



中等專業學校教學用書

中级矿山电工学

苏联 阿·波·莫斯卡列維赤著

煤炭工業出版社

中級 矿 山 电 工 学

苏联 阿·波·莫斯卡列維著

謝之熙譯

苏联煤炭工業部教育司审定作为采矿專業学校教材

苏联部長會議劳动后备总局教学方法处推荐
作为技术学校及采矿專業学校教材

煤 炭 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書介紹了电气傳动的基本理論、直流和交流電動机的構造和性能、
起動裝置和配電裝置的構造、作用原理及电气結綫系統。

書中并介紹了矿山电气照明設備、井下運輸的信、集、閉裝置及矿井
電話通訊設備等。

本書适用于作中等采礦專業學校的教材。

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

苏联 А. П. МОСКАЛЕВИЧ 著

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1954年列宁格勒第1版譯

476

中 級 矿 山 电 工 学

謝之熙譯

煤炭工業出版社出版(註址：北京東黃城根質工園內)

北京市書刊出版業登記證出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

开本85×116.8公分 $\frac{1}{32}$ *印張15 $\frac{1}{4}$ *插頁11*字數329,000

1957年1月北京第1版

1959年9月北京第3次印刷

統一書号：15035·281 印數：10,061—13,080册 定价：2.00 元

序 言

因为采矿工作的綜合机械化，扩大了矿井使用电力的范围，并使自动操縱及远距离操縱、电气閉鎖及远距离操縱机械获得了發展。

矿山机电工作人員应熟悉矿井的电气设备，会及时地防止并迅速地消除设备的故障，进行修理工作，保证傳动裝置不中断地并有效地进行工作。由于矿用电气设备的复杂性及多样性，而且电气设备还在日益發展中，所以要求矿山机电工作人員掌握有关矿井用电的丰富知識。

因此，在矿山电工学課程中对于矿井电气设备，特别是井下电气设备的各元件均詳細地作了闡述。

書中除主要材料外，尚列举了作課程設計及畢業設計时所必需的矿山电气设备的技术特性。

为了更好地說明書中所列举的材料，在許多章节中尚作出了例題。

作者認為書中一定还存在着很多的缺点，讀者如能指正，則不胜感激。

在編著此書时，斯科平斯基矿山中等技术学校的學員鮑格莫洛夫、包格丹諾夫、尼金以及試驗員波波夫和顧洛夫均予以莫大的帮助，謹致謝忱。

目 录

序 言

緒 論	9
-----	---

第一篇 矿山电气傳动的基本原理

第一章 电气傳动設計的主要方向	11
-----------------	----

第 1 节 电气傳动的發展簡史	11
-----------------	----

第 2 节 設計傳动裝置时的主要任务	12
--------------------	----

第 3 节 电气傳动的动力学的基本原理	12
---------------------	----

第 4 节 电气傳动的运动方程式	15
------------------	----

第 5 节 电气傳动裝置的功率及功	21
-------------------	----

第 6 节 电动机与工作机械間傳动比的选择	22
-----------------------	----

第二章 直流电动机	23
-----------	----

第 1 节 并激电动机的机械特性	23
------------------	----

第 2 节 并激电动机的操縱	26
----------------	----

第 3 节 并激电动机起勁变阻器电阻的計算	30
-----------------------	----

第 4 节 串激电动机的机械特性及性質	39
---------------------	----

第 5 节 串激电动机的操縱	42
----------------	----

第 6 节 串激电动机起勁变阻器电阻的計算	45
-----------------------	----

第 7 节 复激电动机	51
-------------	----

第 8 节 在煤炭工業中使用直流电动机的范围及直流电动机 的优缺点	52
--------------------------------------	----

第三章 交流电动机的机械特性	54
----------------	----

第 1 节 異步电动机的机械特性及性質	54
---------------------	----

第 2 节 繞綫式电动机的操縱	58
-----------------	----

第 3 节 異步电动机起勁变阻器电阻的計算	59
-----------------------	----

第 4 节 繞綫式电动机的优缺点及其使用范围	64
------------------------	----

第 5 节 鼠籠式电动机	65
--------------	----

第 6 节	鼠籠式電動機的操縱	65
第 7 节	鼠籠式電動機的优缺点及使用範圍	69
第 8 节	三相同步電動機	70
第四章	電動機容量的選擇	73
第 1 节	主要方向	73
第 2 节	絕緣的等級	73
第 3 节	電動機的發熱及冷卻過程	75
第 4 节	電動機的工作方式	80
第 5 节	根據容許發熱條件選擇電動機的容量	82
第五章	電動機的类型及構造	91
第 1 节	電動機與工作機械的連接方法	91
第 2 节	電動機四周環境影響的保護	92
第 3 节	電動機的冷卻方法	93
第 4 节	礦用電氣設備在構造上的特點	94
第 5 节	TAF 型防爆電動機	96
第 6 节	K 及 KO 型防爆電動機	96
第 7 节	MA 170 型電動機	99
第 8 节	MA 140、MA36 及 MAP 型防爆的鼠籠式電動機	101
第 9 节	MA 140 型防爆的繞線式電動機	104
第 10 节	AM 6 型異步電動機	105
第六章	電動機的安裝及運行	106
第 1 节	電動機的安裝	106
第 2 节	電動機的運行	109
第 3 节	電動機的干燥	110
第 4 节	電動機運行的主要保安規程	110

第二篇 礦用低壓裝置

第一章	低壓裝置的主要元件	112
第 1 节	裝置的分類及用途	112
第 2 节	過電流保護	112

第 3 节 低电压的保护	117
第 4 节 操縱裝置的区分	119
第 5 节 开关裝置触点的構造及發熱	119
第 6 节 熄弧的方法	121
第二章 手动操縱裝置	123
第 1 节 刀型开关	123
第 2 节 具有自动保护裝置的配电箱	124
第 3 节 手动操縱的防爆起動器	127
第 4 节 控制器	128
第 5 节 电阻箱	132
第 6 节 起動變阻器	133
第三章 远距离及自动操縱裝置	135
第 1 节 机械操縱系統的分类	135
第 2 节 自动操縱裝置的元件	136
第 3 节 Π 型磁力起動器的構造及系統	145
第 4 节 防爆型磁力起動器的構造及电气系統	149
第四章 电气傳動裝置的远距离及自动的操縱系統	159
第 1 节 远距离及自动的操縱系統的設計方向和繪制	159
第 2 节 自动操縱的基本原則	160
第 3 节 繞綫式异步电动机自动起動系統的示例	171
第 4 节 繞綫式电动机的反向操縱及逆电流制動系統 的示例	172
第 5 节 割煤机及联合采煤机的远距离操縱	176
第 6 节 裝煤机及裝岩机的远距离操縱	184
第 7 节 運輸机的远距离操縱	184
第 8 节 電鑽的远距离操縱	187
第 9 节 調車絞車的远距离操縱	188
第 10 节 水泵的自动化操縱	188
第 11 节 远距离操縱的原則系統	195

第三篇 地面变电所及线路

第一章 矿井地面的配电	198
第 1 节 矿井的供电系统	199
第 2 节 矿井地面的配电系统	200
第 3 节 矿井地面变电所高压母线负荷的确定	201
第 4 节 短路电流	205
第 5 节 短路电流的计算	210
第 6 节 短路电流的动力及热作用。母线及电缆的 选择	213
第二章 变电所的设备	225
第 1 节 高压保险器	225
第 2 节 空气开关及隔离开关	225
第 3 节 用普通方法切断触点的油开关	228
第 4 节 具有特殊熄弧装置的油开关。油开关的选择	232
第 5 节 开关的传动装置	239
第 6 节 限制短路电流的方法	240
第 7 节 仪表用变压器	243
第 8 节 主变压器	257
第 9 节 变压器的并列运行	253
第 10 节 变压器的运行	261
第 11 节 雷电保护	264
第 12 节 油开关的远距离操纵	270
第 13 节 线路及变压器的保护	272
第 14 节 雷电放电的保护	276
第 15 节 变电所的结线系统	278
第 16 节 配电装置及变电所的布置	291
第 17 节 成套的配电装置	286
第 18 节 变电所的保护接地	289
第三章 地面的线路网	290

第 1 节 线路網的分类及敷設	290
第 2 节 电纜线路	295
第 3 节 架空綫及电纜截面的計算	296

第四篇 井下巷道中的送电

第一章 井下的配电。井下中央变电所	301
第 1 节 井下的配电系統	301
第 2 节 井下中央变电所的設置	303
第 3 节 高压配电箱	304
第 4 节 矿用主变压器	310
第 5 节 井下中央变电所容量的确定	312
第二章 采煤区变电所	317
第 1 节 采煤区变电所的位置	317
第 2 节 采煤区变电所的佈置及设备	318
第 3 节 采煤区变电所容量的确定	320
第 4 节 确定采煤区一晝夜的电耗量	325
第 5 节 工作面的移动配电点	327
第三章 矿井的电纜线路	328
第 1 节 鋸装电纜及其使用范围	328
第 2 节 橡膠軟电纜	330
第 3 节 在井筒、斜巷及平巷中电纜的敷設	332
第 4 节 鋸装电纜的连接及修理	334
第 5 节 橡膠电纜的敷設及修理	336
第 6 节 电纜进綫盒	336
第 7 节 矿井电纜线路的計算	339
第四章 井下变电所及线路的运行規程	352
第 1 节 井下变电所的运行規程	352
第 2 节 电纜的損伤及确定損伤地点的方法	353
第 3 节 絕緣情况的檢視	356
第 4 节 矿井的保护接地	358

第 5 节 接地电阻的测量	361
第 6 节 对于触电人的急救	363

第五篇 电气照明、信号、通讯、调度控制 工具及功率因数

第一章 矿井电气照明	365
第 1 节 俄罗斯的学者在發展照明工程中所起的作用	365
第 2 节 照明工程的主要度量	365
第 3 节 白熾灯	366
第 4 节 螢光灯	368
第 5 节 照度的标准及井下巷道照明的計算方法	369
第 6 节 照明灯的类型	374
第 7 节 矿用照明变压器及照明设备的元件	380
第 8 节 照明设备的运行規程	382
第二章 矿井的生产信号	382
第 1 节 信号的用途及对信号所提出的要求	382
第 2 节 生产信号用的裝置	383
第 3 节 提升设备的信号	396
第 4 节 MHC-2 型井筒信号裝置	398
第三章 矿井的电话通讯	401
第 1 节 矿井调度工作的組織	401
第 2 节 调度用的技术工具	402
第 3 节 电话机的分类	405
第 4 节 电话机的主要器械	405
第 5 节 送話器及受話器的結綫系統	407
第 6 节 矿用电话机的構造及系統	409
第 7 节 电话站	412
第 8 节 矿用磁石式电话交换机	413
第 9 节 矿井调度站	415
第 10 节 矿井调度站的揚声裝置	416

第 11 节	共电式交换机	418
第 12 节	关于自动电话通讯的概念	423
第 13 节	选择性调度通讯装置的动作原理	425
第四章	井下运输的信集闭装置	428
第 1 节	信集闭装置的用途及分类	428
第 2 节	单线区间的自动化信集闭系统	438
第 3 节	运输巷道连接处的信集闭自动化系统	440
第 4 节	调度用信集闭系统的基本要求	444
第 5 节	道岔的集中操纵	445
第 6 节	调度用信集闭系统	443
第五章	调度自动控制信号	452
第 1 节	调度自动控制信号的用途	452
第 2 节	机械工作的控制	453
第 3 节	机械工作的统计	455
第 4 节	预告信号	457
第 5 节	调度控制盘	462
第六章	防火花的信号及电话通讯	462
第 1 节	电火花引起矿井瓦斯燃烧的原因	462
第 2 节	防火花的信号系统	464
第 3 节	电话通讯的防火花系统	465
第七章	矿井电气设备的功率因数	466
第 1 节	关于功率因数($\cos\varphi$)的概念	466
第 2 节	关于提高电气设备功率因数的措施	468
第 3 节	异步电动机的同步化	471
第 4 节	静电电容器	474
第 5 节	两部电价制	477
附 录		482
1.	电话通讯系统中所用的符号	482
2.	信集闭系统中的符号	483
3.	井筒信号系统中所用的符号	486

緒 論

電力在現代技術中是最理想的動力。

俄羅斯的學者首先解決了發電及電力在實際應用中的主要問題。羅蒙諾索夫，彼德洛夫，楞次，亞柯比，皮洛茨基，拉琴諾夫，亞布洛赤柯夫，烏沙金，羅德金，多里沃-多布洛沃里斯基，波波夫以及其他優秀的學者及發明家，在這一科學及技術領域中所作出的貢獻是巨大的。他們對於電磁現象、交流電原理、遠距離輸電，以及對於創制交直流發電機和電動機、電焊、電氣照明、無線電工及其他工業部門的電工方面曾作了許多次的試驗并有所發明。

雖然，俄羅斯的學者及發明家在電工方面起了如此重大的作用，但沙皇時代企業的電氣化，其中包括礦業的電氣化，是落後的。

只有在偉大的十月社會主義革命以後，我國國民經濟的電氣化才獲得了遠大的發展前途。根據列寧的倡議，第八屆全俄蘇維埃代表大會批准了俄羅斯國家電氣化的計劃。許多大型發電廠都是根據這個計劃進行設計的，其中大部分的電廠都是為頓巴斯、庫茲巴斯、莫斯科及烏拉爾等煤田建造的。

雖然在實行這個電氣化計劃的時期，遭到了外國武裝干涉和國內戰爭的破壞而遇到了很大的困難，但這個計劃仍然得以提前完成。大型的伏爾加、斯維爾斯基及德涅泊水力發電廠是用于使我國電氣化的第一批電廠。

在建造發電廠的同時還興建了製造電氣設備的工廠。

由於蘇聯共產黨和政府的殷切關懷，在第一個五年計劃的年代里我國的煤炭工業獲得了許多的技術裝備。因為對現代化

的煤矿实行了采煤的综合机械化，煤矿的割槽、落煤、装煤、运煤等工作都采用大型机器和机械来进行。

苏联的社会主义制度保证着祖国国民经济各部门的技术具有优良的发展条件。

苏联的专家们不断地在改善电气化技术，他们努力创制新式设备，以便使采煤过程完全机械化。

第一篇 矿山电气傳动的基本原理

第一章 电气傳动設計的主要方向

第 1 节 电气傳动的發展簡史

所謂电气傳动裝置是用于驅动工作机械的裝置。傳动裝置由电动机、电动机的操縱器械及电动机和工作机械之間的机械傳动裝置所組成。

在發現了电磁感应現象以后，才有可能使用电力来使机械进行工作。

俄国的院士楞次于 1833 年确定了电流与磁場相互作用的定律，这对于进一步發展电工具有重大的意义。

俄国的院士亞柯比也積極地参加了楞次的工作。亞柯比于 1834 年發明了可供实际应用的第一部直流电动机，这就是在工業中使用电力的开端。在亞柯比發明了进行旋轉式运动的电动机后，外国的發明家尚在按照蒸汽机，創制往复式的电动机。

俄羅斯的工程师多里沃-多布洛沃里斯基是發電机、变压器、三相交流电动机及第一部異步电动机的創制人。

多里沃-多布洛沃里斯基于 1891 年建設了一条長达 175 公里的輸电綫路，所輸送的是 8500 伏的三相电流。他还創制了三相的昇压及降压变压器和感应电动机。

在發展电工，特别是在电机的設計方面，俄国的学者斯托列托夫的貢獻是巨大的。磁化系数及导磁率的变化定律是他發現的，他还研究出測定磁化系数及导磁率的方法。

苏联的学者、工程师及設計人員尚在不断地改善并創制新

型的电气设备，改进现有的电气设备，这有助于国民经济的發展。

在几个五年计划的年代里，传动裝置的發展方向是創制并在生产中采用多机传动。例如 ДИ-14/65 型电鏟就是使用多机传动裝置的。

进行各种工作的电鏟的每一部机械，均裝有单独的传动裝置。移动机械、挖土机械和提昇厚斗的机械都是由專用的电动机来帶動的。电鏟上一共裝有 40 余部电动机，其总容量达 7000 瓩。

第 2 节 設計传动裝置时的主要任务

应正确地选择工作机械所必需的传动裝置。传动裝置的电气、机械、热及構造上的特性均应与工作机械的工作方式相适应。每一种矿用机电设备（提昇絞車，水泵，压風机，割煤机，联合采煤机等），都对电动机提出一定的要求。电动机应具有足够大的起动力矩及过負荷性能，并有可能对其轉速加以調整等。

正确地选择电动机的容量也很重要。电动机的容量如果太小，將使电动机繞組的温昇达到所不容許的数值。如果电动机的容量高于所需要者，將使投資增加并降低电动机的效率。此外，如果所使用的是感应电动机，則过高的設備容量还会降低功率因数 ($\cos\varphi$)。

第 3 节 电气傳动的动力学的基本原理

动力学的任务是确定运动及作用于机械的力之关系式。动力学的基本方程式是牛頓第二定律，即

$$Q = ma,$$

式中 Q ——慣性力(公斤);

m ——运动体的質量($\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{公尺}}$);

a ——加速(公尺/秒²)。

如果傳遞至質量為 m 的物体之力(此时加速為 a)已停止作用, 則物体將以等速度进行直綫式运动。

如果物体是处于靜止状态的, 則欲使之开始运动, 就必須在物体上加以一定的加速, 即加以一定的力。沒有力就沒有加速, 因而物体將繼續地处于靜止状态; 除非以某种力加諸物体后, 它才能够开始运动。

在技术計算中, 一般使用达蘭姆伯的动力学的方程式

$$P = F_c + Q_n \text{ 公斤,}$$

式中 F_c ——运动的靜阻力; $F_c = Q \cos \alpha \cdot f + G \sin \alpha$,
 Q_n ——慣性力;

$$Q_n = ma = m \frac{dv}{dt}.$$

如果物体是以恒速进行直綫式运动的, 即如果 $v = \text{const}$, 則加速 $\frac{dv}{dt} = 0$, 而运动力將为

$$P = F_c \text{ 公斤.}$$

电气傳动裝置連同工作机械一起进行运动的运动方程式为

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt} \text{ 公斤公尺,}$$

式中 M ——电动机的旋轉力矩;

M_c ——变位到电动机軸上的工作机械的靜力矩;

$\frac{d\omega}{dt}$ ——角加速度;

J ——傳动系統的变位轉动慣量。

用于克服电机慣性力的力矩

$$M_n = J \frac{d\omega}{dt}$$

称为动力矩。

静力矩是因为作用于工作机械上的静力而产生的（首先是因为有效负荷，以及摩擦力和重量的分量等产生的）。例如提昇絞車繩筒軸上的静力矩等于全部提昇重量乘繩筒半徑之积

$$M_{c.6} = F_{c.6} \frac{D_6}{2},$$

式中 $M_{c.6}$ ——繩筒軸上的静力矩(公斤公尺);

$F_{c.6}$ ——作用于繩筒上的全部重量(公斤);

$\frac{D_6}{2}$ ——繩筒的半徑(公尺)。

变位到电动机軸上的静力矩按下式确定:

$$M_c = \frac{M_{c.6}}{i \eta_{nep}} \text{ 公斤公尺},$$

式中 i ——傳动比，即电动机轉速对提昇絞車繩筒轉速之比率;

η_{nep} ——傳动裝置的效率。

計算动力矩时，一般不用轉动慣量，而使用迴轉力矩。

迴轉力矩等于旋轉体的重量乘物体的环动直徑的平方，即等于 GD^2 (公斤公尺²)。在大多数情況下，旋轉部分(电动机的轉子，齒輪，繩筒，天輪等)的迴轉力矩值均示于产品样本。

將轉动慣量換算成迴轉力矩时，可用下列公式;

$$J = \frac{GD^2}{4g} \text{ 公斤公尺/秒}^2,$$

式中 G ——物体的实际重量;

g ——重力的加速;

D ——变位的环动直徑。