

中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本

有色冶金工廠的電氣設備

上 冊

A. A. К У Л И К О В 著

中央人民政府重工業部工業教育司譯校



高等教育出版社

中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本



有色冶金工廠的電氣設備

上 冊

A. A. 庫利科夫 著

中央人民政府重工業部工業教育司譯校

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的庫利科夫(А. А. Куликов)所著“有色冶金工廠的電氣設備”(Электрооборудование заводов цветной металлургии) 1951 年版譯出。原書經蘇聯有色冶金工業部教育司審定為冶金中等技術學校教科書。亦可供有關專業的生產技術員提高技術的參考。

本書分兩冊出版。上冊內容包括電力驅動原理、控制器械和自動開關原理。下冊內容為有色冶金企業的電氣設備。

有色冶金工廠的電氣設備

上 冊

書號9(課8)

庫 利 科 夫 著

中央人民政府重工業部工業教育司譯校

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

京 華 印 書 局 印 刷

北京南新華街甲三七號

開本850×1092 1/28 印張9 6/7 字數217,000

一九五四年五月北京第一版 印數1—3,000

一九五四年五月北京第一次印刷 定價¥15,500

原 序

在幾個斯大林五年計劃的年代裏，蘇聯建立了許多巨大的有色冶金企業：鋁、鋅、鉛、鍊銅工廠和其他有色金屬及其合金的製造和加工工廠。

這些企業都裝備了最複雜的電氣化機械和機組。

在戰後的年代裏，擺在有色冶金工業面前的任務是：採用新的技術、使繁重工作過程自動化和進一步機械化，並在擴展原有企業和建立新企業的基礎上，大大地增加有色金屬產品以滿足國民經濟的需要。這便需要使有色冶金工業的電氣設備大大發展，並需要受過良好培養和技術熟練的人才來管理。

本書企圖創作一部比較有系統的課本，以便適用於培養有色冶金工業的電氣技術員。它是按照有色冶金工業部教育司規定的教學大綱寫成的。

本書的目的是要給學生以使用有色冶金工廠各種電氣設備所需的理論上和實際上的知識。

課本主要內容包括電力驅動原理、控制器械、對有色冶金企業中主要設備之電力驅動的要求、電氣設備的選擇、電力驅動裝置的手動及自動控制線路的選擇。尤其注意到交流電動機的機械性質、電力驅動的電氣自動設備原理、起重運輸裝置和電爐的電氣設備。全部課本都是根據我國工廠出產的電氣設備而寫的。

爲要更好地領會所研究的材料，書中列入許多計算例題和要求獨立解答的習題。除了教學大綱的材料外，書中又列入必需數量的產品目錄數據，和計算例子配合起來，俾能幫助學生熟習設計上的技術計算。

、在課本的敘述上，作者估計學生已經學過下列課程：“電機學”、“變電站和電力網”和“電氣測量”。這些課程的學習，根據教學計劃是在“電氣設備”之前的。爲了不增加本書的篇幅，上列課程包括的材料在本書裏便不再討論。

作者認爲也可以不研究軋機的電氣設備、調度和信號，因爲它們是沒有列入教學大綱的，並且研究它們要大大增加書的篇幅。

最後，作者應當感謝 E. B. 尼圖索夫教授和 И. С. 馬什柯維奇工程師，他們在審查和校對時給了許多寶貴的指示。

作者

中央人民政府高等教育部推薦 中等技術學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國中等技術學校調整後的一項重大工作。在我國中等技術學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯繫實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地翻譯蘇聯中等技術學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作為現階段我國中等技術學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

上 册 目 錄

原序

第一篇 電力驅動的理論基礎

第一章 電力驅動系統及其一般特性.....	1
§ 1. 基本概念和定義.....	1
§ 2. 總傳動式電力驅動和分組式電力驅動.....	1
§ 3. 單電動機式電力驅動.....	3
§ 4. 多電動機式電力驅動.....	6
§ 5. 單電動機式電力驅動和分組式電力驅動的比較.....	7
第二章 電力驅動的動力學.....	9
§ 6. 靜抵抗力矩和動抵抗力矩 電動機——工作機系統的運動方程式.....	9
§ 7. 靜抵抗力矩和動抵抗力矩換到電動機軸上的推算.....	13
§ 8. 電動機——工作機系統的開動和停止所需時間.....	19
§ 9. 電動機的負載圖.....	23
第三章 電動機的機械特性.....	26
§ 10. 電動機的分類.....	26
§ 11. 說明電動機特性的主要量.....	31
§ 12. 分激電動機的機械性質.....	33
§ 13. 串激電動機的機械性質.....	52
§ 14. 複激電動機的機械性質.....	67
§ 15. 直流電動機的特殊控制方法.....	68
§ 16. 三相感應電動機的機械性質.....	76
§ 17. 同步電動機的機械性質.....	111
§ 18. 電動機的過載性質.....	121

第四章 電動機的熱狀態和根據發熱選擇電動機的容量 124

- § 19. 電動機的發熱及其原因 絕緣的分類 124
- § 20. 電動機的發熱和冷卻過程及其額定容量 127
- § 21. 連續固定負載及連續變動負載電動機的選擇及其容量的決定 133
- § 22. 短時運轉狀態的電動機的選擇及其容量的決定 139
- § 23. 間歇運轉狀態的電動機的選擇及其容量的決定 141

第二篇 電力驅動的控制器械和 電氣自動開關的原理

第五章 有色冶金企業用的控制器械 158

- § 24. 器械的用途和分類 158
- § 25. 手動控制器械 158
- § 26. 直流及交流接觸器 172
- § 27. 繼電器概述 177
- § 28. 控制繼電器 177
- § 29. 保護器械 191
- § 30. 操縱器械 202
- § 31. 成套裝置 208

第六章 電力驅動裝置的自動化控制原理 224

- § 32. 電力驅動裝置自動化控制的意義 224
- § 33. 構成電動機自動控制裝置的元件和作圖規則 224
- § 34. 電力驅動裝置自動控制的方法 229
- § 35. 用電流作用控制 230
- § 36. 用電動勢作用控制 233
- § 37. 用頻率作用控制 235
- § 38. 用時間作用控制 238
- § 39. 電動機自動制動原理 243
- § 40. 電力驅動裝置的控制台 248
- § 41. 電機自動裝置的元件 252
- § 42. 電力驅動的同步角傳動和同步旋轉的一般概念 255

有色冶金工廠的電氣設備

第一篇 電力驅動的理論基礎

第一章 電力驅動系統及其一般特性

§ 1. 基本概念和定義

電動機多半用來驅動完成某種工作用的生產機器。這些生產機器通常叫做工作機。

在機器裝置中，把運動從電動機傳到工作機的中間傳動機構（軸、皮帶輪、皮帶、齒輪等）叫做機械傳動裝置。

原動機及其控制系統和傳動裝置合成驅動裝置。

在生產機組或機器設備中，由電動機、控制電動機的器械、電動機到工作機間的機械傳動裝置三者所組成的部分，叫做電力驅動裝置。

電力驅動的生產機組可稱為電氣化生產機組，如果採用自動裝置，則可稱為自動化生產機組。

按一台電動機帶動工作機的數目，或按一個生產機組中電動機的數目電力驅動分為：а) 總傳動式，б) 單電動機傳動式和 в) 多電動機傳動式。

§ 2. 總傳動式電力驅動和分組式電力驅動

當工廠所有機械由一巨大原動機驅動，並用鋼纜或皮帶把運動傳到各樓層或車間的主傳動軸上時，這種驅動叫做總傳動式。其略圖見

圖 1。

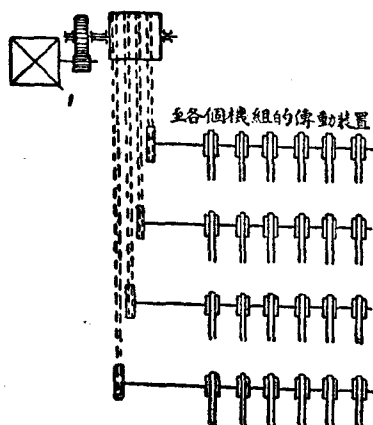


圖 1 總傳動式驅動略圖。

1—原動機。

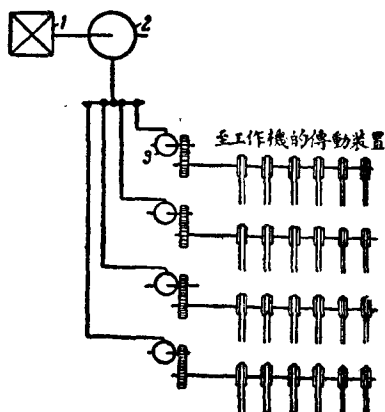


圖 2 分組式電力驅動略圖。

1—原動機；2—發電機；3—電動機。

在廣泛採用蒸汽機時，普遍應用總傳動式驅動；那時用幾個小型蒸汽機發出機械能來驅動單個機組是不經濟的。用總傳動式驅動時，機械能的生產集中在動力車間內，由此用鋼纜和皮帶傳動裝置把能量分配到各樓層和車間去。在各樓層通常有主傳動軸，由此用皮帶把運動傳到分組傳動軸和各個機器上。

總傳動式驅動現在已不採用。

分組式電力驅動 當一組工作機由一台電動機驅動時，這種電力驅動叫做分組式。其略圖見圖 2。

在分組式電力驅動中，除在各工作機之間用機械傳動裝置分配機械能外，還在各電動機間用導線分配電能。因此分組式電力驅動較總傳動式完善。可是在分組式電力驅動中，電動機所有容量還沒有盡量利用。

分組式電力驅動現在實際上也不採用。

§ 3. 單電動機式電力驅動

每台工作機由自己的電動機帶動的驅動系統叫單電動機式。

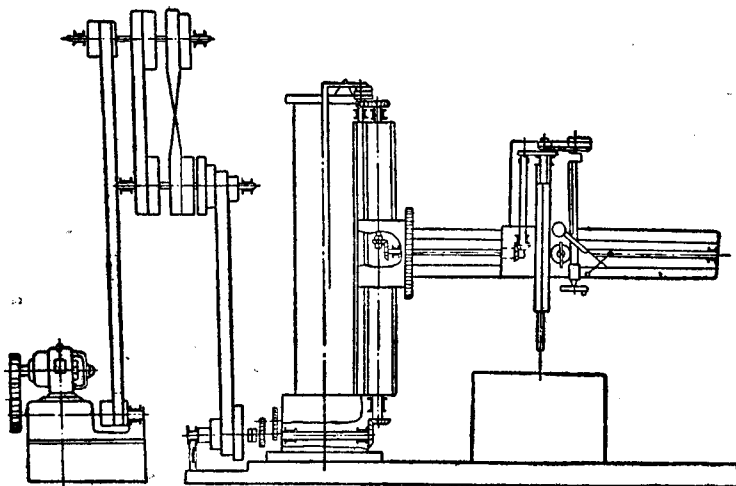


圖 3 具有中間軸的鑽床中簡單的單電動機式電力驅動。

單電動機式電力驅動現在是最完善的驅動方法之一，因為可以充分利用電動機的調整性能、構造簡單、效率高、整置緊密，能量自電動機到工作機間的傳送簡單。

最初採用的單電動機式電力驅動是簡單的，負總任務的電動機離開工作機單獨裝置或附裝其上而不改變工作機的任何構造。

旋臂鑽床最初的驅動裝置(圖 3)可作為簡單的單電動機式電力驅動的例子。此處主傳動軸及其傳動裝置都取消了，可是鑽床和中間軸，沒有任何變更。鑽床的控制是機械控制。它的開動或停止是靠皮帶從空轉輪移到工作輪或反之來實現，而方向變換則用開口和交叉皮帶來進行。

即使這種簡單的單電動機式驅動也因減少了傳動數目而降低了能

量的損耗，同時還使傳動裝置本身簡化。

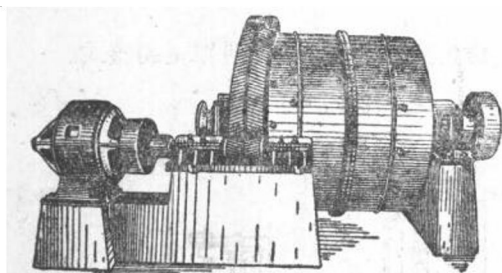


圖 4 球磨機簡單的單電動機式電力驅動。

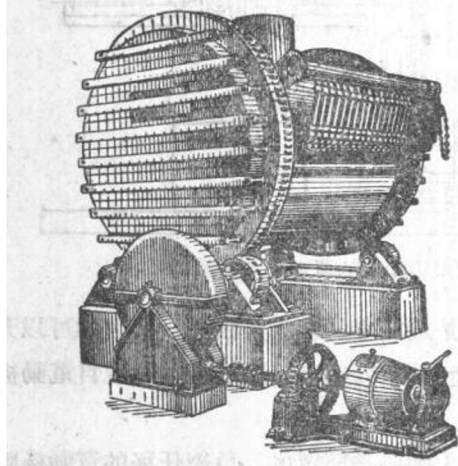


圖 5 單電動機式電力驅動的臥式轉爐。

圖 4 表示球磨機用人字齒輪傳動的單電動機式電力驅動，而圖 5 表示用齒輪和減速器與製粗銅的轉爐相接的單電動機式電力驅動。

簡單的單電動機式電力驅動的繼續發展，導致電動機和工作機在構造上的結合，亦即造成簡單的個別驅動，這時儘管電動機和工作機緊湊在一起，却還保持彼此間的機械傳動關係。

圖 6 表示帶有簡單的個別電力驅動的立式銑床，其中設有附裝在銑床上的帶法蘭盤式電動機。這時電動機和銑床在構造上都要互相配合。

簡單的個別電力驅動裝置的形式極為繁雜，並逐漸發展和趨於完善。電動機和工作機之間的關係愈來愈密切。

單電動機式電力驅動繼續發展的最完善地步是特殊的個別電力驅動，其中電動機與工作機間完全沒有機械傳動，而電動機的個別部分（軸、轉子）和工作機結合起來，並在個別情形下承擔工作部分的作用。

屬於這種情形的首先為電鑽和許多其他電動工具。在電鑽裏，夾

在卡盤中的鑽頭便是電動機軸的直接延長。

葉片直接固定在電動機軸上的軸向通風機可作為這種電機的例子。

在電氣研磨中(圖7)採用感應電動機,其轉子在外並套有砂輪1。定子2在這個電動機中是處於轉子內部的空洞內。

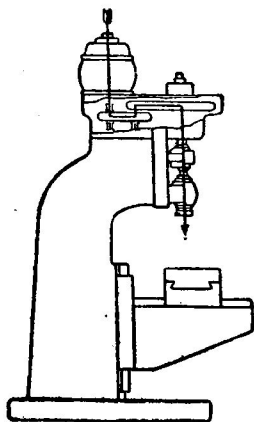


圖6 立式銑床簡單的個別電力驅動。

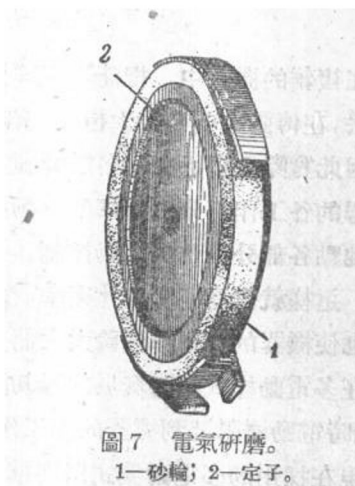


圖7 電氣研磨。
1—砂輪；2—定子。

在用以移動被壓延金屬的軋道中採用的軋子電動機(圖8),其移動金屬的軋子本身就是感應電動機的轉子(外轉子型)。這電動機的定子繞組分佈在裏面。

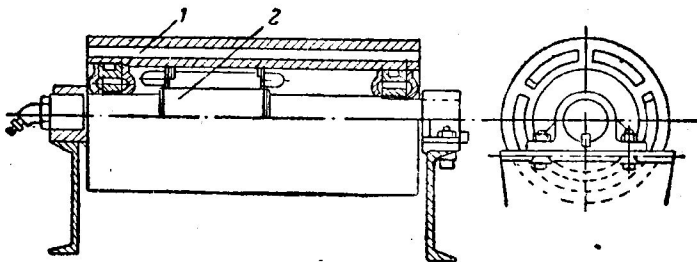


圖8 軋子電動機。
1—外轉子；2—定子。

可見在這種電力驅動中，電動機和工作機結合為一個整體。機械傳動完全沒有。結果整個生產機組的構造得以減輕和簡化，效率提高，運轉損耗降低，並給自動化控制的應用打開極其廣闊的道路，這又使工作機的生產率大大提高，並使產品質量有所改進。

§ 4. 多電動機式電力驅動

在複雜的機器中，把能量用機械方法從一部電動機分配到各工作部分去，在傳動中要有很大損失，有時竟完全不可能。

因此實際上廣泛採用多電動機式電力驅動，這方法是把複雜機床或機器的各工作部分由單獨的電動機驅動。在這種裝置中，容易實現不同地點各部分工作的自動控制，並把工人從沉重的輔助工序中解放出來，這樣就提高了勞動生產率。驅動工作機各部分的個別電力驅動裝置也使機器的運動學理論大大簡化。

在多電動機式驅動發展的最初階段中，採用簡單的多電動機式驅動，此時電動機附裝到機器的各工作部分上而不改變機器的任何構造。

現在採用的多電動機式個別電力驅動，各電動機和機器各工作部分直接連結，在機器構造上引起很大的改變，從而簡化了機器的運動學。

橋式起重機可作為多電動機式驅動的例子，其中垂直運動機械有自己的電動機，而水平移動機械（行車和橋）也有自己的電動機。

軋機可作為多電動機式驅動的更明顯的例子，其中軋輥由自己的電動機驅動，而驅動輔助機械（壓下裝置、軋道等）也有自己的電動機。

現代大型金屬切削機床裝有的電動機數目，每台可達 37 部之多。

現代的大飛機上裝有 100 到 150 部電動機。

上述的一切，說明工作機的電氣化不僅給工作機本身的運動學和生產車間的結構、而且也給電動機的構造帶來了革命性的影響。除了應用一般用途的電動機外，還建造許多類別的特殊電動機：如起重、軋

製、冶金、帶法蘭盤的和帶接軸的電動機等等。工業實踐的前進道路是要繼續提高工作機的容量，如軋機、礦井捲揚機、水泵和送風機等，其容量可達數千瓩；而有時對不同的機械則應用小容量電動機（容量自 100 到 1 瓦）和微容量電動機（容量低於 1 瓦）。

§ 5. 單電動機式電力驅動和分組式電力驅動的比較

單電動機式電力驅動比分組式電力驅動有下列優點：

- 1) 它使工作機可以在最有利的速度下工作，這便能在優良的產品質量下提高工作機的生產率；
- 2) 易於調整轉數，這樣又可能提高生產率；
- 3) 沒有傳動損失；
- 4) 沒有空轉損失。

用單電動機式驅動時，只當生產需要時才接入電動機；而當分組式驅動時，即使只有一部機器在工作，傳動裝置也必須運轉，這便引起很大的傳動空轉損失並降低電動機的效率。

5) 此外，單電動機式電力驅動由於取消了笨重的傳動裝置，所佔生產面積較小；

6) 單電動機式驅動因電動機事故而致的停歇要減少，因為只需停止一部機器而不像分組式要停頓整組或整個車間；

7) 由於沒有傳動軸、軸承和皮帶，因而改善了工作的衛生條件；

8) 在單電動機式電力驅動時，對於電動機合理使用的檢查可以減輕。

單電動機式和多電動機式電力驅動的運用給控制電力驅動的自動化開闢了廣闊的前途，這除了提高生產率和改善產品質量外，還大大改善了勞動條件。

單電動機式電力驅動的缺點在於比總傳動式和分組式增大了電動機的設備容量。可是計算證明了企業電氣機械設備的全部價值在兩種

情形下大致是相等的。

因此,在現代實踐中,單電動機式和多電動機式自動化電力驅動是驅動工作機的最完善和最合理的方式。

第二章 電力驅動的動力學

§ 6. 靜抵抗力矩和動抵抗力矩、電動機—— 工作機系統的運動方程式

電動機藉自線路輸入的電能來驅動工作機。這電能被電動機變為機械能。在變換的過程中，一部分能量在電動機內損失而使電動機發熱，而另一極大部分在電動機軸上發生轉矩，這轉矩克服工作機的各种抵抗力而把它驅動。機器的運動抵抗力愈大，電動機軸上所需克服它的轉矩也愈大，電動機取自線路的功率也就愈大。

電動機軸上的轉矩 M 千克-米、電動機在軸上發出的機械功率 P 瓩和轉速 n 轉/分三者之間有以下的關係。

電動機軸上的機械功率等於轉矩 M 和角速度 ω $\frac{1}{\text{秒}}$ 的乘積

$$P = M\omega \quad \text{千克-米/秒。} \quad (1)$$

因

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ 秒,}$$

故

$$P = \frac{2\pi}{60} \times Mn \quad \text{千克-米/秒。}$$

已知 $102 \text{ 千克-米/秒} = 1 \text{ 瓩}$ ，得出

$$P = \frac{Mn}{975} \text{ 瓩。} \quad (1a)$$

工作機的抵抗力在機器轉動時，產生靜的和動的抵抗運動的力矩。

工作機軸上的靜抵抗力矩 $M'_{\text{ст}}$ 是由各種靜力組成的，如重力、壓力、摩擦力、切削力等。力矩 $M'_{\text{ст}}$ 在工作機運動的整段時間內都作用着，並在電動機軸上產生負載力矩。靜抵抗力矩可以分為有益的和有害的。有益的力矩相當於機器所作的有用的功。捲揚機中貨物的重量