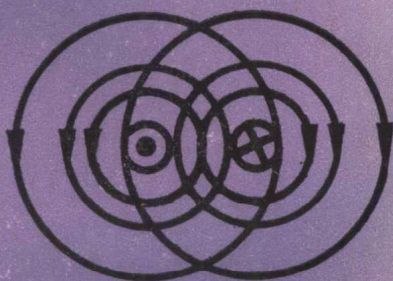


DIANGONGXUE
JICHUZHISHI



〔联邦德国〕F·贝茨等著

电 工 学 基 础 知 识

中国劳动出版社

电 工 学 基 础 知 识

电工学·电工实践·材料学

〔联邦德国〕 F·贝茨等著

第二汽车制造厂技工学校组织翻译
储景云、王树人译 傅佑同 校审

中国劳动出版社

内 容 简 介

本书是第二汽车制造厂技工学校组织翻译的联邦德国教材，该校以此书为蓝本，结合我国技校实际编写有关教案和学习资料进行教学。

本套教材分三册（电工学基础知识、电工学实用知识第一册、电工学实用知识第二册），本册内容包括电工学、电工实践和材料学三部分，每部分有32个单元。电工学主要讲述了电阻、电流等及其回路；电桥、功和功率 电能转换和效率、电流测定及过载保护；原电池和燃料电池；电压、端电压及电压发生器的串、并联等；匹配、空载和短路；电场、电容、磁场、磁路等有关知识。电工实践主要讲述了电工工具及车间设备；安全知识；电工的各种连接种类和技术；电气测量技术；电气元件、发热设备和电工仪表、光源的接线；电的保护装置等。材料学主要讲述了基本量和派生量，如质量、长度、面积、体积、时间、速度和加速度等；运动及力；化学基础知识；电工技术中普通材料综述，如天然材料、合成材料及其机械性能和检验，材料的工艺性和加工方法，腐蚀及防护；钢铁材料及热处理等。

本书可供技工学校教师和技术人员参考，也可供技工学校学生和在职工人自学使用。

本书由王树人、储景云译，天津大学教授傅佑同校审。

Grundkenntnisse Elektrotechnik

Elektrotechnik Elektropraxis Werkstoffkunde

Grundstufe für Industrie und Handwerk

4., überarbeitete Auflage

Betz Beuth Huber LauwaBer Schmidt Wunderlin

Verlag Handwerk und Technik G.m.b.H.

Blumenstrasse 38, 2000 Hamburg 60

1981

电工学基础知识

〔联邦德国〕 F·贝茨等著

第二汽车制造厂技工学校组织翻译

储景云 王树人译 傅佑同校审

责任编辑：王栋梁

中国劳动出版社出版

（北京市和平里中街12号）

怀柔县东茶坞印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 27.5印张 682千字

1989年11月北京第1版 1990年10月北京第1次印刷

印数：4700册

ISBN 7-5045-0474-2/TM·028 (课) 定价：12.70元

说 明

联邦德国职业学校“双元制”教学计划，开设三门专业课即《专业理论》、《专业计算》、《专业制图》。我校自1985年引进了联邦德国职业学校“双元制”教学计划，除开设三门专业课外，并开设《语文》、《政治》、《体育》三门课。

《电工学》是联邦德国职业学校电工类《专业理论》教材，本书共三册，即：《电工学基础知识》、《电工学实用知识》（第一、二册），其内容包括电工学，电工实践，材料学（电工常用材料）及电气机械。本书在培训专业技术工人、初级技术人员的过程中，既可作为教学的正式教材，也可作为个人专业进修的自学的教材。本教材适用的专业范围极为广泛，由于科学技术的发展，各行业都离不开“电”，因此学习本书都会有所裨益。本书以最基本的科学理论为导引线，以实物和实例进行对比，体现了综合运用各门科学理论解决实际问题的具体措施和思路。同时提出了标准化的各项规定及安全生产的注意事项。

本书编写的内容具有如下的重要特点：

1. 内容从最基本的概念开始，对所有的定理和专门名词定义，都以严谨、通俗、简单扼要的词句加以阐明，使学者便于理解和记忆；
2. 在解释基本概念的同时，借助于实例加以说明，使学者立刻把基本概念与他所熟习的常见事物联系起来，这样就不会使学者感到定理是枯燥的死教条，而是活生生有用的知识；
3. 对于物质世界的客观规律辅以图加以说明，使之紧密联系，极为重视联系实践，但又不单纯以经验为主；
4. 计算例题概念清楚，计算过程简单，例题的实用性强；
5. 在必要的部分列出全面的有用的性能数据，其中有许多是很难得的资料；
6. 本书各部分都极为重视生产安全及事故防护。

全书基本上是以“看图识字”的方法进行专业知识学习。分节细，每节都有思考题，可以自己检查自己的学习质量。

这是一套实用性很强，基本概念十分正确，清晰的专业书籍，学习本书它一定会使你获得巨大的收益。

本书在出版过程中，承蒙中国劳动出版社的大力支持，在此，我们衷心的感谢。由于我们水平有限，书中不妥之处是难免的，愿望读者批评指正。

第二汽车制造厂技工学校

高级讲师 高德凤

一九八九年十月三十一日

目 录




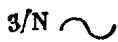


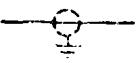
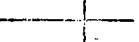













1. 电工学	1
电路符号一览表	1
物理量和单位一览表	6
电工基础	10
1. 电工学引言和电的危险	10
2. 电的载流子	11
3. 电压	14
4. 电流	17
5. 电阻	21
6. 电导	24
7. 电流回路和欧姆定律	27
8. 电阻的串联	31
9. 电阻的并联	33
10. 电阻网络	38
11. 分压器	42
12. 电桥	46
13. 功和功率	51
14. 电能的转换和效率	56
15. 电热效应	59
16. 电流密度和直流导线的测定	61
17. 温度变化时的电阻	65
18. 电化学基础	70
19. 原电池和燃料电池	76
20. 二次电池和系统比较	81
21. 原电压、端电压、电阻	87
22. 电压发生器电路	91
23. 匹配、空载运行和短路运行	95
24. 电场	102
25. 直流电压下的电容器	108
26. 磁场	116
27. 磁场的物理量	123
28. 磁路	129
29. 磁场的力效应	136

30. 电磁感应定律.....	141
31. 直流电压下的线圈.....	148
32. 电对活的组织的作用, 事故的预防和急救.....	153
2. 电工实践	159
实用专业基础	159
1. 车间和工具.....	159
2. 使用工具的安全措施.....	168
3. 工作位置处的安全行为.....	169
4. 动力工程的电缆, 配电盘和插座设备.....	172
5. 电讯工程的电缆, 分配器和插座设备.....	187
6. 动力工程和电讯工程的机械控制开关.....	192
7. 连接技术: 螺栓和夹子.....	196
8. 连接技术: 挤压, 端点缠线.....	200
9. 焊接工艺基础.....	202
10. 钎焊种类和熔剂.....	206
11. 机械的钎焊接方法.....	209
12. 欧姆电阻的结构形状和制造方法.....	210
13. 欧姆电阻的性能和标准化.....	215
14. 可调电阻, 电位计.....	221
15. 电气测量技术的基本概念.....	225
16. 电流测量和电压测量, 量程扩大.....	230
17. 间接的和直接的电阻测量.....	233
18. 可控的电阻二端网络(热, 光, 磁场和膨胀).....	236
19. 发热设备.....	243
20. 电工仪表, 光源和灯的接线.....	251
21. 过流保护装置、熔断器和线路保护开关.....	260
22. 电功测量和电功率测量.....	267
23. 原电池: 结构形式, 保养, 贮藏.....	269
24. 蓄电池, 结构形式, 保养, 贮藏 (见1-20) 铅蓄电池的结构形式.....	273
25. 工业电源的负荷特性曲线和内阻.....	277
26. 电容器的性能和标准.....	279
27. 电容器的结构形式与制造方法.....	283
28. 印刷电路.....	292
29. 永久磁铁.....	296
30. 动力工程的电磁控制仪器.....	300
31. 电讯工程的电磁控制部件.....	304
32. VDE 0 100的防护措施概要.....	309
3. 材料学	315
物理基础	315

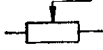










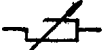
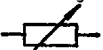
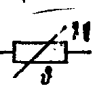
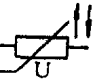
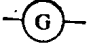


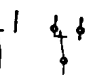
1. 概要：国际单位制SI的量和单位	315
2. 基本量：质量和长度	316
3. 从质量和长度简单导出的量	319
4. 基本量：时间及其派生量	320
5. 运动的种类	324
6. 力及其性质	327
7. 力的合成与分解	330
8. 杠杆定律、力矩、转矩、平衡 (DIN 1301, 1304)	332
9. 能量，能量转换 (DIN 1301, 1304, 1341, 1345, 5497)	338
10. 功和功率 (DIN1301, 1304, 1345, 1358, 5497, 40121)	342
11. 基本量：温度、热量、热流 (DIN1301, 1304, 1345, 40121)	345
12. 材料的热焓和热传递	349
化学基础	358
13. 化学元素，元素周期律	358
14. 金属，非金属，惰性气体	364
15. 化学键	366
16. 结晶和晶体的结构	367
17. 氧化，还原，物质平衡和能量平衡	371
18. 碱，酸，盐	374
普通材料	379
19. 电工技术中金属材料综述	379
20. 电工技术中非金属材料概要	381
21. 材料的机械性能及其检验	384
22. 材料的工艺性能和加工方法	391
23. 腐蚀(见3-17至3-18)	395
24. 腐蚀防护	398
25. 铁材料	402
26. 碳元素对钢的影响	406
27. 钢的分类和标准化	408
28. 钢的热处理	410
29. 表面淬火	415
30. 磁性材料	417
31. 铁—铸造材料	423
32. 铁材料对比概要	426

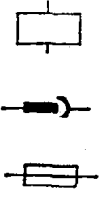
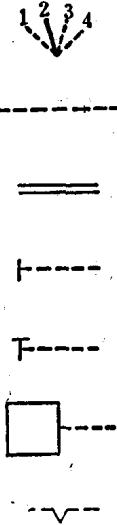

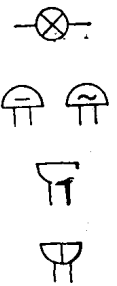
1. 电 工 学









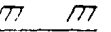
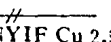
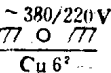





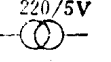


电 路 符 号 一 览 表

德国工业标准	序 号	电 路 符 号	名 称
40710	1.1		直流电
	2.1		交流电
	11.1		矩形脉冲
	15.2	3/N 	有零线的三相交流电
40711	1.1		一般的导线
	5.1		安全引线(接地)
	10.2		屏蔽线, 接地
	14.1		没有连接的交叉
	15		导线的导电连接
	16.1		连接点, 符合不可拆条件
	16.2		可拆的连接, 接线柱
40712	1		一般的连续可变性
	2		分级可变性
	3		一般的可校准性
	4		分级可校准性
	5		随物理量可线性变化的
	6		随物理量非线性变化
	7		一般的电阻
	8		一般的电阻
	9		一般的电阻
	10		一般的电阻

续表

德国工业标准	序 号	电 路 符 号	名 称
40712	13		具有滑动触头的电阻
	16		绕组, 一般电感
	16		可选择电感
	20		带磁性材料铁心的绕组
	23		电容器, 一般电容
	26		具有外层标志的电容器
	27		带极性的电解电容器
	31		永久磁铁
	32		原电池, 蓄电池
	33		一般接地
	37		一般接外壳
	43		可变电阻
	54		电位计
	57		热敏电阻, 与温度同向变化,
58		随电压变化的电阻, 非线性, 电阻变化 与电压变化相反	
40715	117		发电机(电机)
40713	1		接通开关(常开)
	2		断开开关(常闭)
	3		转换开关

德国工业标准	序 号	电 路 符 号	名 称
40713	7 15 22		继电器、接触器装置，一般驱动 带有塞孔的插销 一般保险装置
40703	6 7 8 13 17 22 28		开关标志 功能连接（一般） 功能连接(可选式符号) 一般手动驱动 通过翻转控制的手动驱动 一般力的驱动 切口
40716	1.5/6 1.25 1.27 4.1.1		带有电流和电压线路的测量装置 一般测量设备 独立输入的电流表 单相交流功率表（计数器）
40708	2.1 14.2 15.1 15.2		指示灯(白炽灯泡) 直流或交流信号铃 小鼓 蜂鸣器

德国工业标准	序号	电路符号	名称
40714	1.2		具有两个可分绕组的变压器
40700	8.25		随磁场变化的电阻
	8.27		光敏电阻
	8.29		二极管, 半导体整流管
	8.55		NPN三极管
	11.1		信号发生器(通讯设备)
40717 室内 布线 开关, 单极 的表 示	11		明线(在墙上)
	12		暗线(在墙中)
	13		暗线(在墙下)
	22		作为室内布线图的例子
	23		
	27		向上馈电
	28		从上面馈电
	30		孤电一室内接线盒
	41		配 电
	44		安全导线接线处
49		变压器, 例如电铃变压器	
56		一般开关	
58		过载保护开关	

德国工业标准	序号	电路符号	名称
40717	60		带有热释放的安全开关
	65		开关1/1(单极断路)
	66		开关1/2(双极断路)
	67		开关1/3(三极断路)
	68		开关4(成组开关)
	69		开关5(串联开关)
	70		开关6(转换开关)
	71		开关7(交叉开关)
	72		按钮开关
	74		简单插座(无安全地线)
	76		简单插座(带接触地线)
	79		带保护接地点的插座(三相)
	87		测量设备, 例如电流表
	88		计数器
	97		灯
	107		放电管灯
	116		起辉器
	119		电子装置
	123		一般电灶
	128		热水预热器
	131		洗衣机

室内布线开关、单极的表示

续表

德国工业标准	序号	电路符号	名称
40717 室内布线开关；单极的表示	133		洗碗机
	134		暖气
	138		通风扇
	140		制冷设备
	141		冷藏设备
	143		一般电动机
	148		电话机
	167		开门装置

物理量和单位一览表

物理量	符号	符号的来源	单位	单位的来源①
长度	l	英语 length (德语 Länge)	m 米	希腊语metron
面积	A	英语 area	m^2 平方米	如长度
体积	V	拉丁语 volumen	m^3 立方米	如长度
质量	m	英语 mass (德语 Masse)	kg 千克	希腊语chilioi = 1000 法语 gramme, 砵码
密度	ρ	希腊字母, 小写 Rho	kg/m^3 千克/立方米	见质量和长度
时间	t	拉丁语 tempus	s 秒	拉丁语sekundus
频率	f	拉丁语 frequentia	Hz 赫	德国物理学家海恩·赫兹 (Heinr. Hertz)
圆频率	ω	希腊字母, 小写 omega	1/s 1/秒	见时间
速度	v	拉丁语 velocitas	m/s 米/秒	见长度和时间
加速度	a	英语 acceleration	m/s^2 米/秒 ²	见长度和时间
力	F	英语 force	N 牛顿	英国物理学家 伊萨克·牛顿 (Isaak Newton)

续表

物理量	符号	符号的来源	单位	单位的来源①
压力	P	英语 pressure	Pa 帕 bar 巴	法国物理学家, 布莱斯·帕斯考(Blaise Pascal) 希腊, 巴罗斯(baros), 重力的
能量, 功	W	英语 work	Nm 牛顿米 J 焦尔 Ws 瓦秒	见力和长度 英国物理学家, 詹姆士·焦尔(James Joule) 见功率和时间
功率	P	英语 power	W 瓦	英国机械师和设计师, 詹姆斯·瓦特(James Watt)
摄氏温度	θ	希腊字母, 小写Theta	$^{\circ}\text{C}$ 度	瑞典物理学家, 安德斯·摄氏乌斯(Anders Celsius)
凯尔文温度	Θ, T	希腊字母, 大写Theta	K 度凯	英国物理学家 劳尔得·凯尔文(Lord Kelvin), 威廉姆·汤姆森(William Thomson)
电流	I	法语 intensité	A 安培	法国物理学家, 安德烈·安培(André Ampere)
电压	U	起初用E和V, 而后改为用U	V 伏特	意大利物理学家, 阿烈山得罗·伏特(Alessandro Volta)
电导	G	可能是英语gate, 通道	S 西门子	德国发明家, 威尔诺·西门子(Werner Siemens)
电阻	R	拉丁语 resistētia	Ω 欧姆	德国物理学家, 盖格·西蒙·欧姆(Georg Simon Ohm) 希腊字母, 大写Omega
电荷	Q	拉丁语 quantum	C 库仑	法国物理学家, 查理士·奥格斯提·得·库仑(Charles Augustin de Coulomb)
电容	C	拉丁语 capacitas	F 法拉	英国物理学家, 米卡尔·法拉第(Michael Faraday)
电场强度	E	希腊语elektron, 琥珀	V/m 伏特/米	见电压和长度
磁通	Φ	希腊字母, 大写Phi	Wb 韦伯	德国物理学家, 威尔·韦伯(Wilh·Weber)
磁通密度	B	可能是英语bunch, 线束	T 特斯拉	南斯拉夫物理学家, 尼古拉·特斯拉(Nicola Tesla)
电感	L	英语 lumpish, 惰性的	H 亨利	美国物理学家, 约瑟夫·亨利(Joseph Henry)

续表

物理量	符号	符号的来源	单位	单位的来源 ^①
磁场强度	H	英语 heavy, 强度(重的)	A/m 安培/米	见电流和长度
照度	E	法语 éclairage	lx 流明	拉丁语 Lux, 光线
热量	Q°	拉丁语 quantum	J 焦耳	英国物理学家, 詹姆士·焦耳 (James Joule)

注: ① 一般说来, 用英语或法语词汇作为物理量符号或单位名称的根源, 而这些词又常是借用于希腊语或拉丁语。
 ② 依照标准, 热量的符号 Q 与电荷的符号一样。标准推荐, 电荷的符号用小写 q 来避开 (德国工业标准 DIN 1304, 第1页)。如果作为能量的热量使用符号 W , 以及通过下标符号 W_{mech} , W_e 和 W_h (机械能, 电能, 热能) 来区分之, 教学效果会更好。

基本单位, 导出单位, 内在联系

要区分基本物理量和基本单位, 也要区分导出的量和单位。在联邦德国对此从 1968 年 7 月 2 日在计量学中关于单位的法律以及 1970 年 6 月 26 日的执行命令是有效的。

单位的内在联系有特殊的含义: 在由一种单位到另一种单位的换算时, 除了 1 之外不出现其它数字系数。

基本单位的法定定义以及重要的导出单位将于下面阐述。

基本单位的法定定义

基本单位 1 米是氪同位素 ^{86}Kr 从状态 $5d_5$ 到状态 $2P_{1/2}$ 辐射的原子波长的 1650763.73 倍。

基本单位 1 千克是国际千克标准的质量。

基本单位 1 秒是铯同位素 ^{133}Cs 辐射的原子越过两个基态超精细结构的周期的 9192631770 倍。

基本单位 1 安培是一个不随时间而变化的电流强度。该电流流过在真空中两根相距 1 米平行的, 直的, 无穷长的, 圆形横截面小得可以忽略的导线, 使得在两导线之间每 1 米长引起 0.2 微牛顿 (μN) 的电动力。

基本单位 1 度凯是水三态点的热力学温度的 273.16 分之一。

基本单位一烛光是这样的光强, 它垂直地照射在 $1/60\text{cm}^2$ 黑辐射器的表面上, 该表面的温度为在 101325 帕压力下铂的凝固点。

物理量	单位的定义	关系和返回到基本单位
力	1 牛顿是 1 千克物体产生 1 米/秒 ² 加速度所受的力	$1\text{N} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{VA} \cdot \text{s}}{\text{m}}$
压力, 机械应力	1 帕是 1 平方米平面受到均匀垂直的力 1 牛顿时的压力。	$1\text{Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$
能量, 功, 热量	1 焦耳是 1 牛顿力的作用点沿力方向移动 1 米所做的功。	$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 1\text{VA} \cdot \text{s} = 1\text{A}^2 \Omega \cdot \text{s}$ $= 1 \frac{\text{V}^2}{\Omega} \cdot \text{s} = 1\text{Ws}$

续表

物理量	单位的定义	关系和返回到基本单位
功率,能流和热流	1瓦特是在1秒之内转换1焦耳功的功率。在陈述电的无功功率时,也把瓦特称为乏(单位符号:var)。在陈述电的视在功率时,也把瓦特称为伏安(单位符号:VA)。	$1W = 1VA = 1 \frac{J}{s} = 1 \frac{Nm}{s}$ $= 1 \frac{kgm^2}{s^3}$
电压, 电位差	1伏特等于一条纤维状, 均匀, 等温的金属导线两点之间的电压或电位差。这根导线通有不随时间变化的1安培电流, 且在这两点之间所耗的功率为1瓦特。	$1V = 1 \frac{W}{A} = 1 \frac{J}{As} = 1 \frac{Nm}{As} = 1 \frac{kgm^2}{As^2}$
电阻, 电导	1欧姆等于一条纤维状, 均匀, 等温的金属导线两点之间的电阻。在这两点间施加1伏特电压, 流过不随时间变化的电流为1安培。	$1\Omega = 1 \frac{V}{A} = 1 \frac{J}{A^2s} = 1 \frac{kgm^2}{A^2s^4}$ $1S = 1 \frac{1}{\Omega}$ <p>1西门子等于电阻为1欧姆导线的电导。</p>
电量, 电荷	1库仑等于在1秒内流过导线横截面的电量, 这根导线通有不随时间变化的1安培电流。	$1C = 1As = 1SsV$
电 容	1法拉等于一个电容器上的电容量, 当给这个电容器施加1伏特电压时, 充的电量为1库仑。	$1F = 1 \frac{As}{V} = 1Ss = 1 \frac{A^2s^4}{kgm^2}$
电通量, 电位移	在一个平板电容器中每平方米的电量为1库仑时就是单位电通量或电位移。该电容器置于真空中, 无限延伸的两个极板彼此平行, 且每平方米都充有1库仑电量。	$1 \frac{C}{m^2} = 1 \frac{As}{m^2}$
电场强度	在均匀电场中, 每米距离有1伏特电位差就是单位电场强度	$1 \frac{V}{m} = 1 \frac{kgm}{As^2}$
磁通量	1韦伯是这样的磁通量。如果在1秒内这个磁通平稳地减少至0, 则在围绕它的线圈上感应出1伏特电压。	$1Wb = 1Vs = 1 \frac{kgm^2}{As^2}$
磁通密度, 磁感应强度	1特斯拉等于每平方米面积通过1韦伯均匀磁通的磁通密度。	$1T = 1 \frac{Wb}{m^2}$ $= 1 \frac{Vs}{m^2} = 1 \frac{kg}{As^2}$
电 感	1亨利等于一个闭合线圈的电感量, 在真空中流过这个线圈1安培电流时, 产生1韦伯的磁通量。	$1H = 1 \frac{Vs}{A} = 1\Omega s = 1 \frac{kgm^2}{A^2s^2}$
磁场强度	1安培被1米除就是单位磁场强度, 即在真空中流过圆形横截面的无限长的直导线1安培电流时, 在导线的外部与导线横截面同心的1米圆形平面的边缘上所引起的磁场强度。	$1 \frac{A}{m}$

电 工 基 础

1. 电工学引言和电的危险

自很早以前的人类史上就认识了电的现象。最神奇和特别令人害怕的电现象是闪电。在古代，也了解特定材料如琥珀的带电和由此而造成的击穿火花。这些现象被视为魔力，琥珀梳子具有魔力，谁用它梳头发，通过噼噼啪啪的火花不同一般的个性就注入谁的头脑中去。闪电则是上帝的惩罚。

奥托·冯·盖里克 (Otto von Guericke) 说：“不管什么企图隐藏在后面，我一定把它猜出来”。这是一个知识渊博的人，300多年前马格德堡的市长，同时也是个学者。面对一个现象不知所措，他以此为消遣，这引起了他的同行的惊恐。他曾用硫磺制做了一个球，把球插在轴上并用手柄使它旋转。在旋转时他拿着一只丝制手帕置于硫磺球旁，显现出一种现象，当时人们对此很害怕；当他把手放在球的附近时，从硫磺球到他手指间跳出火花，同时发出噼啪声，身上感觉到莫名其妙的麻木，奥托·冯·盖里克没有找到其中的原因。

对电现象的系统研究始于18世纪，在这里特别值得指出的是叫伽伐尼 (Galvani 1737—1798) 和伏打 (Volta 1745—1827) 的两个人，电的研究也就有200年的历史。到19世纪才开始把研究成果应用于技术上，但最多也是小范围内的利用。从本世纪开始电才被广泛地应用，于本世纪中叶，德国的最后一个村庄开始供电。

在电场和磁场间关系的理论探讨中，麦克斯韦 (Maxwell 1831—1879) 在上个世纪70年代用他的公式得出了电场和磁场能量产生发射的可能性，这种发射必须以光速在真空中传播。麦克斯韦自己对这个从理论上导出来的结果是否正确还不很相信。到目前仍是著名的他在有生之年没有试图以实验证实电磁场能量的发射。

到了上世纪末，赫兹 (Hertz 1857—1894) 和马奇尼 (Marconi 1874—1937) 才做出相应的实验，并针对技术界惊奇地证实了波的存在。无线电技术从此而诞生，从此才开始了无线电广播、电视和卫星通讯的发展。

有了电我们的周围焕然一新，如果停电，现代化家庭将一片沉静。电炉、冰箱、冷冻机、洗衣机、洗涤干燥器、电熨斗、吸尘器、钻孔机、咖啡碾磨机、炊用机器、热水器、缝纫机、电剃刀、所有的灯、无线电设备、电视机及其它装置甚至连暖气等都不再工作了。

在工业企业中也是如此，一旦停电，生产即停。因为几乎所有的机器都是由电动机来驱动的。

在发电厂发出这些急需的电，并通过导线输送到用电户中去。那么电是什么？

电是什么？这个问题，不能做出完全的概括的答复。我们只能描述实验检验的电性质，而不能把握它的本质。

电的效应

电本身是不可见的，而只能认识它的作用，这些作用如下：