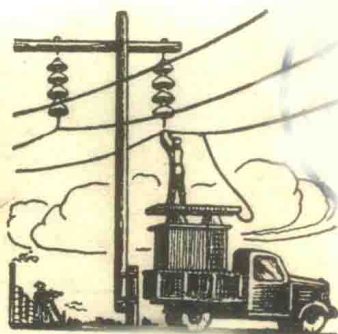


苏联工会劳动保护积极分子指南

# 工業企業的 电气安全

基 謝. 列 夫 著



工 業 出 版 社

# 工業企業的电气安全

基 謝 列 夫 著

中華全國總工會蘇聯工運研究室 譯

工 人 出 版 社

一九五六年·北京

# 工業企業的电气安全

〔苏联〕基謝列夫 著

中華全國總工會苏联工运研究室譯

•

工人出版社出版（北京西總布胡同三十號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇九號

工人日報社印刷廠印刷 新華書店發行

•

書號：2717 開本：787×1092 1/32

字數：72,000字 印張：4 插頁：2 印數：1—6,000

一九五六年三月北京第一版

一九五六年三月北京第一次印刷

定價（6）三角七分

## 內 容 提 要

电气安全是工業企業中普遍存在的問題，凡是有电气設備的地方，如果不注意安全，就会發生事故。因此，勞動保護工作人員对此必須嚴加注意。本書專談工業企業中的电气安全，从關於电的基本知識、电流对人体的作用講起，分別論述对工業企業主要电气設備的电气安全要求、電力網和电机的絕緣試驗和絕緣監督、防護用具、电气安全的組織以及觸电的急救法等等。本書可供勞動保護工作人員及有關工程技術人員閱讀。

Н. Д. КИСЕЛЕВ  
**ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ  
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

ПРОФИЗДАТ—1954

# 目 錄

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第一章 电的基本知識 .....                   | 1  |
| 第一節 物体的起电 .....                    | 1  |
| 第二節 基本定律和电量單位 .....                | 3  |
| 第三節 直流电 .....                      | 7  |
| 第四節 交流电 .....                      | 21 |
| 第二章 电流對於人体的作用 .....                | 31 |
| 第一節 關於电流通过人体的一般知識 .....            | 31 |
| 第二節 危險电流的數值 .....                  | 34 |
| 第三節 对人的安全电压和危險电压 .....             | 35 |
| 第四節 可能引起觸电事故的生產条件 .....            | 36 |
| 第三章 工業企業中主要电气設備的<br>电气安全要求 .....   | 43 |
| 第一節 廠房根据生產环境的分類 .....              | 43 |
| 第二節 电气設備按照电气安全要求<br>和防爆要求的分類 ..... | 45 |
| 第四章 電力網和电机的絕緣試驗和絕緣監督 .....         | 60 |
| 第一節 絕緣的標準 .....                    | 60 |
| 第二節 对絕緣狀況的監督 .....                 | 61 |
| 第三節 絕緣的試驗 .....                    | 62 |
| 第五章 防止觸电的方法 .....                  | 63 |
| 第一節 中性點接地的電力網 .....                | 63 |

|     |                                 |     |
|-----|---------------------------------|-----|
| 第二節 | 防護接地和接中性綫.....                  | 64  |
| 第三節 | 接中性綫裝置和接地裝置的安設方法.....           | 74  |
| 第四節 | 接地裝置與接中性綫裝置的电阻的檢驗.....          | 81  |
| 第五節 | 防止高电压竄入低电压綫路的措施.....            | 85  |
| 第六章 | 防護用具 .....                      | 87  |
| 第一節 | 絕緣棒與絕緣鉗.....                    | 87  |
| 第二節 | 絕緣手套和絕緣靴.....                   | 88  |
| 第三節 | 絕緣地氈和絕緣路氈.....                  | 89  |
| 第四節 | 电压指示器.....                      | 90  |
| 第七章 | 电气安全的組織 .....                   | 99  |
| 第一節 | 运行人員的培訓.....                    | 99  |
| 第二節 | 值班的組織及值班人員的職責.....              | 103 |
| 第三節 | 电气裝置定期檢查的組織.....                | 103 |
| 第四節 | 电气裝置的倒閘操作.....                  | 106 |
| 第五節 | 不帶电的电气裝配修理工作<br>及其他工作的安全規則..... | 108 |
| 第六節 | 工作制度.....                       | 112 |
| 第八章 | 觸电急救法 .....                     | 115 |

# 第一章 電的基本知識

## 第一節 物體的起電

早在遠古時代學者們就已發現：琥珀如果用毛布、毛皮或呢絨擦過以後，在一定時間內能夠吸引紙屑、柔毛、纖維等各種輕微物體。

物體互相摩擦後吸引輕微物體的性質叫做“靜電力”（靜電力這一名稱係由希臘字“電子”得來，因希臘語稱琥珀為“電子”）。受“靜電力”的影響因而相互作用的物體稱為“帶電體”或稱“充電體”。

進一步研究電的性質時，人們又發現：電有不同的極性。陽電用正號（+）表示；陰電用負號（-）表示。

當物體摩擦起電時，發現互相摩擦的兩個物體，同時帶有極性不同而大小相等的電荷。此外，用實驗的方法證明：帶有同極性電荷的物體互相排斥，帶有異極性電荷的物體

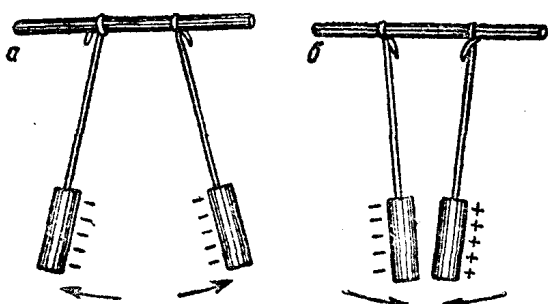


圖1 帶電紙筒的互相排斥和互相吸引

互相吸引。

如圖 1 所示：把兩個紙筒用絲綫懸掛起來，在  $a$  情況下，兩個紙筒都用經毛皮摩擦過的硬橡膠棒接觸，使之帶電，這兩個紙筒就互相排斥。在  $b$  情況下，一個紙筒仍用毛皮摩擦過的硬橡膠棒接觸，另一個用經皮革摩擦過的玻璃棒接觸，這兩個帶電的紙筒就互相吸引，而且在它們相碰以後，又恢復原來的位置。

兩個電量相等而極性不同的帶電體相聯時，電荷即行消失，這種現象叫做中和。

要對電流的本質有一完整的概念，最重要的是應當知道哪些物體有傳導電荷的性質，哪些物體沒有這種性質。

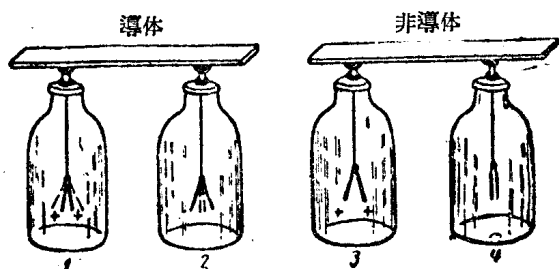


圖 2 導電體和非導電體

圖 2 所示的是兩個驗電器，把其中一個充上陽電，並用金屬片連接起來，第二個驗電器便充上陽電，掛在金屬心軸下端的兩條箔片即行分開。這個現象說明陽電荷已經沿金屬片傳到第二個驗電器上。能傳導電荷的材料稱為導電體。鹽溶液、酸溶液、人體、牲畜和大地等，都有導電的性質。

假如用乾玻璃片把兩個驗電器上的小球連接起來，電荷就不會傳到第二個驗電器的箔片上，而箔片也不會分開。由此得出結論：玻璃片沒有傳導電荷的性質。類似這樣的材料稱為非導電體，或稱絕緣體。在電氣裝置上廣泛使用



的磁製品、硬橡膠、雲母、絲綢和乾玻璃(如輸電綫上的絕緣子、配電盤、电机繞組的絕緣等),都是絕緣材料。

必須指出,物体起電現象可能成为嚴重的生產事故的原因,例如,当皮帶和飛輪相摩擦時,皮帶就会充電,並能達到火花放電的程度。這時,如果廠房中聚集有大量微塵,就可能引起火災,如果廠房具有爆炸危險性,就可能引起爆炸。

利用物質結構的电子學說,能够对物体起電現象作出現代的科學的解釋。

## 第二節 基本定律和電量單位

### (1) 庫倫定律

如果向圖 1 兩個紙筒通上的同種電荷越來越多,紙筒間的相斥力便隨電荷的增加而成正比增加。当紙筒間的距離增大時,則其互相作用之力与距離的平方成反比。

將上述兩個概念綜合起來,便可得出庫倫定律,即在空氣中,帶電體間互相作用之力,与它們所帶的電荷的乘積成正比,与它們的距離的平方成反比。其公式为:

$$F = \frac{e_1 e_2}{r^2}$$

式中:  $e_1$ ——第一帶電體所帶電荷;

$e_2$ ——第二帶電體所帶電荷;

$r$ ——兩帶電體間的距離。

利用庫倫定律,可以確定電量單位。

如果兩個相等的電量 ( $e_1 = e_2$ ), 在空氣中相距一公分, 其相互作用之力  $F$  等於一達因, 那末, 這樣大小的電量就叫做一個絕對單位的電量。電量的實用單位称为庫倫, 一

庫倫等於絕對單位電量的三十億 ( $3 \times 10^9$ ) 倍。

## (2) 電 場

關於電場的概念可用圖 3 所示的儀器來說明。

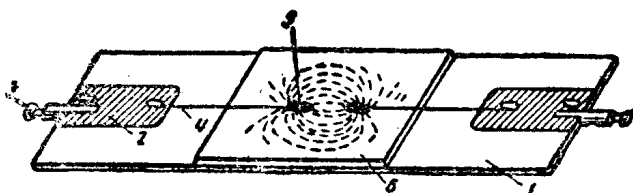


圖 3 顯示電場的儀器

1 和 6 玻璃板；2. 錫箔片；3. 端鈕；4. 銅綫；5. 電極

這個儀器由兩塊玻璃板 1 和 6 組成。在長玻璃板 1 的兩端裝有錫箔片 2 和端鈕 3，用以連接導綫。錫箔片與帶有電極 5 的銅綫 4 相聯，電極和電極之間的空間用第二塊玻璃板 6 蓋住，第二塊玻璃板上，撒有少量對苯二酚的結晶粒子。

假如在儀器的兩個端鈕 3 上，分別充上極性不同的電荷，則對苯二酚的結晶粒子就會按電場中電力綫的方向排列，這種排列在電工學上稱為電場譜。

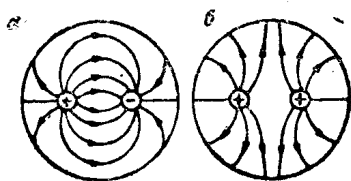


圖 4 電場譜

電力綫已經約定以陽極為起點以陰極為終點(圖 4)。實驗證明，電力的作用，不僅直接出現在帶電體的近旁，而且還出現在距離帶電體較遠的地方。

凡是有电力作用的空間称为电场。在电力影响下,电荷移动的路綫称为电力綫。

### (3) 电位和电压

將圖 2 所示的兩個驗电器分別充上極性不同的电荷,如果充入的陽电荷和陰电荷數量相等,則兩個驗电器的箔片所張開的大小相同。要是用導体把兩個驗电器的小球联接起來,就会有电子通过導体,使兩個驗电器的电荷中和後消失,箔片也就合攏起來。电子沿導体移動要引起能量的消耗,这些能量是在驗电器充电時得到的,在用導体联接兩個驗电器之前,始終以位能的状态儲存於驗电器中。

物体的位能決定於其充电的状况。每一單位电量所帶來的位能称为电位。

充电状态不同的帶电体具有不同的电位。兩個驗电器充以同名电荷,如果密度不同,則其箔片張開的大小因充电程度不同而不一样,同時这两个驗电器的电位也不相同。如果用導体把这两个驗电器联接起來,就可以看到箔片都張得一样大了。这种現象表明,一部分电荷已从电位較大的帶电体移往电位較小的帶电体。

电位差称为电压。电压的單位为伏特。

### (4) 电 容

大小不同的兩個圓球(圖 5) 如果充以等量的电荷,則与其相联的兩個驗电器內的箔片張開的大小就不同,連接於小圓球的驗电器的箔片張得大一些。

由此可見,尺寸不同的物体充上等量的电荷,其电位的大小各不相同。要使大圓球得到与小圓球同样的电位,必

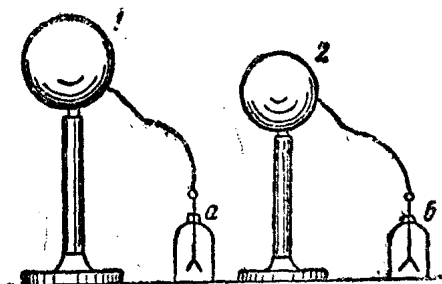


圖 5 物体电容的測定

1 和 2——已充电的圓球； a 和 b——驗电器

須給大球額外多通上些电荷。在一定的电位下，物体接受电荷的能力称为电容。物体的电容取決於其表面狀況与尺寸大小，而与構成物体的材料無關。

实验証明：用移近另外一个未帶电体的办法，可以增大帶电体的电容；兩者靠得越近，帶电体的电容就越大。

电容的实用單位为法拉或微法拉（一法拉等於一百万微法拉）。

假如用絕緣材料將各个導电的薄片隔開，則薄片的电容可增加很多，根据这个原理，可以製出尺寸不大，而容量很大的电容器（如圖 6）。

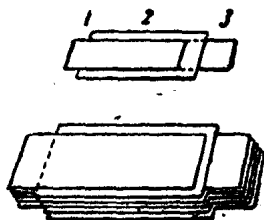


圖 6 叠片式固定电容器的構造

1 和 3 为鋁箔片；  
2 为絕緣層

導电的薄片称为电容器極板，極板之間的絕緣物材料称为电容器的介質。电容器的电容取決於極板面積的大小、極板之間的距离和介質的性質。

### 第三節 直 流 電

直流電是陰電(電子)在導體的閉合回路中依一定的方向的運動。但在實踐中則已約定:“電流是陽電荷從電源的正極向負極的運動”。

導體中直流電的大小,決定於單位時間內依一定的方向流經導體橫斷面的電量(電子數量)。

在電的實用單位中,電流的大小叫做電流強度,電流強度用安培或毫安來計量(一安培等於一仟毫安)。

若在  $t$  時間內,均勻地流經導體橫斷面的電量為  $Q$ , 則電流強度為:

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中:  $I$ ——電流強度(安培);

$Q$ ——電量(庫倫);

$t$ ——時間(秒)。

#### (1) 電阻和電導

由於電源端鈕間的电位差(电压)的作用,在導體中移動着的電子不斷地克服電子與導體的原子及分子相碰撞而產生的阻力。導體中原子及分子對移動着的電子的阻力稱為導體的電阻,導體的電阻與導體的材料、尺寸和溫度有關。設導體(例如輸電綫)的電阻為  $R_1$ , 負荷電阻為  $R_2$ , 電源內電阻為  $R_0$ , 則整個串聯閉合電路的總電阻為:

$$R = R_1 + R_2 + R_0$$

在電的實用單位中，電阻用歐姆來計量。

導體電阻的倒數稱為電導。電導與電阻的關係如下：

$$g = \frac{1}{R}$$

電阻為一歐姆的導體所具有的電導為一個電導單位；  
電導的單位叫歐姆。

導體的電阻與其構成材料、長度和橫斷面積有如下的  
關係：

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

式中：  $R$ ——導體的電阻（歐姆）；

$l$ ——導體的長度（公尺）；

$S$ ——橫斷面積（平方公厘）；

$\rho$ ——該種導體在長度為一公尺、橫斷面積為  
一平方公厘、溫度為攝氏二十度的條件  
下的電阻。

## （2）電源電動勢和端電壓

導體中永遠存在一些自由電子。自由電子參加導體中原子的熱運動，但自由電子的運動是沒有秩序的。然而可以迫使導體內全部自由電子按一定方向運動，這樣，導體中就有電流通過。

使電子按一定方向運動的力量，叫做電動勢。

發電機和蓄電池是電動勢的來源。

必須着重指出：電動勢的來源並不等於電的來源，電動

勢只是使導體內原有電子按一定方向運動。

同時，也不能把閉合綫路中電流的傳播速度與電子的前進速度混為一談，因為電子在導綫中前進的速度，每秒鐘總共不過幾公厘，而電流沿導綫的傳播速度卻與光的傳播速度（每秒鐘三十萬公里）相等。

電源端鈕間由電源電動勢產生和維持的電位差，叫做端電壓。

電動勢與電壓的單位為伏特。在閉合電路中如電動勢為一伏特，電阻為一歐姆，則電流為一安培。

### (3) 歐姆定律

歐姆定律是電工學中最重要的定律之一。電路中有三個基本數值——電動勢、電流強度和電阻。當已知其中任何兩個時，利用這個定律，就可以確定餘下一個的數值。

歐姆定律就是：“在閉合電路中，電流強度與電源電動勢成正比，與整個電路的電阻成反比”。其公式為：

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

式中：  $E$ ——電動勢（伏特）；

$R$ ——電阻（歐姆）；

$I$ ——電流強度（安培）。

歐姆定律適用於電路上的任何綫段。其表述方式如下：“電路上某綫段的電流強度，與該綫段的電壓降成正比，與該綫段的電阻成反比”。

如果將包括輸電綫電阻和負荷電阻的外綫電力網看作一個電路綫段，那末，這個電路上的電壓降即等於電源的端

电压。

因此，歐姆定律又可寫成：

$$I = \frac{U_1}{R_1}; \quad U_1 = IR_1.$$

式中：  $U_1$ ——电源的端电压；

$R_1$ ——外綫电路的电阻。

在外綫电路上，距电源愈远，电压降也就愈大（圖7）。这种現象可以从联結在电路各段上的伏特計上看出，电压降的現象和水力学中水压降的現象有些相似（見圖8）。

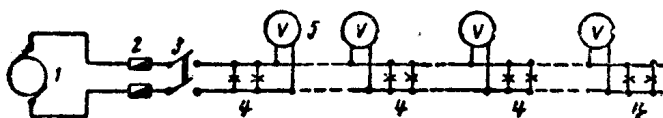


圖7 电压降

1. 发电机； 2. 保險器； 3. 閘刀開關； 4. 电灯； 5. 伏特計

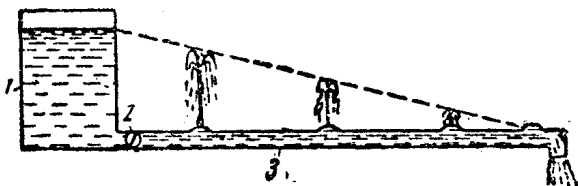


圖8 水力学中水压降的現象

1. 水桶； 2. 龍头； 3. 水管

电源电動势与端电压之間的關係，可由歐姆定律求得。

$$I = \frac{E}{R_1 + R_0}$$

式中：  $R_0$ ——电源內电阻；

$R_1$ ——外綫电路的电阻。



由上式得出：

$$E = IR_1 + IR_0 = U_1 + IR_0$$

式中： $IR_0$ ——电源内部的电压降；

$U_1$ ——电源的端电压，即外綫电路的电压降。

在沒有負荷的情況下，即当外綫电路断開而电路內沒有电流通过時，电源電動势与端电压相等，也就是：

$$E = U$$

#### (4) 克希荷夫第一和第二定律

克希荷夫第一定律是：“向分支點流進的电流与从分支點流出的电流相等。”

在圖 9 所示之电路中，电流經  $a$  點向四个方向流出，然後又在  $b$  點匯合在一起，根据克希荷夫第一定律，可以寫出：

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots$$

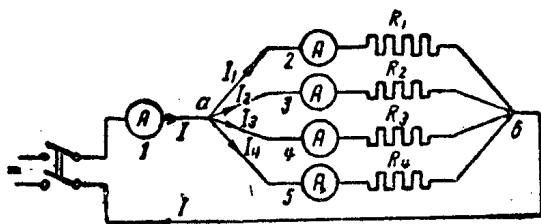


圖 9 电阻的並联

1. 2. 3. 4. 5. — 安培計；  $R_1, R_2, R_3, R_4$  — 負荷电阻