

中等專業學校教學用書

矿山机电学

A.A. 庫里科夫 著

东北工学院矿山电工教研室

东北工学院矿山机械設備教研室

譯

冶金工業出版社

中等專業學校教學用書

矿 山 机 电 学

苏联 A. A. 庫 里 科 夫 著

东北工学院 矿山电工教研室译
矿山机械設備

冶金工業出版社

本書系根据 1955年苏联国家有色及黑色冶金科技出版社出版的 А.А. 庫里科夫所著的“矿山机电学”一書譯出。原書經苏联黑色冶金工業部教育司批准为冶金技术学校的教科書。

書中叙及矿山机械的电力拖动裝置、井下及露天开采的电气设备和供电、矿用电照、信号、通訊及調度方面的理論和構造上的基本問題。闡述了矿山固定設備——通風机，水泵，压气机及提升机的構造和作用原理。說明了設備的运用和檢修的問題。

为了巩固理論上的材料並获得技术計算上的技能，書中备載一些習題及例題。

本書可作为冶金中等專業学校的教科書，也可作为矿山企業的技术人員的参考材料。

本書系由东北工学院矿山电工教研組 刘拓、汪龍臣、佟昱秀、李祖培、隋云桂及矿机設備教研組成心德、林桂秋、步天濬、李富成、唐兴华、黃自圃、彭兆行、聶能光等同志譯校。

А.А. КУЛИКОВ

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1955)

东北工学院 矿山电工教研組譯
矿山机械設備

矿山机电学

編輯：刘硯田 設計：赵香苓 責任校对：楊維琴

1958年1月第一版 1958年1月北京第一次印刷 { 平裝600
精裝600册

850×1168·1/32·386,000字·印張15 $\frac{8}{32}$ ·定价(10) { 平裝2.50
精裝3.00元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0737

冶金工業出版社出版(地址：北京灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录

序言	(7)
----------	-------

第一篇 矿山电工学

第一章 矿山工业电气化的特点与我国科学技术的成就

第1节 矿山企业的供电	(10)
第2节 矿山电气设备的特点	(11)
第3节 我国科学在矿山电工发展中的成就	(14)

第二章 电力拖动力学的基本概念

第4节 电力拖动装置的形式与其一般特性	(16)
第5节 电动机与工作机的联接方法	(17)
第6节 电力拖动装置中发生作用的力和力矩	(19)
第7节 工作机轴上的静力矩换算到电动机轴上	(22)
第8节 生产机组的总动力矩换算到电动机轴上	(23)
第9节 电动拖动的运动方程式	(25)

第三章 电动机的机械特性

第10节 电动机的特性及按发热选择电动机容量的方法	(28)
第11节 直流电动机	(29)
第12节 异步电动机	(35)
第13节 电动机的起动	(40)
第14节 电动机的制动方法	(47)
第15节 电动机转速的调节	(50)
第16节 同步电动机的机械特性	(54)
发电机-电动机 (Г-Д) 制	(59)
现代电动机的型式	(62)
第17节 电动机的温度状况及按发热选择电动机的容量	(63)

第四章 矿山电气器械

第18节	保护器械	(76)
第19节	控制器械	(80)
第20节	高压电器	(87)

第五章 矿山地面变电所与电网

第21节	地面变电所	(95)
第22节	电网	(102)

第六章 井下开采的配电与输电

第23节	供电方法	(107)
第24节	井下变电所	(109)
第25节	采区变电所容量的确定	(117)
第26节	矿用电纜	(120)
第27节	保护接地装置	(127)
第28节	采区电气设备的运转和维护的概論	(132)
第29节	矿山电气设备的功率因数及其改善的方法	(134)

第七章 露天开采的电气设备与供电

第30节	露天开采矿山机械的特性与电力拖动	(138)
第31节	露天开采的供电	(155)

第八章 井下及露天开采的电气照明

第32节	主要照明工程單位、光源及矿用照明器具	(163)
第33节	电气照明的計算	(176)

第九章 矿山信号与通訊

第34节	信号接受装置及信号發送装置	(186)
第35节	信号系統	(192)
第36节	电话通訊	(203)

第二篇 矿山机械学

第十章 我国科学家及技术人员在矿山机械学發展中所起的作用

第十一章 矿山通風設備

第37节	通風机的用途与構造	(213)
第38节	矿山渦輪机工作輪的理論	(215)
第39节	矿山渦輪机的特性曲綫	(220)
第40节	矿山通風网路与通風机的工作狀況	(232)
第41节	主要型式的通風机的結構	(237)
第42节	矿山通風机的生产量与压头的調整	(251)
第43节	通風机的联合工作	(256)
第44节	主要通風的通風設備的設計	(260)

第十二章 矿山排水設備

第45节	水泵的用途及作用原理	(270)
第46节	水管特性曲綫和离心式水泵的工作狀況	(277)
第47节	离心式水泵的調整及其在管网中的联合工作	(281)
第48节	离心式水泵的型式和結構	(285)
第49节	往复式水泵	(296)
第50节	井下主排水水泵站	(305)
第51节	矿山排水管的裝置及計算	(311)
第52节	矿山排水設備的自动化	(316)
第53节	排水設備的运轉	(321)
第54节	矿井排水設備的使用計算	(323)

第十三章 矿山压气設備

第55节	压气机的用途和作用原理	(327)
第56节	單級压气机中的实际过程	(337)
第57节	空气的多級压缩	(341)
第58节	往复式压气机的生产量与功率	(348)

第59节	往复式压气机的結構	(357)
第60节	迴轉式和离心式压气机	(367)
第61节	压气設備的电力拖动	(372)
第62节	压气設備的維護	(373)
第63节	空气管路的裝置及計算	(377)
第64节	压气机站及其設備	(380)
第65节	压气机站的設計	(387)

第十四章 矿井提升設備

第66节	矿井提升的用途及矿井提升設備的一般裝置	(395)
第67节	圆柱形卷筒提升机	(403)
第68节	提升容器	(412)
第69节	提升鋼絲繩	(423)
第70节	井架	(428)
第71节	提升机相对矿井井筒的位置	(431)
第72节	有益載重及提升容器运行速度的确定	(437)
第73节	圆柱形卷筒提升設備的运动学	(440)
第74节	具有圆柱形卷筒的罐籠提升設備的动力平衡方程式	(447)
第75节	感应电动机驅動的罐籠提升設備的动力学	(453)
第76节	矿井提升机的电力拖动	(459)
第77节	提升設備中用于保安、檢測与控制的仪表和裝置 ...	(464)
第78节	提升电动机的控制电路圖	(470)
第79节	提升設備的設計	(476)

序 言

在革命前俄国的采矿工業中，主要采用人力劳动。矿工的主要生产工具是手鑽、槓头及鉄鍬，唯一的运输工具是撬、矿車。

在苏維埃政权的年代中，采矿工業已經完全改变了面貌。矿山、矿井及露天矿已經装备了一些最新式的机器和机械。

在苏联建立了一些矿山机械制造及电气設備工厂，这些工厂在革命前的俄国是没有的；建立了新的电站，以对矿山企业供电；建立了新的矿业学院和科学研究机关。

由於拥有大型机器制造基地和电力基地，我国的采矿工業向着开采有益矿物的全部生产过程綜合机械化的方向發展。

表1示出1953年所达到的銅和鉄矿的主要生产过程的机械化水平。

如表中数据所示，目前最重要的个别采矿过程的全部机械化的任务实际已經解决了。由回采掌子运输矿物和在掘进工作中装载岩石的机械化已經完成了。

在現代矿井中，用大型电动提升机向地面运输矿物；矿井通风，采用完善的軸流式和离心式通風机；为了供給矿井以压缩空气，采用生产率高的压气机；在排水方面，采用最新型的离心式水泵；在露天开采方面，采用大型挖掘機及电机車等。所有这些机械都是矿山企业綜合机械化的最重要組成部分。

就机械化水平來說，苏联的采矿工業在世界上佔第一位。

电力是現代机械化的主要动力基础。苏联共产党認為發展苏联的动力具有特別重大的意义，所以从建立苏維埃政权最初几年起，就着手实际实现电气化的理想。还在1920年二月的时候，就根据弗拉基米尔·伊里奇·列宁的指示成立了俄罗斯电气化全国委员会(ГОЭЛРО)，这个委员会拟定了第一个国家电气化計劃。

俄国学者及工程師們在科学及技术發展上作出了巨大的貢獻。在电工学部門中一系列的最重要的發明及近代电气化基础的

表 1

1953 年主要生产过程机械化的水平

主 要 生 产 过 程	机 械 化 水 平, %		
	克里沃罗格托拉斯的一个矿井	在西比利亞的一个矿山	銅 矿
由圓采掌子運輸矿物.....	97.9	99.1	98.7
地下運輸.....	100	100	95.4
地面運輸.....	99.6	—	93.0
掘进工作裝岩.....	73.2	78.9	66.3
鐵道貨車裝載.....	99.5	—	99.7

創造,都归功於俄国学者 M. B. 罗蒙諾索夫、B. B. 彼得罗夫、B. C. 亞哥比、Э. X. 楞茨、M. O. 多利沃-多布罗沃利斯基、П. H. 亞布洛契科夫、A. H. 洛得根、A. C. 波波夫等。

苏联学者及工程师們 M. A. 沙得連、M. M. 費多罗夫、Ф. H. 什克良尔斯基、B. C. 杜林、B. B. 烏曼斯基、C. A. 阿拉托尔切夫、A. C. 馬克西莫夫等人在發展及改进矿山电气設備工作中有很大的功績。

俄国及苏联的学者和工程师 A. A. 薩勃盧科夫、A. H. 烏查契斯、П. A. 欧雷雪夫、И. A. 契美、M. M. 費多罗夫及 A. Г. 格尔曼等人創制了近代矿山机械学的基础。

在我国采矿工業的發展过程中,生产革新者所起的作用是偉大的。他們的先进經驗广泛地推广到工業上,並成为技术进步的最重要的因素。

共产党第十九次代表大会關於在 1951—1955 年 苏联發展第五个五年計劃的指令中規定要进一步發展采矿工業。在这五年計劃中,鉄矿石的生产量將比第四个五年計劃增加兩倍。根据新的五年計劃的規定,火力發電站的总容量約增加一倍,而水电站的总容量則增加兩倍。电站容量以这样的速度增長,就大大地增強了动力基地,为更进一步發展綜合机械化及在生产中广泛采用自动化打下了基础。

由於在矿山工業中采用了自动化,工人从井下笨重的体力劳

动中解放出来了，矿山机械保证了高度的生产率，在生产过程中消除了误操作，在矿山工作中提高了技术及效能，为消灭体力劳动和脑力劳动之间的重大差别创造了条件。

在克里沃罗格矿井中，现今已经有9个以上的自动化箕斗提升设备。由于运用了自动化，提升的生产率提高了15—20%。

克里沃罗格矿区和乌拉尔的各矿山，以及“镍锰”托拉斯所属的各矿井，早已装置了自动化的水泵。根据使用经验证明，排水自动化仅在一个矿井中每月就可以节省一万千瓦小时的电力。

在乌拉尔和克里沃罗格的矿山，进行了压气和通风设备自动化的工业试验，运用了高频通讯的集中调度控制。

由于采矿工业广泛利用电能和高度机械化，由于采用自动化、综合机械化以及调度控制，摆在苏联专家面前的重大任务就是掌握这些新的技术并使其向前发展。

本书中叙述矿山机电学的基础。

矿山机电学由矿山电工学及矿山机械学两篇组成。

在矿山电工学一篇中，研究在矿山工作中运用电力的原理和实际，电力是企业中各种机器和机械所用的动力的基本形式。

矿山机械学的研究对象是矿山企业综合机械化的最重要组成部分：通风机设备、水泵设备、压气机设备、提升设备和它们的电气设备。

第一篇 矿山电工学

第一章 矿山工业电气化的特点与 我国科学技术的成就

第1节 矿山企业的供电

矿山企业必须具有妥善安排的供电系统。矿山若停电，则水泵和通风机就随之停止运转，这样，巷道就要被淹没，同时更会发生不幸事故，例如，由于停止向矿井供给为通风所必需的新鲜空气而发生不幸事故等。矿山的供电中断，冶金工厂等就能因而停止生产等等。

矿山企业的供电必须是可靠而不间断的，并且在费用经济和生产安全的条件下，满足矿山所必需的用电量。

在苏联，矿井和矿山由强大的电力系统供电，这些强大的电力系统都是五年计划的年代里建立的。目前最大的电力系统是莫斯科电力系统、顿河电力系统和烏拉尔电力系统等。

电力系统是由一些巨大的中央发电站（ЦЭС）所组成，各中央发电站以输电线路互相联接而构成环形电网。中央发电站通常是设立在自然能量（泥炭、煤炭，河流）蕴藏丰富的地方，并借区域变电所彼此联接。工矿企业的变电所就从这些区域变电所获得电能。

近年来，一些大工业区域的互相邻近的电力系统，联合组成为巨大的联合电力系统。例如中央联合系统就包括了依凡諾沃电

力系統、莫斯科電力系統、和亞羅斯拉夫爾電力系統。而德涅泊電力系統、頓涅茨電力系統、以及亞速海和黑海電力系統則聯合成為南部聯合電力系統。

巨大的電力系統及其聯合系統保證了工礦企業的不間斷供電，並且在頗大的程度內提高了發電站的設備利用率。

當電力系統內有水电站在運行時，它就更加顯示出這些優點。在這種情況下，在春秋洪水期間，水电站全負荷運轉，系統中的熱电站可進行必要的設備檢修。在冬夏季水电站缺水期間，就使熱电站運轉以供應不足的電能。

隨着古比雪夫水电站和斯大林格勒水电站的投入運轉，蘇聯歐州部分所有的巨大發電站將用輸電線路彼此聯接起來，在我們祖國的這一部分將建立起聯合的高壓電網。

各種用戶的電氣設備按照其供電的重要性，可分為三類*：

第一類電氣設備如果停電，就會對人的生命有危險，產生廢品，損壞設備，並且要經過很長時間才能恢復生產。

第二類電氣設備如果停電，僅使產品減產，工人和機器空閒。

第三類是不重要的用戶（輔助車間和輔助機械）。

在礦山工業中屬於第一類的電氣設備的為礦山通風機、主排水水泵、提升機械和供應這些設備的變電所。屬於第二類的包括採掘、運輸、選礦等用的礦山機器和機械。

所有的第一類電氣設備必須有備用電源，第二類電氣設備是否需要備用電源的問題，要由技術經濟計算來決定。第三類用電設備（如地面絞車等）不必有備用電源。

第2節 礦山電氣設備的特點

在井下開采中，所有的電氣設備都受潮氣、岩塵等的作用，而在某些巷道中電氣設備則受經常從頂板滴下的水的作用。在進行爆破工作廣泛採用（在採礦工作中）時，電氣設備有被在崩落

* 發電站及電網技術操作規程，國立動力科技書籍出版社 1953年出版。

时飞散的矿石和岩石所击坏的危險。

由於掌子的不断移动和巷道的空間有限，电气設備就要求尺寸小、重量輕。

在通風不足的盲掌子上，电动机的冷却条件大大地惡化。

瓦斯矿井中的可爆炸气体要求特殊的电气設備，它应能防止發生电火花和防止引燃气体。

由於巷道潮湿並有水，电器設備的絕緣維持於正常狀況就变复杂，当人們接触到电气設備的絕緣破坏部分时遭受电击的危險就增加。

用於露天矿的电气設備可遭受到雨雪、灰塵、以及酷热等等的作用。由於爆破开采的广泛被应用，在爆破时电气設備就有被飞散岩石击坏的危險。

因此，矿用电气設備在其工作安全与可靠方面，就要有特殊的要求。

用於矿山企業的电气設備，根据其对周圍环境不良影响的防护方法分为以下几种：1) 普通电气設備，2) 矿用普通电气設備，3) 可靠性較高的矿用电气設備，4) 防爆式矿用电气設備。

普通型电气設備（非矿用的）可分为开啓式、防护式及封閉式。

开啓式电气設備，沒有任何的特殊裝置来防止接触帶电部分，以及防止外部物件落入內部。这种設備可用於矿山地面上干燥和無灰塵的場所。

防护式电气設備具有防止外来物件落入內部的特殊機構，如擋板、保护网等；但是这种型式的电气設備不能防止灰塵、潮气及瓦斯侵入內部。特殊潮湿的場所，采用特制的防滴式和防踐式的电动机。此种电动机外壳上的通風孔盖有特为防止雨水滴濺的擋板。

封閉式电气設備的所有导电部分密閉於鑄鉄或鋼制的外壳內，外壳的接縫是密閉的，因此就可防止灰塵和部分湿气侵入。

封閉的外壳不能防止瓦斯滲入設備。封閉式电动机按外部或內部通風方式冷却。

矿用普通电气設備具有構造堅固的外壳，它可保护帶电部分使之免受机械損坏，以及雨滴和濺沫的浸蝕。导电部分的絕緣具有較高的耐潮性。

所有用於可移动机械的电器及插銷裝置，均應設有閉鎖裝置，以防止帶电时打开盖子或断开插銷裝置，防止打开盖子时接通电器。

供給电力唯一要用电纜，电纜用固定式或插头式的接綫盒来联接。

接点及导电部分，应当密閉於封閉式外壳中或浸入油內。外壳設有接地用的端头。

矿用普通电气設備用於空气中不含有爆炸气体和矿塵的矿井中，並帶有 PH（矿用普通）字标。

在苏联工厂尚未大批地生产矿用普通电气設備以前，在無瓦斯的矿井中，固定設備可以采用普通（非矿山用）防护式电气設備，移动設備可采用普通封閉式电气設備。

具有高度可靠性的电气設備，在有瓦斯和矿塵危险的矿井，可用於有新鮮空气流入的井底車場巷道之处。这种設備除必須滿足矿用普通电气設備的所有要求外，並且还須滿足以下的补充要求：1）在某些地方必須沒有發生火花、电弧及危險溫度的可能性，在正常工作下，这些地方不允許發生这种有害現象；2）綫圈許可的長时發热应按标准降低 10°C ；3）电气設備在正常情况下發生火花的部分应密閉於防爆外壳中；4）控制器、导电部分和接点等必須浸於油中；5）必須以具有特殊鑄型的螺栓、螺釘、螺帽等来固定电气設備的各部分，以便保證只有用專門的工具才能打开；6）电气設備必須有 ПН（矿用高度可靠性）字标。

防爆式电气設備運用於具有矿塵和瓦斯爆炸危险的矿井中。这种設備之所以能防爆，是因为所有的电机和电器都密閉於特制的防爆外壳中；这种防爆外壳作得十分堅固，能耐內部由於火花

而發生瓦斯爆炸時所產生的壓力，同時不允許有火焰噴出。防爆外壳具有特殊的閉鎖裝置，以保證在導電部分尚未解除電壓以前不能打開電氣設備的外壳。各種蓋子及電器的外壳必須用埋頭螺栓固定，這種螺栓只有用專門的搬子才能擰開。螺栓擰緊於特殊的鑄件中。

防爆式電氣設備必須有 PB（矿用防爆）字標。

防爆式電氣設備只有被國家專門機關作過保安試驗並認為合格後，才能使用。

蘇聯在這方面的專門機關有馬克耶夫卡科學研究院以及東方科學研究院，他們都是為礦山工業作保安試驗的機關。進行這項試驗的並不是工廠生產的全部成品，而僅是某一批或某一類型的樣品。

試驗是在一專門的防爆室中進行的，防爆室中充有按最易爆炸的比例而配合的沼氣與空氣的混合物。試驗合格的電氣設備發給證明。

第3節 我國科學在礦山電工發展中的成就

在電工技術的發展中，我國科學家和發明家有巨大的功績。早在實際運用電能以前，俄國科學家 B. B. 彼得羅夫在 1802 年就發現了電弧。

1837 年，工程師 A. H. 洛得根發明了白熱電燈。稍後，П. H. 亞布洛契科夫發明了交流變壓器。

我國的電工科學獲得了創建電力拖動理論的和首先實際運用了電力拖動的榮譽。1834 年，俄國科學院士 Б. С. 亞哥比在世界上首先創造了可以實際應用的電動機。經過幾年以後，他把自己發明的電動機裝到快艇上來進行試驗。快艇開動的速度為 2—5 公里/小時，並逆流載運 12 人。

B. H. 契科列夫首先用電動機帶動機器工作，在 1872 年他用電池供電的電動機來帶動縫紉機進行表演。B. H. 契科列夫為曳引載貨駁船而設計了具有螺旋牽引裝置的電動船。

电力拖动的理論基础——把电能轉变为机械能的体系的理論，首先由 Л. А. 拉契諾夫教授在他的論文「电气机械工作」中作了論述，这篇論文登載於 1880 年出版的「电」雜誌上。

傑出的俄国工程师 М. О. 多利沃-多布罗沃利斯基的事業对工業中广泛地应用电能具有巨大的意义，因为他的輝煌功績为交流电在工業中的应用开辟了寬广的道路，从此之后，交流电的应用就推广於全世界。他在 1889 年所發明的三相異步电动机，是目前世界各国所有工業部門所用的主要电动机。

苏联科学家和工程师，对电力拖动裝置的进一步發展有偉大的功勳。科学家 С. А. 林开維奇、В. К. 波波夫、Л. П. 莫罗佐夫、А. Т. 郭洛宛、С. А. 普列斯、Р. Л. 阿罗諾夫等人於 1925 至 1932 年間，首先在世界上創立了电力拖动理論的巨大著作。直到目前为止，在外国的文献中既沒有一篇有价值的有关闡述电力拖动的論文，也沒有一本有系統的教科書。

Ф. Н. 什克利亞爾斯基教授和他的學生們已开始了關於矿山机械电力拖动問題的科学研究工作。副教授 А. Е. 馬克西莫夫和斯大林獎金兩次获得者工程师 В. С. 杜林在电力拖动方面也正进行着巨大的科学研究工作，在工程师杜林的领导下，作者及其同仁們研究出了提升机、康拜因、挖掘机、压气机站及水泵站等用的許多独創的电力拖动裝置。

第二章 电力拖动理論的基本概念

第4节 电力拖动裝置的型式与其一般特性

电动机用来帶动生产机，以完成各种工作。生产机通常叫作工作机。

在大多数的情况下，利用中間傳动機構（軸、滑輪、皮帶、齒輪等）来执行从电动机軸到工作机軸間的傳动作用，此中間傳动機構即称为机械傳动裝置。

电动机、机械傳动裝置和工作机組成一复杂的机械設備，称为生产机組。

电力拖动裝置是用来驅使工作机运动的裝置，为生产机組的一部分。它由电动机、电动机与工作机之間的机械傳动裝置和控制电动机用的控制器械三部分所構成。

电力拖动裝置的形式可分为組合拖动，單机拖动，以及多机拖动。

組合电力拖动是几个工作机由一个电动机帶动，因而按裝有相应的机械傳动裝置。由於以下的原因，这种形式的拖动已不用於矿山工業中：1）必須按裝笨重的机械傳动裝置，这样就大大地降低了設備的总效率；2）所有的設備構造复杂，尺寸龐大，因而完全不适用於用在井下开采中；3）因为在电动机停止運轉时，立即会影响很多工作机的生产，所以降低了生产中的可靠性。

單机电力拖动是某工作机械由其單独的电动机帶动。这种裝置形式在矿山中用得最广泛。

多机电力拖动是同一工作机械的各別工作機構由个别的电动机来帶动。在矿山工業中屬於多机拖动的有挖掘机、矿用康拜因等。

單机与多机电力拖动裝置是现代的矿山工業中最完善的拖动裝置，因为可以完全利用电动机的宝贵的調整性能，以及設備的