

冶金工厂机械設備

軋鋼車間机械設備

(輔助設備)

上 冊

技術科学博士 Л. Д. 索柯洛夫教授 編
北京鋼鐵学院冶金工厂机械設備教研組 譯

重工業出版社

北 京

1956

3.2

0-2

2467/16

*Механическое оборудование Металлургических
заводов*

**Механическое оборудование прокатных цехов
вспомогательное оборудование I**

Лекции по спецкурсу
проф. — докт. техн. наук.

Л. Д. Соколов

ПЕКИН

1956

序

本書是索柯洛夫教授在北京鋼鐵學院給教師研究生講課的講稿，因此對本專業同學來說內容較多，而且有些地方較深一些，索柯洛夫專家為了此書能給同學應用，並能對現廠和設計部門的工程技術人員有所幫助，曾進行了修改，補充，而較深的部份（不適用於大學教學用的內容）全改用小號字排印。

輔助設備在整个軋鋼車間機械設備中佔有極大的比重，而且樣式構造極其繁眾。一個軋鋼車間機械化程度的大小，首先表現在其輔助設備的多少和式樣的新舊，因此不論是未來的專家——冶金工廠機械設備專業的同學，或現廠和設計部門的工程技術人員都應對這部份加以重視。在我們現在的某些廠中把軋鋼車間的一些輔助設備（如剪切機、矯正機等）看成是一般機械，這是一種錯誤的看法，這些機械的工作情況是有其特殊的內容——都和金屬的塑性變形有着聯繫，因此在設計和計算時都需有專門的知識，不是一般的，別的部門的機械工程師能擔承的，而必須是本部門的機械工程師——冶金機械工程師來擔承。

在本書中包含了許多最新的計算理論和方法，其中有專家和其他的一些蘇聯科學工作者在最近十年來的研究成果，在這方面比起目前大家熟知的一些軋鋼設備方面的文獻（如采利柯夫“軋鋼機”1946）庫利巴契“軋鋼車間機械設備”1946）是進了一步，使我們能掌握更精確更新穎的計算方法，更好地發揮設備的潛在能力和更經濟地設計新的機械。

本書由孫一康同志譯出，在付印時教研組組織了二次校對：

參加第一次校對的有馬霖祥、馮麗芬、吳惠蘭同志。

參加第二次校對的有教師孫一康、研究生崔甫、蔡志鵬、李立、陳克興、劉崇德。

書中所有例子都核驗了一次，參加這工作的有研究生李世品、陳如欣、施東城

本書中包括的各種圖，全由教師潘毓淳、嚴允進負責整理、翻譯。

特此向以上各同志表示謝意。

索柯洛夫教授為了能給我們留下一份較全的教材不辭勞苦地為我們編寫這份講義，這種工作精神值得我們學習，並表示衷心的敬意和感謝。

由於時間較緊，沒來得及總校一次在書中的譯名上（主要是人名的譯法，專業名詞都已統一）前後可能有些不一致。其他方面還一定存在很多缺點，希望讀者們多多提出批評和建議。

來信可寄：重工業出版社轉

或 北京鋼鐵學院冶金工廠機械設備教研組

冶金工廠機械設備教研組

1955.12.15

前 言

“軋鋼車間機械設備”講義的第二部分——輔助設備。——也是以前面所提到的材料為基礎來編寫的，即是以教學大綱上所規定的參考書（采利柯夫，柯洛達夫和尼哥拉耶夫斯基，庫里巴契等作者寫的書），作者在北京鋼鐵學院所得的材料，作者自己的材料（作者和同事一起做的研究工作）及其他研究者所作的工作等為基礎來編寫的。

作者在參觀中國的冶金工廠時經常遇到需要提高車間生產率，最大限度發揮設備的潛力^①，改建和使軋鋼車間機械化等問題。

在中國很多地方冶金工廠自己的煉鋼車間，鑄鐵車間和機修車間常製造自己用的設備，不過往往都是複製一些已經過時的外國公司出品的機械。

在任何情況下都可看到學習蘇聯經驗的熱潮，但當作者在北京鋼鐵學院講課時還沒有一本上列的書（采利柯夫的“軋鋼機，除外）翻成中文。因為作者的這本講義印刷數量將相當大，所以在正確選擇內容方面應給予很大的重視。

必須要編入有關輔助設備中最新的材料。

作者認為這本講義是能符合這個要求的。

講義中的材料應以一定的次序編寫，避免重複，並把一些作者認為多餘的材料刪去。

在很多方面需要補充新的材料，例如剪切機、鋸、矯正機等章中有关剪切，矯正過程的動力學部份，作者在真正變形阻力和溫度，應變速度關係（講義第一部）的研究工作的基礎上引入了某些補充，從“冶金設備，圖冊第三卷，機械製造百科全書第八卷中摘引了一些材料來補充，還引用了一些中國的實際情況。

書中有很多例子是由北京鋼鐵學院的研究生作的，有些例子是引用西伯利亞冶金學院的資料。

北京鋼鐵學院機械系副主任呂桂彤、北京鋼鐵學院冶金工廠機械設備教研組代主任孫一康及其他教師和研究生等積極地參加了出版講義的組織工作和翻譯校對工作，作者在此表示忠心的感謝。

^① 看1955年2月12日真理報上載著溫的文章

第四篇 目 錄

前 言 緒 論

1. 輔助設備的分類, 其工作的特點, 驅動裝置..... 1
2. 輔助機械設計中的主要方向..... 2

軋鋼車間輔助設備的電力驅動

第一章 輔助設備電力驅動計算的基本原則.....	7
1. 輔助設備驅動的運轉方式.....	7
2. 驅動的基本綜合運動方程式.....	8
3. 起動運轉方式的電力驅動計算的基本原則.....	9
4. 確定推算靜力矩和飛輪力矩.....	9
5. 預先選擇電動機型式和減速箱傳速比.....	11
6. 運動方程式的積分.....	15
7. 核驗電動機的超載和發熱.....	22
8. 修正預先選擇的驅動性能.....	25
9. 連續運轉方式工作的電動機的計算.....	25

剪切、矯正和彎曲用的機械

第二章 剪切機.....	39
1. 上切式平行刀刃剪切機的構造.....	39
2. 下切式平行刀刃剪切機的構造.....	44
3. 水平方向剪切的平行刀刃剪切機的構造.....	57
4. 平行刀刃剪切機的剪切動力學.....	58
5. 作者的研究.....	63
6. 刀片間空隙和其他因素對剪切刀的影響.....	68
7. 在平行刀刃剪切機上剪切金屬時能量的消耗.....	70
8. 電力驅動.....	72
9. 平行刀刃剪切機的計算.....	73
10. 上刀可動的斜刀刃剪切機的構造.....	74
11. 斜刀刃剪切機的一些機件.....	87
12. 下刀可動的斜刀刃剪切機的構造.....	93
13. 斜刀刃剪切機上的剪切力.....	96
14. 在斜刀刃剪切機上剪切金屬時的靜力矩和能量的消耗.....	103
15. 圓盤式剪切機.....	104
16. 圓盤式剪切機的構造.....	106

17. 圓盤式剪切機上的剪切力和功率.....	122
第三章 飛剪機	128
1. 槓桿擺動式飛剪機.....	128
2. 擺式飛剪機.....	131
3. 轉動式單滾筒飛剪機.....	133
4. 圓盤飛剪機.....	134
5. 轉動式雙滾筒飛剪機.....	135
6. 刀刃作直線運動的飛剪機.....	145
7. 沖擊式飛剪機.....	158
8. 飛剪機上的剪切力.....	159
9. 飛剪機上的驅動.....	161
10. 飛剪機的計算和設計.....	162
第四章 鋸機	166
1. 鋸機的構造.....	166
2. 鋸片.....	178
3. 齒形在鋸切時對能量消耗的影響.....	183
4. 在鋸上切軋件時的變形單位壓力 ($V. D. T$) 和功率 (羅特和采利柯夫及其同事們的研究).....	184
5. 作者及同事們的研究.....	189
6. 鋸的計算.....	202

緒 論

1. 輔助設備的分類，其工作的特點，驅動裝置

在現代的軋鋼車間中，生產過程是建築在連續生產的原則上的，這使勞動生產率大大提高，並減輕了工人的體力勞動。

軋鋼車間的輔助設備比主要設備的種類多得多，其重量比主要設備重量要大幾倍（3—4），根據動作的特点，輔助設備可以分成七大類^①。

第一類——切斷軋件用的機器

其中包括：剪切機（ножницы），（刀刃平行的，刀刃傾斜的，飛剪機（легучие ножницы），圓盤式剪切機），鋸（пила），折斷機（ломатель），切斷機床等等；

第二類 矯正機（правильные машины）：型鋼矯正機，鋼板矯正機，旋轉式斜軋矯正機，拉力式矯正機，壓力機等等；

第三類 彎曲和卷繞軋件的機器

（型鋼卷取機，鋼板卷取機、張力卷取機（моталки），張力滾子（натяжные ролики），抓取機（улавливатель），展卷機（разматыватель），折疊機（дублер），剝離機（раздирающие），專門的彎曲機等）；

第四類 精整表面和改善軋件結構的機器，（用來修整鋼坯，沖除鐵鱗、去除油污、精修邊緣、退火和淬火、酸洗、光軋（дрессировка），研光、清除、表面塗漆料等）；

第五類 軋鋼機的運輸和翻轉裝置，（用來軸向移動，提升和下降，軸向轉動，水平方向轉動、垂直方向轉動、疊塊和鋼卷的移動、運走廢料等機械）；

第六類 校正機構（установочные механизмы），它是工作機座不可分割的一部分，有時它有自己獨立的驅動，因此可以歸入輔助設備，這種機構在第三篇中已講過了（校正上軋輥，中軋輥、和下軋輥的機構、導板、換輥裝置）；

第七類 各種用途的機器，（用來調節、控制、打印、扎捆、縫合軋件、焊接軋件、壓邊、預先穿孔、定心等用的機械設備）。

輔助設備的工作條件和主要設備一樣也是很繁重的；高溫、水、鐵鱗、多塵的空氣、經常變化的負荷，頻繁的開啓和關閉（每小時達 1500 次）——所有這些都是冶金設備，特別是軋鋼設備跟其他工業的，如電力、機械製造、紡織工業等等設備的工作條件大為不同的地方。

輔助設備的驅動大部份用電動機（直流：復激式、串激式、並激式（較少），交流：異步電動機）

壓縮空氣、液壓和蒸氣驅動較少遇到。

壓縮空氣驅動在鋼管，鋼板和線材軋制車間中應用較多，如在中國的某一冶金工廠線材卷取機上就用壓縮空氣驅動、壓縮空氣驅動的優點是裝置簡單和工作中不出毛病，但

^① 見機械製造百科全書第八卷依洛什尼柯夫（Ирошников）的文章

压缩空气裝置的效率較低(2—3%)，填封料常出故障、空气中潮汽容易凝結、特別是在冷的环境下常常不使用这种裝置，甚至还用电力來代替現有的压缩空气驅動。所以只有当工作条件不允許裝电机的情况下才建議^①設計压缩空气驅動，例如在有水、鉄鱗、高溫、振动或沒有足够地方來放电动机等情况下。對於电动机不應該光理解为电动馬达、而且还包括电磁鉄。

液壓驅動，蒸汽驅動和所講的压缩空气驅動的情况差不多。

假如說这些驅动的成本比电动机要稍便宜一些的話、則其使用費用恰恰相反要較貴些。

2. 輔助机械設計中的主要方向

軋鋼車間中生產过程的連續性，輔助設備的繁重的工作条件，用电动机來代替其他形式的驅動，還有提高軋制速度的趨勢，軋制生產的全盤機械化和最大程度地自動化，同時改善質量來減輕机械重量的問題，基本上決定了設計冶金厂，特別是軋鋼車間的輔助設備（主要設備也如此），的新的方向。

設計軋鋼車間机械設備的新方向基本上可歸納如下：

1. 提高軋制速度^②和輔助設備的工作速度，这样就產生並加大了撞擊載荷，因此要求有相應的計算方法來計算設備，（軋道，剪切机，擋板等）

隨著速度的增加加大了設備受載的頻率、這要求計算設備的疲勞強度。从电力驅動的觀點來看，要提高速度必須要：1) 設計飛輪力矩較小的驅動和机械 2) 創造顯著的起動加速 3) 應用和創設操縱机器的半自動化線路系統、自動控制和过程的自動調節線路系統。

2. 軋鋼車間的輔助精整工作和起重運輸工序的全盤機械化。首先應分清局部機械化和全盤機械化這二名詞、機械化是設計軋鋼車間輔助設備的新方向課題之一、在很多現代冶金厂軋鋼車間中很多工序如均熱爐底的清除，鉄鱗和渣的清除，切头的處理、換輥等都還沒有機械化，在很多情形下這些工序的機械化是由冶金厂的設計科，技術科和機械化設計局以合理化建議和創造發明的形式提出來解決的。

但是机械制造工業和設計院在很大程度上也和現有軋机的機械化設計工作有關聯，例如、出現並改善了“現代化”的鉄皮軋机、它和老式不可逆二重式軋机的差別是其整個生產过程——从加熱到軋成鋼板——都全盤機械化了（見主要設備講義中該种軋机的敘述）。

把中國軋鋼机的輔助動作局部和全盤機械化，是目前新中國的冶金工作者和机械制造者的首要任务。

3. 最大程度地自動化。應該分清：

а) 半自動操縱 б) 自動操縱 в) 整套自動化。

1) 半自動操縱是指一部份操縱自動化，例如起重机的停止是自動化的，實際上所

① 見《机械制造百科全书》第八卷

② 參看作者在大冶(1955.1.6)和鄂東鋼鐵公司(1955.1.30)所作的報告《有关苏联冶金机械制造的一些問題》(刊於《机械制造》1955年第五期)

有的端点断电器，保險另件，繼电器——都是半自动操縱的开端；進一步發展下去当机构有各种不同的移动距离时按裝生產指示板、（例如對於压下裝置等）。因此產生了自动控制和生產过程的自动調節的問題，例如在冷轧鋼板时調節連續軋机机座間的軋件張力，使飛剪机上的速度同步化（見下文），調節卷取机滾筒的轉速等等都屬於这一类。2) 自动操縱，已不是指單独的比較簡單的机构，而是指比較複雜的机构和机器。

例如在圖1中表示了冷轧薄板的二重式軋机，这在上面已講过，在中國某厂中裝有这种軋机，升降擺动台（用來把軋件从上軋辊上面遞送）和送鋼板入軋辊的鏈子是自动化地在光电管控制下工作的、当將進入軋辊的鋼板挡住了从上面射到光电管上的光線时，光电管就通过相应的放大裝置給升降台电动机一个冲动，使其啓动。3) 整套自动化已包括了成組机器和机构，它們的开或关（起动或停止）是以一定的次序進行的。

如圖2中表示了1000初軋机①剪切机附近的一組机器，其中包括有剪切机本身，前后軋道和擋板。

为了保証每分鐘有一定的剪切次数（12），在这裝置中剪切机及和其有关机构的电动机是自动控制的。

每次剪切后，和剪切机机构相联的控制仪器給引出軋道和中間軋道电动机一个冲动，軋道开动后便把被切断的軋件送走，然后時間繼电器开动剪切机前的軋道，把新軋件送到擋板前，擋板的电动机也是由在擋板附近的旗开关自动放下（这时放切断的軋件已經从擋板下送走）。

当軋件走到已降下的擋板时，旗开关給一冲动使所有三个軋道都停止，並开动剪切机。在剪切后剪切机的控制仪器給擋板电动机一冲动使它抬起。

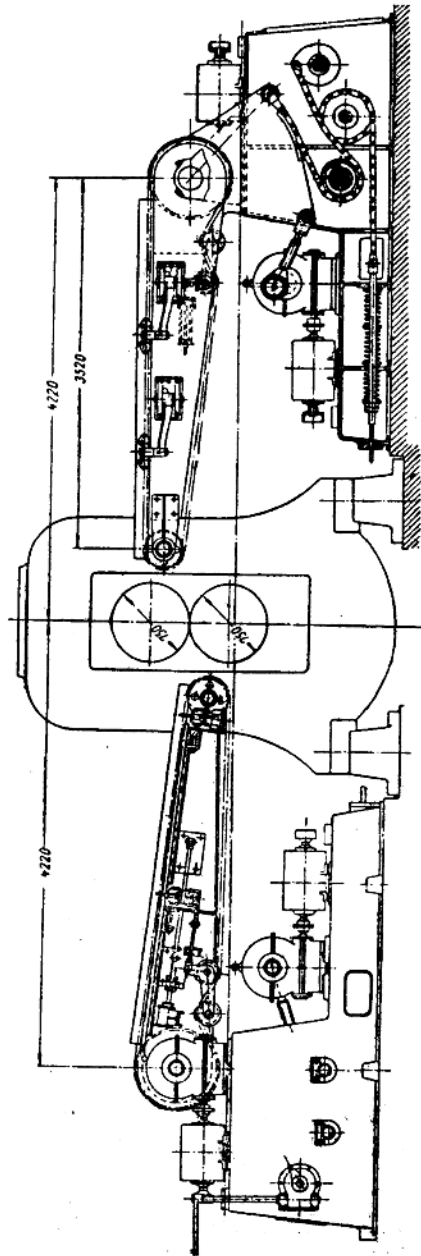


圖1 薄板軋机的自动送板台

① 苏联「战后第一个」初軋机（見机械制造百科全书第八卷）

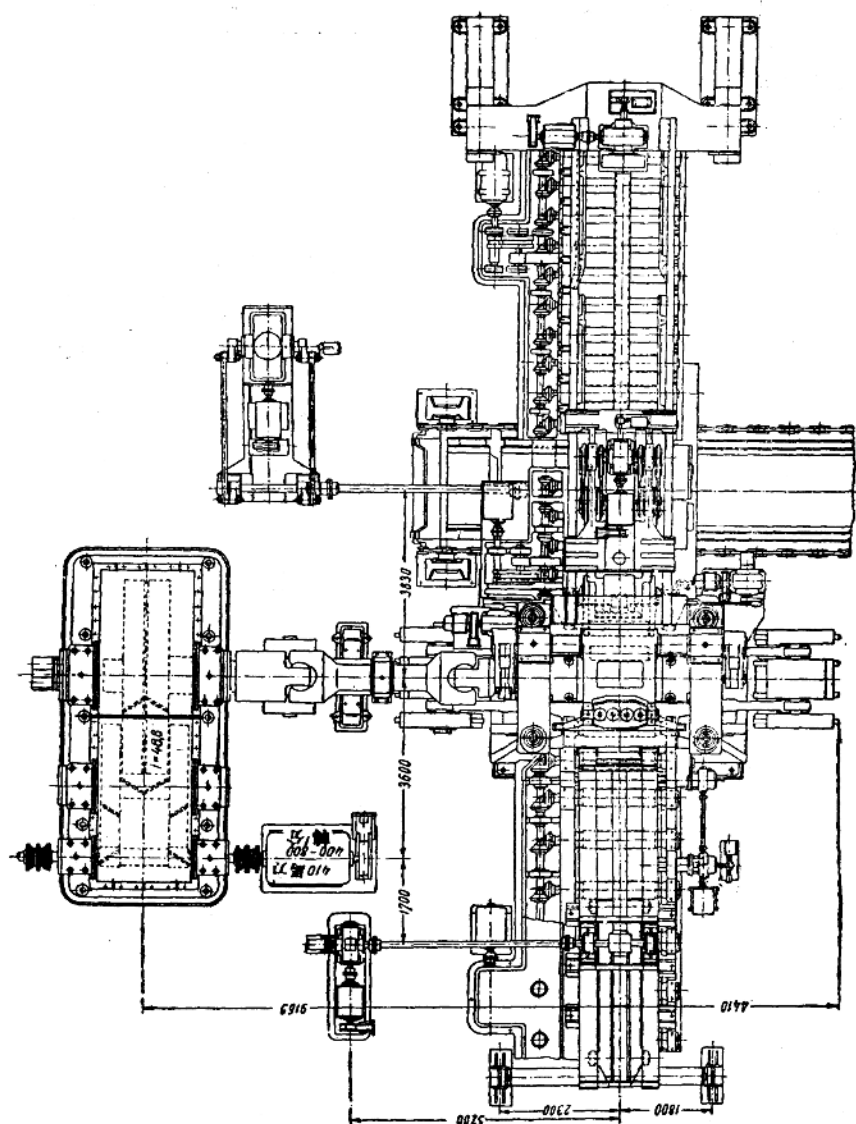


圖 2 苏联战后第一架 1000 初軋机的剪切机組

剪切机刀架在該断面的上端位置的停止也是自动的。

ЛК6ММ 型具有滾子定心器的穿孔机的自动化后床可作为 整套 自动化的第二个例子。

整套机械化的高级阶段是輔助机械中用来精整軋件的自动加工綫。例如在圖 3 表示的冷軋鋼板的剪切綫，它由展卷机，送料棍子，帶有切边机的圓盤式剪切机、第二送料棍、矯正机、飛剪和鋼板堆疊机所組成。这样的机組在綫材生產中也有应用。

在以前所講的鋼板連續式電解鍍錫機列和圖4所表示的連續退火自動機列也是屬於這種類型的機組。

4. 改善機械質量並減輕其重量，這個方向和解決一系列專門的問題有聯繫。

1) 精確地求出作用在機器上的力，這件事本身要求創設和確定求金屬塑性加工時變形單位壓力 ($Y, \Pi, T.$) 的方法 (軋制、切削、矯正等) 和求撞擊載荷的方法；

2) 發展和应用新的計算方法 (疲勞計算、剛度計算、接觸強度和動載荷等計算)；

3) 從強度，不缺乏性、耐磨性等觀點出發來改善材料性質，改善方法可以用新的合金也可以用熱處理和機械加工的方法；

4) 減輕金屬結構的重量、這和掌握生產薄壁的和空心的軋件有關；

5) 改善機械製造過程的方法 (減少在鑄、鍛、切削加工中余量的損耗) 這和成品、設備和加工過程的標準化有關並和修正余量的標準，改善機械製造生產過程有關；

6) 改善機械的構造

最後一種情況可以用很多專門的傳動裝置及電力控制線路的連鎖來簡化機器的機械部份。

例如用來調節鋼板長度的複雜的差動減速箱 (看下面飛剪機這一章) 可以利用擴大機和信號器簡單的電力控制線路來逐漸代替掉。

另一例子是：把有离合器的飛輪驅動裝置用起動運轉方式的驅動來代替。

還可舉出一些例子：如用電磁聯軸結代替凸輪式的：用電力保護裝置

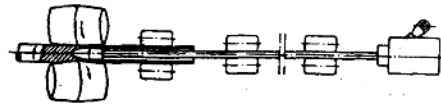


圖3 ПКСММ式具有滾子定心器的穿孔機自動化后床圖

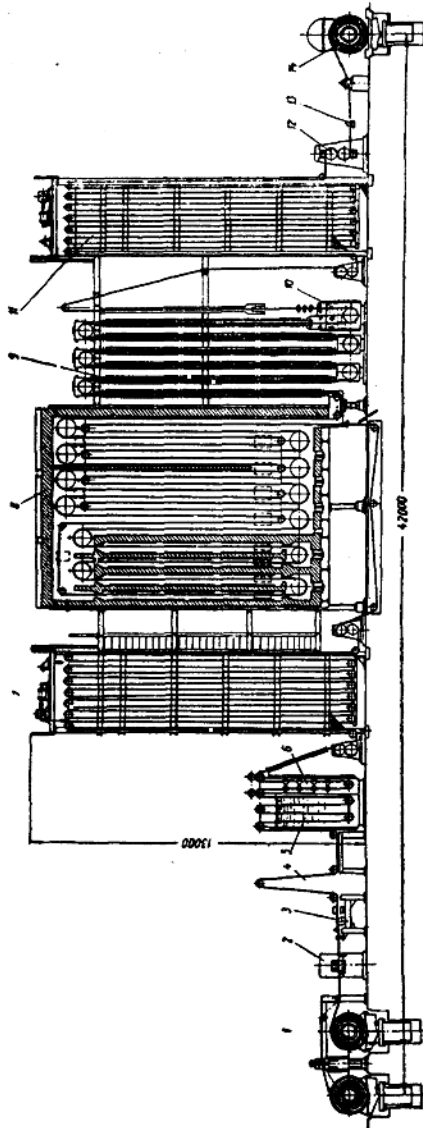


圖4 速度2.5公尺/秒的連續式鋼板退火機列：1.展卷機，2.剪切機，3.焊接機，4.環套成形器，5.清洗殘油，6.退火室，7.機械小室，8.冷卻室，9.酸洗和清洗，10.壓力滾子，11.剪切機，12.卷取機。

代替机械的（保护另件）；用有阻塞特性的电动机代替复杂的摩擦装置和液压装置；在压下装置中用电力同步来代替机械同步；用多马达驱动（例如在辊道上）代替一个马达，这使得可以在驱动中免去数量庞大的轴及齿轮。

在广泛地交流各种机械制造厂设计部门和学院间的经验的基础上也可以使机械构造得以改善、大家知道、各个机械制造厂常用各种不同的方法和公式来计算和设计机器，并且所得的机械的重量和质量也各不相同。

交流经验和总结先进经验在这方面是非常重要的。

这就是设计轧钢车间辅助设备新方向的简单情况，（一般机械设备也如此）；实际上它是轧钢机械制造业中原则上完全新颖的部份。

第一章 輔助設備電力驅動計算的基本原則

1. 輔助設備驅動的運轉方式

可以分成四種運轉方式 (режим работы)：起動運轉方式，連續運轉方式，短時運轉方式和阻塞工作方式。

起動運轉方式。

這種方式是電動機起動時間甚短，交替着有短時間的間歇，在某些情況下開動次數達 1500 次/小時或更多。起動方式有三種載荷型式：

1) 機構的靜力矩 $M_{\sigma\tau}$ 和飛輪力矩 GD^2 都是變的，可以用主軸轉動的角度 (α) 的函數來表示

$$M_{\sigma\tau} = \varphi_1(\alpha) \quad GD^2 = \varphi_2(\alpha)$$

這種載荷可以在曲柄連桿機構並具有較大的往復移動速度及較大的移動質量時見到，屬於這一類的有翻鋼機，擺動升降台，冷床齒條，推下機，快速剪切機，折疊機等機械。

2) 靜力矩是變數而飛輪力矩可看成是常數。

$$M_{\sigma\tau} = \varphi(\alpha) \quad GD^2 \cong \text{常數}$$

這種載荷在慢速曲柄機構中可遇到，屬於這類的有：慢速剪切機，圓筒式飛剪機，壓力機，移動鋸等機械

3) 靜力矩和飛輪力矩都是常數常數

$$M_{\sigma\tau} \cong \text{常數} \quad GD = \text{常數}$$

這種載荷在用螺絲，齒條，鏈等裝置來使旋轉運動變成往復運動的機構中最常遇到，屬於這一類的有：軋輥校正機構，軋道，推鋼機，堆下機，拉鋼機，螺絲式升降台，鋼錠輸送車等等。

用於起動方式的有可逆式和不可逆式的電動機，后者常裝在運輸裝置和在工作循環時完成整轉的曲柄連桿機構中（周轉運轉方式），至於可逆式電動機，則它裝在所有其他情形，並在以“擺動”運轉方式工作的曲柄連桿機構（即往復轉的）中用之。

對於起初方式主要應用專門的“起重機——冶金廠”用三相異步電動機，也有用串激和復激式“起重機——冶金廠”用直流電動機。

電動機要很快停住時用短程電磁塊式制動器，同時在需要完全停住時加上動力制動，在不需要完全停住或是逆轉時則用反電流制動。

這二個制動方法在很多新式設備上同時使用互相補償優點，當需要可逆時用反電流綫路，在要完全停住時用動力制動。

在某些情況下工作情況特別繁重的輔助機器的驅動（如剪切機，壓下裝置等）用具有並激機的李翁納 (леонард) 線路圖，最近幾年來用自動機代替了接觸控制器，（例如，擴大機控制）

連續運轉方式。

連續運轉方式是电动机長期地工作（沒有停頓和可逆），連續方式有二種載荷：

1) 靜力矩實際上在整個工作週期中是不變的，电动机速度也不變。

這種載荷在起重機，矯正機，圓盤式剪切機，冷床，卷取機，拉鋼機，斗子提升機，剝皮機床等機構上可見到：

2) 靜力矩有週期性的改變，或者由工作循環和空閒交替組成，例如在偏心式剪切機，鋸，飛剪機，冷床機構等；或者把工作機構接上或脫開一直在工作着的电动机，例如：在鋼板剪切機，壓力機，卷取機，折疊機，拉心棒機，回送輥子等機構中离合器只在必須完成某個動作時才合上。

從機構（不是电动机）工作的觀點看我們這裡得到的是起動方式。

假如比較一下起動方式和連續方式（用离合器），則前者有很多優點，因為雖然电动机馬力較大，但在第一種情形下生產過程自動化的可能性較大，並大大簡化和減輕驅動的構造。

在靜載荷變動較大的連續運轉方式下工作的电动机可採用飛輪。連續方式或用三相異步电动机，或者用“封閉”式並激电机（КПД型或ПН型）在需要調節轉速情況下一定要用並激电动机，其調節範圍為1:2到1:4（用減弱电动机激磁達到這一點）；調節比高於1:4則：在基本轉速 $N_{0.0n}$ 前改變發電机电壓來調節，而高於 $N_{0.0n}$ 則用減弱电动机激磁來調節，在新裝置中某些电动机上高於 $N_{0.0n}$ 的調節仍用加高電壓，這樣它就要超出額定電壓（例如狄那莫（Динамо）廠出品的КПД型220电动机允許提高電壓一倍）。

短時運轉方式

這種運轉方式很少遇到，它是指电动机很少開動而且工作時間不長的運轉方式，例如在連續軋機的軋輥校正裝置，移動擋板的機構，換輥機構等。

阻塞工作方式

“阻塞”或“力矩”工作方式是指，由於电动机的專門特性在機構完全停止的時候（當“傾翻”時）可不關斷電路，而這時產生最大力矩，這種力矩並不相應於無窮大的電流，而只是額定電流的2—2.5倍。

“力矩”电动机用在初軋機的推床，（這對矯正彎曲的軋件時是必要的），用於夾緊裝置（在這種裝置中當电动机完全停止後电动机才脫開），並用於拉緊裝置。為了這目的在蘇聯或用有擴大機操縱的直流电动机，或用一般的異步电动机，其特性曲線因在電樞線路中附加了電阻而發生改變。

2. 驅動的基本綜合運動方程式

驅動的基本運動微分方程式形式為^①

$$M_{\text{анн}} = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2 dJ}{2d\varphi} + v^2 \left(\frac{1}{z} - \frac{u}{v} \right) \frac{dm}{d\varphi} \dots\dots\dots (1)$$

式中 J 是轉動物體的慣性力矩；

$\frac{d\omega}{dt}$ 是角加速度；

①關於這問題請看依洛什尼柯夫在“電力工業通訊”雜誌上的文章（1938年12期），也可看機械製造百科全書第八卷

ω 是角速度;

φ 是主軸轉动的角度, (度)

u 是微質点在和主要質量相連前的速度;

v 是質量有变动的零件的运动速度;

$\frac{dm}{d\varphi}$ 是机械零件質量的改变, (机械零件随主軸轉动的角度而改变自己質量)

$M_{\text{主}}$ 是驱动機構主軸的动力矩, 很明顯这时电动机的总力矩为

$$M_{\text{主}} = M_{\text{静}} + M_{\text{动}}$$

$M_{\text{静}}$ 是機構的靜力矩

我們来看一下公式 (1) 的右半部

当用 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ 1/秒; $J = \frac{GD^2}{4g}$ 公斤公尺秒²; $\varphi = \frac{2\pi}{360} \varphi^0$ 代入則得

$$M_{\text{主}} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} + \frac{n^2}{125} \frac{dGD^2}{d\varphi} + v^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{u}{v} \right) \frac{dm}{d\varphi} \dots\dots\dots (2)$$

第一項 ($M_{\text{主1}}$) 考慮主要飛輪質量 GD^2 轉速的改变

第二項 ($M_{\text{主2}}$) 是考慮迴轉力矩的改变 (例如在曲柄驅動中)

第三項 ($M_{\text{主3}}$) 考慮轉动質量的改变 (例如在滾筒上卷取鋼卷時)。

3. 起运轉方式的电力驅動計算的基本原則

和軋机主电动机一样, 輔助設備电动机要進行超載計算並檢驗發熱, 此外, 起运轉方式的电动机还要以“時間”來計算, 即从保証机器在一个工作循环中所須時間的觀點來檢驗, 使滿足於一定的生產率。下面用例子來說得更清楚一些。

假如为了保証不可逆二重式鉄皮軋机的正常工作 (圖 1) 要求擺动升降台在每小时动 1500 次, 每次移动消耗約 2.5 秒, 假如我們这时把抬起和下降的時間空隙算为 1 秒, 則每次移动应消耗約 1.5 秒, 这样在 1.5 秒中电动机应完成起运和制动 (到完全停止) 升降機構, (他甚至可能在起运时还没有达到全速就制动了), 因为电动机轉速在一般情况下和其力矩有关系, 而电动机力矩, 如上所述, 是随轉动角而变的变数, 所以用“時間”來檢驗电动机是有一定困难的。

起运方式电力驅動計算的基本步驟如下:

- 1) 求出機構的推算靜力矩和飛輪力矩;
- 2) 預先選擇电动机式样, 減速器減速比和电动机功率;
- 3) 積分运动方程式和檢驗机器工作的時間;
- 4) 檢驗电动机的超載和發熱;
- 5) 修正事先選擇的驱动的特性。

其中某些条件在連續方式計算时也要進行, 如选減速比, 超載和發熱核驗等。但为了講授方便, 最好还是另外單独地講連續方式的計算方法。

4. 确定推算靜力矩和飛輪力矩

推算到某一軸上 (“主軸”) 的靜力矩要以該軸轉角 α 为函数來表示:

$$M_{\sigma\tau} = \varphi(\alpha)$$

为此必須首先知道作用在机械工作零件上的力（例如作用在剪切机刀架上的刀——这时是变动载荷，或作用在翻鋼机鉤子上的鋼錠重量——这时是不变的力等等）。

在每个情况下可以用各种不同的理論或实验方法来求得，例如在讲义第一部中曾看过确定作用在机机軋輥上力的这二种方法，在以下的章節中將看一下在各种不同輔助設備中如何求力。

在計算电力驱动时我們可以研究一下二种一般的情形：

1) 不变的力， 2) 随机構行程 m 变动的力。

即 1) $P = \text{常数}$ 2) $P = \varphi(m)$

推算的靜力矩 $M_{\sigma\tau}$ 可以用公式求：

在用齒輪、齒条、螺絲、皮帶等傳动时：

$$M_{\sigma\tau} = M_{\kappa} \frac{w_{\kappa}}{w} \dots\dots\dots (3)$$

用曲柄机构轉动时。

$$M_{\sigma\tau} = P \frac{v}{w} \dots\dots\dots (4)$$

式中 M_{κ} 和 w_{κ} ——某个中間軸的力矩和角速度

w ——主軸角速度，（即我們推算到它上面去的軸）。

p 和 v ——作用在工作零件上的力和其線速度相应的投影

在公式 (3) 中 w_{κ} ： w 是常数

而在公式 (4) 中 v ： w 的比例是随着主軸轉角 α 而变的。

用 $\frac{w_{\kappa}}{w} = \xi$ （“速比”）； $\frac{v}{w} = \rho$ （“推算半徑”）來表示公式 (3) 和 (4)：

$$\text{可以改寫成 } M_{\sigma\tau} = M_{\kappa} \xi \dots\dots\dots (5)$$

$$M_{\sigma\tau} = p \rho \dots\dots\dots (6)$$

因为 ρ 是变数，所以公式 (6) 的靜力矩是和主軸的轉角 α 有关。

如果当 $p = \varphi(m)$ 。可以用圖解分析法來求 $M_{\sigma\tau} = \varphi(\alpha)$ 圖，这方法如下：

知道函数 $p = \varphi(m)$ 后，画出相当的圖形，然后必須画 $m = \varphi(\alpha)$ 关系圖，並消去这二关系式中的行程，得第三圖形—— $p = \varphi(\alpha)$ 。

此外，必須再画“推算半徑” ρ 对 α 的关系即 $\rho = \varphi(\alpha)$ 这时用乘 p 和 ρ 的方法可以找出要求的关系 $M_{\sigma\tau} = \varphi(\alpha)$

如果 $P = \text{常数}$ ，这問題就簡化了。

飛輪力矩的推算可以用下式

$$GD^2 = 4G\rho^2 + GD_{\kappa}^2 \xi^2 \dots\dots\dots (7)$$

式中， GD^2 ——某个桿推算到主軸上的飛輪力矩；

GD_{κ}^2 ——桿对其重心的飛輪力矩；

G ——是機構往復運動部份的重量。

公式(7)左邊第一項是往復運動部份，第二項是轉動件部份。

當用曲柄機構來傳動時(由於 ρ 是變的) GD^2 是隨“主”軸轉角 α 變的變數，即：

$$GD^2 = \varphi(\alpha)$$

5. 預先選擇電動機型式和減速箱傳速比

選電動機的式樣^①，其額定轉速，及其他數據時，首先要比較數據的基礎上，根據電力工業的產品目錄來選，這時還要考慮具有的電流種類，某些選擇電動機的原則在上面已談過了，某些蘇聯製造的電動機的技術數據列在表1、2上。

對於連續方式來說傳動比的選擇不是很困難的， i 這時可用公式確定：

$$i = \frac{\pi D n_n}{60 v} \dots \dots \dots (8)$$

$$i = \frac{z \cdot l' \cdot n_n}{60 v_n} \dots \dots \dots (9)$$

式中 D ——機器工作零件的直徑(軋輥、剪切機的圓盤、輥子等)；

z ——鏈子機構中鏈輪的齒數或螺絲機構中螺紋的道數；

l' ——鏈子或螺紋節距；

n_n ——所選電動機的額定(根據手冊)轉速(轉/分)。

當設計者已知每分鐘機械應完成的動作的次數時(例如剪切機剪切次數)傳速比可以用下式決定^②：

$$i = \frac{n_n^1}{n_1} \dots \dots \dots (10)$$

對於以起動方式工作，但工作時間較長的機器而言，(如軋道、壓上裝置、拉鋼機、推鋼機) i 根據傳動形式也用公式(8)或(9)計算。

但對於以起動方式工作而工作時間較短的機器，一般並不給出速度，而是給出工作零件的行程(往復運動時)或轉角(轉動時)；正確地選擇傳動比從保證所規定的生產率觀點來看，是有很大的意義的。

實際上，過高的 i 值會使機構很慢的工作，但由於電動機軸上力矩較小其起動將快(因為 $n = \varphi_0(M)$)，當 i 值低時，就得到相反的情形，即起動較慢但機構快速運動。烏孟斯基(Уманский)解決了這種情況中最適宜的轉動比的問題。(Umansky·L·A. "Steel Mill Auxiliary Drives. General Electric Review" 1922, 611和699頁)

機器軸在某段時間內完成的轉數(m^1)可以用公式找出

$$\int_0^{m^1} 2 \pi M \dot{a} m = \frac{GD^2}{4 \cdot g \cdot 2} \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2$$

式中 M ——機械軸克服起動時的慣性力所需的力矩；

GD^2 ——機械所有運動的零件推算到機器軸上去的飛輪力矩；

① 關於這問題可看波夫(Понов. В. К)在機械製造百科全書第八卷“機器的電力驅動”這篇文章。

② 看依洛什尼柯夫在機械製造百科全書第八卷上的文章