

OHM 电子电气入门丛书

电子电气读本系列

1

图

解

电工学入门

[日] OHM 社 编

Hz

kV



科学出版社

OHM社

图解

OHM 电子电气入门丛书
电子电气读本系列 1

电工学入门

〔日〕 OHM 社 编

何希才 薛永毅 张建荣 译
卢乃洪 校

科学出版社 OHM 社

2001 北京

图字：01 - 1999 - 1847 号

Original Japanese edition

Etoki Denkigaku Nyumon Hayawakari (Kaitei 2-Han)

by Fumihiro Kumagai, Masahiro Oshima, Yasushi Murano, Hiroshi Iwamoto
Tadaaki Kimoto

Copyright © 1996 by Ohmsha, Ltd.

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press

Copyright © 2000

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき

電気学入門早わかり(改訂 2 版)

オーム社 編 オーム社 1996 改訂 2 版第 1 刷

图书在版编目(CIP)数据

图解电工学入门 / (日) OHM 社编; 何希才等译.

- 北京: 科学出版社, 2000. 7

ISBN 7 - 03 - 008287 - 7

I. 图… II. O… III. 电工学 - 基本知识 - 图解

IV. TM1 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02205 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2000 年 7 月第一版 开本: A5(890 × 1240)

2001 年 10 月第二次印刷 印张: 9 1/8

印数: 5 001 — 8 000 字数: 237 000

定 价: 25.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换 <新欣>)

前言

常常听到“电难以理解”的说法。我们认为原因在于：“电是用眼睛看不见的”，对于初学者来说，就好像是立在面前的一道墙，难以逾越。为了理解抽象的电气术语和内容解释，就需要打通这道墙，若把一个个电学现象与电的工作状态同日常生活中的事例进行对比，通过眼睛来观察，进而理解电是什么，再进一步了解电的各种应用，则是很好的学习方法。本书不仅采用了这些方法，而且，采用了图解的方式，希望本书能成为初学者从入门走向精通的桥梁，这也是策划本书的目的。

现在的工科高等学校专科开设的“电工基础”课程，一般是学习传统的电工学和电子学的基础知识。本书立足于“电工基础”，针对电工学专业和电子学专业学生共同需要的基础知识，按照各个主题，采用独特的插图，使本书成为以图解为主的读物。

本书虽然是以初学者为主要读者对象，但对于活跃在现场的工程师和需要考级的电工来说，如果他们需要从头开始重新学习电子、电工基础的话，本书也是有用的。尽管从学习最新技术的角度看，再从头开始学习电工学与电子学的基础知识，似乎是舍近求远，但这正是尽快成为“电子能手”的捷径，难道不是这样吗！

本书第一版发表于1980年6月《新电工》杂志的增刊上。后来，作为面向初学者的入门书正式出版，成为广大读者喜爱的一本书。

此后，随着“电工基础”课程的变革，分出“电子电路篇”，并对电工符号、SI单位等进行修订，成为现在的第2版。

欧姆社新电工编辑部

本书的编著者均为“电工基础研究会”的成员，执笔者为：

岩本 洋 大岛正弘
熊谷文宏 村野 靖

11-63/09

目 录

前 言

图解电学发展史

1. 电学基础

本章要点及学习方法	28	开关电路	38	基尔霍夫定律	48
电的本质	30	电阻的串联与并联	40	电桥电路	50
电的要素	32	倍率器的作用	42	整 流	52
欧姆定律	34	分流器	44	SI 单位制	54
电 路	36	可变电阻器的利用	46	元件和图形符号	56

2. 电流的作用

本章要点及学习方法	60	功与电功率	70	其他电池	80
电阻的性质	62	焦耳定律	72	铅蓄电池	82
电阻的温度系数	64	电 热	74	热电动势	84
绝缘电阻	66	电线的允许电流	76	珀耳帖效应与压电现象	86
接地电阻	68	电 池	78	光电转换	88

3. 磁 作 用

本章要点及学习方法	92	磁性体	102	永磁电动机	112
磁 铁	94	电流与磁	104	发电原理	114
库仑定律	96	磁学中的欧姆定律	106	变电原理	116
磁力线和磁通量	98	电磁铁	108	电 感	118
地 磁	100	电磁铁的应用	110	感应线圈	120

4. 静电的作用

本章要点及学习方法	124	静电的功与过	128	电力线与电通量	132
何谓静电	126	电 场	130	电位与尖端放电	134

放电现象 136
电位梯度与绝缘能力 138
电容器 140

故障诊断 142
电容量 144
电容器的串并联 146

电容器的耐压 148
触摸开关 150
电容器的充放电 152

5. 交流电基础

本章要点及学习方法 156
交流电的产生 158
角频率与瞬时值 160
频率与波长的关系 162
平均值与有效值 164

正弦波的矢量表示法 166
纯电阻电路 168
纯电感电路 170
纯电容电路 172
RL 串联电路 174

RC 串联电路 176
RLC 串联电路 178
LC 串联谐振 180
RLC 并联电路 182
LC 并联谐振 184

6. 交流电路

本章要点及学习方法 188
直流坐标表示法 190
三角函数 192
极坐标表示法 194
RLC 电路的计算 196

交流电桥 198
矢量的轨迹 200
三相交流电的产生 202
Y-Y 连接 204
 Δ - Δ 连接 206

交流功率因数 208
功率的测量 210
电力的需求与输送 212
变压器 214
旋转磁场 216

7. 电量的测量

本章要点及学习方法 220
测量误差 222
动圈式测量仪表 224
检流计的种类 226
高频测量仪表 228

交流电表 230
高电压与大电流的测量 232
电路测试器(万用表) 234
万用表的欧姆表功能 236
接地电阻的测量 238

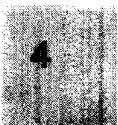
应变(变位)的测量 240
转速的测量 242
温度的测量 244
遥测 246
放射线的测量 248

8. 波形与测量

本章要点及学习方法 252
正弦波 254
失真波 256
脉冲波 258
方波与正弦波 260
过渡现象 262

时间常数 264
锯齿波 266
示波器的原理 268
同步示波器的使用方法 270
周期与时间的测量 272
数字式频率计 274

吸收式及外差式
频率计 276
Q 表的原理 278
电子(电子管)电压表 280



前言

常常听到“电难以理解”的说法。我们认为原因在于：“电是用眼睛看不见的”，对于初学者来说，就好像是立在面前的一道墙，难以逾越。为了理解抽象的电气术语和内容解释，就需要打通这道墙，若把一个个电学现象与电的工作状态同日常生活中的事例进行对比，通过眼睛来观察，进而理解电是什么，再进一步了解电的各种应用，则是很好的学习方法。本书不仅采用了这些方法，而且，采用了图解的方式，希望本书能成为初学者从入门走向精通的桥梁，这也是策划本书的目的。

现在的工科高等学校专科开设的“电工基础”课程，一般是学习传统的电工学和电子学的基础知识。本书立足于“电工基础”，针对电工学专业和电子学专业学生共同需要的基础知识，按照各个主题，采用独特的插图，使本书成为以图解为主的读物。

本书虽然是以初学者为主要读者对象，但对于活跃在现场的工程师和需要考级的电工来说，如果他们需要从头开始重新学习电子、电工基础的话，本书也是有用的。尽管从学习最新技术的角度看，再从头开始学习电工学与电子学的基础知识，似乎是舍近求远，但这正是尽快成为“电子能手”的捷径，难道不是这样吗！

本书第一版发表于1980年6月《新电工》杂志的增刊上。后来，作为面向初学者的入门书正式出版，成为广大读者喜爱的一本书。

此后，随着“电工基础”课程的变革，分出“电子电路篇”，并对电工符号、SI单位等进行修订，成为现在的第2版。

欧姆社新电工编辑部

本书的编著者均为“电工基础研究会”的成员，执笔者为：

岩本 洋 大岛正弘
熊谷文宏 村野 靖

11-63/09

目 录

前 言

图解电学发展史

1. 电学基础

本章要点及学习方法	28	开关电路	38	基尔霍夫定律	48
电的本质	30	电阻的串联与并联	40	电桥电路	50
电的要素	32	倍率器的作用	42	整 流	52
欧姆定律	34	分流器	44	SI 单位制	54
电 路	36	可变电阻器的利用	46	元件和图形符号	56

2. 电流的作用

本章要点及学习方法	60	功与电功率	70	其他电池	80
电阻的性质	62	焦耳定律	72	铅蓄电池	82
电阻的温度系数	64	电 热	74	热电动势	84
绝缘电阻	66	电线的允许电流	76	珀耳帖效应与压电现象	86
接地电阻	68	电 池	78	光电转换	88

3. 磁 作 用

本章要点及学习方法	92	磁性体	102	永磁电动机	112
磁 铁	94	电流与磁	104	发电原理	114
库仑定律	96	磁学中的欧姆定律	106	变电原理	116
磁力线和磁通量	98	电磁铁	108	电 感	118
地 磁	100	电磁铁的应用	110	感应线圈	120

4. 静电的作用

本章要点及学习方法	124	静电的功与过	128	电力线与电通量	132
何谓静电	126	电 场	130	电位与尖端放电	134

放电现象 136
电位梯度与绝缘能力 138
电容器 140

故障诊断 142
电容量 144
电容器的串并联 146

电容器的耐压 148
触摸开关 150
电容器的充放电 152

5. 交流电基础

本章要点及学习方法 156
交流电的产生 158
角频率与瞬时值 160
频率与波长的关系 162
平均值与有效值 164

正弦波的矢量表示法 166
纯电阻电路 168
纯电感电路 170
纯电容电路 172
RL 串联电路 174

RC 串联电路 176
RLC 串联电路 178
LC 串联谐振 180
RLC 并联电路 182
LC 并联谐振 184

6. 交流电路

本章要点及学习方法 188
直流坐标表示法 190
三角函数 192
极坐标表示法 194
RLC 电路的计算 196

交流电桥 198
矢量的轨迹 200
三相交流电的产生 202
Y - Y 连接 204
 Δ - Δ 连接 206

交流功率因数 208
功率的测量 210
电力的需求与输送 212
变压器 214
旋转磁场 216

7. 电量的测量

本章要点及学习方法 220
测量误差 222
动圈式测量仪表 224
检流计的种类 226
高频测量仪表 228

交流电表 230
高电压与大电流的测量 232
电路测试器(万用表) 234
万用表的欧姆表功能 236
接地电阻的测量 238

应变(变位)的测量 240
转速的测量 242
温度的测量 244
遥 测 246
放射线的测量 248

8. 波形与测量

本章要点及学习方法 252
正弦波 254
失真波 256
脉冲波 258
方波与正弦波 260
过渡现象 262

时间常数 264
锯齿波 266
示波器的原理 268
同步示波器的使用方法 270
周期与时间的测量 272
数字式频率计 274

吸收式及外差式
频率计 276
Q 表的原理 278
电子(电子管)电压表 280

A History of Electrical technology

图解 电学发展史

1 公元前的琥珀和磁石

公元前 600 年
发现静电
泰勒斯

希腊七贤中有一位名叫泰勒斯的哲学家。公元前 600 年前后,泰勒斯看到当时的希腊人通过摩擦琥珀吸引羽毛,用磁铁矿石吸引铁片,曾对其原因进行过一番思考。据说他的解释是:“万物皆有灵。磁吸铁,故磁有灵。”这里所说的“磁”就是磁铁矿石。

希腊人把琥珀叫做“elektron”(与电子同音)。他们从波罗的海沿岸进口琥珀,用来制作手镯和首饰。当时的宝石商人们也知道摩擦琥珀能吸引羽毛,不过他们认为那是神灵或者魔力的作用。

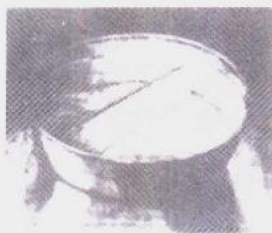
指南针的应用
中国

在东方,中国人早在公元前 2500 年前后就已经具有天然磁石的知识。据《吕氏春秋》一书记载,中国在公元前 1000 年前后就已经有了指南针,他们在古代就已经用磁针来辨别方向了。

2 磁、静电和伏打电池



浮在水面上的磁针



14 世纪
发明
航海罗盘

通常所说的摩擦起电,在公元前人们只知道它是一种现象。很长时间里,关于这一现象的认识并没有进展。

而罗盘则早在 13 世纪初就已经在航海中得到了应用。那时的罗盘是把加工成针形的磁铁矿石放在秸秆里,使之能浮在水面上。到了 14 世纪初,又制成了用绳子把磁针吊起来的航海罗盘。

这种罗盘在 1492 年哥伦布发现美洲新大陆以及 1519 年麦哲伦发现环绕地球一周的航线时发挥了重要作用。

(1) 磁、静电与吉尔伯特



吉尔伯特向伊丽莎白女王展示实验

英国人吉尔伯特是伊丽莎白女王的御医,他在当医生的同时,也对磁进行了研究。他总结了多年来关于磁的实验成果,于 1600 年出了一本取名为《论磁学》的书。书中指出地球本身就是一块大磁石,并且阐述了罗盘的磁倾角问题。

吉尔伯特还研究了摩擦琥珀吸引羽毛的现象,指出这种现象不仅存在于琥珀上,而且存在

1600 年
磁的研究
吉尔伯特

于硫磺、树脂、玻璃、水晶、钻石等物质。现在,人们已经知道,毛皮、绒布、陶瓷、火漆、玻璃、纸、丝绸、琥珀、金属、橡胶、硫磺、赛璐珞等是摩擦起电物质系列。把这个系列中的两种物质互相摩擦,系列中排在前面的物质将带正电,排在后面的物质将带负电。

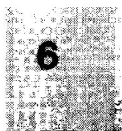
为了做静电实验,吉尔伯特还设计过一种叫做贝鲁索留姆旋转器的老式验电器。

那时候,主要的研究方法就是靠思考,而他主张真正的研究应该以实验为基础,他提出这种主张并付诸实践,在这点上,可以说吉尔伯特是近代科学研究方法的开创者。

(2) 雷和静电

在公元前的中国,打雷被认为是神的行为。说是有五位司雷电的神仙,其长者称为雷祖,雷祖之下是雷公和电

1748 年
发明避雷针
富兰克林



母。打雷就是雷公在天上敲大鼓，闪电就是电母用两面镜子把光射向下界。

到了亚里斯多德时代就已经比较科学了。认为雷的发生是由于大地上的水蒸气上升，形成雷雨云，雷雨云遇到冷空气凝缩而变成雷雨，同时伴随出现强光。

认为雷是由静电而产生的是英国人沃尔，那是亚里斯多德之后很久的1708年的事。1748年，富兰克林基于同

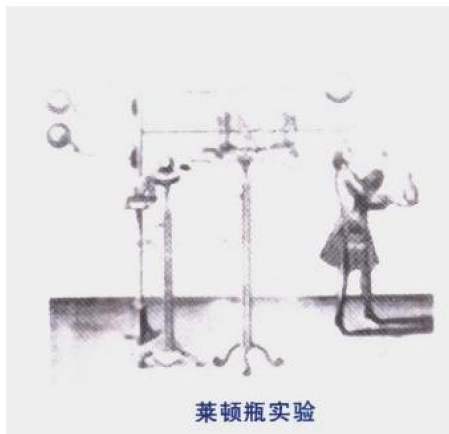
样的认识设计了避雷针。

前面曾提到摩擦起电有正电和负电两种，给出正电和负电这两个名字的正是富兰克林(1747年)。

能不能用什么办法把这种静电收集起来？这个问题很多科学家都考虑过。1746年，莱顿大学教授缪森布鲁克发明了一种存贮静电的瓶子，这就是后来很有名的“莱顿瓶”。

缪森布鲁克本来想像往瓶子里装水那样把电装进瓶子里，他首先在瓶子里灌上水，然后用一根金属丝把摩擦玻璃棒通到水里。就在他的手接触到瓶子和棒的一瞬间，他被重重地“电击”了一下。据说他曾这样说过：“就算是国王下命令，我也不想再做这种可怕的实验了”。

富兰克林联想到往莱顿瓶里蓄电的事，于1752年6月做了一个把风筝放到雷雨云里去的实验。其结果，发现了雷雨云有时带正电有时带负电的现象。这个风筝实验很有名，许多科学家都很感兴趣，也跟着做。1753年7月，俄罗斯科学家利赫曼在实验中不幸遭电击身亡。



莱顿瓶实验

1746年
发明莱顿瓶
缪森布鲁克



伽伐尼的青蛙实验

1800 年
发明电池
伏打

电击曾被用于治疗疾病,1700 年以后,电击疗法一度很流行。意大利波洛尼亚大学教授伽伐尼在解剖青蛙时发现,手术刀一碰到青蛙腿上的肌肉,肌肉就痉挛。当时正是电击疗法盛行的时代,于是他就想,青蛙肌肉痉挛的原因就是电吧?此后,他给这种电起了个“动物电”的名称,并于 1791 年以同一名称为题发表了论文。

意大利帕维亚大学教授伏打在重复伽伐尼实验的过程中,对“动物电”产生了疑问,经过进一步研究,于 1800 年发表了题为“论不同导电物质接触起电问题”的论文,阐明了两种不同金属接触带电的现象。通过用各种金属进行实验,他证明了锌、铅、锡、铁、铜、银、金、石墨是个金属电压系列,当这个系列中的两种金属相互接触时,系列中排在前面的

金属带正电,排在后面的金属带负电。他把铜和锌作为两个电极置于稀硫酸中,从而发明了伏打电池。电压的单位“伏[特]”就是以他的名字命名的。

19 世纪初,正是法国大革命后进入拿破仑时代。拿破仑从意大利归来,在 1801 年把伏打



伏打在拿破仑面前做实验

召到巴黎,让他做电学实验,伏打也因此获得了拿破仑授予的金质奖章和莱吉诺-多诺尔勋章。

(3) 伏打电池的利用与电磁学的发展

伏打电池发明之后,各国利用这种电池进行了各种各样的实验和研究。德国进行了电解水的研究,英国进行了从氯化钾中提取钾、从氯化钠中提取钠的研究,英国化学家戴维把 2000 个伏打电池连在一起,进行了电弧放电实验。戴维的实验是在正负电极上安装上木炭,通过调整电极间距离使之产生放电而发出强光,这就是电用于照明的开始。

1820 年,丹麦哥本哈根大学教授奥斯特在一篇论文中公布了他的一个发现:在与伏打电池连接了的导线旁边放

1820 年
发现电流
会产生磁
场奥斯特



西林格的单针电报机

1826 年
发现欧姆定律
欧姆

1831 年
发现电磁感
应现象
法拉第

的安培定律(1820 年),法拉第发现了划时代的电磁感应现象(1831 年),电磁学得到了飞速发展。

另一方面,关于电路的研究也在发展。欧姆发现了关于电阻的欧姆定律(1826 年),基尔霍夫发现了关于电路网络的定律(1849 年)等,从而确立了电工学。

上一个磁针,磁针马上就发生偏转。

俄罗斯的西林格读了这篇论文,他把线圈和磁针组合在一起,发明了电报机(1831 年),这可说是电报的开始。

其后,法国的安培发现了关于电流周围产生的磁场方向问题



法拉第

3 有线通信的历史

有人说科学技术是由于军事方面的需要而发展起来的,这种说法有一定的历史事实根据。

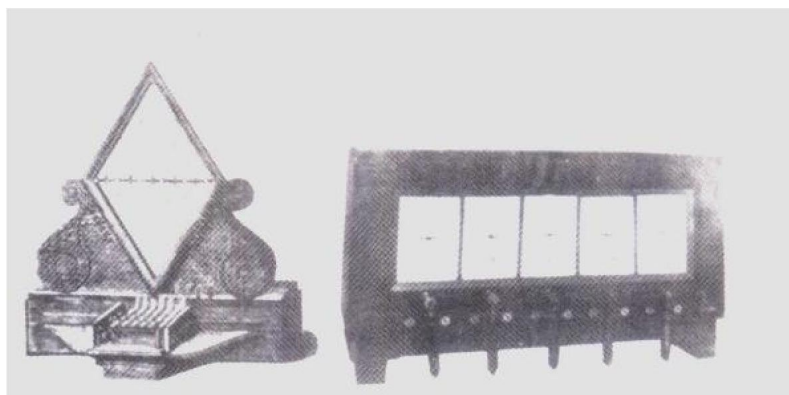
英国害怕拿破仑进攻,曾用桁架式通信机向自己的部队通报法国军队的动向。瑞典、德国、俄罗斯等国家也以军事为目的,架设了由这类通信机组成的通信网,据说都曾投入了庞大的预算。

将这种通信机改造成电通信方式的构想大概就是有线通信的开始。

(1) 有线通信的原理

除了前面所讲到的西林格所发明的电磁式电报机以外,还有德国的简梅林格发明的电化学式电报机、高斯和韦伯(德国)的电报机、库克和惠斯通(英国)的 5 针式电报机

1837 年
发明电报机
库克与惠斯通



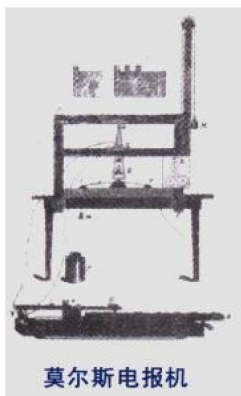
库克和惠斯通的 5 针式电报机

等。电报机的形式也是各种各样的,有音响式、印刷式、指针式、钟铃式等。其中,库克和惠斯通的 5 针式电报机最为有名。1837 年,这种电报机曾通过架设在伦敦与西德雷顿之间长达 20 公里的 5 根电线而投入实际使用。

(2) 莫尔斯电报机

1837 年,莫尔斯电报机在美国研制成功,发明人就是以莫尔斯电码而闻名的莫尔斯。莫尔斯电码是一种以点、划来编码的信号。

莫尔斯本来想当一名画家,他为此在伦敦留学。1815 年,他在回美国的船上听了波士顿大学教授杰克逊关于电报的一席谈话,萌发了莫尔斯电码和电报机的构想。为了铺设电报线,莫尔斯成立了电磁-电报公司,并于 1846 年在纽约—波士顿、费城—匹兹堡、多伦多—布法罗—纽约之间开通了电报



莫尔斯电报机

1837 年
发明莫尔斯
电报机
莫尔斯

1876 年
发明电话
贝尔和格雷

业务。

莫尔斯的事业获得了极大成功,于是就在美国各地创办电报公司,电报业务逐渐扩大起来。

1846 年,莫尔斯电报机装上了音响收报机,使用也更加方便。

(3) 电话和交换机

1876 年 2 月 14 日,美国的两位发明家贝尔和格雷分别



1891 年
发明自动
交换机
史端乔

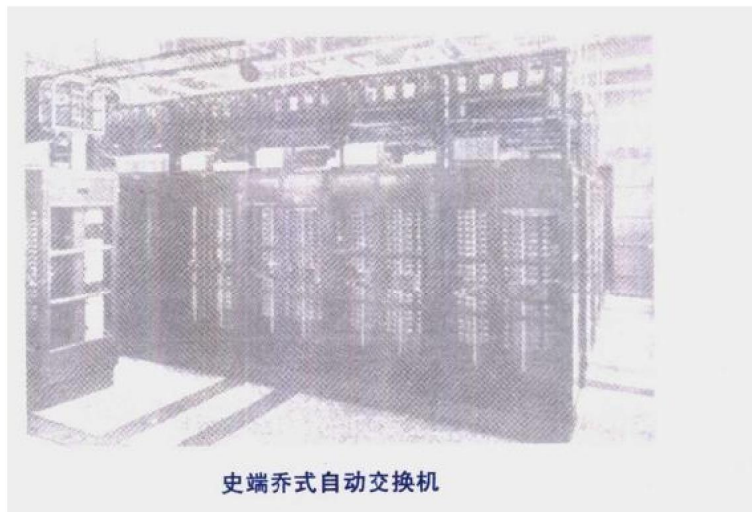
递交了电话机专利的申请，贝尔的申请书比格雷的申请书早两个小时到达，因而贝尔得到了专利权。

1878 年，贝尔成立了电话公司，制造电话机，全力发展电话事业。

从发展电话业务开始，交换机就担负着重要任务。1877 年前后的交换机称为传票式交换机，话务员收到通话请求，得把传票交给另一位话务员。

其后，经过反复改进，开发出了框图式交换机，进而又开发出了自动交换方式（1879 年）。

1891 年，史端乔式自动交换机研制成功。至此，自动交换的愿望就算实现了。之后研究仍在继续，又经过了几个阶段才达到了现在的电子交换机。



（4）海底通信电缆

陆上通信网日渐完备，人们开始考虑在海底敷设通信电缆来实现跨海国家之间的通信。1840 年前后，惠斯通就已经考虑到了海底电缆的问题。

海底电缆有很多问题需要解决，电缆的机械强度、绝缘及敷设方法等都与陆上电缆不同。

1845 年
敷设海底电缆
英国

