

船舶电匠读本

П. П. 苏 斯 林 著

上海交通大学船电教研组 译

人民交通出版社

И. И. 苏 斯 林 著

船舶电匠读本

第 三 版

本书經苏联海运部教育局
批准为培训电匠进修学校
和自学小组的教学用书

人 民 交 通 出 版 社

目 录

前 言	8
序 言	9

第一篇 电工基本知識

第一章 直流电	14
§ 1 电荷、庫侖定律	14
§ 2 电流	16
§ 3 产生电流的条件、电場	17
§ 4 电位、电压	18
§ 5 直流电电場	19
§ 6 电动势、电路	20
§ 7 欧姆定律、电阻、电导	21
§ 8 絕緣体的絕緣(电介質)强度、絕緣的击穿	25
§ 9 电流的功和功率	26
§ 10 楞次-焦耳定律	27
§ 11 导体发热、电流密度	29
§ 12 在无分支电路中把电能变为热能和机械能	30
§ 13 短路	33
§ 14 电阻和电源的串联、并联和复联	33
§ 15 直流电的分支电路、克希荷夫定律	38
§ 16 电流的化学作用、电解	40
第二章 电磁学	42
§ 17 磁場及其現象	42
§ 18 磁感应	44

§ 19 磁場中作用在通电导体上的力的方向	46
§ 20 磁通、磁場强度、磁导率	47
§ 21 电磁感应	50
§ 22 自感和互感現象、电感	53
第三章 交流电	54
§ 23 正弦交流电	54
§ 24 相位差、交流电的有效值	57
§ 25 电容器和电容	58
§ 26 交流电的无分支电路	60
§ 27 电压三角形和功率三角形、有功功率、无功功率和視在 功率	63
§ 28 电压諧振	65
§ 29 有效电阻、电感和电容的并联、电流共振	66
§ 30 三相电流, 星形和三角形的联接	68
§ 31 三相电流的功率	70

第二篇 电机、仪器与电器

第四章 伽伐尼电池与蓄电池	72
§ 32 伽伐尼电池	72
§ 33 蓄电池	73
第五章 变压器	78
§ 34 变压器的结构原理	78
§ 35 三相变压器	81
§ 36 自耦变压器	83
§ 37 船用变压器	84
第六章 电气测量仪器	85
§ 38 仪器分类、轉矩	85
§ 39 最简单仪器的构造	89
§ 40 安培計	93

§ 41 伏特計	94
§ 42 瓦特計	95
§ 43 頻率計	97
§ 44 同步指示器	98
§ 45 电表	99
§ 46 高阻計	100
§ 47 船用电气測量儀器的結構要求	102
第七章 直流电机	103
§ 48 直流发电机的作用原理	103
§ 49 直流发电機設備	105
§ 50 发电机的激磁	112
§ 51 电枢反应	114
§ 52 直流电动机	115
§ 53 直流电动机的分类与特性	120
§ 54 直流电机的效率	125
第八章 交流电机	125
§ 55 概述	125
§ 56 同步发电机	126
§ 57 同步电动机	132
§ 58 异步电动机	133
第九章 控制和保护电器	137
§ 59 控制和保护系统的基本元件	137
§ 60 閘刀开关和轉換开关	138
§ 61 組合开关与轉換开关	139
§ 62 万能轉換开关	140
§ 63 易熔保險器	141
§ 64 自动空气开关	144
§ 65 調節自动器	148
§ 66 接触器和定时接触器	149

§ 67 繼电器	154
§ 68 主令电器	162
§ 69 控制器	167
§ 70 电阻和起动調节变阻器	169
§ 71 制动电磁铁	175
§ 72 磁力起动器和控制站	177
§ 73 发电机电压的自动調节器	179

第三篇 船舶电气设备

第十章 船舶电站	184
§ 74 船舶用电	184
§ 75 船舶电站的分类	185
§ 76 船舶应急电站	187
§ 77 船舶电站发电机的控制	188
§ 78 船舶电站发电机的并联运行	191
第十一章 船舶电站的配电装置	196
§ 79 电能分配的制度	196
§ 80 主配电盘	197
§ 81 配电盘的原理图	193
第十二章 船舶电网	205
§ 82 船上的电能导线	205
§ 83 电缆、导线、电繩	206
§ 84 船舶动力电网	207
§ 85 船舶电照明电网	209
§ 86 应急照明电网	213
§ 87 油船电网	215
§ 88 岸上供电电站	217
第十三章 船舶电照明	218
§ 89 光的量值	218

§ 90 光源和照明器	219
§ 91 船舶照明器	222
§ 92 航行灯(识别灯和信号灯)站	229
第十四章 船舶辅机的电力传动	232
§ 93 船舶电动机	232
§ 94 电动机的工作状况	235
§ 95 操縱电动机的方法	237
§ 96 变阻器操縱	239
§ 97 控制器操縱	243
§ 98 接触器操縱	246
§ 99 发电机电动机系统	251
§ 100 起锚机和绞盘的电力驱动	254
§ 101 舵的电力驱动	263
§ 102 起货机的电力驱动	270
§ 103 船用泵、压缩机和通风机的电力拖动	284
第十五章 船用电话、传令钟和信号	286
§ 104 船舶通讯种类	286
§ 105 电话	287
§ 106 传令钟与指示器	291
§ 107 信号装置	295

第四篇 船舶电气设备的安装、管理与保养

第十六章 工具、材料、安装零件	298
§ 108 测量工具	298
§ 109 电阻丝	301
§ 110 电气绝缘材料	302
§ 111 安装零件	303
第十七章 电气安装准备工作	305
§ 112 电气安装工作的程序	305

§ 113 安装附件的选择与准备	306
第十八章 船舶电网的安装	313
§ 114 船舶电线安装的一般规则	313
§ 115 电缆线的式样	314
§ 116 电缆工作	318
§ 117 电缆末端的分头	323
§ 118 非主干电缆的安装特点	326
§ 119 油船电网安装的特点	327
第十九章 船舶照明装置的安装	329
§ 120 开关和插座的安装	329
§ 121 甲板下的灯具的安装	331
§ 122 舱顶灯和壁灯的安装	332
§ 123 照明装置的试验	333
第二十章 接线盒和配电盘的安装	334
§ 124 封闭式十字形接线盒的安装	334
§ 125 动力与照明接线盒和配电盘的安装	335
§ 126 主配电板的安装	339
第二十一章 电机和起动调节设备的安装	340
§ 127 发电机的安装	340
§ 128 电动机的安装	341
§ 129 起动调节设备的安装	343
第二十二章 绝缘电阻的测量	344
§ 130 绝缘电阻的测量方法	344
§ 131 测量绝缘电阻的规则和标准	346
第二十三章 发电机和电动机的保养	347
§ 132 电机起动准备、起动和停车	347
§ 133 发电机的并联运行	350
第二十四章 电气设备的保养及其小修	353
§ 134 电机保养的综合工作	353

§ 135 清洁电机	353
§ 136 洗涤电机	355
§ 137 检查电机	356
§ 138 电机的拆卸和装配	356
§ 139 电机的干燥处理	361
§ 140 整流子和滑环的养护	363
§ 141 电刷的保养	366
§ 142 轴承的保养	368
§ 143 电机的充磁和决定中线的方法	369
§ 144 电机的保存	373
§ 145 电机的試驗	373
§ 146 关于电机修理的基本概念	374
§ 147 起动调节设备的管理和保养	375
§ 148 舵电力传动装置的管理和保养特点	380
§ 149 甲板机械电力传动装置的管理和保养特点	380
§ 150 电机的特有故障	381
§ 151 配电设备的管理和保养	392
§ 152 照明电气装置的管理和保养	394
§ 153 弱电设备的管理和保养	397
§ 154 蓄电池的管理和保养	398
第二十五章 安全技术	402
§ 155 电流对人体組織的作用	402
§ 156 触电的防止和紧急救护	404
附录 1 絕緣銅导綫的最大允許电流强度	408
附录 2 船舶装置中所应用的电綫和电纜	409
附录 3 电量和磁量的計量单位	412
参考文献	415

前 言

在本版的編印中已經作了必要的修正和补充。

叙述电工基本知識的第一篇已大为縮減。

討論各种电机、仪器、电器的装置和使用原理的第二篇中补充的内容有：交流测量仪器，調节自动器，非电量检测电器，交流接触器和电压自动調节器。旧版中的有关继电器，接触器和主令器这一部分已經重新写过。除此以外，照明这一章和发电机、电动机控制系統一节已归到研究船舶电气设备的第三篇中去。

第三篇补充了有关交流发电机并联运行的材料，現代交直流配电盘綫路图；旧的船舶电力传动綫路图被删去，而代以現代新式綫路图，其中包括交流传动的。

第四篇“船舶电气设备的安装、使用和保养”补充了同步发电机在并联运行时的工作方法。在本篇中并介紹了各种电机的拆开和安装过程，检查它們的接通綫路图和修理后的試驗方法，指出了在电机里发现缺陷的方法，以及在船舶上消除某些缺陷的方法。

补充的部分还有关于控制器和继电接触器的管理，以及关于交流电机特有缺点的知識，此外并列出了有关安全技术的資料，这一部分为旧版所无。

以前两版里由科学技术副博士 E. H. 麦脫維耶夫所写的第 1、2、3、4 和 8 章，在本版中已作了某些修改。

第 43、44、48、62、65、73、95、103、133、138 节以及第 25 章是由工程师 A. O. 佛里克所写。

序 言

在所有現代化的技術部門里都廣泛的應用着電能，電能之所以被廣泛應用是由于：

1)把電能改變為其他形式的能，如機械能、熱能或化學能很簡便；

2)電能的傳輸容易，而且損失小；

3)大多數電機和電器有較高的效率；

4)由同一電源可在各不同功率的用電設備之間分配功率（由不足1瓦到幾萬瓩）。

最後應該指出，在許多技術部門（無線電通訊、無線電定位、電子顯微鏡等）若不用電能就無法工作。

研究電（電能）的實際應用的科學稱電工學。

本書是研究在船舶上應用電能的電工問題。

電能在海船上的應用是在19世紀，特別在20世紀電學迅速發展的結果。

遠在1753年，天才的俄羅斯學者，米哈依爾·華西里耶維奇·羅蒙諾索夫在他的一部著作中曾寫過，必須“找出電力的真正原因和建立電的精確理論”。

M. 羅蒙諾索夫，Г. 里赫曼（在研究大氣電學時慘遭雷電擊斃）和Ф. 艾皮努斯的著作對於當時電的研究工作和對自然界中電現象的正確觀點的建立起了很大的作用。

在1785到1789年法國物理學家庫倫確定了靜電和磁的相互作用定律，他的工作為今後電磁方面的理論研究打下了基礎。

意大利物理学家 A. 伏特 (1745—1827) 的重大的发明丰富了科学。他是伽尔佛尼电池、电容器及其他电气仪器的創造者。

在十九世紀初叶，B.B. 彼得罗夫 (1761—1834) 发现了电弧現象。

德国物理学家 Г. 欧姆 (1787—1854) 在一系列实验基础上，創立了著名的欧姆定律。

法国物理学家和数学家 A. 安培 (1775—1836) 是现代电力学的創始人。安培根据奥斯特于 1820 年发现的电流对磁針的作用确定了电流相互作用的定律，指出了电与磁相互之間的連系，在这以前，电与磁則被认为是絕然不同的两种現象。

法国物理学家 M. 法拉第 (1791—1867) 的杰出研究工作丰富了电学。1831 年他发明了电磁感应現象。他創立了現代磁場理論 (借助于磁力綫)，导綫在切割磁力綫时产生电动势的理論，法拉第确立了电解定理，創立了电解学說。

这些和他的另外一些发明著作对电学的进一步发展具有巨大的意义。

英国学者 M. 麦克斯韦尔 (1831—1879) 論証了法拉第对自然电磁現象的观点。

1834 年彼得堡科学院院士 Э. X. 楞次确定了电磁感应現象和电流在磁場里的机械作用的共同性，并定出决定感应电流方向的規則。楞次未受英国科学家焦耳的影响，而发现了确定电能和热能之間的关系的定律。同时 Э. X. 楞次和科学院院士 B. C. 耶柯比确定了电机可逆性原理。

科学院院士 B. C. 耶柯比在 1836 年发明了电鑄术。1838 年他在世界上第一个設計并制造了对实际有用的电动机。耶柯比并曾用此种电动机来推动船舶运动。

1876年 П. Н. 雅勃洛契科夫創立了第一个获得普遍推广的电光源——电烛。

白熾灯的最早发明者应是俄国发明家 А. Н. 罗迪金。

1882年 И. Ф. 烏薩金第一个在世界上建成了現代型式的变压器。

电能传输方面的研究比較出色的是著名学者和发明家三相电流技术創始人 М. О. 多里伏-杜勃洛伏尔斯基。多里伏-杜勃洛伏尔斯基創造了同步发电机、异步电动机、三相电流变压器，并且实现了电能在一千七百里距离内的高压传输。

1895年亚历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫在俄罗斯物理化学协会上发表了他所发明的无线电收音机，起初它是被称为雷暴指示器的。因此俄国成为当时的一种新技术部門——无线电学的誕生地。

在上世紀80年代俄国工程师 Н. Г. 斯拉符揚諾夫和 Н. Н. 別那尔多斯各自独立的发明了电弧焊接。

1880年杂志“电”在俄国出版。俄国的学者和发明家在杂志上发表文章，討論当前电工技术的实际和理論問題。为了普及电工知識，他們作演讲，編教材，写文章和专门书籍。

俄国的电工学家克服沙皇官吏阻挠，常常自己出錢进行富有成果的研究工作，創建电机的新的結構，并把他們用到技术各部門。廿世紀初在世界上第一次建成的內燃机电动船“汪达尔”号和“薩尔瑪托”号是建造电动船的开端。俄国軍艦在世界上首先采用了交流电。

在沙皇俄国，俄国学者和发明家光輝的創造和发明未得到应有的实际运用。

伟大的十月社会主义革命后，苏联为发展祖国的科学和技术創造了一切条件。为在电工这一領域内进行工作的学者和发

明家面前开辟了广阔的前途。

关于电气化对建成共产主义的意义，列宁曾经精辟地说过：“共产主义是苏维埃政权加全国电气化”。

1920年由列宁发起并在他直接领导下制定了历史上有名的全俄电气化计划（ГОЭЛРО）全俄电气化计划规定要在10到15年内使30个巨大的电站总功率约为1.75兆瓩。这个计划在1931年已基本上完成。

在各个五年计划时间，我国电气化以飞快的速度发展着，水电站和热电站兴建起来，电力工业迅速发展起来。

世界上第一个原子能发电站投入使用和总功率为2~2.5兆瓩的原子能发电站正在兴建中，这是苏联科学技术的杰出成就。

赫鲁晓夫在苏共二十一次代表大会的报告中所提出的1959到1965年苏联国民经济发展的控制数字使得我们的远景更加宏伟壮丽。

到1965年全国发电能力将增加到500到520千兆瓩-小时，而电站规定功率的增长将超过一倍。规定功率的增长主要是依靠联动机容量为10、15、20、30万瓩的巨大热电站的建设，因为热电站的建设不仅速度快而且投资也少。

在热电站进行输电同时规定要完成一系列水电站的建设（斯大林格勒、布拉特、克列明丘格、沃特金克、布赫塔尔明等水电站）同时还要在主要是由于燃料不足和不够便宜的地区建立一些新的热电站。

在行将来到的七年计划时期将建立苏联欧洲部分和中西伯利亚统一动力系统，以及将苏联某些地区动力系统合并。电压为35~50万伏的电网距离增加了二倍多。

便宜的电能生产迅速增长，引起了机械的电力传动广泛普

及。在国民經济各部門采用电力传动的同时，生产过程的电气自动化和操纵系統机械化亦得到越来越广泛的推广。

操纵系統电气自动化、輔机电力传动以及近来的螺旋推进器电力推进，都越来越广泛的应用到海船上，苏联学者、工程师、工人正在順利地建設裝有新設備的新型电气化船舶。

为了正确操纵这些船舶，改善海船工作质量，则需要熟练的专家，精确的掌握現代技术并能有效的运用这些技术。

在現代船上工作的船舶电匠一定会与各种电气化机械、仪器和电器打交道。为了保证船舶航行在任何条件下不停止工作，船舶电匠必須深刻和确切知道，在这些設備中所发生的过程的物理实质，結構特性和运行中的特殊要求。

船舶电匠在自己的活动中应遵循“苏联海船服务条例”和“船舶电气設備的使用和保养規則”。

船上电力机械的工作条件是特殊的，很多地方是与岸上电气設備使用条件不同。因此在使用船舶电机、仪器、电器时严格遵守“船舶电气設備的使用及保养規則”乃具有特別的意义。正确执行这些規則的要求能促使船舶电气設備使用期限延长，保证不出事故的工作。

船舶电匠一面扩大自己的知識，完善电气設備使用方法，一面和所有海运工作者一起为提高海船工作的效率，縮短貨运周期，提高海上运输量而奋斗。

这本书可帮助船舶电匠为保证現代复杂船舶电气設備可靠和长期的运行掌握必需的知識。

第一篇 电工基本知識

第一章 直 流 电

§ 1 电荷、庫仑定律

远在古代，人們已經知道，某些物质如果用毛皮来摩擦，会吸引輕小物品，而当它們和其他物体接触时則会发生噼啪声并具有火花。希腊人首先在琥珀上发现了这些性质（电按希腊文就是琥珀）。所以凡具有这样特性的物体被称为带电体。

同样还发现了，用同一方法取得的相同的带电体互相排斥，相异的带电体互相吸引。由此可作出結論，即存在有二类电：“树脂电”（如果用毛皮摩擦树脂，获得树脂电）和“玻璃电”（用毛皮摩擦玻璃获得）。“树脂电”被称为正电，“玻璃电”一負电。根据带电体相互作用的结果就可以决定有关的这种或那种带电体的带电量。

法国学者庫仑建立了点电荷相互作用的基本定律，即电荷尺寸与电荷間距离相比非常之小：两点电荷相互作用的机械力与这些电荷乘积成正比，而与它們之間的距离平方成反比，并沿它們的連線作用。

庫仑定律通常是用如下公式表示：

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

式中： r ——电荷間距离； q_1 和 q_2 ——点电荷， ϵ ——表征介质的系数；而 4π ——比例系数。

按照現代物质結構概念，所有物体是由最小的物质质点——原子所組成。

不同物质的原子是彼此不同的（如鉄原子不同于銅的原子），但是它們有相同的結構：原子核位于每一原子的中心，电子繞核旋轉。核同样由质子和中子組成。

电子是具有单元負电荷的最小质点。大的負电荷則是由电子結合而成。

质子是单元正电荷的最小质点。中子是无电荷的。

质子和电子的电荷量是相等的。电荷的实用单位（1庫仑）約等于 6.2×10^{18} ①单元电荷。原子具有相同数量的电子和质子，它們的异名电荷互相平衡。

原子核和电子間存在着內聚力——原子力图不改变繞核旋轉的电子的数目。但在能力作用下，原子可能失去或得到电子。

这时原子內的质子和电子数目平衡被破坏，同时原子将显示出电荷性质。显示电荷性质的原子或原子組称为离子。

电子比质子多的离子显示負电荷性质。这种离子称为負离子。

具有质子比电子多的离子显示正电荷性质。这种离子称为正离子。

在某些物质里（即在金属中）具有原子結合相当弱的电子，所以电子很容易从一个原子轉移到另一个原子中。这种电子称为传导电子。

离子和传导电子被称为自由电子。自由电荷能在其中自由移动的物体称为导体。电荷难于在其中移动的物体称电介质或

① 10^{18} 是一个数，这个数字在1的后面有18个0。