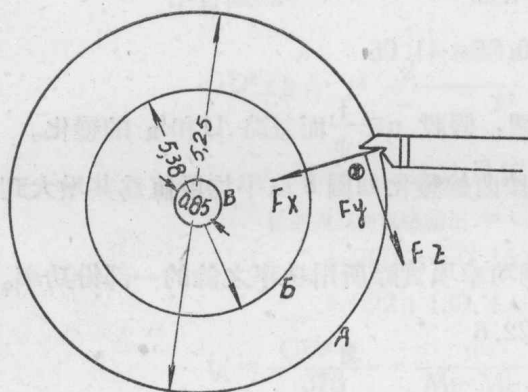


圖 6

AB: 為改變電壓調速範圍。

D 由 5.25 米減至 3.38 米

3.38 米數值是由下式計算得出

BB: 為改變激磁調速範圍

D 由 3.38 米減至 0.85 米

設: $U = n \quad n_0 = N_A = 3.4$ 轉/分

$$U = U_H \quad N_u = 3.4 \times 1.55 = 5.27 \text{ 轉/分}$$

$$= N_B$$

相當於 n_6 之工件直徑:

$$D_B = \frac{V}{\pi n_B} = \frac{56}{3.14 \times 5.27} = 3.38 \text{ 米}$$

$$V_B = V_A = V_B = 56 \text{ 米/分}$$

導槽切削速度: $V_{PA} = \pi D_P \cdot n_A = \pi \times 0.75 \times 4.65 \times 3.4 = 37.1$ 米/分

$$V_{PB} = \pi D_P \cdot n_B = \pi \times 0.75 \times 4.65 \times 5.27 = 57.6$$
 米/分

相當於 $n_B = n_M$ 的直徑 $D_B = \frac{V}{\pi N_M} = \frac{56}{\pi \times 21} = 0.85$ 米

$$V_{PB} = 3.14 \times 0.75 \times 4.65 \times 21 = 230$$
 米/分

在 A—B 範圍內:

$$P_c = P_1 + P_p$$

$$= \frac{m F_z \cdot V \times K_u}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{總}}} + \frac{[m F_y + (G_0 + G_2)^{1/2} + m K F_y] \mu \times V_{PA} \times K_u}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{總}}}$$

.....(III—4)

$$F_z : F_y : F_x = 1 : 0.4 : 0.25$$

(由筆記得到假設)

P_1 : 主切削功率, 是恒功率。

P_p : 由導槽引起的摩擦損耗功率, 是恒轉矩。

其他公式意義和代表符號同第 15 頁公式 (III—2)

$$P_c = \frac{2 \times 2000 \times 56 \times 1.55}{102 \cdot 60 \cdot 0.89} + \frac{[2 \times 0.4 \times 2000 \times 15000 \times 2 \times 0.25 \times 2000 \times 1.1] 37.1 \times 0.1 \times 1.55}{102 \cdot 60 \cdot 0.89}$$

$$= \frac{224000 + 1.55}{102 \cdot 60 \cdot 0.89} + \frac{(1600 + 15000 \times 1100) \times 5.75}{102 \cdot 60 \cdot 0.89}$$

$$= 41.05 \times 1.55 + 18.7 = 82.3 \text{ 瓩}$$

在 A—B 範圍內實際上 VPA 是由 37.1 米/分增加到 57.6 米/分。

$P_p = UI$ $I \approx M = \text{const}$ 而 $U \approx n$ 逐步在增加， P_B 亦隨之增加但實際也祇增加了 K_u 倍，上式已考慮了這一因素，因此不考慮其變化。

在 B—B 範圍內：

V_p 由 57.6 米/分增加到 2.30 米/分，即增加了約近 4 倍

ΔP_p ——表示應該考慮的 P_p 增量

$$\Delta P_p = (K_\phi \times P_{PB} - P_{PB}) \frac{1}{2} - 0.55 \times 41.05$$

K_ϕ ：表示改變 ϕ 調速範圍，假設 $n \approx \frac{1}{\phi}$ 而忽略 U 和 I_R 的變化。

1/2： $P_p = f(t)$ 曲線應該按曲線變化如圖 8 取平均數值為其增大到最高 ΔP_{pM} 的一半。

0.55×41.05 ：表示主切削功率項實際所用功率之餘的一部份功率。

$$\Delta P_p = (4 \times 18.7 - 18.7) \frac{1}{2} - 22.6$$

$$= (74.8 - 18.7) \frac{1}{2} - 22.6$$

$$= 28 - 22.6 = 5.4 \text{ 瓩}$$

表示到最後工作時 P 的總值不够用，需要再加上 5.4 瓩

$$P = P_c + \Delta P_p + P_{刀架}$$

$$= 82.3 + 5.4 + 1 = 88.7 \text{ 瓩}$$

預選：ДП—74/11—6 型他激直流電機

$$P_H = 100 \text{ 瓩} \quad U_H = 440 \text{ 伏}$$

$$n = 300 \sim 1200 \text{ 轉/分} \quad I = 250 \text{ 安} \quad \eta_H = 89\%$$

$$\frac{M_M}{M_H} = 2.2 \quad U_B = 220 \text{ 伏} \quad I_B = 9 \text{ 安}$$

$$Bec = 4300 \text{ 公斤} \quad GD^2 = 280 \text{ 公斤—米}^2 \quad (\text{參 4})$$

四、負載圖的計算：

T_{II} ：啟動時間的計算

$$M_{II} = \frac{(G_0 + G_2) \frac{1}{2} \cdot \frac{0.75 D_{工作台}}{2} \cdot \mu_0}{i \eta_{總}}$$