

电信技术

发展史

毛春波·编著



· 电池



· 电流计



· 有线电报



· 感应线圈



· 电话



· 无线电报



· 发现电子



· 电子管



· 无线电广播



· 电视



· 微波技术



· 微电子技术



电信技术 发展史

毛春波 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书全面讲述了电报、电话、无线电、广播、电视技术的诞生和发展历程。全书以技术层面为主线,以技术途径为重点,以人物活动为架构,客观翔实地再现了人类电信技术的发展过程。本书旨在缩短发明家与读者之间的距离,启迪智慧,激发好奇心,增进探索欲望,提升创新创造能力。

本书可供大专院校相关专业教学参考,也适用于理工科大学生课外延伸阅读、专业人员查阅历史以及广大的爱好者和发烧友阅读。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电信技术发展史/毛春波编著. --北京:清华大学出版社, 2016

ISBN 978-7-302-41660-9

I. ①电… II. ①毛… III. ①电信—电子技术—技术史—世界 IV. ①TN91-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237742 号

责任编辑:朱红莲 洪 英

封面设计:张京京

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.25 字 数:393 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版 印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:064651-01

前言

相信读者拿到这本《电信技术发展史》之后，第一个问题应该就会是，它有什么用？的确，这是一个很现实的问题，也是一个很难回答的问题。在电磁学发展史上，有一个小故事，说的是法拉第发现了电磁感应以后，一位贵夫人问他，这个东西有什么用？法拉第的回答非常间接，他反问道：“夫人，您怀里抱的这个婴儿有什么用呢？”故事的真实性已无从考证，但其中的道理是浅显易见的。1888年，赫兹发现了电磁波，仍然有人追问，电磁波有什么用？赫兹回答说，还不知道它有什么用，它只是为了证明麦克斯韦理论的一个实验。相声，是中国人喜闻乐见的一种艺术形式，在相声的台词中经常会出现“相声是做嘛的啊？（方言）”这样使人发笑的问题，多以歪理作答，再讨一笑了之。“在我们中国，大凡实用性不强的学科都在时时申辩自己学科的意义和存在的理由。”事实上，真的没有必要在这样的问题上“较真”，就像为什么要听相声？有一个“喜欢”作为理由就足够了。有一本大学英语教材，其中一篇课文上有一句话，翻译成汉语的意思是“科学家对一切充满了好奇”。好奇之心，人皆有之，好奇是探索的初始动力，好奇变成“痴迷”以后，就向科学家或发明家靠近了一步。如果本书能够满足或者激发一部分读者的某些好奇心的话，那将是作者莫大的欣慰。

当初在构思这本《电信技术发展史》的时候，是强烈的好奇心驱使作者动笔的。作者也和广大的读者一样，在课本中，在各种书刊杂志上，陆续读到过一些史话、发明家或科学家的小故事，这些故事都是独立成篇的，相互之间没有衔接，读起来感觉不过瘾。作者随即萌生了把这些故事串联起来的冲动。事实上，施耐庵的不朽名著《水浒传》的最后成书也是这样的过程。作者最初的想法可能还是过于天真了，既然著史，首先是必须尊重历史的真实性，它不像小说那样允许虚构。很快作者就发现了这些独立成篇的素材的问题，一是它们之间存在着大量的断代，这需要研究、考证；二是有些内容不乏演绎的成分，与严谨的史实还是有差距的。比如有一个故事说的是爱迪生的事情，西联公司老总找到了他，请他发明一种受话器，以抗衡贝尔公司的电话。爱迪生当晚就在油灯下信手拈来一个小圆盒，从灯捻上摘了几颗“灯花”（油灯捻被火烧焦形成的固体颗粒）装进了小圆盒里，炭精受话器就这样诞生了。故事的背景应该是在1877年初，当年在美国广泛应用的是汽灯，爱迪生几乎没有还在使用油灯的可能性。炭精受话器的发明过程也

远没有这么简单。还有一个故事说爱迪生瞥了一眼德国教师赖斯发明的开关式受话器电话后,把那个开关距离调整 0.5mm 就成功了。事实上,赖斯的电话本身就是一个成功的发明。另外,在美国一直使用英制单位,至今美国人几乎很少有人使用毫米这类的单位。类似的问题还有不少,这类置信度比较低的文章显然是不能作为素材来使用的。

应该说,那些原始的素材故事犹如一颗颗明珠,作者用了一条含金量很高的线把它们串联起来了,也就是每一个故事中都加入了比较专业的技术层面的解释或评述。

本书所参考的各种资料,都经过了反复查证,要有三篇以上的相互独立的文献作为印证,且其中大部分还要通过更加严谨的外文网站上的资料的印证,才能够被认定是史实。

本书在写作过程中,尽量使用原始的资料,把较多的、原始的文本和图片资料直接呈现给读者。书中涉及的大约 280 位人物基本上都是有名有姓、具有生卒年份等详细资料的,以供需要更深度研究的读者进一步检索相关资料之用。全书有超过 500 幅经过精选的图片资料,大多都来自最原始的论文和说明中,这将大大增加阅读的乐趣。同时作者相信,图片的信息量远大于文本的信息量。

在科学技术发展史上,一项重大的发明往往同时有许多的发明者,大家往往只记住了某位名气最大的发明者,譬如爱迪生发明了电灯,贝尔发明了电话,马可尼发明了无线电等。但真实的历史远非这么简单,例如在爱迪生发明电灯之前,至少已经有 22 人发明了电灯。在这些“大家”生活的年代,欧美的专利制度已经相当完善了,他们相互之间的专利纷争留下了一个比较清晰的技术发展过程。以前的许多故事介绍的发明家们不仅智慧过人,而且都是道德模范。事实上不是这样的,所谓专利之争,实质上是利益之争。这也让我们看到了当初的专利制度是如何促进科学技术发展的。另外,其中也能够窥见像美国这样的国家在利益面前如何实行双重标准的。

任何一个技术都不可能毫无征兆地从石头缝儿里突然蹦出来。它们都有酝酿、发生、发展的自身规律。科学理论的突破,社会环境的需求,技术条件的可能等都是至关重要的因素。作者仅仅在这里展现相关技术的发展历史,读者有可能从中挖掘出更深层次的东西。

从 20 世纪 80 年代开始,微型电子计算机迅速发展。微型电子计算机的广泛应用,促进了生产的自动化、管理的现代化和科技信息的现代化。以全球互联网络为标志的信息高速公路正在缩短人类交往的距离。如今的移动通信和互联网对人们的重要性几乎仅次于空气和水。这场信息技术革命是人类文明史上继蒸汽机技术革命和电力技术革命之后科技领域里的又一次重大飞跃,已成为第三次工业革命的重要组成部分。

这场信息技术革命就发生在作者和读者的生活中,作者和读者都是它的参与者和见证者,本书中基本没有涉及这些内容。这是因为这些事情就发生在今天,它还不是历史,大家都记忆犹新,是没有必要到史书中去查阅的。

由于作者水平所限,书中错误在所难免,望广大读者批评指正。本书在写作过程中引用了大量前辈们的研究成果,在此一并致谢。

谨以此书献给我的母校——南开大学,献给我的老师们和 77 级无线电物理专业的我的同窗好友们。

作者

2015 年 10 月

目录

第 1 章 电池	1
1.1 伽凡尼电	1
1.2 伏特电堆	3
1.3 槽形电池	6
1.4 丹尼尔电池	7
1.5 格罗夫电池	9
1.6 本生电池	11
1.7 普兰特蓄电池	12
1.8 勒克朗谢电池	13
1.9 赫勒森干电池	13
1.10 容纳镍镉电池	14
第 2 章 电流计	16
2.1 电流的磁效应	16
2.2 施威格正切电流计	17
2.3 诺比利无定向电流计	18
第 3 章 有线电报	20
3.1 静电时代的电报	20
3.2 萨尔瓦的电报	21
3.3 萨默林的电报	22
3.4 亨利的电报	23
3.5 高斯和韦伯的电报	25
3.6 西林格的电报	26
3.7 惠斯登和库克的五针电报	28
3.8 莫尔斯-维尔的电报	30
3.9 海底电缆	34
第 4 章 感应线圈	48
4.1 电磁感应	48
4.2 柯兰的感应线圈	51
4.3 佩基的感应线圈	53

4.4	鲁木阔夫线圈	54
4.5	感应线圈的历史功绩	57
第5章 电话		58
5.1	布尔瑟的设想	58
5.2	赖斯的电话	58
5.3	梅乌奇的“语音电报”	63
5.4	格雷的“话音电报”	71
5.5	贝尔的“电报通信术”	74
5.6	爱迪生炭精受话器	81
5.7	对讲电话	83
5.8	振铃	85
5.9	交换机	86
5.10	群雄逐鹿	89
5.11	磁石电话	93
5.12	长途电话	96
5.13	自动交换机与拨号电话	101
5.14	共电式电话	105
5.15	纵横制自动电话交换机	108
第6章 无线电报		110
6.1	麦克斯韦方程组	110
6.2	赫兹波	117
6.3	早期的无线电	124
6.4	布冉利-洛奇铁屑检波器	126
6.5	波波夫的无线电	129
6.6	特斯拉的无线电	133
6.7	马可尼的无线电	140
6.8	肯涅利-亥维赛层	150
6.9	泰坦尼克号	152
第7章 发现电子		157
7.1	法拉第管	157
7.2	盖斯勒管	159
7.3	普吕克	160
7.4	希托夫管	161
7.5	克鲁克斯管	162
7.6	勒纳德管	164
7.7	约瑟夫·约翰·汤姆孙发现电子	166
7.8	电子的电荷	168
7.9	威尔逊云雾室	169
7.10	密立根油滴实验	171

第 8 章 电子管	174
8.1 爱迪生效应	174
8.2 真空二极管	175
8.3 真空三极管	177
8.4 真空四极管和五极管	179
8.5 X 射线和 X 射线管	181
第 9 章 无线电广播	186
9.1 广播	186
9.2 收音机	189
9.3 中波	193
9.4 短波	195
第 10 章 电视	197
10.1 照相 电影	197
10.2 尼普科夫圆盘	198
10.3 布劳恩管	199
10.4 电视	202
10.5 超短波	207
第 11 章 微波技术	210
11.1 波导	210
11.2 磁控管	213
11.3 速调管	214
11.4 行波管	215
11.5 微波天线	216
11.6 雷达	218
第 12 章 微电子技术	221
12.1 半导体	221
12.2 晶体管	222
12.3 集成电路	225
12.4 美国硅谷	230
参考文献	240
人物索引	243

第1章 电 池

1.1 伽凡尼电

18 世纪 80 年代,在电磁学的发展史上还处于静电时代。欧洲大批的自然哲学家、数学家、神职人员以及医生都投入到了这个领域的研究。意大利博洛尼亚大学解剖学教授路易吉·伽凡尼(Luigi Galvani,1737—1798,见图 1-1)在他的解剖实验室放置了一台摩擦静电起电机。在当时,摩擦静电起电机就像 200 年后的 20 世纪 80 年代的微型数字电子计算机一样时髦(见图 1-2)。



图 1-1 路易吉·伽凡尼,意大利医生、解剖学家。

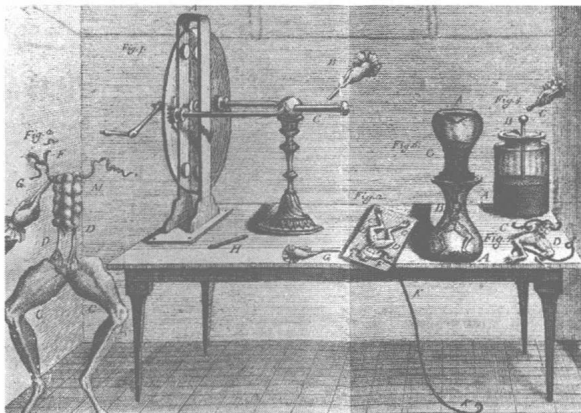


图 1-2 伽凡尼动物电实验图中有解剖的青蛙、摩擦起电机放电和莱顿瓶放电实验。

1780 年 9 月 20 日,伽凡尼和他的助手在解剖青蛙时,发现了一个莫名其妙的现象,当用手术刀碰到蛙腿的神经后,青蛙腿会出现痉挛现象。对这一细微的现象,伽凡尼进行了长达 10 年的研究。他总结道:“我用通常方法解剖好了一只青蛙,因为有其他事情,我把它放在一个离起电机不远的桌子上。当我的助手用解剖刀接触青蛙的股神经时,青蛙腿的全部肌肉发生强烈的收缩。在场的另一个人认为这是起电机放出火花引起的现象……”“帮助我做电学实验的另一个人回忆说,他注意到这时在起电机上发生了一个电火花。我自己当时正在从事另一件工作,但当他使我注意到这一现象时,我很愿意自己试一试,以发现其中的道理,于是我也在别人引出一个火花的同时,用刀尖去触动这一条或那一条神经,并且跟以前完全一样,同一现象又重现。”^[1]

最初伽凡尼认为,起电机产生的火花,是青蛙腿痉挛的前提条件,但使伽凡尼不解的是,

所观察到的青蛙腿痉挛是在起电机与它之间没有任何联系的情况下发生的。但确实是,若无电火花时,则什么也不发生。另外当握住解剖刀的骨柄而不触及金属刀片时,实验也会失败。这意味着这个现象包含电的因素。伽凡尼再交替用玻璃棒和铁棒去触碰神经,结果只有用铁棒时电火花才产生这种效应。依今天的观点解释,这种现象显然是人体感应的静电通过金属传导给青蛙的神经所致。

1752年7月,在当时还被欧洲人称为新大陆的北美地区的本杰明·富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790)进行了历史上著名的风筝引雷实验,毫无争辩地证明了雷电和莱顿瓶放电在性质上是完全一样的。伽凡尼试图观察到由雷电引起的青蛙腿痉挛现象,因为伽凡尼通过用莱顿瓶替代起电机放电时,观察到了相同的效应,而且无论是用活动物还是死的标本时。在一次雷雨中,伽凡尼用相同的方法制备的蛙和一些温血动物的腿的神经被缚在长铁丝上,脚则用类似导线连接至大地。结果不出伽凡尼所料,就在闪电闪现的同时,青蛙腿部肌肉强烈地痉挛起来。雷电不是天天有,伽凡尼在实验过程中曾经观察到,若把制备的青蛙缚于一个铁杆上,并把黄铜钩刺进脊髓,则不仅在雷雨天气,而且甚至在晴朗天气,也会出现偶发的痉挛(见图1-3)。他想,这些现象肯定

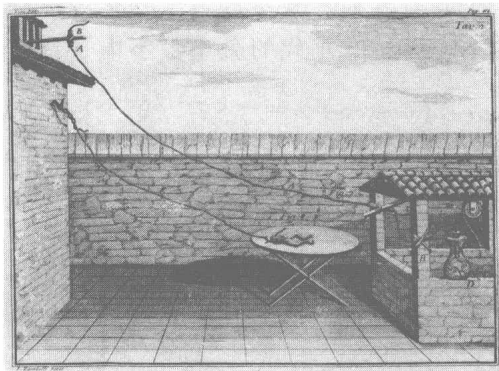


图1-3 伽凡尼动物电实验。图中正在用解剖的青蛙做雷电放电实验。

是因大气电状态的变更而引起的,因而他就在一天中各个不同时间观察被他钉住的动物。但是,这些动物的肌肉很难出现痉挛现象。最后,他等得不耐烦了,便把铜钩贴压在铁格子上。结果,他立即看到了他起初将之归因于大气电状态的变更而引起的反复痉挛。同样,当他把一个标本拿进屋内放在一块铁板上,并把插入脊髓的铜钩贴压在这块铁板上时,他又观察到了类似的痉挛^[4]。伽凡尼这时认识到,他正在研究一种根本料想不到的崭新现象,它与大气电的变化毫无关系。

“当我将动物移到一个封闭的房间里,放在铁板上,并开始用手按那个放在铁板上的穿过脊髓的吊钩时,会产生同样的抽搐,同样的运动!”^[2]

伽凡尼改变了实验方式,把青蛙放在一块不导电的玻璃板上,并把铜钩与蛙足连接起来。如果用另一种金属作连线,则痉挛就会产生,但如果用同种金属或非导体,就没有这种痉挛。伽凡尼发现,以铜制的手术刀碰触到置于铁盘内的青蛙,就会产生肌肉抽搐现象,而且与手握手术刀的位置有关。如果握住导体部分,则有肌肉抽搐现象发生;如果握住绝缘体部分,则什么现象也不会产生。他在论文中是这样叙述的:

目前我们已知,相当干燥的骨头是具有所谓电性的(可以带电),但只有金属刀口与铁铆钉才具有传导能力或所谓非电性,则我们就可以由此假定说,在手指抓住(手术刀的)骨柄时,在青蛙身上产生这样或那样活动的电液就不能进入,但如果我们触到刀口或连接刀口与柄的铆钉时,则电液就可以进入。^[2]

在伽凡尼的部分实验中,蛙腿痉挛与外界的各种放电没有必然的因果关系。那么,电是由哪里来的呢?金属与蛙腿接触肯定有放电过程发生,但电来自何处呢?伽凡尼是一位解剖学家,他相信电来自有机体内部。因此,他提出,动物体内部存在着“动物电”(Animal

electricity)。这种电只有用一种以上的金属与之接触时才能激发出来。他认为,这种电与摩擦电完全一样,只是起因不同。伽凡尼设想这种电从脑流经神经而到达肌肉,并把肌肉比作莱顿瓶,设想肌肉表面和内部充有相反的电荷。当把神经与肌肉表面(它们各相当于莱顿瓶的内侧和外侧)相连接时,就会发生放电,他设想肌肉收缩就是这种放电的一个结果。伽凡尼于1791年发表了《论肌肉运动中的电力》(*De viribus electricitatis in motu musculari commentaries*),轰动了科学界。文章中指出:“在抽搐现象发生时,有一种很细的神经流体从神经流到肌肉中去了,就像莱顿瓶中的电流一样。”^[3]

1.2 伏特电堆

伽凡尼的实验结果及其理论,广为大众所接受。许多人积极地亲自重复伽凡尼实验,这其中就有意大利帕维亚大学教授亚历山德罗·伏特(Alessandro Volta, 1745—1827)。众所周知,他就是后来被命名为电压单位的伏特(曾经在有些资料中其中文译名为伏打)。

在伽凡尼时代,还没有电流和回路的概念,人们的所有思维都是基于静电的。伽凡尼认为,动物组织相当于一个莱顿瓶,金属解剖器具连接了这个动物莱顿瓶的内外两部分从而产生了放电现象,放电瞬间引起了青蛙腿的神经和肌肉的痉挛(见图1-4(b))。

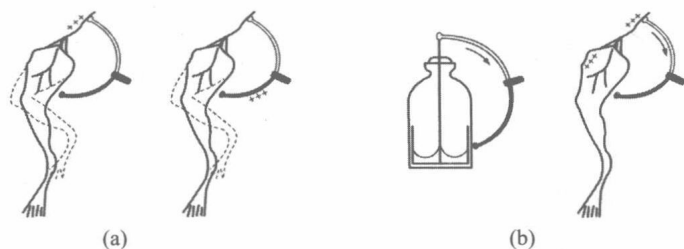


图 1-4 伽凡尼的理论及伏特的理论。

(a) 伏特的理论; (b) 伽凡尼的理论

伏特独具慧眼,他注意到在伽凡尼实验中必须有两种金属这一事实,这是伽凡尼的理论所不能解释的。于是伏特在1792年提出了不同于伽凡尼的解释。他认为,蛙腿痉挛只是表象,青蛙的神经充当了灵敏的验电器(见图1-4(a)),并不存在任何特殊的“动物电”。显然,在这些实验中,青蛙的神经只是受到了刺激,产生这种刺激的电全部来自于青蛙腿外部,比如伽凡尼的实验中的起电机、莱顿瓶、雷电等,这样都能够解释伽凡尼的实验。但是,这些条件都不存在时,产生的蛙腿痉挛怎么解释呢?伏特认为还应当从金属本身去找。他写道:“金属是真正的电激发者,而神经本身是被动的。”伏特似乎领悟到了两种金属接触而产生电的奥秘。伏特不用青蛙腿,甚至不用任何动物组织,也同样获得了电的效应。1794年,伏特开始以“金属电”这个术语取代了“动物电”。伏特按照自己的思路,做了大量实验。伏特认识到,使用两种金属与任何潮湿物的相互接触,都能够产生电。这是一个革命性的发现。如果仅仅作为与伽凡尼的学说之争,到此伏特已经取得了胜利,可以告一段落了。但是,伏特并没有就此罢休,是他的执着,促成了伏特电堆的诞生,使人类进入了“流电”时代。

在静电时代,用伏特这种方法所产生的电压(当时还没有电压的概念和定义)要比通过起电机产生的电压低得多,即使在今天,单元电池的电压也仅仅只有1~2V,也幸亏解剖学

家伽凡尼通过青蛙神经这样超灵敏的检测器得以发现。

在静电发展的历史上,静电计一直是作为测量电压高低的唯一仪器。第一台静电计由俄国科学家格奥尔格·威廉·黎赫曼(Georg Wilhelm Richmann, 1711—1753, 俄文名: Георг Вильгельм Рихман)于 1745 年发明问世(见图 1-5)。在此之后,又有多人改进发明了各种静电计,灵敏度不断提高。伏特本人也曾于 1787 年发明了一种麦秆静电计。这些静电计上虽都标有刻度,但仍然属于一种相对测量装置, A 静电计的测量结果和 B 静电计的测量结果是没有办法比较的。伏特希望能够找到一种测量方法来进行绝对测量,从而确立一种绝对的电的计量标准,它将与任何特定测量仪器的特征无关。为此,伏特曾经改进了一种天平式静电计(见图 1-6),其测量结果基本上克服了这种相对性,但这种静电计实质上测量的是静电力。真正使静电计的灵敏度得到实质性提高的是伏特的另外一项发明——起电盘(electrophorus)。事实上伏特的起电盘也属于一种改进性发明。起电盘最早是由瑞典斯德哥尔摩一位大臣之子、罗斯托克大学博士约翰·卡尔·维尔克(Johan Carl Wilcke, 1732—1796)在 1764 年发明的。这种起电盘的底盘不需要摩擦就能永久保持带电。现在我们知道,这种起电盘是一种接触电。事实上,维尔克在发明起电盘时,两种金属的接触电效应就已经被发现了并且应用了,只不过当时没有人深究这一现象。无独有偶,大名鼎鼎的瑞士美学家苏尔泽(Johann Georg Sulzer, 1720—1779)在 1750 年左右就曾注意到,将两种金属相互接触后,同时放在舌尖上能够产生一种绿矾的味道,而当把两种金属分开后再放在舌头上时,却没有任何效果。苏尔泽的发现很快就被人们忘记了。而当伽凡尼试图以动物电来解释这种金属的接触电时,却产生了巨大的轰动效应。

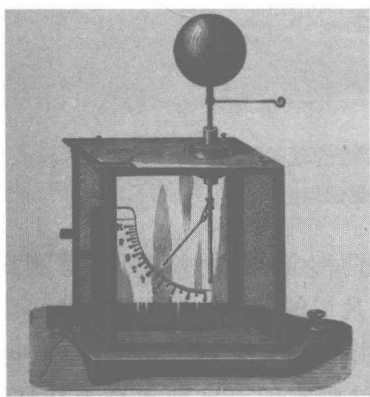


图 1-5 黎赫曼 1745 年发明的静电计。

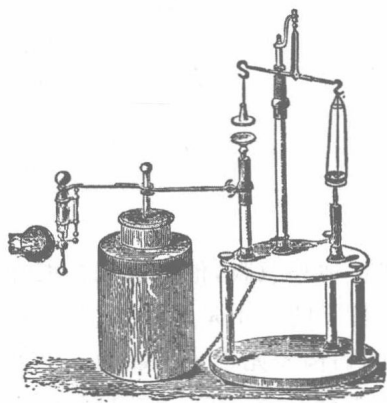


图 1-6 天平式静电计。

与维尔克的起电盘有所不同,伏特的起电盘相当于今天的一个填充了介质的平板电容器,而不是两种不同金属直接接触产生接触电,他可以首先让介质带电,然后将其中一个金属平板移开,这个过程相当于一个可变电容器放电,根据 $C = \frac{q}{V}$, q 不变,当 C 减小时,电压 V 就升高了。伏特在当年已经得到了这样的关系式,其中 q 的定义来自于富兰克林, V 在当时则被伏特称为电张力,而“电容器”(capacitance)这个名词就出自伏特本人。伏特的伟大创造是把静电计和起电盘完美地结合了起来,如图 1-7 所示。神奇的是它可用于检测微弱的电荷或起电程度。伏特、拉普拉斯和拉瓦锡正是利用这种仪器证明了,在煤炭燃烧、铁屑在硫酸中溶解以及水蒸发等过程中,残留物中释出了少量电荷。^[4]

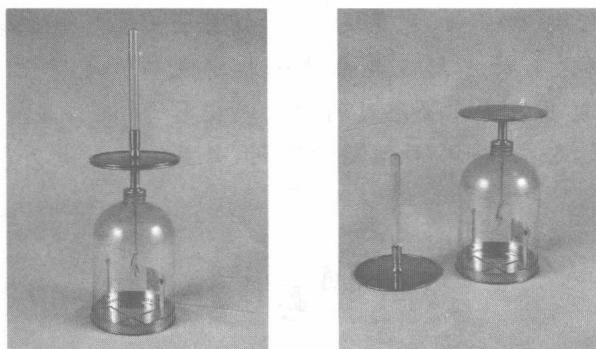


图 1-7 伏特的电容式静电计。

伏特正是利用这样的高灵敏度验电器,测量了各种金属或非金属的组合产生的接触电压的高低。他在 1794 年测定了下列序列: 锌、锡、铅、铁、铜、铂、金、银、石墨、木炭。这些物质在序列中相距越远,效应就越强烈。

伏特起初依据自己的研究认为,电的激发力只存在于不同金属间的接触点上,动物或其他液体仅仅起导体的作用。但进一步的研究使他认识到,当一种金属与一种导电液体接触时,也会产生电。他称这些金属为一级导体或一级电动体,把液体称为二级导体或二级电动体。伏特的研究表明,在一个完全由一级导体构成的电路中,不发生任何电的运动(也就是说不能产生电流)。但是,当让两个一级导体与一个二级导体(潮湿的中间层)相连接,并且它们彼此直接或通过另一导体相连接而形成一个导电通路时,便会产生电的流动。伏特的这一伟大发现,直接导致了原电池的诞生。毫不夸张地说,这在当时,是电磁学发展史上最伟大的发现。虽然只是技术层面的,但没有这一关键的发现,电磁场理论的发展就无从谈起。不过,用两个一级导体和一个二级导体所构成的组合,显然是伏特为了排除“动物电”而刻意取消掉其中的动物组织而采取的办法,结果导致了一场意外的惊喜和收获。静电时代的思维定势,驱使伏特努力地提高这种电池的电压,以便能够显现静电的宏观效应。于是,伏特就把许多单个原电池组合起来形成一个“电堆”。后人称其为“伏特电堆”(Voltaic pile, 见图 1-8)。这就是说,电源的串联技术是和电源同时诞生的。

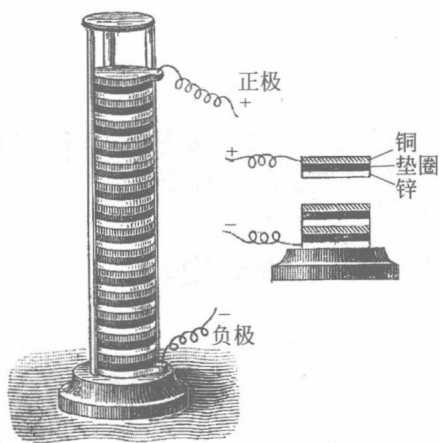


图 1-8 伏特电堆

伏特这一绝顶重要的发明,最早是以一封写给英国皇家学会会长约瑟夫·班克斯 (Joseph Banks, 1743—1820) 爵士的信的形式公之于众的,时间是 1800 年 3 月 20 日。他在信中说,在他进行接触电实验的过程中,他成功地制成了一种新装置。他说,它具有非常微弱的莱顿瓶性质,但又具有一个远远优于莱顿瓶的特点: 无需从外部充电,而只要按适当方式接触便可自发地生电。他把这种装置的作用和布置比作电鳗的电器官。但是,他承认,他解释不了为什么这两类物质的接触会如通常所观察到的那样导致起电。伏特电堆见图 1-9,其中的 Fig. 2、Fig. 3 和 Fig. 4 都是伏特论文中的原始插图。伏特这样描述

它的结构：取 30 块、40 块、60 块或更多块铜片，银片更好，使每一块都施加于一块锡片，施加锌片更好。取同样数目的水层或其他诸如盐水或碱液等导电性能优于纯水的液体层，或者同样数目的在这些液体中浸泡过的卡纸或皮革等，这些层夹在每对或每个组合所包含的两种不同金属之间。一个这种间隔的系列，并且这三种导体总是按同样顺序排列，这就构成了我的仪器。^[4]

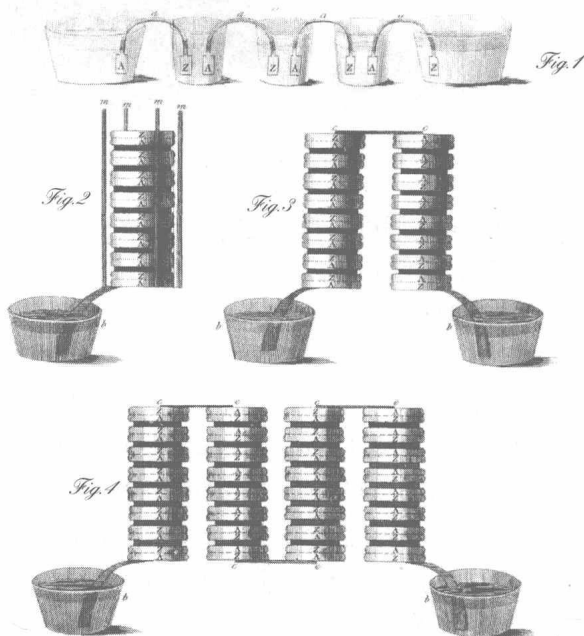


图 1-9 伏特电堆，伏特论文中的原始插图。

伏特的发明很快在科学家中传播开来，科学家们纷纷仿制和改进，并由此发展起了电解、电镀工艺。

1.3 槽形电池

原始的伏特电堆存在一些明显的技术缺陷，由于重力作用，铜片和锌片挤压含有盐水或碱液的卡纸或皮革，造成液体渗漏，导致电堆无法正常工作。伏特本人也深知这一明显的不足，图 1-9 中 Fig. 1 正是一种有效的应对。伏特说：“以这种方式连接的 30、40 或 60 个烧杯系列排成直线或任何形状的曲线，就构成了整个新装置。它在原理上以及所用的物质方面都与排成一系列形式的装置无异。”^[4]

事实上这种电堆并没有流行起来，主要是使用起来太不方便。

1802 年，英国化学家威廉·克鲁克山克 (William Cruikshank, ? — 1811, 见图 1-10) 对伏特电堆的结构进行了改进。克鲁克山克在一个长方体的槽内 (见图 1-11)，放置若干隔板，形成一个个栅格，在每个栅格内分别放置一对金属片，槽内加上盐水或碱液，这被称为槽形电池 (trough battery, 见图 1-12)。这种结构似乎和现代的“电瓶”差不多了。



图 1-10 威廉·克鲁克山克,英国化学家。



图 1-11 英国化学家威廉·克鲁克山克在制作槽形电池。

槽形电池实际上是基本的伏特电堆的变形,它有效地防止了液体的泄漏。这种金属浸没在液体中的设计使其不容易干燥,比原来的伏特电堆可以产生更多的电能。

克鲁克山克的设计,使这种由伏特电堆改进而来的槽形电池得以方便地仿制和量产。在大约 $1/3$ 个世纪的时间里,直到更好的丹尼尔电池问世之前,科学界使用的电池基本上都是这种槽形电池。在这期间,欧洲各大科学机构的实验室比较各自科研能力的一个硬指标就是装配有多大的电池组,如同现代实验室配备的计算机拥有多快的计算速度一样。图 1-13 和图 1-14 分别是英国皇家学院和法国皇家科学院所拥有的巨大电池组。

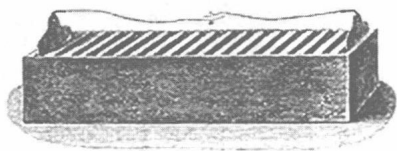


图 1-12 槽形电池。

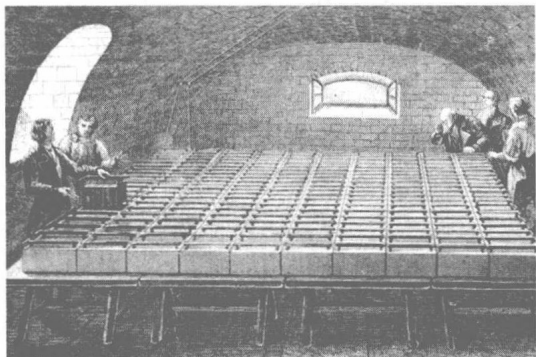


图 1-13 英国皇家学院的一个巨大的电池组。它是由 2000 对金属板所组成,占地 889ft² (1813 年)。

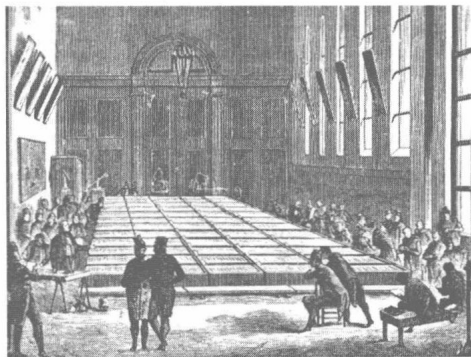


图 1-14 拿破仑送给法国皇家科学院的巨大电池组。

1.4 丹尼尔电池

克鲁克山克的槽形电池相当于原生态的伏特电堆,只是结构进行了改进,实用性提高了。但伏特电堆与生俱来的某些缺陷依然存在,比如寿命太短,最初只有一个小时左右,原

因是在铜板周围产生了移动的氢气泡,很快增加了电池的内阻,即所谓的极化。英国化学家和气象学家约翰·弗雷德里克·丹尼尔(John Frederic Daniell, 1790—1845, 见图 1-15)找到了一种方法,解决了伏特电堆中的氢气泡的问题。丹尼尔的解决办法是使用第二种电解质消耗第一种电解质所产生的氢气。1836 年,丹尼尔按照这样的思路,对伏特电堆进行了改良,他使用稀硫酸作电解质,解决了电池极化问题,制造出第一个不极化、能保持平稳电流的锌-铜电池,被称为丹尼尔电池(Daniell's element, 见图 1-16)。



图 1-15 约翰·弗雷德里克·丹尼尔,英国化学家、气象学家。

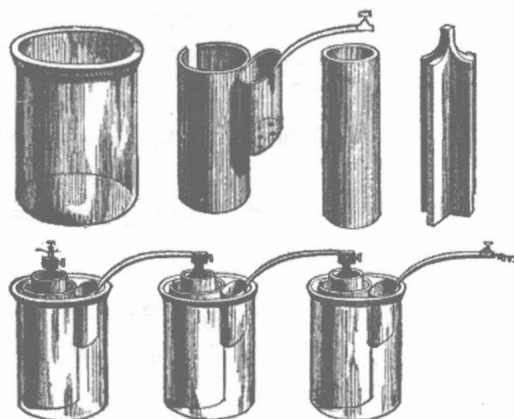


图 1-16 丹尼尔电池及其结构分解图。

在电池的演变进程中,丹尼尔的改良是一个重要的发展。与伏特电堆相比,丹尼尔电池能长时间提供电流,改善了伏特电堆电流下降太快的缺点,使电池在连续放电时,能够有比较稳定的电流,提高了连续放电时的性能。在丹尼尔电池的最终形式中,它有一个装着饱和硫酸铜溶液的铜容器,在其内立着一只盛着浓度约为 5% 的硫酸溶液的素瓷瓶,负极为“汞化”了的锌棒,浸在硫酸里。铜容器有个框架,里面装着硫酸铜晶体以使硫酸铜溶液保持一定的浓度。这样,负极是浸在硫酸锌溶液中的锌极,正极是浸在硫酸铜溶液中的铜极,两种溶液盛在同一个容器里,中间由多孔的陶器杯隔开,使两种溶液不易渗混而离子可以自由通过。在锌极处,锌原子成为锌离子进入溶液,使锌极带负电;在铜极处,溶液中的铜离子沉积到铜极上,使铜极带正电。

所谓汞化技术是由英国电气工程师威廉·斯特金(William Sturgeon, 1783—1850)发明的。初期的伏特电堆,还有槽形电池以及这一时期的各种仿制伏特电堆,在使用过程中锌会发生降解,从而产生一些杂质,导致电堆产生内部短路。1835 年斯特金发现,如果在锌中混合一些汞可以防止出现这一现象。具体的方法就是把锌棒(板)浸在稀硫酸中约 30s 后,再把它水平地放入一个盛有少量汞的容器中,汞将会附在锌棒(板)上,用粗布摩擦使汞散布到锌棒(板)的整个表面,这就是汞化。

丹尼尔电池的电动势在 1.1V 左右,它的缺点是由于极化使内阻增大。如果改用硫酸锌的饱和溶液填充到素瓷瓶里并放入少量锌粒,情况将大为改善,这时它的电动势约为 1.08V,但非常稳定,完全可以作为标准电池。尽管它的内阻较大,但是,只要在使用前把素瓷瓶浸透,并把电池短路约 10min,在使用时它的内阻就不会有大的变化。

虽然丹尼尔电池做起来比较复杂,但用来讲解电池放电时的现象比较清楚,所以大多数

课本都会详细介绍它。

这种电池在用后都要拆除接线,并把其中的溶液倒出,装在容器里备用;用自来水把锌棒洗净(可以用旧牙刷刷洗),然后将它保存在干燥的地方。这样处理后,下次使用时就不必重新汞化锌棒。

丹尼尔电池还有一种形式,可能是最初的形式,如图 1-17 所示,铜极板置于玻璃瓶的底部。向铜极板上倒入半瓶硫酸铜溶液,然后将锌极板悬于瓶中,并慢慢将硫酸锌溶液倒入瓶中。由于硫酸铜的密度大于硫酸锌,因此硫酸锌将“悬浮于”硫酸铜之上。显而易见,这种方法并不适用于手电筒,但对于固定设备却比较适合。

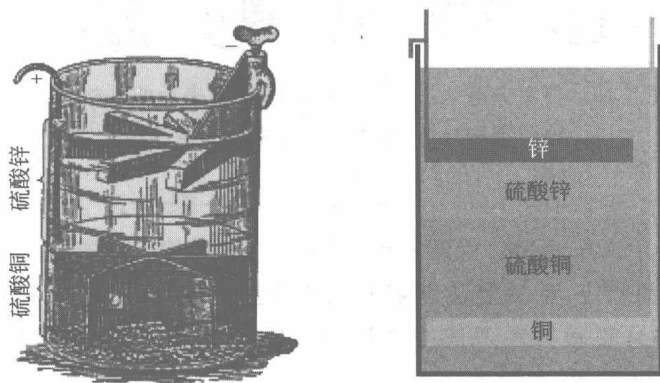


图 1-17 丹尼尔电池(铜-锌电池)的原始结构。

这种丹尼尔电池还有鸭掌电池(crow foot cell)、重力电池(gravity cell)等别名。在 18 世纪发电机诞生之前(发电机于 18 世纪 70 年代诞生),丹尼尔电池是极为普遍的电报和门铃供电装置,直到 19 世纪 60 年代后期它被发电机和勒克朗谢电池所替代。

1.5 格罗夫电池

1838 年,英国科学家威廉·罗伯特·格罗夫(William Robert Grove, 1811—1896, 见图 1-18)发明了一种电池,被称为格罗夫电池(the Grove battery, 见图 1-19)。格罗夫电池包括一个浸在硫酸中的锌阳极和一个浸在硝酸中的铂阴极,它们之间用带孔的陶瓷隔开。格罗夫电池比丹尼尔电池可以提供更大的电流,电压也是丹尼尔电池的近两倍。当时美国电报网因为使用格罗夫电池受益匪浅。格罗夫电池相比丹尼尔电池具有明显的优点,也具有明显的缺点。它在工作时,会释放出有毒的一氧化氮气体烟雾;随着电量减少,电压也急剧下降;金属铂也很昂贵。和丹尼尔电池一样,格罗夫电池也是于 19 世纪 60 年代被淘汰。

格罗夫电池的历史虽然已经过去,但他在 1839 年设计的一种利用氢和氧产生电的气体电池(Grove's gaseous voltaic battery)却成为当今世界上研究的热门课题,这就是所谓的燃料电池(fuel cell)。



图 1-18 威廉·罗伯特·格罗夫,英国科学家、法官,燃料电池的发明者。