

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

电子科学发明家



## 内容提要

这是一部电子名人传合集。它包括：电学先驱富兰克林、电学大师法拉第、电报发明家莫尔斯、长途电信奠基人开尔文，电磁理论创立人麦克斯韦、电话发明家贝尔、发明大王爱迪生、无线电发明家马可尼和波波夫、电子管发明家德福雷斯特等十人。

本书用生动的笔触描写了这十个电子科学技术巨人是怎样成才的。同时，通过他们一代传一代的科学活动，把电子科学技术发展的历史清晰地展现出来。最后附有详细的《电子科学技术史和人物年表》。它既是一本丰富多采的人物传记，又是一部形象的电子科学技术发展史。

## 序 言

当我作为本书的第一个读者，一口气读完它之后，心情久久不能平静下来，思绪万千，感受很深。这的确是本值得一读的好书，特别是青年读者们值得一读。

科学家、发明家的传记我读过不少，可是多是孤立地只讲一个人的事迹。而松鹰同志这本《电子科学发明家》却把十位卓越的科学家、发明家的传记串联起来，从他们的科学技术活动中，向我们展示了电子技术发展的历史。它非常鲜明地告诉我们，科学技术的创造发明就是一场接力赛，一代继承一代、一代高于一代地向前发展。牛顿有句名言：“如果说我看得远，那是因为我站在巨人们的肩上。”电子技术的发展，正是依靠这些巨人们，一个接一个地发展到了今天。为了赶超世界科学技术的先进水平，摆在我们面前的一项艰巨任务，就是要有一大批青年，站到巨人们的肩上，有所创造发明，成为中国的新的一代巨人。用传记来叙述科学技术发展史，必将能激励更多的青年努力攀登科学技术高峰。我认为科学家的传记，采取这种方式来写是值得提倡的。

有人说，科学和技术不是因果式的父子关系，而是相辅相成的。我赞同这种看法。这本书也恰恰说明了其中的道理。电子技术的发展，既离不开科学家的研究成果，也少不了发明家的技术创造。麦克斯韦的电磁理论导致了马可尼发明无线电通信；而爱迪生发明电灯又引出了“爱迪生效应”的发现，以后才有弗莱明、德福雷斯特的真空二极管、三极管的发明。所有这些事实，都说明了科学和技术是相辅相成的，都很重要，都需要巨人。我国的四化建设需要科学家，也需要技术发明家。社会上那种只重视科学家、不重视技术发明家的偏见，看来是存在的。我们的青年，要按照四化的需要、自己的天赋和志趣，选择自己的道路，做一个科学家还是做一个发明家。我认为四化建设需要一大批科学家，同时需要更多的技术发明家。这本书给我们的这点启发，也许很重要。

“从小爱科学，长大攀高峰”，这是新长征时期的广大青少年的志愿，是出科学技术巨人的基础。广泛地阅读科普读物（包括科学家、发明家传记等），积极地参加科技活动，是大有助于实现“爱科学”、“攀高峰”这一志愿的。多读些科学家、发明家的传记，能向这些前辈巨人学习很多东西。我们常说：“有志者事竟成。”他们的事迹，正好证明了这一点。这本书介绍的十位科学家、发明家都是有大志的人，刻苦钻研、艰苦奋斗的人，又是在青年时代就大有成就的人。我们的青年读者，希望你们把握住十几岁、二十几岁这个黄金一般可贵的年华，向科学技术冲刺吧！希望你们能从这十位先驱者身上获得力量，在新长征中做出更大的贡献！

周孟璞

1980年六月二十日于成都

## 电子科学发明家

## 攫雷电于九天的人

在科学技术史上，电子科学技术是比较年轻的，它只有二三百年的历史，但是现在已经广泛应用在工业、农业、国防和生活等各个方面，成为现代科学技术中最重要的一个领域。每一门科学技术都有它的开路先锋，每一个民族都有自己的巨匠。电子科学技术的诞生和发展，也是人类智慧长期积累的结果，有无数科学发明家为它作出了杰出贡献。在这些先驱者中，值得首先介绍的是一位著名的美国科学家、政治家，名叫本杰明·富兰克林（1706-1790）。

本杰明·富兰克林不但是美利坚民族的科学和文学之父，也是十八世纪电学史上一位叱咤风云的闯将。这个染匠的儿子曾经冒着生命危险从天空攫取闪电，在西方第一个揭开雷电之谜，并且首次阐明了电的性质，为近代电学研究奠定了基础。

## 印书学徒

1717年盛夏的一天，一艘满载甜酒的荷兰三桅帆船，正驶向北美殖民地。船将到波士顿的时候，天色骤变，海湾里波涛汹涌，白浪滔天。三桅帆船颠簸得很厉害，船员们紧张地注视着海面。忽然，一个红头发的水手指着右舷远处，惊呼起来：“伙计们，快看！”

大家顺着他手指的方向，看见一只小木船在浪涛里沉浮着，象一片落叶，随时都可能被吞没，上面隐隐约约还有几个孩童在挥手。情况看来十分危急，三桅帆船立刻改变航向，顶着风浪向小船驶去。大约一刻功夫，小船清晰可见。大家意外地发现，小船上四五个赤膊的孩子，个个精神抖擞，喜笑颜开，丝毫没有呼救的意思。为首的少年约莫十一二岁，又黑又胖，正稳坐船头，“一、二、一”地指挥着伙伴们划桨。

“孩子们！快上大船，太危险啦！”荷兰水手大声地喊着。“没关系，你们自己当心吧！”浪涛中传来小“水手”们快活的回话。

巨浪一排排涌过来，只听见小“船长”一声“加油”，孩子们划得更勇猛了。小船在波峰浪谷间一起一伏，仿佛在向大海挑战。风卷着漫天乌云，大海咆哮着。海水象小山一样从头顶盖过，小家伙们却拼命地划着、划着，脸上洋溢着和大海搏斗的无穷乐趣……三桅帆船上的人都为这群勇敢的孩子惊叹不已，有的担心，有的赞扬，还有的挥着帽子致意。一位水手打赌说，驾舟的小黑胖子，将来一定能够成为世界上最优秀的船长。

这黑胖蛮勇的小“船长”，就是本杰明·富兰克林。他后来没有象那个荷兰水手预言的那样当船长，却成了美国开国时期最伟大的科学家、政治家和作家。

1706年，富兰克林出生在波士顿。他的父亲为人和善，能歌会画，是个虔诚的新教徒；原是英国染匠，1685年为了逃避宗教迫害，从英格兰远渡重洋移居北美殖民地，以制造蜡烛和肥皂为业。富兰克林同胞兄弟姊妹共十人，他排行第八，是男孩中最小的一个。他出生的时候父亲已经五十一岁，是“老来子”。

富兰克林从小聪明好学，八岁进公校读书，门门功课都名列前茅。父亲曾经想让富兰克林受高等教育，把他培养成神学家，但是家累太重，不得不放弃这个打算。富兰克林只上了两年公学、一年私塾就辍学了。十一岁的富兰克林成天在家帮老父剪烛芯，擦印模，在店里打杂。

波士顿东临大西洋，是个风景优美的港口。富兰克林在海边长大，很喜欢游泳、潜水，船也划得很好。他常常率领一群小伙伴，驾着帆船在海上追波逐浪，大家都推他当“船长”，听他指挥。大海的熏陶，使富兰克林从小酷爱自由，养成不怕风浪、不畏强暴的性格。他这时最大的理想是去航海。

父亲很了解儿子的心愿，但是富兰克林有个哥哥远航海外，多年没有下落，由于担心他重蹈覆辙，所以一直不准他离家。为了给富兰克林挑选一个合适的职业，父亲操了不少心。他带富兰克林去学过砌砖、制刀、铜匠等手艺，可是都没有学成。他想让富兰克林继承家业，但是富兰克林对它偏偏毫无兴趣。怎么办呢？他后来发现儿子很爱读书，小家伙一有零钱就向书店跑，特别喜欢读名人列传、航海小说，于是决定让富兰克林去学印刷。他把十二岁的富兰克林送到大儿子詹姆斯开的印书店去当学徒。从此，富兰克林和印刷业结下了不解之缘。

印书学徒的生活是艰苦的。詹姆斯性情暴躁，唯利是图。他完全把这个同父异母的小兄弟当做廉价劳动力，排字、背纸、送书、跑腿，富兰克林样样都得干。据富兰克林《自传》里说，詹姆斯很容易发怒，动辄“鞭挞交加”。富兰克林容忍了这一切，因为他在这里有机会读到许多难得的书籍。每当夜深人静的时候，他就躲进阁楼，兴趣盎然地翻阅刚装订好的新书。他结识了几个其他书店的学徒，也经常带一些行俏书给他看。借书条件有两个：一是不准玷污；二是期限只有一个晚上，否则第二天清晨店主查书的时候会以为被偷了。富兰克林为了读完一本好书，常常彻夜不眠。几年里，他博览群书，从许多文学、哲学名著和科技读物中汲取了丰富的知识，其中不少书对他一生的事业有很大影响。培根（1561-1626）说过：历史使人明智，诗歌使人俊秀，数学使人严密，科学使人深刻，伦理学使人庄重，逻辑修辞学使人善辩：所有这些，都能陶冶性格。这段话用在富兰克林身上是非常恰当的。他攻文学，练写诗，习算学，研究航海术，多有所得。一些启蒙思想著作，在他心中播下了争取自由、反对暴政的种子，对他后来很有影响。特别是希腊史学家色诺芬（约前430-约前354）的《苏格拉底言行回忆录》一书，富兰克林读后很受启发，终生难忘。他很佩服苏格拉底（前469-前399）的辩论法，后来和人争辩的时候，从不武断下结论，多用谦虚的言辞，在反复诘问中求得真理。

富兰克林学习勤奋，进步很快。他学诗不久就写了几首俚曲，赢得不少小读者。富兰克林从此就想将来当个诗人。父亲知道后大泼冷水，告诉他说，“自古诗人多是乞丐”，富兰克林这才打消了当诗人的念头。有一次，他写信同友人辩论妇女教育问题，信被父亲看见，指出信中说的虽然在理，但是文章松散拖沓，不能切中要害。富兰克林听后，心中折服，发奋练笔。正象一首诗中写的那样，“宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来”。富兰克林下了一番苦功夫研习散文，果然大见成效。他当时见到一本英国出版的《时评报》很有文采，就用它做作文范本，反复朗诵，细心揣摩。为了加深印象，他先把报中好文章改成诗歌，几天以后又从诗歌改写成散文，有时还把原文次序颠倒，自己来编写。不出半年，他的文笔大有长进。富兰克林后来成为美国著名的作家，“下笔千言，势撼山岳”，是和这段努力分不开的。

当时，正好詹姆斯筹办了一份报纸，名叫《新英格兰新闻》，是北美第二家报纸。报上常登一些文学小品，很受读者欢迎。十五岁的富兰克林也很想一试。他断定哥哥如果知道他写的稿子绝不会采用，于是用另一种笔迹抄出来，不署名，半夜里悄悄放在印刷所门口。第二天早晨，詹姆斯发现匿名文稿，请一些常在报上写文章的朋友评定，都一致称赞是佳作，有位诗人还断言它出自名家手笔。文章印出来以后反响热烈，富兰克林喜出望外。以后他经常匿名投稿，都在报上发表了。时间一长，詹姆斯感到纳闷，很想见见这位不愿披露姓名的“名家”是什么模样，他在半夜里悄悄躲在印刷所门后，当他发现写稿人竟是富兰克林的时候，大吃一惊。詹姆斯并不欣赏小兄弟的文才，他所算计的只是生财之道。这个印书店老板不但不付稿酬，还要富兰克林继续无偿提供稿子，而日常劳役丝毫不减少。富兰克林本来就富有

---

培根是英国著名的哲学家。马克思曾经称他是“英国唯物主义和整个现代实验科学的真正始祖”。培根针对封建神学和经院哲学的蒙昧主义，曾经提出“知识就是力量”的口号，对促进科学知识的发展起过巨大作用。

反抗精神，加上詹姆斯平日一贯以店主自居，不顾手足之情，对他要求过分，兄弟俩冲突越来越激烈，最后终于决裂。在忍无可忍的情况下，富兰克林决计脱离印刷所，另寻生路。当时他和詹姆斯的合同没有满，不能脱身，而且詹姆斯通知波士顿所有的印刷厂，都不得收留富兰克林。富兰克林几经周折，才摆脱了控制。

1723年十月一个薄雾的早晨，富兰克林瞒着老父和詹姆斯，在一位朋友的帮助下，偷偷搭上一艘去纽约的商船，离开了波士顿。这时富兰克林正好十七岁，他把全部财产——多年积累的一捆藏书变卖了作为路费。

船启碇离港。富兰克林凝眸望着波士顿的城廓渐渐远去，在心里默默地说：“告别了，印刷所！告别了，故乡！”在波士顿，他度过了难忘的少年时代，学到了宝贵的启蒙知识，也种下了反抗暴戾的种子。如今，他要自己去闯路子了！船在蓝色的波涛里鼓帆南下，望着飞翔的海鸥，富兰克林不由心旷神怡，感到一种获得自由的喜悦。他的心潮也象海涛一般在翻滚。



## 天涯海角

经过三天三夜的航行，船到纽约。

富兰克林在这里人地生疏，奔走了几天也没有找到工作。后来他辗转到当时北美最大的城市和金融中心费城。那时，纽约、费城之间陆路交通不便，他是从水路去的。船先是沿海南下，当转向内河的时候，突然狂风大作，白浪滔天，船上旅客险些遇难。后来大家登上一个小岛才得救。这次旅程，一路上历尽艰辛，饱受磨难，等最后乘另外的船抵达费城港口的时候，富兰克林浑身透湿，蓬头垢面，衣袋里只剩一枚银币。他买了三只长条形的大面包，手里拿一只，腋下夹两只，一边吃一边走，模样十分滑稽。当时恰好有个少女在窗前看到富兰克林的狼狈相，感到很好笑。富兰克林发觉后，自惭形秽，也跟着笑了起来。那姑娘名叫丽德，长得端庄秀美，是小康人家的女儿，后来成了他的朋友。

富兰克林凭着印刷技能和文才，在丽德的帮助下，很快在费城一家印刷厂找到工作。两年以后，他和丽德定了终身。但是小伙子生性好动，渴望干一番事业。不久，富兰克林在同事的鼓动下，怀着挣一笔钱办印刷业的向往，远渡大西洋，到了英国。可是英国并不是他想象中的天堂。他在伦敦混了十八个月，一个钱也没有赚到。富兰克林先后在两家印刷厂当排字工，每天累得筋疲力尽。他生活在最下层，和各种人物结交，议论时局，诋毁宗教，探讨学问，生活放荡不羁。在伦敦的贫民窟里，富兰克林尝尽了资本主义社会的艰辛，也学到许多书本上学不到的东西，在思想和性格上受到很大的磨练。英国当时正处在工业革命前夕，排字、印刷已经有明确分工，富兰克林在印刷技术和机械上也增长了一些新知识。

由于生活颠沛，放浪形骸，富兰克林在伦敦渐渐忘了同丽德的婚约。他在一年半的时间里只给丽德寄过一封短信，并且说不知哪天才能回去，不料因此铸下大错。1726年十月，富兰克林两手空空回到费城，丽德在绝望之下已经另嫁他人。富兰克林后悔莫及。他无家可归，只好进费城一家印刷厂重新当排字工人。他用在伦敦学到的新技术自创字模，制成了一种新式铜版印刷机。不久，他因为不堪厂主的剥削，和友人合伙开设印刷厂，年轻的富兰克林开始了自己的事业。

富兰克林的青年时代，正是美利坚民族形成的初期，美国还没有诞生。当时北美大西洋沿岸十三州是英国的殖民地，政治上受英国统治，经济上也受英国控制，民族矛盾相当尖锐。殖民地的新兴资产阶级要求参加政权和保卫财产，人民群众也起来反抗殖民主义的统治和压迫，整个北美正处在觉醒的前夜。随着殖民地经济的发展，北美出现了统一的市场，费城、纽约、波士顿等地也发展成繁荣的商业城市。费城和纽约之间修建了公路，交通发达起来，殖民地和海外的贸易以及殖民地之间的经济和文化联系也日益密切。所有这些，都为北美资本主义的发展准备了条件。富兰克林生活在这种资本主义上升的大变动时期，又来自市民阶层，受资产阶级启蒙思想影响，敢作敢为，顺应了时代的潮流，因此他的事业发展很快。

第二年秋天，二十一岁的富兰克林组织了青年自学团体“共读社”。参加的多是好学上进的年轻人，有工人、鞋匠、技师、诗人以及自学成才的数学家等。他们每星期五在旅馆集会，每人轮流提出议题，展开讨论，内容涉

及科学、政治、文学、哲学等。富兰克林是“共读社”的中坚和领袖，他要求大家不问职业和宗教信仰的差别，互相敬重，以探求真理为己任，不意气用事，不进行诡辩。一个二十一岁的青年能够表现出这样的才干，是很难得的。富兰克林日后成为美国开国时期最著名的社会活动家和科学家，并不是偶然的。

富兰克林在厂里兢兢业业，苦心经营，再加上“共读社”社友们多方支援，他的印刷业渐渐兴旺起来，不久又创办了一份报纸《宾夕法尼亚新闻》。富兰克林的印刷技术和散文才能得到了充分的发挥。报纸发行不到几个星期，就以印工精良，文笔清新、泼辣闻名，销路很好，受到社会各界的好评。这样一来，富兰克林既发展了印刷业务，又有了舆论阵地，一举两得。1729年在两位挚友的资助下，富兰克林开始独自经营印刷厂。当时费城市民要求增印纸币的呼声很高，反映了新兴资产阶级的要求。但是银行和大资本家坚决反对，两种意见相持不下。富兰克林在“共读社”里以纸币为题，进行了热烈讨论。他把大家的意见归纳起来，写了一篇《略论纸币的性质和必要性》在报上发表，文中引证1723年宾夕法尼亚省一度发行纸币，刺激了商业繁荣、就业不断增加的事例，极力赞助市民的要求。这篇文章一发表，舆论急剧变化，增印纸币的声势大壮，反对的意见被击败。

议会最后通过了增印纸币的提议，为了表彰富兰克林宣传的功劳，决定把印纸币的特权授予他的印刷厂。这件事给富兰克林带来莫大的收益，他不但获得政治声誉，而且还清了债务，在经济上自立起来。新纸币发行以后，收效显著，促进了经济的繁荣。费城的商业、建筑和人口都随着增加，富兰克林的印刷所也有了很大的发展。

第二年，二十四岁的富兰克林结了婚。说来也巧，他娶的不是别人，竟是过去的未婚妻丽德。原来丽德当初受女友撺掇，误嫁给一个名叫罗泽斯的陶器商，婚后发现他另有所欢，品质恶劣。丽德整天悲戚，郁郁寡欢，生活很不幸。她后来和罗泽斯断绝夫妻关系，分居两地。富兰克林知道这些情况以后，悔恨交集，前去看望丽德。两人一见面，泪如雨下。那时罗泽斯因为挥霍无度破了产，已经远逃西印度群岛。富兰克林冒着风险和丽德举行婚礼，终于破镜重圆。丽德温柔贤淑，勤俭操持。她跟富兰克林结婚以后，把家庭和印刷所事务料理得井井有条，富兰克林从此在事业上多了一个得力助手。

## 筚路蓝缕

中国有句古话，叫做“筚路蓝缕，以启山林”，比喻创业的艰苦就象架着车，穿着破衣去开辟山林一样。富兰克林的事业也是这样开始的。当时北美是英国的殖民地，经济很落后。美国民族正处在摇篮里，还没有自己的文化和科学。富兰克林在婚后不久，倡导创办了北美第一所图书馆。这是美国历史上一件开天辟地的事。当时富兰克林只有二十五岁。

起初，这件事是在“共读社”上提出的。社友们每次讨论的时候，都感到手边参考书籍不够。富兰克林灵机一动，建议大家把自己的藏书搬到社里来，让社友们共同浏览。第二天，一座小“图书馆”就成立了。书架上大小图书，琳琅满目，大家翻阅起来很方便。可是好景不长，因为没有专人管理，随便拿取，图书有减无增，没多久“图书馆”就瓦解了。这个尝试虽然失败了，却给人很大启发。他们总结经验教训，由富兰克林主持，用“共读社”名义发起募捐，请一位著名律师协助，成立了费城图书馆，也是北美第一座民办图书馆。首批读者五十人，按规定每人先交纳四十先令\_\_开办费，以后每年再捐十先令。图书馆成立以后，从海外购来一批图书，每周开放一次，捐款者可以自由借阅，但是要按照规定期限送还。费城图书馆成

立以后，读者越来越多，有人把家里的藏书也捐赠给图书馆。消息传开，各地纷纷仿效，也建立起图书馆来，大大促进了北美草创时期的文化传播。几年以后，依靠政府的资助，把图书馆改成公立的。从此，图书馆就成为人们进行学习和科学研究所不可或缺的文化机构。

富兰克林既是图书馆的创始人，又是最热心的读者。不论刮风下雨，他每天都要到图书馆去看书。他曾经说：“读书是我唯一的娱乐。我从不把时间浪费在酒楼茶肆或者哪种无聊的游戏上。”富兰克林非常珍惜时间，他有一句名言，直到今天还是人们的座右铭：“你热爱生命吗？那么请别浪费时间，因为时间是组成生命的材料。”

一天，图书馆从国外买来一捆装帧别致的新书。富兰克林很有兴趣地翻阅起来。但是当他打开书的时候却皱起了眉头：书里全是他不懂的外文。富兰克林这时已经二十七岁，他下决心要掌握外语。那时，欧洲有大量劳苦群众为了逃避赋税、战祸到美洲来谋生，学外语的条件很好。富兰克林先学法文，三个月左右就能够看书了。接着，他又学意大利文。和他一起学习的还有一位朋友，那小伙子是个棋迷，每天课后都要拉着富兰克林下几盘，常常耽误学习。富兰克林不愿浪费时间，就想了个办法，他和对方约定，每次只下一盘，胜者为师，或对话提问，或文法造句，可以随意命题，考核对方。谁不守约，就取消下次对弈。两人棋艺本来不相上下，所以互有胜负。富兰克林就用这个办法把那个小伙子的学习积极性调动起来。他们切磋琢磨，进步很快，不到半年意大利文就过关了。

外语学习常常有相通的地方，富兰克林在学会法文和意大利文以后，乘胜前进，紧接着又学会了西班牙文，可以直接阅读塞万提斯（1547-1616）的原著。有一天，富兰克林心血来潮，想试一试难度最大的拉丁文。他幼年曾经在学校学过一年拉丁文，有些基础，只是多年没有用，已经忘得差不多

---

英国旧辅币名。1971年二月十五日英国政府宣布英镑实行十进制制，把过去实行的十二便士等于一先令、二十先令等于一英镑，改为一英镑等于一百便士。

了。出乎意料的是，他拿来一本拉丁文书浏览，由于通晓了几国文字，融会贯通，居然十有八九都可以读懂！富兰克林又惊又喜，从这里他体会到，所有的学问只要勤学苦练，入门之后，循序渐进，就一定会有成效。

几年以后，富兰克林作了费城的邮政代表。他整顿邮务，改革市政，发起成立救火会，热心社会福利事业。也就是在这时，他开始致力研究科学技术。富兰克林注重实验和观察，重视科学技术的实用价值，认为科学和技术应当造福人类。这个观念导致他后来在科学技术上作出重大贡献。

富兰克林最早的科学活动，是发明新式火炉。这种火炉结构新颖，使空气进入炉膛前先经过预热，可以增高炉温，节省燃料。新火炉试制成功以后，他的一位开铸铁厂的朋友仿制出售，深受市民欢迎。宾夕法尼亚省长很赏识这项发明，要给富兰克林专利权。富兰克林婉言谢绝了，他认为应当把自己的发明贡献给社会，不能用来谋取个人的私利。

富兰克林这种通过科学和发明为他人服务的哲理，对后来美国的科学史发生了深刻影响。1734年，富兰克林在费城创建了美国第一个科学团体“北美增进有用知识哲学会”。他的科学活动从此进入盛期，其中贡献最大的是电学研究。

## 电学领域的垦荒者

虽然我国商代甲骨文就有雷电的记载，古希腊人也早发现琥珀的静电特征，但是人类认清电的本质，驾驭它来为我们造福，不过是近两百多年的事。

富兰克林诞生的时候，电学几乎还是一片荒地。在这以前，对电学作过探索的学者寥若晨星。我国东汉的王充（27-约97）算是一个，他在《论衡》里解释过雷电。不过王充主要是哲学家，没有对电作进一步研究。到了十六世纪，英国的一位御医威廉·吉尔伯特（1540-1603）发现除了琥珀外，其他多种物质摩擦以后也能够吸引轻的东西，他首先使用了“电”的名称。但是电究竟是什么，这位御医也只好摇头了。以后，在十七世纪整整一百年间，电学只有一项发明，那就是奥托在1650年用硫黄制成一台简陋的静电起动机。这台仪器很原始，起电的时候要用手来摩擦。十八世纪以前的电学，不过就是这样。

到了富兰克林时代，电学才走出襁褓。

1745年冬天，电学界传出一个激动人心的消息：德国的克莱斯特（1700-1748）和荷兰的马森布罗克（1692-1761），几乎同时发现了电震现象。克莱斯特用铁杆插在潮湿的玻璃瓶里，用摩擦起电机使铁杆带电。他的手无意中碰到铁杆，突然感到全身剧烈颤动，几乎昏倒在地。他把这个情况告诉一位同事以后，不久，又听到荷兰莱顿城的马森布罗克也遇到类似情况。马森布罗克的瓶中装有水，电震程度更厉害，以至他写信告诉一位朋友的时候还心有余悸。那位朋友照着他所说的一试，结果同样可怕，电震的时候还发出响声。这就是有名的“莱顿瓶”和电震现象。这一发现使人们对电产生了崭新的认识。从前人们只把琥珀吸芥等静电现象当做有趣的游戏，莱顿瓶第一次向人们显示了电的威力，并且也是第一次可以把电荷储存起来。它象春雷一样把电学惊醒了！

第二年，一位名叫斯宾士的英国学者来波士顿讲学，表演电学实验，主要仪器就是莱顿瓶和几根供摩擦起电用的玻璃管。富兰克林恰巧有事到波士顿，他怀着极大的兴趣观看了斯宾士的表演。虽然实验并不完善，而且有的现象斯宾士本人也不能解释，但是在富兰克林眼前却展现出一个崭新的领域。富兰克林当时已经四十岁了，他象年轻人一样兴冲冲地拉着斯宾士问长问短。学者很感动，临别的时候拍着他的肩头说：“这是一块等待开垦的处女地，先生确有兴趣，就来参战吧！”

富兰克林怀着跃跃欲试的心情回到费城。真是无巧不成书，几天以后，他的一位通信朋友、英国皇家学会会员科林逊从伦敦寄来一只莱顿瓶，赠给费城图书馆，并且附有实验说明。这只莱顿瓶是经过改进的，里外都衬有金属箔，电的性能更明显。科林逊是一位植物学家，他不远千里寄赠莱顿瓶，足见这项发明当时影响很大。富兰克林喜出望外，立刻邀请几位挚友动手试验起来。当时谁也没有料到，这位四十出头的新兵，一年以后竟成为电学研究的主将。

起初，他模仿斯宾士的表演，做了一些简单的试验，一一应验。没多久，他就有了好几项有价值的新发现。为了集中全部精力投入电学研究，富兰克林索性把印刷所也出让了。朋友们听说他改行搞电学了，都觉得奇怪。他们远道赶来观看试验，经常把家里挤得满满的，连丽德也成了热心的观众。富兰克林常请客人们即席登场，当实验助手。他还自备原料，在玻璃厂吹制了

各种瓶子和试管分赠好友，发动更多的人参加研究。通过反复实验，细心揣摩，富兰克林对静电特性渐渐有了独到的见解。有一次，他叫两位朋友并立在绝缘板上，他自己却站在地上。左边的朋友用手摩擦一个玻璃管，使它带电。右边的朋友再用手接触玻璃管，也带上电。然后他伸出双手分别和两位朋友接触，只要气候干燥，接触的时候就会看见电火花。但是，他发现如果两位朋友在和他接触以前互相触摸一下，就不会出现电火花。这个现象在客人们看来有点象耍魔术，而富兰克林却得到很大启发。1734年，法国人杜法伊（1689-1739）发现，摩擦玻璃棒和摩擦胶木棒所产生的电特性不同，同电相斥，异电相吸。这样，杜法伊就断定电的本质有两种。富兰克林对这个观念一直有疑问，现在终于找到答案了。他确认：电的本质只有一种。每个物体都带有一定量的电质，定量不足带“玻璃电”，如果过量就带“树脂电”。他并且用正负符号表示这两种电荷，这和“失去电子带正电，得到电子带负电”的现代解释已经很接近。富兰克林用这种观念圆满解释了实验，他指出摩擦玻璃管的朋友失去电质带负电，另一个朋友带正电。两位朋友互相接触以后，电质重新平衡，所以不带电了。他根据这个实验提出了著名的电荷守恒原理，就是在任何一种绝缘体系中，总电量是一定的。富兰克林因此成为电学史上第一个正确阐述电的性质的人。

富兰克林用莱顿瓶也做了不少新实验。他发现用尖头的东西接近莱顿瓶铁杆，会闪现比较强的电火花。如果换成圆钝的棍，火花就很弱。他还用仪器证明了莱顿瓶内外两层所带的电正好极性相反，数量相等。这些新发现使富兰克林非常兴奋，也受到很大鼓舞。但是莱顿瓶也给他带来过麻烦。有一次，他把几只莱顿瓶联在一起，来加大电容量。不料，实验时候守在一旁的丽德不小心碰了一下莱顿瓶，只听得“轰”的一声，一团电火闪过，丽德被击中倒地，面色惨白，后来足足躺了一个星期。这次惊险的意外事故给富兰克林留下深刻的印象，他始终也忘不掉。也正是这个印象，使他联想到空中的雷霆闪电。

## 我让这些见解去碰碰运气

当时欧美人对雷电的认识还很愚昧。前面提到一千多年以前，我国杰出的唯物主义哲学家王充就指出雷电现象并不是“天怒”，也没有什么“雷公”，而是一种自然现象。他还猜测到这是“阴阳分争”的结果。当然，王充当时指的是阴阳之气的“分争”，和我们今天所说的阴阳电不是一回事，但是他在一千多年以前能够认识到这一步，是很了不起的。不过由于科学水平和文化交流的限制，王充的见解没有引起广泛注意。在富兰克林时代，西方普遍相信“雷电是上帝发怒”的说法。一些不信上帝的有识之士，试图解释雷电的起因，但是都没有成功。学术界比较流行的，是荷兰学者布尔哈维的观点，认为雷电是“气体爆炸”。

丽德被莱顿瓶击伤这件事，使富兰克林开了窍。那震耳的轰鸣，惊心动魄的闪电，不正和空中的雷电很相象吗？经过反复思考，富兰克林毅然断定：雷电也是一种放电现象，它和实验室里人工产生的电一样，都能够产生光和声音，点燃物体，熔化金属，破坏磁性，杀伤生物。这个见解无疑是人类对电的认识的一大进步，在当时起了振聋发聩的作用。

在这以前，为了感谢科林逊赠送莱顿瓶的友情，富兰克林曾经把自己的电学实验心得整理成文，寄到伦敦。这位植物学家深为朋友的研究成果感到喜悦，他把论文送到皇家学会。可惜论文没有引起那些身居高位的权威们的注意，因为富兰克林当时在电学界毫无名气。皇家学会会刊也拒绝刊载。

科林逊在回信里遗憾地谈起这个情况，丽德忍不住把那些权威老爷骂了一顿。富兰克林却并不介意，他相信珍珠就是在尘土里也终究会发光的。几天以后，他给伦敦寄出了第二篇论文，大胆地宣布了自己的科学假设。文章的题目就叫《论天空闪电和我们的电气相同》。

富兰克林不愧是散文大师，这篇学术论文写得既严谨洗炼，又很有文采。科林逊读后赞叹不止，立刻送交皇家学会讨论。遗憾的是，旧的习惯势力相当顽固，论文在皇家学会传阅以后，得到的仍是一阵嘲笑。有人甚至奚落说：“这位先生竟想把上帝和雷电分家，真是痴人说梦！”

正是“高山流水，知音难得”。唯独科林逊和另一位朋友懂得论文的价值，为了不使富兰克林的论文被埋没，他们多方奔走，终于说服了伦敦一家出版商，把它刊印出来。这位有眼力的出版商后来赚了一大笔钱。

富兰克林得知这个情况，大受感动。他陆续又写了许多关于电学的论文寄给朋友。1751年，他的论著合集《电学的实验和研究》在伦敦出版，这是近代科学史上第一部系统的电学理论著作。书刚问世，没有引起广泛注意，但是没过多久，就在英国畅销起来。书中有趣的实验和独到的解释吸引了许多读者，人们读后耳目一新。

好书是没有国界的，《电学的实验和研究》不胫而走，不久就传到法国。法兰西一位著名哲学家首先对这本书发生兴趣。在他的倡导下，书被译成法文，在巴黎出版。一个哲学家首先发现书的价值，这个事实是意味深长的。恩格斯在《自然辩证法》一书中说：“一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。”这是千真万确的。也正是这个道理，我们现在提倡科学工作者要懂得辩证法，提倡哲学家和自然科学家结成联盟。

具有讽刺意味的是：对于一本电学的最新著作，法国的哲学家看出了它的价值，可是法国的电学家却跳出来反对。在判断一种新的科学理论或者学

说的时候，一个平庸的科学家常常不及一个有头脑的哲学家来得正确。巴黎皇家学院的罗勒院长，是一位热衷电学的自然哲学教授。他脱离实践，因循守旧，著有《电学理论》一卷，风行一时。这个人不但比富兰克林资格老、学术地位高，而且还有一群盲从的信徒。他看到法文版《电学的实验和研究》的论述和自己的理论针锋相对，大为恼怒。罗勒不相信书是北美人所著，断定是巴黎的宿敌虚构的，用来拆他的台。这位院长大概肝火很旺，涵养也欠佳。当他打听到波士顿确有富兰克林这个人的时候，怒不可遏。他连篇累牍地写了大量文章和信札，为自己的谬论辩护，并且对富兰克林进行人身攻击。

一天，富兰克林从外面回来，丽德满脸忧虑地递给他一本刚从巴黎寄来的新书。丽德不懂法文，但是她看了封面上印的富兰克林的漫画，感到不安。富兰克林诧异地打开书一看，原来是罗勒院长的文章和公开信的合集，全部是针对他的电学理论和他本人的。对于这种诋毁，富兰克林觉得有必要进行回击。这将是一场远隔重洋的笔战。

当天夜晚，富兰克林在灯下笔卷狂澜，撰写回击文章。凭他的文才和学识，要战胜论敌，扫尽罗勒院长的威风，是不难的。但是当他写到一半的时候，却改变了主意。富兰克林一向不愿把自己的学术观点强加于人，他在书中曾经写过这样的话：“我让这些见解在世界上去碰碰运气。如果它正确，真理和事实将会支持它；如果它是谬误，就理所当然地被撇在一边。”

富兰克林放下手中的笔走到窗前，凝望着繁星闪烁的夜空，沉思起来。他觉得，自己的结论都是从实验中得出的，可以用事实进行检验。书中的推论也没有强迫别人接受，没有申辩的必要。是非曲直，广大读者自有公论。而更重要的是，前面还有很多事要做，与其打一场无休止的笔墨官司，不如全力去搞新的实验。就这样，他决定对巴黎来的攻击置之不理。他后来始终没有回敬过罗勒院长一个字。

关于这件轶事，后来爱因斯坦（1879-1955）同一位科学史家曾经很感兴趣地谈起过。那位科学史家很佩服富兰克林的人格，称赞他没有陷入盲目的争论。爱因斯坦对这件事却只同意一半，他认为，“要避免个人的勾心斗角是对的，但是一个人为自己的思想辩护，那也是重要的。”事实上，他们两个人的话都是对的。富兰克林并没有放弃自己的科学信念，他不是用语言而是用行动来捍卫它，甚至不惜冒生命危险。



## 著名的风筝实验

富兰克林认为，要证明自己的理论，最有力的是用事实说话。怎样才能证实闪电和电的本质相同呢？他想到了孩子们玩的风筝。如果在下雷雨的时候把风筝升到空中，或许能证实这一点。因为如果闪电是电，它就会沿着湿风筝线传导下来。

风筝最早起源在我国，古人称做纸鸢，在南北朝的时候已经出现，大约在公元十六世纪才传到西方。1752年七月的一天，富兰克林在费城进行了轰动一时的风筝实验。

那是夏天一个阴霾密布的日子，暴风雨就要来临。富兰克林和他儿子威廉用一块大丝绸手帕做成一只风筝。他们在十字形的风筝骨架上装上金属丝，用来接引天空中的闪电。父子俩带着风筝和一只莱顿瓶来到野外。威廉握着线团，富兰克林拿着风筝，他们紧张地期待着，希望雷雨早些降临。丽德不安地在家倚窗眺望。平日她最怕打雷，这时候心头更是被一种莫名的担心震慑着。

远处不时传来低沉的雷鸣，每一声都象战鼓那样敲在丽德的心上。

作为一个电学家，富兰克林深知这次实验有致命的危险，但是他这时已经把个人安危置之度外。

不一会，雷声越来越近，狂风呼啸着卷过一团团乌云。富兰克林把风筝抛到风中，大声叫喊：“跑！”

威廉在旷野里拼命地奔跑起来，风筝扶摇直上，升到空中，紧接着大雨倾盆，雷电交加。

富兰克林眼里闪烁着兴奋的光芒，狂奔起来。他追上威廉，接过风筝线，拉着儿子躲进旁边一所建筑物。这时候他们的外衣已经湿透了。富兰克林掏出一把铜钥匙，系在风筝线的末端。

只见风筝穿进带有雷电的云层。闪电在风筝上闪烁，雷声隆隆。但是什么也没有发生。

儿子沉不住气了，他说：“爸爸，恐怕这次是白费功夫了。”

“我们要坚持下去，不要放弃，”富兰克林回答说。

突然，一道闪电掠过。风筝线上有一小段直立起来，被一种看不见的力移动着。富兰克林觉得他的手有麻木的感觉，就把手指靠近铜钥匙。顷刻之间，钥匙上射出一串电火花。

“哎哟！”富兰克林叫喊了一声，赶紧把手离开钥匙。无限的欢乐也象电流一样，顿时传遍他的全身。他喊起来：“威廉！我受到电击了！现在可以证明：闪电就是电！”幸运的是这次传下来的闪电比较弱，富兰克林没有受伤。

杰出的预言被证实了！闪电确实是一种放电现象，它和实验室里的电火花完全一样！

富兰克林顾不得危险，他用一块丝绢裹住已经湿透的风筝线，让钥匙直接给莱顿瓶充电。威廉看到瓶上电火花闪烁，惊喜得张大了眼睛。他一点没有想到，那震撼山岳的雷霆，随时都可能落在他们头上。

事后，富兰克林用莱顿瓶收集的闪电，进行了一系列实验，证明它的性质同用起电机产生的电荷完全相同。富兰克林怀着激动的心情向科林逊报告

了实验结果。他在信里是这样写的：

当带着雷电的云来到风筝上面的时候，尖细的铁丝立即从云中吸取电火，而风筝和绳索就完全带了电，绳索上的松散纤维向四周直立开来，可以被靠近的手指所吸引。当雨点打湿了风筝和绳索，以致电火可以自由传导的时候，你可以发现它大量地从钥匙向你的指头流过来。从这个钥匙，可以使莱顿瓶充电，用所得到的电火，可以点燃酒精，也可以进行平常用摩擦过的玻璃球或玻璃管来做的其他电气实验：于是带着闪电的物体和带电体之间的相同之点就完全显示出来了。

风筝实验的消息引起了全世界科学界的轰动。富兰克林的电学理论终于取得了决定性的胜利。他的著作被译成意大利文、德文、拉丁文，在全欧洲得到了公认。

在科学的真理面前，罗勒院长的谬论不攻自破，被学术界所抛弃。罗勒这个人后来也渐渐地被人们遗忘了。英国皇家学会的权威们作了反省，他们对两年前不屑一顾的论著重新评议，做了实验，果然一一应验。这些身居高位的科学泰斗们，不由得对书的作者刮目相看。他们笑容可掬地给富兰克林送来金质奖章，并且邀请他当皇家学会会员。

## 人定胜天

风筝实验的成功，启发了富兰克林，可以设法把天空中的电引到地下，避免发生雷击灾害。正当富兰克林进行这种试验的时候，从俄国传来了利赫曼（1711-1753）被雷电击毙的消息。

利赫曼是俄国著名的电学家，曾经在1745年发明静电计。为了验证富兰克林的实验，他们把一根大约两米长的铁杆固定在屋顶，一根和铁杆相连的金属导线通入屋里，导线末端连着一根金属棒和测电荷的棉线，当导线带电的时候，棉线会和金属棒分开。1753年七月的一天，科学院正在开会，利赫曼看到就要下雷雨，急忙赶回家。他请了一位画家同行，以便当场给画家介绍实验情况，好给就要付印的出版物绘制插图。当他们走进房间的时候，利赫曼瞥了一下窗子说：“雷电还远，没有危险”，然后走近仪器，察看静电计。就在这一刹那，画家看见从金属棒发出一团拳头大小、淡蓝色的火球，利赫曼躲闪不及，被击中前额。只听得一声开炮那样的巨响，利赫曼没有来得及喊叫就向后倒下！画家的上衣被撕成碎片，也受了伤。利赫曼的好友俄国科学家罗蒙诺索夫（1711-1765）事后伤心地写着：“他用悲惨的实验说明，雷电的力量是可能避免的，铁杆应该竖在雷电可能打到的空旷的地方。”

利赫曼的遇难引起了整个科学界的震惊。这是做强电试验的第一个牺牲者，代价惨重。富兰克林不过是幸免罢了。消息传出，许多人对雷电试验产生了戒心。但是富兰克林没有退缩，利赫曼的死更激起了他发明避雷针的决心，也使他省悟到雷电的确是避免的。

富兰克林夜以继日地工作着，在盛夏还没有结束的时候，他终于试制成一根实用的避雷针。他把一根几米长的铁杆，用绝缘材料固定在屋顶，杆上紧拴着一根粗导线，一直通到地里。当雷电袭击房子的时候，它就沿着金属棒通过导线直达大地，房屋建筑完好无损。富兰克林做了许多避雷针，分送给他的朋友和邻居，建议他们装在屋顶上。

第二年，避雷针开始在勃兰地兹试用。象许多新发明一样，起初的情况并不顺利。

不少居民听信教会和保守势力的蛊惑，认为装在屋顶的尖杆是不祥的东西，冒犯了上帝，会带来旱灾，就在黑夜偷偷地把避雷针拆了。然而，科学最终战胜了愚昧。一场挟着雷电的狂飙过后，神圣的教堂着火了，而装有避雷针的房屋却全都平安无事。

事实粉碎了宗教的谎言，它证明了雷电不是上帝的意志，上帝是不存在的，人定胜天！

避雷针很快推广开来。1762年避雷针传入英国，1769年传入德意志，到1784年，全欧洲的高楼顶上竖起了金属杆。

雷电终于被制服了。这是科学的胜利，也是全人类共同努力的结果。除了富兰克林、利赫曼外，还有许多人为了它作出了不可磨灭的贡献。

## “我出生得太早了”

风筝实验是富兰克林传记里最有光采的篇章。在随后的年月里，这位大无畏的科学家继续战斗着。他一生的贡献是多方面的，一位传记作家曾经统计过，有十九个科学技术领域留下了富兰克林的足迹。

他研究过天花的传染，并且创办了美国第一所公立医院。他还发明了一种双焦距透镜，在光学上也很有造诣。由于细心观察，他曾经发现不同颜色的布块在阳光下吸热效应不同：颜色越深，吸热量越大；颜色越浅，对阳光的反射越强。因此，富兰克林建议人们在夏天最好穿浅色衣服，比较凉爽。这个发现现在看起来虽然简单，但是几乎花了一个世纪才被人们普遍接受。为了促进北美的经济发展，富兰克林对农业很重视，他曾经试验用石膏粉做肥料，也为有关部门提供产生沼气的方法。

富兰克林对科学技术的兴趣很广泛，在天文、地质、地磁、气象、化工、机械，直到钟表、乐器上都有所发现和发明。而且可贵的是，这一切大多是业余搞的。他无论走到哪里，都没有放弃过科学研究活动。1758年，他作为北美殖民地的外交代表去伦敦，在繁忙的外交事务中，还同几位英国化学家合作，研究通过蒸发获得低温的方法。在往返英美的渡海航行中，他仔细观察过海洋的暖流活动，并且认真测量了它们的流速和水温。

富兰克林不愧是美国民族开国时期的一位巨人。他既是杰出的科学家，又是著名的政治家、外交家和宣传家。他二十六岁编著的《理查历书》，在美国流传很广，历时三十年不衰。历书采撷了不少民间谚语，通俗易懂，妇孺都喜欢读，在北美家喻户晓。书中有许多箴言，比如“常用的钥匙永远光亮”、“滴水可以穿石”、“只要每天砍伐，小斧可以砍倒大树”、“勤勉为幸运之母”、“空袋难以自立”、“宁忍饥而勿负债”等，劝人勤勉自立，艰苦创业，反映了美国早期新兴资产阶级的思想。在他的后半生中，北美经历了一场轰轰烈烈的民族解放运动。他最初曾经希望和英国妥协，后来在人民革命潮流的推动下，他站到了斗争的最前列，在美国摆脱殖民统治和争取自由解放的运动中起了重要的作用。1776年他参加了美国《独立宣言》的起草工作。起草委员会共有五人，执笔者是激进思想家杰弗逊（1743-1826）。这个宣言是北美殖民地民族解放的一面旗帜，在独立运动中起了巨大的组织群众和鼓舞人心的作用。

美国独立以后，富兰克林作为美利坚合众国首任大使到巴黎，为美国革命争取到重要的国际援助。这时他已经是七十岁的老人了。他的科学和政治业绩，使他誉满全球。据记载，当时“巴黎的权贵仕女，都以一瞻丰采，一聆言论为荣。”富兰克林在法国的九年间，除履行外交公务外，他和欧洲的科学家也建立了广泛的联系。

富兰克林晚年撰写了许多著述、回忆录，情感真切，气势磅礴，开了美国散文的先河，在美国文学史上占有重要一页。他对科学的最新发展也很关心。1783年他目睹第一次氢气球

飞行试验以后，立刻写信给英国友人积极进行宣传，对人类征服天空的努力表现出很大热情。1785年，富兰克林从法国载誉归来。他尽管已经八十高龄，还担任了宾夕法尼亚州最高行政会议议长，参加了制定美国第一部宪法。他一生的最后几年兼任废除农奴促进会会长，为解放黑奴竭力奔走。

1790年四月十七日，这位不知疲倦的老人与世长辞，享年八十四岁。美国人民怀着深切的悼念之情，为他致哀一个月。富兰克林出身在工人家庭，一直和劳动人民保持着密切联系。他始终以当过一名普通印刷工而感到自豪。他一生中担任过许多高级职位，但是在自撰的墓志铭里，却只自称“印刷工富兰克林”。富兰克林获得了后世的爱戴和崇敬。科学史家在提到他名字的时候，都怀着深深的敬意。一些杰出的艺术家，也为他立碑塑像。他是伟大的，也是平凡的。他的伟大寓于平凡之中。法国十九世纪的雕塑大师罗丹，曾经在《罗丹艺术论》里，这样评价一座有名的富兰克林胸像：

这里还有富兰克林的像：迟钝的神情，肥肥的下垂的面颊——是一位老工人。使徒般的长发，温和善良的性情——是一位很得民心的劝导者，这就是诚实的理查（就是富兰克林的名字）。固执的阔额，向前倾着：这是坚毅的标志；富兰克林以他的苦学、进取，成为著名的学者，到后来解放祖国，证明了这种坚毅。眼中和嘴边的表情有些刁猾——乌东（塑像作者——引文者注）没有因为富兰克林浑身粗笨而受骗，他猜透了那个发迹的心计家的深谋远虑的现实主义，猜透了那个盗取英国政治秘密的外交家的狡猾。

这就是活生生的近代美国的祖先之一。

从1706年到1790年，这位杰出的人物经历了几乎整整一个世纪。他是美国资产阶级上升时期科学和文化的代表，也是十八世纪电学的象征。法国一位政治家曾经评论他“攫雷电于九天之上，夺强暴于权威之手”，是一点不过誉的。在这一百年间，经过许多科学发明家的辛勤耕耘，沉睡了几千年的静电学终于发芽开花，结出了累累硕果。这当中，值得指出的人很多，而富兰克林的电学理论和风筝实验，是其中最具有代表性的发现。正是他，揭开了近代电学研究的序幕。

在晚年，富兰克林还是信心百倍地展望了科学的未来。他是这样写的：“科学的迅速发展使我有时感到遗憾——我出生得太早了。我们不能设想，人类驾驭大自然的能力在一百年、一千年以后，能够达到什么样的高度。我们也许能够学会克服地球引力，举起庞然大物；农业能够提高劳动生产率，使产量倍增；疾病可以有效地预防，大大延长人类的寿命。”

富兰克林的预言，不是正在变成现实吗？

## 电磁理论的奠基人——法拉第

电磁理论的创立，是十九世纪科学史上一次振奋人心的革命。它突破物理学的传统观念，揭示出电磁现象的本质，预见电磁波，使电子科学技术有了飞跃的发展。

这次革命改变了世界文明的面貌，对近代科学技术产生了极其深远的影响。现在广泛应用的无线电通信、广播、雷达、传真、电视、遥测、遥控，以及其他许多崭新的技术，都是它的直接产物。爱因斯坦曾经高度评价说，这“是物理学从牛顿以来的一次最深刻和最富有成效的变革。”

这场变革的主要奠基人，是一个铁匠的儿子、英国伟大的物理学家、化学家迈克尔·法拉第（1791-1867）。

### 铁匠的儿子

1804年一个仲夏的早晨，伦敦街头走来一个报童。他个子瘦小，眉清目秀，虽然穿着打了补丁的衣服，看上去却挺精神。他肩挎一包报纸，一面啃着一小块面包，一面快活地哼着歌曲。

报童走进一家点缀着绿荫的庭院，停了下来。

他从挎包里取出一份印工精良的报纸，在镶着铜牌的大门上敲了几下。当时报纸在英国还是一种奢侈品，只有豪门贵族才购买，一般家庭大多是租阅，每周取送一回。

在等候开门的片刻，报童的目光落在身旁的栏杆上，他忽然停止了唱歌。一个有趣的问题在他脑海闪过：“如果我的头伸进栏杆里，而身子还在栏杆外，那我究竟应该算在栏杆哪一边呢？”

正当这个报童在凝神思索的时候，不料大门打开了。他躲闪不及，脑袋被重重地碰了一下。他的“栏杆难题”没有找到答案，脑门上却鼓起一个青包，惹得开门的女仆和过路人都哈哈地笑起来。

这位闹笑话的报童，就是十三岁的迈克尔·法拉第。

当时目睹这一幕喜剧的人谁也没有想到，就是这个被窘得面红耳赤的穷孩子，日后竟成了英国最负盛名的大科学家。

是的，历史上有许多杰出人物，出身都很贫寒。他们从小饱经生活的忧患，没有受过良好的学校教育，但是靠着顽强的自学，登上了科学和文化的高峰。

富兰克林的父亲是染匠，安徒生（1805-1875）的父亲是鞋匠，康德（1724-1804）的父亲是皮匠，瓦特（1736-1819）的父亲是木匠……法拉第也是一位工匠的儿子。

1791年九月二十二日，法拉第出生在英国纽因敦城一个普通的铁匠家庭，祖上有爱尔兰血统。法拉第的父亲是一个吃苦耐劳、笃信宗教的人，名叫法拉第·詹姆士。一家六口，靠他打铁为生，相当艰苦。

法拉第的童年生活没有留下更多的记载。根据他自己后来回忆，他的童年是在饥饿中度过的，有时候一个面包要当一星期的口粮。

法拉第五岁那年，全家为生活所迫，辗转来到伦敦，在一家马车行楼上租了两间小屋，定居下来。父亲工作的铁匠铺就在附近，法拉第常去送饭。铁匠们打铁的景象，那铿锵的锤声、通红的炉火、劳动的欢乐，给法拉第留

下了终身难忘的印象，他对父亲的铁匠铺一直怀着深厚的感情。法拉第后来成为名驰海外的科学家的时候，还常常谈起“我很喜欢铁匠铺，以及关于铁匠的一切事情”，并且自豪地宣称“我的父亲就是一个铁匠。”

由于家境贫苦，法拉第小小年纪就开始谋生。他十三岁就到伦敦布兰埠街的一家书店当送报童，专给租报的人家送取报纸，还在店里打杂。他性情活泼，很爱思考，那次脑门被撞就是这样引起的。

书店老板乔治·里波见这位铁匠的儿子工作勤快，又喜欢动脑筋，不久就叫他学习装订书籍，兼管售书。装订工作对法拉第一生发生了很大的影响。他千方百计地努力学习，一有空就读那些刚装订好的新书。和富兰克林少年时期一样，法拉第靠着刻苦自学，获得了丰富的知识。书店成了他的启蒙学校。

法拉第最爱看的是《大英百科全书》，特别是吉尔伯特、富兰克林这些先驱者的电学知识，使他受益不浅。对于其他的科普读物，法拉第也很感兴趣。有一本名叫《科学对话》的小册子，写得饶有趣味，他最初的化学知识，就是从这本书里汲取的。

从十三岁到二十一岁，正是长知识、长身体的黄金时期。法拉第这个阶段在书店当了八年学徒，等于上了八年学，这为他后来从事科学研究打下了必要的基础。可以说，富兰克林和法拉第都是印刷业哺育出来的。

当然，法拉第和富兰克林也有不同的地方。富兰克林喜欢博览群书，文学、哲理、天文、数学，无所不读。法拉第却更偏重科学技术，而且他从不把兴趣局限在书本上。从最初开始，这位铁匠的儿子就表现出独立思考能力。对于书里的结论，哪怕是著名权威的话，他也决不轻信。只要条件允许，他总要设法亲自检验一番。法拉第很爱做实验，他的零用钱几乎全省下来买实验用品。钱不够就想其他办法，有时候连饭桌上的食盐也被他拿来做实验了。好在盐不贵，主人也不怎么计较。这种尊重事实、不迷信权威的特点，贯穿在法拉第一生的科学研究活动中。正是这种可贵的精神，导致他后来在许多领域里作出重大发现。

## 科学在召唤

装订书、卖书的职业，使法拉第有机会接触许多科学界人士。1812年初秋的一天，一位常来买书的皇家学会会员送给

法拉第四张听讲券。讲座的地点在皇家学院，主讲人是皇家学院化学教授戴维爵士（1778-1829）。当时，一般人都可以买票去听皇家学院的学术讲座，这对普及科学知识无疑产生了良好影响。

戴维当时不过三十五岁，却已是举世闻名的大化学家，一生发现建树极多。他二十八岁创立电化学，尽管当时英法两国处在敌对状态，拿破仑还是破例向他授了勋章。二十九岁那年，他用电解法发现了钾、钠元素；第二年又分离出钡、锶、镁、硼等新元素，轰动了化学界。法拉第对戴维敬仰已久，现在居然能够去聆听他的讲话，真是欣喜异常。这次听讲对法拉第来说，简直是生活中的一件大事。

这次演讲的题目，现在已经没法查考。有的书说，戴维讲的是在一块铁上绕上通电线圈的实验。估计这种说法不可靠，因为电磁铁的发明是十年以后的事情。不过根据戴维的研究活动推测，这次讲座同电学有关倒是很可能

的。这位化学大师早在 1801 年就对电很感兴趣。根据当时杂志的记载，他曾经几次举行演讲，积极宣传伽伐尼效应 和伏打电池 这些新发现，并且亲自用蛙腿进行表演。

听讲那天，法拉第很早就去了，他坐在一个不引人注目的地方。整个讲演厅座无虚席，连窗台上都坐满了听众。戴维站在马蹄形的大讲台前，讲得有声有色，妙趣横生，他还不时躬身做些示范。法拉第屏息静听，而且作了详细的记录。

法拉第听完讲座回到书店，天已经很晚了。他兴奋得睡不着觉，就取出一个崭新的笔记本，在昏暗的烛光下，把听讲记录誊抄整理出来。凡是可以发挥的地方，他都根据自己的理解作了补充，还画了许多插图，注明戴维进行的一些示范实验。

当小伙子把笔记整理完毕的时候，东方已经发白。二十一岁的法拉第望着拂晓朦胧的景色，心潮起伏，好象感到有一种强烈的力量在吸引着他，那就是科学的召唤！

不久，法拉第学徒期满，在另一家印书店当了正式的装订工。新主人德拉罗舍脾气古怪，喜怒无常。法拉第对他没有多少好感。不过他倒很赏识这个新来的装订工，他向年轻人保证，只要为他干到底，将来法拉第可以当书店的继承人。

法拉第的理想不是当书店老板，他的心早已飞到科学领域。但是怎样进入科学界呢？他不过是个装订工，既没有学历、文凭，也没有靠山。青年人最后想到了戴维。他决定向这位大化学家求助。法拉第在作出决定的时候很踌躇了一番。他同戴维素不相识，如果打个比喻的话，戴维当时处在科学的金字塔顶，他不过是塔底一块普通的石头，戴维会理他吗？

经过几天的考虑，法拉第把那篇精心整理的讲演记录寄给了戴维，并且附上一封恳切的信。他在信里诉说自己贫困的身世、对科学的憧憬，希望得到一个能够接触技术的职位。青年人还表示，只要可以离开唯利是图的商业工作，转到为人类造福的科学事业上来，不管待遇怎么低，他都乐意。

信寄出去以后，法拉第怀着惴惴不安的心情期待着，看是否能够得到回音。想不到几天以后，他收到戴维的一张便条，约他去面谈。当时，法拉第的心情是难以用语言来形容的，他马上赶到戴维的办公室。

原来戴维读了法拉第的信以后，被这个年轻人的身世和热情打动了。戴维自己因为过早死了父亲，十五岁就辍学就业，当过药剂师的学徒，他的成就也是全靠自学得来的。他从这个陌生的年轻人身上，看到了一种最宝贵的东西——对科学的热爱和献身精神。为了帮助这个青年，他去和皇家学院的总管商量。当时，皇家学院的编制已经满了。还算戴维面子大，总管同意考虑，不过当他听说法拉第连中学都没有上过，就不客气地说：“叫他来洗瓶子吧！”戴维显然觉得这过于屈才，没有马上同意。那个总管笑了笑说：“如

---

1786 年，意大利生物学家伽伐尼（1737-1798）在解剖青蛙的时候，发现蛙腿一接触金属就会发生颤抖。这就是著名的伽伐尼效应。

意大利电学家伏打（1745-1827）受伽伐尼效应的启发，在 1800 年发明了世界上第一个化学电源。他把若干银圆片、锌圆片和用电解液浸湿的布圆片依次迭加在一起，组成一个电堆，由于两种不同金属和布片中的电解液发生化学作用产生了连续的电流。这个电堆在电学史上通常称做伏打电池。



果他真还有点用，一定会洗得不错；要是他不来，那就肯定是个废物了！”

戴维热情地接待了法拉第，把皇家学院的难处坦率地告诉了他。为了不伤年轻人的自尊心，他没有提起总管的话。这位大师劝法拉第再慎重考虑一下自己的理想，他诙谐地说：“科学好比一个性情怪癖的女子，你尽管对她倾注满腔热情，可是得到的报酬却极其微小！”

戴维还安慰青年装订工说，书店的职业可以获得安定的生活，并且答应他今后可以把皇家学院的全部图书的装订工作包下来。这对戴维说来，确实已经尽了最大的努力了。

法拉第听完戴维的话，很受感动。他完全理解戴维的好意，但是他立志从事科学工作的决心却是坚定不移的。“我愿意等待！”他恭敬而坚定地这样回答。

1812年的冬天，法拉第是在希望中度过的。正象俗语所说，“精诚所至，金石为开”。几个月以后，皇家学院的实验室碰巧需要增补一个实验助手。戴维征询法拉第的意见，法拉第毫不犹豫地接受了这个工作。1813年三月，英国皇家学院的会议文件，记载了戴维对法拉第的推荐意见。文件上写着：“迈克尔·法拉第是一个二十二岁的青年。根据戴维爵士的观察，这个人能够胜任工作。他的习惯很好，上进心强，举止和蔼，十分聪明。”

在戴维的推荐下，法拉第正式踏进了科学界。这位铁匠的儿子、装订工，后来竟成为英国科学界中一颗最亮的明星。

## 青出于蓝

法拉第的愿望实现了，他进入皇家学院实验室，给戴维当助理实验员。当时，他不过是一个热爱科学的青年，专业知识还少。但是他虚心好学，不怕吃苦。他在实验室里洗刷器皿，搬运仪器，扫地抹桌，样样都干，很快就得到大家的好感。

戴维当时正在研究氯的特征，很有创见。历来人们错误地认为氯是一种氧化物，连大名鼎鼎的化学革新家拉瓦锡（1743 - 1794）也这样看。戴维却用实验证明氯是一种元素，改正了这个错误。他在1810年十一月宣布了自己的发现，但是传统学派却不承认，两种观点的论战持续了好几年。法拉第协助戴维做了不少实验，他坚决拥护老师的新见解。在给一位持怀疑态度的朋友的信里，他由衷地写着：“我热诚地信奉这个新学说，这是一点不奇怪的。因为我亲眼看见戴维本人拥护它；我还见过他做出许多实验来验证和解释它，使我不得不信服，进而钦佩他。”这大约是年轻的助手在学术上追随戴维的第一件事。

几个月以后，法拉第得到了一次非常难得的学习机会。这一年秋天，戴维去欧洲进行学术考察，主要目的是同欧洲各国著名学者进行学术交流，并且做些短期的研究工作。戴维三十三岁才结婚，妻子是一位年轻的富孀，这次出国，他带着夫人同行。为了帮着操作实验和整理科学记录，还需要一个能干的助手，戴维选中了法拉第。这对初出茅庐的助理实验员来说，意义是重大的。

1813年十月，正是秋高气爽的日子。戴维一行三人启程离开伦敦。法拉第有生以来第一次出海航行，他的心象长上翅膀一样，早已飞过英吉利海峡。

他们旅行的第一站是法国。当戴维夫妇和法拉第到达巴黎的时候，受到

法国科学界的盛情欢迎。戴维在巴黎逗留了几个月，一面讲学，一面跟法国同行合作，进行学术研究。当时法国科学家从海藻里提取一种新物质，不能断定是什么元素。戴维在法拉第协助下进行分析，只用了一周时间就测出这种新元素的主要特性，并且命名为碘。问题解决得这样快，使法国化学界惊叹不止。

在巴黎期间，年轻的法拉第认识了不少法国著名的科学家，其中有两位对他十分友好，那就是电学大师安培(1775—1836)和化学家盖—吕萨克(1778—1850)。当时多数学者对戴维带来的助手并不注意，只有安培和盖—吕萨克看出这个青年的价值不在他的老师之下，于是热情地给予指点。法拉第得到机会亲自观摩这些大师的实验，吸取他们的科学方法，并且了解到科学发展的最新水平，大开眼界。这种收获的价值实在是不可估量的。

这次旅行长达一年半，除了巴黎外，从热那亚、日内瓦、佛罗伦萨直到罗马，欧洲许多科学中心都留下了他们的足迹。戴维和欧洲科学界有广泛的学术联系，他们每到一个地方都受到礼遇，法拉第也结交了很多知名学者，学到不少新东西。

1815年春天，戴维夫妇和法拉第满载而归，回到英国。这次出国对法拉第来说，它的意义可以说仅次于达尔文的环球旅行。法拉第后来在电学和化学上获得成就，这次欧洲之行起了很大的作用。旅行给法拉第留下了难忘的印象。他的日记，详细记载了戴维在各地的讲学内容、实验记录，以及各国科学家的实验方法、风格特长；沿途所见的自然景色、风土人情，也引起他莫大的兴趣。法拉第生性乐观，富于同情心，对大自然和生活在底层的劳动人民怀着深切的热爱。无论是海涛、落日、火山、瀑布，还是巴黎的车夫、佛罗伦萨的贫民、罗马的狂欢节，都深深地印在他的心里。二十二岁的法拉第，更坚定了他献身科学、造福人类的信念。

一回到伦敦，法拉第就扎实地干起实验室工作来。他的主要任务是协助戴维做实验，同时兼任皇家学院各位讲师的助教，在讲课的时候做示范表演。法拉第的工作是紧张和劳累的，有时还有危险，但是他干得很尽职，也很愉快。他从小就爱好实验，今天能够在英国最高级的实验室里工作，真是如鱼得水，他的整个身心都投入了实验室的工作。

不过，法拉第不是一个盲目的实验家，他善于利用各种机会学习新知识。这些机会是：他以助手资格参加皇家学院的讲习会，充分利用图书馆的资料，向戴维和皇家学院的著名科学家求教，等等。但是，他最好的老师，还是所做的那些实验本身。在科学研究中，同样一个实验，不同的操作者，不同的条件，常常会得出不同的结果；就是同一个结果，也可能得出不同结论。重要的是要善于发现和正确判断。法拉第每次实验都一丝不苟。他对实验中的各种现象极为敏感，善于捕捉那些偶然闪现的思想火花。不满足现成结论，不迷信经典理论，总想探索新的东西，是他的最大特点。在实验面前，法拉第是一个出色的探险家，是一个不倦的勘探者。

在两三年时间里，经过实际锻炼，法拉第具备了出色的实验才能。在戴维的指导下，他开始走上独立研究的道路。

1816年，二十五岁的法拉第初露锋芒，在《科学季刊》上发表了第一篇化学论文。他当时还有些胆怯，这种初出茅庐的紧张，每一个发表处女作的年轻人都能体会到。以后，法拉第陆续又写了几篇论文，都是关于化学方面的。

1818年，法拉第写了一篇关于火焰的学术报告，大胆指出了名家理论的谬误。这篇论文标志着法拉第科学上的准备时期已经结束。“名师出高徒”，他在戴维的引导下，经过刻苦钻研，勤奋工作，终于成为一个年轻有为的 chemist。

## 电磁之谜

1820年物理学发生了一件大事：丹麦科学家奥斯特（1777 - 1851）发现了电流的磁效应，第一次揭示出电和磁的密切联系。这件事刷新了电学史，也改变了法拉第的研究方向。

早在奥斯特以前，人们就发现一些奇怪的现象。1681年夏天，一艘航行在大西洋的商船遭到雷击，结果船上的三只罗盘全部失灵：两只退磁，另一只指针倒向。还有一次，意大利一家五金店被闪电击中，事后发现一些钢刀被磁化。由于当时连闪电的性质都没有搞清，这些现象谁也解释不了。一百多年来，电磁之谜成了许多科学家探索的目标。

奥斯特是个化学家兼外科制药专家，也是铝的发现者之一。他对电学很感兴趣，一次在实验中意外发现，把通电的导线放在磁针上方，磁针竟会发生偏转！这个发现在1820年七月二十一日公布以后，立刻引起了整个物理学界的轰动。人们本来以为毫不相关的两种现象，竟有这样奇妙的关系。这个发现成了近代电磁学的突破口，各国科学家纷纷转向电磁研究。象戴维和安培这样的大师，也都兴奋得坐不住了。

二十九岁的法拉第同样被这个重大发现所吸引。他用极大的兴趣重复了奥斯的实验。果然，南北指向的磁针在通电导线下面会转成东西方向。这个青年化学家久久地思索着：这是为什么呢？

许多科学家也都在苦苦地想这个问题。因为电流和磁针之间的作用力，跟当时已经知道的哪一种力（万有引力、静电力、磁力）都不同。那些力都表现为推或者拉（斥力、引力），而新发现的力却是一种传动作用。它的奥秘在哪里？在它背后是否还有更深邃的内容呢？无论是奥斯特本人、安培、戴维，还是别的电学专家，一时都解不开这个谜。

法拉第完全懂得这个发现具有不可估量的意义。他决心沿着奥斯特打开的缺口，作进一步的探索。在戴维的鼓励下，青年化学家毅然闯进了电磁学这个未知的领地。

既然现有的理论解释不了新事实，法拉第决定从实践中寻求答案。他把收集到的有关电磁现象的资料，仔细地进行比较研究，并且一一用实验来重新检验。实验进展很快，也很有趣。1821年夏天，他在《哲学年报》上发表了有关电磁研究进展的论文。在这篇论文中，法拉第把电流对磁针的作用力称做“转动力”，虽然从理论上讲这也没有触及到本质，但是他却在实验中巧妙地运用这种“转动力”，让一块磁铁绕着一条电流连续转动，或是使一条载流导体绕磁铁不停地旋转。当时法拉第新婚不久，他常常请新娘在一旁观看实验。当法拉第获得初步成功的时候，他欢乐得几乎手舞足蹈起来。一位传记作家曾经这样描述：实验对于法拉第来说，无论在什么时候都好像孩子那样的快活，不管这个实验是他本人做的，还是别人的发现。

不久，安培发表了研究报告，原来这位法国学者在这以前也做过同样的实验，并且确定电流具有磁性。安培是享有盛名的电学大师；法拉第还是个

新手，他能够同安培不谋而合，确实是可喜可贺的。

法拉第向戴维报告了他的实验成果。当时，戴维已经成为英国皇家学会会长，他起初有些不信，因为法拉第一直受的是化学方面的训练。但是当他重复法拉第实验的时候，果然一一应验。这位英国的科学泰斗也不由得暗暗佩服。戴维从 1801 年开始关注电学，二十年来他在化学领域里硕果累累，对电解也很有造诣，但是在电磁学上却没有发现。现在是后来居上，让学生领了先。真是“青出于蓝，而胜于蓝”！

初次成功使法拉第受到很大鼓舞，他信心更大了，决心为电磁学这门崭新的科学当个开路先锋。根据大量的实验，他确信电和磁就象铜币的图案和字样，是同一事物的两面。既然电流可以产生磁，那为什么磁不能产生电流呢？1821 年秋季，法拉第在日记里写下了一个闪光的设想，“从磁产生电！”

想不到为了实现这一伟大的目标，法拉第经历了无数次失败，进行了长达十年的实验研究。这是一次艰苦卓绝的攀登。

## 十年徘徊

探索电磁之谜的战役打响了，这是十九世纪上半叶物理学的一场激动人心的攻坚战。许多大物理学家不约而同地加入这一行列，化学家也赶来参战。但是谁能够夺得头功，还难预料。

1822 年，从法国最先传来捷报。起初是化学家盖—吕萨克和另一位学者阿拉戈发明了电磁铁，他们把通电的导线绕在软铁上，成功地使铁磁化。这是从电产生磁的又一个有力例证。紧接着，安培又在实验中发现方向相同的平行电流互相吸引，方向相反的平行电流互相排斥。在九年以前，法拉第同安培和盖—吕萨克就结下了友谊，他为他们的成绩感到由衷的高兴。不过这些发现都属于从电产生磁，只是反映了电磁关系的一个方面。怎样从相反的途径，从磁产生出电来呢？这就成了问题的关键。

一天，戴维收到一封巴黎来信，获悉安培的一项实验遇到困难。他把信交给了法拉第，提醒学生注意。安培有很高的电学造诣和丰富的经验，他从静电感应得到启发，作了这样一个推论：既然静止电荷能够感应出静止电荷，那么电流（运动电荷）一定也能够感应出电流（运动电荷）。这个假设从逻辑上说很吸引人，可惜安培忽略了磁的作用，他做了许多实验，都没有成功。

法拉第并没有因为安培的失败而畏缩。九年以前他在法国亲眼看过安培精密的实验，对安培的睿智一直怀有敬意。他相信安培的思想中蕴藏着有价值的东西，还没有发掘出来。于是，他决心继续做这个实验。

他用铜线在几米长的木棍上绕了一个线圈，铜线外面缠着布带以便绝缘（当时还没有漆包线），然后在第一层线圈外面，用同样的方法绕上第二层、第三层、直到第十二层，每层之间都是绝缘的。

法拉第把第一、三、五等奇数层串联起来，又把第二、四、六等偶数层串联起来，这样就制成了两个紧密耦合而又互相绝缘的组合线圈。他把其中一组线圈接到开关和电瓶上，另一组线圈接在电流计上。

一切就绪，法拉第怀着激动的心情开始实验。他希望在初级线圈接通电流以后，次级线圈能够感应出电流来。这也正是安培的理想。

可是，事和愿违。法拉第接通初级线圈的电源以后，注意观看电流计，指针毫无动静。

原因在哪里呢？他设想或许是初级线圈的电流太小，于是把电瓶从一个增加到两个，又增加到四个，结果都一样。最后他用十个电瓶串联成一组，也就是初级线圈里的电流增大了十倍，可是电流计的指针还是在零位！

时间象江河一样，一个月一个月地流逝。法拉第在实验室里度过了不知多少个不眠之夜。他把实验重复了多次，每次都在希望中开始，却以失望告终。

法拉第明显地消瘦了，疲惫不堪，两眼布满了血丝。

难道真的重蹈了安培的覆辙，走进了死胡同吗？青年实验家徬徨了。他的妻子也劝他当机立断，放弃算了。

法拉第是一个坚韧不拔的探索者，他一旦确定了方向，决不轻易承认失败。少年时代在父亲的铁匠铺里，他很爱看锻工们挥动大锤，一锤一锤地锻打烧红的铁块。每当铁块变冷变硬的时候，父亲就把它投进火炉，重新烧红。经过千锤百炼，铁坯终于按照人的意志变成各种工具。父亲曾经笑着对他说：在铁匠面前永远没有顽铁。多年来，这种铁匠的意志一直在他血液里流动着，激励着他。失败使他意识到任务的艰巨，但是不能动摇他的决心。他对妻子说：“如果实验不成功，这只能表明我还不善于处置它；就是实验不可能成功，那也应当找出原因来。”

法拉第对自己的理想充满了信心，在崎岖的道路上坚持不懈地进行探索。转眼之间十年过去了。

这是一段艰苦的岁月。皇家学院由于财政困难，把研究重心转向营利的应用科学。法拉第不得不把大部分精力投入到工业应用的研究上去，他的电学实验时常被迫中断。他试制过铁的合金，改良了光学玻璃，研究过液化气体，发现了苯。这些研究项目花去了法拉第大部分时间，但是最后并没有收到多大的商业效果。

每一个科学家都有他的长处，也有他的短处。法拉第善于发现，不擅长制造。他是一位实验科学家，而不是技术发明家。用一位科学史家的话说，他的特长要到知识的未知领域——也就是光明和黑暗交界的地带，才能充分表现出来。法拉第的才能在工程技术上很难发挥，有一次做氯气液化实验，因为气压过高，容器发生爆炸，飞溅的玻璃碎片差一点把他的眼睛炸瞎。

这十年的研究工作，法拉第在学术上虽然没有特别重大的发现，在事业上却奠定了厚实的基础。1823年，三十二岁的法拉第因为化学上的成绩，当选为皇家学会的会员。一个进入皇家学院刚满十年的助理实验员，能够获得这样高的荣誉和学术地位，是很不容易的。据说，当时戴维对这件事曾经提出异议。或许因为法拉第曾经做过他的助手，或许是对新生力量估计不足，皇家学会投票表决的时候，只有戴维一个人投反对票。第一个发现法拉第的人，这次却成了唯一的保守者，确实是一件憾事。好在法拉第一直对自己的恩师怀有感激之情，心胸又开阔，事后戴维也略有歉意，因此两人的师生情谊并没有断绝。

第二年，法拉第正式登上讲台，在皇家学院任教。到1829年，三十八岁的法拉第已经是一位著名的化学家，总计发表了六十多篇学术论文，其中大多是化学领域的。这一年，法拉第正式向皇家学院提出申请，要求解除职务的重担，以便集中全部精力进行自己念念不忘的电磁研究。十年来，他一直没有放弃“从磁产生电”的理想。同事们知道他在失败中仍旧坚持自己的信念，都很钦佩。不久，皇家学院批准了法拉第的要求。事实证明，这个决定

是法拉第科学事业的重要转折。

同年五月，戴维在日内瓦病死，只活了五十一岁。噩耗传来，英国上下都很悲痛。这位大化学家一生发现极多，而发现法拉第，却是他对科学事业最大的贡献。戴维虽然过早地去世了，但是他未竟的事业却由法拉第继承下来，并且得到发扬光大。

“啊，电流！”

法拉第刚解脱皇家学院的负担，不料他又成为实业界争夺的目标。不少公司和厂家，争先恐后地用重金聘请法拉第，都想网罗这位后起的化学家当他们的技术顾问。

1830年，在朋友们的劝说下，法拉第接受了一些业务，得到一千镑酬金。这笔相当可观的收入，对他的生活自然有很大帮助，他的妻子再也不用为衣食和房租发愁了。据他的学生和密友丁铎尔（1820 - 1893）估计，照这样下去，他每年的收入可以增加至五千镑以上。但是这些“生意上的事务”要牵扯法拉第的很多精力和时间，常常影响他的研究工作。法拉第感到为难起来，他再次面临着生活道路的选择：一条路是营利致富；另一条路是清贫一生，去追求科学真理。究竟何去何从呢？

法拉第很快作出了抉择。他谢绝了来自四面八方的聘请，全力投入研究工作。这样做尽管生活要苦些，温存的妻子却毫无怨言。法拉第很受感动，还有什么比能够理解自己的事业更宝贵呢！丁铎尔后来感慨地说：“这位铁匠的儿子，订书商的学徒，把他的一生总计起来，一方面可以得到十五万镑的财富，一方面是完全没有报酬的学问，要在这两者之间作出选择。结果他选择了后者，终生过着穷困的日子。然而这却使英国的科学声誉比各国都高，获得接近四十年的光荣！”

俗话说，“鸟翼系上了黄金，鸟就飞不起来了。”法拉第摆脱了羁绊，终于展翅高飞，开始他科学上的全盛时期。

1831年是法拉第一生中最难忘的一年。

这一年的秋天似乎格外晴朗。天气已经有些凉意，法拉第还是穿着那件朴素的外套，在实验室里紧张地工作。他的电学实验进入了最关键的阶段。

这时，法拉第已经把电池组增加到一百二十个电瓶。这意味着初级线圈的电流同最早相比，增大了一百二十倍。他用做实验的线圈，也不知更换了多少。

法拉第全神贯注地操作着。他小心翼翼地合上电闸，强大的电流通过线圈，不一会导线就发热了。法拉第转过头注视着电流计，指针象是固定了一样，还是纹丝不动。

一种失望的情绪涌上心头。一个有信念的科学家是不怕失败的，然而事情却这样无情。呕心沥血十年，竟然毫无结果。这是为什么呢？法拉第望着实验台上散布的线圈、电瓶和电流计，就象一个作家看着自己不能出版的作品一样，又心疼，又惋惜。

一个有见识的科学工作者，既要不怕失败，又要正视失败。关键就在作出正确的判断。在决定进退之前，法拉第慎重地作了一次最后的考虑。

他复查了全部实验记录，对设计思路和实验方法也都作了反省，并且逐件检查了实验器具，连一根导线都不放过。在检查电流计的时候，法拉第无

意中注意到：他每次实验都是先接通电源，再转过头来观测电流计。

问题会不会就出在这里呢？

他马上把实验台重新布置好，进行检验。这次法拉第特地把电流计摆在电源开关旁边，以便操作的时候他的目光可以一直监视指针。

法拉第目不转睛地盯着电流计，然后用手合上了电源开关。就在线路接通的一刹那，电流计指针跳动了一下！这个时间非常短暂，稍不注意就发现不了。法拉第过去的多次实验都忽略了细节，这次终于捉住了这稍纵即逝的“一刹那”。

“啊，电流！”法拉第欣喜若狂，不由得喊了起来。人们常说“十月怀胎，一朝分娩”。对他说来，这却是整整怀了十年的理想啊！

这位百折不挠的科学家把实验重复做了几次，每次都得到同样的结果。因此他确信胜利已经在望。

法拉第乘胜前进，又改进了实验仪器。

他用软铁环代替木棍做线圈的芯子，效果更明显。在断开或者接通初级线圈电流的一瞬间，次级线圈连接的电流计上的指针摆动得很厉害。

成功使法拉第非常兴奋，但是他没有陶醉。这位严肃的科学家激动地思索着，应该怎样评价和分析这个发现。因为从表面上看，这个实验是从初级电流感应出次级电流，换句话说，是从电变成电，好象同磁没有关系。而法拉第孜孜以求的目标是“从磁产生电”，他的理想好象没有达到。但是反过来说，如果这个发现仅仅意味着“从电变成电”，那又有一个问题不好解释——为什么要在初级电流接上或者断开的一瞬间，次级线圈才有电流产生呢？这种初级电流的突变会不会同磁有关系呢？

为了弄清这个疑难问题，法拉第继续进行实验。几天以后，他进一步发现，如果改变初级线圈和次级线圈间的位置，或者是改变初级线圈的电流强度，次级线圈也有感应电流发生。法拉第顿时明白了，一定是初级线圈的电流产生的磁的作用，使次级线圈感应出电流。为了证实这个判断，法拉第索性把初级线圈拆掉，用一块磁铁来取代它。他让磁铁穿过次级线圈环，电流计的指针也随着磁铁的运动而摆动！

谜底终于被揭开了：原来是通过次级线圈的磁通量的变化引起了感应电流。换句话说，正是运动的磁产生了电流，法拉第酝酿和追求了十年的理想实现啦！这就是著名的电磁感应现象！它继奥斯特等人的实验之后，进一步揭示出电和磁互相转化的辩证关系，为近代电磁学奠定了基础。

“锲而不舍，金石可镂”。经过百折不挠的努力，法拉第终于成功了。他用自己的意志和智慧，在电子科学技术史上写下了光辉的一页。

在我们看来，他结束了这场持久战，可以稍为休息一下了。但是法拉第没有停顿，他找来一块大的马蹄磁铁，把一个铜线圈放在磁铁中旋转，线圈中就感应出持续的电流来。在这个实验的基础上，他创造出世界上第一台感应发电机。这一年的除夕，法拉第满面春风地向他的亲友好表演了这个新发明。

这是一台别致的装置：只见一个中心有轴的圆形铜盘固定在支架上，铜盘取垂直方向，并且伸进一块水平固定的马蹄形磁铁两极间。铜盘的中轴连接一根导线，铜盘边缘同另一根导线保持接触，两根导线同一只电流计相连。在圣诞节烛光映照下，铜盘更显得光泽夺目。客人们围在四周，兴趣盎然地观看着。

法拉第大声宣布：“开始！”只见他快活地转动摇柄，铜盘在两个磁极间不停地旋转起来。由于铜盘的各部分都切割了磁力线，电流针的指针逐渐偏离零位，微微颤动地指示出电流的读数。铜盘转动越快，电流的读数越大。

客人们赞不绝口。只有一位好挑剔的贵妇人不以为然，她取笑地问法拉第：“先生，你发明的这玩意儿有什么用呢？”

法拉第把手放在胸前，微一欠身地回答：“夫人，新生的婴儿又有什么用呢？”

人群中顿时爆发出一阵喝采声。

这台小发电机在今天看来，确实象一个简单的玩具，事实上法拉第也没有把它付诸实用，然而它却是现在所有发电机的“老祖宗”。这个发明在近代科学史上的意义是深远的。人类从此打开了电能宝库的大门。

### 向纵深挺进

电磁感应是近代物理学上的一项重大发现，也是法拉第科学事业的一座高峰。他一旦越过这道峻岭，就向电磁学的纵深挺进，长驱直入，取得了许多可喜的发现。

1832年，法拉第通过大量实验，证明了电的普遍性，澄清了电学界多年来的模糊认识。

这个成果实际是上一世纪富兰克林工作的继续。富兰克林用风筝实验证明了雷电也是电，把人们对电的认识推进了一步。但是各种电在本质上是否也都一样呢？富兰克林因为条件的限制，没有继续研究下去。一直到法拉第时代，这个问题还没有解决。学者们众说纷坛，莫衷一是。戴维生前也不敢妄下定论。

法拉第早就关心这个难题，在他的科学笔记里有大量的构思和设想，其中有一段是这样写的：“对于我的疑问，实在有穷加追究的必要，就是用各种不同方法诱起的电，到底是完全相同的还是各不相同的，非弄清楚不可，不能留下丝毫的疑点。”

“从磁产生电”的宿愿实现以后，法拉第自然就想到：这种电同已经知道的其他各种电是否相同呢？他把摩擦电、伏打电池产生的电同刚获得的电磁感应电在生理效应、磁偏转、电火花、热效应、电解作用等方面一一进行了比较。可以想见，这些实验的工作量是巨大的，而且很精细。法拉第竟然一气呵成。

结果，法拉第发现几种电的性质完全一样，只有程度上的差别。因此，他得出科学的结论：“不管来源怎样，电的性质是相同的。”

紧接着，1834年，法拉第在电化学领域作出了卓越的贡献。他在戴维多年工作的基础上，发现了著名的电解定律。这个定律找出了电解的时候物理现象和化学现象定量的联系，成为化学的基本定律。电化学的开创人是戴维，法拉第把它发扬光大了。

法拉第还对电介质和电导体进行了深入的研究。在实验中，他感到当

---

不导电物质的总称。当外加电场超过某个极限的时候，电介质被击穿而失去介电性能。工程上大量采用的电气绝缘材料以及电容器中的介质，都是电介质。



时电学中沿用的旧名称很混乱，不但词不达意，还常有谬误。法拉第认为随着新的电学理论的出现，有必要对旧名称来一次清理。他断然废除了一些过时的旧名称，更换了新名。比如电极、阳极、阴极、电解质、电解、离子等，就是法拉第首先使用的。这些名称一直沿用到现在。

法拉第不知疲倦地探索着。1836年，他又发现了静电屏蔽现象。这些重要的发现，直到今天还是中学电学课的主要内容。在地球的每个角落，没有哪个中学生不知道法拉第的名字。

法拉第的杰出贡献，使他成了举世瞩目的大科学家。人们从四面八方英国皇家学会投来尊敬的目光。但是并不是所有的人都知道，法拉第的成就是在十分艰苦的条件下取得的。由于皇家学院的财政一直窘迫，法拉第的工资，除了住宿和燃料外，每年只有一百镑，而且有时还不能如数支付。对于清贫的生活，法拉第倒是安之若素。

有一段传为佳话的趣事，也足以表明法拉第的高尚人格。那是1835年，大约连政府也感到科学家待遇太低，英国内阁总理皮尔爵士建议设立一种年金，奖给在科学或者文学上有贡献的人（以前年金只有政治家、军事将领才有资格得到），其中有一项就准备授予法拉第。

法拉第知道这个消息以后，马上给内阁总理写了封信，表示自己可以自食其力，坚决拒绝接受这份年金。这封信在寄出以前被朋友们制止了，都觉得有些失礼，而且他的生活境况确实很窘。他们劝法拉第改变主意，但是法拉第执意不肯。

在事情最后决定以前，皮尔爵士已经离职，由另一位名叫梅尔本的勋爵继任。一天，新任内阁总理亲自到皇家学院来，邀请法拉第在办公室面谈。在大家劝说下，法拉第应约前去。但是，这位勋爵大约对法拉第并不了解，而且官做大了，说话也毫无顾忌，言谈中流露出对科学技术人员的轻视。他认为年金对文臣武将来说是受之无愧的，对科学家或者作家来说，那就算是一种恩惠了。

法拉第听到这些话，感到是对科学的一种侮辱。他本来就不愿意来，人家硬叫他来，结果却是来受辱。他赶紧结束谈话，告别回家，弄得这位勋爵大人一时摸不着头脑。

当天晚上，梅尔本勋爵收到法拉第一张便条，措词简短而坚决，大意是

---

具有大量在外电场作用下能够自由移动的带电粒子，因此能够良好地传导电流的物体，都称做电导体，比如金属和水等。

在电解池里，同电位比较低的直流电源线相连的电极是阳极，同电位比较高的直流电源线相连的电极是阴极。在工作中，电流从阳极流出，从阴极流入。

在水溶液中或者熔融状态下能够导电的化合物，称做电解质，比如酸、碱、盐等。

把电流通入电解质溶液，使在两个电极上（或者极旁）同时产生化学反应的过程。比如用炭极电解浓食盐溶液，阴极上放出氢气，极旁产生苛性钠，阳极上放出氯气。

原子失去或者获得电子以后形成的带电微粒，称做离子。带正电的叫正离子或者阳离子，带负电的叫负离子或者阴离子。

法拉第在绝缘板上放一个金属丝的笼子，在笼子的里面和外面各放一个金箔验电器，并且用金属链条分别把验电器的金属球和笼子连接起来。当金属丝的笼子带电的时候，笼外验电器的金箔张大，笼里验电器的金箔依旧下垂，丝毫没有带电的现象。它表明金属丝笼子能够对内部物体起到电的屏蔽作用，这就是静电屏蔽现象。 </TITLE59/TITLE>

“既然这样，恕难接受恩惠”。勋爵读完便条，才知道他触犯了法拉第。他起初还觉得好笑，等事情传开以后，才感到问题严重。

这时，一位同双方相识的贵夫人，看到内阁大人下不了台，于是出面调解。她给法拉第做了几次工作，婉言劝他收下年金，但是法拉第态度坚决，执意不收。调解人费尽口舌也无济于事，最后只好问法拉第，究竟要梅尔本勋爵怎样做，才能使他满意。法拉第回答说：“除非他向我书面道歉。不过，这一点我既没有权力也没有理由要求他做到。”

第二天，内阁总理亲笔写的道歉信，居然送来了。信的措词坦率而客气，这场“年金事件”才算圆满解决。

## 创立新说

1841年的春天悄悄地来到伦敦。

法拉第推开实验室窗户，深深地吸了一口气。然后打开一本蓝皮册子，写下了当天实验的记录和编号，他脸上已经出现皱纹，两鬓也有些灰白了，只有那双褐色的眼睛，还是和青年时代一样，闪烁着和蔼的光芒。

是啊，在不断的探索 and 发现中，又一个十年过去了。这十年间，法拉第的电学实验研究成就辉煌。他超过了同时代许多著名的科学家，包括他的导师戴维和安培。因此，有人把法拉第称为“先知先觉”，甚至说他“可以闻出真理来”。法拉第听到这些过誉之词，都是摇头一笑。凡是他的同事和最亲近的人都知道，法拉第的每一项发现后面，凝结了多少心血，耗费了多少艰苦的劳动啊！他工作起来有一种决不后退的劲头。丁铎尔曾经说，他胸中蕴藏着固体燃料，一旦燃烧起来，决不会轻易熄灭。

法拉第这种不知疲倦的拼命精神，也常常使他夫人担忧。由于操劳过度，他得了严重的神经衰弱症，终于病倒了。1841年盛夏，在医生的一再敦促下，法拉第离开英国，在他夫人陪同下到瑞士休养；他的内弟是一位颇有才华的画家，也陪同前往。

这是法拉第第二次出国旅行。沿途的自然风光，又象二十年前一样，使他神采飞越，心旷神怡。旧地重游，山河依旧，科学却已经大踏步地前进了。

这次疗养，对法拉第恢复健康有明显的好处。但是十年积劳，他实在是太累了。医生不允许他恢复工作，法拉第的研究中断了整整五年。

1845年春天，法拉第恢复健康，重新回到实验室工作，这时他已经是五十四岁的老将了。按照一般说法，一个科学家最能够出成果的年龄在二十五岁到四十五岁之间，他的黄金时代好象已经过去。

但是事实恰好相反，法拉第一生最重要的贡献，就是在这个时期完成的。年龄并不是科学发明的决定因素，关键在于永远保持旺盛的斗志和孜孜不倦的探索精神。

法拉第克服了体力日衰的困难，继续顽强地攀登着。他很早就抱定一种想法，认为光和电磁现象有内在联系。当时电磁理论还没有建立起来，能够有这样天才的设想，实在叫人惊异。这大概要归功于他的科学信念和哲学思想。他相信世界是统一的，无论是磁、光、热还是引力，都应当有密切的联系。电磁的统一已经证实，他决心寻找电磁现象和光的关系。

法拉第采用的是他拿手的办法——实验。经过多次失败以后，他把一块

玻璃放在电磁铁的两极间，然后用一束偏振光 沿着磁力作用的方向透过玻璃，光线在磁力的作用下，它的振动面果然偏转了一个角度，磁力越强，偏转角度越大。这就是有名的磁致旋光效应，是法拉第对电磁学的又一个大功劳。法拉第满怀着胜利的喜悦，兴奋地在日记里写着：“这样一来，磁力和光有相互关系就得到了证明！”这个发现的时间是 1845 年，也就是法拉第恢复研究工作的同一年。

这个成功对法拉第很有启发，他又杀了个回马枪，把几年以前研究过的各种介质放进两个磁极之间，做同样的实验。他的设想是：可能其他物质也应该和玻璃有相同的反应。他使用的是一个比以前强大得多的电磁铁。意想不到的是，在实验过程中，法拉第发现了一个新奇的现象。他把一根玻璃棒放进磁铁两极间，玻璃棒居然表现出对磁力作用的反抗，停在同磁力垂直的方向上。这就是说：磁不但对磁性金属有作用，对其他材料也有作用，不同的只是前者顺着磁力方向，后者恰恰相反。

法拉第又惊又喜，他马上换成一根铜棒进行实验，铜棒也停在同磁力垂直的方向上，傲然不动。他又用木块代替铜棒，结果一样。这是多么奇妙的发现啊！他把身边所有的东西都放进两个磁极之间，一一进行试验，发现全部物质对磁力都有反应，其中大多数都表现出抗磁性。

法拉第全神贯注地做着实验，连吃晚饭的时间也忘掉了。他妻子只好把晚饭给他送到实验室来。她推开实验室的门，发现法拉第正埋头在一堆乱物中忙着，眼里不由流露出温和的责备，催促他赶快吃饭。法拉第见她从篮子里拿出一块面包和牛排，十分高兴。做妻子的还没有反应过来，法拉第已经把面包用一根细线悬挂起来，放进两个磁极之间。面包象受过训练那样，一动不动地停立在磁力交叉的方向上。法拉第朝着妻子眨眨眼睛，笑了笑，又用牛排做试验，取得同样的结果。法拉第夫人看着他的表演，简直哭笑不得。实际上根据法拉第当时的心情，如果不是因为磁铁不够大，恐怕连他夫人也会被吊起来，送进磁极之间去检验一番，因为他确信人体也是反磁体。

磁致旋光效应和反磁体的发现，给法拉第很大的启示。一个崭新的思想终于脱颖而出！

当时，“超距作用”的观念很流行。牛顿（1642 - 1727）曾经为超距观念苦恼过，但是最终他还是采用了超距的说法。一百多年来，牛顿力学成了物理学的主宰。“超距作用”观念不但支配了天体力学，也影响到电磁学。人们普遍认为，力的传递（包括电力和磁力）是即时而超距的，也就是不管传递多远都不需要时间，一个电荷或者磁极周围的空间，除了距离以外，一无所有。法拉第不随波逐流，他从大量的实验事实出发，对“超距观念”提出了怀疑。他相信“物质到处存在，没有不被物质占有的中空地带”，因此电力和磁力不能凭空传递。这个思想，法拉第酝酿了十几年，在没有找到充分的实验证据以前，他不愿意匆忙宣布自己的科学假设。摧毁旧学说，需要新的武器。法拉第终于找到了这种武器，那就是杰出的“力线”概念。

法拉第把铁粉撒在磁铁周围，铁粉立刻呈现出有规则的曲线，从一个磁极到另一个磁极，连续不断。法拉第把这种曲线称做力线。他进一步用实验证明，这种力线不只是几何性质的，它同时具有物理性质，导线里感应电流的大小，完全取决于导线截割磁力线的数目，而同导线的移动位置无关。换

句话说，磁力线越密的地方，磁的强度越大。

用这种全新的眼光来观察，电荷或者磁极周围的空间不再是一无所有，而是布满了向各个方向散发出去的力线，电荷或者磁极就是力线的起点。从这一事实出发，法拉第在物理学上首次提出了“场”的概念。他把布满磁力线的空间称做磁场，而磁力就是通过连续的场传递的。牛顿力学“超距作用”的神圣殿堂就这样被动摇了！

法拉第力线观念的建立，看起来不象发现电磁感应那样富于戏剧性，然而它在电磁学上的意义却是更深远的。可以说，法拉第对电磁理论最重要的贡献就在这里。著名科学家约瑟夫·汤姆逊（1856 - 1940）几十年以后曾经评论说：在“法拉第的许多伟大贡献当中，最伟大的一个就是力线概念了，电场和磁场的许多性质依靠它就可以简明而形象地表示出来。”

根据力线这一崭新的思想，法拉第提出了光的电磁学。1846年他在《哲学杂志》上发表了论文《关于辐射线振动的思考》。这是法拉第全部科学著作中的瑰宝，它的光采直到几十年以后才被人们发现。在这篇论文里，法拉第定性提出，电力线和磁力线的振动，就可以产生光和其他辐射现象。一个革命性的、使人耳目一新的学说，就这样诞生了。

### 老骥伏枥

不过，法拉第主要是个实验科学家。他一生总结性的著作是《电学实验研究》。在这部巨著中，几乎找不到一条数学公式。世界上没有完人，无论是政治伟人或者科学巨匠，都不可能是十全十美的。法拉第的短处是数学修养不足，这使他始终没有能够把他的发现和见解精确地表达出来，升华到理论高度。但是法拉第重视吸取前人的经验，勇于实践，敢于创新。他的思想方法改变了物理学的传统观念，把真理向前推进了一步。

法拉第经过毕生的努力，终于为人类开发了一个全新的知识领域。他没有完成的大业，后来由他的学生麦克斯韦（1831—1879）创造性地完成了。

由于对电磁学的巨大贡献，法拉第在晚年获得全世界的敬重。各国授予他的奖章、荣誉称号，象春天的鲜花一样繁多。他坚韧不拔的精神和纯朴无私的人格，使许多人倾倒，著名科学家、作家都以能和他结识为荣。和他同时代的法国作家大仲马，曾经这样称赞说：

我不知道是否会有一个科学家，能够象法拉第那样，遗留下许多令人惬意的成就，当做赠与后辈的遗产而不自满……他的为人异常质朴，爱慕真理异常热烈；对于各项成就，满怀敬意；别人有所发现，力表钦羨；自己有所得，却十分谦虚；不依赖他人，一往直前的美德。所有这些融合起来，就使这位伟大物理学家的高尚人格，添上一种罕有的魔力。

面对花团锦簇的荣誉，法拉第始终虚怀若谷。他从来不把自己看成一个伟人。晚年的时候，英国皇家学会一致推选他当会长。根据他的贡献和声望，这个职位本来是当之无愧的。他的朋友都希望他接受，并且认为只有他才能享有这个最高荣誉。但是法拉第考虑再三，还是拒绝了。他对朋友说：“我还是始终保留做一个平常的法拉第！”

但是只要是对公众有益的事情，他却从不推却。当初有人请他给一座灯塔当技术顾问，他尽管工作繁忙，还是愉快地承担了，并且几十年如一日，对灯塔的照明设施作了许多技术改进。每当法拉第看见灯塔在滨海暮色中闪

亮的时候，心里就感到无限的愉快。

法拉第不但是伟大的科学家，也是热心的科普宣传家。尤其是孩子们都很喜欢他，常来请他讲演。法拉第有求必应，他用通俗生动的故事，给小听众们讲述各种科学知识。有一本叫《蜡烛的故事》的书，就是根据他的几次讲稿整理出版的。

这本书后来成了著名的科普读物，被译成各种文字，直到一百多年以后的今天还深受欢迎。

法拉第晚年体力渐衰，精神也不如从前了。几十年忘我的工作，耗尽了他的精力。但是他仍旧坚持做电磁实验。他的实验记录簿还是整理得井井有条，清清楚楚。这常常需要他付出几倍的努力。据说有次他做一个实验，费了很大功夫，直到一个月以后才发觉，这个实验他几个月以前已经做过了。

1862年，法拉第已经是七十一岁的老人了，他做完最后一个实验。实验的内容是研究磁场对光源的影响。他设想强大的磁场可能会改变光源的波长。虽然因为仪器的限制，实验没有成功，却表明这位电学大师卓越的洞察力。法拉第这个闪光的思想，三十多年以后由荷兰物理学家塞曼（1865 - 1943）用实验证实，他发现在强磁场中光源发射的谱线确实分裂成几条，后来被称做塞曼效应。

法拉第一生的最后几年，是在乡间别墅度过的。他没有子女，陪伴他的是忠实的妻子和一个侄女。他平常喜欢坐在窗下，远眺碧绿的草地、树林、农舍和变幻无穷的天空。

晚霞布满天际，一轮红日渐渐西沉。到别墅去拜望的朋友，可以看见一位白发飘肃、衣着简朴的老人，坐在门外凝望着田野和壮丽的落日。他的表情恬静，眼里含着快活的光芒。

这位铁匠的儿子，横跨一个时代的大科学家，一直到临终都对大自然和人民怀着深挚的热爱。他本人就象一轮红日，把光和热洒满人间以后正静静地沉落。

1867年八月二十五日，法拉第坐在书房的椅子上安详地离开了人世，终年七十六岁。这位伟大的科学家生前一向反对哀荣的葬礼，遵照他的遗言，在伦敦北部的海格特公墓举行了简朴仪式，只有他的亲人在场。他的坟前只立了一块小小的石碑，表示出迈克尔·法拉第长眠的地方。

没有举行轰动全国的葬礼，也没有金碧辉煌的陵墓，然而法拉第的伟大，却是任何帝王所不能比拟的。他给后人留下的科学遗产，直到今天还在为人类造福。

## 莫尔斯和电报

电为人类服务，要算电报是最早了。有趣的是，发明电报的人不是物理学家，也不是工程师，而是一位画家，他的名字叫塞缪尔·莫尔斯（1791 - 1872）。一个搞美术的，竟成为有线电通信的开创者，这好象有些不可想象，说起来其中还有一段故事呢！

### 在“萨丽”号上

1832年十月一日，一艘名叫“萨丽”号的邮船，满载旅客和邮件，在法国北部的勒阿弗尔港启碇，驶向纽约。

邮船在浩瀚的大西洋上破浪前进，船尾上空飞着海鸥。这种例行的远航大多是枯燥无味的。旅客们或是聊天、下棋，或是在甲板上眺望无边的大海，消磨时光。一天傍晚，旅客们正在餐厅里准备进餐，被一个年轻旅客的演说吸引住了。这位青年名叫查尔斯·杰克逊，他是美国马萨诸塞州波士顿的医生，但是对电学研究却有浓厚的兴趣。当时，电磁感应刚发现不久，人们对一切有关电磁的现象都觉得新奇。杰克逊向大家展示了一个名叫电磁铁的新装置。这是一个上面绕着绝缘铜线的马蹄形铁块，当铜线通电的时候，马蹄形铁块就产生了磁性。杰克逊用孩子般的热情滔滔地解说着。

“先生们！”他说，“请记住，我们快要利用一种无限的力量了。最近有实验表明，绕在铁芯周围的导线越多，磁铁的吸力就越强。而且有人已经证明，电能够神速地通过一段导线，不管有多长。科学就要创造出改变我们生活的电的奇迹啦！”

青年医生的话不时被打断，餐厅里响起一阵欢呼和热烈的议论。最后，演说家被大家抬了起来。人们都被一种神奇的幻想陶醉了。谁也没有注意到，听众中有一个皮肤黝黑的中年男子，一言不发地望着讲台，两眼闪烁着异样的光芒。夕阳映照在他的脸上，象火在燃烧。他的心也在燃烧。他就是四十一岁的美国画家塞缪尔·莫尔斯。

一连几天，莫尔斯坐卧不安，晚上也兴奋得不能入睡。他的情绪完全被神奇的电所左右。几天以后，邮船到达目的地。旅客们挥手告别，有关电磁铁的议论，不过成为记忆中的一朵浪花罢了。

可是，莫尔斯却好象换了一个人。在船靠近码头的时候，他忽然对船长说：“先生，不久你就可以见到神奇的‘电报’啦，请记住，它是在你的‘萨丽’号上发明的呀！”他提着画箱走下邮船，步履坚定，神情庄严。杰克逊那天傍晚的一席话改变了莫尔斯的一生。从此以后，写生画、肖像画不再是莫尔斯的主要兴趣。他告别艺术，投身到科学领域里去。画家在写生簿上端正地写下了“电报”两个字，立志要完成用电传递信息的伟大使命。

### 攀登

可是，只要翻开电子科学技术史的最初几页，就可以看到，莫尔斯要完成的使命是非常艰巨的。

早在1753年就有人试图用电来实现通信。当时电池还没有发明，科学家

只能借助于静电感应。一个叫摩立孙的人，曾经设计架设二十六条导线，每条代表一个字母，当导线接上电的时候，在导线另一端相应的纸就被吸引，记下一个字母，这样类推，拼成词语，来传递信息。这大约是最早的有关电报的工程设计，可是因为方法原始，而且用静电感应传不远，始终没有能够实现。在摩立孙以后，不少学者提出其他方法，也做过多种实验，有的用单线取代二十六条导线，或是用木球代替纸球，但是经过四十多年的努力，没有什么成效。

1800年，在生物学家伽伐尼解剖蛙腿实验的启发下，意大利人伏打发明了电堆，宣布了静电时代的结束。人们终于获得连续不断的电流了！“用电传递信息”的理想之火又重新燃烧起来。

1820年，丹麦物理学家奥斯特发现了电流能够转动磁针的效应。这个近代电磁学上的重大发现，给电报的实现带来了希望。第二年，法国电学大师安培就提出可以用电磁效应来传递消息。杰克逊在“萨丽”号上宣传的，实际就是安培的思想。在这十年时间里，人们进行了大量探索，但是却没有找到一种既有效又实用的方法。连不少有经验的专家都感到问题棘手。

莫尔斯就是在这种背景下“投笔从戎”，参加这场攻坚战的。一个从来没有研究过电磁学的画家，而且已经过了四十岁，居然改行要攀登这座人们都没有征服的高峰，这需要多么大的勇气和决心！

莫尔斯遇到的最大困难，是他对电和磁的知识几乎一窍不通。但是他一点也不动摇，决心从头学起。经过半年的刻苦学习，莫尔斯初步掌握了电磁原理。特别是美国物理学家亨利（1797 - 1878）一年以前提出的电报原理，对莫尔斯有很大启发。亨利用电磁铁做成电铃，可以把信号传到一·六公里远的地方。这实际是“电磁音响式电报机”的最早模型。莫尔斯决定采用亨利的原理，进行深入的实验。

画家买来各种电工器材和工具，在家里夜以继日地干起来。从前的小画室变成了地道的实验室，到处都是线圈、磁石和导线。他的写生簿也涂满了各式各样的方案和草图。莫尔斯的全部生活和希望都凝聚在这个小小的实验室里了。夜幕笼罩着城市，只有他实验室里的灯火常常彻夜不熄。冬尽春来，秋去冬至。他画了一张又一张草图，进行了一个又一个试验，但是每次都以失败而告终。

三年过去了，莫尔斯的积蓄几乎全部花完，电报机还是没有造出来。

这位业余发明家到了山穷水尽的地步。他在给朋友的信里写着：“我被生活压得喘不过气了！我的长袜一双双都破烂不堪，帽子也陈旧过时了。”

1836年，莫尔斯不得不重操旧业，接受了一所大学的工艺美术教授的职位。他又回到艺术界，不是休息，也不是退缩，而是为了生活，以便继续进行试验。受挫的发明家第一次重新拿起画笔，不禁感慨万千。三年以前在“萨丽”号上听演说的情景，他一次又一次的努力和失败，象潮水般涌现在眼前。他奋笔画了一幅油画，画的下方是波涛汹涌的大海，一群在暴风里搏击的信鸽布满了整个天空。他觉得，自己就是一只信鸽，在逆风飞翔。莫尔斯念念不忘的还是通信，是人类多少年来没有实现的梦想。

## 突破

失败没有使莫尔斯气馁，他变得冷静了。用导线传递信息难道不可能吗？不，经过三年的实践，他更加坚信杰克逊的话是能够实现的。那么失败的原因在哪里呢？莫尔斯苦苦思索着。他反省了自己的设计思路，认真地检查了所有的实验。

多少个不眠之夜过去了，莫尔斯终于找到了问题的症结：踩着别人的脚印是不能走在前面的，必须寻找新路！经过反复思考，一个崭新的思想酝酿成熟了。他在科学笔记上充满信心地写着：

电流是神速的，如果它能够不停顿地走十英里，我就让它走遍全世界。电流只要停止片刻，就会出现火花，火花是一种符号；没有火花是另一种符号；没有火花的时间长又是一种符号。这里有三种符号可以组合起来，代表数字和字母。它们可以构成全部字母，文字就能够通过导线传送了。这样，能够把消息传到远处的崭新工具就可以实现了！

莫尔斯的这个构思，是电报发明史上一项重大的突破。在这以前，人们的试验，都是用多根导线或是磁针偏转的多种位置来代表不同字母，二十六个字母就要有二十六种不同的状态，因此设备庞杂，很难实现。莫尔斯设想用点、划同空白的组合来表示字母，只要发出两种电符号，就能够传送消息。这就大大简化了设计和装置。莫尔斯规定了特定的点划组合，表示各个字母和数字，这就是著名的莫尔斯电码，也是电信史上最早的编码。

为了设计和制作这种新装置，莫尔斯投入了紧张的工作。美术教学的收入就是他的全部试制经费。有时候发明家穷得连买面包的钱都没有，但是他很乐观。经过一年的努力，1837年，莫尔斯终于研制成功一台传递电码的装置，他把它叫做电报机。这时莫尔斯已经四十六岁。在同一年里，英国著名物理学家惠斯登（1802 - 1875）和库仑（1736 - 1806），德国的斯泰因亥尔也各自独立地发明了电报装置。惠斯登和库仑的装置是磁针式的，用五枚磁针的不同偏向来表示文字；斯泰因亥尔的发明是用一串音调不同的铜铃来做记录信号的终端。比较起来，莫尔斯的电报机实用得多。他采用自己的电码设计思想，并且发展了安培和亨利提出的原理，废除了磁针，更用不着二十多个累赘的铃铛。这使得莫尔斯电报机一出世就具有强大的生命力。

### “丑小鸭”

电报机终于研制成功了。当时，它虽然还比较粗糙，而且传递距离不超过十二米，却标志着一种崭新的通信工具的诞生。多年的理想将要实现，莫尔斯高兴极了。他申请了专利，抱着电报机去找企业家，企图说服他们投资。可是，回答他的却是一盆盆冷水。科学技术上有多少发明在刚出世的时候都被当做“丑小鸭”。在那些大老板的眼里，莫尔斯耗尽心血研制成功的电报机，不过是一堆赚不了钱的废铁。一个秃顶的经理回答说：“先生，你在开玩笑吧？居然想叫我把钱投资在一个玩具上！”另一个矮胖的百万富翁讥笑说：“哈哈！用导线传递消息？你为什么不开明一枚能够飞向月球的火箭呢？”



莫尔斯满腔忧愤，失望地回到家里。热嘲冷讽并没有使他丧失信心，他懂得自己发明的价值。可是要改进电报装置，加大通信距离，使它投入实用，需要一大笔经费。他的钱早已经用得一千二净。怎么办呢？莫尔斯望着电报机，就象望着一个断奶的婴儿，心里一阵酸疼。难道就让它饿死在摇篮里吗？不能啊！窗外飘着雪花，莫尔斯推开窗户，看见几只鸽子在屋顶盘旋。画家心头一热，他仿佛看到电报机的导线架过屋顶，穿越纽约，一直延伸到全世界，人们都在用他的电码通信。他想起自己身边仅存的一点值钱的东西——几幅珍藏多年的名画。那是他从前的老师、一位酷爱艺术的老画家馈赠的。莫尔斯忍痛把这些艺术珍品卖给了古董商。他心里很难受，但是他相信，就是恩师在世也不会责备他的。

就这样，试验坚持下来。又是三年过去了。在最艰难的日子里，一位名叫盖尔的青年技师从外地专程赶来，自愿给莫尔斯担任助手。这是一个乐观诙谐的实干家，体格魁伟，对电磁机械很有经验。莫尔斯不再是孤军奋战了，他有了得力而忠实的帮手。

莫尔斯和盖尔在实验室里一同研究，反复试验，对电报机作了许多改进。他们增加电池组，并且增加环绕磁铁的线匝，这样就大大延长了通信距离。盖尔还是个优秀的小提琴手，在他们工作疲劳的时候，盖尔就在小实验室里拉起他喜爱的民间乐曲。那淳朴悠扬的琴声，常常把莫尔斯带到遐想的境界。两个战友经过一年的奋斗，最后电报机达到了可以实用的水平。

当成功地做完最后一次试验的时候，莫尔斯确信电报为人类造福的日子终于到来了。

## 一步之差

在盖尔的鼓励下，莫尔斯带着改进以后的发明，离开纽约去华盛顿。当这位饱经风霜的发明家提着笨重的箱子走下列车的时候，喃喃自语地说：“华盛顿，我给你带来了电报！”

莫尔斯在华盛顿的遭遇，一开始就比三年以前在纽约的那次要好。特别幸运的是，他用发明家特有的坚定和热忱，成功地说服了国会提出一项拨款三万美元的议案，给他在华盛顿和六十四公里外的巴尔的摩之间建立一条实验性的电报线路。议案最后将提交国会批准。莫尔斯住在一家简陋的旅店等候好消息。眼看梦寐以求的理想将要变成现实，这位五十岁的画家抑制不住内心的喜悦，他给盖尔写了一封报喜信，并且叫青年技师做好一切试验准备。

不料国会经过几次激烈辩论，热衷于驿站马车和法国老式通信机的保守观点占了上风，有关电报的议案没有通过。莫尔斯得到通知以后，就象天雷盖顶，受到很大打击。

“啊，华盛顿，这个无情的城市！”莫尔斯伤心地回到纽约，他的口袋里只剩下不到一美元。他紧紧地握住前来迎接的盖尔的手，一时竟说不出话来，两行眼泪夺眶而出。

“字字看来都是血，十年辛苦不寻常”，这是曹雪芹写《红楼梦》的辛酸。莫尔斯发明电报也耗费了十年心血！他牺牲了锦绣的艺术前程，抛弃了教授的舒适生活，把自己的全部精力和智慧都贯注到电报机上了。可是，就在离开最后成功只差一步的时候，他被迫停住了。他们的试验中断下来。实

际上，电报机的研究已经完成，现在需要的是实践检验，是向社会宣布成果。盖尔依依不舍地离开了莫尔斯和实验室。分手的时候，青年技师深情地望着画家，许久才说出一句话来：“先生保重！”

在以后的整整一年时间里，莫尔斯贫病交加。他又和颜料、线条打交道了，因为除了绘画，他没有别的谋生办法。但是因为长久不画，笔墨生疏，他的作品无人问津。资本主义社会不知道饿死了多少发明家，莫尔斯也在饥饿线边缘挣扎。

## 伟大的时刻

但是，技术的进步是阻挡不住的。凡是为人类造福的发明必将受到历史的尊重。一天，奇迹发生了。莫尔斯收到一封束着朱红绸带的公函，他用微微颤抖的手拆开，一行醒目的字映入眼帘：“塞缪尔·莫尔斯先生，我们荣幸地通知你，参议院已经通过关于修建电报实验线路的拨款提案……”原来，有关电报的议案被重新提交国会讨论，在科学界舆论的影响下，国会终于通过了。

莫尔斯这时腰无分文，他立即给已经改行的盖尔写了封信，又到一个过去跟他学过美术的学生那里借了五十美元，买了一套新衣服，赶到华盛顿去。不久，盖尔也兴冲冲地赶来。两位战友在首都重逢，不禁热泪盈眶。伟大的事业终于展现在眼前，他们经历了多少坎坷啊！在莫尔斯的领导下，从华盛顿到巴尔的摩的电报线路（也是世界上第一条实用的电报线路）动工兴建，不到两年就完成了。

1844年五月二十四日，人类通信史上的庄严时刻到来了。这一天，华盛顿沉浸在节日般的气氛中。在国会大厦联邦最高法院会议厅里，莫尔斯向应邀前来的几位科学家、政府人士介绍了实验原理，盖尔等候在六十四公里外的巴尔的摩。大厅外面观众云集，人们怀着极大的兴趣来观看“用导线传递消息”的奇迹。几年以前嘲讽过莫尔斯的那两个人也赶来了，他们万万没有想到“丑小鸭”飞上了蓝天，变成人人赞美的“白天鹅”。在预定的时间，莫尔斯接通电报机，用一连串的点、划——也就是到今天还在使用的莫尔斯电码，开始发出电文。这是历史上第一份电报：“上帝创造了何等的奇迹！”

试验成功了，人类通信史揭开了新的一页。莫尔斯的发明迅速风行全球。

莫尔斯发明电报到现在，一百多年过去了。这期间电信技术不断刷新，世界发生了巨大的变化。但是莫尔斯在科学道路上不怕困难，披荆斩棘的精神，却永远是值得学习的。他四十一岁改行，“半路出家”，面对许多专家没有攻克的难关，没有惧色。最后是有志者事竟成！这不禁使人想到马克思的名言：在科学上面是没有平坦的大路可走的，只有那在崎岖小路的攀登上不畏劳苦的人，有希望达到光辉的顶点。

历史记下了塞缪尔·莫尔斯的功勋，也没有忘记杰克逊的名字——他不愧是一位杰出的科普宣传家。这个热心的青年虽然没有发明电报，却点燃了莫尔斯心中的火种。电报的发明是整个人类智慧的结晶，还有多少无名英雄付出了毕生的劳动啊！

## 开尔文——不畏失败的一生

在近代物理学史上有一位很著名的人物，叫做开尔文勋爵（1824 - 1907）。他二十二岁当了大学教授，二十四岁提出绝对温标，不到三十岁就因为电磁学和热力学的研究而闻名欧洲，是一个年轻有为的科学家。但是，他曾经两次走到电磁理论的边缘，却又徘徊而去，错过了发现的机会。这确实是非常可惜的。

这位勋爵的名字叫威廉·汤姆生，开尔文是他的封号。他不但在科学领域里有很多发现，而且还是个非常杰出的电信工程师。他一生创建的最大业绩，就是领导建立了世界上第一条大西洋海底电缆，为有线通信的发展作出了重大的贡献。

### 小大学生

1824年，威廉·汤姆生出生在英国贝尔发斯特城，父亲是皇家学院的数学教授，性情温和，治学勤奋；母亲是富家女儿，是个典型的贤妻良母。汤姆生的兄弟姊妹比较多，他从小生活在一个和睦而热闹的大家庭里，非常快活。由于他长得最漂亮，又很聪明，在兄弟中最受父亲宠爱。他也最爱父亲。

汤姆生六岁那年，母亲不幸去世，父亲挑起了照料全家的担子。这位数学教授是农民出身，年轻的时候靠自学进入大学。他虽然疼爱失去母亲的孩子，但是对他们的教育却很严格。在汤姆生和比他大两岁的哥哥杰姆都还很小的时候，父亲就向他们系统地教授数学了。他还经常在清晨带孩子们到郊外去散步，一路上提出各种有趣的问题来问他们，培养他们思考的习惯。每当这个时候，孩子们都兴奋得象小鸟一样，叽叽喳喳地发表自己的见解。

1832年，汤姆生的父亲被母校格拉斯哥大学聘请去教书，全家迁到格拉斯哥城。这座城市位于苏格兰腹地，横跨克莱德河，西临狭窄的克莱德海湾，是英国北部第一大港，商业繁荣，造船业比较发达。汤姆生一生的主要活动都是在这里进行的。所以有的科学史家提到他的时候，都爱把他称做“格拉斯哥的汤姆生”。

这一年新学期，汤姆生的父亲开始讲课。新来的教授学问渊博，讲述有条不紊，待人亲切，很快就博得了学生们的敬仰。没有多久大家就发现，教授来讲课的时候常常带着两个漂亮的小男孩，让他们坐在教室里旁听。小的那个孩子还背着装玩具的书包。起初，同学们都以为这两个小家伙是来玩的，后来看到他们在认真地记笔记，才大吃一惊。因为这两个大学旁听生的年龄实在太小了：杰姆是十岁，汤姆生才八岁！

一所堂堂的高等学府竟准许八岁的儿童当旁听生，听起来有些荒唐，但是却是事实。人才的培养本来就应该不拘一格。我国历史上不也有甘罗十二岁当宰相的佳话吗？汤姆生的父亲望子成才，也很费了一番苦心。汤姆生从接受启蒙教育直到中学教育，都是他父亲自己编教材，在家里教的。他在读

---

绝对温标是一种最基本的温度单位制，也称做开氏温标。

相传春秋战国时期，十二岁的甘罗因为聪明过人，外交有功，被秦王封做上卿（相当于丞相）。

大学以前，从来都没有进过学校。气宇轩昂的老教授是个天生的教育家，他的最大乐趣就是给孩子们传授知识，把他们教育成材。汤姆生兄弟也很争气，他们在大学非正式地旁听了两年，眼界开阔了不少。有一次上实验课，兄弟两个对电学实验发生了浓厚的兴趣，回家以后，竟仿制了几个莱顿瓶和伏打电堆。两个小实验家用电堆给莱顿瓶充上电，然后骗小妹妹维莉来摸，结果“啪啦”一声，把她吓得大哭一场。

汤姆生十岁的时候，和哥哥一道正式进了格拉斯哥大学预科学习。这大约是当时世界上最小的大学生。同年级的同学大多是农场主的儿子，最大的二十四岁。这些纨绔子弟醉心在神学里，汤姆生却在数学、物理学和天文学方面努力学习。汤姆生十五岁那年，获得了学校的物理学奖；十六岁获得了天文学奖，同时还因为写了一篇出色的论文《地球的图形》，得到大学的金质奖章。

1840年春天，汤姆生的父亲带着全家去欧洲大陆旅行。他们渡过多佛尔海峡，顺着莱茵河南下，旅游的区域主要在德国境里。父亲选取这条路线，主要是想让孩子们练习德语会话。为了避免分散精力，他事先规定谁也不准携带书籍。这年年初，汤姆生的指导教授，向他介绍了法国数学大师傅立叶（1789 - 1857）关于热的数学分析的一本著作，要他学习。汤姆生动身以前，听说爱丁堡大学的凯伦特教授非难这部著作。他瞒过父亲，把书悄悄地藏在皮包里，旅途中一有机会就偷偷地读几页。他们在法兰克福作客的那些日子，汤姆生每天都躲进地窖里研究傅立叶的理论，终于发现是凯伦特教授自己搞错了。于是，他写了一篇反驳的论文。旅行结束以后，他把论文寄给凯伦特教授。凯伦特对这个十六岁少年的挑战，最初只是付诸一笑，但是当他读完全文以后却完全折服了。第二年，这篇论文发表在剑桥大学的数学杂志上，虽然用的是笔名，但是不久，大学生们就都知道作者是谁了，汤姆生顿时名扬全校。

在以后的几年里，汤姆生发表了一连串的科学论文，内容涉及数学、热力学和电学。十七岁那年，他把电力线和磁力线同热力线加以类比；十八岁，接触到了热传播的不可逆性（就是热量总是从高温物体传到低温物体，不能反向传递）。在研究这些问题的时候，他娴熟地运用了很多新的数学定理。剑桥大学的数学家霍普金斯（1793 - 1866），曾经担任他的指导教授，使他得益不小。这一切都表明，他有可能成为一个杰出的数学物理学家。遗憾的是，他成名太早，反而影响他刻苦钻研。他一生中的某些不足在这个时候已经露头。他撰写论文很少参考别人的著作，写起来也是龙飞凤舞，一挥而就。据说他习惯用铅笔写作，而且常常写在零乱的纸上就送去付印。

1845年一月，二十岁的汤姆生通过了紧张的毕业考试。事前，父亲和老师们都寄予很大的希望。父亲确信他能够稳拿第一名，一个主考教授甚至对他的同事说，他们都不配改汤姆生的卷子。可是考试揭晓，汤姆生只得了第二名。直到第二次史密斯奖考试的时候，他才夺得了桂冠。

## 后生可畏

---

傅立叶也译做富里埃，法国著名的数学家和物理学家，他发现可以把函数表示为由三角函数构成的级数（就是“傅立叶级数”），在无线电电路分析中有重要意义。

汤姆生毕业以后，首先选择了电磁学当做进军的目标。虽然热力学也在他的视野范围里，但是自从法拉第在 1831 年发现电磁感应以后，探索电磁的奥秘就成了很多科学家感兴趣的课题，汤姆生也受到强烈的吸引。这个高材生还在儿童时代就被电学迷住了。他很羡慕法拉第的成就，尤其是对法拉第关于电力线和磁力线的思想很感兴趣。汤姆生掌握了数学工具以后，更觉得电磁学是个大有可为的领域，跃跃欲试。

汤姆生的父亲却一心要儿子竞选教授席位。当时格拉斯哥大学有位德高望重的物理学教授要退休，父亲非常希望汤姆生能够接替这个职位。按照当时的传统，必须要对物理学有实践经验的人才才有资格。为了达到这个目的，父亲特意安排汤姆生去巴黎留学，给物理学家雷尼奥（1810 - 1878）当研究生。雷尼奥是搞热力学的，曾经接受法国政府的委托，测定过比热常数。汤姆生一边听他的课，一边给他当实验助手，在热力学研究上得到不少启发。但是他当时的主要精力，还是放在电磁学上。他在巴黎只逗留了四个多月，就写了第一篇很有见地的电学论文，发表在法国的数学杂志上。这家杂志的主编很赏识这个英国青年，曾经给了他不小的鼓励。汤姆生的论文根据光学倒影原理，论述了静电感应的电荷分布，这已经是个创见；更不简单的是，他还提出可以用数学方法来分析法拉第的静电感应现象。他这个闪光的思想，比麦克斯韦要早十年！

1845 年初夏，汤姆生从法国回到剑桥大学，参加了英国科学协会的会议。出席这次会议的都是著名学者，包括法拉第、焦耳（1818 - 1889）这样一些世界第一流的大科学家。相比之下，二十一岁的汤姆生不过是个孩子。但是他不迷信权威，在会上大胆发表自己的见解。

这个英俊的青年有些紧张地站在讲台前，介绍自己对电磁学的研究。他的脸颊因为兴奋而微微发热，声音也不由自主地提得很高。汤姆生在会上宣读的论文，是根据自己发表在数学杂志上的那篇文章修改的。当他谈到法拉第的磁力线可以用数学公式来表示，谈到他发现的光线在两块带不同电荷的玻璃片之间发生极化现象的时候，会场上发出了一阵热烈的议论。

当汤姆生回到自己座位的时候，旁边一个衣着简朴、态度和藹的学者转过脸对他说：“小伙子，你谈得不错啊！”

“先生过奖了！”年轻人有些不好意思。

“我也一直在思考这个问题，”那位学者直率地说。

“请问先生贵姓？”汤姆生很有礼貌地问。

“迈克尔·法拉第。”

想不到同自己谈话的竟是法拉第！汤姆生顿时肃然起敬。法拉第从皮包里取出自己写的一本电学专著《电学实验研究》递给汤姆生，建议他抽空读一读。接着，他们的话题又回到论文上。汤姆生向法拉第请教，为什么光束通过带电介质会发生极化现象。法拉第解释说，这个问题很简单，他几次想用《电学实验研究》来验证，都没有取得成功。

“但是我相信，发生电感应现象的时候，介质一定是处在某种特殊状态中的。”法拉第坚定地说，并且表示要继续研究这个难题。

汤姆生当时很想提出来同法拉第合作。他犹豫了一下，没有把话说出口。

---

焦耳是英国著名物理学家，在热学上有重要贡献。

法拉第那时已经五十一岁，久病初愈，刚恢复研究工作。他虽然赏识汤姆生的才能，但是没有想到这个二十一岁的后生是最理想的助手。所以，他们探索的目标尽管是共同的，特别是汤姆生又精通数学，却没有能够携起手来。这是很可惜的。

一个月以后，汤姆生在皇家学院重新进行这项实验，可惜法拉第已经离开了。对他们两个人来说，都失去了一次最宝贵的机会。后来，法拉第始终没有能够把自己的研究提高到理论的高度；汤姆生的愿望，也要到麦克斯韦手里才能变成现实。

以后，汤姆生有好几次想把自己对电磁的研究总结成理论性的东西，但是都失败了。他的主要缺点是不善于吸取别人的长处。他对法拉第虽然很敬重，却从没有系统地读过《电磁学研究》。对于其他人的著作，他当然就更少过目了。有人说，他在四十年里没有认真读过一本书，这话虽然有些夸张，但是也说明了汤姆生的弱点。他在实验中的一些发现，有的确实闪耀着天才的光芒，有的却是重复了别人早已发现过的事实。

1846年五月，老汤姆生等候已久的机会终于到来：那位受人尊敬的老教授去世，他的职位空出来了。当时大学提出三十个有才干的教师做候选人。汤姆生的父亲梦寐以求的，就是要让儿子坐上教授这把交椅。他一向训诫儿子要把数学同物理学上的实际问题互相结合起来，对汤姆生一生确实有不小的影响。父亲主要是为了适应选拔教授的考试的需要，儿子却因此转向了应用工程的研究。

同年九月十一日，是汤姆生一家的大喜日子。通过一场激烈的竞赛，二十二岁的汤姆生击败了所有的对手，夺得了第一名。汤姆生的父亲在学校听到儿子当选为教授的消息，感到平生最大的愿望实现了，欣喜若狂，连帽子都顾不上戴，就

## 在真理的边缘

1846年十一月一日，汤姆生正式担任教授的职务。他还是悉心研究电学，而且很有进展。法拉第那年从剑桥大学回去以后，做了大量实验，研究光的极化，当年就取得突破。这位实验大师发现：通过玻璃的一束偏振光，它的振动面在磁场作用下会发生偏转。这就是有名的磁致旋光效应。法拉第曾经喜悦地写着：“这样一来，磁力和光有相互关系就得到证明了！”消息传来，汤姆生很受鼓舞。在法拉第实验的启发下，汤姆生进行了反复的研究，他用数学方法进行分析，对电磁力的性质作了有益的探讨，还试图用数学公式把电力和磁力统一起来。这确实是一个天才的思想。

汤姆生把研究成果写成了一篇论文。那时，他当教授才半个多月。论文完成的时间，是1846年十一月二十八日。汤姆生在当天的日记里写下了这样的话：“上午十点一刻，我终于成功地用‘力的活动影像法’来表示电力、磁力和电流了。”

实际上，他已经走到了电磁理论的边缘，只要再向前迈进一步，就能够发现真理。遗憾的是，汤姆生就在这里停步了。他也许朦胧地感觉到了曙光在前，但是却缺少那种锲而不舍的精神。他在笔记里匆匆地写下这么一行字：

假使我能够把固体对电磁和电流有关系的状态重新做一番更特殊的考察，我就会超出现在所知道的范围，不过那是以后的事了。可惜他后来再也

没有做这方面的工作。因此，建立电磁理论的桂冠，就只好让麦克斯韦来戴了。当然，汤姆生的功绩也不可否认：第一，是他作了开拓性的工作；第二，是他把自己的思想毫无保留地告诉了麦克斯韦。这是汤姆生很伟大的地方。

汤姆生没有能够把电磁理论的研究进行到底，客观上还有个原因，就是他没有能够及时得到法拉第的指导。1847年夏天，汤姆生曾经把自己的论文抄寄给法拉第。他在信里是这样写的：

亲爱的法拉第先生：

以前，我向你提到过一个问题，那就是用解释弹性体中“应力”分布的方法来解释电力和磁力之间相同的情况。现在我写了一篇论文，只从数学上论述了电力和磁力相同的地方。还不敢说这就是关于电力和磁力分布的理论。假如够得上称做理论，它也只是说明了电力和磁力之间存在着必然的联系，说明了吸铁石或者有电流通过的导体，都会产生绝对静止的磁性现象。如果这个理论能够成立，把它同光的波动理论联系起来，就完全可以解释磁性使光发生极化现象的效应了。

论文随信附上。

信中的精辟见解，在今天看来也是令人惊叹的。因为当时除了法拉第以外，还没有第二个人把电磁现象和光波联系起来。可惜的是，汤姆生没有得到法拉第的回信，在关键时刻没有得到宝贵的指导。

正当汤姆生在电磁理论的边缘徘徊的时候，他遇到了焦耳。跟这位大物理学家结识以后，他的兴趣被引上了另一条道路——热力学的研究。一位英国传记作家在《汤姆生传》中

饶有风趣地写着：

说来也怪有趣的，汤姆生在年轻的时候就碰到了两个大名鼎鼎的实验家：法拉第和焦耳，可是后来只同其中的一个成了要好的朋友。

传记里说的“其中的一个”，指的就是焦耳。

汤姆生和焦耳的相遇，是很富有戏剧性的。1845年在剑桥大学举行的英国科学协会的会议，焦耳也参加了。他在会上还作了关于热功当量的报告。但是那次开会，汤姆生没有能够同他结识。焦耳在1841年发现了电流通过导体发热的定律，1843年又通过实验测定了热功当量，为建立能量转换和守恒定律提供了重要的实验根据，这在物理学上是个了不起的发现。但是，当时人们抱着成见，还不理解焦耳工作的意义，皇家学会也拒绝发表他的论文。

1847年，在牛津大学召开的英国科学协会的会上，焦耳再次宣讲自己的理论。这位不屈不挠的实验家，面对怀疑和非难，坚定地声称各种形式的能都可以定量地互相转化，比如机械能可以定量地转化成热能。当时，著名的热力学家都认为这种转化是不可能的。汤姆生也出席了这次会议，他起初打

---

1841年，焦耳发现电流在一段导体中产生的热量，跟电流强度的平方、这一段导体的电阻和通电时间三者的乘积成正比。1842年，俄国科学家楞次（1804 - 1865）也独立地发现了这个定律，后来就称做“焦耳-楞次定律”。

相当于单位热量的功的数量，叫做热功当量，焦耳用精密的实验测定并且证实了热功当量是一个常数： $J=427$  公斤·米/千卡。

算等焦耳讲完以后马上站起来反驳，但是，听完讲演就完全明白了焦耳的学说里包含着真理。会后，他同焦耳亲切地交谈起来，焦耳深深感到是遇见了知音。当时，焦耳是二十九岁，汤姆生才二十三岁。后来，他们成了莫逆之交。在焦耳的鼓励下，汤姆生把注意力转到了热力学研究方面。结果，他的天才在电磁学领域里没有充分显示出来，却在热力学的领域里显示出来了。第二年，他提出了绝对温标。在热力学的理论上，他也做出了相当大的贡献。汤姆生还同焦耳合作，发现了著名的汤姆生-焦耳效应（被压缩的气体通过窄孔，进入大容器以后，就膨胀降温）。这个效应，为近代低温工程奠定了重要基础。

## 海底电缆通信理论

汤姆生结识焦耳以后，就把大部分精力放到了热力学的研究上。转眼之间，几年过去了。在这几年里，他在格拉斯哥大学创建了英国第一所物理实验室，吸引了不少学生。后来，这所实验室成了他的基地。同时，他的家庭生活也发生了很大变化。1849年，他父亲患病去世了。这位老教授在世的时候对儿子要求很严格，亲眼看见爱子成器，临死的时候内心是满意的。老汤姆生对英国教育也有贡献。在他去世以后，苏格兰的学校仍旧采用他编的教科书。据说，他编的有些教科书再版了将近一百次。父亲去世三年以后，汤姆生成了家。妻子体弱多病，汤姆生一直对她体贴入微，细心照料，花了不少时间。

1853年，二十九岁的汤姆生在热力学研究方面取得了成就以后，才回过头来再一次对电磁学进行探索性的研究。他用很精确的实验，证明了莱顿瓶放电具有振荡性质。实际上这是发现电磁波的前兆，真理就在眼前，只不过汤姆生没有充分意识到这一点罢了。汤姆生还用数学方法推导出电振荡过程的方程和振荡频率的公式。

同年，他发表了《瞬间电流》这篇论文。这不但是汤姆生一生中最出色的一篇论文，而且也是电磁学史上光彩夺目的篇章。在这篇论文里，他指出带电体的放电有两种，一种是连续放电，一种是振荡放电。如果是振荡放电，就会形成这样一种情况：“主要导体最先失去它的电荷，然后得到比起初稍小而正负相反的电荷，这样循环下去一直到无限，而后达到平衡。”

他还认为，如果放电频率太高（电火花爆发太快），肉眼不能判断，就可以用惠斯登的“转镜法”来观测（六年以后，另一位科学家证实了这点）。但是，汤姆生没有继续研究下去。第二年，他收到剑桥大学年轻的毕业生麦克斯韦向他求教怎样研究电磁的来信。汤姆生毫无保留地把自己研究的成果告诉了他。后来，麦克斯韦沿着汤姆生开辟的道路一直走下去，终于完成了汤姆生没有完成的事业。

汤姆生为什么没有坚持到底，有种种原因。最主要的，是当时有项举世瞩目的工程——铺设第一条大西洋海底电缆，把他吸引住了。汤姆生不是法拉第那样的实验科学家，由于各人的经历、性格、受到的教育和所处的环境不同，因此，他身上更多地具有工程师的气质，对于实际的应用工程更有兴趣。这种倾向，在他三十岁以后更加明显。他的“三十而立”，可以说完全立在工程界了，尽管他一直是格拉斯哥大学的教授。

从莫尔斯发明电报以后，不到二十年，电报这种新型通信方式已经在世



界上流行起来。当时无线电还没有发明，莫尔斯电报只能进行有线传送，只能在陆地上使用，称做陆地电报。随着资本主义的发展，英国和欧洲大陆以及欧美两地之间传统的利用邮船通信的方式，已经远远不能满足需要，于是制造和铺设海底电缆成了最迫切的任务。1850年，在英法之间的多佛尔海峡铺设了最早的海底电缆，但是，它比较短。要制造和铺设几千公里长的海底电缆，工程就艰巨多了，因为有很多理论上和技术上的问题需要解决。

1854年，也就是汤姆生发表《瞬间电流》的第二年，一个叫克拉克的科技人员发现了信号延迟现象，也就是信号通过海底电缆的时候，收报比发报要滞后一定时间。他不能解释这种现象。

汤姆生知道这件事情以后，怀着极大的兴趣进行了研究。他意识到这个问题是铺设长距离海底电缆成败的关键。因为电缆越长，信号延迟时间也越长，而且衰减和失真（从脉冲波变成钟形波）也就越厉害。甚至会不能正常传递电报。经过整整一年的系统研究，汤姆生提出了关于海底电缆信号传递衰减的理论，解决了铺设长距离海底电缆的重大理论问题。这使他在还没有肩负铺设大西洋海底电缆重任以前，就已经成了这个工程的奠基人。那时，他刚三十一岁。一个有趣的巧合是，后来麦克斯韦提出电磁理论是三十一岁，赫兹（1857 - 1894）证实电磁波的存在也是三十一岁。

1855年，汤姆生发表了信号传输理论的论文。它系统地分析了海底电缆信号的衰减原因，并且指出，由于海水是导体，包着绝缘层的海底电缆同海水组成了一个电容器，这就使信号传递有个充放电的过渡过程。如果增大铜线截面面积来减小电阻，加厚绝缘层来减小分布电容，而且使用小电流，就能够使信号的延滞降低到最小限度。这个理论成了后来设计海底电缆通信工程的重要理论根据。

1856年，大西洋海底电缆公司正式组成，资本总额是三十五万英镑。按照公司章程的规定，公司董事由各个地区的股东选定，在股东还没有分到百分之十的红利以前，董事没有薪金。苏格兰的股东选聘汤姆生当董事，汤姆生高兴地同意了。一个人把工作当成了事业，他是不会计较报酬的。青年电学家盼望的是把自己的理论拿到实际中去应用，在第一条大西洋海底电缆的工程中显示威力。

## 无权的董事

本来，凭学识和才能，让汤姆生担任大西洋海底电缆工程的电气工程师是最合适的。可是，因为他在所有的董事中最年轻，起初没有得到重用。公司让华特霍斯当了电气工程师。华特霍斯对电学并不精通，主要是靠关系上去的。如果他能够虚心听取汤姆生的意见，倒也没有什么。但是他喜欢独断专行，瞎指挥。汤姆生只是一个普通的董事，既无职又无权，他提出的技术上的好些建议，都被华特霍斯随意否定了。

还有一件糟糕的事情，就是工程开始以后，才发现公司筹委会早就把电缆说明书交给了承办厂商，而且在制造电缆了。那份说明书是华特霍斯凭主观想象搞的。汤姆生和总工程师博拉特发现，说明书上的电缆直径比理论要求小得多，但是要取消合同已经来不及了。因此，第一条大西洋海底电缆的工程刚开始，就陷入混乱中。由于当局用错了电气工程师，这项工程的成功起码要推迟三年。

为了寻找补救的办法，汤姆生带着他的学生，专门对铜的电阻率进行研究。多亏他在格拉斯哥大学建立的物理实验室，给研究提供了很大的方便。汤姆生希望，在没有办法增大直径的情况下，能够找出提高铜线导电率的方法。他们把当时市场上的各种铜线都买来作了测试，发现它们的电阻率差别很大，而且只要在铜里加入微量的特定物质，就可以使铜的电阻率减小很多。根据设计，第一条大西洋海底电缆要用一千二百段铜线焊接起来，每段铜线长两英里，如果各段铜线的电阻率不一样，就会使整个电缆的电阻率相差太大。汤姆生及时解决了这个问题，对电缆铜材的规格提出严格要求，并且总结出一套实用的测量方法，为制造出合格的电缆提供了保证。

当青年电学家把研究结果写成报告交给公司的时候，遭到了华特霍斯的反对。这个顶头上司硬说自己的设计没有错，并且指责汤姆生好高骛远。承办厂商也跟着专横的电气工程师，说汤姆生规定的铜材，标准太高，没有办法达到。

事情关系到公司的命运，在总经理费尔特的支持下，董事会召开联席会议进行辩论。汤姆生当场列举了通过实验得出的大量事实来说明自己的主张。最后，他的意见被采纳了，厂商也不得不按照新的技术标准签订合同。

1857年，电缆终于造好了。

沟通欧美大陆的第一条海底电缆就要沉放了，人们都很关心这件事。英美政府拨出两艘海船，专门供给施工使用。电缆两头的登陆点，是加拿大的纽芬兰岛和英属爱尔兰岛。这两个岛，一西一东，隔着大西洋，是欧美之间相距最近的地方。

第一条大西洋海底电缆的铺设，历经了风险、灾祸和失败，整个工程真可以称得上是人类通信史上的一篇壮丽史诗。

电缆工程开始铺设的时候，电气工程师华特霍斯却借口“身体不舒服”，拒绝随船出航。董事会请汤姆生来代理他的职务，虽然没有薪金，汤姆生还是答应了。不巧的是，电缆沉放到三百三十海里的时候，意外地发生断裂，第一次沉放失败了。就算这次沉放成功，也还存在着信号微弱，接收困难的问题。

汤姆生没有因为受到挫折就气馁。他对事故进行了分析，找出了电缆断裂的原因是由于表层机械强度不够，这一点不难解决。关键的问题是怎样接收弱电信号。那时，电子管还没有出现，没有电子放大电路，用当时通用的电报终端机不可能接收电缆终端的信号。青年电学家下了决心：一定要赶快把灵敏度更高的电报机研制出来！

汤姆生把全副精力都倾注在格拉斯哥实验室里，有很多学生给他当助手。这个年轻的物理学教授试了很多方案，都没有成功。1857年的秋天和冬天，他在探索中度过了。

第二年初，一个阳光和煦的日子，汤姆生约了几个朋友到海滨去玩，其中有赫尔姆霍茨（1821 - 1894）。赫尔姆霍茨是德国著名物理学家，在电学和热力学方面都有贡献。他比汤姆生大三岁，但是很钦佩这个才气横溢的朋友，他曾经对别人说：“我站在他的身旁，常常觉得自己象一只木鸡。”这一天，他们五六个人接受汤姆生的邀请来到海滨，租了一条游艇。大家兴冲

---

海里是海上的长度单位，一海里等于一千八百五十二米。

参看本书最后一篇《给无线电装上心脏的人》。

冲地上了船，准备开船的时候，忽然发现汤姆生不在了。朋友们寻找了好一阵，都没有找到他。赫尔姆霍茨扫兴地在甲板上来回踱着步子，另外几个人坐在一边聊天。后来，赫尔姆霍茨无意中向船舱里望了一下，发现汤姆生正躲在下面搞他的运算。汤姆生平常总随身带着个笔记本，一有什么新的科学设想，就立刻记下来。这一天，大约又有什么新的设想了。赫尔姆霍茨看见汤姆生丢下朋友们不管，又好气又好笑。他从衣袋里取出一面镜子对着太阳，把阳光反射到这个“逃兵”的脸上。汤姆生正在聚精会神地画着新的电报机，忽然觉得一个刺眼的亮点在眼前晃动。他抬头看见赫尔姆霍茨的笑脸，才知道自己得罪了朋友。这个失礼的主人正想站起来赔不是，突然望着赫尔姆霍茨手里的镜子发呆。紧接着，他狂喜地喊了起来：“成啦！成啦！我的赫尔姆霍茨！”朋友们还没有弄明白是怎么回事，他就撒腿跑回学校做实验去了。原来，汤姆生正在为弱信号放大的事发愁，在阳光下反光的镜子启发了他。镜子只要在手里稍微移动一点，远处的光点就会大幅度地跳动，这不就是一种放大嘛！根据这个原理，不久以后，汤姆生就发明了镜式电流计电报机，并且取得了专利。这种装置，高斯（1777 - 1855）和韦伯（1804 - 1891）也设计过，但是都没有达到实用水平。汤姆生发明的这种电报机，灵敏度很高，给长距离电缆通信提供了实用的终端设备。

万事俱备，只缺东风。汤姆生期待着第二次出征。

### 劈浪向前

1858年春夏之交，大西洋海底电缆沉放工程再次开始了。华特霍斯又拒绝出海。汤姆生从大局出发，还是承担了代理电气工程师的工作。他没有职务，没有薪金，责任却很大。

“亚加墨娜”号海船载着电缆从北美出发，东渡大西洋。汤姆生负责实验室的工作。不料，海船驶进大西洋的第二天，海上突然起了暴风。汤姆生他们不顾危险，一面沉放电缆，一面劈浪向前。大风大浪持续了整整一个星期。近二千公里的电缆绕在甲板上，足有两百多吨重，船在风浪中颠簸得很厉害，没有多久，电缆就把甲板撞穿一个大洞，海水浸进下面的电气实验室。电缆也绞在一起，不能顺利沉放。后来，幸亏风浪平息了，船员们才腾出手来把船抢修好。“亚加墨娜”号在海上搏斗了一个多月，终于在八月三日驶进爱尔兰。当时汤姆生高兴的心情，就象他父亲当年得知他选上教授的心情一样，几乎到了发狂的程度。八月五日上午，电缆着陆。下午三点五十五分，汤姆生拍发出从欧洲到美洲的第一份电报。五分钟以后，美洲一端清晰地收到了信号。茫茫的大西洋终于被征服了！消息传开以后，大西洋两岸的人们都感到欢欣鼓舞。

汤姆生为大西洋海底电缆的制造和铺设建立了特大的功勋，受到人们热烈赞扬。他在海上表现出的坚定和沉着，更是赢得了很多人的尊敬。但是，他所有的工作都是义务的，没有报酬。就连电流计式电报机，也是他自己花钱研制的。而且，他在“亚加墨娜”号尽管是电气总指挥，但是大功告成以后，登陆上岸，他的“将印”就被华特霍斯收回去了。

---

高斯，德国著名数学家、物理学家和天文学家，在不少科学领域里有重大贡献。

韦伯，德国物理学家，曾经同高斯合作，建立了电磁学中的高斯单位制。

狂妄自大的华特霍斯擅自决定把汤姆生的电流式电报机取下来，换上了他自己设计的终端机。可是他设计的装置，根本收不到弱电信号，整整一个星期，第一条大西洋海底电缆连一条消息都没有传递过。这个事故，使公司董事和英美两国舆论界大为惊异。经过调查，才知道是华特霍斯的装置引起的。公司责成他换上了汤姆生的终端装置。八月十三日，大西洋海底电缆终于正式通报。但是，由于华特霍斯只换了一部份装置，英国女王一封不到一百字的电报，竟用了十六个多小时才传到纽芬兰岛，而对方拍回来的电报却只用了六十多分钟，因为美洲终端一直采用汤姆生的装置。

在铁的事实面前，华特霍斯被撤了职。汤姆生正式成为公司的电气工程师。汤姆生为人宽宏大量。他虽然取得了胜利，却并没有全盘否定前任的工作，还说华特霍斯在使公众相信大西洋海底电缆可能铺成这方面，是有贡献的。

科学的道路总是不平坦的。第一条大西洋海底电缆使用一个月以后，发生了严重的故障，信号变得模糊不清。又过了两个星期，电缆完全损坏，刚建立的横跨大西洋的通信中断了。公众反映十分强烈，出现了各种各样的批评。汤姆生他们经过一番努力，发现是电缆的制造不合要求，绝缘层抗腐蚀性能太差，电缆在海水里浸泡一段时间以后就开始漏电，有的地方甚至完全断裂了。

大西洋海底电缆公司在第一条电缆的建造中，耗费了几十万英镑，最后还没有取得商业上的胜利，不少股东想打退堂鼓。汤姆生竭力宣传说，第一条海底电缆虽然寿命不长，但是证明了长距离海底通信是完全可能实现的。总经理费尔特也主张干下去。这位只比汤姆生大五岁的美籍负责人，在整个工程中起了中流砥柱的作用。由于公司内部意见分歧，加上资金困难，建造海底电缆的事情耽误了很久。后来，在政府的鼓励下，才开始制造第二条大西洋海底电缆。

1865年初，经过改进的第二条大西洋海底电缆制造出来了，汤姆生为它花费了不少心血。公司也吸取了第一次的教训，在制造过程中有关技术问题都先通过实验，证明可行以后再投入生产。当年六月，开始铺设第二条大西洋海底电缆。五年以前，汤姆生滑冰摔断左腿，成了瘸子。他行动不便，还是参加了远航，领导施工。这次沉放电缆的“大东”号海船，是一艘二万二千多吨的巨轮，有六根主桅杆，三个大烟囱，船身高大雄伟，比上次的“亚加墨娜”号壮观得多。俗话说，好事多磨。人们对这次沉放寄托了很大希望，想不到“大东”号航行到大西洋中部的時候，电缆又意外折断，坠进了四千米的深渊。不但沉放没有成功，连老本也赔上了。几年的心血付诸东流，汤姆生和同事们异常痛心。他们乘着空船返航的时候，每人脸上都挂着晶莹的泪花。

这次挫折损失惨重，公司当年就暂停了工作。同业们有的幸灾乐祸，有的表示惋惜。

有一天傍晚，总经理费尔特到海边去散步。他远远望见汤姆生拄着拐杖，面对着大海，夕阳映照着他的全身，象一尊古铜色的雕塑。

“教授，您在想什么？”总经理走近汤姆生的身边，亲切地问。

“海底电缆！”电气工程师凝视着大海。

“是呀，我们已经付出了九年的代价，”费尔特感慨地说。

汤姆生转过脸来，情绪激动地回答说：“费尔特先生，只要再造出一条

电缆，我保证能够成功！”

“您有把握吗？”

“我相信大西洋阻挡不住人类的进步！”

汤姆生的精神感动了费尔特。公司鼓足了勇气，决定制造第三条海底电缆。

大家又开始了紧张的奋战。

第二年春天，第三条海底电缆终于制成了。

1866年四月，“大东”号再次启航，汤姆生还是担任电气工程师，主持第四次沉放。有志者事竟成，这次沉放完全成功。六月中旬，海底电缆的终端在爱尔兰登陆，很快就同美洲进行了通报，效果很好。永久性的大西洋海底电缆终于完成了，全部工程整整进行了十年！

公司受到这次成功的鼓舞，几个月以后就派“大东”号第三次出航，顺着第三次沉放电缆的路线，去寻找丢失的电缆。总经理费尔特和汤姆生两人亲自上船指挥。经过一个多月的紧张搜索，他们在大西洋中部把断裂的电缆打捞上来，然后再接上一段新电缆，一直延长到北美的纽芬兰岛。公司因祸得福，有了两条完善的横贯大西洋的海底电缆。大西洋海底电缆铺设成功，建立了全球性的远距离通信。它和电报的发明一样，是人类通信史上一座新的里程碑。汤姆生因为开辟大西洋海底通信的功绩，获得了很高的荣誉。就在1866年，他被英国政府封做爵士，1892年又被授给“开尔文勋爵”这个封号。以后，人们就称他“开尔文”。

一百多年过去了。今天，海底电缆仍旧是国际通信的一种重要手段。据统计，目前英美两国之间每年的通话量达到二千万次，其中有一半以上是通过海底电缆传送的。从这里，也可以看出开尔文当年工作的重大意义。根据最近外国的报导，1979年在英美之间铺设了一条最新的大西洋海底电缆，预计在1983年投入使用，耗资一亿英镑，由欧美十八个国家分担。这条电缆铺成以后，可以同时通四千路电话，还可以在欧美、加拿大之间进行计算机数据和电报信息的传送。

## 他的伟大所在

开尔文在科学上的贡献是多方面的。三十岁以前，他就成了电磁理论的开路先锋和热力学的奠基人之一。尽管他没有登上理论的顶峰，却为麦克斯韦和赫兹开辟了道路。他是一名尖兵，一位伟大的科学向导。

在应用工程的很多互不相关的领域里，也能够看到他智慧的结晶。他当了五十多年教授，其实是当了五十多年工程师。他不善于教课，有人曾经这样描述过：“在他讲课的时候，学生实在没有办法听下去。有时，他想把声音提高一点，结果，反而发出了听不清的单音来。”他主持的格拉斯哥大学物理系，实际上成了应用工程系。他的很多工程发明，都是在这里的实验室里试制出来的。

大西洋海底电缆铺设成功以后，开尔文继续替海底通信研究新装置。他的后半生一直和大海联系在一起。1867年，他制成了海底电报自动记录器（又称做虹吸印码器）。这台新发明的记录器利用虹吸原理，用一根很细的虹吸玻璃管，把静电墨水吸到转动的纸筒上。虹吸管装在一个悬在强磁极间的线圈上。线圈接通电缆，信号电流通过电缆进入线圈的时候，虹吸管一端就发

生扭转，在纸筒上划出信号波纹来。这样，大西洋彼岸发来的电信号就可以自动记录下来。在试制过程中，他还发明了圈转电流计等精密测量仪。

开尔文的发明专利使他有了一些收入，他渐渐成了富翁。但是他把大量的金钱都用在新的研究上。1870年，开尔文的弱不禁风的妻子害病死去。他们结婚十八年以来，感情很好，可惜她没有能够同汤姆生共享天年。妻子去世以后，开尔文买了一艘游艇，把全部精力放在航海研究上。他热爱大海，喜欢乘风破浪地航行。过去几次横渡大西洋的情景，给他留下了难忘的印象。开尔文以前在“大东”号上航行的时候，很留心罗盘常常受到铁壳船身干扰的情况。他用自己的游艇做试验，经过细心研究，发明了几种很轻便的改良罗盘，效果很好。他还发明了海水测深仪，研究过潮汐理论，并且用他的哥哥杰姆发明的计算器预测潮水的高度。

除了航海上的这些发明以外，开尔文对电学测量也很有贡献。他的镜式电流计不但成功地用在海底电缆通信方面，而且也是电学上的标准测量仪器。另外，他还发明了绝对静电计、双臂电桥、累积功率计等。这些工程上的发明，虽然没有一项是惊人的，但是对电学的发展都起了重要作用。电学的标准单位欧姆、安培的确立，也是在开尔文的推动下完成的。

要逐一列举开尔文在理论科学和应用科学方面的贡献是困难的。他一生做的工作太多太杂，因此有的传记作家说他“博而不专”。英国著名传记作家克劳塞曾经这样评论他：“开尔文就因为对科学思想缺少健全的直觉，所以不能在科学上完成更伟大的功绩。他能够翻过科学上丛山峻岭的一般障碍，可是一到达山巅，就不能想象云雾以外的情景了。他只知道近旁的一切，他在科学上没有远大的洞察力。他不能察觉光的电磁波属性已经孕育在自己的研究里了。”正因为这样，他走到真理面前，又几次失之交臂。开尔文的战功和失败，对今天的科学技术人员，还有值得借鉴的地方。

1896年，格拉斯哥大学隆重集会，纪念开尔文荣任教授五十周年。来宾有两千多人，包括从世界各地来的著名科学家。在纪念仪式上，来参加开会的人用最真诚的语言赞扬他的功绩。这位七十二岁的勋爵在答辞中却说：

我在过去五十五年里所极力追求的科学进展，可以用“失败”这个词来标志。我现在不比五十年以前，当我开始担任教授的时候，知道更多关于电和磁的力，或者关于以太、电和重物之间的关系，或者关于化学亲合的性质。在失败中必然有一些悲伤；但是在对科学的追求中，本身包含的必要努力带来很多愉快的斗争，这就使科学家避免了苦闷，而且或许还会使他在日常工作中相当快乐。

这一席话，使听众大为惊奇。作为一位举世闻名的科学巨匠、大西洋海底电缆的创造者，他一生发表了六百多篇学术论文，获得了七十种发明的专利，受到了二百五十多个学校和团体的敬仰，竟认为自己一生的事业可以用“失败”两个字来形容。

这是一个在科学上从不满足的人的谦虚，也是他的伟大所在！

## 麦克斯韦和电磁理论

在科学史上，一些重大的理论，常常要靠许多人前赴后继、不辞劳苦的努力，才能创立起来。十九世纪，导致物理学爆发一场革命的电磁理论的创立，就是这样的。从奥斯特、安培发现电流的磁效应开始，经过法拉第的奠基，到理论的完成，前后经历了半个多世纪。最后完成这个理论的人，是英国杰出的数学物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦。

### 父和子

麦克斯韦比法拉第小四十岁。1831年十一月十三日，他生在苏格兰古都爱丁堡，跟电话发明家贝尔（1847 - 1922）是同乡。法拉第发现电磁感应恰好也在1831年。这一年就成了电学史上值得纪念的一年。

麦克斯韦的父亲约翰·克拉克·麦克斯韦，是个热衷于技术和建筑设计的律师，对麦克斯韦的一生影响很大。约翰·克拉克·麦克斯韦思想开通，讲究实际，非常能干。家里的大小事情，从修缮房屋、剪裁衣服到制作玩具，他样样都会做。他在爱丁堡附近的乡下有座庄园，麦克斯韦的童年就是在这座庄园里度过的。这个孩子从小喜欢思考问题，很受父母宠爱。小家伙跟着父母出去玩，一张小嘴总要不不停地提出各种各样的问题。沿途所见，从路边的桑树、脚下的石块，直到行人的穿着表情，都成了他发问的内容。有些幼稚可笑的问题，常常把过路人逗乐了。一次他们看见路旁停着一辆空马车，两岁的麦克斯韦突然问父亲：“爸爸，你看那辆马车为什么不走呢？”父亲信口回答：“它在休息。”“它为什么要休息呢？”“大约是累了吧，”父亲敷衍说。“不，”儿子纠正说，“它是肚子痛！”“不是肚子痛，是累了。”“不是累了，是肚子痛！”儿子一口咬定。父亲忍不住笑了起来。后来，麦克斯韦稍大一点，提的问题更有意思了，比如“树木为什么向天上长”呀，“蚂蚁会不会说话”呀。有一天，麦克斯韦的姨妈给他带来一篮苹果。小家伙缠住她问：“苹果为什么是红的？”姨妈被这个突然的问题难住了，一时不知道怎样回答才好。为了摆脱窘境，她就叫麦克斯韦去吹肥皂泡玩。谁知道这个主意更糟了。肥皂泡在阳光下呈现出美丽的五颜六色，使得麦克斯韦又惊又喜，向她提出了更多的关于颜色的问题。父亲见儿子对自然感兴趣，非常高兴，后来就带他去听爱丁堡皇家学会的科学讲座，当时他的个头还没有讲台高呢！约翰·克拉克·麦克斯韦本人是皇家学会的活跃分子，儿子跟随他经常出入科学界，受到不少熏陶。

麦克斯韦童年的欢乐是短暂的。他八岁那年，母亲患肺结核不幸去世。这种病在今天是不难治好的，但是在一个世纪以前的当时，却是不治之症。因为那时没有特效药，一个人得了肺病，就等于判了死刑。和麦克斯韦同时代的英国女作家夏洛蒂·勃朗特（《简·爱》作者）三姊妹，贝尔的两个兄弟，都是因为患肺病夭折的。

母亲去世以后，麦克斯韦的父亲挑起了哺养、教育儿子的全部担子。他既是父亲，又兼做母亲，操了不少心。幼年丧母本来是不幸的，麦克斯韦失去母爱，性情渐渐变得孤僻、内向。他最大的快乐，是形影不离地跟着父亲走，给父亲当个小小的帮手。父子两人朝夕相处，相依为命，关系非常亲密。

麦克斯韦十岁那年，进了爱丁堡中学。中学的生活充满了喧闹和戏剧性。

他是在学期中间插班的，第一天上课就受到全班的嘲笑。几个调皮学生看到这个新来的同伴怯生、腼腆，直向他扮鬼脸。由于麦克斯韦童年一直在父亲乡下的庄园里生活，讲话有很重的乡土音。当老师点名叫他回答问题的时候，他刚一开口就引起哄堂大笑。有一次，大约因为发音太怪，连一位文质彬彬的女教师都忍不住笑出泪来。从此老师就很少提问他了。更糟的是，他的衣服全是父亲做的，与众不同。十九世纪英国的服装很讲究。妇女把华丽当做时髦。男人却讲究戴高筒礼帽，不论老少，脖子上还要围一条紧梆梆的硬领。麦克斯韦的父亲认为这不但系起来不方便，而且也不卫生。他不顾习俗，给儿子来了个小小的服装改革。这个多才多艺的律师亲自设计、亲手剪裁，替麦克斯韦做了一套简便的紧身服，可以不用穿外套，并且甩掉硬领的累赘。麦克斯韦的皮鞋也是父亲做的，大约是为了缝合的方便，皮鞋头是方的，鞋帮上还有金属纽扣。没料到，这些“奇装异服”却给麦克斯韦招来了许多屈辱。他在班上成了一只名副其实的“丑小鸭”，处处被排挤，受讥笑。每次放学回家，他不是紧身服被人扯破，就是腰带不翼而飞。父亲看到这种情景，痛惜地摇摇头，决定取消这不走运的“服装改革”。儿子尽管眼泪汪汪，却顽强地要坚持穿到底，因为他相信父亲的设计是无可非议的，他不愿向暴力屈服。

## 少年数学家

麦克斯韦照样穿着父亲做的衣服进出课堂。他为了保持服装的整洁，常常要用拳头自卫。

同学们发现这个新生并不是可以随便欺侮的，就有意孤立他。麦克斯韦本来就怕羞，现在更不愿意和大家往来了。在班里，面对着同学们的热嘲冷讽，他沉默着，但是却从来没有低过头。在忍无可忍的时候，他就用尖刻、辛辣的话来进行回击。下课以后，他总爱独自坐在树下读歌谣，画一些只有他自己才看得懂的图画。要不，他就一个人躲在教室的角落里，专心致志地演算父亲给他出的数学题。同班同学都不理解他，老师也认为他是个古怪的孩子。大家暗中给他取了个外号，叫他“瓜娃”。整个爱丁堡中学，只有低年级的两个学生跟他很友好。那两个学生在班上大约也是受气的，可以说是同病相怜。

就这样，麦克斯韦在冷眼中度过了中学的最初时光。

谁也没有想到，到了中年级的时候，出现了奇迹。一次学校里举行数学和诗歌比赛，评选揭晓的时候，爆了个大冷门：两个科目的一等奖都由同一个人获得。这个出类拔萃的少年不是别人，而是一向不被人看在眼里的麦克斯韦！这不但使全班同学惊奇得睁大了眼睛，连级任老师也感到意外。他们这才发现，这只灰色的“丑小鸭”原来是一只白天鹅。

这次比赛改变了麦克斯韦在班里的地位。优等生总是受崇拜的，再也没有谁取笑他的服装和说话的声音了，同学们开始尊敬他，向他请教疑难问题。麦克斯韦成为全校拔尖的学生，获得了许多奖励。他的光彩，看起来有些象彗星那样突然出现，实际上却是刻苦学习的结果。麦克斯韦对数学、物理学有浓厚的兴趣，尤其喜欢数学。他的数学天赋，最早是父亲在无意中发现的。在麦克斯韦还只有几岁的时候，有一天，父亲叫他画插满金菊的花瓶。麦克斯韦画完交卷的时候，父亲拿过他的画，边看边笑了起来。因为满纸涂的都



是几何图形：花瓶是梯形，菊花成了大大小小一簇圆圈，还有一些奇奇怪怪的三角，大概是表示叶子的。从这以后，父亲就开始教他几何学，过后又教他代数。于是，他和数学结下了不解之缘。后来，他在数学竞赛中夺得了冠军，决不是偶然的。

麦克斯韦的数学才华，使他很快突破了课本的界限。他还没满十五岁，就写了一篇数学论文，发表在《爱丁堡皇家学会学报》上。一个最高学术机构的学报刊登孩子的论文，是罕见的，麦克斯韦的父亲为这件事感到很自豪。论文的题目，是讨论二次曲线的几何作图。据说这个问题，当时只有大数学家笛卡尔（1596 - 1650）曾经研究过。麦克斯韦的方法同笛卡尔的方法不但不雷同，而且还要简便些。当审定论文的教授确证了这一点的时候，都感到非常吃惊。1846年四月，这篇论文在皇家学会上宣读。通常宣读论文的都是作者本人，这一次却不是。因为考虑到麦克斯韦实在太年轻了，论文是由一位教授代读的。

麦克斯韦不但是个少年科学家，而且还是个小诗人。有趣的是，历史上不少著名的科学家都能做诗。罗蒙诺索夫常常把写诗当做消遣，他的颂歌很受叶卡德琳娜女皇青睐。因为这个缘故，罗蒙诺索夫几次幸免于政治迫害。化学大师戴维也是一位诗歌高手，只是因为他在科学方面的成就非常大，他的诗歌创作的光华才被掩盖了。麦克斯韦的诗歌，成就虽然不及罗蒙诺索夫，却也自成一格。他的诗常被同学传抄、朗诵。麦克斯韦一生都没有放弃过写诗的爱好，不过，他却从来没有想过要当一个诗人。他的诗多半是即兴的作品，他常常在亲友们欢聚的时候给他们朗读自己的诗。诗的内容，有不少是科学题材。

麦克斯韦在中学时代，还喜欢玩陀螺。它类似我国儿童玩的那种陀螺，玩的时候用绳子不断地抽打，陀螺就不停地在地上旋转。据说他一生都爱玩陀螺，还教他的许多朋友玩过。另外，对一种叫做活动画筒的玩具，他也有强烈的兴趣。麦克斯韦的这两种爱好，不单纯是为了娱乐，主要还是为了探索科学的道理。这两种玩具的原理，后来都被他应用到科学上去了。

1847年秋天，十六岁的麦克斯韦中学毕业以后，考进了苏格兰最高学府爱丁堡大学，专门攻读数学和物理学。他是班上年纪最小的学生，坐在最前排，站队总是在最后，书包里揣着陀螺和诗集。这个前额饱满、两眼炯炯有神的小伙子，很快就引起了全班的注意。他不但考试名列前茅，而且经常对老师的讲课提出问题。有一次，他指出一位讲师讲的公式有错误。那个讲师起初不相信，回答说：“如果是你的对了，我就把它称做麦氏公式！”讲师晚上回家一验算，果然是自己讲错了。

到大学二年级的时候，麦克斯韦掌握的知识已经相当广泛了。除了学习必修的功课，他还开始自己搞研究，选题范围涉及光学、电化学和分子物理学三个领域。这对锻炼他独立思考的能力起了很好的作用。不久，他在《爱丁堡皇家学会学报》上又发表了两篇论文。一位赏识他的物理教授，还特许他单独在实验室做实验。

爱丁堡大学给麦克斯韦留下了良好的回忆。在这里，他获得了登上科学舞台所必需的基本训练。但是，三年以后，对麦克斯韦说来，这个摇篮显得狭小了。为了进一步深造，1850年他在征得父亲的同意以后，离开了爱丁堡，

---

笛卡尔，十七世纪法国著名数学家、物理学家和哲学家，曾经创立解析几何，在物理学上也有很大贡献。

转到人才辈出的剑桥大学学习。

## 利器在手

剑桥大学创立于 1209 年，是英国首屈一指的高等学府，有优良的科学传统。牛顿曾经在这里工作过三十多年，达尔文（1809 - 1882）也是在这里毕业的。十九岁的麦克斯韦初到剑桥大学，一切都觉得新鲜，他几乎每天都和父亲通信，报告自己的见闻、感想和学习收获。第二年，他由于考试成绩优异，获得了奖学金。当时，大学生大多数都是自费，获得奖学金的总是最勤奋的学生。按照规定，获得奖学金的学生都在一起吃饭，因此，麦克斯韦结识了一群有为的年轻人，他逐渐克服了少年时代的孤僻，活跃起来。不久，他被吸收加入了一个叫做“使徒社”的学术团体。这个团体又叫做“精选论文俱乐部”，专门评选学生中最优秀的论文。有意思的是，“使徒社”的名称是根据《圣经》取的。因为耶稣只有十二个门徒，“使徒社”也只能由十二个成员组成，所以整个剑桥大学每届只能有十二个学生属于这个团体。这个团体实际上是一个小小的“皇家学会”，必须是最出类拔萃的学生才有资格参加。

这个时期，麦克斯韦专攻数学，读了大量的专著。他的学习方法，不象法拉第那样循序渐进，井井有条。他读书不大讲究系统性，有时为了钻研一个问题，他可以接连几周其他什么都不管；而另一个时候，他又可能碰到什么就读什么，漫无边际，象一个性急的猎手，在数学领域里纵马驰骋。

课后，“使徒社”的成员们常在一起讨论各种问题。他们很欣赏麦克斯韦即兴创作的诗，但是要和他对话却很困难，因为麦克斯韦说起话来，和他读书一样，常常是天马行空，前言不搭后语，一个题目还没有讲完，他又跳到另一个题目上去了。他的思路过于敏捷，让人难以捉摸。再加上他还保持着小时候的习惯，喜欢突然提一些奇怪的问题，比如“死甲虫为什么不导电呢？”“活猫和活狗摩擦可以生电吗？”就更使人反应不过来了。有一次，一位朋友同他到郊外散步。整个傍晚，大约都在讨论对某道难题的解法，麦克斯韦不停地说着，对方生怕不能领会，听得很仔细，但是最后还是一句都没听懂。麦克斯韦这种机枪式讲授法，给他后来当教授带来不少困难。他一生都不被人理解。中学时候他的服装不被同学理解；大学时候他的语言不被人理解；到后来，他的学说也是很长时间不被人理解。尽管“话不投机”，社友们还是把他看做他们中间独一无二的人。麦克斯韦惊人的想象、闪电般的思维能力、讥诮的诗句，把他们征服了。

这是一个奇才，需要名师指点，才能放出异彩。幸运的是，有个偶然的时机，麦克斯韦果然遇上了伯乐，那就是剑桥大学的教授、著名数学家霍普金斯。一天，霍普金斯到图书馆借书，他要的一本数学专著恰好被人先借去了。一般学生是不可能读懂那本书的，教授有些诧异，向管理员询问借书人的名字，管理员回答说：“麦克斯韦”。数学家找到麦克斯韦，看见年轻人正埋头作摘抄，笔记上涂得乱七八糟，毫无秩序。霍普金斯不由得对这个青年发生了兴趣，诙谐地说：“小伙子，如果没有秩序，你永远成不了优秀的数学物理学家！”霍普金斯所说的数学物理学家，是指善于运用数学方法解决理论问题的物理学家，通常也称做理论物理学家，需要在数学和物理学上都有很高的造诣。从这以后，麦克斯韦成了霍普金斯的研究生。

霍普金斯学问渊博，培养出了不少人才。有多方面成就的威廉·汤姆生（就是著名的开尔文勋爵）和数学家斯托克斯（1819 - 1903），都是他的门下。麦克斯韦在导师的指导下，首先克服了杂乱无章的学习方法。霍普金斯对他的每一个选题，每一步运算都要求得很严格。那时，麦克斯韦还参加了剑桥大学的斯托克斯讲座。斯托克斯比他大十二岁，在数学和流体力学上都有建树，他在数学上的重要发现在科学史上曾经有记载。经过两位优秀数学家的指教，麦克斯韦进步很快，不出三年就掌握了当时所有先进的数学方法，成了有为的青年数学家。霍普金斯对他的评价是：“在我教过的全部学生中，毫无疑问，这是最杰出的一个！”

尤其重要的是，麦克斯韦不是一个抽象的数学家。这一点也要归功于他的老师。历来的数学家有两派，一派以古希腊的毕达哥拉斯（约前580-约前500）为鼻祖，认为世界的本原就是抽象的数，数学决定一切；另一派以十七世纪的笛卡尔为代表，他指出数学是客观事物的定量反映，也是一种知识工具。这位解析几何的创始人，曾经针对那些纯粹的数学家说：“没有什么比埋头到空洞的数学和抽象的图形中更无聊的了。”这两种对立的态度，导致人们对数学持有两种不同的看法。一种把数学看做纯粹的符号，为数学而数学；另一种却把生动的物理学概念同数学结合起来，把数学当成研究物理学的手段。霍普金斯和斯托克斯都属于笛卡尔派。

麦克斯韦受到他们的直接影响，很重视数学的作用。他一开始就把数学和物理学结合起来。这一点对他以后完成电磁理论，是重要的。

1854年，二十三岁的麦克斯韦参加了数学学位考试。主考人是斯托克斯，题目涉及曲面积分和线积分，难度很大。事后大家才知道，那是斯托克斯刚发现的一个定理。这个定理后来对麦克斯韦的电学研究大有帮助。考试结果，麦克斯韦获得了甲等数学优等生第二名。也就是这一年，他对电磁学产生了浓厚的兴趣。法国浪漫主义作家乔治·桑（1804 - 1876）说过：“在抽剑向敌以前，必须练好剑术。”麦克斯韦现在掌握了过硬的数学本领，他是利器在手，只等冲锋了。

## 接过法拉第的火炬

麦克斯韦毕业以后留在学校工作。起初，他研究的课题是光学里的色彩论。不久他读到了法拉第的《电学实验研究》，马上被书中新颖的实验和见解吸引住了。当时学术界对法拉第的学说看法不一致，有不少非议。主要原因是“超距作用”的传统观念影响还很深，旧的大厦动摇了，但是并没有倒塌；同时，也因为法拉第的学说在理论上还不够严谨。作为实验大师，法拉第有许多过人的地方，唯独数学功夫不够，他的创见都是用直观的形式表达的。一般的理论物理学家都不承认法拉第的学说，认为它不过是一些实验记录。有个天文学家就公开宣称：“谁要是在精确的超距作用和模糊不清的力线观念之间有所迟疑，谁就是对牛顿的亵渎！”在剑桥大学，学者们也有分

---

毕达哥拉斯，古希腊数学家、唯心主义哲学家，在西方首次提出勾股定理，但是他把数的概念神秘化了，认为“万物皆数”。

乔治·桑，法国著名女作家，她的小说暴露了资本主义社会的黑暗，塑造了下层人民的正面形象，曾经得到恩格斯的好评。 </TITLE125/TITLE>

歧意见。其中最有见识的，要算威廉·汤姆生了。这位青年教授对电学很有研究，曾经多次向法拉第请教。在麦克斯韦毕业前一年，汤姆生发表了一篇题目是《瞬变电流》的论文，指出莱顿瓶的放电有振荡性质。麦克斯韦见到论文十分佩服，他特地写信给汤姆生，请求他告诉一些研究电学的门路。汤姆生比麦克斯韦大七岁，他后来没有能够把电磁研究坚持到底。但是，他对麦克斯韦却有不少帮助。麦克斯韦在给父亲的信里曾经高兴地谈到，汤姆生很乐意指教他。

麦克斯韦受这位先行者的启示，相信法拉第的学说中包含着真理。他在认真研究了法拉第的著作以后，省悟出力线思想的宝贵价值，也看到了法拉第定性表述的弱点。这个初出茅庐的青年科学家决心用数学来弥补这一点。

一年以后，二十四岁的麦克斯韦发表了《论法拉第的力线》，这是他第一篇关于电磁学的论文。在论文中，麦克斯韦通过数学方法，把电流周围存在力线这个现象，概括做一个高等数学里的矢量微分方程。根据这个方程，每一股电流都产生一条环状磁力线。这一年（1855），恰好法拉第结束了长达三十多年的电学研究，他在科学笔记里写下了最后一个编号：5430。正是“芳林新叶催陈叶，流水前波让后波”，麦克斯韦接过了这位伟大先驱者手里的火炬，开始向电磁领域的纵深挺进。

《论法拉第的力线》这篇论文，虽然基本上是对法拉第力线概念的数学“翻译”，却是十分重要的一步。因为麦克斯韦一开始就使用了数学方法，而且选定了法拉第学说的精髓——力线思想，当做自己研究的起点。这表明麦克斯韦的科学洞察力确实是不同凡响的。他认准了主攻方向，就坚定不移地研究下去。他后来的一系列论文，步步深入，都是沿着这条正确道路走的。这一点，是他比汤姆生高明的地方。汤姆生已经走到真理的边缘，却迟疑不前；麦克斯韦抓住了真理，就锲而不舍。所以麦克斯韦尽管起步比较迟，却第一个登上了光辉的顶峰。

科学的道路总是不平坦的。正当麦克斯韦的研究很有希望的时候，一桩不幸的事情打断了他的计划。一天，他正在埋头研究几篇新近的电学资料，邮递员送来一封家信。他拿到信，一眼看出不是父亲的笔迹，心头不由一惊。他许久以来担心的事情终于发生了。父亲年老体弱，健康恶化，突然病倒在床。那封信是父亲请别人代写的。麦克斯韦读完信，心里十分焦虑和难过。他对父亲的感情是非常深的。从幼年起，父亲就是他的良师益友，也是整个家庭的支柱。十几年来，他们朝夕相处，十分融洽。麦克斯韦离家求学以后，他们几乎每天通信，交换各种科学思想和对社会的见解，也畅谈有趣的日常生活。

为了照顾父亲，麦克斯韦只得离开剑桥大学，到离家比较近的阿伯丁工作。阿伯丁是英国北部的一个海港，那里的一所学院答应让麦克斯韦担任自然哲学讲师，可是需要等一段时间。麦克斯韦整夜守在父亲床前，尽力减轻老人的病痛。但是不论他怎样小心伺候，还是没有挡住死神的降临。1856年春天快要到来的时候，父亲终于离开了人间。这在麦克斯韦生活中，无疑是不可弥补的损失。他悲痛的心情久久不能平息。

不久，阿伯丁的马锐斯凯尔学院正式聘请他当自然哲学教授。麦克斯韦在就职以前，回到剑桥大学办理一些事务，停留了好几个月。他当时的心情很矛盾。对于母校，他是留恋的，而且父亲已经去世，他留在阿伯丁的意义也不大了，更主要的是他的电磁研究刚刚开始，他不知道在阿伯丁有没有合

适的研究条件。但是，马锐斯凯尔学院已经给他下了聘书，据说院长很赏识他，他不好推脱，只得上任了。这一去，他的电磁研究竟推迟了四年。

## 在阿伯丁

在初冬的一片纷纷扬扬的雪花中，麦克斯韦来到了马锐斯凯尔学院。他十一月开始正式任教。这时，他正好是二十五岁。讲座的名称叫“自然哲学”，讲的内容实际上就是物理学，同哲学没有多大关系。

父亲的病故，工作的变动，打乱了麦克斯韦的研究程序。为了应付新开的讲座，他实在没有时间继续搞研究，对电磁现象的探索只得搁置下来。但是法拉第的学说，却象一团熊熊的烈火，一直在他胸中燃烧，使他不能平静。

麦克斯韦登台讲课以前，尽管花了很多时间进行准备，但是第一次走上讲台，心情还是相当紧张。他竭力控制自己，心里默默地想着：讲慢点，再讲慢点！可是一开讲，他的话却象脱缰的野马一样收不住，而且发音也不清晰，连旁听的院长也不由暗暗替他着急。他不愧是“一挺机枪”，两个钟点的内容一个钟点就“扫射”完了。他看见座位上的学生大都目瞪口呆，就又从头到尾讲了一遍。结果，听众还是面面相觑。究竟有多少学生听懂了这堂课，连他自己也说不上来。最后，幸亏下课铃解救了他。

麦克斯韦决定反省自己的讲法。一天清晨，他在树林里一面练习纠正自己的口音，一面向一片矮树丛比划着滑稽的手势。忽然，从他背后传来嗤嗤的笑声。麦克斯韦回头一看，是一位身材小巧的姑娘，手里拿着本诗集，两眼含着好奇的嘲笑。麦克斯韦一下子窘得满脸通红，赶紧表示自己的神志是清醒的。那个姑娘问他为什么这样装腔作势，麦克斯韦讲了自己的苦衷。姑娘听了越发笑得厉害，最后教了他一条妙计。她说：“只要你觉得控制不住讲话的速度，你就咬住舌头，保险可以镇定下来。”麦克斯韦以后才知道，这个姑娘叫凯塞琳，是院长的女儿，酷爱文艺。麦克斯韦按她说的去做，果然有效。两个月以后，他高兴地写信给剑桥大学的朋友说：“谢天谢地，两个月来我在讲台上总算没有闹过笑话。我一旦感到要走火了，立刻咬住自己的舌头，就发不出声音了。”

就这样，麦克斯韦在阿伯丁开始了教学生涯。他有过人的睿智、渊博的学识，却说不出来。世上确实有一些人能写不能说。麦克斯韦就是属于这种类型的人。他讲起话来漫无头绪，杂乱无章；他的文章却是条分缕析，鞭辟入里。他的论文内容精当，论述严谨，是学院公认的。这一时期他的主要成就，是在同电磁学毫不相关的天文学和气体力学的研究方面。他为什么会天文学感兴趣，估计是因为受了当时一项学术奖和鼓励。由于时代、环境等种种因素的制约，一个科学家的道路，常常不能完全由自己选定。而且科学家本人，也经常不能断定当时走哪条路才能获得最大的成功。所以在科学技术史上常常有这样的例子：有的科学家在一条小径上花费了大部分光阴，而在另一个重大领域里却没能充分发出光和热来。麦克斯韦用了整整两年时间研究土星的运行，在1858年发表了《土星光环》的论文。这年春天，他结了婚，新娘就是两年前在树林里邂逅的凯塞琳。凯塞琳对他的研究工作帮助很大。

在这篇论文中，麦克斯韦成功地运用数学分析的方法，论述了土星光环

由一群离散质点构成。因此他获得了亚当斯奖。当时他才二十七岁，他的结论在三十八年后被一位美国天文学家所证实。按照这条路子走下去，麦克斯韦或许会成为一个优秀的天文学家。可是不久，他的研究方向又转到分子物理学方面去了。据说他在土星光环研究中，遇到的许多难题跟分子物理学有关系，才改变了研究的方向。著名的麦克斯韦速度分布率，就是这时候完成的。在推导中，他运用了数学上的统计方法，这是成功的关键。从事分子物理学的研究，占据了麦克斯韦一生中相当多的时间。

上面提到的两项重大成果，虽然没有涉及电磁领域，却充分证明麦克斯韦已经是一个数学物理学家。对他来说，物理学是探讨的课题，数学是得心应手的工具。一旦他全副精力集中到电磁学上，异彩就闪现出来了。

“应该突破它！”

1860年初夏，马锐斯凯尔学院的物理学讲座由于某种原因停办了。二十八岁的麦克斯韦离开阿伯丁港，到伦敦皇家学院去任教。他的妻子也随同前往。这次工作调动，是麦克斯韦一生事业的转折点。

在这以前，还有一段小小的插曲。麦克斯韦最初的母校爱丁堡大学，也要聘请一个自然哲学教授。他开始是准备去那里的。应选的一共有三个人，另外两个是他在剑桥大学的同学，其中一个还是中学的同学。三个人里究竟应该取谁，当局决定通过考试来决定。要是论学问，麦克斯韦稳拿第一，但是比口才，他吃亏了。考试结果，麦克斯韦名列最后，连主考人对他的讲课能力都表示怀疑。当时一家爱丁堡杂志评论这件事，也很替他惋惜。俗话说：“塞翁失马，安知非福”，麦克斯韦没有被爱丁堡大学选中，自然是件憾事，但是他却因为这个转到了皇家学院，完成了一生中最重要的贡献。

麦克斯韦在阿伯丁的四年时间里，一直怀着一桩心事，就是想用数学工具表达法拉第的学说。他的这个愿望，1855年只开了个头就搁下了。就是在研究土星的苦战中，只要见到有关电磁学方面的文章，也都会引起他密切的关注。他经常给法拉第写信，探索电磁的奥秘。他的案头一直摆着《电学实验研究》。每次打开这部辉煌的巨著，他的情绪就十分激动。法拉第，这位他当时还没有见过的伟人，给物理学描绘了一幅多么形象的图画啊！电、磁、光、力线、波动……在它们背后隐藏着什么规律呢？

麦克斯韦到伦敦以后特地去拜访法拉第。这是一次难忘的会晤。青年物理学家递上名片，不一会儿，法拉第面带微笑地走了出来。这位实验大师已经年近七旬，两鬓斑白。他同麦克斯韦一见如故，亲切地交谈起来。

这两位伟人，他们不但在年龄上相差四十岁，而且在性格、爱好、特长等方面也迥然不同，可是他们对物质世界的看法却产生了共鸣。这真是奇妙的结合：法拉第快活、和蔼，麦克斯韦严肃、机智。老师是一团温暖的火，学生象一把锋利的剑。麦克斯韦不善于辞令，法拉第演讲起来却是娓娓动听。一个不精通数学，另一个却对数学运用自如。两个人的科学方法也恰好相反：法拉第主要是实验探索，麦克斯韦擅长理论概括。可以说，他们在许多方面

---

麦克斯韦证明，在气体处于热动平衡的时候，虽然个别分子的速度一般都不相同，并且由于相互碰撞而不断改变，但是平均说来，处在某一速度范围里的分子数在分子总数中所占的百分比总是一定的。这是分子物理学里的一个重要定律。

是互相补充的；爱因斯坦曾经把他们称做一对，说他们就象伽利略和牛顿一样，相辅相成。麦克斯韦自己也谈到过这一点：“因为人的心灵各有它不同的类型，科学的真理也就应该用种种不同的形式表现，不管它是用具有生动的物理学色彩的定性形式出现，还是用朴素无华的一种符号表示出现，它都应该被当做是同样科学的。”这话自然是对的，字里行间流露出对法拉第的尊敬。不过，不同的科学方法，发掘科学的深度却常常不同。法拉第用直观而形象的方式表达的真理，麦克斯韦最后用惊人的数学才能把它总结出来，并且提到理论的高度，所以他的认识就更深刻，更透入事物的本质，因此更带有普遍性。

四年以前，法拉第曾经称赞过《论法拉第的力线》这篇论文，他没有料到论文的作者竟这样年轻。当麦克斯韦征求他对论文的看法的时候，法拉第说：“我不认为自己的学说一定是真理，但是你是真正理解它的人。”

“先生能给我指出论文的缺点吗？”麦克斯韦谦虚地说。

“这是一篇出色的论文。”法拉第沉思地说，“但是，你不应该停留在用数学来解释我的观点，你应该突破它！”

法拉第的话象一盏明灯，照亮了青年物理学家麦克斯韦前进的道路。他马上用最大的热情投入新的战斗。

他设计了一个理论模型，试图对法拉第的力线观念作进一步探讨。这个模型完全建立在机械结构的类比上，有人称它是“以太模型”，现在看上去既枯燥又很不好懂。一位英国现代科学史家，用了一整页篇幅也没有说清楚。事实上，麦克斯韦在晚期的著作里也舍弃了这个模型。奇怪的是，麦克斯韦竟把它当作跳板，成功地登上了真理的彼岸。

## 大厦建立起来了！

在讨论以太模型的时候，麦克斯韦对自己发现的一个重要事实引起了极大的注意。他分析了法拉第对电介质的研究以后，确认在电场变化着的电介质中，也存在电流，他把这称做“位移电流”。另外，他还计算出这种电流的速度。麦克斯韦惊奇地发现：位移电流的速度恰好等于光速！

这是偶然的巧合吗？天下哪有这样的巧事。他兴奋得几天都没有睡觉，妻子帮他仔细核对了好几遍，数据确实没有差错。这意味着他计算出了电磁波的传播速度同光速是相等的，这是个非常了不起的发现，尽管他当时还没有完全意识到这一点。几天后，他写信给法拉第报告了这个结果。他在信里说，他计算出的电磁波的传播速度是“每秒 310740 公里”，而“十二年前菲索（1819 - 1896）用直接实验测定的光速，却是每秒 314858 公里！”信寄出的时间是 1861 年十月十九日。法拉第有没有给他回信，史料上没有记载。但是毫无疑问，正是这个发现，促使麦克斯韦四年以后断定光就是电磁波。

1862 年，麦克斯韦在英国《哲学杂志》四卷二十三期上，发表了第二篇电磁学论文《论物理学的力线》。文章一登出来，立刻引起了广泛的注意。英国著名物理学家、电子的发现人约瑟夫·汤姆逊后来回忆说：“我到现在还清晰地记得那篇论文。当时，我还是一个十八岁的孩子，一读到它，我就兴奋极了！那是一篇非常长的文章，我竟把它全部抄下来了。”

这的确是一篇划时代的论文，它同 1855 年的《论法拉第的力线》相比，

有了质的飞跃。论文不再是法拉第观点的单纯数学翻译，而是作了重大的引伸和发展。其中具有决定意义的一步，是引进了“位移电流”的概念。这以前，包括法拉第在内，人们讨论电流产生磁场的时候，指的总是传导电流，也就是在导体中自由电子运动所形成的电流。麦克斯韦在研究中感到这个旧概念存在很大的矛盾。比如在连接交变电源的电容器中，电介质里并不存在自由电荷，也就是没有传导电流，但是磁场却同样存在。麦克斯韦经过反复思考和分析，毅然指出，这里的磁场是由另一种类型的电流形成的，这种电流在任何电场变化着的电介质中都存在，它和传导电流一起，形成了闭合的总电流。麦克斯韦通过严密的数学推导，求出了表示这种电流的方程式，把它称做位移电流。

从理论上引出位移电流的概念，实在是电磁学上继法拉第 135 年电磁感应以后的一项重大突破。根据这个科学假设，麦克斯韦推导出两个高度抽象的微分方程式（方程式直到 1865 年才最后完善），这就是著名的麦克斯韦方程式。这组方程式，从两方面发展了法拉第的成就。一是位移电流，它表明不但变化着的磁场产生电场，而且变化着的电场也产生磁场；二是方程式不但完满地解释了电磁感应现象，而且还在理论上进行了总结。就是凡是有磁场变化的地方，它的周围不管是导体或者电介质，都有感应电场存在。经过麦克斯韦创造性的总结，电磁现象的规律，终于被他用不可动摇的数学形式揭示出来。电磁学到这时才开始成为一种科学的理论。

在自然科学史上，只有当某一种科学达到了高峰，才可能用数学表示成定律形式。这些定律不但能够解释已知的物理现象，而且还可以揭示出某些还没有发现的东西。正象牛顿的万有定律预见了海王星一样，麦克斯韦在《论物理学的力线》中，预见了电磁波的存在。他指出，既然交变的电场会产生交变的磁场，交变的磁场又会产生交变的电场，那么，这种交变的电磁场就会用波的形式向空间散布开去。当时，麦克斯韦才三十一岁，这是他一生中辉煌的一年。

麦克斯韦继续向电磁学领域的深度进军。1865 年，他发表了第三篇电磁学论文《电磁场动力学》。论文发表在《伦敦皇家学会学报》上。在这篇重要文献中，麦克斯韦方程的形式更完善了。他采用法国数学家、力学家拉格朗日（1736 - 1813）和爱尔兰数学家、物理学家哈密顿（1805 - 1865）创立的数学方法，由那组方程式直接推导出了电场和磁场的波动方程，电磁波的传播速度根据那个波动方程的系数计算，正好等于光速！这同麦克斯韦四年以前推算的那个比值完全一样。直到这个时候，电磁波的存在是确定无疑的了！因此他大胆断定，光也是一种电磁波。法拉第当年关于光的电磁理论的朦胧猜想，就这样由麦克斯韦变成了科学的理论。法拉第和麦克斯韦的名字，从此联系在一起，就跟伽里略和牛顿的名字一样，在物理学上永放光彩。

麦克斯韦在伦敦皇家学院总共任教五年。这五年是他一生中的多产时期。除了建立电磁理论以外，他在分子物理学、气体动力学上也都有贡献。

1865 年，麦克斯韦正式宣布光的电磁学以后不久，就辞去皇家学院的教席，回到他的家乡格伦莱庄园系统地总结研究成果，撰写电磁学专著。经过几年苦干，他写的《电磁学通论》在 1873 年问世。这是一部电磁理论的经典著作，麦克斯韦系统地总结了十九世纪中叶前后，库仑、安培、奥斯特、法拉第和他本人对电磁现象的研究成果，建立了完整的电磁理论。这部巨著的重大意义，完全可以同牛顿的《数学原理》（力学）和达尔文的《物种起源》



(生物学)相比较,它也是人类智慧的结晶。

电磁理论的宏伟大厦,经过几代人的努力,巍然矗立起来了!《电磁学通论》的出版成了当时物理学界的一件大事。当时麦克斯韦已经回到剑桥大学任教,他的朋友和学生对这部书已经期待很久了。人们争先恐后地到书店里去购买,第一版几天就卖完了。

## 千秋是非

《电磁学通论》虽然一抢而空,但是真正读懂的人却寥寥无几。不久,就听到有人批评它艰深难懂。当然,高度抽象的麦克斯韦微分方程,毕竟不象 $2 \times 2 = 4$ 那么简单。单是两个公式、几个数学符号,就包罗了电荷、电流、电磁、光等自然界一切电磁现象的规律,这在一般人看来,确实是不可思议的。另外,还有一个更主要的原因,就是从麦克斯韦宣布他的理论以后,一直没有人发现电磁波。而能否证明有电磁波存在,却是检验麦克斯韦理论的关键。因此许多物理学家都抱着怀疑态度。就连从前热情鼓励麦克斯韦的威廉·汤姆生,也不敢肯定麦克斯韦的预言是否可靠。

麦克斯韦的电磁理论,在物理学上有划时代的意义。遗憾的是,麦克斯韦本人没有能够证实自己的理论(在一定程度上可以说是“没有去证实”)。这有客观原因,也有主观原因。由于环境和工作条件的限制,麦克斯韦一直没有更多的机会从事电磁实验。热力学和分子物理学的研究,耗去了他大部分时间和精力。再有,他主要是个理论物理学家。就象他的学生弗莱明(1849—1945)后来所说的那样,“他从理论上预言了电磁波的存在,但是好象从来没有想到过要用什么实验去证明它。”法拉第一辈子都没有离开过实验,可以说没有实验就没有法拉第。麦克斯韦恰好相反,他只是在伦敦的五年里进行了一些有限的实验,而且多半是气体动力学方面的。他的寓所,靠近屋顶的地方有一间狭长的阁楼,那就是他的实验室。他的妻子常常给他当助手,生火炉,调节室内温度,条件相当简陋。后来在皇家学院实验室里,他作过一些电学实验,也多只是测定标准电阻这一类工作。《电磁学通论》完成以后,麦克斯韦忙着筹建卡文迪许实验室,整理卡文迪许(1731 - 1810)的遗著。

由于以上这些原因,电磁理论问世以后,在相当长的时间里没有得到承认。最初只有剑桥大学的一些青年物理学家支持它。许多人,包括一批有威望的科学家,对还没有被证明的新理论,都采取观望态度。劳厄(1879 - 1960)

在《物理学史》中曾经这样评论说:“尽管麦克斯韦理论具有内在的完美性,并且和一切经验相符合,但是它只能逐渐地被物理学家们接受。它的思想太平常了,甚至象赫尔姆霍茨和波尔茨曼(1844 - 1906)这样有异常才能的人,为了理解它也花了几年的力气。”

几个春秋过去了。麦克斯韦把他的心血默默地献给了卡文迪许实验室。这座实验室在1872年破土,到1874年完工。修建经费是一位鼓励科学的公

---

弗莱明,英国电学家,1904年发明电子二级管。

劳厄,德国物理学家,曾经首先证明X射线的波动性,著有《物理学史》。

波尔茨曼,奥国物理学家,在热力学和统计物理学上都有贡献。

爵捐赠的。为了增添仪器，麦克斯韦也拿出了自己不多的积蓄。在整个筹建过程中，从设计、施工、仪器购置，直到大门上的题词，麦克斯韦都亲自过问。它是实验室的创建人，也是第一任主任。后来相继接替他的是瑞利（1842 - 1919）和约瑟夫·汤姆逊，汤姆逊以后是卢瑟福（1871 - 1937），他们都是世界第一流物理学家。这座实验室开花结果的时期在二十世纪。大批优秀的科学人才，尤其是原子能物理方面的人才，都是从这里培养出来的。

麦克斯韦最后几年的主要工作，是整理卡文迪许留下的大量资料。这项由公爵委托给他的任务，工作相当繁重。卡文迪许是十八世纪一位性情怪僻的英国著名物理学家和化学家。他曾经发现氢气，确定水的化学组成，第一个计算地球的质量，在静电学上也很有研究。他终身未娶，为人腼腆，喜欢离群索居，死后留下二十多扎没有发表的科学手稿，大多涉及数学和电学，其中不少很有价值的东西埋没了几乎半个世纪。整理这些资料是一件非常细致而困难的工作，麦克斯韦为了完成这项工作，作出了很大的牺牲：他放弃了自己的研究，耗尽了精力。

除了卡文迪许实验室的日常事务以外，麦克斯韦每学期都要主讲一门课，内容是电磁学或者热力学。他在讲台上热心地宣传电磁理论，推广新学说。可惜听众不多。他本来就不善于讲演，更何况电磁理论是那样的高深，同传统的物理学大相径庭呢！1878年五月，他举行了一次有关电话的科普讲演。电话当时还是新事物，刚刚破土而出。1875年贝尔发明电话，第二年取得专利，1877年爱迪生公布阻抗式送话器。这些人类电信史上的新发明，引起了麦克斯韦莫大的兴趣。可能，他当时已经预感到，他的理论总有一天会把这些发明插上双翅，传遍全球。

麦克斯韦后期的生活充满了烦恼。他的学说没有人理解，妻子又久病不愈。这双重的不幸，压得他精疲力尽。妻子生病以后，整个家庭生活的秩序都乱了。麦克斯韦对妻子一向体贴入微，为了看护妻子，他曾经整整三个星期没有在床上睡过觉。尽管这样，他的讲演，他的实验室工作，却从来没有中断过。过分的焦虑和劳累，终于损害了他的健康。同事们注意到这位无私的科学家在渐渐地消瘦下去，面色也越来越苍白。但是，他还是那样顽强地工作。

1879年是麦克斯韦生命的最后一年。这一年的春天来得很晚，也格外冷。他的健康明显恶化，但是他仍然坚持不懈地宣传电磁理论。这时，他的讲座只有两个听众。一个是美国来的研究生，另一个就是后来发明电子管的弗莱明。这是一幕多么令人感叹的情景啊！空旷的阶梯教室里，只在头排坐着两个学生。麦克斯韦夹着讲义，照样步履坚定地走上讲台，他面孔消瘦，目光闪烁，表情严肃而庄重。仿佛他不是在向两个听众，而是在向全世界解释自己的理论。

1879年十一月五日，麦克斯韦患癌症去世，终年只有四十九岁。物理学史上一颗可以同牛顿交相辉映的明星殒落了。他正当壮年就不幸夭折，这是非常可惜的。他的理论为近代科学技术开辟了一条崭新的道路，可是他的功绩，在他活着的时候却没有得到人们重视。麦克斯韦的一生，是叱咤风云的一生，也是自我牺牲的一生。这位科学巨匠生前的荣誉远远不及法拉第，直到他死后许多年，在赫兹证明了电磁波存在以后人们才意识到，并且公认他

---

卢瑟福，新西兰物理学家，他长期在英国工作，在原子能物理方面有重大贡献。

是“牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。

### 这正是电磁波！

赫兹是德国青年物理学家，1857年二月二十二日生在汉堡。他同麦克斯韦一样，也是律师的儿子。他的家境比较富有，母亲是医生的女儿。赫兹从小勤奋好学，喜欢物理学，麦克斯韦在1873年发表《电磁学通论》的时候，他还只有十六岁。当时德国和英国一样，牛顿学说的习惯势力根深蒂固，牛顿几乎成了偶像。法拉第、麦克斯韦的理论否定了传统的“超距说”，对物质世界作了崭新的描绘，这无疑是带有“叛逆”性质的。因此，电磁理论起初在德国和奥地利也丝毫没有立足的地方，甚至被当做奇谈怪论，只有个别有见识的物理学家看出了其中的价值。最先认真考虑电磁理论的，是波尔茨曼。他曾经企图把麦克斯韦方程组模型化，形象化，使人们容易理解，但是没有成功。在波尔茨曼以后支持电磁理论的，是在柏林大学任教的著名物理学家赫尔姆霍茨。赫兹二十一岁考进柏林大学，后来成了赫尔姆霍茨的得意门生。在老师的影响下，赫兹对电磁学作了深入研究。在比较已经知道的物理学理论以后，他确认麦克斯韦的理论比各种超距作用理论更使人信服。年轻的赫兹在一篇论文里写着：“假使在通常的体系和麦克斯韦的体系之间只能选择一个，那么麦克斯韦的体系无疑是占优势的。”他决定用实验来检验这个判断。

1883年，一位爱尔兰教授菲茨杰拉德（1851 - 1901）根据麦克斯韦的理论作过一个推论：如果那个理论正确，莱顿瓶振荡放电的时候，就会产生电磁波。他得出这个推测，是由于曾经受到了威廉·汤姆生1853年那篇《瞬变电流》的启发。威廉·汤姆生当时在文章中指出，莱顿瓶和其他电容器的放电具有振荡的特性，电荷在衰减到零的时候就会上下起伏。因此菲茨杰拉德认为，放电的莱顿瓶就是最理想的电磁波辐射源。他并且指出，波长越短的电磁波，越容易被测出来。

莱顿瓶是最早的电容器，由于1745年在荷兰莱顿城最先试用而得名，从富兰克林时代起就盛行了。人们常用它做各种静电试验，它的构造简单，使用也很普遍。所以问题的关键就是：怎样检测出电磁波来。

赫兹经过反复试验，终于在1886年发明了一种电波环。

这是一个十分简单却又非常有效的电磁波探测器。他把一根粗铜线弯成环状，环的两头分别连着金属小球，小球中间的距离可以调整。这样，电波环就做成了。这种简单的仪器连十来岁的小孩子都会做，但是想到用它来探测电磁波，却实在是天才！

赫兹用这种电波环进行了一系列实验。终于在1888年发现了人们怀疑和期待已久的电磁波。他起初把电波环放在放电的莱顿瓶附近，反复改变电波环的尺寸和位置，只要尺寸和位置都合适，电波环两个小球中间就有电火花闪现。正是莱顿瓶放电时候辐射的电磁波，被环路所截获而激发出电火花。后来赫兹用火花隙发生器代替莱顿瓶，效果更加显著。赫兹不愧是一位聪明而又巧夺天工的实验家，他紧接着用使人信服的实验，证明了电磁波射到大型金属板上就发生反射，在通过用硬沥青或者松脂制成的三棱镜的时候就发

生折射，并且具有衍射、偏振等光波所具有的各种特性。于是，麦克斯韦天才的预言，在二十六年以后终于被同样是天才的实验证实了。它比海王星的发现更使人惊叹。

赫兹的实验公布以后，轰动了全世界的科学界。由法拉第开创、麦克斯韦总结的电磁理论，到这时候才取得了决定性的胜利！一个历史的巧合是，这年赫兹三十一岁，恰好同麦克斯韦预见电磁波时候的年龄一样。可惜麦克斯韦在九年以前已经去世了，他没有亲眼看到这一天。但是，这位巨匠的伟大遗愿终于实现了。

1888年成了近代科学技术史的一座里程碑。赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦发现的真理，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元。理论只能够解释世界，它只有回到实践中来才能够改造世界。赫兹的不朽功绩，就在于他客观上促成了这个转变。

恩格斯说过：“在马克思看来，科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。”电磁波的发现所产生的巨大影响，连赫兹本人也没有料到。在他发现电磁波的第二年，有人问他，电磁波是不是可以用做无线电通信，赫兹不敢肯定。但是不到六年时间，意大利的马可尼（1874 - 1937）、俄国的波波夫（1859 - 1906）就分别实现了无线电传播，并且很快投入使用。其他无线电技术，也象雨后春笋般地涌现出来。无线电报

（1894）、无线电广播（1906）、无线电导航（1911）、无线电话（1916）、短波通信（1921）、无线电传真（1923）、电视（1929）、微波通信（1933）、雷达（1935）以及遥控、遥测、卫星通信、射电天文学等，都是这个变革的产物，整个物质世界的面貌发生了深远的变化。

如果把电磁理论比做一座雄伟的高楼，那么，是法拉第给它打下了坚实的地基，麦克斯韦在地基上建成了大厦，最后是赫兹对这座大厦进行了内部装修，使它能够被人们广泛利用。电磁理论创立的历史，生动地印证了“实践-理论-实践”的真理。实践不上升到理论，不能揭示事物的本质；理论不回到实践，不可能被证实和发挥巨大的作用，也不可能继续发展。正是这个原因，法拉第-麦克斯韦-赫兹的名字，永远和电磁理论联系在一起，光照史册！

---

衍射是波的特性。当波在传播方向上遇到迎面挡住的障碍物的时候，只要障碍物的尺寸比波长小或者相近，波就会明显地绕到障碍物后面去继续前进，如果遇到近于或者小于波长的孔，那么以孔为中心，形成环形波向前传播，这种现象叫波的衍射。

## 电话发明家贝尔

1844年，莫尔斯在美国首次进行了长途电报通信，人类通信史揭开了新的一页。三十一年以后，世界上第一台电话机问世。这台电话机的发明人是个苏格兰青年，名叫亚历山大·贝尔。

### 语音学世家

1847年三月三日，贝尔生在苏格兰的爱丁堡。他的父亲和祖父都是著名的语音学家。他们在聋哑人中间工作过很多年，对人体发声器官的构造、功能和人的听觉特点等都有深入的研究。贝尔的父亲还创造出一套借助手势、口型来表达思想感情的“哑语”，给聋哑人带来很大的方便。贝尔生活这样的环境里，从小受到熏陶，对语音的传递产生了浓厚的兴趣。这为他后来发明电话打下了很好的基础。

不过，贝尔并不是神童。很多发明家，在幼年时候都不见得聪明过人，他们成功的秘诀在于一生勤奋。和贝尔同岁的爱迪生（1847 - 1931）刚上小学的时候，每次测验成绩都是全班最差的，上了三个月以后，只得退学回家，由母亲自己来教。贝尔比爱迪生也高明不了多少。他在语音学方面算个小内行，可是其他功课总是跟不上。这孩子太淘气，太贪玩，书包里常常装着麻雀、老鼠这类小动物，有一次老师正在讲《圣经》，老鼠钻出来了，满教室同学你追我赶，哄堂大笑。

贝尔后来被祖父接到伦敦，由这位语音学专家直接管教。这是个很有个性的倔老头。他很疼爱孙子，但是要求非常严格，教起书来就象头狮子。祖父那一脸花白的胡子，起初使贝尔有点望而生畏，后来就很喜欢他了。因为祖父知识渊博，简直是一部百科全书。贝尔同他生活了一年，学到不少东西。贝尔后来回忆，“祖父使我认识到，每个学生都应该懂得的普通功课，我却不知道，这是一种耻辱。他唤起我努力学习的愿望。”正是这种愿望，激发贝尔踏上了探求科学真理的道路。

贝尔从伦敦回到故乡，很快就表现出搞发明创造的热情。有一座磨坊，用一个笨重的老式水磨磨面，平时由一个青年操作。后来，那个青年应征当兵去了，就由剩下的一个独身老人自己磨面。每逢天旱水小，水车停转，水磨不能磨面，老人就只好饿肚子。贝尔看到这种情况，很同情老人，约了一群少年伙伴来帮忙。开始，大家都觉得有意思，但是过了几天，很多人都不干了。最后，只剩下贝尔一个人，很难推动水磨。贝尔回到家里，每天都躲在父亲的书房里翻阅图书资料。经过一 149 个月的反复琢磨，他居然设计出了一幅改良水磨的草图。几个工匠师傅看了都很称赞。草图画得不算好，但是原理很巧妙。贝尔提出改造水磨的臼齿结构，同现在轴承的原理有些相象。按照草图改制的水磨，小孩们都推得动。不但磨坊老人摆脱了困境，全村磨面都很方便。消息传出去以后，邻近村镇的人都赶来仿造。当时贝尔只有十五六岁，一下就成了同伴们心目中的英雄。

在同学们的拥护下，贝尔组织了一个“少年技术协会”，还订了会章，要求每个会员负责一门自己感兴趣的学科，每周讲演一次，讲各人研究的成绩。贝尔负责语音学和生物解剖学。贝尔父亲书房顶上的搁楼，成了他们的“讲演厅”。这群少年通过活动，增长了很多知识，也闹了不少笑话。一天，

有个会员在路边发现一头死了的小猪，心想大家平时研究的，不外是青蛙、甲虫这样一些东西，这次要是用猪来做实验，一定更有趣。于是他把死猪一直拖到了搁楼上。贝尔见到小猪，如获至宝，当着全体会员开始讲演起来。他把猪的生理特点说完以后，就动手解剖。不料这头猪已经死了好几天，内脏腐烂了，顿时臭气冲天，会员一个个都捂着鼻子跑了。贝尔却面不改色，一个人坚持把猪解剖完。

## 根深叶茂

第二年，贝尔进了爱丁堡大学。这所大学是英国北部的重要学府，有不少著名学者在这里读过书，比如麦克斯韦和达尔文等。贝尔受父亲和祖父的影响，选择了语音学当做自己的专业，他的出发点是想解脱聋哑人的痛苦。贝尔研究语音学最后竟导致他发明了电话，这是贝尔父子当初没有预料到的。

在爱丁堡大学，贝尔系统地分析和研究了人的语音，人的发声机理和声波振动原理这一类专门知识。语音学是一门很复杂的学问，直到二十世纪上半叶才有成熟的理论。贝尔把理论和父辈的实践经验结合起来，进步很快。

1867年，贝尔二十岁，在爱丁堡大学毕业了。为了继续深造，他又进了伦敦大学，还是攻读语音学。

这时，贝尔家里出了不幸的事：他的两个兄弟相继害肺病死去。那时肺病在英伦三岛很猖獗，几乎象今天的癌症一样可怕。贝尔的父亲接连失去两个儿子，心有余悸。他把病因归到英国气候阴冷潮湿上，于是决定离开故乡。他带着全家远渡重洋，到了加拿大。

这次迁居，对贝尔一生的事业具有重要意义。当时美国正在进行工业革命，为发明创造提供了很好的条件。爱迪生的上千项发明和贝尔的电话，都是那个时代的产物。

年轻的贝尔到了加拿大以后，继续研究语音学，还在一所中学里教语言课。他的才华出众，很快就引起了专家们的重视。1869年，二十二岁的贝尔接受聘请，当了美国波士顿大学的语音学教授。这时，贝尔的父亲已经成了北美闻名的语音问题专家。父子两人经常被邀请到各地去讲演。贝尔也精通专业知识，少年时代就有演说的经验，讲演起来，一点也不比他父亲逊色，很受听众欢迎。贝尔父子的名声很快传遍了大西洋西岸。后来，父子两人在波士顿开办了一所聋哑学校，一边教聋哑人克服不能说话的困难，一边研究、试验助听器。

俗话说，根深叶茂。贝尔从小对人类的语音就有兴趣，后来又进行过好多年的研究，因此，他具有很丰富的语音学知识。当时，想发明电话的人很多，只有贝尔一个人捷足先登，这不是偶然的。

当时，莫尔斯发明的电报已经广泛应用，成了一种新兴的通信工具。不过，电报只能传递电码，有一定的局限性。能不能发展一步，用电流直接传递人的语音呢？这个问题引起了很多发明家、科学家的兴趣。人们苦思冥想，进行了二十多年的探索，都没有成功。因为发明电话要比发明电报困难得多。用电线传递电码，只要按规定截止、导通就行了，可是语音是声波的振动，它怎样从导线上传送呢？几年来，贝尔也一直在探索这个奇妙的问题。他家从祖辈起就研究语音，语音学是他的专业。对他来说，发明电话，不只是美

好的理想，也是一种义不容辞的责任。他担负起了时代的使命。

## 了不起的理想

有一天，一次偶然的实验启发了他。

贝尔正在研究聋哑人用的一种“可视语言”。按照他的设想，是在纸上复制出语音声波的振动，好让聋哑人从波形曲线看出“话”来。由于识别曲线很不容易，设计没有实现。但是，贝尔在实验中却意外地发现一个有趣的现象：在电流导通和截止的时候，螺旋线圈发出了噪声，就好象发送莫尔斯电码的“滴答”声一样。

这个细节，一般人是不会留意的。贝尔是个有心人。他重复了许许多多次，结果都一样。一个大胆的设想在贝尔脑海里出现了：在讲话的时候，如果能够使电流强度的变化模拟出声波的变化，那么，用电流传送语音不就能够实现了吗？这个思想成了贝尔后来设计电话的理论基础。贝尔的发现，看起来是偶然的，实际上是长期酝酿的结果。

年轻的贝尔兴冲冲地把自己的想法告诉了电学界的几个人。他很有信心地说：“我相信这是可以办到的，我一定要找出办法来！”可是听的人却不以为然，有的只是付诸一笑，有的耸耸肩膀。一个好心的学者劝他说：“你所以产生这种幻想，是因为缺少电学常识。你只要多读两本《电学入门》，导线传送声波的妄想，自然就会消失了。”

贝尔碰了钉子，一点没有泄气。他想，要是莫尔斯还活着，一定会支持我的。他决心动身去华盛顿，向约瑟夫·亨利请教。

亨利是电学史上一位很杰出的人物。他曾经同法拉第互相独立地发现电磁感应现象。事实上，他的发现比法拉第还要早些，只是没有第一个发表罢了。亨利还发明过摆动式电动机、继电器。莫尔斯的电报机就是根据他提出的原理发明的。亨利为人谦虚，不重名利。他一生有很多发明，却不愿申请专利。许多本来应该由他享有的荣誉，他都让给了别人。在相当长的时间里，欧洲和美国都不了解他。后来人们才发现，他的伟大不在法拉第之下。为了纪念他的卓越贡献，1893年在美国芝加哥举行的国际电学家会议上，决定在实用单位制中，用他的名字“亨利”作为电感的单位。亨利晚年担任美国史密森学会首任会长，威望很高。贝尔去拜望他的时候，他已经七十三岁了。

1873年三月的一天午后，天空飘着细雨。一个头发黝黑的青年来到亨利的寓所，他就是刚下火车的贝尔。老科学家当时正在午睡，贝尔不愿打扰他，就站在细雨中静静地等候。两个小时以后，老人醒来，年轻人的外衣已经湿透了。这位科学界的老前辈从来没有见过贝尔，但是对贝尔一家以及他们成功的聋哑教学法早就知道了。老人很客气地接待了来访的青年。

贝尔向亨利讲了他的发现，并且详细解释了用电传送语音的设想，由于兴奋，他的两眼闪闪发光。亨利被年轻人的热情感动了。

贝尔讲完以后，怀着微微紧张的心情问亨利：“先生，您看我该怎么办呢？是发表我的设想，让别人去干，还是我自己努力去实现呢？”

“你有一个了不起的理想，贝尔，干吧！”亨利慈爱地回答他说。

“可是，先生，在制作方面还有许多困难；而更困难的是，我不懂电学。”

“掌握它！”这位大科学家斩钉截铁地说。

这句话对青年发明家有很大的影响。很多年以后，贝尔还是这样认为：“没有这三个令人鼓舞的大字，我肯定是发明不了电话的。”

这确实是肺腑之言。在科学技术史上，曾经有不少象亨利这样胸怀大略的老将，为后来的人开辟了道路。戴维提携

法拉第，第谷(1546 - 1601)把凝结了毕生心血的天文资料赠给刻卜勒(1571 - 1630)，亨斯洛(1796 - 1861)教授对达尔文的尽心培养，都是科学史上老一辈大师关怀新秀的范例。正是这样，法拉第、刻卜勒、达尔文才能够“青出于蓝而胜于蓝”。

对于亨利的鼓励，贝尔终生都没有忘记。

## 两年苦战

贝尔回到波士顿，遵照亨利的指示，象莫尔斯当年一样，专心致志地读起电学来。他的业余时间全用在电的研究上了。贝尔这时二十六岁，精力充沛，刻苦用功，再加上搞聋哑教学实验接触过电磁器械，所以没有学习多久就收到了显著的效果。发明电话，需要有丰富的语音学知识和电学知识。

贝尔在语音学方面根底深厚，现在又掌握了电学，就象插上了双翅，可以凌空高飞了。

1873年初夏，贝尔辞去波士顿大学语音学教授的职务，正式搞起实验来。他试图把电学和语音学结合起来。万事俱备，只少一个得力助手。因为研究电话，不但要有制作的人，而且进行送话和收听的试验，必须要两个人合作才行。一天，贝尔偶然遇到一个十八岁的年轻电气技师沃特森，两人一见如故。他对贝尔的理想坚信不疑，表示一定全力相助。沃特森后来履行诺言，始终不渝，成为贝尔终身的战友。

近郊公寓的一间灰尘满地、拥挤闷热的小屋，成了他们两个人的实验室和卧室。两个发明家整天关在屋子里，一边研究电声转换原理，一边设计实用的机器。贝尔一有新的构思，沃特森马上去制造。沃特森生怕不能圆满完成贝尔苦心设计的方案，干得很精心。科学发明和文学创作一样，也要付出艰苦的劳动。贝尔研制的电话是从来没有过的东西，没有什么实物可以参考，只能反复试验，从失败中积累经验。贝尔绞尽脑汁，梦中都在想着电话设计，有时，半夜灵感来了，他就立刻起床画图，沃特森也紧密配合，照图制造，一直干到天亮。

就这样，两年过去了。他们究竟试过多少个方案，有过多少次失败，已经无法统计。最后，制成了两台粗糙的样机。贝尔的设计是这样的：在一个圆筒底部蒙上一张薄膜，薄膜中央垂直连接一根炭杆，插在硫酸液里，人讲话的时候，薄膜受到振动，炭杆同硫酸接触的那个地方，电阻发生变化，电流随着变化，有强有弱，接收处利用电磁原理，再把电信号复原成声音。这样就实现了用电流传递声波。

---

第谷·布拉赫，丹麦著名天文学家。他用三十年时间对行星的位置作了大量的精确观测。他的助手刻卜勒总结这些观测资料，提出了行星运动三定律。

刻卜勒，德国著名的天文学家。他仔细地分析了第谷留下的天文观测资料，发现行星沿着椭圆形轨道运行，提出了行星运动三定律，为牛顿发现万有引力定律奠定了基础。

亨斯罗，剑桥大学教授，达尔文的指导老师，对达尔文一生的事业有重大影响。



为了验证机器的效果，他们把导线从住房架到公寓的另一头。试验开始了，贝尔和沃特森对着自己的装置大声呼喊，可是，他们听到的声音不是从墙壁来的，就是从房顶上来的，机器象聋哑人一样毫无反应。他们一连试了几天，好心的邻居们默默地忍受着他们的大喊大叫。直到发明家的嗓子都哑了，通话还是没有成功。

两个朋友有点失望。两年来，他们废寝忘食，耗尽心血，造出来的电话竟是不争气的“哑巴”！

## 难忘的时刻

为什么会失败呢？贝尔苦苦思索着。是设计不对，制造有错，还是用电流传递声音果真不行。

夜幕降临了。贝尔望着窗外闪烁的繁星，眼前浮现出亨利亲切的面孔。他仿佛又听到了老科学家坚定的声音：“你有一个了不起的理想，贝尔，干吧！”

贝尔正在锁眉沉思，忽然听到沃特森在背后呼唤：“先生，您听！”贝尔转过头去，困惑地望着助手。沃特森用手指着窗外，神色惊喜地又说：“先生，您听！”

窗外，隐隐地传来一阵吉他的声音，那叮叮冬冬的音响，象山泉般在夜空里荡漾。贝尔凝神听着、听着，豁然醒悟。他跳起来朝青年技师猛击一拳说：“有啦！有啦！沃特森，你真行呀！”

原来，他们的送话器和受话器灵敏度都太低，所以声音微弱，很难辨别。吉他的共鸣启发了聪明的年轻人。贝尔马上设计了一个音箱的草图。他们一时找不到材料，就把床板拆了。两个人一齐动手，连夜赶制，等音箱做好，天已经亮了。他们只吃了几片面包，又接着改装机器。两个发明家一连忙了两天两夜。到第三天傍晚，机器终于改装好了。当时正是夏天，很闷热。贝尔和沃特森浑身汗淋淋的，脸上却露出兴奋的神色。两人在心里都感到：曙光就在前头！

他们架好了电线。贝尔在实验室里，关严了门窗。沃特森在隔着几个房间的另一头，把受话器紧紧贴在耳边。准备完毕，贝尔一面调整机器，一面对着送话器呼唤起来。

沃特森屏息静气地听着，受话器里的声音起初细如游丝，后来突然清晰地传出贝尔的喊声：“沃特森先生，快来呀！我需要你！”原来贝尔在操作机器的时候，不小心把硫酸溅到腿上，由于疼痛，他情不自禁地对着话筒呼唤求助。这是人类通过电话机传送的第一句话！沃特森听到以后，惊喜万分，急忙呼叫贝尔的名字：“贝尔！我听见了！听见了！”这时候两人欣喜若狂，互相大喊起来，谁也分不清对方和自己喊的是什么。

贝尔和沃特森不约而同地推开房门，向对方奔去。两个战友在走廊里相遇，热泪盈眶地喊着对方的名字，互相拥抱起来。历史记下了这难忘的时刻：1875年六月二日傍晚。当时贝尔二十八岁，沃特森二十一岁。两个敢想敢干的青年，克服重重困难，终于把电话制作成功了。神话变成了现实。他们勇敢创新的精神，直到今天还激励着很多有志于发明的年轻人。

当天夜里，贝尔怀着激动的心情给妈妈写信：“今天对我 159 来说，是个重大的日子。我们的理想终于实现了！我觉得，就象把自来水和

煤气送到各家一样，把电话安到用户那里的日子就要来到，朋友们不用离开家就可以互相交谈啦！”

## 不知疲倦的宣传家

贝尔趁热打铁，对样机作了改进。经过半年努力，制成了世界上第一台实用的电话机。1876年二月，贝尔申请了发明专利。

青年发明家本来以为电话机一定会被人们争着买去使用。不料，人们由于受到习惯势力的影响，对电话这项新发明也抱着怀疑、观望的态度。

事实使贝尔很快地明白了：发明电话只是成功的一半，要使电话被社会承认，还必须经过一场艰苦奋斗。

几个月以后，正好费城举行美国建国一百周年纪念博览会。这是一次难得的机会，贝尔和沃特森赶到费城，在博览会上表演用电话通话。开始，他们的电话机被陈列在教育厅出口处的一个角落里，一连几天没有人理睬。评判员也不把电话机放在眼里。后来，巴西王太子彼得洛来参观博览会（这位王太子以前到过北美，曾经听过贝尔的语音学讲演），他看见电话机以后，很感兴趣。贝尔兴奋地向王太子介绍了电话机的妙用，并且当场作了表演。王太子从耳机里听到贝尔的话音，惊奇地对左右说：“我的天，这钢铁的玩意儿竟会说话！”评判员这才开始重视起来。第二天，贝尔的电话机就被搬到博览会最引人注目的地方，成了重点展览品。参观的人络绎不绝，大加称赞。其实，人们为电话机喝采，谁也没有把它看成实用的东西。在人们眼里，电话机不过是新奇、有趣的玩具，贝尔和沃特森只是两个杂耍演员。一来因为大家当时还没有用电话通话的概念；二来也因为他们展示的电话机，通话距离只有一百来步远。对于用电话进行远距离通话的可能性，不论发明家怎样讲解，人们总是不信。这次博览会，贝尔的电话机初见世面，却没有遇到知音。贝尔深深感到，要推广电话，不但要提高机器性能，而且还需要大张旗鼓地进行宣传。他大概是美国第一个认识到科普宣传的重要性的发明家。

贝尔和沃特森回到波士顿，再一次对电话作了改进，并且利用各种场合宣传电话的原理和应用前景。

又是两年过去了。1878年，贝尔在波士顿和纽约之间进行了首次长途电话实验，两地相距三百公里。

这次试验和三十四年以前莫尔斯的华盛顿-巴尔的摩电报试验一样取得了成功。不过两次试验的风格很不一样。莫尔斯那次试验，带有浓厚的剪彩气氛；贝尔他们举行的，却是一场戏剧性的科普宣传会。贝尔在纽约，沃特森在波士顿，两个地方同时举办电话讲演，互相通话，也欢迎双方的听众试讲试听，自由交谈，气氛很活跃。

按照原来的计划，贝尔和沃特森每人聘请了一名歌手。试验到高潮的时候，要用电话传播民歌。但是，事到临头，出了问题。原来，沃特森聘请的黑人歌手突然听到话筒里传来贝尔的声音，大吃一惊，竟迟迟唱不出来，贝尔急中生智，在电话里叫沃特森出马顶替。当时有几百个女学生前来参观，其中有个金发少女自告奋勇，帮助青年技师操作电话机。沃特森从来没有当众唱过歌，现在，要当着—群陌生少女的面引吭高歌，实在难为情。沃特森满面通红，鼓足勇气地唱起来。电话里顿时传出对方的欢呼声和掌声，试验

获得了极大的成功。

第二天，波士顿一家报纸用头条新闻报导了这次试验，并且发表评论说：“这项发明，有一天可能使长途电信业务完全改观！”

### 传遍全球

为了扩大影响，推广电话，贝尔和沃特森又在美国各大城市东奔西走，巡回表演。他们是发明家，同时也是不屈不挠的科普宣传家。没有他们坚持不懈的宣传，电话是不可能那样快就普及的！发明创造因为不被人们理解而遭到埋没的例子，在历史上是屡见不鲜的。在贝尔发明电话的前几年，有一个名叫勒斯的德国学者就曾经制成过一种同贝尔的电话机相类似的装置，可以传送音乐，但是，宣传没有跟上去，一直湮没无闻。这说明，科普宣传是多么重要！

贝尔他们不辞辛劳，四处奔走，获得了很多人的赞扬和同情。可是，他们的一切活动都是自己花的钱。没有多久，发明家已经一贫如洗，在无可奈何的情况下，贝尔决定卖掉发明专利权，把推广电话的宣传工作坚持下去。他们去和当时一家最大的电报公司接洽，希望获得支持，然而公司怕冒风险，不愿购买这项专利。两个朋友到了山穷水尽的地步。这是贝尔一生中最困难的时刻。

作为发明家，贝尔坚信电话总有一天会普及。为了这个，他不惜献出自己的一切。没有经费，实验中断了，他们就一面募捐，一面讲演。这种披荆斩棘的精神，赢得了很多人的尊敬和援助。其中有一个名叫休巴顿的贵族，他的两个孩子因为耳聋曾经得到过贝尔父亲的帮助。休巴顿一直感激在心。这时，他看见贝尔因为经费困难，壮志难酬，特别同情，慷慨捐赠了很大一笔钱，作为推广电话的费用。

一个月以后，贝尔电话公司正式成立。这时离发明电话的时间已经五年了。

波士顿报纸的预言应验了，人们多少年来关于“顺风耳”的幻想实现了！电话很快在北美各大城市盛行起来。在 1880 年，美国投入实用的电话机已经有四万八千部。

在发明电话的五周年纪念日里，贝尔和沃特森望着布满全城的电话线，无限感慨。贝尔学着五年前那天晚上青年技师的语调，轻轻地说：“沃特森，你听！仔细听！”

沃特森侧耳倾听着，两眼望着贝尔。

贝尔的眼睛里闪耀着火花，激动地说：“这电话的响声真象一曲颂歌啊！”

“这歌声永远不会停止啦！”年轻的技师笑着说。

“对！因为这是对生活和斗争的颂歌，而生活和斗争是永远不会停止的。那飞越蓝天的铜线，正在把生和死、成功和失败的消息，从一个地方传到另一个地方，甚至传遍全球。”

三十年以后，北美的电话机增加到了七百万部。一百年以后的今天，全世界已有将近两亿部电话机在工作，其中，美国平均不到两个人就有一部。电话成了人类日常生活中不可缺少的通信工具。随着生产技术的突飞猛进，电话事业获得了惊人的发展。新的产品，比如无线电话、活动目标电话、数字电话、记录电话和电视电话等不断涌现，给电信事业开辟了广阔的前景。

1925，贝尔电话公司设立了贝尔电话研究所（也称做贝尔电话实验室）。这个研究所成立五十多年以来，共取得技术专利一万七千多项，其中有不少重大发现和发明，比如新闻传真机（1945年）、晶体管（1947年）、信息论（1948年）、硅集成电路（1955年）、激光理论（1958年）、可视电话（1963年）、磁泡器件（1970年）、光缆通信（1976年）等，对电子工业和其他科学技术领域，产生了重大的影响。

贝尔的电话机早已送进了博物馆，但是人们永远不会忘记他发明电话的功绩。

## 发明大王爱迪生

1863年夏季，美国密执安州休伦港遇到了空前的大暴雨，一连几天几夜，小城被洪水团团围住。铁路被淹没，电报线也冲断了，又没有船只，休伦港同外界的所有联系都断绝了。正当人们一筹莫展的时候，一个梳着分头、年龄约莫十六岁的少年，想出了一个巧妙的办法。他自告奋勇地爬上火车头，用汽笛的长短声，发出了一封求援的电报，短声相当于电报中的“点”，长声相当于电报中的“划”。不一会，从一公里多宽的河对岸，传来了长短汽笛的应答声，焦急的人群顿时高兴得把少年举了起来。就这样，被困的孤城同对岸联系上了。双方借助火车汽笛发出的长短信号，通了消息。这大约是通信史上第一次用音响传递的莫尔斯电报。这个急中生智给全城解围的少年，就是后来举世闻名的大发明家爱迪生。他一生有近两千项发明，其中要算留声机、电灯、电影摄影机、碱性蓄电池最著名。人们都称爱迪生是“世界发明大王”。

### 笨鸟先飞

1847年二月十一日，爱迪生出生在美国俄亥俄州一个叫米兰的小镇。父亲是个勤快的农民，母亲当过乡村教师，祖父是荷兰人。爱迪生全名叫汤姆斯·阿尔瓦·爱迪生，排行第七，是全家最小的一个孩子。

爱迪生从小体质比较弱，爱动脑筋。他的好奇心特别强，什么事都想亲自试一试，闹过不少笑话。四岁的时候，他想看看篱笆上野蜂窝有什么奥秘，就拿一根树枝去捅，结果被野蜂蜇得满脸红肿，几乎连眼睛都睁不开了；六岁那年，为了试验“火的威力”，他点着了父亲的牲口棚。眨眼工夫，浓烟滚滚，火焰冲天。他父亲和邻居赶来救火，一片慌乱，爱迪生却躲在一旁观看，直到牲口棚烧完为止。还有一次早饭以后，爱迪生突然失踪了，到晌午还不见他的影子。父母很焦急，四下寻找，直到傍晚才发现他在后院的鸡舍旁边，小心翼翼地趴在一堆鸡蛋上，一动也不动，原来他要亲自试一试小鸡是怎样孵出来的。他居然饿着肚子，从早到晚整整“孵”了一天。这种实验兴趣和惊人的耐心，后来成了爱迪生一生事业成功的重要因素。

爱迪生七岁那年，全家移居到密执安州休伦港。这个地方倚山傍湖，风景秀丽。第二年，他进学校读书，起步本来就迟了些，不巧又遇到一个粗暴的老师。每次上课，那个矮胖秃顶的老师总是拿着戒尺，动不动就打手心，另外还要揪耳朵和罚站，把天真的孩子管教得象木偶一样。爱迪生的心思本来就不在课堂上，他对胖老师枯燥的讲课更是没有兴趣。三个月下来，他每次考试都是全班倒数第一名。老师断定爱迪生是个低能儿，当众羞辱他，说他“不是读书的材料”。母亲听说这事以后很气愤，就让爱迪生退了学。爱迪生一生就上了这三个月学。

爱迪生退学回家以后，母亲成了他的启蒙老师。母亲性情温和，又有教育经验。爱迪生在她的循循善诱下，就象禾苗遇到了雨露。这个孩子看来愚笨，实际上很聪明，对于感兴趣的东西，稍加引导就可以领会。母亲先教他英文、算术，接着就教物理、化学，并且常用讲故事、提问题这类方式来增加他的学习兴趣。同样的课本，他在胖老师那里听起来味同嚼蜡；到了母亲这里，却变得引人入胜，趣味横生。爱迪生进步很快，两年以后，原来的同班同学还跟着老师在学“小猫”、“小狗”，他已经开始阅读《英国史》、《罗马兴亡记》、《大英百科全书》了。

渐渐地，母亲发现爱迪生特别喜欢化学和物理。他的实验兴趣更是越来越浓。每读一本书，他不但要弄懂里面讲的原理，还要亲自动手试一试。他十一岁的时候，在住家的地窖里建起了一个小小的实验室。他自己动手做了一个木架子，上面摆满了各式各样的瓶子，里面装着盐酸、苏打一类的化学药品，那都是用母亲给他的零花钱买的。后来，零花钱不够了，他就到当地刚通车的火车上去卖点心和卖报纸，挣钱来买实验用品。爱迪生最大的乐趣，就是躲在小实验室里，搞一些奇奇怪怪的实验。地窖里时常传出一些爆炸声，父母亲开始有些担心，后来也就习惯了。

有一次，爱迪生几乎闯了大祸。事情的起因不是由于药物爆炸，而是由于这个少年实验家的异想天开。

一天，爱迪生从书里读到气球上升的原理，入了迷。他想，要是人的肚子里充满了气，一定也会升上天，那该多美啊！几天以后，他用发酵粉和其他原料配了一包药粉，把它叫做“腾空剂”。正好有一个叫米吉利的小朋友到地窖里来玩，爱迪生就动员他先试一试。米吉利觉得事情有些怪，不愿意试。爱迪生鼓动他说：“为了神圣的科学事业，你就吞下去吧！”米吉利见他表情严肃，态度诚恳，犹豫了一下，就闭着眼睛把药粉咽下去了。爱迪生又端来一大杯水，叫米吉利喝下去，说是喝了可以帮助产生气。米吉利喝了水，不一会儿药性发作，疼得他大哭大叫，捂着肚子在地上直打滚。爱迪生吓出一身冷汗。米吉利的哭声惊动了爱迪生的双亲和邻居，他们赶快找来医生，才使米吉利脱离了危险。父亲狠狠地训了爱迪生一顿，但是爱迪生并不承认实验失败，他认为主要是米吉利缺乏足够的忍耐力。

“快报！快报！”

爱迪生暂时放弃了使人升天的幻想。他没有被父亲的棍棒所吓倒，只是“吃一堑，长一智”，后来选择实验对象比以前小心了。

不久，爱迪生读到富兰克林和法拉第的故事，对电学产生了浓厚的兴趣，实验的种类也多起来了。他每天到火车上去卖报纸和点心，起早摸黑，相当劳累，可是他善于抓紧一切机会学习。火车每次到达终点站底特律要停几个小时，爱迪生就利用这段时间，跑到公共图书馆去看书。晚上火车开回休伦港，他回家吃完晚饭，就一头钻进地窖里做实验。后来，为了节省时间，他索性把实验室搬上了列车。按说这是违反铁路规章的，只是由于爱迪生为人憨厚，又很勤快，乘务员和车上的旅客都很喜欢他，老车长也就默许了。每天的报纸和点心一卖完，爱迪生就乐滋滋地躲进行李车厢里，做他的化学实验。

当时，美国围绕解放黑奴问题，爆发了南北战争。战争从1861年开始，进行了四年。爱迪生在列车上卖报这段时间，正是战争的高潮，革命的北军粉碎了南方奴隶主反动武装的进攻，在东西两线战场节节胜利。战争的进程成了举国关心的头号新闻，报纸十分畅销。十五岁的爱迪生看到这种情况，灵机一动，声称自己要发行一份快报，专门刊登战场消息。大家听说以后，谁也不相信，都以为爱迪生是说着玩的。办一份报纸是多么不容易啊！当时要开一家小报馆，从主编、编辑、记者直到印刷、校对和发行，起码得有二三十人才行。另外，还有经费来源和纸张供应等一系列问题要解决。爱迪生小小年纪，要单枪匹马办报纸，而且是铅印的快报，这岂不是有点异想天开

吗？

不，爱迪生的想法自有道理。过了几天，他用卖报攒下的钱，买了一台旧印刷机和一套铅字，“爱迪生印刷厂”就算落成了。印报的设备有了，消息来源还没有着落。他就利用到底特律图书馆的机会，抄录各地报纸上的战地报导，按战场和时间进行编辑。经过一番紧张的准备以后，爱迪生接连忙了三个通宵，他自编、自排、自校、自印的第一期快报终于问世了。

这一天，只见一个笑容满面的高个儿少年，手里抱着一大卷新印出来的报纸，在车厢里高声叫卖：“快报！快报！关于战事最新进展的快报！”旅客们围上来，你一张，我一张，争着购买，几百份报纸不一会就卖光了。报纸的名字叫《先锋快报》，上面印着发行人、出版者、总编辑、记者的名字，一律都是“爱迪生”。满车的读者，谁也没有想到爱迪生就是眼前这个报童。由于爱迪生精心采访和编辑，报上除了战地新闻以外，还有铁路沿线各站的趣闻、行情、广告和剧目等，很受旅客欢迎。爱迪生旗开得胜，大受鼓舞，特地找了两个伙伴当助手，第二期的发行量就扩大了一倍。

不论办报、卖报怎样劳累，爱迪生的实验从没有中断过。他白天是新闻家，晚上却成了化学家。行李车厢的一角，就是他的编辑部和实验室。

一天，前线传来了北军在新奥尔良胜利会师的捷报。那时还没有无线电广播和电话。传递消息最快的方式，是莫尔斯发明的电报。电信传到底特律，全城一片欢腾，但是火车沿线的群众还不知道。当时的报纸没有“号外”。机灵的爱迪生征得车长和司机的同意，立刻在火车车厢两边，用大字刷出新奥尔良大捷的新闻，下面注明这条特别消息刊登在《先锋快报》上。结果，火车开到哪里，哪里就欢腾起来。爱迪生利用车厢发号外获得很大的成功，他的快报也名声远扬，销路越来越好。不但乘火车的旅客争着买，火车经过的每个站，都有许多人等在月台上，专门来买《先锋快报》。这件事，使爱迪生深深体会到电报的优越性。他对电子技术的强烈兴趣，就是从这里开始的。

正当爱迪生工作得很顺利的时候，不幸遭到了一场大祸。有一天，列车刚开出休伦港不久，因为路轨不平，火车震动得太厉害，车上实验室有个盛放磷的瓶子从桌上滚下来，摔碎了。磷本来是浸在水里的，一遇到空气，马上就燃烧起来。行李车里顿时黑烟滚滚，火苗蹿起老高。爱迪生脱下外衣，一面扑打，一面呼救。等大家赶来把火扑灭，行李车里的东西已经烧得差不多了。爱迪生的“编辑部”、“印刷厂”和“化学实验室”全都烧掉了。怒气冲冲的乘警赶来，不容分说，迎面就给爱迪生几记耳光。爱迪生跌倒在铁轨旁边，只觉得“嗡”的一声，右耳由于耳膜被震破再也听不到声音，成了终身的残疾。

真是“天有不测风云，人有旦夕祸福”。爱迪生几年的心血一下子全毁了，加上右耳聋了，他伤心到了极点。他望着渐渐远去的列车，咬着嘴唇，泪水夺眶而出。

## 小电报师

要是个懦弱的孩子，遇到这样大的挫折和打击，他的前途可能就在这儿断送了。爱迪生却是那样的坚强，飞来的横祸并没有使他一蹶不振。报纸办不成了，但是实验得继续搞下去。在失败的痛苦中，爱迪生心里升起一线

光明，这就是对 173 电报的憧憬。在火车上办快报的经验，给这个农村孩子一个重要的启示。千里以外的消息，只要按动电键，眨眼工夫就可以传到目的地，这实在是太神奇了！他决定改弦易辙，去学电报。

爱迪生灰溜溜地踏上了返回家乡的路途。“坏事传千里”，他在火车上闯祸的事，早已传遍家乡。有人甚至添油加醋地说，他差一点把整个列车都烧光了！只有母亲完全了解儿子，不相信那些流言蜚语。爱迪生在回家的路上，遭到不少熟人的冷眼。小伙子心上象压着一块石头，抬不起头来。当他快走到家门口的时候，突然看见母亲怀着急切的心情，正在门前等他。爱迪生心中的委屈和痛苦，顿时烟消云散了。他回到母亲的怀抱，浑身又有了无穷的力量。

母亲重新替爱迪生开辟了实验场所。为了防止意外，新实验室设在阁楼顶上，地窖里只堆放器材和杂物。这样，万一再发生爆炸，最多只能把房顶炸掉，不会使住人的底楼受到影响。在这个新的实验室里，爱迪生开始进行电学实验。他废寝忘食地研读电报原理，还似懂非懂地自学了莫尔斯电码，渴望能够成为一个电报师。

也算他有机缘，这年夏末的一天，爱迪生在铁路旁边散步，看见一个金发男孩在铁道上玩石子。突然，一列火车呼啸而来，很快就要压着小孩，在这千钧一发的时刻，爱迪生奋不顾身地冲上前去，抱着小孩摔倒在铁轨旁边。他脸上、身上都受了伤，小孩却得救了。孩子的父亲听到消息赶来，对爱迪生感激不尽。他叫麦肯基，是车站的站长，为了进行报答，问这个见义勇为的小伙子需要什么帮助。爱迪生想了想，说他很想学电报技术。麦肯基一口答应，可以亲自教他。对爱迪生说来，这真是梦寐以求的机会。从第二天起，他就成了麦肯基的学徒。

自从莫尔斯在 1837 年发明电报以来，只有二十多年时间，电报已经成了当时的主要通信工具。爱迪生跟麦肯基学习的时候，电报已经普及到村镇。莫尔斯开创的事业，已经开花结果，并且哺育出了新一代。爱迪生在站长全心全意的教授下，进步很快。他每天学习十八个小时，不到四个月就熟练地掌握了收发报技术。1863 年初春，十六岁的爱迪生成了一个很能干的电报师。当时，贝尔正在搞解剖死猪一类的试验。看来，爱迪生在电学上比贝尔发蒙要早，经受的磨难更多。后来他们两个人无形中在科学上展开了一场竞赛：贝尔先发明了电话，爱迪生接着发明了留声机；爱迪生改进了贝尔的电话，贝尔接着改革了爱迪生的留声机，这是很有趣的巧合。

爱迪生学会收发报技术以后，最初在休伦港铁路上当报务员，主要工作是每天值夜班，抄收值班电报。他得心应手，从来没有发生过差错。每次下夜班以后，他只蒙头睡一会儿，就起床专心研究电报技术。他特别下功夫钻研电报机的原理和维修方法，没有多久，他的技术就超过了一般报务员。所以，1863 年夏天，休伦港遭到洪水围困，他能够别出心裁地想到用火车汽笛来发电报信号。爱迪生见义勇为，受到了全城的称赞，许多人都以为他准会得到当局的重赏。但是，爱迪生 175 不但没有受到嘉奖，不久以后，反而因为一项小发明，被公司革了职。

## 多灾多难的发明家



爱迪生最初的发明生涯，简直是一部多灾多难的历史。

当时，电报员值夜班，事情并不多，通报的高峰都在白天。一到夜晚，电报机就沉寂了。但是电报公司有条规定，就是晚间每隔一小时，各站值班的电报员必须向公司总值班员拍一次电报，这是为了检查每个值班员是不是坚守岗位。爱迪生值夜班的时候，经常抽空搞自己的实验研究，每小时要打断一次，很不方便。小伙子开动脑筋，做了一种和时钟相连的定时装置，每隔一小时可以自动接通电路，向总值班员发出信号。这是爱迪生一生中的第一项发明，是用了半个月时间悄悄试验成功的。有了这个灵验的定时装置，爱迪生不但能够不受打扰地搞实验，而且疲倦的时候还可以放心地打瞌睡。不料这个未来的大发明家运气不好，他的“自动定时发报机”刚刚使用就露了马脚。一天夜里，有位大肚子领班来查岗，看见爱迪生正躺在靠椅上睡觉，电报机上装着一个莫名其妙的玩意儿。胖领班不容分说，就把爱迪生解雇了。可惜的是，爱迪生发明的自动定时发报机也被领班摔得稀烂。

爱迪生被解雇以后，到处寻找工作。几年来，他先后在几个地方的电报公司工作过。虽然报务员在当时是很吃香的，但是他在一个地方没干几个月就被老板辞退了。主要原因是他太不安分守己。资本家一向把雇员当做工具，只许循规蹈矩替他们卖命，不准别出心裁地搞创造发明。爱迪生不满足于做一个受人羡慕的电报员，他的理想是要当一个给人类造福的发明家。爱迪生利用一切机会学习新知识，做各种实验，这在老板眼里无疑是“不务正业”。再加上他不时地捅些漏子，结局当然很不美妙。在一段不长的时间里，他被开除了三次。一次是他作实验的硫酸浸透地板，腐蚀了总经理室的大写字台；另一次是为了搞二重收报机试验，他擅自拆卸了公司的机器；第三次是顶撞了上司，他一生气就卷起铺盖走了。

1868年初，二十一岁的爱迪生接受好朋友亚当斯的约请，来到了波士顿。亚当斯在波士顿西部联合电报公司当职员，答应给他找个事做。一路上大雪纷飞，北风怒号，爱迪生顾不得旅途劳累，到达波士顿的当天就去电报公司，希望在这里找到工作。亚当斯兴冲冲地带着爱迪生去见经理。经理是个精明人，他打量了一下新来的年轻人，没有说什么，就叫爱迪生上机，抄收从纽约发来的重要新闻。不知道是经理事先的安排还是出于偶然，纽约的报务员恰巧是一个快速发报能手，而且他似乎有意和爱迪生作对，发报速度越到后边越快，还故意拍发一些缩写符号。亚当斯在旁边急得捏了把汗。但是爱迪生却不慌不忙，从容地把纽约发来的电报抄完了。经理接过电文一看，笔迹工整，一字不漏，不由得露出了满意的笑容。爱迪生当场就被录用，定为二级电报员。

在波士顿西部联合电报公司，爱迪生继续搞他的发明研究。二级电报员工资不高，他经济并不宽裕，只好勒紧裤带，省下钱来买实验器材。实验的时候常常遇到危险。有一次，<sup>177</sup>他做电磁试验，不小心触了电，慌乱中碰翻电瓶，把硝酸溅了一脸。要不是眼睛闭得快，他很可能就成瞎子了。经过一个夏天废寝忘食的工作，爱迪生试制成一台自动投票记录机，并且在当年（1868）十月十一日取得专利。这是爱迪生第一次取得专利，他喜悦的心情是可以想象的。为了制造这台机器，几个月来，他不但花掉了全部工资，而且还向同事借了一百美元。几天以后，爱迪生抱着他的自动投票记录机，象当年的莫尔斯一样，满怀希望地来到华盛顿，请求议会采用他的发明。

议会主席是个大胡子绅士，他在大厅里接待青年发明家。爱迪生兴致勃勃地说明，用这种自动机器，议员们只要按按电钮，就可以把议会表决的票数统计出来。他满以为议会主席会感兴趣，没有料到大胡子绅士听完介绍以后，嘲笑地说：“小伙子，世界上的发明，我们最不欢迎的就是你发明的这个玩意儿！”

原来，资本主义议会的表决，常常是一场政治马拉松赛。拖延时间，泡蘑菇，讨价还价，是议员们的家常便饭。事实上，直到一百年以后的科学大发展的今天，西方国家的很多议会还是不用机器表决。所以那位议会主席说的倒是实话。爱迪生听了以后才明白，他的发明一出世就注定是堆废物，因为议会根本用不着它。爱迪生碰了壁，悟出一个道理，他暗暗发誓：再也不花精力去发明对大众没用的东西了！

### 一鸣惊人

爱迪生回到波士顿，决定另起炉灶，搞有实用价值的发明。他是电报员出身，当然首先就想到改革电报机。在搞自动投票记录机以前，爱迪生就打算发明一种可以同时一条线路上发两路电报的机器，他把这个机器叫做二重发报机。因为这项实验太耗费资金，他没有力量进行下去，才去搞那台倒楣的投票机。现在投票机没有人用，他决定再试验二重发报机。

爱迪生四出奔走，借了八百元钱，全力以赴地研究起二重发报机来。他为了集中时间和精力搞研究，辞去了公司电报员的职务，很有点破釜沉舟的劲头。小伙子每天把自己反锁在屋里，一心搞实验，有时甚至一个星期都不出门。饿了就啃几块面包，喝点清水。

亚当斯好些天没有看见朋友露面，有些纳闷。一天，他敲开了爱迪生的房门，只见这个职业发明家满脸油灰，正在费劲地装配一台古怪的机器，满屋子乱得象个鸡窝。看样子，发明搞得并不顺利。亚当斯很同情处在逆境中的朋友，关切地问爱迪生：“有成功的希望吗？”

爱迪生苦笑了一下说：“暂时还没有。不过，要是不成功，我就决不出这个房间的门！”

“你何必这样自找苦吃呢？”亚当斯同情地说。

爱迪生执拗地回答：“亲爱的亚当斯，我一定要发明出给人类造福的东西。我认为，一个人在短暂的一生中，最好的贡献就是造福大众。”

听到爱迪生的这番豪言壮语，亚当斯很受感动。他预感到这个朋友虽然处在困境中，前途却是不可限量的。不久，爱迪生把借来的钱全都花光了，二重发报机还是没有制造成功。试验不得不停止了。破产的发明家债务累累，处境十分艰难。他的全部家产就是一堆破铜烂铁。他不但吃饭成问题，而且随时都有被债权人控告的危险。爱迪生到了山穷水尽的地步，亚当斯当机立断，叫他出走。

他们经过一番秘密的准备，1869年夏天的一个拂晓，爱迪生偷偷地乘船离开了波士顿，送行的只有亚当斯一个人。在晨雾笼罩的码头，他们依依不舍地握别。亚当斯在分手的时候告诉爱迪生，最好到纽约去，那里是全国的电报中心，一定能够有所作为。就这样，爱迪生沿着一个半世纪以前富兰克林逃难的路线，流落到了纽约。

爱迪生登上纽约码头，身无分文，只好到处打听哪里可以找到工作。

夜幕降临，爱迪生在大街上徘徊。他望着广场上刺眼的电弧灯，不觉出了神。年轻人心中怀有许多发明的理想，纽约对他会怎么样呢？

当时，纽约不但是全国的电报中心，也是有名的金融中心，黄金投机买卖特别流行。金价忽涨忽落，牵动着全国富商和老板的心。金融市场的变幻无常，在美国著名作家德莱塞（1871 - 1945）的《金融家》这本书里，有过生动的描绘。爱迪生来到纽约的第二天，从报纸上看到一份广告，有家黄金股票通信公司要招聘电报技师。这家公司专为黄金股票商提供电报服务，收费很高，得利很厚。

第二天，爱迪生就应聘成了这家公司的雇员，约定当晚正式上班。

这回算是爱迪生走运，他在规定的时间进了电报室，偶然听到电报机发出一种不正常的声音。值班的电报员没有留意，但是熟悉电报机的爱迪生听见这种怪声，知道机器马上要出故障。果然，不出五分钟，忽然一声怪响，收报机停止了工作。当时公司的电报技师已经下班，只有那个电报员值班。总经理路斯博士进来，看见电报机出了故障，脸色一下就变了。因为当时正是黄金交易的高潮，情况十万火急。金价的涨落影响全国的行情，哪怕中断一次通报时间，后果也是不堪设想的。轻的是使顾主转赢为亏，重的是造成顾主上百万财产的损失。通信公司不但要承担巨额经济赔偿，而且有倒闭的危险。

总经理站在电报机旁边，脸色惨白。公司的命运全在这电报机的一响一停上。他向四周看了看，只见新来的电报师也在注视电报机。总经理一点不了解这个年轻雇员的技术水平，但是现在也只好让他试一试了。

于是总经理问爱迪生：“先生，你能够马上修好它吗？”

爱迪生毫不迟疑地回答说：“能够。”

“下次通报时间离开现在只有十分钟了，你能够在十分钟里修好吗？”总经理脸上露出焦急的神色。

爱迪生回答说：“估计可以。”

总经理仿佛遇到了救命恩人似的，也顾不得上尊下卑，一把拉住爱迪生说：“公司的存亡，全靠您了！”

爱迪生脱下外衣，卷起袖子，不慌不忙地拆开电报机，检修起来。他从十六岁起就同电报机打交道，对电报机的结构和原理都了如指掌。他就是蒙上两只眼睛去拆卸装配，也不会出一丝差错，何况只是排除一个普通的停机故障。总经理紧张地看着手表，一分钟、两分钟、三分钟、五分钟……当分针刚刚走过八分钟的时候，电报机就恢复了正常的响声。总经理几乎不敢相信自己的耳朵，他又惊又喜，紧握爱迪生的手直道谢。

第二天，爱迪生被提升为总电报技师，月薪三百元。他凭着一手过硬的本领，到纽约才三天就找到了工作，获得了全公司的敬佩。几年来，爱迪生受够了折磨，这次转机是他发明道路上的一个新起点。他继承了莫尔斯开创的电报事业。

爱迪生首先是一个出类拔萃的技师，然后才成为伟大的发明家。

---

德莱塞，二十世纪美国杰出的批判现实主义作家，他的代表作有《嘉丽妹妹》、《珍妮姑娘》和《金融家》等。

## 喜事临门

二十二岁的爱迪生当上了总技师，工资优厚，日常事情又少，每天有充裕的时间可以自由支配。他念念不忘在波士顿的宿愿。现在有了钱，也有了时间，他又搞起二重发报机来。

生活总是这样。一个人在不得志的时候，常常是祸不单行；但是，只要意志坚定，勇敢向前，崇高的理想就一定会实现。

爱迪生正是因为具有坚定、勇敢的精神，才迎来了事业上一个好的转折。他的试验进展得十分顺利，不到两个月，二重发报机就试制成功了。这台新式电报机能够很快地传递信息，很有实用价值，爱迪生顺利地取得了专利。为了进一步发展自己的事业，他约了两个青年朋友，合伙开设一家电器制造公司。这时离他从波士顿来到纽约，只有四个月时间。

爱迪生和朋友合办的电器制造公司，生意兴隆。爱迪生专管发明制造，他的朋友负责经营业务。他们最大的问题是资金微薄，经不起风浪。可是没有想到，有一天喜事临门了。

一家名叫攸尼温的大公司给爱迪生送来了一张请帖，约他到那里去商量要事。爱迪生不明底细，忐忑不安地去了。公司秘书满脸堆笑地把他迎了进去。随后，在总经理室进行了一场富有戏剧性的谈话。这次谈话，竟改变了爱迪生一生的命运。

原来，这家公司看中了爱迪生刚发明的股票行情自动收录器，他们想买这项发明的专利权。总经理是个矮老头，对人比较和气。爱迪生已经想好了几项其他新发明，也乐得出让这个专利。他明白了对方的用意以后，稍微考虑一下就答应了。

谈判进行得差不多了，总经理问爱迪生要多少钱。爱迪生本来想要三千元，但是他犹豫了一下，没有说出口。照他想来，发明这个自动收录器，确实也花了不少心血，但是他担心三千元钱的要价高了，于是谨慎地说：“请经理先生说个价钱吧！”

“四万元，您觉得怎么样？”总经理试探地问。

爱迪生听了以后，几乎惊呆了。他兴奋得有点不大相信自己的耳朵，过了一會兒才回答说：“这是公道的价钱。”

总经理随手给他开了一张四万元的支票，谈判就算成功了。爱迪生拿着支票走出门，心里还半信半疑：真是四万元吗？他连做梦也没有想到过这么多钱，以后搞发明再也不用为经费发愁啦！

爱迪生用这一大笔钱在新泽西州的纽阿克建立了“发明工厂”，他亲自担任电气工程师。另外，他还清了在波士顿欠的债。他的发明生涯历经千辛万苦，从这时开始进入全盛时期。1871年圣诞节，二十四岁的爱迪生结了婚。据说，结婚那天他因为埋头实验，把举行婚礼的时间都忘了。几年间，他经常睡在实验室里，很少回家，废寝忘食地工作，先后发明了自动电报机、四重发报机，还同别人合作制成了世界上第一台英文打字机。他的自动电报机每分钟能够收发三千字，打字机把字母直接打印在纸上，大大提高了收发报速度，比手抄报文方便得多，是电报通信终端一项比较大的改革。

青年发明家在电信领域崭露头角，大显身手。1877年，爱迪生觉得兼顾发明和制造很难充分发挥专长，就把发明工厂的股份出售给别人，在纽约郊区的门洛公园建立了一个研究所。这一步，不但在爱迪生一生的事业中具有

不可估量的意义，而且在美国历史上也是一个创举。因为这是美国第一个有组织的工业科学研究机构。爱迪生请了各种专业人才一起工作，其中有不少通晓基础科学的专家。他们在爱迪生的统一领导下，分工合作，集体研究，取得了巨大的成就。这个研究所，后来成了美国许多大型工业研究机构的前驱，对美国重视实用科学研究传统的形成产生了重要影响。英国科学史家梅森在《自然科学史》这本书里，曾经引用美国亨利·福特（1863 - ?）的话说，爱迪生明确地结束了理论科学家同实用科学家的区别，使我们今天一想到科学上的发现，就会联想起这些发现在现在或者将来都会被人类应用。他用严密的科学理论指导实验和研究的方法，代替了工业上光凭经验的做法，同时，他又把科学研究引上了实用的道路。

如果说，美国从富兰克林开始才有了自己的科学，那么正是从爱迪生开始，才有了近代的科学研究。可以说，富兰克林和爱迪生这两个巨匠，正好代表了美国科学史上的两个时代。

## 会说话的机器

在爱迪生研究所里诞生的第一项发明——爱迪生炭精送话器，是改进贝尔电话的成果。贝尔 1875 年发明电话，1876 年取得专利。爱迪生研究所落成的时候，贝尔正在为推广电话到处奔走。这个青年语音学家的发明最初有个明显的缺点，就是送话器灵敏度不高，通话双方必须大喊大叫，相当吃力。对于贝尔的电话有没有实用价值，不少人都有怀疑。但是，爱迪生却很钦佩贝尔的发明。作为一个发明家，他懂得创造的甘苦和价值。因此，这两个年龄相同的青年发明家尽管没有见过面，他们的心却是相通的。为了改进电话性能，好进行推广，爱迪生组织人员进行反复的研究，发现用炭精代替硫 185 酸和炭杆，效果要好得多，最后发明了爱迪生炭精送话器。

科学发明本是人类共同劳动的成果。研究人员互相启发和交流，常常有意想不到的效果。爱迪生改进送话器，本来是受贝尔的启发，没想到他在实验的过程中竟发现了一个新奇的现象。

有一次，爱迪生调试送话器，因为听力不好，就拿一根短针来检验传话膜片的震动。不料他手里的短针接触膜片以后，随着说话声音的强弱，会发生有规律的颤动。

爱迪生灵机一动，他想：如果反过来，使短针颤动，不就可以复原出声音来了吗？这个想法虽然象火花那样一闪就过去了，但是却使爱迪生十分激动。在这以前，世界上还没有人想到过把声音储存起来。因为按当时的科学技术水平来说，要想把声音储存起来，等于想让时间停留一样，是不可能的。

一连几天，爱迪生吃不下饭，睡不着觉。他象着了魔一样，在实验室里进行探索性实验。当时正是盛夏时节，天气闷热，蚊子叮人。爱迪生挥汗如雨，光着膀子做实验，饿了就吃两个馅饼，喝一杯咖啡。经过四天四夜的苦战，终于取得了突破。爱迪生压制不住内心的喜悦，在笔记上写着：“我用一块带针的膜片，针尖对准急速旋转的蜡纸，声音的振动就非常清楚地刻在蜡纸上了。试验证明，要把人的声音完整地贮存起来，什么时候需要就什么时候再放出来，是完全可以做到的。”

1877 年八月二十日，是爱迪生发明生涯中特别值得纪念的日子。这天清晨，爱迪生起得很早。他兴冲冲地走进办公室，掏出一张机械设计图，交给

一个叫克鲁茨的助手，请他马上试制出来。克鲁茨是个技术很高明的机械师，他拿着图纸端详了好一阵，也看不出是干什么用的。

“先生，这是什么玩意儿呀？”机械师忍不住问。

“这是一台会说话的机器，请你赶快照图样做出来。”爱迪生把手一挥，急不可待地说。

克鲁茨从来没有听说过有会说话的机器。他听了爱迪生的解释，脑海里打了一个大问号。为了要看个究竟，他马上跑到车间，照图样制作起来。等机器造好，已经是吃晚饭的时候了。机械师三步并做两步地把它送到爱迪生那里。

爱迪生看见机器和设计的完全一样，非常满意。实验室的人听到消息，连晚饭也顾不得吃，都好奇地围了上来。大家打量着摆在桌子上的机器，看模样并不复杂，一个笔筒那样大小、中心有轴的金属筒，横向固定在支架上，金属筒表面刻着纹路，跟一个小曲柄相连，旁边是一个带碗口的粗金属管，金属管的底膜板中心焊着一根针头，正对着金属筒的槽纹。说实在的，不但当时的人们很难把这种古怪的机器同“会说话”联系起来，就是在今天，我们乍一看到这个东西，也很难猜出它是干什么用的。

在场的人都不相信这台机器会说话，有的人还打趣地说，爱迪生是在“开国际玩笑”。爱迪生微微一笑，胸有成竹地取出一张锡箔，裹在大圆筒上。并且把连着膜板的针头对着锡箔。等一切准备好了，他就开始用摇柄转动大圆筒，一面对转动，一面对碗口唱起来：“玛丽有只小白羊，它的绒毛白如霜……”。因为锡箔下面的金属筒上有槽纹，所以随着歌声的起伏，唱针在锡箔上刻出了深浅不同的槽纹。

然后，爱迪生停下来，把针拨回起始的位置，让克鲁茨把耳朵贴近“碗口”。爱迪生重新转动摇柄，一个熟悉的声音顿时传进克鲁茨的耳朵，它还在办公室里飘荡。声音虽然细微，却清晰入耳。这一下把大家都惊呆了。过了一会儿，克鲁茨第一个喊起来：“我的老天，真是会说话的机器呀！”原来，连在膜片上的金属唱针把声波转化成锡箔上的波纹。当唱针沿着波纹重新振动的时候，录下的声音就再现出来了。爱迪生给他的发明取了个动听的名字，叫做“留声机”。当时的英文字典里没有这个词，它是根据两个希腊词“声音”和“记录器”合成的。

这台留声机虽然结构简单，外观不好，能录的声音也不多，但是它的出现，却是前所未有的创举。人类第一次实现了声音的贮存和再现。这是继贝尔发明电话以后，电声学上又一个伟大的创造。当时，爱迪生才三十岁。

爱迪生发明“会说话的机器”的消息，象春风一样流传开了。好奇的人们从各地纷纷赶来，挤满了门洛公园里的爱迪生研究所，他们一个个对着留声机叫喊，吹口哨，打喷嚏，唱歌子，然后入神地聆听机器重新播出这些声音。参观的人越来

越多，门洛公园车水马龙，简直变成了一座游艺场。大家对爱迪生的发明惊叹不止。报刊纷纷发表文章，称赞这是“十九世纪的奇迹”，甚至在美术作品里也出现了留声机。

爱迪生誉满全球，整个世界都被他的发明震动了。1878年春天，英国皇家学会特地举办了留声机展览，巴黎世界博览会主持人也派专人远渡重洋，到爱迪生研究所索取留声机样机。法国政府还为这项发明颁发了奖金。为了表彰爱迪生的发明，美国总统在白宫接见了。总统和政府官员观看了留声

机表演，都赞不绝口。

爱迪生成了新闻人物。采访、宴会、签名和各种荣誉，使他简直招架不过来。他对这些社会应酬不感兴趣，好不容易才逃出重围。他需要的是时间和工作。青年发明家在考虑，怎样对留声机作进一步改进。刚刚问世的机器还有些不理想的地方，比如声音小，录放声音的时间短。另外，靠手柄旋转，转速不好控制，如果录放声音的时候转速不匀，声音就会明显失真：转快了，声音变得尖声怪气；转慢了，就会低沉得象老牛哞哞叫。为了消除这些缺点，爱迪生作了一系列改进。在第二代留声机的话筒上，他加了个喇叭形的音筒，远看很象一朵硕大的喇叭花，是作为扩音器用的。他还用蜡筒代替锡箔，并且在

机箱里装上了驱动结构，每次只要上紧发条，就可以自动录放声音。原先用锡箔，每张只能使用一次。改成了厚的蜡筒，每用完一次，刮掉以后还可以再用，使用寿命大大延长。不过，改进以后的留声机放音时间还是比较短，每次最多可以播放四分钟。这在当时已经是很难得的了。

其他发明家对改进留声机也很热心，不少人在作新的探索。一场使“会说话的机器”达到完善的竞争激烈地进行着。

1881年，贝尔和两个助手也发明了一种留声机，同爱迪生的留声机的原理一样，结构也很相近，只是录制声音的方法不同：爱迪生的留声机是用唱针在一条线上刻成不同的深度；贝尔的留声机是在蜡筒上刻出曲线来。换句话说，一个是唱针作纵向运动，另一个是唱针作横向运动。后来在1937年，贝尔的这台留声机曾经在美国一个工程学院公开展出过。现在虽然已经过去五十多年了，转动机器上的蜡筒，还清晰地播出了当年记录的话来。

1886年，贝尔的堂兄弟同别人合作，取得了一种新型的留声机设计的专利。这种留声机，第二年由爱弥尔·柏林纳制造成功。它的最大特点，是用圆盘形的唱片代替了大唱筒，唱片用两个手摇转轮带动。唱片留声机同唱筒留声机相比，性能有明显提高，基本上形成了现代电唱机的雏形，这无疑是留声机发展史上的一次重大革新。

爱迪生也不甘落后，为了对付日益激烈的竞争，他经过连续苦战，在1888年，把他的唱筒型留声机装上了电源，用电瓶启动，然后用接有软管的耳机收听，有点象医生在用听诊器听诊一样。改进以后的留声机，声音清晰逼真，被人们广泛地使用。直到晚年，爱迪生还在努力改进留声机。可是，最后唱片还是取代了唱筒。

## 把光明带给了人类

爱迪生一生有两千多项发明，平均十三天就有一项发明，其中最辉煌的两项发明——留声机和电灯，差不多是同时完成的。

就在爱迪生发明留声机的同时，他对电灯的研究取得了突破。

当然，爱迪生并不是第一个研究电灯的人。早在十九世纪初期，就有人探索用电来照明。在几十年时间里，不少科学家前赴后继，作出了贡献，但是直到爱迪生的时候，还没有一种实用的电灯问世。

在研究电灯的先驱者中，首先应该提到的是法拉第的老师戴维。戴维在做电化学实验的时候，曾经发现两根相邻的碳棒中间通过电流，会发出强烈的弧光。他根据这个发现，发明了弧光灯。他用两千只伏打电池做电源，使

一盏弧光灯发出的光足够照亮一个大厅。戴维还发现，白金丝通过电流的时候，会白热发光，而且很快就会在空气中烧掉。这一发现，启发了后来的人发明了白炽灯。跟戴维同时，有个俄国科学家彼得罗夫（1761 - 1834）也发现过电弧，时间比戴维早一些，不过由于沙俄统治者不重视，彼得罗夫的发现被埋没了。

到十九世纪下半叶，随着发电机的问世，电弧灯已经广泛用在灯塔、剧院和广场的照明。但是由于电弧灯耗电惊人，每一盏电弧灯都得配上一台发电机，而且灯光也太刺眼，不适合家庭使用。人们一直用煤气灯、蜡烛或者油灯做家庭照明，黑烟很多，也不明亮。为了寻求一种经济实用的电灯，人们做了大量工作，积累了很多失败的教训和成功的经验。十九世纪七十年代，发明电灯的条件日趋成熟，不少人都想显一显身手。爱迪生就是在这时候参加研究的。1869年，他刚到纽约的时候，曾经对着街灯出神，想不到十年以后，他的发明竟使全世界的街灯改变了面貌。

1878年初秋，在留声机研究胜利在握的时候，爱迪生决定集中精力研究白炽灯。他首先收集人类照明的各种资料，从上古的油灯、鱼烛，后来的煤气灯，直到当代各种电灯的研究资料，凡是和照明有关的材料，他都进行研究。他先后摘录的有关笔记，就有四万多页。1873年，俄国有一个叫罗德金（1847 - 1923）的青年工程师，研制出了一种白炽灯。他用细炭条做灯丝，装在密闭的玻璃泡里，这大约是世界上最初的原型电灯。但是由于解决不了寿命短的致命弱点，他最后破产了。因此，许多人对白炽灯的研究望而却步。几年以后，另一个俄国人雅布洛奇科夫（1847 - 1894），对电弧灯作了改进，发明一种新颖的“电烛”，很受欢迎。据说巴黎的大街，伦敦的剧场，直到柬埔寨的王宫都曾经闪耀过“电烛”的光亮。不过，从本质上说，“电烛”还是一种电弧灯，只是稍省些电罢了。爱迪生经过反复比较，决定研究白炽灯。他确信白炽灯成本低，耗电省，只要解决了寿命问题，最有成功的希望。爱迪生在笔记里写着：“电弧灯太刺眼，我们希望的是小型电灯，并且它能象输送煤气一样，架设到千家万户。”

从九月开始，门洛公园里的研究所成了研究电灯的战场。爱迪生是总指挥，有七个经验丰富的人当助手。爱迪生首先遇到的难题，是不知道用哪一种材料做灯丝才能延长灯泡的寿命。最先他试用传统的炭条，但是一通电就断。接着，改用钨、铬等金属丝，通电以后，也不过亮了片刻就烧断了。爱迪生再改用熔点高的白金丝做试验，灯泡的寿命还是不长。

1878年过去了，爱迪生的研究毫无进展。他用极大的毅力和耐心，试验了一千六百多种材料。各种金属、石墨、木材、稻草、亚麻、马鬃，都成了试验品。爱迪生用的试验方法，基本上属于试探法。凡是能够想到的东西，他都找来试验。今天看来，这当然是一种笨办法，既有相当的盲目性，又要耗费大量的时间和材料。但是他那种百折不挠的精神确实叫人钦佩。更有意义的是，爱迪生的方法虽然笨，末了还是捷足先登，夺得了发明电灯的桂冠。

一千六百多种材料都试过了，经费也花得差不多了，试验还是没有成功。爱迪生一筹莫展。这个时候，不但一般人认为爱迪生成功不了啦，连很多专家也觉得电灯的前途黯淡。英国一些著名的电器专家甚至公开讥讽他的研究“不过是荒唐无稽的梦呓”。纽约报刊的记者也落井下石，刊登采访记，说“爱迪生研制电灯的宏愿已成泡影”。

但是，爱迪生没有退缩，顽强地伏在这只“蛋”上，执意要把“小鸡”



孵出来，要把明亮的电灯研制出来。

啊，电灯！

爱迪生和助手们经受着严峻的考验。他们关在实验室里，夜以继日地干着。实在困倦了，就在实验室的桌子上躺一躺。爱迪生因为劳累过度，虽然身强力壮，但是两眼常常布满血丝，显得疲惫不堪。

爱迪生在休伦港车站学电报的时候，麦肯基站长热心教过他电码。爱迪生建立研究所以后，特地请他到所里来工作。这时，麦肯基已经上了年纪，实际上做不了多少事啦，爱迪生聘请他来，不过是为了报答他的情谊，让他挂个闲职养老罢了。麦肯基是苏格兰人，长着红棕色的头发和胡子。有一天，爱迪生正在为灯丝材料冥思苦想，忽然看见了麦肯基的红胡子，不由眼睛一亮。他问麦肯基，为了电灯实验，能不能借用一样东西。麦肯基明白爱迪生看中了他的胡子，立刻就剪下一撮来。爱迪生怀着极大的兴趣挑选了几根粗胡子，先进行炭化处理，然后装进灯泡里做实验。这时，他已经设计出一种新的抽气机，灯泡的真空度有明显的提高。

遗憾的是，实验结果表明，用胡子做灯丝，效果也不理想。麦肯基找到爱迪生，把胸口一拍说：“再试试我的头发吧！”爱迪生说，头发和胡子的性质一样，没有采纳。但是，麦肯基的献身精神是感人的，他深情地望着麦肯基，目光偶然落在他的粗线外套上。青年发明家立刻对助手喊起来：“快！找一卷棉线来。”麦肯基听了，毫不犹豫地解开外套，从里层撕下一大截粗线，递给爱迪生。助手们看见爱迪生接过棉线时候的激动神情，每个人的脸上都露出了兴奋的神色。他们知道，每当爱迪生作出重要决定的时候，他总是这种表情。

爱迪生先把棉线放在U形密闭坩埚里，再把坩埚放进火炉，用高温处理。等棉线炭化以后，让它冷却，然后用镊子取出来。大家目不转睛地看着他操作。炭化棉线又细又脆，加上爱迪生过于紧张，开始几次都碰断了。到第三天傍晚，他们才成功地把炭精丝装进了灯泡。这时夜幕已经降临。一个德国籍的玻璃专家按照爱迪生的吩咐，把灯泡里的空气抽到只剩下一个大气压的百万分之一，封上了口。这为爱迪生的成功提供了先决条件。

爱迪生接通电流，他们日夜盼望的情景终于出现在眼前：灯泡发出了金色的亮光！爱迪生和助手们无比惊喜，他们忘记了十三个月来的失败，忘记了连续苦战的疲劳，一直守着这盏电灯。这一天是1879年十月二十一日，后来就把这一天定为电灯发明日。连续用了四十五个小时以后，这盏电灯的灯丝才被烧断，这是人类第一盏有实用价值的电灯。

爱迪生没有陶醉，为了进一步提高电灯的寿命，他继续寻找更有效的灯丝材料。又是两个春秋过去了。爱迪生和助手们试验了世界各地六千多种植物的纤维，最后发现日本的竹子比较理想。电灯的寿命提高到了上千小时。1882年初春，第一批实用的电灯终于问世。

这年秋天，爱迪生在纽约帕尔街创建了发电所，正式向用户供电。最初只有两百家用电灯。人们对新发明都有个接受过程，对电灯也不例外。爱迪生供电所给用户架好电线以后，一夜间都被割断了。因为很多人看见电线纵横在空中，害怕把雷电引下来伤人。其实，电线和打雷完全是两码事，市民

产生恐惧，主要是由于缺少有关电的知识。第二天晚上，爱迪生研究所的人员不得不全体出动，沿街巡逻，保护电线。他们还找报馆协助，宣传电灯的好处和安全。为了扩大用户，爱迪生并且宣布，凡是愿意用电灯的人，可以免费使用三个月。

尽管采取了这些措施，用电灯的家庭还是不见增多。这是怎么回事呢？爱迪生带着研究所的人员，挨家挨户地征求意见。原来，爱迪生他们采用串联的供电方式，如果一户发生故障，全部用户的电灯就会一齐熄灭，而且各家的电灯不能随便开关，要由发电所统一控制。如果不这样做，让用户自己控制，那么，整个线路就会断开，造成一片黑暗。煤气公司本来就担心电灯会抢煤气灯的生意，更是抓住这些缺点，百般诋毁。再加上习惯势力的影响，一般市民大多保持观望态度。

但是，正象电报、电话的经历一样，凡是造福于人类的新发明，最终一定会得到社会的承认和欢迎。爱迪生后来把串联的供电方式改成了并联的供电方式，解决了使用中的实际问题。他们还研制了主要设备——发电机，研制了稳压器、开关、接线盒、绝缘带和保险丝等一系列配件，保证了电灯的设备能够配套使用。纽约市民渐渐感到了电灯的好处，用户一天天多起来。几年以后，电灯完全取代了煤气灯。

后来，人们又对电灯作了改进，采用了效能更好的钨丝。直到一百年以后的今天，人们还在用它照明。

电灯是十九世纪末最著名的一项发明，也是爱迪生对人类最辉煌的贡献。希腊神话中说，普罗米修斯给人类偷来了天火；爱迪生却把光明带给了人类。

## 天才出于勤奋

爱迪生成了家喻户晓的大发明家。有一回，一个朋友当面称赞他是天才，爱迪生笑了笑说：“天才，不过是百分之一的灵感加上百分之九十九的汗水！”了解爱迪生的人都知道，这确实是他的心里话。爱迪生经常一天连续工作二十个小时，因此他留下的许多照片，有不少是面带倦容的。他的许多发明都经过了成千上万次的失败。他的每项发明都是心血的结晶，都是通过大量艰苦劳动取得的。

爱迪生把整个身心都扑到了发明创造上，实验和研究成了他的第二生命。他的发明一个接一个问世。发明电灯不久，他在转盘画玩具的启发下，又发明了电影机。爱迪生亲昵地称它是“留影机”。当然，电影的发明人也远远不止爱迪生一个人。他的主要贡献是使电影走出了实验室。1894年春天，他在纽约百老汇大街公开展出了他发明的“电影视镜”。这种电影是装在小匣子里的，每次只能一个人看，相当原始。但是在爱迪生展映那天，却引起了轰动。百老汇大街挤得水泄不通，都想先睹为快。后来，经过法国卢米埃兄弟和许多研究者（包括爱迪生）的共同努力，电影才搬上了银幕。电影的出现，丰富了人民的文化生活，也促进了文学艺术的发展。无论在技术史或者文艺史上都是一件大事。

1900年，五十三岁的爱迪生又开始向另一个技术难关进军。随着科学技术的发展，活动电源的需要量越来越大。原有的铅硫酸蓄电池因为寿命短，适应不了新的需要。爱迪生决心试制一种新蓄电池。

这又是一场艰苦卓绝的持久战。爱迪生动员了所有的人力、物力，花了九年时间，试验了九千多种材料，历尽波折，最后才试验成功镍铁硷性蓄电池。在研制过程中，爱迪生失败了不下五万次，连他的助手都不能坚持了，但是他却坚韧不拔，毫不动摇。他常常说的一句话是：无法可想的事是没有的。在他看来，任何问题都有解决的钥匙，关键就在怎样找到它！正是这种顽强的精神，使他成了世界上的大发明家。

1947年，在中国电机工程学会上海分会纪念爱迪生诞生一百周年的会上，一个中国工程师称赞他说：“爱迪生终身自称是一个发明家，他竭尽才智，耗尽精力，都是为了发明。发明是他的志愿，也是他的事业。”另一个西方传记作家对爱迪生作了这样的评价，“他没有统率过三军，驰骋战场；也没有占领过哪个国家、征服过哪国人民，但是他发挥的力量，却不是哪个军人所能够梦想得到的。”

1924年五月，美国投票选举国内最伟大的人。爱迪生得票最多，光荣当选。美利坚合众国授给他一枚特级国会荣誉勋章，这是国家的最高奖赏。这时爱迪生已经七十七岁，还是照样“一天干两班”，从来没有想到要退休。他的座右铭是：

我探求人类需要什么，然后我就迈步向前，努力去把它发明出来。

爱迪生一生的发明，获得专利的有一千三百多项；有人统计，实际上有二千多项。单是1882年一年，他申请的专利就有

一百四十一项。“爱迪生效应”不算发明，不在统计的范围里；实际上它的影响更深远。爱迪生最重要的发明是电灯和留声机，其他比较著名的发明还有：二重和四重电报机、电影、电车、蓄电池、打字机、水泥、橡皮，等等。在第一次世界大战期间，他担任美国海军部技术顾问，先后发明了水雷探测器、水底巡灯、战舰稳定器、吸声器等三十九种器械。

这位农民家庭出身的发明家享年八十四岁。从他十六岁的第一项发明——自动定时发报机算起，平均每十二天半就有一项新发明。要是光算1882年一年，平均不到三天就有一项发明。当然，这些发明创造大多是研究所的成果，是集体智慧的结晶。因为无论怎样，一个人要在一年中，每三天就搞出一项发明来，再能干也是不可能的。但是作为爱迪生研究所的主将，作为这个伟大发明王国的总指挥，他的贡献是举世无双的。称他是“世界发明大王”，实在是当之无愧的！

1931年十月十八日，爱迪生与世长辞了。当时，美国有人提议全国停电三分钟为他默哀。但是，人们很快就认识到这是不成的，因为哪怕停电几秒钟，也会造成社会和生产的巨大混乱。这不正好说明爱迪生一生的贡献是多么伟大！

---

1883年，爱迪生在研究用高熔点金属材料做灯丝的时候发现：当灯丝白热以后，给金属板极加上正电压，金属板和灯丝虽然没有接触，却有电流通过；给金属板加上负电压，金属板和灯丝之间就没有电流通过。这就是著名的“爱迪生效应”。当时，爱迪生解释不了这个现象。直到1897年，约瑟夫·汤姆逊发现电子以后，人们才明白“爱迪生效应”是热电子发射，可以起整流和检波的作用。

## 马可尼和波波夫

无线电是谁发明的？西方公认是马可尼，苏联只承认波波夫。这个问题争论了半个多世纪，直到今天还没有统一，成为近代科学技术史上有关发明权的一桩公案。

那么，究竟是谁发明无线电的呢？这还得从 1888 年谈起。

### 赫兹波引起的轰动

在近代科学技术史上，1888 年应该用金色大字来书写。这一年，德国青年科学家赫兹打开了电磁波的大门。

赫兹的发现公布以后，全世界的科学界立刻轰动起来。不论是拥护还是反对电磁理论的人都很激动，很多人甚至转向了赫兹的实验。一些有远见的科学家意识到赫兹对电磁波的发现，不但在理论上具有重大意义，而且在实用上也有很大的价值。工程技术人员更是被赫兹波吸引住了。

怎样利用这种奇妙的赫兹波呢？

1888 年，很多人都在考虑这个问题。德国一个不大出名的工程师胡布尔，提出了利用赫兹波来进行无线电通信的设想。胡布尔是赫兹的好友，他对自己的设想在技术上能不能过关没有把握，就写信给赫兹征求意见。他的设想是在给赫兹的信里提出来的。

赫兹和麦克斯韦一样，是搞理论物理研究的。他探测电磁波的目的，是为了检验麦克斯韦的理论，对电磁波是不是能够在实际中应用考虑得不多。他在给胡布尔的回信里答复说：“如果要利用电磁波来进行无线电通信，大概得有一面象欧洲大陆那样大的巨型反射镜才行。”这个回答，等于否定了胡布尔的设想。

1894 年，三十六岁的赫兹不幸在外科手术中死去。后人都为他的过早去世感到惋惜。

赫兹的一生虽然短暂，但是他为人类发现了电磁波，还发现了“光电效应”，他在物理学上的功绩是永垂不朽的！

### 群雄逐鹿

赫兹的天才实验，给无线电发明家们开辟了广阔的道路。在 1888 年以后的几年时间里，探索赫兹波的应用成了最激动人心的课题，各国研究用电磁波传送信息的人很多，形成群雄逐鹿的局面。

研究赫兹波第一个取得成果的，是法国物理学家布冉利（1844 - 1940）。1890 年，他在重复进行赫兹实验的时候，无意中发现赫兹波使一个玻璃管里的铁屑的电阻减小了。这个“铁屑效应”的发现对他很有启发。于是，他就根据“铁屑效应”的原理，来改进赫兹的接收器。赫兹检测电磁波的电波环过于简单，它实际上只相当于一个单匝线圈。电波环在感应到电磁波的时候，灵敏度是很低的。因此，赫兹的实验只局限在实验室里。布冉利对赫兹的接收器改进以后，制成了金属屑检波器。他把装有细铁屑的玻璃管两头，都接上导线和电池。在没有电磁波的情况下，玻璃管里的铁屑是松散的，不能导电；当电磁波辐射到接收器上的时候，玻璃管里的铁屑被

磁化而粘在一起，就能够通过电流，比较好地起到检测电波的作用。同年，布冉利使用金属屑检波器，使电磁波的探测距离增大到一百四十米。

1894年，英国皇家学会会员洛奇（1851 - 1940）对布冉利的发明作了改进。洛奇，这个长着络腮胡子的教授，跟赫兹和开尔文都是朋友，他早年就对电磁波有相当研究。他把金属屑检波器同继电器和打字机连接起来，组成了一台接收机。在实验过程中，金属屑受电磁波作用粘结以后，总是不能恢复原来的松散状态。为了解决这个问题，洛奇专门设计了一个机构，能够自动敲击玻璃管，使金属屑及时恢复原状。洛奇利用这些改良的装置，在相距几百米远的地方进行了莫尔斯电码的无线电传送。洛奇的检波器在早期的无线电研究中发挥了巨大的作用。

洛奇的教学工作很忙，没有把自己的研究进一步用在无线电报方面，但是，他在牛津皇家学会的会议上，在大学的讲坛上，多次作了关于检测电磁波的讲演，有力地推动了无线电的研究工作。

和洛奇在英格兰进行实验的同时，远在太平洋中的新西兰岛上，坎特伯雷学院一个四年级的大学生卢瑟福，也在改进布冉利的检波器。

卢瑟福当时二十三岁，正在准备理科学士的学位考试。坎特伯雷学院尽管设备简陋，但是要求很严格，学生要通过学位考试，一定得写出有独创见解的论文才行。卢瑟福选的题目是《赫兹波的研究》。在实验中，他对布冉利的检波器不大满意，就动手作了改进。他躲在破旧、阴冷的地下室里，发明了别具一格的磁性检波器。这是一个中心放着一束磁化过的细钢针的线圈。当电磁波到达线圈的时候，线圈的感应作用可以使钢针暂时失去磁性，这样就达到了检测的目的。卢瑟福的磁性检波器比起布冉利的金属屑检波器来，检波灵敏度要高得多。

1894年的《新西兰协会学报》发表了卢瑟福的研究论文《用高频放电法使铁磁化》。这篇论文引起国内外科学界的注意，卢瑟福因此获得了理科学士学位。这一年，卢瑟福还在一座十八米长的工棚里进行了电磁波收发表演。有人把这次表演中收发的信号，称做“越过新西兰上空的第一份无线电报”。卢瑟福比洛奇小二十岁，当时很多人都认为他最有希望发明无线电。但是，1895年他获得了到英国去深造的奖学金。他到剑桥大学以后，受到首屈一指的原物理学家约瑟夫·汤姆逊的影响，就改变了研究方向，后来成了杰出的原子核物理学家。

美洲大陆也不甘落后。1893年，纽约一个面庞清瘦、目光炯炯有神的中年电学家台思拉（1856 - 1943）发表了电磁波接收的调谐原理，并且用无线电波启动了远处的电灯开关。台思拉是南斯拉夫人，二十多岁的时候发明过感应电机。他在欧洲找不到支持者，就变卖了自己所有的东西作路费，1884年来到美国。他博学多才，思想敏捷，朋友们称他是“当代的达·芬奇”。在赫兹发现电磁波的那年，台思拉倡导使用交流电，掀起了电气事业中的一场革命，并且最后战胜了主张使用直流电的赫赫有名的对手爱迪生。1893年前后，台思拉又对无线电传送信息发生了兴趣，做了很多关于遥控方面的试验，比如点燃远处的电灯，驾驶快艇模型，等等。这些实验，对后来的一些无线电发明家虽然没有直接影响，但是预示了无线电广播和新闻传真的可能性。

在探索赫兹波的应用中，在向无线电进军的行列中，除了布冉利、洛奇、卢瑟福、台思拉四个著名人物以外，还有很多默默无闻的探索者。他们没有惊人的发现，但是，他们每个微小的成功和失败，都是后人宝贵的借鉴。

在科学的征途中，谁不辞辛劳，谁就有希望达到终点，谁善于吸取和总结前人的经验，谁就能够得到成功。波波夫和马可尼，就是这样的佼佼者。

## 波波夫脱颖而出

1859年三月，波波夫出生在俄国乌拉尔一个矿区的小镇上。父亲是个牧师。波波夫小时候爱到矿上去玩，矿场的一切都使他感到新奇。他没有多大就学会了木工，能够制作好玩的水磨机械模型。他十二岁那年，表现出对电工技术的爱好，自己做了个电池，还用电铃把家里的钟改装成闹钟。波波夫小学毕业以后，父亲把他送进神学校读书，为的是让他将来进神学院深造。但是，波波夫对物理学和数学最感兴趣，这两门功课的成绩都很出众，连校长也感到惊异。

1877年，十八岁的波波夫考进了彼得堡大学数学物理系。在大学里，他学习非常刻苦。家里供不起他上学，他就在晚上担任家庭教师，有时还给电灯公司当电工，靠半工半读来维持学习。

在彼得堡大学，波波夫总是不满足于课本知识，常常爱提出一些新奇的创见。那些平庸死板的教授并不赏识这个“不安分守己”的学生。波波夫意识到彼得堡大学不能发挥自己的才能，就转学到森林学院学习。这个学院虽然不象彼得堡大学那样有名，但是师生关系融洽，学术思想比较活跃。波波夫在这里，有一段时间热心地研究使用炸药。这是很危险的研究工作。瑞典著名科学家诺贝尔（1833 - 1898）为发明炸药曾经九死一生，诺贝尔的弟弟就是在试验中被炸死的。波波夫试验利用炸药在森林里开路，也险些送命。后来，他研究出用电线遥控炸药的爆炸，相当成功。因此，同学们都把他叫做“炸药专家”。

1882年，二十三岁的波波夫大学毕业，成绩优异。第二年，他被喀琅施塔得海军水雷学校请去当教员。这个学校离彼得堡不远，有很多精密的电学仪器，学校的实验室在当时的俄国是数一数二的。水雷学校除了教学任务以外，还领导学生进行有关电磁方面的研究。波波夫到水雷学校不久，就成了很受欢迎的讲师。他充分利用学校的良好条件，在教学和电磁实验方面积累了丰富的知识。他在水雷学校还参加过观测日全蚀的活动，当过电灯公司的电气技师，热情推广电灯。有一天，有个朋友问他的雄心是什么，他回答说：“我要走遍俄罗斯，为整个俄国带来光明。”

1888年，波波夫二十九岁那年，赫兹发现电磁波的消息传到俄国，他也被强烈地吸引了。他兴奋地说：“用我一生的精力去装设电灯，对广阔的俄罗斯来说，只不过照亮了很小的一角；要是我能够指挥电磁波，就可以飞越整个世界！”波波夫的理想改变了。

就在第二年，波波夫成功地重复了赫兹的实验。在一次公开的讲演中，他在胡布尔以后，提出了可以用电磁波进行无线电通信的设想。

波波夫怀着新的理想，在水雷学校实验室里埋头研究，制作了很多有关的仪器。布冉利、洛奇的研究工作对他也有不少启发。

1894年，三十五岁的波波夫制成了一台无线电接收机。

这台接收机的核心部分，用的也是改进了的金属屑检波器，跟洛奇的检波器有异曲同工之妙。不过，波波夫认为使用打字机不方便，他改用电铃做终端显示，电铃的小锤可以把检波器里的金属屑震松。电铃用一个电磁继电器带动，当金属屑检波器检测到电磁波的时候，继电器接通电源，电铃就响起来。

这台接收机同洛奇的那台结构相似，但是灵敏度却高得多。波波夫的独特贡献，是首次在接收机上使用了天线。有一次，波波夫在实验中发现，接收机检测电波的距离比平常有明显的增加。他很久都找不出原因，感到很奇怪。后来，他突然看见一根导线碰到了金属屑检波器。波波夫把导线拿开，电铃就不响了，可是把实验距离缩小到原来那样近，电铃又响起来。这个意外的发现，使波波夫喜出望外。他索性把导线接到金属屑检波器的一头上，并且把检波器的另一头接地，结果实验距离大大增加。这根导线就是世界上第一根天线。波波夫的这个发现意义很重大，它同布冉利发明金属屑检波器的价值不相上下。

波波夫首先把他的接收机用在检测雷电方面，他把这台机器称做“雷电记录仪”。也就是说，波波夫当时的实验只局限在气象观测上，还没有发展到无线电通信领域。他的这种实验是相当危险的。一个多世纪以前，富兰克林曾经冒着生命危险做人工传导天电的实验，利赫曼曾经因此丧了生。现在，波波夫也勇敢地同天电打起交道来，只不过他用的不是风筝，而是他自己发明的接收机。他把莫尔斯电报机接在机器上，电报纸条成了他的记录器。1894年六月一个雷雨的夜晚，波波夫冒着危险，用他的接收机成功地录下了空中的闪电。

### 世界上第一份无线电报

1895年五月七日，波波夫在彼得堡俄国物理化学会的物理分会上，宣读了论文《金属屑同电振荡的关系》，并且表演了他发明的无线电接收机。

表演是在大厅里举行的。波波夫沉着地在大厅的讲台上安放好接收机，他的助手雷布金在大厅的另一头操作火花式电磁波发生器。雷布金比波波夫小五岁，人很精干。波波夫的接收机由金属屑检波器、电铃、继电器、记录器和一根垂直的天线组成。当雷布金接通火花式发生器的时候，接收机的电铃立刻就响起来；断开发生器，铃声也就随着停止。当时，出席会议的都是物理学界的知名人士，其中有的人思想保守，原来不相信电磁波能够传递信号，这次耳闻目见，不由得信服了。一个当初抱着反对态度的科学家，还上台去同波波夫握手，表示祝贺。

表演结束，波波夫充满信心地说：“最后，我敢于表示这样一个希望，我的仪器在进一步改良以后，就能够凭借迅速的电振荡进行长距离通信。”几十年以后，苏联政府把这一天定做“无线电发明日”。

1896年一月，俄国物理化学协会刊物《电》一月号发表了波波夫的文章，介绍这次表演的情况。它立刻引起了全球学术界的关注。

不久以后，波波夫用电报机代替电铃，当做接收机的终端，他的装置就成了一台无线电发报机。

1896年三月二十四日，波波夫和助手雷布金在俄国物理化学协会的年会

上，正式进行了用无线电传递莫尔斯电码的表演。在场的观众有一千多人。

表演的时候，接收机装设在物理学会会议大厅里，发射机放在附近森林学院的化学馆里。雷布金拍发信号，波波夫接收信号，通信距离是二百五十米。物理学会分会会长佩特罗司赫夫基教授把接收到的电报字母逐一写在黑板上，最后得到的报文是：“海因里希·赫兹”。它表示波波夫对这位电磁波的伟大发现者的崇敬。这份电报，虽然很短，却是世界上第一份有明确内容的无线电报。

波波夫的成功，预示了人类通信史上的一个新纪元即将到来！

## 马可尼崭露头角

波波夫表演无线电收发报以后不久，也就是1896年初夏，意大利的二十二岁的无线电发明家马可尼踏着晨光，登上了就要开往英国伦敦的邮船。这个年轻的发明家容貌清秀，显得有些腼腆，好象是个怕羞的姑娘。他小心翼翼地守着一只大箱子，寸步不离，就象里面装了什么无价之宝一样。

邮船徐徐离开码头。马可尼望着意大利海岸消失在身后，神情无比兴奋，他就要去英国，他的发明就要见世面啦！天边出现一片玫瑰色的朝霞，他仿佛看见未来在向他微笑，向他招手。

这个意大利青年发明家，就这样登上了新的征途。

马可尼出生在意大利北部的波伦亚城。父亲是个农庄主，母亲是爱尔兰一个贵族的后代。马可尼的血统有一半是英国的。

马可尼天资聪颖，勤奋好学，尤其喜欢阅读物理学方面的书籍。赫兹发现电磁波的时候，马可尼十四岁。

马可尼十六岁那年，有个叫李奇的老师送他一本电学杂志。李奇也是研究电磁波的，对赫兹实验的原理和意义理解得很深，无线电史册上记载着他的研究成果。马可尼按照老师的要求，仔细阅读了杂志上那几篇介绍赫兹实验的通俗有趣的文章。他激动万分。在李奇的指导下，他在学校做了一些电磁实验。后来，他在家也做起实验来。父亲看见儿子整天摆弄线圈、电铃和一些古怪的玩意儿，很不以为然，由于母亲的袒护，马可尼才没有受到父亲的干涉。

第二年，马可尼十七岁。他一面实验，一面大量收集资料。从布冉利、洛奇、台思拉这些大师的研究成果，直到一些不著名的人的文章，他都千方百计地找来了。马可尼钻研了整整一年，把这些先进者的见解和得失弄清楚以后，成了一个小专家。他决定把各家的长处综合起来，用在自己的装置上。

他在波伦亚附近父亲庄园的楼上潜心实验。楼上有一张小长桌，推开桌子旁边的窗户，可以看到花园里的玫瑰和远处的群山。马可尼在这张小长桌前度过了少年时代的许多日日夜夜。

他经历了很多次失败。父亲常常嘲笑他是个“不切实际的空想家”，他毫不气馁。1894年，他二十岁的时候，终于取得了初步的成绩。有一天，他把母亲请到楼上的实验室里来。小长桌是他的实验台，上边摆着一台简陋的收发报装置。马可尼一按电钮，就从楼下客厅里传来一阵铃声，而楼上和楼下并没有导线相连。这是马可尼第一次实现无线电信号传送。母亲看见儿子的研究有了成绩，高兴得嘴都合不拢了。晚上丈夫回家，她把丈夫动员上楼，叫儿子当场表演。父亲看见“空想家”搞出点名堂来了，也很高兴，但是他



没有说什么。

从这次以后，马可尼买试验器材，再也不用偷偷向母亲要钱了。

1895年夏天，二十一岁的马可尼在父亲的花园里进行了一次非常成功的电磁波传递信号实验。他用的发射装置，是李奇改进的火花式发射机；接收机带着一根天线，同波波夫的很相象，其中金属屑检波器是洛奇改进过的那种，另外还有电铃和电池。

同年秋天，马可尼把电磁波的传送距离扩大到二·七公里。他把火花式发射机放在村边的小山顶，天线高挂在一棵大树上。接收机却安放在家里的三楼。一个同伴给他当助手，在小山顶发报，他在楼上接收。对方发送信号的时候，接收机的电铃能够清晰地发出响声。实验取得了成功。

马可尼渴望进一步进行试验，由于缺少经费，他向意大利邮电部写信，请求资助，但是没有得到支持。

为了使无线电能够有实用价值，能够为人类服务，二十二岁的马可尼告别亲人，登上了新的征途。

### “把鸡蛋立起来了”

马可尼踏上了陌生的英国国土。

他不喜欢伦敦的浓雾和黑烟，很不习惯大都市的忙碌和喧闹。这里没有地中海那种和暖的气候，更没有意大利的绮丽风光。但是，他还是被伦敦吸引住了。因为他到英国来的目的，不是为了旅游，而是为了寻求发展无线电的机会。

有人说，马可尼是幸运儿，确实是这样。马可尼到达伦敦不久，1896年六月二日，他的发明就取得了英国政府的专利。专利局的官员还给了他一张名片，介绍他去找英国邮电总局的总工程师普利斯博士。

普利斯是英国电信界的权威人士。从1882年起，他就在研究感应无线电报。他的方法是通过信号电流从导线中流过所产生的磁场，在另一根不相连的导线中感应出同样的电流来。1885年，他用这种电流感应的方法，在相距四百米的两条绝缘线路之间进行了电话信号传输。但是，由于增加传输距离的时候，要求导线相应增长，甚至同传输距离相近，这就失去了“无线”的意义。

1896年初夏，马可尼刚到英国的时候，普利斯正在英格兰西部的布里斯托尔进行一次大规模的试验，想在英格兰和爱尔兰之间传送“感应电报”。一个星期天的夜晚，他分别接通了横跨英格兰和爱尔兰南北的两条电报主干线，构成两条巨大的平行线路。但是，无论是爱尔兰还是英格兰发出的信号，对方都没有收到。试验失败了。

普利斯辛辛苦苦地研究了十几年，劳而无功，心中有些惆怅。

正在这个时候，普利斯从英国杂志《电气技师》上，看到马可尼申请专利的简报，知道马可尼不是用电流感应的方法，而是用电磁振荡的方法发明了无线电报，他真是无比的惊奇和欣喜。

普利斯急切地想见到马可尼。杂志上没有刊登马可尼的住址，他就派人到各个旅馆去寻找。

一天上午，一个提着大箱子的年轻人拜访普利斯来了。普利斯象遇到久别的亲人一样高兴，接过马可尼手里的箱子，把马可尼拉进了屋子里。两人

进行了一阵热情的交谈以后，马可尼打开箱子，把收发报机搬出来，请普利斯过目。他是那样的恭敬，就象一个学生在请老师指点习作一样。

普利斯发现马可尼的收发报机相当笨重，里面的部件也不是什么稀奇的东西，就幽默地说：“人人都认识鸡蛋，但是，只有马可尼把鸡蛋立起来了！”这话有个典故。据说，航海家哥伦布（1451 - 1506）有次出席宴会，为了回击一个大臣对发现新大陆的轻视，他顺手拿起一个鸡蛋问大家：“谁能在桌子上把它立起来？”满桌的王公大臣试了又试，都没有办法。哥伦布笑了笑，“啪”地一声，敲破鸡蛋的一头，鸡蛋就稳稳地立在桌子上了。普利斯在这里把马可尼比做发现新大陆的英雄，是对他很高的评价。

普利斯很赏识马可尼的才干，请他留在邮电总局做进一步的实验。

不久，马可尼在邮电总局大楼顶上和三百米远的一座银行大楼之间成功地进行了试验。几个月以后，在普利斯的帮助下，马可尼在索尔兹伯里平原进行了无线电信号实地收发实验，距离达到八公里。

1896年十二月十二日，伦敦科技大厅坐满了听众，普利斯作完关于无线电报的科普讲演以后，笑眯眯地把坐在旁边的马可尼介绍给大家，说他带来了一套新的电报装置，用不着导线，可以通过赫兹波进行远距离通信。

马可尼从讲台下取出收发报机。这是两个大盒子。一个盒子装着发射机，由电池、线圈和一对形状跟哑铃相象的赫兹振子组成。这就是李奇的火花式发射机，它可以辐射一米到一米半的电磁波。另外一个盒子是黑色的，里面是带继电器的金属屑检波器，盒子外面有两条水平铜带，当接收天线用，盒顶装着电铃。

马可尼把两个盒子分别放在大厅的两个角上，一个自告奋勇的听众当发报员，马可尼守着接收机。当发报人按下电键的时候，马可尼面前盒子上的电铃立刻就发出了响声。为了证明没有弄虚作假，马可尼举起盒子，在全场里到处走动。每个观众都听到了铃声。整个大厅变得比游艺场还热闹。

普利斯戏剧性地把年轻的发明家介绍给公众，使他登上了社会舞台。全英格兰都知道了马可尼和无线电报。

## 两种遭遇

马可尼得到普利斯的知遇，是他一生中最大的幸运。

普利斯身居英国电信界的领导地位，论研究无线电通信的资格，他比布冉利和洛奇都老，但是他并不骄傲。普利斯看见青年马可尼研究出自己多年没有研究出的东西，他只是由衷地感到高兴，没有丝毫嫉妒。他不但鼓励年轻的马可尼，替马可尼作宣传，而且还设法争取政府的资助。这一切，对马可尼的事业产生了重大的影响。

当然，马可尼的成功还有重要的社会原因。当时，英国正处在资本主义向帝国主义发展时期，海外贸易很发达，同海外有广泛联系，无线电如果能够得到实际应用，就会对英国的航海事业大有好处。同时，英国有优良的科学传统，政府比较重视科学发明，所以政府有关方面支持马可尼，乐意资助他。

可是，波波夫的遭遇恰好相反。

由于沙俄封建落后，抱残守缺，漠视无线电事业和科学家，波波夫的发

明没有得到政府的关心和帮助。波波夫第一次向有关当局申请实验经费，竟得到这样批示：“对于这种幻想，不准拨款。”只是由于海军上将马卡洛夫一再坚持，后来才拨下区区三百卢布。

波波夫正在为缺少实验经费发愁的时候，马可尼却欣喜地得到了普利斯的通知：英国邮电总局同意给他提供全部实验经费和所需要的各种物资，用来进行海上通信试验。这两个发明家，一个是逆水行舟，一个是一帆风顺。因此，波波夫虽然比马可尼早一年取得研究成果，但是很快就落到了后面。

波波夫意志顽强，在相当艰难的情况下，继续进行试验。

1897年春天，三十八岁的波波夫在喀琅施塔得停泊场进行无线电实验，可靠的通信距离达到六百四十米。

同年夏天，波波夫和雷布金分别在巡洋舰“阿非利加”号和教练舰“欧罗巴”号上进行无线电通信联系的试验，最大距离达到五公里。这是一次比较著名的试验。在试验过程中，波波夫和雷布金发现，每当“依利英中尉”号巡洋舰在“阿非利加”号和“欧罗巴”号之间经过的时候，通信都要中断一会儿。这表明“依利英中尉”号挡住了信号。换句话说，就是金属物体对电磁波产生了反射。波波夫预见到这个现象有重大实用价值，把它报告给了喀琅施塔得港海军司令部。可惜他的报告没有得到有关方面的重视。三十多年以后，别的科学家就根据金属物体对电磁波反射的原理发明了雷达。

当波波夫在喀琅施塔得港做实验的时候，马可尼正在英国西海岸南段的布里斯托尔海湾紧张地进行跨海通信试验。马可尼的发明究竟有没有生命力，将由这次试验的结果来回答。普利斯对这次试验抱着很大的希望，特地叫自己最信任的助手乔治·肯普来协助马可尼。

马可尼把发射机装在拉渥洛克岸上的小屋里，屋外竖起一根很高的杆子，上面架设了用金属圆筒制成的天线。接收机开始放在海湾里的佛勒霍姆小岛上。接收天线也是架在高杆上的金属圆筒，跟对岸的发射天线遥遥相对。收发两地之间相距四·八公里，通信效果良好。这个距离已经接近波波夫的五公里的记录。

一个星期以后，马可尼和肯普把接收机移到海湾对岸的布瑞当，收发距离增大到十四公里半，并且用两只覆盖着锡箔的风筝做收发天线，在实验中，风筝可以升到四十九米高，比先前的圆筒天线更高。五月十八日，通信试验获得很大成功，无线电信号第一次传过了布里斯托尔海湾。普利斯，这个英国邮电总局的决策人，对试验结果非常满意。试验结束的时候，普利斯拍着马可尼的肩头表示祝贺，马可尼却称赞肯普的干练得力。普利斯为了帮助青年发明家取得更大的成功，当场告诉马可尼可以把肯普留下。马可尼大喜过望，从此，肯普就成了他终身的助手，对他的事业帮助很大。

这次跨越海湾的通信试验在无线电史上是很有意义的。人类第一次不用导线把信号传过了海湾。半个世纪以后，英国当局为了纪念这件有历史意义的大事，在试验地点举行了一次隆重的纪念仪式。这时，普利斯、马可尼、肯普都成了历史人物。出席纪念会的有政府官员和很多知名人士，有肯普的儿子，还有一个八十四岁的老人马求斯。当年，马求斯是出租马车夫。马求斯老人对记者说：“现在我还记得马可尼年轻的面孔，我就是靠着这堵墙看着他和肯普准备试验的。马可尼非常专心地安放仪器，就象个将军在指挥作战一样。我真没有想到我会活到这一天，会看到这么多人到这古老的教堂来向年轻的意大利人致敬。”

在举行纪念仪式的教堂里，举行了纪念屏建成的揭幕式，古铜色的纪念屏上题词是这样的：

### 马可尼超过了波波夫

马可尼在英国进行无线电跨海试验成功，引起了意大利政府的重视。同年六月，马可尼接到意大利驻英使馆的通知回国。他在意大利建立了一座陆上电台，跟意大利军舰通信，距离延长到十九·二公里。意大利国王和王后在罗马接见了她，并且很有兴趣地观看了他的表演。

1897年七月，马可尼重返英国，开始研究无线电的商业应用，并且在伦敦成立了无线电报通信公司（1900年改为马可尼无线电公司）。

紧接着，马可尼在怀特岛的艾伦湾建立了一座电台，名字叫尼特无线电站。怀特岛在英格兰南端，对岸是英国作家狄更斯（1812—1870）故乡朴次茅斯。怀特岛在英国地图上只是一个不引人注目的小岛，但是，马可尼却在那里进行了一系列著名的通信试验。

一项发明，只有当它达到商业应用的水平，才算有了价值。艾伦湾尼特电台完工以后，很多政府官员和社会名流都到这里来参观。有一天，开尔文勋爵也来到这里。这位大西洋海底电缆的创始人，头年还对无线电表示怀疑，但是在事实面前，也完全信服了。在怀特岛电台的机房里，他很愉快地给普利斯等老朋友拍发了电报，他拍给格拉斯哥大学物理实验室的电报是这样的：

格拉斯哥大学物理实验室收。告诉布里斯，这是通过以太波从艾伦湾发到朴次茅斯的商业电报，然后借助邮局的电报机传到格拉斯哥的。——开尔文。

电报拍完以后，开尔文从衣袋里掏出一先令硬币交给电报员。在场的人都觉得诧异。电报员以为勋爵在开玩笑，硬是不收。

开尔文笑了笑说：“这是拍发这些电报的费用，它标志着商用无线电报的开始。”他坚持要付，说这是对马可尼通信装置的赞赏。最后，电报员收下了这不平常的一先令。这是世界上第一份收费的商用无线电报。拍发它的人恰好是长途有线通信的奠基人，这是很有意义的。

1898年七月，马可尼的无线电报装置正式投入商业使用，替爱尔兰首都柏林《每日快报》报导快艇的比赛实况。马可尼把电台装在一条租来的轮船上，随时把比赛进程拍发给岸上的接收台，然后通过电话线直接告诉《每日快报》编辑部。当天晚上，晚报就登出了快艇的比赛结果。

同年十二月，马可尼在南海岬灯塔和一艘灯船（相当于浮动灯塔）之间建立了无线电通信。灯船用刚装上的收发报机向南海岬灯塔的电台报告有一艘轮船在哥德文搁浅，使海军总部价值五万二千英镑的财产没有受到损失。这艘灯船第二年三月在海上同一艘邮船相撞，由于它有无线电报装置，及时发出出事的消息，南海岬立刻派救生艇赶到出事地点，把遇难船员全部救了起来。这是无线电首次为营救海难的人立了功。

马可尼没有满足于已经取得的成就，继续进行试验。1899年盛夏，他成

---

电文中的“以太波”，实际就是电磁波，当时不少人还保留着“以太”这个习惯说法。

功地实现了英法海峡——多佛尔海峡两岸的无线电报联络，把通信距离增大到四十五公里。英法各报都在头版作了报导，学术界也发表文章赞扬和评论这次试验。

这时候，波波夫在俄国黑海舰队进行试验，通信距离还只达到十七公里。1895年，波波夫虽然拍发了世界上第一份无线电报，但是短短三年的时间，马可尼就超过波波夫，赶到前面去了。马可尼第一个使无线电投入商业实用，第一个使无线电成了海上救生的利器，第一个使无线电信号越过英法海峡。

在增大通信距离的过程中，马可尼同样作了很多艰苦的工作。一系列的试验表明，天线越高，通信距离就越大。但是，无论在岸上还是在舰船上，天线的增高都是有限度的。后来，马可尼就把注意力集中在增大发射功率和接收机的灵敏度上。当时电子管还没有问世，要实现这两点是相当困难的。

1899年七月，马可尼的无线电通信装置第一次在英国海军演习中使用。英国皇家海军舰艇“亚历山大”号、“欧洲”号、“女神”号都安装了马可尼的装置。演习中，马可尼、肯普和另一个助手分别在这三艘军舰上工作，通信装置很成功。演习结束，英国皇家海军同马可尼签订合同，要他第二年给英国海军的二十八艘军舰和四个陆上通信站安装无线电通信装置。这是马可尼公司签定的第一个合同。这次演习也证明，两艘军舰行驶到互相看不见的地方，照样可以通信。这意味着电磁波信号有可能“绕过”地球本身的曲面进行传递。

这年九月和十月，马可尼应邀在美国访问。他用随船携带的无线电装置报导了在美国领海里举行的国际快艇比赛。在纽约期间，他偶然和一个爱好无线电的美国青年德福雷斯特（1873 - 1961）相识，并且给了德福雷斯特很大的启发。几年以后，德福雷斯特发明了真空三极管，使整个无线电事业改变面貌。

访问结束，马可尼把通信设备装在回国所乘的“圣·保罗”号邮船上。这是美国的定期邮船，它将要横渡大西洋，驶向英国。马可尼离开纽约以前，通过海底电缆发电报给伦敦的电信公司，说“圣·保罗”号在抵达英国水域的时候，他要和怀特岛上的尼特无线电站进行通信试验。公司有关人员得知“圣·保罗”号预定在星期三上午十点到十一点之间到达，星期二下午他们就到尼特站做好准备。实验室主持人弗仑德还派了一个助手在机房值夜班。

第二天，弗仑德很早就起来巡视整个通信站。浓雾笼罩着洋面，通过的客轮连影子都看不见。

已经是中午时分，邮船预定到达的时间早过去了，还是一点消息也没有。弗仑德和助手们开始焦急起来：该不会出什么事吧？

电报员不停地发出无线电联络信号。弗仑德在电报机旁边来回踱着。时针指着下午四点四十五分，接收机上的电铃突然响了起来。

“你是‘圣·保罗’号吗？”尼特站发出电报问对方。

对方回答：“是的。”

“你在哪里？”

“六十六英里远。”

马可尼的来电驱散了大家的忧虑，尼特站顿时洋溢着欢乐的气氛。这一

次，马可尼把无线电通信距离增大到一六公里，无线电信号第一次突破了一百公里大关。这一天是 1899 年十一月十五日。

波波夫的工作，也是 1899 年十一月才得到俄国海军部承认的。当时，俄国战斗舰“阿普拉克辛海军上将”号在哥格兰德岛附近触礁，为了进行营救，波波夫在科特卡城和哥格兰德岛之间建立了俄国第一条实用的无线电报线路，距离四十公里，完成了营救任务。三个月以后，通过这条无线电通信线路，又救出了二十七个遇难的渔民。在喀琅施塔得港担任司令的马卡洛夫收到波波夫的报告，给他发来热情的贺电：

兹代表喀琅施塔得全体海军官兵衷心祝贺你的发明获得的辉煌成就。开辟从科特卡到哥格兰德的四十三俄里的无线电报通信线路是科学上极为重大的胜利。

马卡洛夫是俄国第一个理解波波夫事业的人。

在营救了战斗舰“阿普拉克辛海军上将”号、成功地应用无线电报以后，海军总部终于相信了波波夫的发明，让他在俄国军舰上训练使用无线电报的人。但是宝贵的时间已经过去了，马可尼已经远远超过了波波夫。

## 飞越大西洋的信号

二十世纪第一个春天来到了。

马可尼没有因为自己创造的无线电通信突破一百公里的记录而陶醉，他把目光投向了辽阔的大西洋，渴望建立起欧洲和美洲之间的无线电通信。

这是一个雄心勃勃的计划。很多内行的人都认为很难实现。第一，因为当时的无线电收发报装置还处在原始阶段：发射机还停留在火花式发射机的水平上，电振荡是衰减的，也没有功率放大输出；接收机很简单，检波器是老式的金属屑检波器，没有电子管放大电路，也没有现代接收机最基本的超外差

接收方式。第二，因为英国和北美相隔太远，不少人担心地球的曲面会妨碍通信的实现。一般人都以为电磁波只能象光波一样直线传播，不能绕过地球曲面传播，北美收不到英国发来的无线电信号。

马可尼根据 1899 年在大西洋上进行通信试验得到的经验，认为电磁波有可能“绕过”地球曲面传到大西洋彼岸，他决心去探索。

为了实现越过大西洋进行通信的宏伟计划，马可尼做了大量的准备工作。1900 年，他取得了无线电史上有名的调谐电路的专利。这种电路相当于现代接收机的输入调谐回路，虽然不复杂，却使那种简易接收机的灵敏度和选择性有了显著的提高。

同年十月，马可尼在普尔杜建立第一座大功率发射台，采用了十千瓦的音响火花式电报发射机。这是当时世界上功率最大的发射机。同发射机相配合的天线很复杂。最初架设的是一种庞大的垂直天线阵，是用两千根六十米高的金属杆围成的一个大圆柱网。网的直径是四十五米，周围还有很多固定

---

一俄里等于一·六六八公里。

超外差接收方式，是把射频信号先同接收机所产生的振荡混合，产生一个中频信号（差频），然后对中频进行放大、检波。这种接收方法采用固定的中频。中频放大器可以按照最佳的放大特性设计，大大提高接收机的灵敏度和选择性，现代接收机都采用这种方式。

的缆绳，从远处望去，十分壮观。可是因为天线太高，支撑困难，没有多久就被大风刮倒了。后来，马可尼改变了设计方案，新架设的天线用很多根垂直天线排成扇形，结构牢固，抗风性强，可以一直使用下去。初次试验，通信距离达到三百二十二公里。

1901年十一月二十六日，马可尼同肯普和另一个助手佩基乘“撒丁”号轮船，从英国西部港口利物浦启航，向纽芬兰驶去。

当时气候寒冷，甲板上常常结起薄冰。马可尼望着波涛汹涌的大西洋，心潮起伏。四十多年以前，勇敢的开尔文沿着这条航线铺设了第一条大西洋海底电缆。今天，他就要去开拓新的领域，完成人类通信史上的又一个壮举。

十二月六日，轮船横渡大西洋，到达纽芬兰的圣约翰斯港。马可尼和两个助手登陆上岸。第二天，马可尼拜访了纽芬兰的官员，受到热情接待。主人答应和他密切合作，为实验提供一切方便。

为了选择理想的接头地点，肯普和佩基陪着马可尼，走遍了圣约翰斯的海岸。最后，他们看中了一座小山（它后来被叫做信号山）。这是一块可以俯瞰港口的高地，四面有天然屏障阻挡大西洋的飓风，山顶上有两英亩左右的一块平地，正好可以架设气球或者风筝天线。近处有一座旧式建筑，当时已经把它做了医院。马可尼在那里选了一间屋子安放接收机。

他们抵达纽芬兰的第三天，有关实验的准备工作都圆满地完成了。

十二月九日，他们在信号山开始工作。两天以后架设天线，马可尼决定用气球把接收天线升起来。天线很长、很重，他们用了一个直径近五米的氢气球，从信号山高地冉冉升起，大家都用期待的目光望着它。当气球升到约莫三十米高的时候，忽然刮起了大风，气球被吹得摇摆不定。马可尼急忙指挥收紧缆绳，但是已经来不及，气球很快就被卷走了。

第二天，大风还没有停。马可尼想，改用风筝可能会好些。四年以前，他在布里斯托尔海湾的成功试验，就是用的风筝。当天上午，他们赶制好一个正六边形的大风筝。在一阵紧张的操作以后，风筝牵引着天线升了起来。天线下端固定在一根粗大的电线上，通过一根引线，从窗户引进设在医院里的电报机房。风筝在大风中来回晃动，但是，最后还是被控制住了，升到一百二十米的高空。

这是一个阴冷的日子，脚下是悬崖，海水发出雷鸣般的吼声。透过朦胧的雾霭，隐约可以看到远山的轮廓，那是北美大陆的最东角，再向东就是浪涛滚滚的大西洋。这里和英国海岸相隔三千多公里。圣约翰斯港躺在山边，笼罩在一片薄雾中。

马可尼记下了他当时激动的心情。他是这样写的：“关键的时刻终于来到了，我为它做了六年艰巨的准备工作。各种指责和各种困难从来没有使我动摇过。我就要检验我的理论的正确性，证明马可尼公司和我已经获得的三百多种专利的价值。为了进行这次试验和在普尔杜建造大功率无线电台，花费了几万英镑，这笔钱是不会白花的。”

为了更有把握，马可尼决定不用莫尔斯电码记录仪做终端，他改用电话机来直接收听金属屑检波器的输出信号。因为人的听觉比记录仪器灵敏得多。这一点，是波波夫在1899年进行通信试验时候首先发现的。当时，雷布金和舰长特罗依茨基在做收发报试验，他们意外地发现用电话机可以直接收听电报信号，而且通信距离明显增大。雷布金当时就把情况报告给波波夫。

他们继续试验，发现信号微弱得不能启动电报机的时候，电话机却可以听到声音。波波夫后来根据这个发现研制出电话终端接收机，并且获得了俄、英、法等国的专利。马可尼可能从波波夫的这个发现中受到过启发。

1901年十二月十二日，预定的通信时间到了，大家屏息静气地等候着。大约在中午十二点半钟，电极键突然发出了“的答”声，这表明有信息来了。马可尼立刻抓起电话筒，紧张地听着。

三个微小而清晰的“的答”声在马可尼耳边响起。啊，千真万确，这就是从大西洋彼岸传来的信号！

马可尼几乎不敢相信这是事实，他把电话筒递给旁边的肯普说：“肯普先生，你听听有什么没有。”

肯普接过听筒，兴奋地把它贴在耳朵上。几秒钟以后，他喊了起来：“是他们的信号，是的！三点短码！”

在莫尔斯电码中，“三点短码”代表“S”字母。这个信号是马可尼预先约定的。现在，从普尔杜发来的“S”字母信号，越过相隔三千多公里的大西洋，被他们清晰地收到了！试验人员欣喜若狂。马可尼抬头仰望空中飘动的风筝，眼睛里闪现出快乐的光芒。他确信，不用电缆进行横越大西洋通信的时代已经不远了。

几分钟以后，信号中断了。肯普发现风筝被风刮到另一个方向去了，天线的有效高度相应地降低了。

大家耐心地守候着。经过半小时，电话听筒里第二回传出了三下“的答”声，然后又沉寂了。信号山高地上的大风不断地改变着风筝和天线的位置。又过了十分钟，电话听筒里第三回传出了清晰的“的答”声。三回大约共有二十五次。在随后的时间里，还可以听到这种声音，不过由于信号太弱，听不大清楚。

越过大西洋进行无线电通信的试验结束以后，马可尼同肯普、佩基微笑着走出医院大楼，站在台阶上。一直等在外边的摄影记者，给他们照了相。这是非常珍贵的历史留影。当时，马可尼只有二十七岁。

第二天，马可尼准备再次重复这个试验，由于信号山上的风太大，风筝晃动得很厉害，只好作罢。当天下午，马可尼通过海底电缆给伦敦马可尼公司的董事拍发了一份电报，说信号已经收到，由于天气恶劣，不能继续试验。晚上，他把成功的喜信告诉了圣约翰斯城的邮局，邮局马上用有线电报把这个重要新闻传到世界各地。

## 再接再厉

“S”信号胜利越过大西洋，这是无线电发展史上的重大突破。很多人为这件值得喜庆的事情欢呼和赞美。但是，怀疑的人也不少。一些老学究从报纸上看到试验成功的消息以后，不相信是事实。有的人甚至嘲讽地说：“只燕不成夏，一组‘S’字母不能算莫尔斯信号！”硬是不承认马可尼的试验传送了信息。有些专家却怀疑普尔杜的大功率发射台可能会干扰其他船只的短程通信。



一些报刊显然是领了某些公司的津贴，才对马可尼怀有敌意的。但是，英国最有影响的《泰晤士报》在关键时刻却大力支持青年发明家马可尼，它接连发表文章积极宣传马可尼的试验，给与很高的评价。很多年以后，马可尼在回顾这段经历的时候，还对《泰晤士报》充满了感激之情。

当年，马可尼除了要对付不公正的舆论外，还得对付某些公司的挑战。正象爱迪生发明电灯引起煤气大王的忌妒一样，马可尼利用无线电横越大西洋传送信号的试验获得成功，也引起了英美电报公司的忌妒。这些有线电报公司的老板享有大西洋海底电缆的专利。他们担心马可尼的成功会使他们的利益受到影响，因此宣布马可尼侵犯了电报公司的权利，还反对马可尼在纽芬兰建立商用无线电站。后来经过美国和加拿大政府的调停，矛盾才缓和下来。

不管怎样，无线电远距离通信已经作为新生事物出现在地球上。这是客观存在。电报公司的老板们渐渐认识到，不承认这个客观事实是不行的。当年年底，远东电报公司和英美电报公司举行年会，大会主席引用了几个专家的评论来安抚各个股东。他要大家看清形势，解除顾虑。其中有个专家的评论是这样的：“尽管建立一个商业无线电系统已经快要成为事实，但是海底电缆在长时期里还是长途电报的重要工具。很明显，无线电在保密和可靠性等方面不能同海底电缆竞争，它不能完全取代海底电缆。”

这个判断是很有见解的。无线电的确不能完全取代海底电缆（直到八十年以后的今天还是这样），就象飞机不能完全取代轮船一样。不过，无线电的快速、经济、无处不到等优点，又是海底电缆没法相比的。

用无线电传送“S”字母横越大西洋的试验取得成功以后，只要建立起永久性的电台，洲际无线电通信就是指日可待的事情了。

为了向全世界证明这一点，1902年十月，马可尼在普尔杜发射台和美国轮船“费拉德尔菲亚”号之间做了进一步的试验。这艘轮船是从英国南安普敦港（同怀特岛隔水相望）航行到美国纽约的。发射机和头年用的相同。船上的接收机采用固定天线，架设在主桅杆上，高出海平面六十米。接收机终端用的是莫尔斯电报机，可以把信号记录在电报纸上。这次试验进行得特别顺利。“费拉德尔菲亚”号在距离普尔杜发射台二千五百公里的地方收到了从普尔杜发来的电报信号，电文有确实的内容。如果拍发测试字母，接收距离就会更远，可以达到三千二百公里。试验完毕，马可尼展示了电报纸的记录信号，对收发距离也认真进行了核实，并且让船长米尔和船上的主管官员签了字。这次试验的结果公布以后，怀疑派终于没话可说了。

加拿大政府对这次试验取得的成绩很满意，特地拨出一万六千英镑给马可尼，让他在格拉斯湾建立一个大功率的发射台。1902年十二月的一个夜晚，相隔三千多公里的普尔杜台和格拉斯湾台开始试验通信。这是英国和加拿大之间第一次正式进行的洲际无线电通信。试验结果，英国接收加拿大发出的信号很清晰；加拿大接收英国发出的信号要差些。这表明普尔杜台的发射功率还不大够。于是，马可尼公司又花了一笔款子，改装普尔杜台的设备。改装完成以后，两台之间的正式通信完全成功。第一份从加拿大拍到英国的正式电报是马可尼发给英国国王和意大利国王的。两个国王收到电报以后，都回电表示感谢。

美国对加拿大和英国之间的通信成功，十分羡慕。不久，他们就请马可尼主持，在科德角修造了一座大功率的发射台。从这里发给英国的第一份无

线电报是美国总统发给英国国王的。无线电成了各国政府首脑和国王的宠儿。

1903年春天，开始从美国向英国《泰晤士报》用无线电传送新闻。每天的最新消息当天就可以见报。那些曾经诋毁过无线电通信试验的报纸只好认输了。

这时候，马可尼的事业已经在全世界范围里取得了很大的发展。除了英国、意大利、加拿大和美国以外，德国、比利时和刚果等很多国家的海岸、要塞也都建造了马可尼式的无线电台。成百艘在大西洋航线上行驶的邮船也纷纷采用了马可尼的装置。无线电开始成了全球性的事业。

## 发明权的诉讼

在科学史上，一项重大的发明刚刚破土而出的时候，总会遇到种种非难和阻力，而它一旦开了花，结了果，接踵而来的，就是有关发明权的争论：究竟谁是真正的发明者。

无线电事业展现出了灿烂的前景，无线电的发明权也就成了追逐的目标。有的人不承认波波夫的工作；有的人对马可尼的贡献提出非议；有的人却这样问：功劳究竟该归波波夫还是马可尼？或者该归更早的先行者？

几位无线电事业的先驱，象布冉利、卢瑟福和洛奇等，他们都对发明权抱着谦虚的态度。

波波夫既肯定了自己的工作，又承认马可尼的贡献。同时，他也对马可尼提出了一点批评。

1902年七月，波波夫和马可尼曾经见过面。马可尼随同意大利国王，乘巡洋舰“卡洛艾伯图”号访问俄国喀什港。俄国各报发表了热情的文章，称赞马可尼在俄美之间第一次建立了无线电通信。在港口，波波夫登上巡洋舰拜访了马可尼。根据当时在场的马可尼的朋友苏拉尼的回忆：“当波波夫来到巡洋舰上的时候，握着马可尼的手说：‘我对无线电之父表示祝贺！’”苏拉尼把这点做依据，证明波波夫承认马可尼是无线

电的发明人。平心而论，波波夫如果真说过这句话，在当时的场合下，也只是一句表示友好、尊重的话。苏拉尼还回忆，波波夫一开始就说他1895年做过几次无线电试验，不过都是记录天空放电的。他没有在马可尼之前做过电磁波传播信号和无线电报的尝试。这段话只是苏拉尼一个人说的，没有旁证，它最多只能说明波波夫的谦虚罢了。

但是，俄国政府却没有这样“谦虚”。1908年，俄国物理化学协会专门成立了一个委员会，对发明无线电的优先权问题进行调查，实际上是给波波夫的发明权寻找根据。那个委员会向很多外国学者发信征求意见，过后就宣布波波夫享有发明无线电的优先权。这些俄罗斯的“爱国教授”们理直气壮地说：是波波夫最早发明了无线电报，连布冉利都承认这一点，他说过，“无线电报实际上是从波波夫开始的，”马可尼应该靠边站！

英国的学者们不服气。他们提出了更充足的理由：瓦特没有发明蒸汽机，但是他发明了冷凝器里冷凝蒸汽，使不经济的纽可门蒸汽机变成了实用的蒸汽机，最后导致一场工业革命。莫尔斯也不是第一个发明电报机的，但是他发明了莫尔斯电码，电报才成了广泛应用的通信工具。同样，马可尼虽然没有在波波夫以前作过真正的无线电表演，但是，他是第一个使无线电走出

实验室的人，也是第一个让无线电飞过大西洋、变成真正实用的通信工具的人。世界上公认瓦特发明了蒸汽机，公认莫尔斯发明了电报，也就应该公认马可尼发明了无线电！

1905年五月四日，在美国关于无线电发明权的一场诉讼中，北美巡回法庭判定马可尼是无线电发明人。宣判的时候，法庭庭长有一段别具一格的判词，后来成了无线电学史上著名的文献。判词如下：

1887年，赫兹关于电磁波的新发现是空前的，它惊醒了全世界的科学家。因此，有人试图否认马可尼的伟大发明。实际上，九年过去了，没有一个人使电磁波得到实用或者取得商业上的成功，而马可尼却是第一个说明并且用赫兹波成功地传送简明易懂的信号的人。

马可尼对于火花电报技术的贡献，可以这样来叙述：麦克斯韦和克鲁克斯提出了用击穿放电产生电振荡的理论，赫兹产生了这个振荡并且说明了它的特性。洛奇和波波夫的发明只局限在讲演和局部实验的装置上，或是象雷雨观测这种不能实用的仪器。马可尼发现了把这些振荡转变成一定信号的可能，并且利用他自己手中的工具，结合别的实验室已经不用的仪器，做了一系列进一步的实验，经过不断的改进，终于使他的发明发展成为完善的系统，成功地用到商业上。

别的发明者，在电学领域的大海中冒险向前，他们遇到赫兹波的浪潮却让它滚滚而去，并没有意识到这种新潮流会促进世界商场的货运和贸易。他们也曾经注意到能够揭示它的特性的现象，但是怀疑是否可能实现，并且担心在破浪前进中会遇到暗礁、海峡的阻碍以及搁浅的沙洲。马可尼敢于扬起风帆，到未知的潮流中去勘探，他第一个开辟了新的航线。

资本主义社会的法庭常常被利害关系所左右，他们的法律不一定是真理。但是，庭长的这个判决却是比较符合历史事实的，后来获得了世界上大多数国家的公认。

1909年十一月，三十五岁的马可尼因为发明无线电的功绩，荣获了这个年度的诺贝尔物理学奖。

和马可尼同时分享这个荣誉的，还有一个不大被人知道的德国科学家布朗（1850 - 1918）。布朗出生在德国哈赛，比马可尼大二十四岁，是阴极射线管的发明人。他发明过耦合电路、定向天线，对无线电的远距离传送信号作出了巨大的贡献。

至于第一个探索无线电世界、毕生为发展无线电事业奋

斗的波波夫，由于沙皇的封建腐朽，他的事业没有得到国家的支持。他在1906年患脑溢血，突然去世，只活了四十七岁。

由于诺贝尔奖金只发给活着的科学家，波波夫没有获得这个荣誉。

## 海洋上的信使

在马可尼荣获诺贝尔奖金的那年一月，大西洋上发生了

---

赫兹发现电磁波的实验是在1887年开始进行的，取得成功是在1888年。在科学文献中，一般公认1888年是发现电磁波的时间。

克鲁克斯（1832 - 1919），英国化学家和物理学家，曾经对气体中的放电现象进行实验。

“共和国”号同“佛罗里达”号两艘轮船相撞的事件。幸亏船上有无线电装置，用它及时呼救，所有的旅客和船员才脱了险。它向全世界表明，无线电是海洋上遇难人员求救的信使。

这个撞船事件发生三年以后，英国白星轮船公司建造了一艘更大的邮船“铁达尼”号。这是当时世界上最大的一艘邮船，排水量四万六千吨，总长二百六十七米，双层船底，船上装备了最新式的机器，还有豪华的设备，号称“水上之城”、“人类进步的象征”。

1912年四月十日，在几千人的欢呼声中，“铁达尼”号在英国南安普敦港下水，开始了横渡大西洋的首次航行。

这艘豪华的大邮船载着一千三百四十八个旅客和八百六十四名船员，总共二千二百一十二人。邮船的设计师安德鲁和公司董事长也随船同行。它的航程终点是纽约。当时的英美报刊对这次远航大肆宣扬，英国人都因为“铁达尼”号要去远航而格外感到自豪。一些商人也争着用“铁达尼”号的图案来做商标。

“铁达尼”号航行在烟波浩渺的大西洋上，船舱里不时传出舞会的音乐声和人们的喧声笑语，电报室不停地拍发着旅客的私人电报。按照当时的规矩，横渡大西洋最快的轮船，返航的时候要在桅杆上升起一条漂亮的蓝色锦带，这是海上的最高荣誉。为了夺取这条“蓝带锦标”，在公司董事长的催促下，“铁达尼”号一直全速前进。

四月十四日，“铁达尼”号驶进了纽芬兰南边的洋面。船长史密斯考虑到这里常有冰山出现，决定减速航行，并且改变航线，绕过冰区。但是董事长怕夺不到“蓝带锦标”，硬不同意。就在这时候，航行在前面的“加利福尼亚人”号发现冰情，向“铁达尼”号发出了警报。恰好“铁达尼”号当时正在拍发船上一个大商人的私人电报，没有收到这个警报。深夜，当“铁达尼”号发现险情的时候已经来不及了。一座冰山迎面漂来，邮船躲避不及，右舷被撞开一条大裂口。根据设计，“铁达尼”号有十六个密封舱，就是四个密封舱进了水，船也不会沉没。但是裂口将近百米长，五个密封舱都进了水，船注定是要沉没了。

“它不能沉，它不能沉！”史密斯船长不敢相信地对设计师说。

“它不能不沉，它最多只能坚持一个半小时了！”设计师冷静地回答。

“铁达尼”号撞上冰山以后十分钟，船长走进电报机房，表情很严肃地说：“立刻呼救！”

报务员菲立普马上按动电键，发出求救信号。第一个回答的是艘德国船，但是它远在“铁达尼”号西南一百三十六海里的地方。接着，从纽约开来的“卡帕夏”号也收到了呼救信号。它离“铁达尼”号出事地点五十八海里，最快也要四小时才能赶到。拍发过冰情警报的“加利福尼亚人”号，这时就停泊在离“铁达尼”号大约十海里的地方，连船上的灯光都隐约可见，完全来得及赶来营救。但是，“加利福尼亚人”号报务员擅离职守，睡觉去了，没有收到“铁达尼”号的呼救信号。

“铁达尼”号这座“水上之城”在一分钟、一分钟地向下沉。全船共有

---

“共和国”号是英国白星轮船公司的一艘邮轮，排水量一万五千吨。1909年一月二十二日，它从纽约驶向英国，船上载有旅客四百六十人，船员三百人，是在黎明前的大雾中和载有八百人的“佛罗里达”号相撞的。

二千二百多人，救生艇却只能容纳一千二百人，只好让妇女儿童先上。在这场悲剧中，船长史密斯十分镇定，船员们也表现出自我牺牲的精神。为了稳定人心，船上的乐队一直在甲板上演奏，最后全部殉难，演出了悲壮的一幕。只有公司董事长，他溜上了妇女儿童乘的救生艇，苟全了性命。

在不停下沉的船上，报务员菲立普一直坚守在收发报机旁边，和赶来援救的船进行联络，不过，信号已经变得很弱。在最后的时刻，史密斯船长走进电报机房，通知菲立普说：“应该做的事，你都做了。现在可以离开你的岗位了！”

菲立普还是坚守在岗位上。他大约又继续工作了十五分钟。最后收到他电报的是“奥林匹克”号。电文是：“尽力赶来——立刻来——机房就要淹没了。”发报时间是四月十五日凌晨两点。二十分钟以后，“铁达尼”号完全沉没了。根据一个得救的人说，在“铁达尼”号沉进大西洋的时候，菲立普还是站在甲板上。船长史密斯和设计师安德鲁也和“铁达尼”号同归于尽。

“卡帕夏”号天亮赶到现场，只救起七百零五个人。另外的一千五百多人全部遇难。

“铁达尼”号失事的惨剧震惊了全世界。整个事件表明，无线电在航海事业中有着不可估量的作用。由于及时发出呼救信号，使七百多人从死亡线上被救了起来；相反，也由于“加利福尼亚人”号没有收到“铁达尼”号的呼救信号，竟使一千五百多人葬身海底！全船人的安危都维系在无线电上。英国《泰晤士报》事后发表评论：“我们感谢马可尼发明的装置，它使‘铁达尼’号能够最快地发出出事的消息和呼救信号。在这以前，有很多豪华的船只，没有发出什么遇难的信号就沉没了。”

为了避免这次“冰海沉船”悲剧的重演，1913年，在伦敦召开了海上生命安全国际会议。会议规定五千吨以上的轮船必须安装无线电收发报机，二十四小时都必须有人值班。另外，会议还规定成立冰山监视国际巡逻船队。

在“铁达尼”号失事的调查中，马可尼被请到法庭上去作证。他回答了一些技术问题，并且首次提出安装自动报警装置的建议。根据马可尼的设想，可以在轮船上安装一种自动呼救装置和自动报警接收机。当轮船遇难的时候，只要打开自动呼救装置，就可以自动发出信号和报告船的方位。接收机一收到其他船只的特殊呼救信号，就自动响铃报警，通知船长。为了能够启动电铃，马可尼提出需要在呼救信号开始以前，先发出十五秒或者三十秒的持续脉冲。由于这个建议牵涉到当时国际公约的规定，没有被采用。马可尼的设想，直到几十年以后才实现。

### 马可尼成功的秘诀

无线电在航海事业中的巨大作用，使马可尼得到了很大的欢乐和鼓舞。他对朋友说过好多次：“我的发明能够营救海上众多的生命，这是我一生中最愉快的事！”

马可尼喜欢大海。他象开尔文一样，后半生的科学研究活动都是在海上进行的。马可尼常常对人讲起少年时代的趣事。他八岁那年，经常和哥哥一起划着小船到海上去玩，有几次险些掉进海里淹死。正因为这样，当他看到自己的发明给航海人员带来福音的时候，心里格外高兴。

马可尼由于在无线电事业上的巨大成功，获得了很大的荣誉。他除了得

到诺贝尔物理学奖外，还得到过美国的富兰克林奖章、俄国和西班牙的勋章以及其他一些奖章。同时，还有议员、元老、院长、侯爵、会长这样一些头衔。但是，马可尼不爱出风头，他为人谦虚、稳重。人人都知道他是无线电发明家，他却只认为自己是个普通的业余爱好者。马可尼不喜欢长篇演说，也不健谈，就是在公司的年会上，他也很少主持会议。但是，他在熟悉的朋友中，却常常表现出孩子般的快乐。他工作井井有条，准确无误，具有法拉第式的风格。他有三个特点，一是敢想，二是想到了就做，三是善于吸取别人成功的经验。这些，就是他一生事业成功的秘诀。他在功成名就以后，照样重视学习别人的长处。他每天早晨都要阅读电子技术刊物，每逢发现别人有什么新的见解或者设想，都会产生浓厚的兴趣。

马可尼就是这样一种人：他并没有超人的聪明，可是他善于吸取很多人的长处；他没有单独创造什么，却能够把很多天才的创造结合起来，变成无价之宝。他不是无线电的第一个拓荒人，但是他取得了最大的成功。他是集大成者，在很多研究无线电的人中第一个登上高峰，成了杰出的无线电发明家。

在以后的年代里，马可尼为无线电通信事业继续作出了新的贡献。1918年九月，他采用等幅波发射，在英国和澳大利亚之间传递了第一份无线电报。从1916年到1922年，他还开拓了短波通信的研究。1920年，马可尼买了一艘“伊莱特娜”号游艇。这艘1904年制造的游艇，用蒸汽机做动力，性能很好，英国海军大将在第一次世界大战中用过它。马可尼把它改装成一座别致的浮动实验室，游艇里除了有书房、卧室、洗澡间外，最引人注目的是无线电舱，舱里有试验仪器和各种长短波无线电收发报机，专供通信试验用。马可尼在这艘游艇上进行了很多重要的通信试验，包括证实短波可以进行远距离通信的试验。他曾经对朋友说：“我生来就是当水手的。我热爱大海，不但因为它把我从陆地上的烦恼中带走，而且我在海上还可以随心所欲地思索、研究和试验。”

马可尼乘着“伊莱特娜”号游艇在大西洋中转播伦敦的节目，并且同世界各地的陆上电台联系。到船上来参观的官员和友人可以直接同岸上的官邸和亲人通话。有几次，他因为生病或者其他原因，暂时离开了“伊莱特娜”号，却总是念念不忘地要回到船上去。他说：“我是多么希望再回到‘伊莱特娜’号上去啊！我航海的时间不算短了，但是一离开我的游艇就不愉快。也许别人有更伟大的理想，我却十分满意这个浮动的家，没有什么能够代替大海的魅力和海上的自由。”

1930年三月二十六日，马可尼在“伊莱特娜”号游艇上作了一次精采的表演。那天正是澳洲电气和无线电展览会开幕。马可尼在一万五千里外的地中海，从游艇上用无线电话机先同展览会通了话，然后按下电键发出电磁波信号，经过一个中途站接收，再转发到澳大利亚，最后点燃了大厅的三千多盏电灯。这件事使展览会大为生色，当时传为佳话。

1934年四月二十五日是马可尼六十岁生日，从世界各地拍来的贺电，象雪片一样飞进他的办公室。这些贺电，大多是用他贡献了毕生精力的无线电报拍发的。为了纪念他的伟大贡献，国际海上无线电协会代表五十个国家，一致通过把四月二十五日命名为“世界海上无线电服务的马可尼日”。

1937年七月二十日，马可尼病逝。全世界都哀悼这位无线电巨人离开了人间。举行葬礼的时候，罗马有上万人参加送葬行列。英国本土所有邮局的

无线电报和无线电话都沉默两分钟，大不列颠广播协会所属的广播电台也沉默两分钟，表示对马可尼的悼念。

马可尼一生的历史，也就是无线电发展的历史。马可尼二十一岁到英国的时候，无线电事业还处在摇篮时代；当他满载荣誉离开人间的时候，无线电已经成了遍布全球的一项伟大事业。正象一家著名杂志在他逝世的时候评论的那样：“多少人只是满足于证明无线电实用的可能，他却让无线电真正用于实际了。这确实是伟大的！”

马可尼生前对中国怀有友好的感情。1933年十二月，他到我国来访问过。他从日本到北京，然后从北京到上海。到上海那天是十二月七日，受到上海各大学联合会、中国无线电研究社等十四个团体的热烈欢迎。十二月八日，马可尼参观上海交通大学。为了纪念他的功绩和光临，在交通大学工程馆前面立了一根纪念铜柱，取名叫“马可尼铜柱”。马可尼和夫人亲自参加了植柱仪式。这次访问中国给马可尼留下了深刻的印象。他曾经对人说，在津浦线的列车上经历了这样长的旅途，再翻开地图把中国同意大利相比，不禁深深地感到中国的辽阔广大。

科学家有自己的祖国，但是科学是没有国界的。马可尼和波波夫，无论他们属于什么民族，有什么样的个人命运，他们发明无线电的丰功伟业是造福子孙万代的，是值得永远纪念的。

## 给无线电装上心脏的人

1906年春天，美国纽约地方法院正在开庭审判一件离奇的案子。被告人是一个面色憔悴的青年，名字叫德福雷斯特。法官戴着庄严的黑礼帽，用手举起一个里面有金属网的玻璃泡。他宣称有人控告被告人用这种“莫名其妙的玩意儿”行骗。青年竭力辩解说，这个玻璃泡是他的新发明，可以把大西洋彼岸传来的微弱的电磁波放大。

这场官司持续的时间不长，却闹得满城风雨。无知的法官，好事的新闻记者，谁都不会想到这个“莫名其妙的玩意儿”竟是本世纪初伟大的发明，那个被告的青年后来竟会成为举世公认的电子管发明家。

### 憧憬

德福雷斯特出生在美国的伊利诺斯州，时间是1873年八月。它恰好是麦克斯韦的名著《电和磁》问世的一年。

德福雷斯特的父亲是教师，曾经在一所黑人学校当校长。当时，美国的种族歧视还很严重，人们看不起黑人，也看不起接近黑人的白人。德福雷斯特一家常常遭到白眼。父亲生性刚直，不让他同其他白人的孩子一起玩。因此，德福雷斯特的童年是在狭窄的天地里度过的。这使他的性格有些孤独和怪僻。他回忆起自己的幼年时代，曾经这样说：“我上小学的时候老被人当做‘蠢孩子’看待。那时，我虽然读了很多书，但是对于实际的事物，一点也不懂。”

中学时代，他也没有显露出多少才华。用他自己的话来说，是“学识既不丰富，也不会交际，而且文笔和口才又都那么笨拙”。总之，是一个平平常常的少年。他的唯一爱好，是喜欢摆弄各种机器。他那时梦寐以求的，大约就是当个机械技师。后来，有两件事情影响德福雷斯特改变了自己的理想，使他走上充满奇想和坎坷的发明道路。

第一件影响德福雷斯特的事情，是1893年在芝加哥举行的世界博览会。那年，他刚好二十岁，是大学二年级的学生。每届博览会都要吸引世界各地很多的商人和游客，1893年的芝加哥博览会绚丽多彩，更是热闹非凡，因为它同一场旷日持久的技术论战有直接关系。这就是有名的关于交流电和直流电的论战，它引起了成千上万美国人的关注。论战的一方是大名鼎鼎的爱迪生，另一方却是个初出茅庐的青年工程师。爱迪生发明电灯以后，一直用直流电供电，这种电源虽然不理想，但是由于他竭力宣传，加上电灯问世不久，用户也就接受下来了。不料，有个青年电学家却向威望很高的爱迪生提出了挑战。那个青年电学家就是在《马可尼和波波夫》中提到过的台思拉。他由于仰慕爱迪生，几年前从南斯拉夫来到美国，投身在爱迪生门下，可惜没有得到重用，只在爱迪生发电厂当个普通技师。台思拉怀才不遇，就自立门户搞起研究来。他发现输送交流电比输送直流电有明显的优点，就主张发展交流电。1888年，台思拉在美国电机工程师学会上宣布了这个主张，并且提出交流电将要在很多方面取代直流电，参加学会的人听了都很震惊。当时，工程界对交流电还十分陌生，大多数人都不敢相信。爱迪生为了维护自己的专利，特别表示反对。争论延续了好几年。双方相持不下，据说爱迪生甚至想请司法机关宣布交流电不合法。爱迪生尽管是举世闻名的“发明大王”，但



是在真理面前，最后还是败给了台思拉。

1893年，在芝加哥举行的世界博览会上，交流电旗开得胜。会场里九万盏五颜六色的电灯，全部都由台思拉研制的交流发电机供电，总共才用了十二台发电机。络绎不绝的观众望着辉煌的博览会大厅，赞不绝口。年轻的德福雷斯特也来到了博览会大厅。他穿着紧身外套，站在人流中望着壮丽的场景出神。从前他只见过几盏、几十盏电灯挂在一起，用的都是直流电。现在，几万盏用交流电的电灯汇集成灯的海洋，光彩夺目，照得眼花缭乱。德福雷斯特完全被陶醉了。直到博览会大厅里已经空无一人，他还站在那里发呆。年轻人闭起眼睛遐想起来：未来的时代是什么样的呢？一个热爱科学的青年，应该朝什么方向去努力呢？

## 爱上了无线电

交流电的崛起，使电气业的前途突然大放光明。因为交流电可以升压，远距离输送方便，比直流电效率高，成本低，而且可以使用大功率发电机。交流电在芝加哥博览会上大显神威以后，很快得到了广泛应用。驰名北美的尼亚加拉瀑布，在举行博览会三年以后，装上了大型交流发电机。这组发电机也是台思拉设计的。它使三十二公里以外的布法罗城得到了照明，这是直流电望尘莫及的，连爱迪生也认输了。从此，交流电获得了决定性的胜利。当时，德福雷斯特刚从大学毕业，消息传来，他格外感到兴奋。

年轻人贪婪地读着关于瀑布发电站的报导，台思拉的胜利象磁铁一样吸引着，他本来是学机械工程的，现在决定把电学当做自己的职业。他设法进了芝加哥西方电气公司，在一个研究室当助理研究员。德福雷斯特专心钻研，获得了理学博士学位，这年他才二十四岁。

不过，德福雷斯特并不感到满足。他渐渐认识到，单用电气是不能概括未来那个时代的。在二十世纪到来的时候，科学技术一定会有新的突破。

这时，他又听到台思拉不用导线点亮了远处电灯的消息。这个南斯拉夫人在完成了交流电大业以后，又去探索电磁波的应用，而且作出了很大成绩。台思拉思想和脚步总是走在时代的前面。德福雷斯特完全被台思拉的天才征服了。“不用电线就能够传递电信号吗？”年轻人顿时明白了：未来是无线电的时代！

德福雷斯特想给台思拉当个助手，可惜一直没有机会。对于有志的青年，生活的道路总是宽广的。德福雷斯特没有能够遇上台思拉，却意外地同另一位杰出的人物——无线电发明家马可尼相逢了。这是他青年时代遇到的第二件重大的事情。

在这以前，马可尼在英国成功地进行无线电表演的消息已经传遍欧美大陆。有一天，德福雷斯特从杂志上读到介绍马可尼的文章，还附有一张小照。照片上，马可尼端正地坐在实验台前，神情严肃，他的左边放着电磁波发射机，右边放着接收机。德福雷斯特读完这篇文章，受到启发，决定改变方向，研究无线电。在同辈的研究人员中，要算他对这门刚刚崭露头角的科学理解得深。不过，在开始一段时间，他没有取得预想的成功。研究所对他“不务企业”，也有一些议论。

## 马可尼的启示

时间过得很快，三个春秋过去了。这是十九世纪最后一段岁月，物理学正在酝酿着深刻的变革。量子力学和相对论在孕育中，人们对微观世界的探索刚刚揭开序幕，科学界充满了新和旧的斗争，有浓雾，有风暴，也有隐隐的雷声。正是在这三年时间里，刚刚诞生的无线电获得了突飞猛进的发展。1899年夏天，马可尼成功地实现了跨越英法海峡的无线电通信，并且在英国军舰上装上了无线电收发报机。无线电不再是美丽的憧憬和幻想，它开始对现实生活发生了影响。

1899年深秋，在美国举行盛大的国际快艇比赛。马可尼接受邀请来到美国，用他的无线电装置报导比赛实况。他在一艘船上，五个小时向海岸无线电站拍发了四千多字的消息，消息再从陆地上电台用电报线传给《纽约先驱论坛报》。报导迅速、及时，使美国的新闻记者叹服不止。

马可尼在纽约期间，还在美国军舰上作了无线电通信表演。表演的时候，港口里挤满了看热闹的人。马可尼在军舰上表演完毕，和助手走下军舰以后，为了满足观众的好奇，又在岸上作了一次表演。德福雷斯特早就望眼欲穿，天不亮他就跑到码头上来等候了。当时，他很幸运地亲眼看见了马可尼的表演。这次观摩，对他后来的发明具有深远的影响。

马可尼身穿一件细格外套，头上戴顶博士便帽，熟练地操纵着电台。德福雷斯特目不转睛地望着他，恨不得也能够亲自上场试一试。等到表演结束，他挤到前面，在收报机前面停下来，看了又看。当时，他离马可尼只有两三米远。这个意大利发明家正在同舰长说话，没有注意到他。马可尼的助手、敦实的肯普注意到他的神态，就友好地打开了发报机让他仔细地看个究竟。

德福雷斯特感激地朝肯普点点头，就聚精会神地看起来。后来，他的目光停留在一个装着银色粉末的小玻璃管上。他记起曾经读过的资料，就问肯普：“这大约是金属屑检波器吧？”

正在同舰长说话的马可尼，突然听到了这句问话，就转过身来，很有兴趣地打量着德福雷斯特。德福雷斯特认出打量自己的是马可尼，又惊又喜，激动地伸出手说：“我叫德福雷斯特，无线电业余爱好者。”

马可尼笑着和他握了握手，诙谐地自我介绍说：“古葛利埃莫·马可尼，也是个无线电业余爱好者。”

两个献身无线电事业的青年，就这样交谈起来了。他们两人，一个是已经成名的发明家，另一个却是普通的爱好者。对无线电事业的共同热爱，把两个萍水相逢、不同国籍的人联系在一起了。德福雷斯特向马可尼请教了一些技术难题，马可尼都向他作了解答。他还谈起自己研究三年一无所获的苦恼。马可尼鼓励他说，也许是没有找到恰当的研究课题。这个意大利发明家讲到自己正在努力提高接收机的灵敏度，他指了指发报机里的小玻璃管，对德福雷斯特说：“这就是你所说的那种金属屑检波器，看来它很需要改进。”马可尼在谈话中特别还强调指出，要进一步增大通信距离，就非革新这种原始的检波器不可。至于究竟应该怎样改，马可尼还没有成熟的意见，当时他的调谐电路还没有成功。马可尼这一席话给德福雷斯特留下了非常深刻的印象，原来改进金属屑检波器，就是当时无线电研究中一个急待解决的重大课题。在回家的路上，德福雷斯特兴奋地想着：说不定我能够完成这个使命！

几天以后，马可尼结束了在美国的工作，乘上“圣·保罗”号轮船离开

纽约。轮船开进英国水域的时候，他还进行了几项出色的船-岸通信实验。大西洋彼岸的旅行给马可尼留下了愉快的记忆。不过，他没有想到，在美国期间竟播下了发明的种子。

就在马可尼离开美国以后不到两个月，德福雷斯特辞去研究所的工作，在纽约泰晤士街租了一间破旧的小屋，全心全意地研究改进检波器。

窗外飘起了雪花。这是十九世纪最后一个冬天。新的世纪就要到来，一个伟大的发明也在艰苦的环境中孕育着。

## 在煤气灯下

德福雷斯特节衣缩食，买来一些最简陋的器材做检测电波的试验。由于辞去了工作，没有正常收入，他的生活很困难。这个发明家实在太穷了，连买一副耳机的钱都没有。实验的时候，他只好一只手拿着单耳听筒，一只手调节检波器。为了维持生活，他白天常常去给富家子弟补习功课，或者到饭店里去洗碗、扫地。一到夜里，他就沉浸在发明创造的乐趣中。

科学发明的成果不是唾手可得的。德福雷斯特在坎坷的小径上探索了一年，还是没有什么收获。他的各种试验都失败了。可是，他一点也不灰心，继续进行试验。

1900年一个隆冬的夜晚，德福雷斯特正在灯下进行一次新的实验。窗外朔风呼啸，他穿得很单薄，冻得直哆嗦。屋里点的是煤气灯，实验装置也很粗糙。一个从旧货摊上买来的电键，两个自制的电瓶，再加上一个粗线圈，就构成了德福雷斯特的发射机。当他按动电键的时候，线圈接通电源，发出火花，就辐射出电磁波信号。在靠他很近的地方，有一个同电流计相连的金属屑检波器，被他当成了接收机。检波器里的金属屑，他已经换过好多种，效果都不好。

德福雷斯特一面按着电键，一面观察检波器的反应，他突然感到头顶的灯光一明一暗地在闪烁。开始，他还以为是窗外刮风引起的。后来，他发现灯光明暗的变化很有节奏，而且是由于受了电键开关的影响：按动电键，线圈发出火花，煤气灯的火焰马上变暗；相反，松开电键，火焰立刻变亮。

想不到竟会有这样奇异的现象！德福雷斯特两眼盯着煤气灯，反复按着电键，那黄色的火焰仿佛受了一种神秘力量的控制，随着电键的节拍忽明忽暗地闪烁不定。他闪过一个念头：能不能利用这个现象来搞无线电检波呢？

德福雷斯特凭着发明家的灵感和才智，发明了一种“气体检波器”，1903年在舰船无线电通信中试用，获得了相当的成功。这项工作占去了德福雷斯特两三年时间。

不过，用火焰来检测无线电波的方法虽然新奇，却不是上策。在今天看来，甚至有些可笑。它不但缺少足够的理论根据，而且也没有多少实用价值。因为要在每台接收机里装上火焰装置，用起来很不方便。更主要的还是检波效率不高。后来，德福雷斯特放弃了这个方法。

火焰检波器虽然被放弃，它却成了德福雷斯特通向坦途的桥梁。德福雷斯特从火焰检波器联想到一个问题：既然炽热的火焰能受电磁波的影响，炽热的灯丝不也可能会有反应吗？这只不过是一种逻辑推理，却很有实用价值。因为他想到了用“灯泡”来检测电磁波，这就找到了打开真理大门的钥匙！

德福雷斯特正在研究用真空管检波的时候，有个朋友带来了意外的消息：英国弗莱明博士发明了真空二极管！德福雷斯特听了受到很大的震动。

弗莱明早年上过伦敦大学和剑桥大学，都没有毕业。他是麦克斯韦的学生，先后在爱迪生电灯公司、马可尼无线电公司当过技术顾问，发明过直流电位差计，提出过左手定则和右手定则。他比德福雷斯特大二十四岁，很熟悉当时的无线电发展状况。他早就对爱迪生在 1883 年发现的热电子发射现象，就是“爱迪生效应”有兴趣，一直想发掘它的实用价值，终于发明了真空二极管，用来代替金属屑检波器。这个新发明为电子器件的制造打开了一个突破口。

爱迪生发现了热电子发射现象，却没有想到它的应用；德福雷斯特一直想发明新式检波器，却不知道“爱迪生效应”。因此，他们两人都失去了发明真空二极管的机会。弗莱明既有发明新式检波器的决心，同时又抓住了“爱迪生效应”这个关键，所以取得了成功。这是发人深省的。

德福雷斯特急不可待地把刊登发明真空二极管消息的杂志找来。他读到关于介绍弗莱明发明的文章，激动得两手都在颤抖。兴奋和沮丧一齐涌上心头，他很羡慕弗莱明的成功，也替自己功亏一篑感到遗憾。

### 真空三极管诞生了！

一连几天，德福雷斯特都处在徬徨状态中，思想斗争很激烈。他奋斗的目标被人捷足先登，多年的宿愿成了泡影，下一步该怎么走呢？

失意的发明家在小屋里徘徊。他想起了中学老师讲的一段美术史上的逸事。文艺复兴时期的艺术大师达·芬奇小时候读书很不专心，学一样，丢一样但是不论他改学什么，都忘不了绘画。他十五岁那年，被画师莫鲁乔带到佛罗伦萨去学画。达·芬奇学成以后，画师莫鲁乔叫他在自己绘制的巨幅油画《约翰为基督施洗礼》里，画一个做陪衬的天使。结果，达·芬奇竟比老师画得还好。莫鲁乔既高兴又惭愧，从此，他就改行去搞雕刻，再也不画了。德福雷斯特从杂志上看到弗莱明的发明成功了，他的心情就象莫鲁乔看见达·芬奇笔下的小天使的心情一样。所不同的，只是弗莱明比他年长和有声望罢了。

“我是不是也要象莫鲁乔一样改弦更张呢？”德福雷斯特暗暗地问自己。

他想起了十年前芝加哥博览会对他的鼓舞，想起了同马可尼有意义的会见。不，不能改弦更张，不能就这样半途而废！德福雷斯特认识到科学发明是人类共同的事业，不是个人的事情，谁发明了第一个真空二极管并不重要，重要的是它已经被发明出来了，而自己也是许许多多探索者中间的一个，既然弗莱明首先打开了突破口，为什么自己不能跟着冲上去呢？

他找到一个熟悉的灯泡厂技师帮忙，制作了几个真空管。真空管的灯丝是白金丝，灯丝附近装了块金属屏。它和弗莱明的真空二极管很相象，唯一的区别是在两极之间接上了一个小电容器。其实，这个电容器对检波并没有多大作用，也许德福雷斯特还有别的考虑。他把真空管装在接收机上，代替老式的金属屑检波器，果然很灵验。

一个发明家，如果只是重复别人的劳动，自然就不会有什么出息。德福雷斯特对自己这次试验没有满足，他既有独创的雄心，又有丰富的想象力。

弗莱明的二极管同金属屑检波器比起来，确实是前进了一步，但是它只能做检波用，不能放大。德福雷斯特看到了这点，他想试一试，希望再改进一下。

德福雷斯特在他的电子管里封进了第三个电极。这是一片不大的锡箔，它的位置在灯丝和屏极之间，乍看起来，没有什么特殊的地方。但是，正是这个不显眼的小电极，改变了无线电世界的面貌。德福雷斯特惊异地发现：在第三极上施加一个不大的电信号，可以改变屏极电流的大小，而且改变的规律同信号一致。他马上意识到，这种情况表明了第三个电极对屏极电流真有控制的作用。这个发现非同小可，因为只要屏极电流的变化比信号的变化大，就意味着信号被放大了。而它正是很多发明家梦寐以求的目标。

德福雷斯特预感到这个发现的惊人价值，他沉住气，毫不声张地继续进行试验。为了提高控制的灵敏度（控制越灵敏，放大作用越强），德福雷斯特多次变动小锡箔在两极之间的位置，他的实验台上摆满了一大堆试过的真空管。最后，他发现用金属丝代替小锡箔，效果最好，于是就用一根白金丝扭成网状，封装在灯丝和屏极之间，世界上第一个真空三极管就这样诞生了！由于控制极的形状很象网栅，德福雷斯特把它称做“栅极”。它象一个非常灵敏的控制闸，按照施加信号的变化，有规律地改变着屏极电流的大小。由于屏极电流比栅极电流大得多，因此，微小电信号经过真空三极管就放大了很多倍。

真空三极管比起二极管来，是一个质的飞跃，它对无线电的发展产生了深远的影响，这在后面还要谈到。事实证明，科学发明的成功或者失败，并不在于起步的早迟。事在人为，德福雷斯特虽然走在弗莱明的后边，但是他不灰心，不气馁，结果是后来居上，做出了更大的贡献。

## 一泻千里

不过，真空三极管获得社会承认，也经历了一番曲折。德福雷斯特发明三极管以后，因为没有钱做进一步的实验，就象当年莫尔斯一样，带着自己的发明去找几家大公司，想说服那些老板给他资助。由于他不修边幅，穿得又破烂，前两家公司连大门都不让他进，门房怀疑他是个行为不轨的人。

第三家公司的门房把他当做流浪汉，也不准他进去。德福雷斯特百般解释，也无济于事，就掏出新发明来，详细解说它的新奇结构、放大特性和应用前景等，想打动门房。不料，门房见到他把一个玻璃泡吹得神乎其神的，不由得起了疑心，只当他是江湖骗子，就去报告了经理。

公司经理赶紧出来。他也是个势利小人，看见德福雷斯特衣着破旧，正举起一个玻璃泡在向围着的人们宣传，心里早有了几分不高兴。这时，他听见德福雷斯特正在大声地说：“大家不要小看这个玻璃泡，它可以把很小的电磁波信号放大到连听力不好的人都听得见。”经理不听倒罢了，一听这话，就断定他是地地道道的骗子，不容分说，就叫来几个彪形大汉把他连推带拉地扭送到警察局。

没有过多少天，法院开庭审判。这就是1906年春天那个富有戏剧性的案子。德福雷斯特开始被控告是“公开行骗”，接着又有人告他“私设电台”。青年发明家遭到诬陷，但是并不畏惧。他机智地利用法庭这个公开的讲坛，大力宣传自己的发明。他充满信心地说：“历史必将证明，我发明了空中帝国的王冠。”德福雷斯特的“空中帝国”，指的是无线电；“王冠”，指

的是真空三极管。青年发明家的斗争终于胜利了，法院宣判他无罪释放。这场官司反倒使他出了名。1906年六月二十六日，他发明的真空三极管获得美国专利。后人把这一天当做真空三极管的生日。当时，德福雷斯特还不满三十三岁。同时，三极管的第三个极被正式叫做“栅极”。德福雷斯特首先把三极管用在无线电接收机屏极检波电路上，使通信距离大大增加。不久，三极管又被用在电话增音机上，解决了贝尔电话公司当时正在设计的美国长途电话的关键问题。

当然，新生事物一开始总不是很完善的。最早的三极管在性能上有两个主要缺点：屏极电流不稳和寿命不长。德福雷斯特经过反复研究，发现屏极电流不稳的原因，是由于屏极和栅极都是平板状的，从阴极发射出来的电子有一部分散射

到两侧的玻璃上，引起电流不均匀。后来，他把屏极和栅极都改成圆筒状，把阴极围起来，问题就解决了。三极管寿命不长的问题，后来也弄清楚了，那是因为真空度不够造成的。到1910年，德国科学家发明分子泵以后，三极管里可以抽成高度真空，使用寿命延长到上千个小时。这以后，三极管很快就投入大批量生产，广泛应用。到1918年，各种类型的无线电收发报机和电子设备都普遍采用了三极管。由于三极管的放大功能，出现了很多新型的电子电路，比如电子管振荡器、混频电路、放大器、多谐振荡器、双稳触发器等，并且最后改变了早期通信机的制式。原来简单的直发直收和用检波做核心的通信方式，1912年以后逐渐被阿姆斯特朗和费森登（1866 - 1932）发明的超外差式所取代。超外差式在选择性和灵敏度上都具有很大的优越性，构成了现代各种通信机的基本制式。在现代接收机中，检波器已经退居到次要的地位。总之，三极管使无线电发生了根本的变革。正象一个日本传记作家指出的，“真空三极管的发明，象升起了一颗信号弹，使全世界科学家都争先恐后地朝着这个方向去研究。因此，在一个不长的时期里，电子器件获得了惊人的发展。”从三极管发展到四极管、五极管、七极管、大功率发射管等，形成了一个庞大的电子器件家族。

电子管的出现是电子科学技术史上一件划时代的大事，它推动了无线电技术的迅猛发展，奠定了近代电子工业的基础。正是有了电子管，在短短的二十年里，远程无线电通信、无线电话、收音机、广播、电视、雷达、高频加热炉才象雨后春笋那样地涌现出来，世界上第一台电子计算机才能够制造出来。

人们把电子管称做无线电的心脏，一点都不过分。准确地说，电子管是整个电子工业的心脏。就是在晶体管、集成电路广泛应用的今天，电子管在电子工业中仍旧起着重要的作用。

德福雷斯特除了发明三极管以外，还为电子技术的发展做了不少工作。他参加了发明再生电路的工作，后来还研究过有声电影。德福雷斯特晚年的生活过得比较平静和快乐。他出售专利获得的钱财，一部分花在涉及发明权的诉讼上（在资本主义社会总有打不完的官司），一部分用来办了一个无线电研究所。无线电发明家不少是高龄的，布冉利终年九十六岁；洛奇跟布冉利同年去世，享年八十九岁。德福雷斯特一直活到1961年，享年八十八岁。他的后半生不象有的发明家那样烜赫，七十一岁那年，他在好莱坞附近办了一座小工厂，靠生产和销售一些传热电器维持生活。由于瑞典皇家科学院的疏忽，德福雷斯特没有获得诺贝尔奖金。但是，他卓越的贡献却是举世公认

的，他被尊为近代电子工业的鼻祖。美国人民甚至尊称他是“无线电之父”。

德福雷斯特的一生，经历了坎坷和曲折，也没有获得荣誉和地位。他没有爱迪生那样的辉煌战果，也不象马可尼那样赫赫有名。但是他发明的三极管，却给刚刚诞生的无线电事业开辟了无限广阔的前景。正是他给无线电装上了心脏，这就是他的功勋，他的伟大。

### 探索新器件

科学总是要向前发展的。电子管在电子技术领域里统治了四十年之久，随着时间的推移和电子技术的深入发展，它的局限性日益显露出来了。

一个最典型的例子，是二十世纪四十年代中期间世的世界第一台电子计算机。这台代表当时最新技术水平的样机，总共用了一万八千个电子管，有十个房间那样大，耗电量高达二百千瓦，而且电子管要经常更换。由于存在体积大、耗电多、容易破碎，操作以前需要预热这些缺点，电子管成了电子技术进一步发展的障碍。不少电子专家看到这一点，都想寻求解决的办法。

美国贝尔研究所的执行副所长凯利是个电子管专家，他在第二次世界大战以前就看出了电子管的缺陷。作为一个有远见的科学研究的领导人，他认为要进一步发展通信事业，就必须寻求一种新的电子器件。

1945年初夏的一天，凯利在贝尔研究所办公室同肖克莱（1910 - ）谈起这个问题。肖克莱当时只有三十五岁，他在二十六岁就获得理学博士学位，多年研究固体物理学，理论上的造诣比较深，是所里的固体物理专家。他很同意凯利的看法，并且向他介绍说，世界上很多国家都在研究半导体材料的特性。

“你觉得应该朝哪个方向努力才比较有希望呢？”最后，凯利征求这个青年科学家的意见。

肖克莱想了一下，胸有成竹地回答：“我认为半导体物理学是应该探索的领域。”他这个建议是有充分根据的，因为当时半导体已经开始被用来制造电子器件，虽然还只是制造二极管、变阻器等小元件，但是已经显示出前途很有希望。

凯利采纳了肖克莱的意见，当机立断，作出了加强半导体基础研究的战略性决定。

同年下半年，贝尔研究所成立了以肖克莱、巴丁（1908 - ）、布拉坦（1902 - ）为核心的固体物理学研究小组，由肖克莱担任组长。巴丁三十八岁，也是个固体物理学专家，早年搞过电气工程。布拉坦年纪稍大些，四十三岁，有丰富的半导体实验研究的经验。研究小组的阵容很强，除了他们三个人以外，还配备了搞物理化学和电路研究的几个专业人员。

小组成立以后，很快就确定了研究方向。他们没有急忙投入半导体放大器的研制工作，而是先研究半导体的导电机制。初看起来，这好象有些不着边际，实际上却是正确的。因为当时对半导体的性能还不清楚，匆忙地去搞器件研制，一定会有很大的盲目性，反倒效果不好。

肖克莱小组选择锗和硅做研究对象，在两年时间里进行了大量的实验。他们对半导体的性能，包括半导体-金属接触的整流作用、阻挡层势垒等，进行了分析研究，希望能够找到控制半导体里电子流动的方法。

在扎实而广泛的基础研究中，他们时刻记着最终的目标——寻找一种新的半导体放大器件。

怎样能够实现放大作用呢？德福雷斯特在二极管的两个电极中间加上第三个电极，大功就告成了。半导体可不这样简单，因为它的导电机制比真空管复杂得多。一块半导体晶体，就是含有百万分之一的微量杂质，导电性能也要受到很大的影响。很明显，控制半导体内部的电子运动要困难得多。

肖克莱不愧是个战略家。他根据对半导体的多年探索，提出了一个被称做“场效应”的设想，从理论上预言：当半导体层薄得同表面空间电荷层相近的时候，就可以用和表面垂直的电场来控制薄膜的电阻率，使平行表面流动的电流受到控制，起到放大作用。

没有多久，布拉坦跟一个助手在电解液里测定半导体在光照下的接触电动势，也就是光生电动势的时候，发现了一个新奇的现象。他们实验的本意，是测量光生电动势同温度的关系。但是当他们改变锗样品同电极之间的电压和方向的时候，意外地发现光生电动势的大小和极性也随着改变了。原来这正是肖克莱所预见的“场效应”！

第二天清晨，巴丁满面春风地走进布拉坦的办公室，拿出一张半导体放大装置的设计草图，建议布拉坦试一试。只不过一夜工夫，巴丁就提出了具体的实施方案，可见他解决问题的才干和急迫的心情。

布拉坦接过图纸看了一眼，立刻说：“我们现在就到实验室去试验吧！”

## 永无止境

半个小时以后，巴丁和布拉坦在实验室里配合默契地试验起来。

他们把一根金属针封上绝缘的蜡层，再把针尖触到一片表面处理成 n 型的 p 型硅片上（这种硅片很象一个普通的硅整流二极管），接触的地方放了一滴水当做电解液。由于有了蜡层，金属针和水滴是绝缘的，水滴里插进一个金属细环。按照巴丁的设计，它实际上等于一个控制极。实验做得十分精细，取得了相当成功。正象布拉坦后来回忆的，“象预期的那样，我们发现加在水滴和硅片之间的电压，会改变从硅片流向金属针的电流。于是，获得了功率放大！”

他们迈出了可喜的一步，但是，只是第一步。整个研制过程并不是一帆风顺的。在后来换成 n 型锗片做进一步试验的时候出现了意外情况，几乎使他们半途而废。两个科学家没有动摇，他们认真地分析失败的原因，重新制定方案，继续进行实验。1947 年十二月二十三日，他们终于成功地研制出了世界上第一个晶体三极管，它是用半导体锗制成的，在锗的表面层有两根极细的金属针，一根是固定的，另外一根是加上了负电压的探针。当探针同固定针靠近的距离比百分之五毫米还小的时候（但是又不接触），流过探针的微小电流的变化就能控制流过固定针的电流变化，而且电流放大的倍数很大。这正是人们一直在找寻的半导体放大器件！根据它的结构特点，被称做点接触型晶体管。

1848 年七月，巴丁和布拉坦公开了自己的发明，贝尔研究所立刻成了全世界瞩目的中心。一场电子器件的革命就从这里爆发了。

但是，研究没有中止，肖克莱在第二年提出了一种性能更好的结型晶体管的理论。这种结型晶体管由两个 p-n 结组成，如果两头都是 n 型区，中间



就是一层很薄的 p 型区。两个 p-n 结具有不同的作用，一个是发射结，一个是集电结，两头相应的 n 型区是发射极和集电极，中间的 p 型区是基极（相当于电子管的控制栅）。这种晶体管的放大作用是通过控制基极的电荷流动来实现的。1950 年，肖克莱把理想变成了现实，成功地研制出了结型晶体管。同点接触型晶体管比较起来，结型晶体管结构简单，可靠性高，噪声小，特别是适合大批量生产，因此很快就得到了广泛的应用。

1951 年上半年，贝尔研究所召开座谈会，向有关的军政界人士介绍了晶体管的研究成果。为了推广这个新发明，同年下半年，贝尔研究所举办晶体管技术讲座，邀请各个部门、大专院校和企业公司的代表参加，由巴丁讲授晶体管的特性和应用。第二年春天，贝尔研究所又召开了一次国际性的技术讨论会，详细介绍了晶体管的原理和工艺过程。所有这些都起了积极的推动作用。晶体管具有重量轻、体积小、寿命长、省电、不要预热等许多优点，逐渐在很多方面取代了电子管。无线电这个“空中帝国”的王冠，终于让位给小巧玲珑的晶体管，电子工业进入了第二代。

1956 年，肖克莱、巴丁、布拉坦因为发明晶体管的卓越贡献，共同获得了诺贝尔物理学奖，成为科学发明史上合作搞科学研究的佳话。第二年，巴丁又同两位年轻的研究人员库珀、施里弗合作，创立了超导微观理论。后来，这个理论就用他们三人姓名的第一个字母来命名：BCS。由于这个贡献，巴丁在 1972 年第二次荣获诺贝尔物理学奖，成为目前世界上唯一的两次获得诺贝尔物理学奖的科学家。居里夫人生前也曾经两次获得诺贝尔奖，但是其中有一次是化学奖。

科学的发展是永无止境的。在晶体管发明以后的三十年里，人们又发明了集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路。今天，用一块指甲盖大小的半导体芯片，就可以制成十万个晶体管。一台同世界上第一台电子计算机计算能力相当的微型计算机，竟可以装在一个火柴盒里。它的耗电量只是那台“老祖宗”的五万分之一，但是运算速度快二十倍，可靠性高一万倍，售价却只有一百美元。如果德福雷斯特活到今天，他也会惊叹不止的。而未来的电子世界又将会是怎样的呢？

最后，让我们引用莫尔斯第一份电报的报文“上帝创造了何等的奇迹啊！”来做结束语吧！

这个上帝就是人民，就是千千万万在科学的征途上不辞劳苦、勇于攀登的人。

## 电子科学技术史和人物年表 (初稿)

公元前 650 - 550 古希腊人发现摩擦琥珀能够吸引轻小物体。

公元前 250 左右战国末年的《韩非子》这本书里有世界上最早的指南针“司南”的记载。

公元一世纪中国杰出的哲学家王充在《论衡》一书中记载了“顿牟掇芥，磁石引针”，并且对雷电作出唯物主义的解释。

公元四世纪中国发明风筝。

公元十一世纪中国宋代著名政治家、科学家沈括（1031 - 1095）在《梦溪笔谈》中详细记载了指南针的制作。

1589 风筝传入欧洲。

1600 英国吉尔伯特发现，除琥珀外，其他许多物质摩擦以后也能吸引轻小物体。他在著作中首次使用“电”的名称。

奥托用硫磺球制成摩擦起电机。

1706 富兰克林生在北美殖民地波士顿。

1727 富兰克林在费城组织青年自学团体“共读社”。

1729 英国格雷（约 1670-1736）发现电荷可以传输，并且第一次用铜丝做导体。

1731 富兰克林倡导创办北美第一所图书馆。

1734 法国杜法伊发现摩擦玻璃棒和摩擦胶木棒产生的电不同；同电相斥，异电相吸。

1743 富兰克林在费城创建美国第一个科学团体“北美增进有用知识哲学会”。

1745 德国克莱斯特和荷兰马森布罗克分别发明莱顿瓶。俄国利赫曼发明静电计。

1746 富兰克林受英国学者斯宾士电学实验表演的启发，开始研究电学。

1751 富兰克林出版《电学的实验和研究》，创立了电学的基本理论。

1752 盛夏，富兰克林冒险进行风筝试验，证明闪电是一种放电现象。

1753 利赫曼在做天电实验的时候不幸遇难。

富兰克林发明西方第一根避雷针。

摩立孙作原始的静电电报实验，探索用电传递信息。

1762 避雷针从北美传入英国。

1769 避雷针传入德国。

1776 富兰克林参加起草美国《独立宣言》。

1784 全欧洲都使用避雷针。

1785 法国库仑发现电荷作用定律，就是库仑定律。

1786 意大利伽伐尼在解剖青蛙的时候，发现蛙腿一接触金属就会发生颤抖，就是著名的伽伐尼效应。

1790 四月十七日，富兰克林逝世，终年八十四岁。

1791 九月二十二日，法拉第出生在英国纽因敦城一个普通铁匠的家里。

莫尔斯生在美国。

1800 意大利伏打发明世界上第一个电池——伏打电堆，宣告静电时代的结束。

1802 英国戴维进行电弧放电实验。1806 戴维用电解法发现钾、钠等新元素。

1807 戴维分离出钡、锶、镁、硼等新元素。

1812 二十一岁的法拉第听戴维讲演，决心献身科学。

1813 法拉第在戴维的热诚帮助下，进入英国皇家学院当实验助手。

1816 法拉第初露锋芒，发表第一篇化学论文。

1820 丹麦奥斯特发现电流的磁效应，人类第一次揭示出电和磁有密切联系。

1821 法国安培提出利用电流使磁针偏转的作用传递电信号的方法。

美国皮尔逊设计二圆盘双指针式“指字电报机”。

法拉第提出“从磁产生电”的设想。

1822 法国盖-吕萨克和阿拉戈把通电导线绕在软铁上，成功地使铁磁化。

安培发现同向平行电流互相吸引，异向平行电流互相排斥。法拉第开始研究电和磁的关系。

法国傅立叶发明傅立叶级数和傅立叶变换。

1823 法拉第因为化学上的成绩，被当选为英国皇家学会会员。1824 威廉·汤姆生（就是后来的开尔文勋爵）生在英国贝尔发斯特城。

1825 安培提出安培环路定律。

德国欧姆发现欧姆电阻定律。

俄国雪林格发明五针式磁针电报。

1829 五月，戴维在日内瓦病逝，享年五十一岁。

1830 美国亨利发现自感现象，发明强力电磁铁。

1831 经过十年探索，法拉第发现电磁感应现象。亨利用电磁铁做成电铃，通过一·六公里远传递信号，这是最早的“电磁音响式电报机”模型。

十一月十三日，麦克斯韦生在苏格兰爱丁堡。

1832 莫尔斯从欧洲旅行写生回美国，在“萨丽”号船上被杰克逊的科普讲演所激动，改行研究电报。

1833 法拉第证明电的普遍性。

德国高斯、韦伯用电流计进行原始的有线电报实验，距离一千一百八十九米。

英国巴贝奇（1792 - 1871）设计出第一台包含有存储、控制、运算单元的通用自动计算器。

1834 法拉第发现电解定律。

德国楞次提出感应电流方向的定律。

1836 法拉第发现静电屏蔽现象。

1837 莫尔斯发明莫尔斯电码，并且制成世界上第一台实用的电报机——莫尔斯电报机。

英国柯克、惠斯登发明键盘和座标指字式五针电报机。

法拉第进行真空放电实验。

1840 英国焦耳测定电流热效应。

1841 法拉第过度疲劳，到瑞士养玻

1843 惠斯登发明惠斯登电桥。

1844 莫尔斯成功地在华盛顿同巴尔的摩之间（六十四公里）进行长距离

电报通信。

莫尔斯在华盛顿运河上做水流导电实验，探索用水流导电的“无线”通报方法。

1845 法拉第病愈，重新工作。开尔文大学毕业，在剑桥大学英国科学协会上同法拉第相遇。十四岁的麦克斯韦在《爱丁堡皇家学会会报》上发表数学论文。法拉第发现磁致旋光效应，发现抗磁性。

1846 法拉第发表《关于光振动的想法》，指出了光的电磁理论的发展方向——光是“力线的振动”。

开尔文担任格拉斯哥大学教授。

1847 二月十一日，爱迪生在美国米兰农家。

三月三日，贝尔生在苏格兰爱丁堡。

开尔文在牛津大学同焦耳相遇，成为知交。

十七岁的麦克斯韦考进爱丁堡大学，专攻数学物理。

焦耳发现磁致伸缩现象。

英国布尔（1815-1864）发明布尔代数，在《数学逻辑》中确立计算机运算的基础。

1848 开尔文提出绝对温度概念。

1850 麦克斯韦转入剑桥大学，继续攻读数学物理。

勃莱特完成横贯英法海峡的海底电缆，沟通英国和欧洲大陆的电报通信。

1853 开尔文发表论文《瞬变电流》，用数学解释莱顿瓶振荡放电现象，并且推算出振荡频率计算公式。

1854 麦克斯韦通过数学学位考试，向开尔文求教电磁研究的门径。

1855 开尔文建立海底电缆通信理论。

麦克斯韦发表第一篇电磁学论文《论法拉第的力线》，用数学方法解释法拉第的力线思想。

1856 大西洋海底电缆公司成立，开尔文被聘请当苏格兰股东的董事。

麦克斯韦到阿伯丁马锐斯凯尔学院任教。

1857 在开尔文主持下，开始铺设第一条大西洋海底电缆，但是中途电缆断裂，沉放失败。

1858 第二次沉放大西洋海底电缆获得成功，首次实现欧美大陆超长距离的有线通信。但是一个月以后，电缆发生故障，通信中断。

麦克斯韦发表论文《土星光环》。

1859 三月，波波夫生在俄国乌拉尔的一个矿山小镇。

1860 麦克斯韦到伦敦皇家学院任教。

1861 麦克斯韦计算出电磁波传播速度跟光速相同。

1862 麦克斯韦发表《论物理学的力线》，提出电磁理论，并且预见到电磁波的存在。

1863 十五岁的爱迪生成了一个小电报员，同年岁的贝尔组织少年进行科技活动。

1865 麦克斯韦发表《电磁场动力学》，完善麦克斯韦方程组。

开尔文领导铺设第二条大西洋海底电缆，中途再次出现意外，电缆坠入海底，第三次沉放又遭到失败。

1866 开尔文领导第四次沉放大西洋海底电缆的工程，大功告成，建立起

永久性的欧美长距离电报通信。

1867 八月二十五日，法拉第坐在书房的椅子上与世长辞，终年七十六岁。

贝尔在爱丁堡大学毕业，进伦敦大学继续深造，攻读语音学。

1868 爱迪生取得第一项专利——“自动投票记录机”的专利，他希望国会采用，但是遭到了拒绝。

1869 贝尔被聘请当美国波士顿大学语音学教授。

爱迪生因为搞发明而破产，从波士顿逃到纽约，当上黄金股票通信公司总技师。

1871 爱迪生在新泽西州建立“发明工厂”。1872 爱迪生发明二重电报机。

1873 麦克斯韦的巨著《电磁学》（两卷）问世。

三月，贝尔发明电话的设想得到亨利的鼓励。几个月以后，贝尔辞去波士顿大学的教职，开始研究电话。

八月，德福雷斯特生在美国伊利诺斯州。

俄国青年工程师罗德金发明白炽电灯，但是没有达到实用水平，不久就破了产。

英国弗莱明发明直流电位差计。

1874 四月二十五日，马可尼生在意大利。

麦克斯韦担任卡文迪许实验室第一任主任。

爱迪生发明四重电报机。

1875 贝尔发明电话，他当时二十八岁。

1876 二月，贝尔的电话发明获得专利。

1877 爱迪生在门洛公园建立研究所。

爱迪生发明阻抗式送话器、“会说话的机器”——唱筒式留声机。德国西门子（1816 - 1892）发明动圈式扬声器。

波波夫考入彼得堡大学。

1878 五月，麦克斯韦举行有关电话的科普讲演。

贝尔和助手沃特森在波士顿-纽约之间进行首次长途电话试验。年初，爱迪生开始从事电灯的研究。

1879 十月二十一日，爱迪生试验了一千六百多种材料以后，终于发明了世界第一个寿命长达四十五个小时的灯泡。

十一月五日，麦克斯韦病逝，终年四十九岁。

1880 美国投入实用的电话机已经达到四万八千台。

1881 爱迪生建立中央发电所。

1882 爱迪生的第一批实用电灯问世。波波夫大学毕业，第二年到喀琅施塔得海军水雷学校当教员。1883 爱迪生发现著名的“爱迪生效应”，给后来电子管的发明提供了实验基础。

爱尔兰菲茨杰拉德指出，如果麦克斯韦的理论正确，莱顿瓶放电就能够产生电磁波。

尼普考发明机械电视扫描盘。

1885 弗莱明发现左手定则和右手定则。

英国普利斯表演感应“无线”通信。

1886 贝尔的堂兄弟同别人合作取得唱片留声机的专利。1887 爱弥尔·柏林纳制成唱片留声机。

1888 德国三十一岁的青年物理学家赫兹发现电磁波，证明电磁波和光波一样，具有反射、折射、衍射等性质。

台思拉发明感应电动机，倡导交流电。

1889 德国胡布尔提出用电磁波进行通信的设想。

英国洛奇在英国皇家学院用莱顿瓶放电，作电磁波表演。波波夫重复赫兹实验。

1890 法国布冉利发明金属屑检波器，并且进行一百四十米远的电磁波传送实验。

台思拉取得用来产生高频振荡的台思拉线圈专利。

1891 十七岁的马可尼收集了各家无线电研究者的论文。1893 台思拉用电磁波遥控点亮远处的电灯。

1894 元旦，赫兹在做手术的时候死去，只活了三十六岁。洛奇改进布冉利的金属屑检波器，六月一日在英国皇家学会表演电磁波实验。

六月，波波夫用“雷电记录仪”记录天空闪电。

八月十四日，洛奇在牛津大学首次表演用电磁波传送莫尔斯电码。

新西兰卢瑟福发明磁性检波器，进行电磁波通信实验。

马可尼在意大利保罗格兰的父亲庄园楼上进行无线电实验。

爱迪生的活动电影放映机在纽约首次公开放映。

1895 五月七日，波波夫在彼得堡俄国物理化学会物理分会上，公开表演无线电传送实验，他的接收机首次使用天线。

马可尼在意大利保罗格兰庄园和附近小山进行无线电信号传送，据称距离长达二.七公里。

德国伦琴（1845 - 1923）发现 X 射线。

1896 三月二十四日，波波夫当众拍发世界第一份无线电报，电文是“海因里希·赫兹”，距离二百五十米。

初夏，马可尼携带他的发明从意大利来到英国。

六月二日，马可尼在英国取得第一个无线电专利。

台思拉发明旋转盘式火花隙，改良以后用在火花式发射机上。

1897 春天，波波夫在喀琅施塔得停泊场进行无线电报实验，通信距离达到六百四十米。

初夏，波波夫在巡洋舰“阿非利加”号和教练舰“欧罗巴”号上进行无线电通信试验，最大距离达到五公里。他在试验中发现，电磁波被在两舰中间驶过的第三艘军舰反射。

五月，马可尼在英国布里斯托尔海湾成功地进行无线电跨海通信，距离十四公里半。

七月，马可尼在伦敦成立无线电报信号公司。

马可尼在英国南端怀特岛建立尼特无线电通信站，开尔文在那里拍发第一份商用无线电报。

在马可尼和波波夫以后，德、意、英、日等国其他科学家也进行了无线电通信实验。德国布朗发明阴极射线管。

英国约瑟夫·汤姆逊发现电子。

1898 八月，马可尼的无线电报装置正式投入使用，替都柏林《每日快报》报导赛艇比赛。

美国普平提出电话传输加感理论。

丹麦鲍尔森发明磁性钢丝录音。

1899 三月，马可尼无线电装置第一次营救海上遇难者。波波夫在俄国黑海舰队进行无线电通信实验，距离十七公里。马可尼在英吉利海峡实现无线电通信，距离四十五公里。七月，马可尼通信系统在三艘英国军舰上试验，证明无线电信号可以“绕过”地球，进行曲面传递。

从九月到十月，马可尼访问美国，用无线电报导国际快艇比赛。十一月十五日，马可尼在“圣·保罗”号邮船上同尼特站进行无线电通信试验，距离一百零六公里。

十一月，为营救触礁的俄国军舰“阿普拉克辛海军上将”号，波波夫组织建立俄国第一条实用无线电报线路，第二年一月完成，距离四十公里。

卢瑟福发现 射线和 射线。

俄国列别捷夫（1866 - 1912）用实验证明电磁辐射有压强。1900 马可尼申请无线电调谐回路的专利。

马可尼在普尔杜建立世界第一座大功率无线电发射台。波波夫到法国、德国购买俄国海军用的无线电台。在巴黎国际电气展览会上，波波夫获得金质奖章。

台思拉阐述了无线电波反射的作用，就是雷达原理。

爱迪生发明镍铁电池。

德国普朗克发现电磁辐射的经验定律，提出能量量子化假设，解释了辐射定律，是量子论的开始。

德国德鲁德（1863 - 1906）提出金属的自由电子论。

法国彭加勒（1854 - 1912）根据电磁波理论，断定电磁场能量可能具有质量，并且指出电磁波振子定向发射电磁波，应该受到反冲作用。

卢瑟福发现第一种放射性气体。

1901 十二月十二日，马可尼的横跨大西洋无线电报试验成功，收到预先约定的“S”字母信号。

列别捷夫和美国尼科尔斯（1869 - 1924）、哈尔，各自证实 1873 年麦克斯韦在《电磁学》中预见的辐射压强关系。

瑞典皇家科学院根据瑞典著名发明家诺贝尔的遗嘱，设立诺贝尔奖金。诺贝尔奖共分物理学奖、化学奖、生物学和医学奖、文学奖、和平奖等五种。

1902 七月，马可尼随同意大利国王乘巡洋舰访问俄国喀什港，同波波夫友好会晤。

十月，马可尼在“费拉德尔菲亚”号船上，收到从二千五百公里外普尔杜发来的无线电报和远及三千二百公里的莫尔斯电码。

十二月，马可尼实现英国和加拿大之间第一次正式的无线电报通信。

英国亥维赛（1850 - 1925）、美国肯尼里（1861 - 1939）根据无线电“绕”地球曲面通信的事实，提出大气圈有电离层存在（二十二年以后证实，这个电离层高九十七公里）。

英国理查森（1879 - 1959）发现金属发射热电子的经验定律，并且在第二年用自由电子理论作出解释。

美国费森登用高频发电机发射等幅无线电波。

1903 开始从美国向英国《泰晤士报》用无线电传送新闻。

8 月 4 日，在柏林举行第一届国际无线电报会议。

英、意、加拿大、美、德、日、比利时等国的海岸、要塞和成百艘大西

洋邮船都装备了马可尼无线电装置。

卢瑟福提出放射元素的蜕变理论，打破了原子不可改变的传统观念。

1904 弗莱明在多年研究“爱迪生效应”的基础上，发明二极管，在十一月十六日获得专利。

马可尼用弗莱明二极管做越洋无线电通信的检波器。

1905 爱因斯坦提出光量子假说，用来解释光电效应；同时提出狭义相对论。

五月四日，美国法庭在一场有关无线电发明权的诉讼中，判决马可尼是无线电发明人。

1906 一月十三日，波波夫患脑溢血去世，终年四十七岁。

德福雷斯特发明三极管，为近代电子工业提供了重要基础。

费森登首次用调制无线电波发送音乐和讲话，这是最早的无线电广播试验。

约瑟夫·汤姆逊因为 1897 年发现电子，获得本年度诺贝尔物理学奖。

在柏林召开第二届国际无线电报会议。

1907 德福雷斯特把电子管首先用做屏极检波接收电路。

开尔文勋爵去世，享年八十三岁。

俄国罗申克（1869 - 1933）、英国坎普贝尔-史文顿（1896 - ?）提出的电子扫描原理，是近代电视技术的理论基础。

1908 二月三日，横越大西洋的无线电台开始使用。

卢瑟福获得本年度的诺贝尔化学奖。

1909 因为对发明无线电作出的贡献，马可尼和德国布朗分享本年度的诺贝尔物理学奖。“共和国”号邮船同“佛罗里达”号轮船相撞，邮船用无线电呼救，使船上旅客和海员全部脱险。

1911 在长途电话线路中使用三极管。

麦斯南发明无线电导航。

美国阿姆斯特朗、德福雷斯特、兰米尔发明再生电路。

卢瑟福发现原子核。

1912 费森登和阿姆斯特朗发明外差和超外差电路，为现代接收机奠定了重要基础。

四月十五日，豪华的“铁达尼”号邮船作处女航的时候，和冰山相撞沉没，一千五百多个旅客和船员丧生，亏得用无线电呼救，其余七百多人幸免于难。

1913 麦斯南用电子管产生高频振荡。

英国斯旺发明金属膜电阻。

1914 费森登发明回波测距，是雷达的前身。

短距离无线电话实验成功。

法国兰格文用超声波探测潜艇。

横越太平洋的大功率无线电站在英国威尔斯、美国檀香山和旧金山竣工。

1915 美国卡森证明可以用单边带进行通信。

美国坎贝尔研制成 LC 滤波器。

肖特基研制成帘栅管。

海辛发明电子管电压表。



哈特莱发明电感耦合三点振荡电路。

米兰尔研制出高真空三极管。

1916 二月，美国遇到暴风雪，电报线路中断，无线电报被广泛用在火车调度上。美国电话电报公司横跨大西洋无线电话试验成功。

美国和日本之间建立太平洋无线电报业务。

从 1913 年以来，借助无线电测定巴黎和华盛顿之间的经度差工作完成。

1918 电子管广泛应用于无线电发射机、接收机和其他各种电子设备里。

美国斯托勒研制成电子稳压器。

法国科学家发明多谐振荡器。

美国科学家制成高频感应加热炉。

1919 美国埃克斯、乔登发明双稳态触发电路。

美国赫尔发明磁控管。

美国建立世界上第一座无线电广播电台——匹兹堡 KDKA 电台，正式开始商业无线电广播。

1920 马可尼购买“伊莱特娜”号游艇，改装成海上流动无线电试验船。

1921 美国和欧洲相继发现波长比二百米小的短波可以用做远距离广播。

美国卡第发明石英晶体振荡器。

1922 从 1916 年到 1922 年，马可尼努力研究短波通信。马可尼提出一种实用的雷达系统。

1923 美国艾夫斯表演传真电报。

1924 英国阿普尔顿（1892 - 1965）和巴雷特测定 E 电离层，证明了亥维赛、肯尼里在 1902 年的预见。

1925 美国贝尔研究所成立。

美国贝尔德发明机械扫描电视，是电视机的鼻祖。

开始试验短波商用无线电通信。美籍苏联人兹渥里金（1889-？）发明光电显像管，是近代电视摄像术的先驱。

各国相继开始无线电广播。

海船上大量使用无线电罗盘。

1926 奥地利劳里取得雷达技术的专利。

日本八木发明八木天线。

美国惠勒发明自动音量控制电路。

美国迈克耳孙（1852 - 1931）精确测定了光速。

1927 英国阿普尔顿发现电离层上层反射无线电短波。

美国奥尼尔发明纸基磁带记录电信号，后来发展成磁带录音机。纽约和华盛顿之间的电视传输试验成功。

美国达维生（1881 - 1958）、英国汤姆生（1892 - ）发现电子的波动性，因此获得 1937 年诺贝尔物理学奖。

1928 挪威施笃默首次探测从月球反射回来的无线电波。

美国哈特莱首次提出通信中的信息量概念。

英国赫尔本特提出电离层形成的紫外线电离说。

1929 德国海森堡（1901 - 1976）、泡利（1900 - 1958）把电磁场看做动力学体系，是量子场论的先驱。

贝尔德在英国广播公司开始播送三十行机械扫描电视（1935 年被电子扫

描电视所取代)。

1930 三月二十六日，马可尼在地中海“伊莱特娜”号上，用无线电遥控一万四千多公里外澳洲电气和无线电展览会上的上千盏电灯。开始用超短波进行通信。

1931 世界著名科学家集会和发表纪念文章，隆重纪念麦克斯韦诞生一百周年。

爱迪生去世，享年八十四岁。美国通用无线电公司生产示波器。

1932 尼奎斯特发明负反馈放大电路。

最早的保密电话机问世。

1933 美国詹斯基 (1905 - 1950) 发现从宇宙来的无线电波，创立射电天文学。

阿姆斯特朗发明调频制。

十二月，马可尼访问上海，受到中国十四个学术团体的热烈欢迎。

1934 中-英国际电台开始工作。

1935 全世界总计有七千二百一十九万台收音机，中波广播电台一千五百五十座，短波广播电台一百四十座，长波广播电台五十九座。无线电广播遍及世界各地。

七八月，中国和美、法、德、意、日等国的无线电话正式联通。英国 W·瓦特研制成第一部探测飞机用的实用雷达。

1936 六月一日，法国举行安培逝世一百周年纪念。

七月，中国无线电学家谭玉田在南京玄武湖公开表演无线电遥控船模型。

美国贝尔研究所研制成功声码器。

中国青年电子科学家孟昭英博士在美国发明世界上最小的真空管，促进了超短波的发展。

1937 七月二十日马可尼逝世，享年六十三岁。

卢瑟福逝世。

美国里夫斯发明脉码调制。

美国无线电公司制成第一部机载雷达。

英国广播公司第一次播送高清晰度电视图像。

1938 第一台继电器式数字计算机在美国贝尔研究所研制成功。

里夫斯发明脉冲相位调制。

1940 洛奇逝世，终年八十九岁。布冉利逝世，终年九十六岁。英法联军在空战中使用雷达，一举击落德军飞机一百八十五架。美国无线电公司生产第一台电子显微镜。

美国贝尔研究所发明云母电容器。

1941 开始商业调频广播。

1943 艾斯勒发明印刷电路。

1945 美国赖斯提出噪声的统计理论。

英国克拉克提出利用静止卫星进行通信的设想。

发现超短波和微波的“超视距传播”现象，开辟了对流层散射通信。

美国贝尔研究所凯利和肖克莱在一次重要谈话中，确定了探索半导体器件的方向。

1946 美国宾夕法尼亚大学的莫尔电工学院试制成功第一台电子管电子

计算机 ENIAC。

美国开始播送电扫描黑白电视。

美国戴维特用雷达探测月球。

中国电学家高仲芹发明电动汉字打字机。

1947 美国贝尔研究所提出雷达的脉冲压缩技术。

十二月二十三日，美国贝尔研究所巴丁、布拉坦研制出世界上第一个晶体三极管。

1948 七月，巴丁布拉坦公布晶体管发明。

美国申农 (1916 - ) 提出信息论，为现代通信奠定了重要的理论基础。

美国维纳 (1894-1964) 出版《控制论》。第一条大容量商用微波无线电中继系统在美国投入使用。

1949 英国剑桥大学制成第一台通用电子管计算机 EDSAC。

肖克莱提出在半导体单晶里制成 p - n 结的可能性。

英国加博尔 (1900-) 发明全息照相术。

1950 英国图灵 (1912 - 1954) 发表《计算机和智力》一文，提出机器能够思维的观点。

美国克莱门斯 (1908 - )、布劳维尔 (1903 - 1966)、爱克 (1907 - 1971) 利用电子计算机重新计算五大行星从 1653 年到 2060 年的运动表。肖克莱等人用单晶锗制成结型晶体管，促进了电子技术小型化的革命。

美国无线电公司试验第一部全晶体管电视机。

1951 美国贝尔研究所举办晶体管技术推广讲座。以后，晶体管就作为一支新生力量登上电子技术舞台。

美国帕范恩发明锗区域提纯熔炼工艺。

美国长途电话直接拨号投入使用。

1952 英国达默提出集成电路的设想。

美国贝尔研究所蒂尔、比勒发明大型单晶硅制造技术。

英国巴克森德尔发明负反馈音调控制电路。

1953 美国开始试播 NTSC 制彩色电视。

美国通用电气公司发明单结晶体管。

1954 中国钱学森发表《工程控制论》，系统总结了自动控制理论的新发展。

美国汤斯 (1915-)、高尔登 (1928-)、柴格尔制成气体微波激射器，是激光的先驱。

美国贝尔研究所用半导体硅制成第一个太阳能电池。

美国贝尔研究所研制出可控硅整流器。第一部晶体管收音机在美国问世。

1955 美国贝尔研究所研制成变容二极管。

美国巴克应用超导现象发明低温管。

美国布朗斯坦观察到砷化镓的红外辐射。

1956 肖克莱、巴丁布拉坦因为发明晶体管，获得本年度诺贝尔物理学奖。

第一条横贯大西洋海底电话电缆投入使用。

第一台商品磁带录音机问世。

美国贝尔研究所提出电视电话的方案。

1957 中国科学院、一机部制成锗晶体管，我国电子技术晶体管化从此开始。

从荷兰卡墨林-昂内斯（1853 - 1926）在 1911 年发现超导现象四十六年以后，美国巴丁、库珀（1924 - ）、施里弗（1931 - ）创立超导理论（BCS）。苏联发射第一颗人造卫星。

英国剑桥大学研制成扫描型电子显微镜。

美国用电话线进行数据通信。

1958 中国科学院计算技术研究所试制成功我国第一台通用电子计算机。

欧美两个技术小组创立一种程序设计语言，叫算法语言 ALGOL，用在电子计算机程序自动化上。

美国肖洛、汤斯首次论述激光理论，促进了激光技术的发展。美国通用电气公司和晶体管公司生产场效应晶体管。

美国发射“探险者一号”卫星。

美国得克萨斯仪器公司宣布研制成第一块集成电路。

日本江崎发明隧道二极管。

1959 美国国际商业机器公司（IBM）制成第一台晶体管计算机

“IBM7090”。以后，电子计算机迅速进入第二代。

中国科学院光学精密机械仪器研究所制成十万倍大型电子显微镜。

第一台取样示波器在美国问世。

1960 美国卡尔门（1930 - ）提出数字滤波理论，进一步发展了随机过程在制导系统中的应用。

英国梅曼（1927 - ）首次用红宝石制成固体激光器。

美国皮尔斯（1910 - ）首次实现用人造卫星“回声一号”做无线电波反射器，到 1962 年实现首次横跨大西洋的转播。

美国得克萨斯仪器公司和西屋公司生产单片运算放大器。1961 美国明斯基提出人工智能概念。

美国国际商业机器公司研制成氟化钙激光器。

美国贝尔研究所生产第一个连续波气体激光器。

瑞士发明电子钟。

德福雷斯特去世，享年八十八岁。

1962 英国年轻的研究生约瑟夫逊从理论上预言超导隧道效应，第二年得到实验证实。

美国发射第一个通信卫星。

美国通用电气公司和国际商业机器公司分别研制成固体激光器。瑞士发明电子手表。

1963 第一台彩色磁带录象机问世。

美国贝尔研究所研制成功电视电话。

荷兰飞利浦公司发明盒式磁带录音机，导致录音机的革命。美国数字设备公司生产第一台小型计算机 PDP-5。

美国耿恩发明耿氏二极管振荡器。

1964 中国哈尔滨军事工程学院试制成功我国第一台全晶体管电子计算机 441 - B。

出现可供实用的集成电路。

美国国际商业机器公司生产 IBM360 系列计算机。

美国贝尔研究所制成崩越二极管。

1965 发射第一颗国际通信卫星 INTELSATI。

从六十年代中期起，国外电视机开始采用集成电路。

1966 国外开始研究光纤通信。

1967 大规模集成电路问世。

苏联开始播送彩色电视。

1970 美国贝尔研究所研制成功一种新型电子器件——电荷耦合器件。

美国贝尔研究所研制成功磁泡器件和磁泡存储器，对电子计算机的发展有重大作用。

1971 美国英特尔公司生产世界第一台微处理机。

1972 巴丁因为 1957 年同库珀、施里弗共同创造超导理论，获得本年度诺贝尔物理学奖，成为目前世界上唯一两次获得诺贝尔物理学奖的人。

1973 美国布恩汤无线电公司生产第一台用微处理机控制的测量仪器 76A 型自动电容电桥。

1976 光缆通信试验成功。

连接美国和法国的新型海底电缆系统 TAT - 6 启用，最大通话路数四千路，线路总长六千四百公里。

1977 到元旦为止，全世界电话机总数达到四亿部。按人口平均，使用电话最多的前四个国家是：每一百人中美国七十二部，瑞典六十九部，瑞士六十三部，西德十四部。

美国科学家用电子计算机出色地解决了世界数学难题——四色问题。

中国开始播送彩色电视节目。

1978 加拿大利用数字卫星线路建立新闻数传系统。

日本京都大学工学院研制出计算机语音识别系统。

美国贝尔研究所发明集成光学器件。

国外电视机大量采用电调谐，并且努力研究各种平板电视。1979 法国试验成功光缆电视。

荷兰飞利浦公司研制成可以同时通话和书写的电话。

西德使用欧洲第一条光缆电话线路，通信距离一五·四公里。西德建立第一条数字无线电传输线路。

美国贝尔研究所发表语声识别计算机系统。

日本进行卫星彩色电视数据传输实验。

第一座太阳能广播电台在美国开始广播。

激光唱片问世。

在英美之间敷设一条最新的大西洋海底电缆，预计在 1983 年投入使用，可以同时通四千路电话，还可以传送计算机数据和电报信息。爱因斯坦诞生一百周年纪念，世界各国发表大量纪念文章。麦克斯韦逝世一百周年纪念，我国《自然杂志》、《科学画报》等刊物发表专文纪念。

爱迪生发明电灯一百周年纪念。

我国研制成功第三代气象卫星接收设备。

