

# 电的知识



山东科学技术出版社

# 电 的 知 识

蔡 宗 健

山东科学技术出版社

一九八二年·济南

## 内 容 提 要

本书从电的历史故事写起，向读者介绍什么是电，它是怎样产生的，有什么特点和规律，怎样才能安全地使用它，如何节约用电和计划用电以及发电技术的新发展等。内容丰富，通俗易懂，并附图一百余幅，可供广大干部和群众阅读，也可以作为电业工作者的参考书。

## 电 的 知 识

蔡宗健

\*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东人民印刷厂印刷

\*

787×1092毫米32开本 4.375印张 74千字  
1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

印数：1—30,000

书号 13195·66 定价 0.37 元

# 前 言

电是人类现代科学文明的物质基础，它能给我们生活带来光明和幸福，使美好的理想变为现实。

自从十九世纪末科学家发明了大量生产电的方法以来，电已经广泛地应用到工农业生产和科学研究等方面，随着电气化程度和人民生活水平的不断提高，电也进入了人们的日常生活，它使我们用上了电灯、电话、电视机、电风扇、电冰箱等，它还能使机器人为人们服务。

但是，电又是一种看不见摸不到，摸不得的东西，它有独特的规律，掌握了它的规律才能驯服它、使用它；不能掌握它的规律，容易造成财产的重大损失，甚至导致人身伤亡。

那么，怎样才能掌握电的规律呢？本书将从电的历史故事写起，向读者介绍一些电的知识，包括什么是电，它是怎样产生的，有什么特点和规律，怎样才能安全用电以及发电新技术等。内容丰富，通俗易懂，可供广大干部和群众阅读，也可作为电业工作者的参考书

# 目 录

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| <b>一、从电的故事说起</b> ..... 1 | <b>三、水力发电</b> .....38  |
| 摩擦生电..... 1              | 积极开发水力.....38          |
| 雷电的秘密..... 6             | 水电站.....40             |
| 化学生电.....10              | 水轮机.....41             |
| 电生磁与磁生电.....13           | <b>四、火力发电</b> .....43  |
| 电生热与热生电.....17           | 从火电厂发电的                |
| 电生光与光生电.....20           | 基本原理说起.....43          |
| 电的特点.....22              | 发电锅炉.....46            |
| 电的常用计量                   | 沸腾锅炉.....49            |
| 单位.....23                | 汽轮机.....51             |
| <b>二、发电厂和发电机</b> .....26 | 背压式汽轮机和                |
| 发电厂.....26               | 抽汽式汽轮机.....53          |
| 发电机.....28               | 燃气轮机.....55            |
| 直流电和交流电.....30           | 火电厂的容量.....57          |
| 交流电的周波和                  | 发电量.....57             |
| 频率.....32                | 厂用电率.....58            |
| 单相交流电和                   | 煤耗率.....59             |
| 三相交流电.....33             | <b>五、原子能发电</b> .....61 |
| 空冷、氢冷和水                  | 核裂变.....61             |
| 内冷发电机.....35             | 原子能电厂.....62           |
| 超导发电机.....36             | 气冷堆.....63             |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 轻水堆.....            | 64 |
| 重水堆.....            | 65 |
| 增殖堆.....            | 66 |
| <b>六、变压器</b> .....  | 68 |
| 变压器的原理.....         | 68 |
| 电力变压器.....          | 69 |
| 单相变压器和              |    |
| 三相变压器.....          | 71 |
| 双卷、三卷和              |    |
| 单卷变压器.....          | 73 |
| 变压器的容量.....         | 75 |
| 变电站.....            | 76 |
| <b>七、输电线</b> .....  | 80 |
| 高压输电.....           | 80 |
| 架空线.....            | 81 |
| 电力电缆.....           | 84 |
| 直流输电和               |    |
| 超导输电.....           | 84 |
| <b>八、电网运行</b> ..... | 86 |
| 什么是电网.....          | 86 |
| 电网周波.....           | 87 |
| 电网电压.....           | 88 |
| 计划用电.....           | 89 |
| 调整负荷.....           | 90 |
| 蓄能方法.....           | 91 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>九、安全用电</b> .....   | 94  |
| 怎样安全用电.....           | 94  |
| 触电急救.....             | 97  |
| 消灭电火灾.....            | 101 |
| 带电作业.....             | 103 |
| <b>十、节约用电</b> .....   | 105 |
| 一度电的用处.....           | 105 |
| 怎样节约用电.....           | 106 |
| 提高功率因数.....           | 107 |
| 降低线损.....             | 110 |
| <b>十一、积极利用无限</b>      |     |
| 能源发电.....             | 112 |
| 有限能源和                 |     |
| 无限能源.....             | 112 |
| 太阳能发电.....            | 113 |
| 风力发电.....             | 117 |
| 海浪波力发电.....           | 118 |
| 海洋温差发电.....           | 120 |
| 地热发电.....             | 121 |
| 潮汐发电.....             | 123 |
| 沼气发电.....             | 125 |
| <b>十二、发电新技术</b> ..... | 127 |
| 磁流体发电.....            | 127 |
| 燃料电池.....             | 129 |
| 核聚变发电.....            | 130 |

# 一、从电的故事说起

## 摩擦生电

人类认识电，是从摩擦生电开始的。

早在公元前六世纪，希腊人就发现琥珀摩擦后能吸引轻小的物体。我国汉代学者王充在他的著作《论衡》中也有“顿牟掇芥”的记载。“顿牟”就是琥珀，“掇”是拾取的意思，“芥”是细小轻微的物体。这说明我国很早就发现了琥珀能吸引轻小物体（图1·1）。



图1·1 顿牟掇芥

十七世纪初，英国物理学家吉尔伯特对琥珀掇芥的现象很感兴趣，他建议把琥珀的这种现象叫做“电”。英语的“电”字就是从希腊语的“琥珀”转化来的。吉尔伯特还发现，除了琥珀之外，玻璃、硫磺、象牙、水晶、丝绸、木块、纸片等摩擦后也能带电。这些魔术般的现象，引起了一些人的兴趣。

1663年，德国学者格里凯把硫磺球装在木架上，用手摇木轮带动它转动，摩擦硫磺球就能连续生电，甚至能发出惊人的电火花，这就是世界上最早的摩擦起电机（图1·2）。这个装置虽然很简单，却能做出不少有趣的表演，为电的研

究提供了方便。此后不久，欧洲许多科学家都有这样的装置了。

十八世纪以后，欧洲的科学技术有了较快的发展，对电的研究也逐步深入。1734年，法国电学家杜菲仔细地分析了电的性质，他发现把两块摩擦带电的琥珀悬挂起来，它们会互相排斥。把两根摩擦带电的玻璃棒悬挂起来，同样会出现这种现象(图1·3)。而带电的琥珀和带电的玻璃棒会互相

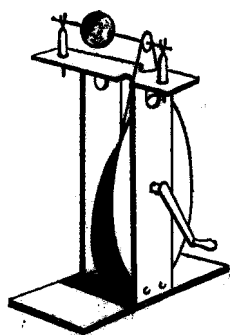
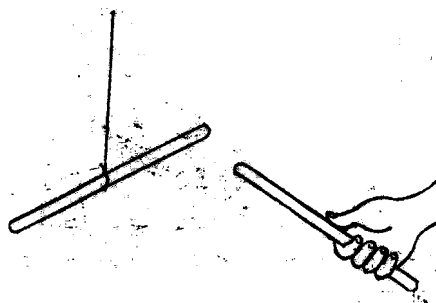


图1·2 十七世纪的摩擦起电机



吸引，当它们互相接触后两者的带电现象都消失了。这说明琥珀和玻璃棒所带的电具有不同的性质。杜菲分别称它们为“琥珀电”（后来叫做负电或阴电）和“玻璃电”（后来叫做

正电或阳电）。因为这两种电都能静止停留在琥珀、玻璃等物体上，所以称为“静电”。

人们还发现，当用金属接触带电的物体时，电会通过金属，因此，把金属叫做导电体，简称导体；琥珀、玻璃、毛皮、丝绸、纸、木头、空气等都不能使电通过，把它们叫做非导电体或绝缘体。后来又发现硒、硅、锗等物质也有导电的能力，但是比一般金属差，所以把它们叫做半导体。

1745年，荷兰莱顿大学教授马森布罗克制造出一个能够贮存静电的装置，即在一个玻璃瓶的内外各贴一层金属箔，从瓶内引出一条金属杆。这种装置能把摩擦起电机发出的电贮存起来，放电时发出的强烈的电火花能把酒精点燃。这个装置叫做“莱顿瓶”（图1·4）。例如在收音机、电视机里面使用的电容器，就是根据这个原理制成的。

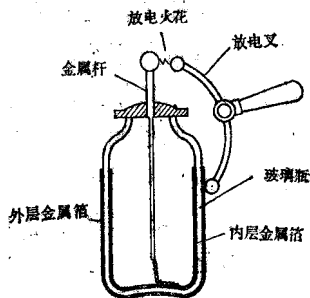


图1·4 莱顿瓶

从吉尔伯特时代到十九世纪末，经过了近三百年，在这期间尽管有许多科学家对电的研究取得了一些成就，可是都说不清楚摩擦生电的真正道理，直到二十世纪初发现电子和原子结构以后，才揭开了其中的奥秘。

摩擦生电的原理，要从“原子”说起。

科学实验已经证明，世界上各种物质都是由分子构成的，分子又是由更小的微粒——“原子”组成的。它们是组成万物的基础。例如，琥珀是由碳、氢、氧三种元素组成的，玻璃是由钠、硅、氧三种元素组成的，水是由氢、氧两种元素组成的。各种元素是由不同原子构成的。原子都很小，把一千万个原子排成一行也只是一毫米多长，人们用肉眼是看不见它的，只有用科学的方法才能搞清楚它们的构造。

原子当中都有一个核，叫做“原子核”，原子核是由两种更小的微粒组成。一种是带正电荷的微粒，叫做“质子”，另一种是不带电荷的微粒，叫做“中子”。原子核周围有一些带负电荷的微粒，叫做“电子”。电子一方面自己旋转，另

一方面沿着一定的轨道围绕着原子核运动。

原子的构造好象是个小太阳系，原子核在当中，电子分做几层围绕着原子核运转（图1·5）。不同的原子，其质子、中子和电子数目各不相同。例如，氢原子的构造最简单，原子核中只有一个质子，没有中子，周围只有一个电子围绕着原子核转；氧原子的原子核中有8个质子、8个中子，周围有8个电子分成两层围绕着原子核运转；铀原子的原子核中有92个质子，142~146个中子，周围有92个电子分成7层围绕着原子核运转。

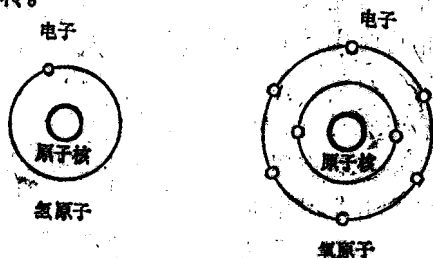


图1·5 原子构造

电子和质子虽然都是带电荷的微粒，但是所带电荷的性质不同，电子带负电荷，质子带正电荷。在原子里面，电子和质子的数目都一样，所带的总电荷量相等。它们互相吸引，处于平衡状态，在这种情况下，整个原子没有带电的现象。当原子受到摩擦、化学、磁、热、光等外来因素的作用时，有的电子会脱离原来的轨道。这时，原子内部的电荷不平衡了，整个原子就出现带电的现象，这就是摩擦生电的原理。例如，琥珀与毛皮摩擦，毛皮的电子跑到琥珀上，使琥珀带负电，毛皮缺少了电子而带正电。

金属为什么能导电呢？原来，在金属原子里，有些电子

离原子核比较远，受原子核的吸引力比较小，容易离开自己的轨道，在原子之间乱跑，这种电子叫做自由电子，缺少电子的金属原子叫做金属离子（图1.6）。自由电子的运动在通常情况下是不规则的，但是在电位差的作用下电子会向一定的方向流动而形成电流，这与水受水位差的作用而形成水流的情况很相似（图1.7）。

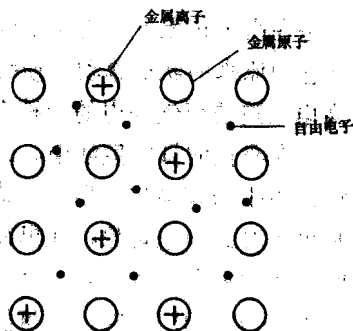


图1.6 金属中自由电子和金属离子示意图

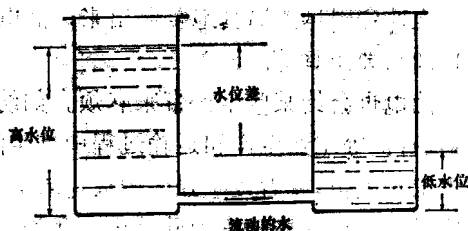


图1.7 水位差和水的流动

什么是电位差呢？带电体都具有电位，就象水有水位一样。如果两个带电体的电位不同，两者之间就存在着电位的差别，这个差别就叫做电位差，也叫做电压（图1.8）。

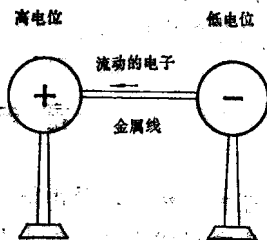


图1.8 电位差和电子的流动

琥珀、玻璃、空气等绝缘体没有自由电子，所以不能导电。

但是在高电位差（高电压）的作用下，绝缘体的电子也会离开它们原来的轨道流动，使绝缘体具有导电性。电火花就是高电压迫使空气导电的一种现象。

在我们的日常生活中，经常会遇到摩擦生电的现象。例如，用手抚摸猫皮，用塑料梳子梳头，脱下的确良衬衣时，都可以看到静电现象，在黑夜中还可能看到放电的小火花，听到“啪啪”的放电声。穿塑料鞋在地毯上行走后，如果接着去摸金属的门把时，也可能会有一种轻微的麻电感。

摩擦产生的静电能量不大，没有作为能源使用的价值，但是在其它方面有许多应用。例如，利用静电除尘，效率高达99%；静电植绒、喷涂、净化可以大大提高产品质量；静电复印能把文件资料迅速逼真地复制出来；静电加速器是研究高能物理的重要工具等。

但是，静电也会给某些生产带来麻烦。如纺织、造纸、印刷、塑料、石油等工业生产和运输过程中产生的大量静电，可能会伤害工作人员，或者发生强大的火花放电而引起火灾。因此，必须采取有效的措施来消除静电。我们经常看到在公路上奔跑的油罐车后面拖着一条接触地面的铁链，它的作用就是把石油在油罐中摩擦产生的静电引导到地里去，以防止发生火花放电引起火灾。

## 雷 电 的 秘 密

在大自然中，雷电就是天然产生的电。

我国汉代学者王充，是世界上最早研究雷电的科学家（图1·9）。在他的著作《论衡》中，用事实说明雷电是一种自

然现象，它起源于太阳，是“太阳之激气”，与神鬼无关。1900多年前的王充能够破除迷信，用唯物的观点来说明这种自然现象，是十分可贵的。他的关于雷电起源于太阳的论点，是很有道理的，可惜那时他没有条件做进一步地研究。当然，在人类认识电以前，也不可能弄清雷电的本质。



图1·9 我国汉代科学家王充

真正揭开雷电秘密的人是美国印刷工人出身的科学家——富兰克林。

1752年夏季的一天，美国波士顿城上空乌云蔽天，狂风大作，雷雨将临，人们都匆匆躲避，富兰克林却提着一个丝绸风筝跑到郊外，冒雨把风筝高高放起，又在风筝线下挂了一把金属钥匙，不一会，风筝就被乌云吞没了，风筝线也被雨水淋湿了，当他把手指靠近钥匙时，发生了“啪啪”声的火花放电。他又把莱顿瓶接在风筝线上充电后，莱顿瓶也能放出强烈的火花。这个实验就是当时震惊全球的“风筝试验”

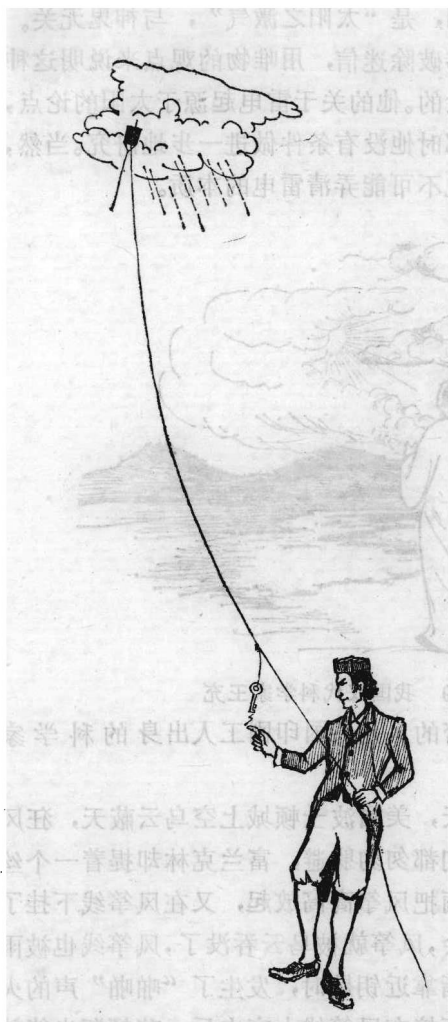


图1·10 富兰克林的风筝试验

(图1·10)。

富兰克林的风筝试验，第一次证明了天上的雷电就是科学家们正在研究的静电，解开了当时的一大疑谜。但这是一种十分危险的试验，后来有几位科学家做类似的试验时，不幸被雷电击中身亡。现代科学家们利用带着细钢丝的火箭射向带电的云层，用精密仪表记录下雷电的数据，其结果充分证明，富兰克林的结论是正确的。

富兰克林揭开了雷电之谜，推动了电学的发展。但是，当时雷电仍然是人类的一大灾害，尤其是高大建

建筑物经常受到雷击。为了防止雷害，富兰克林进一步研究了雷电放电的规律，发明了避雷针。这种避雷针就是在高大建筑物的顶端竖起带尖的金属棒，用导线连接到大地(图1·11)。它能为云层的静电提供入地捷径，避免建筑物遭受雷击，有效地防止了雷害。不久，避雷针很快地遍及全球，忠实地保护着人们生命财产的安全。当我们看到竖立在高大建筑物顶端的避雷针时，深深敬佩这位伟大的科学家对人类所做的贡献。

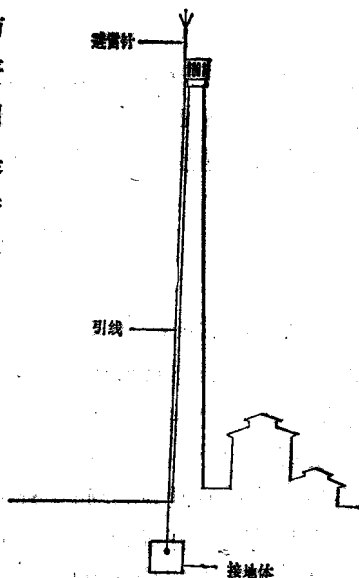


图1·11 避雷针

雷电究竟是怎样产生的呢？现代科学研究说明：盛夏季节，太阳强烈地照射大地，使大量的水变成蒸汽上升到天空，蒸汽凝结成水滴。它受到猛烈上升的气流冲击，水滴被冲散而带电，较小的水滴带负电，较大的水滴带正电，由它们分别组成的云层带不同的电，当带异性电的云层互相靠近时，它们之间的巨大电位差击穿空气，发生强烈的火花放电，这就是我们通常看到的闪电；放电产生的高温使空气突然膨胀，发出猛烈的爆炸声，经过云层多次反射后，形成隆隆不绝的响声，这响声就是我们听到的雷声。

雷电虽然可怕，对人类却有一些好处，那暴风雨中的电

闪雷鸣，是一个天然的高空氮肥厂，巨大的火花放电能使空气中的一部分氧气和氮气化合成氧化氮，溶化在雨水中，降落在大地上，这是很好的肥料。因此，有的科学家正在研究怎样使天空多打些雷，以便使农作物获得增产。

## 化 学 生 电

十八世纪后期，意大利有位生物学家名叫伽伐尼。1798年的一天，他偶然发现挂在窗子上的死青蛙的大腿竟会自己抽动起来（图1·12）。他仔细地观察了一下，发现蛙腿每当被风吹动碰到金属窗框时就会抽动，再仔细查看发现，挂青蛙的金属钩和窗框是两种不同的金属，他用两种不同的金属线连接在一起去接触蛙腿，蛙腿就抽动了。他联想到用带电的莱顿瓶或静电起电机接触蛙腿时蛙腿也会抽动的情况，猜想蛙腿的抽动一定与电有关系。伽伐尼是个生物学家，曾研究过“生物电”，他认真地从蛙腿中寻找“生物电”，但是，没有得到结果。



图1·12 意大利科学家伽伐尼的发现

伽伐尼的发现引起了人们极大的兴趣。伏打是当时有名

的意大利科学家,早在十八世纪七十年代对电学就有所贡献。他仔细地研究了不同金属与青蛙的新鲜肌肉之间的关系,1800年,他终于发明了世界上第一个化学生电的装置。他用一块铜片和锌片浸在稀硫酸溶液中,用导线连接铜片和锌片,得到了连续不断的电流,这就是著名的伏打电池(图1·13)。伏打又根据这个原理创造了伏打电堆(图1·14),得到了更高的电压和更大的电流。

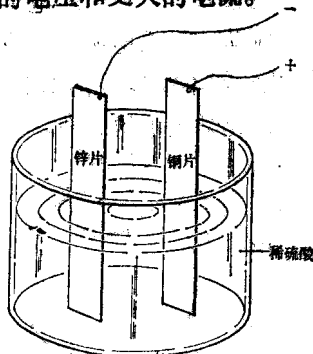


图1·13 伏打电池

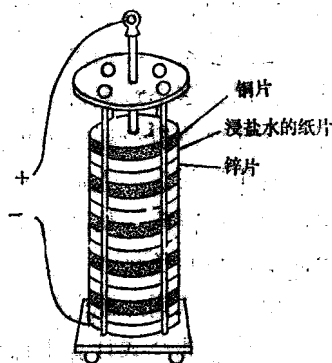


图1·14 伏打电堆

电池的诞生,为电学研究开辟了广阔的道路。当年就有人发现电流能够把水分解成氢气和氧气(叫做电解);第二年有人发现大型伏打电堆能使两个炭棒之间发生弧光放电,可以代替蜡烛来照明;弧光放电发出的高温,可以用来熔化金属,或焊接金属。不久,又有人根据化学生电的原理发明了蓄电池。从此,人们对电学的研究越来越深入,用电的本领也越来越大了。

化学作用为什么能生电呢?有些物质(如酸、碱、盐类等)溶解在水里时,它的分子会分离成两部分:一部分带正电荷,叫做正离子(阳离子);一部分带负电荷,叫做负离子