



电的科学史

从富兰克林的风筝实验到马斯克的特斯拉汽车

[美] 克雷格·罗奇 (Craig R. Roach) ◎ 著

胡小锐 ◎ 译



SIMPLY ELECTRIFYING

The Technology that Transformed the World,
from Benjamin Franklin to Elon Musk

电从哪里来，它如何点亮世界，
又将如何改变未来



中信出版集团

电的科学史

从富兰克林的风筝实验到马斯克的特斯拉汽车

[美] 克雷格·罗奇 (Craig R. Roach) © 著

胡小锐 © 译



SIMPLY ELECTRIFYING

The Technology that Transformed the World.
from Benjamin Franklin to Elon Musk

图书在版编目 (CIP) 数据

电的科学史 / (美) 克雷格·罗奇著; 胡小锐译

北京: 中信出版社, 2018.5

书名原文: Simply Electrifying

ISBN 978-7-5086-8669-1

I. ①电… II. ①克… ②胡… III. ①电学-物理学
史-普及读物 IV. ①O441.1-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 036894 号

Simply Electrifying: The Technology that Transformed the World, from Benjamin Franklin to Elon Musk

by Dr. Craig R. Roach

Copyright © 2017 by Craig R. Roach

Simplified Chinese translation copyright © 2018 by CITIC Press Corporation

Published by arrangement with BenBella Books, Inc.

through Bardon-Chinese Media Agency

ALL RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

电的科学史

著 者: [美] 克雷格·罗奇

译 者: 胡小锐

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

承 印 者: 北京画中画印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 26.25 字 数: 300 千字

版 次: 2018 年 5 月第 1 版

印 次: 2018 年 5 月第 1 次印刷

京权图字: 01-2018-2264

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

书 号: ISBN 978-7-5086-8669-1

定 价: 69.00 元

版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

“电”是现代生活的核心要素，没有了电，我们的生活将很快陷入瘫痪状态。

每天我们都要按动几十次电源开关，开启现代生活不可缺少的电灯、电脑、手机、洗衣机、热水器等电器设备。然而，我们已经习惯了一年365天随时随地可以接通电源的生活，以至于我们很少思考电是从哪里来的，它如何进入人类社会与我们朝夕相伴，又会如何挥动它的魔法棒为我们变出一个神奇的未来世界。

这个世界上很懂“电”的罗奇博士，花了10年时间，用一个个栩栩如生的人物、故事、发明、发现，为我们制作了一部跨越两个多世纪的“纸上纪录片”和“电的科学史”。无论你是事事考究的“历史迷”，还是充满好奇心的“科学控”，这本书都能满足你的“阅读口味”。

在这本书里，你会与众多鼎鼎大名的人物不期而遇，身临其境地感知他们那些伟大的发明、创新与贡献，比如，在雷雨天做风筝实验的富兰克林，改良蒸汽机并启动工业革命的瓦特，发现电磁感应现象的法拉第和麦克斯韦，发明电报和开启现代通信大门的摩尔斯，失败几千次最终发明电灯泡的爱迪生，建立质能方程的天才科学家爱因斯坦，吹响现代环保运动号角的蕾切尔·卡森，雄心勃勃的硅谷钢铁侠埃隆·马斯克等。

电不仅在现代生活中扮演了重要角色，在重要的历史事件中也起到了“搅动风云”的作用。从工业革命、大萧条、两次世界大战，到核电站、石油危机，再到全球气候变化、页岩气革命、电动汽车、清洁能源，这些都与电息息相关。

扫码下载
中信书院 APP



与世界同步 与大师同行

本杰明·富兰克林说过：“当人们的意见存在分歧时，双方都应同样拥有向公众陈述理由的机会；当真理和谬误公平竞争时，前者一定能战胜后者。”

谨以此书献给所有认同这个观点的人。

放飞想象力

（富兰克林）发现电是一种奇物，并使电学成为一门科学。

——卡尔·范·多伦（1938）¹

大家有没有想过，假如你的世界里没有电，会怎么样？没有电，就没有清晨的闹钟声和咖啡机，没有电灯、电暖气和空调，没有高速运转的电机，也没有电脑和手机。

265年前，现代电力科学的发源地——费城，就是这样一个世界。清晨，日出或公鸡打鸣是催人早起的“闹钟”。煮咖啡、做饭用的是简单的柴炉。推动企业发展的是肌肉的力量，或者说是字面意义上的马力。只要计算，就肯定离不开铅笔和纸。没有人可以想象电会给整个世界带来怎样的变化，因为在那个时候，电力是一种异想天开的力量，人类还没有捕获并驯服这种力量。

没有电，城市的夜晚最多只会点缀一些微弱的光，而且常常潜藏着危险。想象一下，我们正坐在烛光旁边阅读、做针线活儿或者其他必须凑近烛光才能完成的工作。100支蜡烛才能发出与一只100瓦白炽灯泡相当的光。靠近无遮无挡的烛火，意味着衬衫袖子、头发或者窗帘会有着火的危

险。但是，危险并不仅限于室内，在室外也可能有摸黑走路、遭遇抢劫甚至后果更严重的危险。唯一值得安慰的是，在没有电灯的夜晚，我们可以欣赏到朗朗夜空的繁星闪烁。²

令人惊讶的是，一些大胆的大脑渴望并想象出电这种东西，可谓“见所未见”。其中，费城的本杰明·富兰克林做出了最重要的贡献。1752年6月的一天，富兰克林在暴风雨中放飞了他的风筝，让世界“看到”了电。很明显，这个实验非常危险，因此人们一直怀疑富兰克林是否真的这样做了。但是，我们没有理由怀疑他做风筝实验的真实性，只不过他做实验时的天气可能并没有那么恶劣。³

富兰克林的独特才智无疑是他成功的核心因素，但是他生活的那个时代也是科学技术的一个分水岭，这同样对他的成功起到了不可或缺的作用。当时，科学革命已经改变了人类对宇宙的认识，紧随其后的工业革命又将改变世界经济。牛顿等人已经开始借助精确的数学来解释宇宙力学中的万有引力。最终，富兰克林等人也会用这种方法对电、磁和光进行研究。

与此同时，当时的人普遍采用一些在今天看来十分原始，甚至有点儿残忍的科学和医学方法。举个例子，他们用放血术治疗发烧和感染。乔治·华盛顿和其他许多人可能都死于类似的“治疗法”，而不是在生命晚期染上了某种致命疾病。科学和技术的巨大转变，有时会在生活的许多方面带来不均衡的进展。⁴

本杰明·富兰克林和他的风筝实验代表人类只迈出了一段迷人旅程的第一步。在那之前，没有几个人想象过有电的生活。而在走完这段旅程之后，大多数人已经无法想象没有电的生活了。在时代的需求和社会风俗的推动（很多时候是阻挠）下，许多著名人物（和一些声名狼藉的人）的大胆行动为这段旅程提供了动力。

这些创新者建造的电力基础设施功能强大，即使到了现在，发达国家

的每一个居民也离不开它们。本杰明·富兰克林、迈克尔·法拉第、詹姆斯·克拉克·麦克斯韦、尼古拉·特斯拉和阿尔伯特·爱因斯坦等人取得的引人注目的科学进步，为这些基础设施铺下了第一块基石。事实上，爱因斯坦认为电的发现不仅是通向现代物理学道路上的一站，而且其本身就是一条道路。人类对电的理解带来了物理学领域的许多重大突破。

第二块基石是在这一伟大科学的基础上取得的技术进步。人类历尽艰辛，终于在电与磁之间建立了联系，塞缪尔·摩尔斯（Samuel Morse）发明的电报是电磁学的第一个成果。电报的产生是为了交流，这一点很重要。电力业务和电信业务都是同一科学的产物，但是后者在现代技术进步中的发展速度远远超过前者。

电力技术巨头间的第一次战争主要是托马斯·爱迪生与乔治·威斯汀豪斯（George Westinghouse）之间的对垒，尼古拉·特斯拉站在威斯汀豪斯的一边。这也是第一次电流之争。最后，威斯汀豪斯的交流电系统击败了爱迪生的直流电系统。交流电为规模经济的诞生创造了条件，因为发电厂可以与远距离的用户连接在一起。有意思的是，现在很少有人完全清楚威斯汀豪斯和特斯拉所起到的关键作用。

第三块基石是在全美范围内推广电力服务的业务实践活动。为这项活动设立标准的创新型商业巨头塞缪尔·英萨尔（Samuel Insull）充分理解和信任规模经济，他的目标是将发电厂和输电线路的固定成本分摊到越来越多的用户头上，从而降低电价水平。最终，电变成了所有人都用得着而且负担得起的商品。通过这个办法，英萨尔完成了电力的第一次亲民化。

然而，对“大规模”的追求也导致英萨尔陷入困境，这也是时至今日仍然有人认为他臭名昭著的原因。1932年，美国一共有三家控股公司（英萨尔拥有其中一家），它们控制了全美几乎1/2的发电量。当英萨尔的控股公司在大萧条时期陷入困境时，当时的美国总统富兰克林·罗斯福出面指责英萨尔是导致经济危机越发严重的罪魁祸首。⁵

与第三块基石密切相关的第四块基石是政府监管。20 世纪初，英萨尔实际上已经邀请美国各州对公用事业实施监管。利用这种监管制度，英萨尔得到了若干专属服务领域（为建立规模经济创造条件的公用事业垄断权），作为交换，各州有权对电力服务实行基于成本的收费方式。然而，联邦监管在大萧条时期出现了。富兰克林·罗斯福就任美国总统后，通过采取一些积极的措施，解散了大型控股公司。这是有史以来美国政府在非战时期采取的规模最大的干预行动之一，导致各州和联邦政府的管辖权发生了冲突，而且这种矛盾直至今天也没有得到任何缓解。

环境监管是政府监管这块基石的一个组成部分，而且是越来越重要的组成部分。宾夕法尼亚州发生的多诺拉烟雾事件起到了重要的推动作用。很多人认为，蕾切尔·卡森于 1962 年出版的《寂静的春天》是开启现代环境保护运动的一部里程碑式的作品。书中不仅有卡森收集的有关杀虫剂巨大危害的那些令人信服的文件，还反映出卡森的勇气。尽管卡森在访谈与写作中从未直接提及电力行业，但她却对这个行业产生了重大影响。从美国前副总统阿尔·戈尔于 2006 年拍摄的纪录片《不可忽视的真相》，到美国前总统巴拉克·奥巴马于 2015 年提出的“清洁能源计划”，这些努力都旨在解决全球气候变暖问题。在这些背后，都可以看到卡森的榜样作用。

今天，科学知识和文化价值的根本性变化催生了一个问题：是否有必要建立全新的电力基础设施？环境问题（尤其是全球气候变化）在电力行业发挥的驱动和主导作用是第一个变化。由于暴风雨和网络战争更加频繁，人们越来越关心门阶（而不是电网）处的电力服务可靠性，这是第二个变化。就像优步（Uber）的崛起体现了人们对运输方式的选择权需求一样，人们在电力供应方面同样有选择权需求，这是第三个变化。这些根本性变化为第二次电流之争埋下伏笔。这一次，对战的双方是完善的电网与行业新领袖（如埃隆·马斯克）提出的“个人能源”，后者经常采用小规模的可再生技术。这些变化还为第二次亲民化创造了条件，个人消费者可以

用他们的钱包，为更好的环境保护、更高的门阶服务可靠性和更多的选择权“投出赞成票”。

以上是对电力行业雄心勃勃的发展历程进行的简单回顾，从中可以看出，真正了解过去和准确预测未来的唯一方法就是使用广角镜头——我们必须认真思考 265 年的电力历史。例如，如果我们的研究从爱迪生开始，就会错过第一块基石（富兰克林、法拉第和麦克斯韦的伟大科学成果）。同样，我们必须调查清楚推动电力工业发展的所有因素。只有对涵盖科学、军事战略和地缘政治（尤其是冷战的~~地缘政治~~）的广泛领域进行评估，才能解释核能崛起的原因。只有对汽车行业的战略机遇进行评估，并深入了解汽车文化，才能预见电动汽车的未来。只有透过广阔的视野，我们才能看清美国总统唐纳德·特朗普的看似挑衅性的内阁任命是否为气候问题的建设性妥协打下了基础。

电是整个现代生活的核心，然而，这个革命性力量的完整发展历程仍然没有公之于众。至少目前还没有。

克雷格·罗奇 (Craig R. Roach)

电力行业专家，有 40 年的从业经验。

本科毕业于美国约翰·卡罗尔大学，后在威斯康星大学获得经济学博士学位。他曾经是北美地区监管流程和法律方面的专家顾问，之后创办了一家专门从事电力和天然气业务的咨询公司——波士顿太平洋公司，并担任总裁职务。他和他的公司已成为电力公司和投资者信任的监管政策方面的顾问之一。

图书策划 中信·科普工作室

策划编辑 苏扬

责任编辑 吴丹

营销编辑 刘小鸥

装帧设计 卓羲云天

出版发行 中信出版集团股份有限公司

服务热线：400-600-8099 网上订购：zxcbs.tmall.com

官方微博：weibo.com/citicpub 官方微信：中信出版集团

官方网站：www.press.citic

微信关注“中信书院”服务号，一起用知识抵御平庸

引 言 放飞想象力 / III



富兰克林时代 / 1

第 1 章 富兰克林的风筝实验 / 3

第 2 章 瓦特的蒸汽机 / 21

第 3 章 法拉第与麦克斯韦的电磁理论 / 33



爱迪生时代 / 53

第 4 章 摩尔斯的电报 / 55

第 5 章 爱迪生的电灯泡 / 71

第 6 章 特斯拉与威斯汀豪斯的交流电 / 87

第 7 章 英萨尔的电力帝国 / 105



大规模时代 / 123

- 第 8 章 罗斯福的电力新政 / 125
- 第 9 章 胡佛水坝的荣耀 / 147
- 第 10 章 利连索尔的田纳西河流域管理局实验 / 165
- 第 11 章 “煤炭王”的统治 / 183
- 第 12 章 爱因斯坦的质能方程 / 199



危机时代 / 217

- 第 13 章 艾森豪威尔的“原子能为和平服务”计划 / 219
- 第 14 章 蕾切尔·卡森的《寂静的春天》 / 239
- 第 15 章 加州电力危机和安然事件 / 255
- 第 16 章 电力市场的竞争性改革 / 277



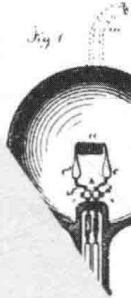
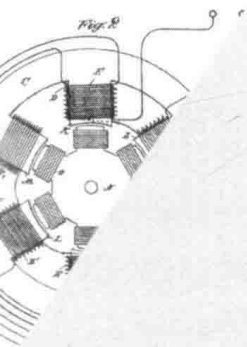
坚定信念的时代 / 295

- 第 17 章 全球气候变化问题的解决之道 / 297
- 第 18 章 乔治·米歇尔的页岩气革命 / 315
- 第 19 章 埃隆·马斯克的梦想和历史的教训 / 329

后 记 想象未来 / 351

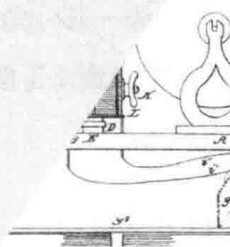
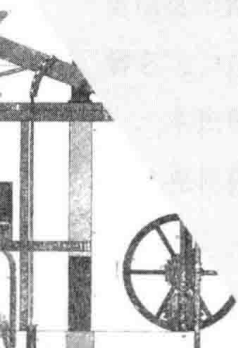
致 谢 / 357

注 释 / 359



富兰克林时代

一个令人敬畏的发明时代



第1章 富兰克林的风筝实验

他从苍天处取得闪电，从暴君处取得民权。

——杜尔哥（1779）¹

1680年，一则新闻的标题这样写道：“一对父子连同4匹马在犁地时惨遭杀害。”凶手是谁？答案是雷电。接着，这则新闻详细地描述了受害男孩的情况：“他身上的衣服被撕得破破烂烂，帽子也破成了两三块。”而且，他从脖子到后背部位的皮肤都被烧焦了。因此，当时的人对雷电心存畏惧。1766年，一名牧师在布道时预言，雷电将在审判日那天把上帝的怒火倾泻到地球上，“整个地球将‘啪’的一声从中心位置裂开，然后彻底崩塌”。1746年，另一位牧师在布道时表示，人类成功破解雷电这个惊天秘密的希望十分渺茫，他断定“凭人类的能力不可能完全理解它”。²

本杰明·富兰克林不愿意接受雷电之谜无法破解这个说法。有一天，富兰克林在暴风雨中放飞了一只风筝，结果发现雷电不仅传递了上帝的愤

怒，还可以被视为一种电学现象。想象一下，富兰克林冒险这样做需要多大的勇气！首先，他需要的是学术上的勇气，因为一旦实验失败，他就会在公众面前陷入尴尬境地，并承担非常严重的后果。其次，他所做的并不是在实验室里进行的有安全保证的实验，而是要用到雷电——当时已知的最神秘、最危险的力量之一。

通过风筝实验，富兰克林让人类见到前所未见的世界，同时开创了一个围绕电学展开探索活动的科学时代——富兰克林时代。通过这一切，富兰克林向世人展示了他敢于面对生命与学术危险的勇气。在他非凡的一生中，这些勇气正是激励他不断前进的动力。

在富兰克林生活的时代，他被公认为世界上最重要的科学家之一，一些人称他为“电学领域的牛顿”。但今天，人们往往会低估他的科学贡献。美国在百元纸钞的正面印上了富兰克林的头像，反面是美国独立纪念馆。这个做法合情合理，但是为什么没有表现出他的实验、他的风筝或者他的避雷针呢？一些人认为，如果富兰克林没有在外交上取得成就，就几乎没有人会关注他在科学上做出的贡献。然而，越来越多的现代历史学家开始反驳这种观点。最近，一些学者提出，富兰克林在科学领域的声誉为他成长为美国独树一帜的外交家创造了机会。电学实验和电学理论使他享誉世界，这种名气为他赢得了与法国富人和权贵共进晚餐的机会。借助这些谈判机会，他促成了美法同盟的建立，使英属北美殖民地拥有了军队、船只和补给，从而在约克镇击败英国人，赢得了独立战争的胜利。电力对世界的最大贡献通常被认为是给人类带来了光明，但是对美国来说，它的最大贡献可能是带来了自由。³

富兰克林的人生经历具有深远的意义，它告诉我们，科学和科学家在电的历史中发挥了非常重要的作用。因此，电力从根本上有别于其他广泛应用的能源，例如煤和石油。在富兰克林时代，人们认为科学家的智慧可以解决所有问题，不管是技术、政治问题，还是法律、文化问题。试想一