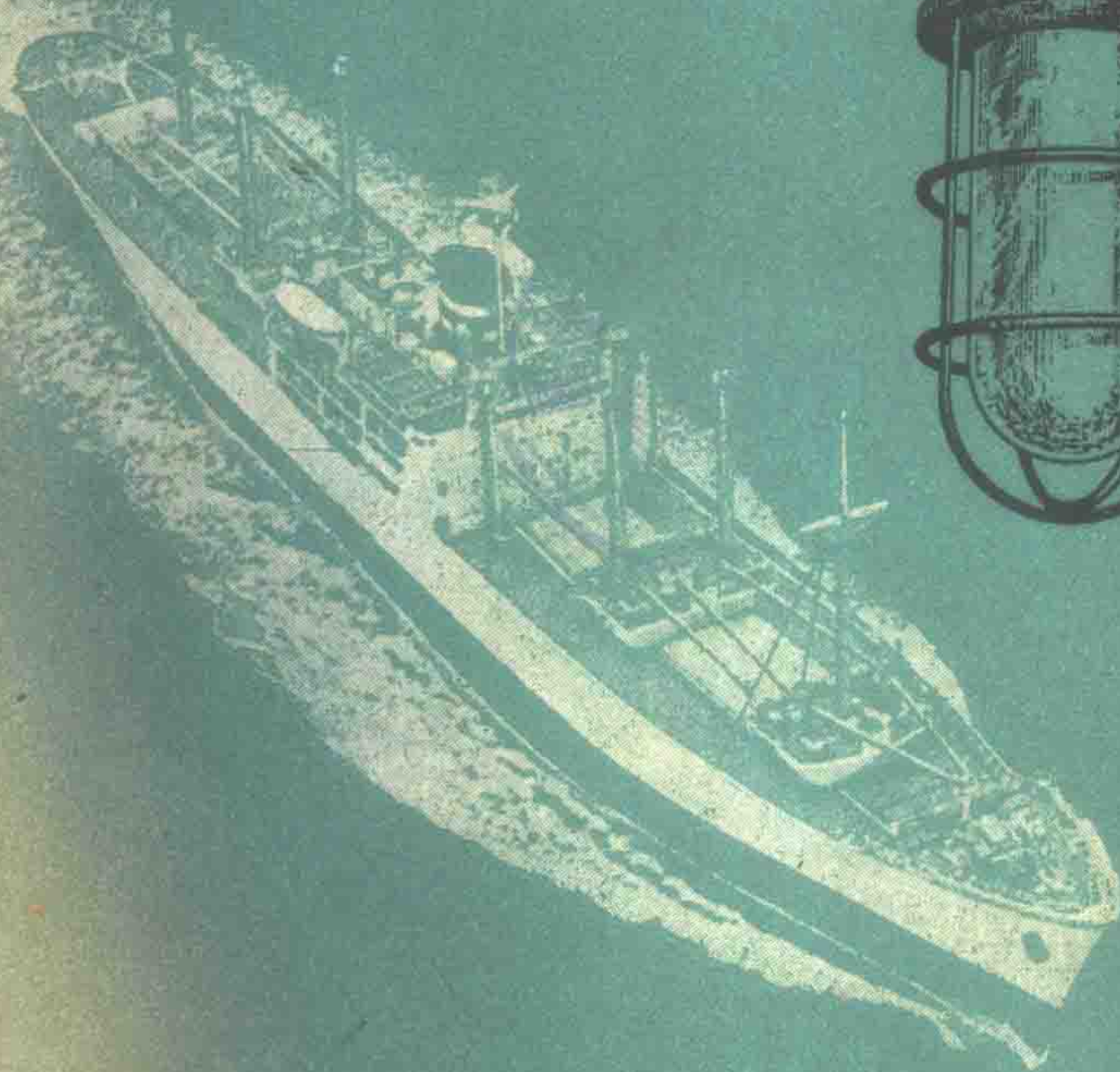


# 船舶电工学

苏斯宁著



机械工业出版社

# 船舶电工学

苏 斯 宁 著  
章 学 海 译



机械工业出版社

1959

## 出版者的話

本書分四部分。第一部分闡述電學的基本理論。第二部分講述電機、電氣設備和儀器的構造和原理。第三部分詳細地講述船舶電氣專用設備的構造和作用原理。第四部分全面地講述船舶電氣設備的安裝、管理、保養、修理和技術安全。

本書是蘇聯海河運中等技術學校的教科書，也是船舶輪機員、電機師以及電工工作者的參考書。

蘇聯 П. П. Суслин 'Пособие для судового электрика'  
(Морской транспорт 1955 年第二版)

\*

\*

\*

NO. 2821

1959 年 5 月第一版 1959 年 5 月第一版第一次印刷

787×1092 1/25 字數 268 千字 印張 137/25 0,001—3,050 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(11) 2.10 元

# 目次

|              |   |
|--------------|---|
| 原出版者的話 ..... | 5 |
| 緒論 .....     | 7 |

## 第一部分 电工学基本知識

|               |    |               |    |
|---------------|----|---------------|----|
| 第1章 直流电 ..... | 13 | 第3章 交流电 ..... | 54 |
| 第2章 电磁学 ..... | 42 |               |    |

## 第二部分 电机, 电气仪器与电器

|                     |    |                    |     |
|---------------------|----|--------------------|-----|
| 第4章 伽伐尼电池与蓄电池 ..... | 72 | 第8章 直流电机 .....     | 98  |
| 第5章 光量与照明器具 .....   | 78 | 第9章 交流电机 .....     | 115 |
| 第6章 变压器 .....       | 81 | 第10章 控制和保护装置 ..... | 129 |
| 第7章 电气测量仪器 .....    | 87 |                    |     |

## 第三部分 船舶电气设备

|                      |     |                               |     |
|----------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 第11章 船舶电站 .....      | 174 | 第15章 船舶輔机的电力傳动 .....          | 204 |
| 第12章 船舶电站的配电設備 ..... | 178 | 第16章 船舶电话、电傳令鐘和<br>信号装置 ..... | 223 |
| 第13章 船舶电网 .....      | 185 |                               |     |
| 第14章 船舶电照明 .....     | 193 |                               |     |

## 第四部分 船舶电气設備的管理和保养

|                            |     |                            |     |
|----------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 第17章 工具、材料、設備和附件 .....     | 234 | 第23章 安装工作完成后的檢查 .....      | 278 |
| 第18章 电气安装工作 .....          | 246 | 第24章 測量絕緣电阻 .....          | 280 |
| 第19章 安装船舶电网 .....          | 252 | 第25章 發电机和电动机的管理 .....      | 282 |
| 第20章 安装船舶照明装置 .....        | 265 | 第26章 电气設備的保养及其小<br>修 ..... | 286 |
| 第21章 安装接綫盒和配电盘 .....       | 270 |                            |     |
| 第22章 安装电机和起动調節設<br>备 ..... | 275 |                            |     |

## 附 录

- |      |                             |             |      |                           |
|------|-----------------------------|-------------|------|---------------------------|
| 附录 1 | 某些导线材料的电阻系数和温度系数 .....324   | 套) .....327 | 附录 5 | 船舶装置中所应用的电线和电缆 .....328   |
| 附录 2 | 绝缘的铜电线的最大允许电流强度 .....325    |             | 附录 6 | 船舶电气装置中所容许的绝缘电阻表 .....332 |
| 附录 3 | 载客 300 人客船电站的工作情况表 .....326 |             | 附录 7 | 电和磁量的计量单位 333             |
| 附录 4 | 电气安装工工作时所需要的工具和设备 (一        |             | 附录 8 | 舱室内和工作面上的照度标准 .....335    |



## 原出版者的話

本書与 1952 年出版的比較起来没有什么重大的修改, 仅更正了已發現的不够确切之处和錯字, 部分地修改了过时的材料, 明确了某些概念和术语。

[船舶电工学] 由四部分组成: 第一部分叙述电工学的基本知識。这些知識对船舶电工來說是为了能很好地明了各种船舶电气装置所發生的現象的物理本質而必須具备的。其中有一章專講海船上广泛应用的交流电的基本原理。

第二部分研究各种电机, 仪器和电器的作用原理和装置。

第三部分講述海船电气设备, 关于船舶电站, 电網, 船舶电气照明, 船舶輔机的电力驅动, 通信仪器及信号设备等知識。

最后, 第四部分叙述船舶电气设备的管理和保养。这里也介紹了有关电气装置的小修理, 在船上安装电气工作及其所用的各种工具和材料的知識。

当叙述电工学的一般理論問題时, 除了解釋所研討現象的物理本質以外, 还运用代数及三角的数学分析。讀者若无代数及三角的基础可略去数学計算部分, 这对于理解問題的物理本質并无影响。

經驗証明, 当在航海学校中、在电網訓練班內培养船舶电工及对个别艦队訓練时都广泛地采用这本教科書。但是目前它还没有完全滿足教材的要求。这是由于, 特别是課程大綱和講述材料的范围还没有能最后确定。因此当用作教科書时, 教师应給学生以必要的有系統的指导。

出版者希望本書再版时能在确定課程大綱的基础上为船舶电工出版一本完善的教科書。

1955年3月莫斯科



## 緒 論

在所有現代化的技術部門里都應用着電能。電能所以會被廣泛使用是由于：

- a) 把電能變換為其他種類的能，如機械能、熱能及化學能很簡便；
- б) 電的遠距離輸送很簡便而且損失很小；
- в) 絕大多數電機及電器的效率較高；
- г) 由同一電源可分配給用戶各種功率（由幾瓦至幾萬仟瓦）。

最後應指出，許多技術部門的工作（如無線電通訊，無線電測位，電子顯微鏡等）如不應用電能進行工作是无法實現的。

關於電（電能）的實際應用的科學叫做電工學。

在本書內研究有關電應用在海船上的電工學問題。

在海船上應用電能是十九世紀尤其是二十世紀電氣科學迅速發展的結果。

遠在 1753 年天才的俄國科學家 М. В. 羅蒙諾索夫曾在他的——本著作中提出過必須「找出電力的真實原因，並擬定其精確的理論」。

羅蒙諾索夫曾從事大氣電學的研究。他指出了大氣電的發生是由于空氣質點相互作用（摩擦）的結果。他不像當時研究電學的人們一樣把電看作是一種神秘的、沒有重量的流体（液体），羅蒙諾索夫在自己的著作中確立了電的物質性和電的現象的可認識性。

羅蒙諾索夫、里赫曼（Г. Рихман）（在研究大氣電學時慘遭閃電擊斃）和愛皮努斯（Ф. Эпинус）的著作在研究電的各種現象和在確立電的性質的正確看法中起了很大的作用。



1785~1789年法国的物理学家庫侖确立了靜电和磁的相互作用的定律。他的著作給后来电学和磁学的理論研究打下了基础。

意大利物理学家伏特 (1745~1827) 以重大的發明丰富了科学。他是伽伐尼电池和蓄電池、起电盘、电容器和其他电气儀器的創始人。

19世紀初期彼得洛夫 (В. В. Петров) (1761~1834) 奠定了把电应用于照明、冶金和医学等方面的科学基础。1802年他發現了电弧現象。

德国物理学家欧姆 (1789~1854) 在研究了电流的流动問題以后，經過許多試驗，創立了著名的欧姆定律。

法国物理学家和数学家安培 (1775~1836) 是现代电动力学的創始人。安培在奧斯特1820年發現电流对磁針作用的基础上确定了电流相互作用的基本定律，指出了电学和磁学之間的关系，在这以前，这种关系被認為是根本不同的現象。

英国物理学家法拉第 (1791~1867) 卓越的研究丰富了电的科学。1831年他發明了电磁感应現象。他借磁力綫創立了磁場的現代理論，創造了导体切割磁力綫时产生电动势的理論。法拉第确定了电解定律，研究了介質对于电現象的影响，創立了关于介質的学說。这些和他的其他著作对于电气科学的进一步發展都具有巨大的意义。

英国科学家馬克斯威尔 (1831~1879) 从数学上証明了法拉第对磁和电現象本質的看法。馬克斯威尔还对建立电阻單位和檢驗欧姆定律方面进行了很多重要的实验。

1834年彼得堡科学院院士楞茨确定了磁感应現象和磁場中电流的机械效应的共同性，并編制了决定感应电流方向的定則。楞茨未受英国科学家焦耳的影响而發明了确定电能和热能間相互关系的定律。楞茨和科学院院士雅可比一起确立了电机可逆性的原理。

电镀术是雅可比院士在1836年發明的。1838年他第一个在世

9  
界上設計并建成了适于实际应用的电动机。这个电动机雅可比院士用来推动船舶。在1850年雅可比院士發明了打字电报机。同时他还实现了彼得堡和沙皇村間的电报通訊。

俄国科学家施令克 (П. Л. Шиллинг) 在1832年發明了电磁电报机。

1876年雅勃洛契科夫 (П. Н. Яблочков) 創立了电烛——第一个获得了普及的电光来源 (雅勃洛契科夫烛)。为了电烛供电, 雅勃洛契科夫就創造了發电机 (現代同步發电机的原形) 和第一只变压器。

俄国發明家罗迪琴 (А. Н. Лодыгин) 在創立白熾灯方面是占有优先地位的。

1882年烏薩琴 (И. Ф. Усагин) 第一个在世界上建成了現代式样的变压器。

著名的科学家、發明家、三相电的創造者多里沃-多勃罗沃尔斯基出色地繼承了和电能輸送距离有关的工作。多里沃-多勃罗沃尔斯基創造了同步發电机、异步电动机、三相变压器, 并实现了距离为175公里的高压电能輸送。

多里沃-多勃罗沃尔斯基指出了很远距离的电能傳送应采用超高压的直流电 (这种輸电綫路的必要性只有在今天我們才体会到)。

1895年亞历山大·斯切巴諾維奇·波波夫在俄国物理化学协会會議上發表了他發明的起先被称做雷电指示器的无綫电接收机。因此俄国成了新技术領域——无綫电工程的誕生地。

在上世紀八十年代时俄国工程师斯拉符揚諾夫 (Н. Г. Славянов) 和別納多斯 (Н. Н. Бенардос) 各自發明了电弧焊接。

斯托列托夫 (А. Г. Столетов) 在1871年首先研究成功了鉄的磁性, 建立了电机制造多方面的科学基础。在电工学領域內斯托列托夫还有一系列其他的發明。

列貝捷夫 (П. Н. Лебедев) 以实验証明了光压的存在, 發明

了發生和接收超短电磁波的設備。

早在 1880 年俄国就开始出版「电」杂志。祖国的科学家和發明家們在杂志上發表文章，討論当前电工技术的实际和理論問題。他們演講，編写教材，写作論文和普及电工技术知識的專門書籍。俄国的电工学家克服沙皇官吏的障礙，常常自己出錢进行富有成果的試驗工作。

俄国工程师創造了許多新型結構的电机和电器，并把它們应用于各种技术部門。二十世紀初建成的世界上最早的內燃机电动船舶「野蛮人」号和「薩尔馬特」号是建造电动船的开始。俄国軍艦在世界上首先采用了交流电。

在沙皇时代，俄国科学家和發明家們卓越的研究和發明不可能获得应有的实际应用。沙皇的官吏們不会关心俄国电力和电器工业的發展。电气設備要向国外購買，俄国的發電站和电器工厂的建設被外国公司操縱着。

偉大的十月社会主义革命以后在我国（苏联）就为發展祖国科学和技术創造了一切条件。

在电工領域工作的科学家和發明家面前出現了广闊的远景。

对于建設共产主义社会來說电气化的意义正如列宁曾卓越地所說：「共产主义是苏維埃政权加全国电气化」。

1920年由列宁提議，并在他的直接領導下制定了有名的全俄电气化計劃（ГОЭЛРО）<sup>●</sup>。

全俄电气化計劃規定了在10~15年內要建成三十个巨大的發電站，总容量約 1750000 仟瓦。这个計劃早在 1931 年基本上就完成了。

在各个五年計劃年代中我国（苏联）的电气化以飞跃的速度进展着：建造水电站和热电站，电力工业也在不断地成長着。

从苏維埃政权成立的最初年代里开始，苏联的电学家就忘我

● ГОЭЛРО 系 Государственная комиссия по электрификации России 縮写，即俄国电气化委員會。——校者

地工作着，如参加編制全俄电气化計劃的院士克拉松(Р. Э. Классон)、維杰聶也夫(Б. Е. Веденеев)、克尔齐查諾夫斯基(Г. М. Кржижановский)、格拉夫季奧(Г. О. Графтио)、沙杰林(М. А. Шателен)；苏联高压电技术的創造者斯穆罗夫(А. А. Смуров)、果里夫(А. А. Горев)和恰尔內沙夫(А. А. Чернышев)；电磁現象理論書籍的作者、研究家和教育家米特凱維奇(В. Ф. Миткевич)、阿尔卡其夫(В. К. Аркадьев)和克魯格(К. А. Круг)；电机專家伏罗諾夫(А. А. Воронов)、宪弗尔(К. И. Шенфер)、科斯金科(М. П. Костенко)；无綫电家舒刘金(М. В. Шулейкин)、龐奇-勃魯也維奇(М. А. Бонч-Бруевич)；金屬表面淬火法創造者伏洛靖(В. П. Вологдин)；无綫电物理学家福克(В. А. Фок)、曼杰里施坦(Л. И. Мандельштам)、巴巴列克西(Н. Д. Папалекси)；以及无数年輕有为的俄国电工学者后輩。

苏联电力和电气工业生产更进一步發展的远景是偉大的。在第五个五年計劃期間發電站的总容量約增加到二倍，水电站增加到三倍。使我們国家(苏联)在世界上最先应用原子能發電站發電是我国的科学和技术的卓越成就。

便宜的电力生产如此大量的增長就使机械的电力驅動得到广泛的应用。电力驅動使用最簡單，操縱(調节)最方便，所以在許多情況下，它就代替了其它驅動方式。同时，在所有国民經济部門应用电力驅動时生产过程和机械操縱系統的电气自动化就获得最大的推广。

操縱系統的自动化、輔机的电力驅動以及最近螺旋推进器的电力驅動都广泛地被应用在海船上。

苏联的科学家、工程师和工人們積極地致力于制造与最新技术成就相适应的新型的电气化船舶。

海上運輸的運輸量大大地增加着。貨运量的增加就需要增添很多吨位，建造新型的海船，扩建和改建海港，增加修船厂的能力和尽量提高海上船只的工作質量来保証。

海船裝置着最新的設備——機器、裝備、儀器。

為了正確地使用這些船舶，和改善海船的工作質量就需要有極其精通現代技術、并能有效地使用海船的熟練的專家。

在現代化海船上工作的船舶電工一定會同各種電氣化機械、儀器和電器發生關係。為了在船舶航行的任何條件下能保證它們不停歇地工作，船舶電工應深刻地和確切地通曉這些設備中所發生作用的物理現象、它們的結構特性和對它們使用時應注意的特殊要求。

船舶電工在自己的活動中應遵循「蘇聯海船服務條例」和「船舶電氣設備的管理及保養規則」。

船舶電力機械的工作條件是很特殊的，它們和岸上電氣裝置的使用條件有很多區別。因此，在使用船舶電機、電器、儀器時，嚴格遵守「船舶電氣設備的管理及保養規則」就具有特殊意義。切實執行這個規則的規定就能促使船舶電氣設備的使用期限延長、保證其安全地運轉。

船舶電工應擴大自己的知識，改進電氣設備的管理方法，和所有從事海上運輸的工作人員一起為改進運輸質量、縮短貨物運送期限、增加海上運輸的能力而奮鬥。

這本書能幫助船舶電工掌握保證現代複雜船舶電氣設備可靠地和長久地工作所必需的知識。

# 第一部分 电工学基本知识

## 第1章 直流电

### 1 电荷。库仑定律

远在古代时候，人们就已经知道某些物体如果用皮毛来摩擦，便具有特殊的性质。它们会吸引极轻的物体，并且当它们和其他物体接触时有噼啪声和火花出现。这种特性是被希腊人首先在琥珀上发现的，琥珀在希腊文中叫电子，所以具有这样特性的物体就叫做带电体。

已经证实，所有带电的物体都会互相吸引或者互相排斥，而相同和用同一方法使之带电的物体是互相排斥的。根据这一点便得出了这样的结论，电有两类：[树脂]电（这是树脂用皮毛摩擦后所获得的）和[玻璃]电（这是玻璃用皮毛摩擦后所获得的）。[树脂]电叫做正电，而[玻璃]电叫做负电。按照带电体相互作用的结果便能确定有关这个或那个物体的电量（以后叫做电荷）。

罗蒙诺索夫的同事、俄国物理学家里赫曼制成了世界上第一个测量电量的仪器。人们学会使物体的电荷数量相等后，便证明了当具有相等而异名的电荷的两个物体相接触时，这两个物体便同时失去电荷（换句话说，电荷被中和了）。

法国科学家库仑建立了点电荷相互作用的基本定律（点电荷就是物体的电荷其尺寸和它们之间的距离比较起来是非常小的）：两个点电荷相互作用的机械力与这两个电荷的乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比，并沿连结它们的直线作用。

这个定律叫做库仑定律，通常用下面的公式来表示：

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \times \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

在这一公式中， $r$ ——电荷间距离， $q_1$ 和 $q_2$ ——点电荷， $4\pi\epsilon$ 是



依电荷所处的介質而定的比例系数（所以写成  $4\pi\epsilon$  是为了使和庫侖定律有关的其他公式能簡化）。

按照現代的眼光，任何物体的电荷是由單元質点（質子或电子）的总和所构成的。

电子是具有單元負电荷的最小質点。每个較大的負电荷是电子的总和构成的。

質子是具有單元正电荷的最小質点。每个較大的正电荷是質子的总和构成的。

質子和电子的电荷量是相等的。电荷的实用單位（1 庫侖）大約等于  $6.2 \times 10^{18} \bullet$  單元电荷。

單元电荷的起源可以用現代关于物質构造的概念来解釋，按照这一概念，所有物体都是由最小的質点——原子組成的。

不同物質的原子是彼此不同的（例如鉄的原子就不同于銅的原子），但是它們大家都有同样的結構：在每个原子的中心是一个重核，若干个电子环繞着重核旋轉。核在原子中占据的体积是微不足道的。如果假設原子被放大到地球那么大的話，那么这个原子的核也只有直徑为十公分的球那么大。核中含有質点——質子和中子（后者沒有电荷），其中每一个的質量均为电子的 1840 倍。

原子具有数量相等的电子和質子，它的异名电荷互相平衡，所以在原子的外圍不起作用。

在原子的核和电子之間存在着內聚力——原子力求环繞于其周圍旋轉的电子数目保持不变。但在外力的作用下原子可以失去或获得电子。

如果原子失去或者获得电子，那么原子內質子和电子的数目便不相等，而原子便显示电荷的性質。显示电荷性質的原子或原子組叫做离子。

电子較質子多的离子显示負电荷的性質。这样的离子叫做負离子。

●  $10^{18}$ ——表示 1 后面帶有 18 个零的数目。

質子較电子多的离子（由于失去电子）显示正电荷的性質。这样的离子叫做正离子。

这样，具有过剩电子的物体带有負电荷。物体缺少电子时就带有正电荷。

在某些物質中（即在金屬中）电子与原子連結較弱，所以电子容易从一个原子轉移至另一个原子。这种电子叫做自由电子或傳导电子。

离子和傳导电子叫做自由电荷。在研究电流时我們便会遇到自由电荷。自由电荷可在其中自由地移动的物体叫做导体。电荷难于在其中运动的物体叫做电介質或絕緣体。

在导体中总是有相当大数量的离子或自由电子（自由电荷）。在通常的状态下电介質中自由电子和离子的数量是極少的。

介乎导体和介質之間有半导体。

屬於导体的有各种金屬，炭和电解質——酸，鹼和盐的溶液。屬於电介質（絕緣体）的有玻璃、瓷器、云母和石蜡。

## 2 电 流

所有原子、离子和自由电子經常处在不規則的（热力的）运动中。电荷的移动和这种运动不同，是有一定的方向的（有方向有規則的运动），它們的移动叫做电流。

有方向有規則的运动，应当理解为这样的运动，即此时在导体的任何断面上沿一种方向通过一定数量的电荷。

現已确定：

金屬导体中的电流是自由电子的运动；

电解質中的电流是正离子和負离子的运动；

气体中的电流是自由电子、正离子和負离子的运动；

高度稀薄空間（真空）中的电流几乎只是自由电子的运动。

在單位時間內流过导体横断面的电量叫做电流值或者簡称电流。

在实用單位制中电流的單位是安培。

1 安培是每秒鐘流过导体横断面 1 庫侖电量，即大約  $6.2 \times 10^{18}$  單元电荷（金屬导体中的电子）的电流值。

电流以字母  $I$  或  $i$  代表。以字母  $Q$  代表單位为庫侖的电量，而以字母  $t$  代表單位为秒的时间，則得下列單位为安培的确定电流的公式

$$I = \frac{Q}{t}。$$

由此得

$$Q = I \cdot t。$$

正电荷运动的方向被采用为电流的方向。因此，如果电流（例如在金屬导体中）系电子的移动所造成的話，則它的方向与电子运动的方向相反。

正电荷向一个方向的移动和同样数量的負电荷向相反方向的移动完全一样。如果一秒鐘內在导体（电解質或者气体，其中电流系离子的运动造成）断面中流过正电  $Q_1$ ，而同时与第一个方向相反流过負电  $Q_2$ ，那么这和沿第一个方向流过  $Q_1 + Q_2 = Q$  庫侖的正电一样。

在这情况下，电流值等于

$$I = \frac{Q_1 - (-Q_2)}{t} = \frac{Q_1 + Q_2}{t} = \frac{Q}{t}。$$

### 3 产生电流的条件。电場

导体中的电流，即电荷循一定方向的运动，是由电場力的作用所引起的。电場是發生于一定空間範圍內的一种特殊的物理作用，特别是它具有对放在电場所包圍的空間範圍內的电荷会产生机械力作用的特性。

在研究引起电流的电場之前，应先熟悉固定电荷所造成的电場。

我們知道在任何电荷之間存在着吸引力和排斥力。这是因为在任何电荷的周圍存在着电場的緣故。