礦山變電所值班員讀本

蘇聯 阿·阿·珂拉猶列夫著

燃料工業出版社

礦山變電所
值班員讀本

蘇聯 阿·阿·珂拉伯列夫著

郭 峻 宇譯

蘇聯煤礦工業部幹部管理局批准作爲培訓班教材

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書內容是介紹礦山變電所電氣設備及變電所運行方面的基本知識，書中並簡要地叙述了一些與變電所值班員有關的安全技術。

本書可用以培訓礦山變電所值班員。

* *
*

礦山變電所值班員讀本

ДЕЖУРНЫЙ ШАХТНОЙ ПОДСТАНЦИИ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1954年哈爾科夫俄文第一版翻譯

蘇聯 А. А. КОРАБЛЕВ著
郭 峻 宇譯

燃料工業出版社出版
地址：北京東長安街燃料工業部
北京市書刊出版業營業許可證出字第012號
北京市印刷一廠排印　新華書店發行

編輯：梁祖佑　校對：郭益華　祁娥
書號445 煤 167
850×1092¹/₃₂開本 * 7¹/₄印張 * 167千字 * 定價(8)一元三角六分
一九五五年六月北京第一版第一次印刷(1—3,100册)

目　錄

前　言…… 5
第一章　電工學的基本知識 …… 8
一、直流電 …… 10
§ 1. 電源的獲得…… 10
§ 2. 電動勢、端電壓及電流值…… 11
§ 3. 電阻…… 12
§ 4. 電功率及功…… 17
§ 5. 效率…… 18
§ 6. 電磁感應…… 19
§ 7. 直流發電機及電動機的動作原理…… 21
二、交流電 …… 25
§ 8. 普通常識…… 25
§ 9. 自感現象、交流回路的有功電阻及電感電阻…… 26
§10. 交流回路的功率…… 28
§11. 三相電流、星形連接與三角連接、三相功率…… 29
§12. 交流變壓…… 31
§13. 交流感應電動機…… 33
§14. 電動機轉子旋轉方向的改變…… 37
§15. 電氣儀表…… 37
第二章　礦山供電 …… 43
§ 1. 礦山供電概論…… 43
§ 2. 礦山地面變電所…… 46
§ 3. 井下中央變電所…… 46
§ 4. 井下採區變電所…… 47
§ 5. 線路概論…… 47
§ 6. 礦山電纜線路…… 49
§ 7. 線路的短路電流…… 51

§ 8. 短路電流的限制…… 53
§ 9. 變電所電氣設備的選擇…… 53
第三章 礦山地面變電所的設備 …… 54
一、高壓設備 …… 54
§ 1. 礦山地面變電所的配電系統…… 54
§ 2. 配電設備的母線…… 59
§ 3. 絕緣子…… 61
§ 4. 高壓斷路器…… 64
§ 5. 高壓斷路器的操作裝置…… 78
§ 6. 隔離開關…… 87
§ 7. KCA型信號閉鎖接點…… 95
§ 8. 負荷斷路器…… 97
§ 9. 表用互感器…… 98
§10. 電抗器……102
§11. 高壓保險器……104
§12. 電力變壓器……109
二、低壓設備 ……112
§13. 刀形開關及切換開關……112
§14. 熔斷保險器……113
§15. 空氣自動斷路器……114
§16. 配電裝置……117
§17. 變電所照明……121
§18. 變電所的接地裝置……121
第四章 變電所的電氣保護……122
§ 1. 緒論……122
§ 2. 幾種主要型式的繼電器……124
§ 3. 繼電保護系統……131
§ 4. 高壓斷路器操作裝置的控制系統……138
§ 5. 變電所設備的過電壓保護……140
§ 6. 變電所絕緣狀況的檢查……143
第五章 井下中央變電所設備……145
§ 1. 井下中央變電所的設置地點……145
§ 2. 對井下中央變電所洞室的要求……146
§ 3. 井下中央變電所的高壓設備……146
§ 4. 井下中央變電所的接地裝置……156
第六章 井下採區變電所 ……159
§ 1. 緒論……159

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

§ 2. 採區變電所的高壓設備……162
§ 3. 採區變電所的低壓設備……162
§ 4. 採區變電所的配電系統……165
§ 5. 移動式採區變電所……166
第七章 礦山變電所電氣設備的運行……167
§ 1. 變電所電氣設備運行的一般指示……167
§ 2. 礦山變電所電氣設備運行的特點……168
§ 3. 電力變壓器的維護……169
§ 4. 油斷路器的維護……171
§ 5. 隔離開關的維護……172
§ 6. 絕緣子及母線的維護……173
§ 7. 電抗器的維護……174
§ 8. 靜電蓄電器的維護……174
§ 9. 配電盤、保護儀表及二次配電儀表的維護……174
§10. 度量儀表的維護……175
§11. 儀用互感器的維護……176
§12. 接地的維護……176
§13. 保險器的維護……176
§14. 變電所油業務的維護……177
§15. УРВ-6 及 ЯБ-3 型整套的高壓配電裝置的維護……178
§16. 電纜業務的維護……179
§17. 備用的及重新接用的設備之維護……180
§18. 變電所建築及所內照明的維護……180
§19. 變電所設備的預防性試驗……181
§20. 預防性試驗及絕緣電阻的標準……182
§21. 有計劃的預防性設備檢修……184
§22. 變壓器的並列運行……185
§23. 礦山變電所的技術文件……186
第八章 變電所電氣設備的故障與事故……187
§ 1. 緒論……187
§ 2. 油斷路器的故障……188
§ 3. 電力變壓器的故障……188
§ 4. 電抗器、絕緣子、母線及隔離開關的故障……189
§ 5. 架空線路的故障……189
§ 6. 電纜線的故障……190
§ 7. 電纜故障點的尋找……190
第九章 礦山變電所值班員的操作工作……191

§ 1. 倒閘操作的程序……191
§ 2. 輸出線的合閘與切斷……193
§ 3. 用一個公用的斷路器連接的饋電線的倒閘……194
§ 4. 單母線分段變電所的倒閘……195
§ 5. 雙母線系統的倒閘……196
§ 6. 電力變壓器的合閘與切斷……197
§ 7. 線路及變壓器的定相……198
§ 8. 熔斷保險器的更換……199
§ 9. 對地短路點的尋找……200
§10. 靜電蓄電器組的合閘與切斷……200
§11. 新設備或經過檢修的設備參加運行……201
§12. 操作文件……201
第十章 安全技術的基本知識……202
§ 1. 電流危險性的一般概念……202
§ 2. 人身事故的原因……203
§ 3. 防止電流造成傷害的方法……204
§ 4. 保護用具……207
§ 5. 安全技術的學習與考試制度……210
§ 6. 高壓設備上的工作……211
§ 7. 對井下變電所設備的特殊要求……212
§ 8. 發電廠及線路技術操作規程的一般常識……212
§ 9. 防火措施……213
§10. 觸電時的急救……213
第十一章 礦山工作的電氣指標……215
§ 1. 力率及其改善方法……215
§ 2. 電耗的單位定額……219
§ 3. 電價率……219
第十二章 變電所自動化概論……220
附 錄……222
附錄 1 電力系統圖的代表符號……222
附錄 2 值班操作人員的職責(錄自蘇聯 1950 年的發電廠與電力網技術操作規程)……225
附錄 3 配電設備的預防性試驗期(錄自技術操作規程)……227
附錄 4 第 75 號倒閘工作票……228
附錄 5 第一種命令票……228
附錄 6 第二種命令票……229

前　言

煤礦工業是國民經濟的先行部門之一。煤不僅可以作爲鐵路、輪船及發電廠發電的燃料，並且也是鋼鐵冶煉所必需的。利用煤作原料的化學工業可以生產從人造石油、潤滑油到藥品及人造纖維等許許多多不同的產品。

沒有產煤量的擴大，國民經濟的發展是不可能的。В. И. 列寧曾經說過：「煤是工業的眞正食糧」。

在沙皇時代，儘管俄國有豐富的煤藏，但他在煤礦開採上却處於落後的地位。煤礦採掘量巨大的增長只有在十月社會主義革命之後才成爲可能。

下列這些以百萬噸表示的數字表明了我們祖國產煤量的增長情況。

1913年	1928年	1932年	1937年	1940年	1950年計劃
29.0	35.5	64.4	128.0	166.0	250.0

由於黨及政府不斷地關懷，以及蘇維埃礦工們所表現的勞動英雄主義，在短時期內就治好了在衛國戰爭時期德國法西斯强盜所帶給煤礦工業的創傷。產煤量進一步地增長，沉重的採煤過程高度的機械化，生產上更加安全以及礦工勞動條件的改善等表明了戰後蘇聯煤礦工業發展的情況。

目前蘇聯的礦井是世界上機械化程度最高的。採用綜合機械化及採煤過程自動化使礦工的勞動不斷地減輕，使勞動生產率進一步地提高。

黨與政府經常關懷煤礦工人的生活，蘇聯政府爲礦工規定了一系列的特免和優先權：每年有礦工節，對於工齡高的無過失的人員給以勳章或獎章的獎勵，提高臨時喪失工作能力人員的津貼

及養老金，每年有年功津貼，頒發頓巴斯礦井恢復紀念章，對於作領導工作的工程技術工作者給以榮譽稱號，設立了「榮譽礦工」的稱號。

爲煤礦工業造就專家的學校的增多，科學研究機關的發展，爲礦工預備的技術學校網與義務教育網的發展，在煤礦工業中採用新型的機器等，所有這一切，都是黨和政府對礦工關懷的光輝的範例。

煤礦工業中實行廣泛的機械化建基於電能的應用上。在革命前俄羅斯的煤礦很少使用電力，幾乎全部採煤過程都是手工的；只有在十月社會主義革命之後，在執行第八次全俄羅斯蘇維埃代表大會上所通過的列寧的蘇俄電氣化計劃的基礎上，我國才充分地具備了實行煤礦工業電氣化可能性。根據該項計劃，國家電氣化是國民經濟恢復與發展的基礎。В. И. 列寧曾經說過：「共產主義即等於蘇維埃政權加上全國電氣化❶」。蘇俄電氣化計劃中規定要在10—15年內，在全國的工業區內建立 30 個容量爲150萬瓩的巨型電站。這個計劃在黨和政府的領導下已於 1931 年 1 月1日付諸實施了。這樣一來就創立了在我國主要煤礦區廣泛採用機械化的物質基礎。由於成功地執行了建築大量電站的 5 年計劃，因而創造了巨大的電能基礎。僅僅在戰後第一個 5 年計劃期內，現有電站容量就比 1940 年增加了一倍多。

伏爾加河的古比雪夫及斯大林格勒水電站、德涅伯河上的卡霍夫水電站、以列寧命名的伏爾加-頓運河以及齊姆良水電站是蘇聯和平政策鮮明的例證。這個政策將使蘇聯人民的生活更豐裕、更幸福，工人的勞動將更減輕。

在蘇聯共產黨第 19 次代表大會上所作的發展蘇聯國民經濟的第 5 個五年計劃的指示中，規定要進一步發展電站容量以及全部國民經濟部門進一步的電氣化。在這個計劃中電站的總容量將擴展到 1950 年的兩倍，而水電站的容量將擴大到 3 倍。第 5 個

❶ 列寧全集第4版第31卷484頁。

五年計劃的完成將意味着我們國家在從社會主義發展到共產主義的道路上向前邁進了一大步。

目前蘇聯的礦井是最完備的機械化了的企業，它有成百的各種複雜的機器，有幾十公里窄軌鐵路，在鐵路上行駛着許多電機車，有幾十公里的以電能供給井下各種機器的井下電纜，在地面上有龐大的生產建築物。

在第5個五年計劃期內，產煤量約增長43%，也就是說，比1940年大一倍。在第5個五年計劃中規定要更廣泛地採用實現綜合機械化的各種最新的礦山機器與機械，進一步地實現煤礦工業的技術再裝備，並保證勞動生產率的增長。

礦山變電所是礦山工作總體中最重要的環節之一。整個礦山工作決定於對礦山機械不間斷的供給電能。因此無論地面的或井下的礦山變電所值班員的任務都是重要的；礦山機械的工作，也就是全部礦山的工作，決定於礦山變電所值班員精確的工作。礦山變電所值班員不僅應該經常及定期地觀察變電所儀表的讀數，並應了解變電所全部裝備的構造，正確地進行倒閘操作，及時地消除變電所設備運行中的故障，了解技術保安規程，爲正確的安全的運行而努力。

對礦山的停電不僅是影響產煤，並且可能招致對礦工有生命危險的事故。本書定能幫助礦山變電所值班員提高技術知識，以便較好地執行其本職工作。

第一章　電工學的基本知識

電能是礦山各種機器及機械傳動所採用的一種主要能量。

在創立電工學方面的頭把交椅，實際上應該屬於那些曾以許多傑出的發現與發明豐富了科學領域的卓越的俄羅斯電工學家。在沙皇時代，廣大羣衆不知道這些俄羅斯學者與工程師的名字，而他們的發明也常常被攫奪或列到外國人的名字上。只有在偉大的十月社會主義革命之後，這些俄羅斯電工學家與工程師的發明及發現才得到正確的評價，並恢復了他們的優先地位。

俄國卓越的學者 M. B. 羅蒙諾索夫深入地研究了自然界的電氣現象，並正確地指出了遠距離輸電的可能性。1802 年 B.B. 彼得洛夫院士發現了電弧。

1839 年 Б. C. 雅科比製成了第一個電動機，用它在涅瓦河上開動小艇，並以此證明了電能實用的可能性。他又創立了電機原理，研究了電能電鑄現象的實際應用，製造了許多度量儀表，使利用電流的地雷爆破方法更臻完善，並進行了其他一系列的工作。

1872 年卓越的設計師 B. H. 奇科廖夫在世界上第一次以電動機開動縫級機，該電動機是由原電池供電的。此外奇科廖夫也創造了照明用的弧光燈，光的分散問題得到解決，也就是說幾個光源可以由一個發電機供電。他並製成了具有六個燈絲的白熱燈泡，並且每個燈絲只有當前一個燒壞之後才被接入。1891 年他又製造帶有一個由蓄電池供電的容量爲 2.25 馬力的小艇。

П. H. 雅伯勒奇科夫於 1876 年創造了有名的「雅伯勒奇科夫燭」的弧光燈，使交流電可以付諸實用，因而引起了電氣照明方面巨大的改革。「雅伯勒奇科夫燭」由兩個用瓷隔板分開的平行炭棒所組成，燃着後的炭棒間永遠保持一定的距離。「雅伯勒奇科夫燭」在很短時間內即推廣到全世界；這種照明方式人們稱之爲

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

「俄國之光」或「北方之光」。П. Н.雅伯勒奇科夫在電機、原電池及蓄電池方面也有過許多其他發明。П. Н. 雅伯勒奇科夫發明了具有敷以金屬氧化物加熱體的電燈，他利用感應裝置——世界上第一次出現的變壓器——研究了電流的分佈方式。

俄羅斯的電工學家 А. Н. 羅第金製成了世界上第一個白熱金屬絲的電燈。直到1874 年俄羅斯海軍船塢還用羅第金燈照明。

1888年俄羅斯的電工工程師 М. О. 德利瓦-德伯勒沃利斯基製造了第一個容量約 3 瓩的三相交流發電機。他並由此研究了三相感應電動機。由於在三相電流改進方面 М. О. 德利瓦-德伯勒沃利斯基工作的成就，1891 年得以在 175 公里的距離內送電 300 馬力，並爲此而製成了第一個三相升壓及降壓變壓器。

1882 年 И. Ф. 烏薩金在展覽會上公開實驗了可以接到某些光源的電路及電動機上的感應線圈。這樣一來烏薩金不僅成功地解決了照明用的交流變壓器問題，並且解決了電能轉變成機械能的問題。

發明家 Н. Н. 別諾爾道斯及 Н. Г. 斯拉夫亞諾夫建議用電弧銲接和切斷金屬。

偉大的俄羅斯學者 А. С. 波波夫是無線電的發明者，П. Л. 西林格是電磁電報機的發明者。

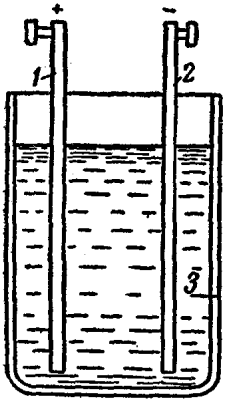
1890 年 В. Н. 奇科廖夫創造了世界上第一個自動斷路的電燈，並親自參加防爆照明的研究工作。

偉大的十月社會主義革命使我國電工學有充分發展的可能。執行五年計劃的結果，成功地實現蘇俄電氣化計劃（ГОЭЛРО計劃），並建立了巨大的機器製造工業，這使全部國民經濟各部門均能在最短期內採用電能。蘇聯的學者及工程師們，有充分的條件進行自己的工作，他們以新的發明與發現不斷地豐富科學，他們繼承了自己前輩的光榮傳統。

一、直　流　電

§1. 電源的獲得

原電池是最普通的電源，原電池的電能得自化學能。原電池可以一直工作到其化學能量的儲備耗盡時爲止。最普遍的原電池由浸於硫酸溶液中（第1圖）的銅板1及鋅板2所組成。銅板是正極，鋅板是負極。若用帶有小燈泡的導線把銅板及鋅板連起來，則有電流自銅板(正極)經由導線及燈絲流向鋅板(負極)。電池使用時，鋅板即逐漸溶於硫酸中，而銅板則由於硫酸的分解，在表面上浮有氫氣泡。通過此種化學變化，化學能轉變成電能。



第1圖　原電池裝置
1—銅板；　2—鋅板；
3—硫酸溶液。

原電池由於極化作用而逐漸地不能用了。銅板上冒出的氫氣呈氣泡狀堆積並覆蓋在銅板上的現象即爲極化現象，他妨害電流的通過。爲了消除極化作用，在正極板的周圍包以含有氧的退極化劑。氧與沉積於銅板上的氫化合而成水。在某些電池中，用放於氯化銨水溶液中的炭棒作正極，而用過氧化錳與石墨的混合物作退極化劑。原電池常用作電話設備之電源。

蓄電池也可以作爲電源。

蓄電池與原電池的區別，在於蓄電池內部所儲備的化學能係用蓄電池充電的方法得自直流電源(直流發電機)。亦即由外線供給的電能轉變成蓄電池內部的化學能，然後儲備於蓄電池中的化學能再重新轉變成電能。因此蓄電池能接於任一負荷(燈，電動機及其它)，蓄電池與原電池的區別在於它放電之後，可通以直流電重新充電，而消耗了其儲備能量的原電池却不能恢復。蓄電池有酸性與鹼性兩種。

酸性蓄電池由敷以特殊物質的鉛板作成的正極板以及格狀鉛板製成的負極板所組成。該負鉛板上充以氧化鉛。兩個極板均浸

於硫酸溶液中。這種蓄電池充電時，與電源正極相接的極板表面開始氧化，並在其上形成過氧化鉛(鉛與氧的化學化合物)；與電源負極相接的另一極板，相反的發生還原作用，亦即脫去其上的氧化鉛膜。

蓄電池帶上負荷時，即有電流從正極板流向負極板。此時蓄電池內發生相反的變化：正極板還原並使其上的過氧化鉛逐漸地變成氧化鉛，但負極板則相反地開始氧化而覆以氧化鉛，放電終了兩塊極板均覆有氧化鉛。

鹼性蓄電池的極板由裝以特殊物質的鐵柵板製成，並放於盛有鹼溶液的鐵殼中。

酸性蓄電池的工作電壓爲2伏，而鹼性蓄電池的平均工作電壓爲1.2伏。

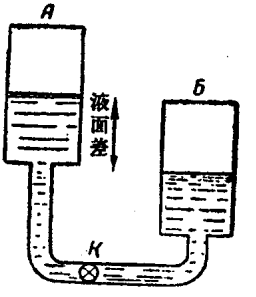
蓄電池用作礦山蓄電池機車及携帶型蓄電池燈的電源。

§2. 電動勢、端電壓及電流值

爲了更好地了解電路中發生的各種現象，常用沿着水管而流動的水作比喻。

在兩個互相連通的容器 A 及 B 內（第2圖）充以水。由於 A 容器的位置較 B 容器爲高，如果打開水龍頭 K，由於液面差的壓力作用，水將自 A 容器流向 B 容器。且容器的水位差愈大沿水管流過水量也愈多。

原電池或蓄電池的兩極與負荷相接時，電流即由於兩極間的電位差的影響而沿回路(導線)流過。這種位差稱爲電位差，它是電沿閉合回路流動的原因。所以電位差也稱電動勢，而以縮寫符號 э.д.с. 代表之。電動勢以專用的儀表——電壓表度量之。電動勢的單位是伏特(в)；千分之一伏特稱爲千分伏特；1000伏特稱爲千伏(кв)。



第2圖 互相連通的兩個水容器

水由一個容器流到另一容器時損失部分

壓力，這部分壓力消耗於克服水粒子與管壁的摩擦上。電流沿閉合電路而通過時同樣損失部分電動勢，這是因爲導體均具有電阻的緣故。電流不僅在外電路中流過(經過負荷)，並且也在電源內部流過(原電池、蓄電池等)；所以電源的電動勢於電流在電源本身通過時也損失一部分。減去電源內部損失後的電動勢的值稱爲端電壓，所以端電壓永遠小於電動勢，其差額值即爲電源內部的電壓降。

流經水管的水量決定於壓力值及水管直徑，同樣，流經回路的電量也決定於電動勢的值及回路的電阻(導體的)。每秒鐘通過回路的電量稱爲電流值。電流的單位稱爲安(*a*)；0.001 (千分之一)安培稱爲千分安(*ma*)，電流值以電流表度量之。

§ 3. 電　阻

導體對於通過的電流均具有電阻。導體愈長且其斷面愈小，則其電阻愈大。

此外，電阻值決定於導體的材料及溫度。銅線比同樣長度及同樣斷面積的鐵線的電阻小得多。導體的電阻隨着溫度的增加而增加。

每公尺斷面積爲一平方公厘的導體在 20°C 的情況下所具有的電阻稱爲某一導體的比電阻。

通常的希臘字母ρ(讀po)表示比電阻。電阻值以歐姆度量，並由下式計算之

$$R=\rho\frac{l}{s},$$

式中　R——導體電阻，歐姆；

ρ——導體的比電阻；

l——導體長度，公尺；

s——導體斷面積，平方公厘。

圓形導體的斷面積可以根據其直徑按下式計算之：

$$s=\frac{3.14d^2}{4}=0.785d^2\text{平方公厘},$$

式中　d——導體直徑，公厘。

某些導線材料的平均比電阻值如下表所示。

材料名稱	比電阻
銅	0.0175
鋁	0.029
鐵	0.13
鎳鉻	1.1

如果任一導體的端電壓等於一伏特，且通過導體的電流等於一安培的話，那末該導體的電阻即等於一歐姆。

例1. 計算長度爲 400 公尺，斷面積爲 50 平方公厘的電纜銅芯的電阻。

$$R=\rho\frac{l}{s}=\frac{0.0175\times 400}{50}=0.14\text{歐姆}.$$

例2. 計算直徑 $d=4$公厘，長度 $l=50$公尺鐵線的電阻。

$$s=\frac{3.14d^2}{4}=\frac{3.14\times 4^2}{4}=12.56\text{平方公厘}.$$

導體的電阻

$$R=\rho\frac{l}{s}=\frac{0.13\times 50}{12.56}=0.57\text{歐姆}.$$

度量電阻用的最大單位爲一邁格歐姆。一邁格歐姆＝1 000 000 歐姆。

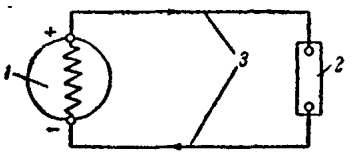
導體及絕緣　某些物體對電流通過的阻力高到在普通電壓值下，電流不能通過(亦即實際上通過的電流小到微不足道)。

不能通過電流的物體稱爲絕緣體(非導體)。橡皮、瓷器、玻璃、膠木、雲母板、隔電紙、天然雲母及化學上的純水等物體屬於絕緣體。

導電良好的物體稱爲導體，所有金屬都是導體。

歐姆定律　第 3 圖是由電源 1(如原電池、蓄電池、發電機)、用電器 2(如電燈、電熱裝置、電動機)及兩根連接電源與用電器的導線所組成的一個最簡單的電氣回路。電源與接在其上的導線

及用電器組成總回路。只有這個回路閉合時，才有電流沿着這個回路通過。



第3圖　最簡單的電氣回路

回路中的電流值決定於電動勢及整個回路電阻的大小。這三個值之間的關係以歐姆定律表示之。

歐姆定律表明回路中的電流值與電動勢成正比，而與整個回路的電阻成反比。這個定律可以下列公式表示：

$$I=\frac{E}{R},$$

式中　I——電流值，安；

E——電動勢，伏；

R——整個回路的電阻，歐姆。

歐姆定律不僅可以應用於整個回路，並且也可以單獨地應用於回路的任一段。

在這種情況下，式中的電動勢應換以指定那段回路上起點與終點間的電壓，而式中的整個回路的電阻換以該段的電阻。

歐姆定律適用於回路的某一段時可這樣理解：回路中該段的電流值與該段起點及終點間的電壓成正比，而與該段回路的電阻成反比。

這個定律可以用下式表示之：

$$I=\frac{U}{R},$$

式中　I——電流值，安；

U——該段回路的端電壓，伏；

R——該段回路的電阻，歐姆。

將上式中的 R 移至等式的左邊，即得

$$IR=U,$$

亦即回路中的電壓等於電流值與該段回路電阻值的乘積。

或者把 I 移至等式的右邊，即得

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com