

初級礦山電工學

蘇聯 麥·弗·馬爾對諾夫 合著
依·依·維索科基夫
倪成生 陳惟清 翻譯
何 志 方校訂

燃料工業出版社

初 級 礦 山 電 工 學

蘇聯勞動後備部專業技術教育委員會批准
作為採礦中等技術學校教材

內 容 提 要

本書用淺近的文字說明了電工學的一般問題，詳細地闡述了礦山電氣設備的特性，闡述了怎樣在礦井中敷設電纜與安裝其他電氣設備，怎樣進行信號及電話的聯系，以及怎樣使井下電氣設備正常運行等問題。

原書經蘇聯勞動後備部批准作為採礦中等技術學校的教材。也可以作為礦業電氣技工的參考書。

* *

*

初級礦山電工學

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)1951年莫斯科俄文增訂第二版翻譯

М В МАРТЫНОВ 合著
И И ВЫСОКОСОВ

倪成生 陳惟清 翻譯
何 志 方校訂

燃料工業出版社出版

社址：北京東長安街燃料工業部

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：陳惟清 校對：何忠 陳楓

書號183 * 電81 * 25開本 * 236頁 * 215千字 * 定價14,000元

一九五四年五月北京第一版(1—8,300冊)

版權所有★不許翻印

目 錄

作者序

引言

第一章 直流電的基本定律	15
第一節 物體的帶電現象	15
第二節 物體帶電現象之說明	16
第三節 驗電器	17
第四節 導體與非導體	18
第五節 電位的概念	19
第六節 電流	20
第七節 電源	20
第八節 電壓	21
第九節 導體的電阻	21
第十節 電阻係數和導電率	22
第十一節 導體電阻的測定	22
第十二節 歐姆定律	23
第十三節 電動勢	24
第十四節 電壓降	26
第十五節 電阻的串聯	27
第十六節 電源的串聯	23
第十七節 電阻的並聯	30
第十八節 電源的並聯	33
第十九節 電功率和功	34
第二十節 電流的熱效應	35
第二十一節 耐壓強度	36
第二十二節 電解	37
第二十三節 酸性蓄電池	38
第二十四節 酸性蓄電池的充放電	40
第二十五節 鹼性蓄電池	40
第二章 磁、電磁和電磁感應	42
第一節 磁性	42

第 二 節	磁力	43
第 三 節	磁鐵的分子結構	44
第 四 節	磁感應	45
第 五 節	電流的磁效應	46
第 六 節	螺線管	47
第 七 節	磁路的歐姆定律	49
第 八 節	電磁鐵	49
第 九 節	電磁感應	51
第 十 節	感應電動勢	53
第 十 一 節	自感與互感	54
第 十 二 節	渦流	55
第 十 三 節	磁場對通電導體的作用	56
第三章	交流電	59
第 一 節	交流電之獲得	59
第 二 節	周波和頻率	60
第 三 節	交流電的振幅和實效值	61
第 四 節	頻率、轉速和極數的關係	62
第 五 節	相移	62
第 六 節	交流電路的自感	64
第 七 節	電壓和阻抗三角形	65
第 八 節	容電器	66
第 九 節	容電器的串聯與並聯	63
第 十 節	交流電路上的電容	63
第 十 一 節	交流電路的歐姆定律	70
第 十 二 節	淨有效電阻時交流電回路內的功率	71
第 十 三 節	淨感應電抗時交流電回路內的功率	71
第 十 四 節	混合阻抗回路中的功率	72
第 十 五 節	功率因數	72
第 十 六 節	電流三角形	74
第 十 七 節	電容和自感的並聯	75
第 十 八 節	三相電流	75
第 十 九 節	三相電流回路的功率	77
第 二 十 節	旋轉磁場	78
第四章	電的測量和量電儀表	81
第 一 節	量電儀表的用途	81
第 二 節	檢流器和檢流表	81

第 三 節 電流表和電壓表	82
甲、磁電式表計	82
乙、電磁式表計	82
丙、力測式表計	83
第 四 節 電流的測定	83
第 五 節 電壓的測定	85
第 六 節 功率表	86
第 七 節 直流電和單相電流的功率測定	88
第 八 節 三相電流功率的測定	88
第 九 節 電度表	89
第 十 節 用電流表和電壓表測定電阻	90
第 十 一 節 電橋	91
第 十 二 節 滑觸線電橋	92
第 十 三 節 歐姆表	93
第五章 礦井電氣設備的特點	96
第 一 節 礦井設備運行的特點	96
第 二 節 防爆外殼	97
第 三 節 油封	98
第 四 節 可靠性增高的設備	98
第六章 變壓器	100
第 一 節 變壓器的用途	100
第 二 節 變壓器的作用原理	101
第 三 節 變壓比	102
第 四 節 變壓器帶負荷運行	102
第 五 節 短路	103
第 六 節 變壓器的構造	103
第 七 節 三相變壓器線捲的聯結	104
第 八 節 變壓器並列運行	105
第 九 節 電功率的損失和變壓器的效率	105
第 十 節 變壓器的冷卻	107
第 十 一 節 自耦變壓器	109
第 十 二 節 表用變壓器	110
第 十 三 節 變壓器的運行	111
第 十 四 節 變壓器的故障與防止辦法	111
第七章 交流電機	113
第 一 節 電機的用途	113

第 二 節	感應電動機的作用原理	114
第 三 節	感應電動機的構造	114
第 四 節	感應電動機線捲的聯結	115
第 五 節	感應電動機的類型	117
第 六 節	感應電動機的轉差率	117
第 七 節	感應電動機的轉矩	118
第 八 節	感應電動機的機械特性曲線	119
第 九 節	感應電動機的起動	120
第 十 節	滑環式電動機的起動	120
第 十 一 節	起動變阻器	121
第 十 二 節	鼠籠式電動機的全電壓起動	122
第 十 三 節	鼠籠式感應電動機的降壓起動	123
第 十 四 節	特殊構造的感應電動機	123
第 十 五 節	感應電動機的反向旋轉	124
第 十 六 節	感應電動機速度的調整	124
第 十 七 節	感應電動機的制動方法	125
第 十 八 節	功率因數	126
第 十 九 節	效率	126
第 二 十 節	電動機的構造	126
第 二 十 一 節	用在礦井中的電動機之構造特點	127
第 二 十 二 節	同步電機	128
第 二 十 三 節	感應電動機的機械故障	129
第 二 十 四 節	線捲與外殼接觸	129
第 二 十 五 節	匝間短路	130
第 二 十 六 節	電動機線捲絕緣之乾燥	131
第 二 十 七 節	線捲中的斷線	132
第 二 十 八 節	其他故障	132
第八章	直流電機和變流機	134
第 一 節	在礦山工業中採用直流電	134
第 二 節	由旋轉的電機得到直流電	134
第 三 節	減少直流電的波動	135
第 四 節	直流電機的主要部分	136
第 五 節	勵磁法	137
第 六 節	直流電機作電動機用	139
第 七 節	電動機的力矩	140
第 八 節	電動機旋轉方向的改變	140
第 九 節	電動機的起動	140

第十節	電動機電樞內的電流與其負荷的關係	142
第十一節	電動機旋轉速度的改變	142
第十二節	電動機的功率及效率	144
第十三節	串激電動機的特性	144
第十四節	直流電機的故障	145
第十五節	交流電整流器及變流機的類型及其用途	146
第十六節	電動發電機	146
第十七節	水銀整流器	147
第十八節	固體整流器	149
第九章	起動器械和保護器械	150
第一節	總則	150
第二節	熔斷器保護	150
第三節	消滅電弧的方法	151
第四節	刀閘	152
第五節	非瓦斯礦井用的手動器械	152
第六節	手動低壓防爆器械	154
第七節	第一種電流量的 ПБГ 型起動器	155
第八節	第二種電流量的 ПБГ 型起動器	157
第九節	ПФБ 型起動器	159
第十節	繼電器簡說	161
第十一節	欠電壓(無壓)保護裝置	161
第十二節	過電流保護裝置	162
第十三節	熱脹繼電器的保護裝置	163
第十四節	低壓自動器械	164
第十五節	防爆自動器械	165
第十六節	遠距離操縱器械	166
第十七節	ПМ 型標準磁力起動器	167
第十八節	ПМБ 型防爆式磁力起動器	169
第十九節	高壓器械	173
第二十節	油開關	173
第二十一節	斷路器	175
第二十二節	非瓦斯礦井中用的高壓配電箱	175
第二十三節	高壓防爆配電箱	177
第二十四節	起動器械和保護器械的故障和失修	178
第十章	井下電纜	181
第一節	概論	181
第二節	礦井用鉛裝電纜	181

第 三 節	井筒中鎧裝電纜的敷設	133
第 四 節	水平巷道和傾斜巷道內鎧裝電纜的敷設與固着	184
第 五 節	鎧裝電纜的連接	185
第 六 節	礦井用軟膠皮電纜	187
第 七 節	軟膠皮電纜的敷設和修理	187
第 八 節	電纜故障處的測定	190
第十一章	礦井電氣照明	192
第 一 節	概論	192
第 二 節	礦燈	192
第 三 節	固定照明設備	194
第 四 節	移動照明設備	195
第 五 節	移動燈的照明	196
第十二章	井下輸電與配電	199
第 一 節	輸電與配電系統	199
第 二 節	井下中心變電所的設備	202
第 三 節	礦山區段變電所的設備	205
第 四 節	工作面附近的配電裝置	208
第十三章	礦山信號與通訊	212
第 一 節	信號與通訊的用途和種類	212
第 二 節	礦井生產信號裝置	212
第 三 節	提昇信號裝置	215
第 四 節	繩索運搬之信號裝置	216
第 五 節	溜子運輸之信號裝置	217
第 六 節	礦山調度信號裝置	218
第 七 節	電機車運輸時之信號裝置、集中裝置和閉鎖裝置	218
第 八 節	電話通訊原理	219
第 九 節	電話機	221
第 十 節	電話線	222
第十四章	井下電氣設備的正常運行條件	223
第 一 節	概論	223
第 二 節	對礦山電氣設備的要求	223
第 三 節	井下觸電的危險	224
第 四 節	接地裝置及其用途	225
第 五 節	電纜接線盒的接地	228
第 六 節	移動機械的接地	228
第 七 節	接地裝置的試驗	228

第 八 節	線路絕緣情況的檢查·····	230
第 九 節	觸電時的急救方法·····	230
第 十 節	雜散電流及其防止方法·····	231
第十五章	礦山電業的基本電力指標 ·····	233
第 一 節	概論·····	233
第 二 節	礦山電氣設備的功率因數·····	233
第 三 節	功率因數低下的原因和提高功率因數的基本方法·····	234
第 四 節	電價·····	235
第 五 節	耗電定額和勞動之電力裝備程度·····	235

作 者 序

本書是按照蘇聯勞動後備部礦山工業學校〔礦山電工學〕課程的教學大綱編寫成的。

本書和1948年所出的第一版相較有很大的差別，在本書裏增加了〔礦山電業的基本電力指標〕一章，很多章節作了根本的修改。

在論述時，作者極力直接地說明物理現象，只有在極少的情況下才採用初等數學公式。作者認為：說明電工的基本原理完全不用數學公式是不適當的。同樣，不採用最簡單的向量圖也是不行的，況且，學生們在物理課程的力學部分一定已學到關於向量的基本知識。

因為這本書是預計給礦山工業學校作教材用的，所以作者就企圖儘可能地完全而明瞭地用圖示闡明所講的材料。

在個別的章節裏，說明了俄羅斯電工人員和蘇維埃學者的成就。

在敘述過程中，作者指出了在改建和發展蘇聯煤礦工業，尤其在改善工人的勞動條件和提高勞動的安全方面蘇維埃社會制度的意義及黨和政府的領導作用。

在編寫中，我們採用了訓練礦山電氣鉗工的提綱作為基礎。

但是這本教本也可以供礦山工業學校訓練其他工種的礦井工人之用。假使因為專業不同而個別的章節不適用的話，就可按照所用提綱把它刪掉。

本書中第九章〔起動器械和保護器械〕、第十章〔井下電纜〕、第十一章〔礦井電氣照明〕、第十二章〔井下輸電與配電〕和第十三章〔礦山信號與通訊〕是И. И. 維索科瑟夫(И. И. Высокосов)編寫的，其餘部分是М. В. 馬爾對諾夫(М. В. Мартынов)編寫的。

本書難免有缺點，假使翻閱本書的人，尤其是礦山工業學校礦山電氣技工的教師們提出意見的話，作者一定欣然接受。

引 言

通常人們將煤稱為「烏金」，來強調它對國民經濟的意義。列寧指示說：「煤是工業的真正食糧」。沒有煤礦工業的發展，我國國民經濟的增長就不可想像，因此我們的黨、政府及斯大林同志個人都不斷地關心煤礦工業的增長。

我國煤產量的增長，可以以下列數字表明（以百萬噸計算）：

1915 年	1928 年	1932 年	1937 年	1940 年	1950 年（計劃）
29.0	35.5	64.4	128.0	166.0	250

在偉大衛國戰爭的年代裏，德國法西斯匪徒給煤礦工業帶來了嚴重的創傷。他們使頓巴斯所有礦井幾乎全變成了廢墟，淹沒了這些礦井，破壞了莫斯科附近煤礦區。

礦工們光榮地完成了擺在他們面前的任務，在極短期間內，上述區域恢復了。由於恢復的礦井和新礦井的開工，以及在礦井技術再裝備方面進行了一系列的工作，頓巴斯的煤產量在1949年第四季就超過了戰前水平，而現在，莫斯科附近煤礦區的煤產量已達到了戰前的三倍。整個煤礦工業還在1947年就超過了戰前水平。在蘇聯1946—1950年的恢復和發展國民經濟的五年計劃裏規定將煤產量提高到250 000 000噸，還在1949年上半年，半數的煤礦局就已超過了1950年的預定，採煤量的水平（羅斯托夫煤礦局、莫斯科煤礦局、土拉煤礦局、喀拉甘達煤礦局、伯力煤礦局等）。

1946年2月9日黨和人民偉大的領袖斯大林同志在選民大會上所發表的歷史性的演說中擬定了促使國民經濟大大高漲的綱領，其中也包括了礦山工業。

「我們必須使我國工業能每年出產生鐵達五千萬噸，鋼達六千萬

噸，煤炭達五萬萬噸，石油達六千萬噸〕。

煤礦工業的成就不是偶然的、毫不費氣力的。由於黨、政府以及斯大林同志個人的關懷，煤礦工業機械化起來了。在蘇維埃礦井中機械化的水平遠遠超過資本主義企業的機械化水平。還在國家工業化的初期，斯大林同志就指出了：「…勞動過程機械化是我們所應實行的——一個新穎的和有決定意義的辦法，否則不能支持我們的發展速度，也不能維持我們的新的生產規模」（見「列寧主義問題」）。

廣泛地採用電能是礦山工業中繁重工作過程機械化的基礎。井下及井上配電是一個複雜的配電系統，有益礦物開採計劃的完成頗大程度地依賴於配電系統的完善性。

為了使電機及電氣設備完善而不間斷地運行，就必須使運行人員熟悉電工學的基本定律，使他們熟悉那些電機製造的法則及電機運行的法則，並使他們懂得礦山電氣裝備運行的主要規則。每個工人，包括不直接看管電氣設備的工人，都應該了解礦山電氣設備的特性及特殊性。只有在知道一般的電工定律的基礎上才有可能達到這個目的。

電能得到廣泛的採用。沒有一個國民經濟部門、沒有一個技術的領域不採用電能。

只有在研究電氣現象有了相當進展，而學會把這些現象實際利用到技術中的時候電能的廣泛採用才有了可能。在19世紀以前，主要只是研究靜電現象及空中電。18世紀的下半葉，俄羅斯偉大的科學家米海伊·瓦西里也維奇·羅曼諾索夫(Михаил Васильевич Ломоносов)(1711—1765年)在空中電研究領域中完成了一系列卓越的工作。在1753年他給世界學者提出了一個任務：「找到電力的真正原因，並創立確切的理論」。羅曼諾索夫注意到可以利用絕緣導線將「電力傳送到1000俄丈的遠處或更遠一些」。世界上第一個電氣儀表——電氣指示器是М.В. 羅曼諾索夫及俄羅斯物理學家利赫曼(рихман)共同勞動的結果。

從19世紀下半葉起實際利用電能的情況急劇地增長了，這就在後來大大地影響了全世界經濟生活的發展。

在這些電工學創造者中，有不少的俄羅斯學者和發明家。可惜的

是，許多電工學者的勞動在當時沒有受到應有的重視。很多俄羅斯發明家的名字被遺忘了，他們的發明記在外國人的賬上了。只有現在，在蘇維埃政權下，由於黨、政府及斯大林同志個人的關懷，俄羅斯學者的工作才得到了應有的估價。



羅曼諾索夫像

在1802年俄羅斯學者В. В. 彼得羅夫 (В. В. Петров) 院士發現了電弧，並預言它將被採用在照明及銲接方面。

1838年，我國人В. С. 雅科比 (В. С. Якоби) 院士發明了電版術。

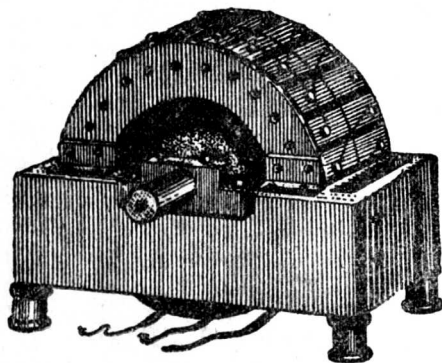
1839年，雅科比製成了第一個實用的電動機，它驅動着裝有14個乘客的船隻，沿涅瓦河航行。

1872年，在莫斯科一個展覽會裏，俄羅斯學者В. Н. 契科列夫(В. Н. Чиколев)電氣工程師作了首次用電傳動縫紉機的表演。

1874年，工程師А. Н. 羅對更(А. Н. Лодыгин)在世界史上首次使用炭精燈，它照亮了彼得堡的海軍部。

1876年，利用俄羅斯工程師П. Н. 亞布羅奇科夫(П. Н. Яблочков)所發明的電弧燈，設置了電氣照明。

1879年，亞布羅奇科夫發明帶金屬氧化物發光體的電燈。他又發明了第一個變壓器。



第1圖 М. О. 多立伐-多布拉沃斯基所發明的感應電動機

感應電動機是俄羅斯工程師М. О. 多立伐-多布拉沃斯基(М. О. Доливо-Добровольский)所發明的(第1圖)。他並完成了用三相電流輸電的工作。1890年，他製成了第一個三相變壓器。

俄羅斯發明家Н. Н. 比納多斯(Н. Н. Бенардос)和Н. Г. 斯拉維亞諾夫(Н. Г. Славянов)首次實現了採用電弧作鉗

接金屬及切斷金屬用。

電流熱效用的理論和實驗的研究是由俄羅斯院士Э. Х. 楞次(Э. Х. Ленц)來完成的。

電磁電報是俄羅斯學者П. Л. 希林格(П. Л. Шиллинг)及Б. С. 雅科比發明的，而無線電報則是А. С. 波波夫(А. С. Попов)所發明的。

俄羅斯電工學者還有很多其他的發現與發明，這裏不細說。

偉大的十月社會主義革命給俄羅斯學者的創作性的勞動開闢了無窮的可能。每年授予斯大林獎金這一事實就證實了蘇聯在科學及技術

上的成就。

電能的採用引起各個經濟部門在技術上的巨大改革，特別是在它被利用作為動力以後。輕而較小的電動機代替了效率很低的笨重的蒸汽機。

電動機是工廠、礦山及運輸中傳動任何機器最方便、最完善的機械能源。電動機使工廠建築物可以免除笨重的傳動裝置，使我們能合理地分佈車床和機器，並使使用流水作業法和具有高度勞動生產率的現代化大企業的建立成為可能。

用電流作為熱能源以熔冶金屬，使我們可以得到高質鋼，只因有了高質鋼，才有了現代工業。電銲直接引起了金屬加工製造業及機器製造業的改革。現在常用電銲銲接橋樑桁架、管子、車箱及鍋爐等。用電銲法代替鉚釘接合，減輕了工人的勞動，使勞動變得更有成效。

在我國的礦山工業中，在19世紀末就已經開始用電了。1900年在第一次全俄電工大會上就已經表揚了澤利亞諾夫斯克鉛銀礦（阿爾泰山）的電氣化排水裝置，基借羅夫斯克煤礦（烏拉爾）的移動式電泵和電絞車，及布良斯克股份公司（頓巴斯）煤礦的電動衝擊式鑽機。

雖然如此，在偉大的十月革命以前，俄羅斯的礦山工業主要是利用蒸汽能，而且主要用在井上（起重機、送風機等）。

在落後的沙皇俄國，電能運用到工業中的發展速度很慢。本國沒有電工工業，使電能的運用受到阻礙。俄羅斯的電工工廠和發電廠多為外人所有。工廠中主要是裝配從國外來的半製品。

偉大的十月革命以後，情況大大地改變了。在英明的領袖列寧和斯大林的領導下，我們熬過了國內戰爭和武裝干涉，並在極短期內恢復了被破壞的經濟，使我國工業走上現代化技術的道路。大家都知道：列寧認為國家電氣化是一切國民經濟措施的基礎。電氣化的作用和意義在俄羅斯電氣化計劃（全俄電氣化委員會計劃）中鮮明地表現出來了。這個計劃是10—15年的國家電氣化工作綱領。列寧認為這個計劃具有重大的意義，稱它為第二黨綱。斯大林同志對這個計劃也有着極高的估價。

在全俄電氣化委員會計劃中擬定要建立總容量為1 700 000瓩的三十個大電廠。在共產黨和它英明的領袖斯大林同志的領導下，這個計劃在1930年年底就基本上完成了，也就是說它是在預定的最短期限內完成的。

強大的動力基地和本國的電機製造工業的建立（尤其是在斯大林五年計劃的年代裏），促使電能在蘇聯國民經濟各個部門中得到廣泛的運用。蘇聯工業電氣化的程度在戰前五年計劃的年代裏已達到了90%。

採用電能可以使生產過程自動化。生產過程的自動化就是機械化的最高階段。

隨着煤礦工業中電能的採用，使全部採煤過程完全機械化有了可能，這就使勞動生產率大大提高，而且減輕了礦井中的繁重的勞動。

在斯大林五年計劃的年代裏，蘇聯煤礦工業中的各種機器都廣泛地使用了電能。

爲了有效地完成發展煤礦工業的巨大計劃，除了創立新的具有高度生產效率的礦山機器外，必須要提高現有機械的利用率，這就與機械的維護密切相關。所以運行人員必須具有文化和技術。