

煤矿电工手册

第一卷

煤矿电工手册

第一分册

煤矿电工手册

第一卷

煤矿电工手册編輯組編著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本手册共分三卷，第一卷为电工基础和电工材料；第二卷为矿用电气设备和矿山电力拖动；第三卷为矿山供电、通讯信号和技术保安。其特点是重点和全面相结合，普及与提高兼顾，理论和实际并重，材料比较新颖，内容比较丰富。和一般手册不同，本手册既有原理部分又有实用部分，既有曲线图表又有文字说明，并力求达到通俗易懂，深入浅出。

这部手册的读者对象主要是煤矿机电工人，对煤矿机电工作者也颇有参考价值。

总审校：吴震春、姚承三、陈清泉、

编 审：林 英、成国柱、王美君、杨秉仁、
李汝弼、张在然、赵良璧、姚承三、
陈清泉、喻纯新及北京矿业学院机电
专业56年级同学

1570

煤 矿 电 工 手 册

第 一 卷

煤矿电工手册编辑组编写

煤炭工业出版社出版（社址：北京东长安街煤炭工业部）

北京市书刊出版业营业许可证出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华书店发行

开本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印张16 字数 410,000

1960年5月北京第1版 1960年5月北京第1次印刷

统一书号：15035·4165 印数：00,001—10,000册 定价：2.40元

出版說明

这部手册是根据广大煤矿机电工人的要求，經我社發起和組織，由北京矿业学院机电系师生和各大矿区技术人员搞大协作采取五結合的方式在北京矿业学院党委的直接领导下集体編写而成。其中吸取了現場工人、技术人员的实际經驗以及教学与設計过程中的电工理論。在編写过程中曾深入开灤矿区，多次召开工人和技术人員座談会，广泛征求意见并搜集有关資料，在此期間，曾蒙开灤党委的大力支持和热情招待，給予我們工作很大方便。此外，并向各有关部门和沈陽、撫順、鷄西等地制造厂搜集了最新产品資料，以力求緊密結合中国煤矿实际情况及反映我国大躍进的技术成就。該手册的出版將給煤炭工業战綫上的广大机电工人同志們以極大的方便，但由于時間倉卒，一定会有某些缺点、甚至錯誤之处，材料搜集恐还不够清和广，尤其是在这一日千里的技术革新和技术革命运动中，新經驗不断湧現，万望广大讀者热情提供寶貴意見，以便更好补充和修正。

煤炭工業出版社

序 言

六十年代的第一个春天，在煤炭工業战线上，开展了一个以机械化、半机械；自动化、半自动化；水力化、半水力化为中心的羣众性的技术革新和技术革命运动，它標誌着我国的煤炭工業已經进入了一个从我国具体情况出發，創造出一套系統、完整、具有独特風格的煤炭工業科学技术的新阶段。可以預料：在不太長的时间內我国煤炭工業科学技术一定会攀登上世界先进水平的高峯。

在大躍进的年代里，我国的电机、电器制造和电力、電訊技术有了飞躍的發展。依賴进口和只能仿制的阶段已經过去了。随着煤炭工業的不断發展，矿用电机、电器的制造工業均已建立和發展起来。各种新型电气設備，如外水冷式采煤用防爆电动机、岩石电鑽、以及自动控制 and 自动檢測裝置等都已試制成功并开始投入生产，它們將有力地推动煤炭工業技术的迅速躍进。

在羣众性的技术革新和技术革命运动中，先进的生产技术不断湧現出来。裝載、运输、提升綜合自动化和变电所無人控制的实现；三無工作面和工作面各类机械大量的产生；水力采煤和快速掘进机电設備的改进和創造，都表明煤炭工業在消除或減輕笨重体力劳动方面已經迈进了一大步，煤矿工人成为按电鈕工人的时代已經不远了。

在这种大好形势下，編写一部結合我国实际、反映我国技术水平、适合煤矿工人使用的“煤矿电工手冊”，已經成了广大煤矿机电工人的普遍要求。这部手冊就是为了适应这一形势、滿足这一要求而編写的。由于手冊的編写是以煤矿机电工人为主要对象，以滿足生产需要为主要目的，所以，与其他同类手冊相比，在內容編排和文字叙述方面都有一定的特点：該手冊除具有一般手冊所有的工具書的作用外，并用通俗易懂的文字闡明了各种电气設備的运行原理和計算方法，有理論、有实际、有公式、有說明，同时，为了介紹某些公式和諾謨圖表的使用，还加入了必要的实用例題。在內容方面，除尽量反映我国先进技术，以便能更快更好地推广以外，为了工人查閱方便，

各种电气设备的選擇和控制都按生产机械編排，不是像一般書籍那样，按理論系統或控制类型編排。在編写过程中，为了使这部手冊更加完善和适合生产需要，曾先后深入矿区征求了煤矿工人和工程技术人员意見。

为了便于携帶和使用，这部手冊分三卷出版。第一卷包括电工理論基础、一般参考資料和电工材料；第二卷是矿山电气設備，包括各种电机、电器和生产机械的电力拖动；第三卷包括矿山供电、通訊信号裝置和矿山电气安全技术等内容。

这部手冊是根据讀者的要求和煤炭工業出版社的發起，在北京矿业学院党委的领导下，由开灤煤矿总管理处，撫順矿务局、大同矿务局、本溪矿务局、淄博矿务局、京西矿务局、北京煤矿設計院、唐山煤矿設計院等單位的技术人員及該院机电系师生集体編写的。此外，沈陽低压开关厂、沈陽高压开关厂、沈陽变压器厂、鷄西矿山机械厂、撫順矿灯厂、撫順重型机械厂、天津煤矿專用設備制造厂等單位也热情地提供了有关国产机电设备的技术資料。因此，可以說，这部手冊是大躍进和共产主义大协作的产物。

在党中央和毛主席的英明领导下祖国的社会主义建設事業，正在一日千里的向前迈进。煤炭工業的全体职工在毛澤东思想的指导下，正高举着总路綫、大躍进、人民公社的紅旗沿着技术革命的大道前进。煤炭工業正在日新月異地改变着自己的技术面貌。我們相信，这部手冊的出版将会在这轟轟烈烈的技术革新，技术革命运动中，發揮它应有的作用。但由于經驗不足和時間短促，在編写过程中不可避免的会有一些遺漏、缺点甚至發生錯誤，我們衷心希望讀者能給我們提供寶貴的意見，以便在重版时修改和补充。

“煤矿电工手冊”編輯組

目 录

第一篇 电工基础理论

出版说明	感应	15
序言	一、磁与磁场	15
第一章 电工基本原理	二、电磁	16
§ 1-1 电的概念	三、电磁力	16
一、电的发现	四、左手定则	17
二、电子学说	五、两根平行载流导体 的相互作用力	18
三、静电与电流	六、磁通	19
四、直流电与交流电	七、电磁感应	20
五、电能的来源	八、线圈中的感应电势	20
§ 1-2 电压、电流和电阻	九、自感	21
一、电压	十、互感	22
二、电势	十一、涡流	23
三、电流	十二、磁场能量	23
四、电阻	§ 1-5 磁路	24
五、电阻系数	一、磁路	24
六、电阻温度系数	二、磁路欧姆定律	25
七、电导与电导系数	三、磁路计算方法	26
八、电阻的连接	四、铁磁物质的磁化 与反复磁化	29
§ 1-3 电路	§ 1-6 电磁铁	32
一、电路的概念	一、电磁铁及其吸力	32
二、欧姆定律	二、交流电磁铁	36
三、电势、端电压与 电压降	三、电磁铁线圈的计算	39
四、克希荷夫定律	§ 1-7 电感与电容	41
五、克希荷夫定律的 应用	一、电感	41
§ 1-4 磁、电磁力、电磁	二、电容	41

三、电容器的联接	47	一、單位制	79
四、电場能量	47	二、电磁單位制	81
§ 1-8 交变电流	48	三、絕對实用單位制中各 种單位的名称和定义	82
一、交变电流的概念	48	四、絕對实用單位制与国 际实用單位制的換算 表	83
二、頻率与磁極的关系	48	五、絕對实用單位制 与絕對靜电單位制、 絕對电磁單位制的換 算表	83
三、交流的瞬时值、 平均值、有效值	50	§ 2-2 常用电工量的名称、 符号及其絕對实用單 位制的主要單位和輔 助單位	86
四、电角、相角差或 相位差	51	§ 2-3 一般技术量度常用的符 号及單位	88
五、交流电路中的电 压和电流	52	§ 2-4 各种量度單位的換 算	89
六、振盪电路	60	一、各国度量衡表	89
七、串联諧振	60	二、公制度量衡表	91
八、并联諧振	61	三、公制度量衡与市制換 算表	93
九、三相电路的联接 和电压、电流的关系	62	四、長度換算表	94
十、三相交流产生旋 轉磁場的原理	64	五、米与呎換算表	95
§ 1-9 电流的功、功率 和功率因数	65	六、呎与米換算表	97
一、功、功率和能	65	七、毫米与时小数換算表	99
二、电功率和电能	66	八、吋(整数)与毫米換算 表	101
三、交流电的功率和 功率因数	67	九、吋(分数、小数)与毫 米換算表	102
四、三相电功率	69	十、呎吋数、分数、小数 与毫米換算表	103
五、功率因数的改善	72		
§ 1-10 电流的效应	75		
一、电流的热效应	75		
二、电流的磁效应	76		
三、电流的机械效应	77		
四、电流的化学效应	77		
第二章 一般参考資料	79		
§ 2-1 电工量度的單位制	79		

十一、呎吋数、分数与毫 米换算表.....	105
十二、面积换算表.....	107
十三、平方米与平方呎 换算表.....	108
十四、平方呎与平方米 换算表.....	109
十五、平方厘米与平方吋 换算表.....	110
十六、平方吋与平方厘米 换算表.....	111
十七、吋分数的圆周与圆 面积.....	112
十八、吋与吋分数的圆面 积.....	113
十九、体积容积换算表.....	115
二十、立方米与立方呎 换算表.....	116
二一、立方呎与立方米 换算表.....	117
二二、立方厘米与立方吋 换算表.....	117
二三、立方吋与立方厘米 换算表.....	118
二四、立升与加侖(美制) 换算表.....	118
二五、加侖(美制)与公升 换算表.....	119
二六、英(液)加侖与升(立 升)换算表.....	119
二七、重量换算表.....	120
二八、公斤与磅换算表.....	121
二九、磅与公斤换算表.....	125

三十、單位長度重量換算 表.....	129
三一、單位体积重量換算 表.....	129
三二、單位長度重量(公 斤/米与磅/呎)換算 表.....	130
三三、單位長度重量(磅/ 呎与公斤/米)換算 表.....	130
三四、公斤/平方米与磅/ 平方呎換算表.....	131
三五、磅/平方呎与公斤/ 平方米換算表.....	131
三六、公斤/平方厘米与磅/ 平方吋換算表.....	132
三七、磅/平方吋与公斤/ 平方厘米換算表.....	132
三八、溫度換算表.....	133
三九、速度換算表.....	134
四十、時間換算表.....	134
四一、压力單位換算表.....	135
四二、电力、热力、动力 当量換算表.....	135
四三、功率單位換算表.....	136
四四、馬力与瓩換算表.....	137
四五、瓩与馬力換算表.....	138

§ 2-5 数学基本公式参考 表.....	139
一、数学符号.....	139
二、三角公式.....	140
三、求积公式.....	141
四、数字函数表.....	142

五、分数的平方根与立方根..... 171

六、十以下的多次方根数表..... 171

七、分数小数对照表..... 172

八、指数函数表..... 173

九、重要常用对数表..... 174

十、三角函数表..... 175

十一、正弦余弦真数表..... 177

十二、正切余切真数表..... 183

十三、 $\cos\varphi$ 和 φ , $\sin\varphi$ 及 $\operatorname{tg}\varphi$ 的对照表..... 189

十四、三角分秒与度数小数换算表..... 190

十五、度与弧度的换算表..... 192

十六、常用四位对数表..... 193

§ 2-6 电工基本公式..... 198

§ 2-7 中国电压标准..... 204

§ 2-8 用电设备和照明容许电压损失..... 207

一、各种用电设备容许电压损失..... 207

二、照明线路中容许的电压损失值..... 207

§ 2-9 电气设备的许可温度与温升..... 208

一、电器各部分最大许可温度及温升..... 208

二、煤矿用电气设备温升..... 210

§ 2-10 电气设备及材料的工频耐压试验电压值..... 210

一、电气设备的耐压试验电压值..... 210

二、三芯纸绝缘电缆耐压试验交直流电压值..... 211

§ 2-11 绝缘电阻标准..... 211

一、高压电器的绝缘电阻标准..... 211

二、低压电器的绝缘电阻标准..... 212

三、电机的绝缘电阻标准..... 212

四、最低绝缘电阻值..... 215

§ 2-12 容量、电压、电流及功率因数对照表..... 215

一、在通用三相电压(伏)下,容量为1瓩时,功率因数与电流(安)的对照表..... 215

二、在通用的三相电压(伏)下,容量(仟伏安)与电流(安)对照表..... 216

§ 2-13 电气线路图的图例及符号..... 218

一、控制线路图例..... 218

二、供电系统图例..... 223

三、线路图中电器元件的一般表示符号..... 225

§ 2-14 各种机械的传动效率..... 225

§ 2-15 门德雷耶夫元素周期表及国际原子量表..... 226

§ 2-16 中国拼音字、拉丁文、俄文、希腊文字母表..... 229

第二篇 电工材料

第三章 絕緣材料

§ 3-1 絕緣材料的概念分类

与性質 232

一、絕緣材料的概念与
分类 232

二、矿用电气设备对絕緣
材料的要求 233

三、絕緣材料的級別 234

四、絕緣材料的电气性
質 238

五、絕緣材料的机械性
質 245

六、絕緣材料的物理化学
性質 247

§ 3-2 变压器油、电攪油及电 容器油 251

一、矿物油的种类和用
途 251

二、变压器油的性質与試
驗 251

三、变压器油的处理和維
护 256

四、合成油和变压器油的
代用品 259

五、电攪油及电容器油 259

§ 3-3 絕緣漆 261

一、絕緣漆的种类 261

二、热烘瀝青漆 261

三、气干瀝青浸漬漆 261

四、水乳浸漬漆 263

五、气干耐电灰瓷漆 263

六、B級絕緣浸漬漆 268

七、低温硅鋼片漆 264

八、耐高温硅鋼片漆 265

九、35千伏用电攪膠 266

十、絕緣油漆的衰老与
沾污 267

§ 3-4 絕緣漆布和絕緣漆 綢 267

一、絕緣漆布和絕緣漆
綢 267

二、黑色棉漆布 272

三、黑膠布帶 272

§ 3-5 电工用玻璃布(絲) 及其絕緣制品 274

一、玻璃布 274

二、玻璃綢布 274

三、玻璃紗布 275

四、玻璃帶 275

五、玻璃漆布 276

六、玻璃絲和玻璃絲制品
(玻璃紗包綫) 276

七、玻璃膠布板 279

八、玻璃云母絕緣制品 280

§ 3-6 云母、合成模制品及 石棉 281

一、云母帶 281

二、云母箔 283

三、合成薄膜絕緣紙箔 287

四、整流子(換向器)云
母板 288

五、塑型云母板 289

六、柔軟云母板.....	292	§ 4-2 高电导材料	33
七、襯垫云母板.....	294	一、銅——硬銅、軟銅及銅	
八、粉云母紙.....	295	合金.....	339
九、云母代用品.....	298	二、鋁及其合金.....	342
十、石棉.....	298	三、鋼、鉄.....	345
§ 3-7 層压品、卷制品、电工塑		四、低熔点合金.....	346
料及其他有机纖維材		五、各种金屬材料的性	
料.....	300	質.....	347
一、層压品及卷制品.....	300	§ 4-3 电綫	352
二、电工塑料.....	311	一、綫規.....	352
三、其他有机纖維材料.....	313	二、电綫的分类及用途.....	360
§ 3-8 电工用树脂、橡膠、瀝		三、各种电力电綫的允許	
青及石腊	315	电流.....	398
一、电工树脂.....	315	四、电綫的試驗和选择.....	408
二、橡膠.....	321	§ 4-4 电阻材料	413
三、瀝青.....	322	一、金屬电阻材料.....	413
四、石腊与地腊.....	322	二、合金电阻材料.....	416
§ 3-9 陶瓷、玻璃及电气絕緣		三、液体电阻材料.....	421
岩石	323	§ 4-5 碳阻及电刷	421
一、陶瓷.....	323	一、碳阻的性質与碳电	
二、玻璃.....	332	極.....	421
三、电气絕緣岩石.....	333	二、电刷的主要性能.....	422
第四章 导电材料	334	三、电刷的种类及用途.....	425
§ 4-1 导电材料的一般性		四、电刷的簡單試驗法.....	425
質	334	五、避雷器用的奇利特和	
一、导电材料概說.....	334	維利特.....	425
二、趋表效应与导体的交		§ 4-6 接触材料	428
流电阻.....	335	一、接触电阻.....	428
三、接触电位差与热电		二、对开合接触点材料的	
势.....	336	要求.....	429
四、导电材料的机械性		三、接触点材料的种类与	
能.....	338	用途.....	429
五、金屬的氧化作用.....	339	第五章 磁性材料	434

§ 5-1 磁性材料的分类及一般性質	434
一、磁性材料的分类	434
二、磁性材料的一般性質	434
三、影响磁性材料性質的因素	435
§ 5-2 硅鋼片	437
一、硅鋼片的品級及用途	
§ 5-3 鋼鉄	445
一、純鉄	445
二、鑄鉄及鑄鋼	446
三、各种軟磁性材料的选用	446
§ 5-4 永久磁鉄	447

一、硬磁材料的主要性質	447
二、永久磁鉄及其性能	447
三、磁性材料的磁化曲綫	450
§ 5-5 高导磁系数合金	456
第六章 其他材料	456
§ 6-1 有关电工的附屬材料	456
一、軸承	456
二、潤滑油脂	464
三、皮帶輪和滑軌	465
四、傳动皮帶	466
§ 6-2 金屬材料	469
§ 6-3 一般材料介紹	469
比重 密度 比热 熔点	
沸点 冰点 硬度 强度	

第一篇 电工基础理论

第一章 电工基本原理

§ 1-1. 电的概念

一、电的发现 很早以前就有人发现：有些物体如硬橡胶或玻璃与毛皮或丝绸摩擦后，能够吸引通草球、纸片等轻物。说明这些物体在摩擦后能够带电，吸引轻物就是带电的具体表现。

二、电子学说 为什么摩擦后会发生带电现象呢？这是由于：自然界一切物质都是由极小的微粒——原子组成。原子由一个带正电荷（ $+$ ）的原子核和若干带负电荷（ $-$ ）的电子组成。电子围绕原子核（速度为每秒数百米）迴转，就好像地球和行星围绕太阳运行一样

（见图1-1）。各种原子的原子核重量和所带电荷多少是不一样的，围绕原子核旋转的电子数目也不一样。但是在正常情况下（未摩擦前），原子核所带的正电荷数目总是和围绕它旋转的电子数目相等。所以在

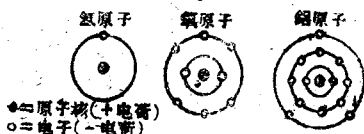


图 1-1 氢原子、氧原子与铝原子的构造简图

这时候，原子中正负电荷的作用恰巧互相抵消，物体不表现带电现象。经过摩擦后，一种物质（如硬橡胶）原子中的电子跑到另一种物质（如毛皮）的原子中去。得到电子的物体（毛皮）便带负电荷，而失去电子的物体（硬橡胶）带正电荷。摩擦生电就是电子从一个物体转移到另一个物体的过程。

导体、绝缘体和半导体 所有物质可分为三类：导体、绝缘体和半导体。导体的特点是电子能在它的内部自由移动。例如金属，其外层轨道上的电子与原子核的联系比较弱，所以容易脱离自己的轨道，由一个原子跑到另一个原子中去。由于电子能在金属内部自由移动，所以能导电。反过来，在绝缘体中，原子外层轨道的电子与原子核联系很强，不易脱离自己的轨道，不能由一个原子跑到另一个原子中

去。因此它不能导电。云母、玻璃、絲、紙、瓷、石蜡……等都是絕緣体。性質介于导体和絕緣体之間的叫半导体。如硅、鍺、硒、硼、磷和氧化銅都是半导体。

庫倫定律 實驗證明，帶电物体之間相吸引（異性电）或相排斥（同性电）的力量和电荷的多少（电量）成正比，而和帶电体間的距離平方成反比。这个定律是法国物理学家庫倫證明的，叫做庫倫定律。可用公式表示：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon R^2} \text{牛頓}$$

式中 Q_1, Q_2 ——帶电体所帶电荷数量（庫倫）；

R ——帶电体之間的距離（米）；

ϵ ——介質常数（介电系数）。

三、靜电与电流 磨擦产生的电荷是有限的，如果用一根金屬導綫將帶正电荷的帶电体和帶負电荷的帶电体連接起来，那么电子会由帶負电荷的帶电体流向帶正电荷的帶电体，但是由于沒有不断产生电荷的来源，所以电子的流动很快就停止了。磨擦产生的电荷不能保持电子持續不断的流动，叫做靜电。干电池或蓄电池中，由于不断發生化学作用而产生电荷，所以如果把电池的正負極用導綫連接起来，導綫內便能有持續不断的电子流动。这种持續的电子流动叫做电流。按理，电流的方向應該以电子流动的方向为标准，但習慣一般認為电流是由正極流向負極，即和实际上电子流动的方向相反。

四、直流电与交流电 电流分为直流电和交流电。流动方向始終不变的电流叫做直流电（以英文 $D.C.$ 表示），流动方向和大小作週期性变化的电流叫做交流电（以 $A.C.$ 表示）。直流电又可分为恒定直流和脉动直流二种。恒定直流不但电流方向始終不变，就是大小也始終不变。脉动直流的方向虽然不变，它的大小却是随時間而变化的。就好像脉搏的跳动一样。直流电、交流电和脉动电流可用圖表示如圖 1-2。

五、电能的来源 电能可以由热能、化学能、磁能、光能、机械能和原子能轉变而产生。在發電厂內，用發電机將机械能（机械能又

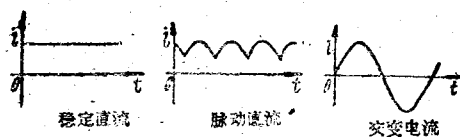


圖 1-2 恒定直流、脉动直流和交流电流

由热能或原子能产生)变为电能。送到用电户(煤矿、工厂)后,再利用电动机(马达)把电能变为机械能,来为生产服务。蓄电池和干电池能将化学能变为电能。光电池能将光能变为电能。反过来,利用电能也可得到机械能(电动机)、热能(电炉)、光能(电灯)和化学能(电解、充电)。一般用发电机来产生电能是最经济有效的方法。

§ 1-2. 电压、电流和电阻

一、电压 水流的流动是由于水位差(由高处往低处流)。同样电流的流动也是由于电位差。带正电荷的物体具有正电位,带负电荷的物体具有负电位,不带电荷的中性体具有零电位。将带正电位的发电机正极与带负电位的负极用导线连接起来,导线内就有电流流通。一般认为电流是由正电位流向负电位(与电子流动方向相反)。

电位差又称电压,一般用符号 U 代表。电压的单位是伏特(简称伏)。实用的电压有低压(0~1000伏)和高压(1000伏以上)。矿井中常用的电压有110伏、127伏、220伏、380伏、660伏、3千伏、6千伏和35千伏等。高压输电线的电压一般为35千伏、110千伏、220千伏、400千伏和600千伏。

二、电势(或称电动势) 电势就是能够保持电位差的能力。电池和发电机都能保持在它们的正负极之间有一定的电位差,所以我们说电池和发电机能产生电势。电池和发电机之所以能产生电势是因为它们能把化学能或机械能变为电能。电势的单位也是伏特。干电池的电势约为1.5伏特,交流发电机的电势一般为6300~13800伏特。

三、电流 电子沿导体移动就形成了电流。电流的强弱用电流强度(简称电流)来表示。电流强度就是指每秒钟流过导体横截面的电