

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (28)

电器

 **eBOOK**
网络资料 免费下载

电器

发明时代

发明伽伐尼电地

1780年11月的一天，意大利生物学家伽伐尼教授正在厨房里做菜，今天他准备做的菜是烩蛙腿——这是一道传统的波洛尼亚名菜。教授是位解剖专家，操起手术刀来游刃有余，把一只只青蛙整治得十分妥贴。他的妻子柳契卡站在旁边看得津津有味。看着，看着，柳契卡也一时兴起，拿起一把小刀，用刀尖去拨弄一条蛙腿。刀尖触及到蛙腿外露的神经时，死蛙突然颤抖了几下。“啊呀，青蛙又活了。”伽伐尼赶紧走过来，他注意到离桌子不远的地方，自己的助手正在调试一架起电机。“会不会是起电机打火而产生的感应？”想到这里，伽伐尼产生兴趣了。他立即调试起电机，使它连续打火，但却看不出死蛙有什么反应。这时教授想起了富兰克林的话，大气中的电和莱顿瓶中的电具有相同的性质。于是他用铜钩把蛙腿挂在花园里的铁栅上，每当雷雨天气时，果然可以看到蛙腿会颤动。不过这种奇怪的颤动有时在大晴天里也可以看到，这又是为什么呢？伽伐尼百思而不得其解。

6年后，一艘英国船从南美把几条电鳗带到伦敦。电鳗是生长在南美的一种特殊的热带河鱼。当地土著人都知道在捕捉电鳗的时候会遭到它狠狠的一击，捕鱼人因此会身体灼痛、发热、发胀、发麻。于是土著人就利用电鳗的这种攻击来治疗风湿痛。这次由轮船带来的电鳗被放养在伦敦的水族馆里，引起了市民们的极大兴趣。有人去摸鱼的头部，尝到了攻击的滋味，这种滋味与莱顿瓶放电时给人的电击是一样的。后来，有位科学家让电鳗给莱顿瓶充了电，从此大家都相信了电鳗的攻击是一种动物放电现象。消息传到意大利，伽伐尼顿觉眼前闪过一道亮光。6年前的往事又历历在目。青蛙颤动的原因并不是起电机放电，也不是大气放电，而是在于青蛙体内本身就储藏着电。是啊！世界上有着各种各样的电：有摩擦产生的玻璃电和树脂电；有富兰克林发现的空中的电；还有我发现的动物身上的电，也就是动物电。想到这里，伽伐尼兴奋地高声背诵起德国哲学大师谢林的名言：“啊，电是宇宙的活动，宇宙的灵魂！”

为了证实自己的想法，1786年9月20日伽伐尼在一间密闭的房间里作了这样的实验：他用铜钩勾住蛙腿，平放在玻璃板上，再用一根细长的弯铁杆，一端去接触铜钩，另一端去碰蛙腿。果然看到了蛙腿会颤动。但是换一根玻璃弯杆去试验，青蛙却一点也不会动。这样就更证实了伽伐尼的设想，动物体内存在着“动物电”，金属弯杆只是起着一种传导作用。于是伽伐尼在1792年发表了《论肌肉中的电力》一文，向科学界宣布他对“动物电”的论述：“在紧缩现象发生时，有一种很细的神经流体从神经流到了肌肉里去了，这就像莱顿瓶中的电流一样……”

伽伐尼的研究成果立即受到了欧洲学术界的普遍赞扬，大家推崇说这是科技史上一件有意义的大发现。

再说伽伐尼成名之后，到各地去演说，宣扬他的“动物电”观点。1793年某日，他应邀来到伦敦皇家学会的大厅作演讲。由于“动物电”学说是科学界里继富兰克林之后又一次爆炸性的新闻，所以大厅里掌声如雷，盛况空前。此时前排坐着一位中年人，虽然全神贯注地听演讲，但自始至终却一声不吭。此人是伽伐尼的同乡，名叫伏打，是电学界里一位新秀。他在几年前

因为发明了起电盘而升为教授，两年前还被选为伦敦皇家学会会员。今天见搞解剖的同乡伽伐尼在讲台上大谈电学，心里颇不服气。他想，死青蛙体内究竟有没有电，得让我回家后细细琢磨才知道哩！伏打回到家里，潜心研究了几个月，居然提出了一种新的观点。他认为：“蛙腿本身不放电，而是外来电使蛙腿神经兴奋产生抽搐，蛙腿只是起了个电流计的作用而已。电的真正来源是铜和铁两种金属的接触。”为了证实自己的观点，他只用一种金属来替换伽伐尼实验中的铜钩和铁杆，结果蛙腿一点也不会颤动。于是伏打认为伽伐尼在实验里发现的电流，不应该叫动物电，而应该叫“金属电”或者“接触电”。伏打的观点受到了电学家们的支持，而伽伐尼的学说得到了生理学家们的赞同。这两种学说之间的争论一直延续了几十年之久。

伏打是一个脚踏实地的人，他并不去理会众说纷纭，决心要让事实来说话。他闭门谢客，经过7年含辛茹苦地钻研，他在“接触电”的研究上取得了重大的突破。他发现了一种金属序列：铝、锌、锡、镉、铅、铋、汞、铁、铜、银、金、铂、钯等。只要把两种金属接触，序列中排在前的金属带正电，排在后的金属带负电。这个序列称为伏打序列。更有意思的是用一根导线把两片不同金属片联起来，再把两片金属片浸入到电解液里，线路里就会产生电流。

1800年6月26日伦敦的皇家学会演讲厅里又像过节般的热闹。这次轮到伏打在这里演示他的新发明了。只见伏打把17枚银币和17枚锌片，一片隔一片叠放起来，并在银币和锌片之间放了一层浸透了盐水的马粪纸。34片小圆片叠放起来有几十厘米高。然后他从顶、底两片金属片上各引出一根导线。令大家惊诧的是，这些天天都看到的银币和锌片叠放起来后，真的产生了电。伏打把两根引线的外端靠近时，响起了噼啪声、迸发出火花，引得大厅里发出阵阵掌声和赞叹声。伏打示意大家静下来说：“如果用30、40、50或者更多的银币和锌片来做实验，效果会更好。它产生的电击虽然不如莱顿瓶放电那样的强烈和激动人心，但它的优点却是莱顿瓶无法与之相比——它不需充电！只要我们去碰它，它就会产生电击，而且无论碰它的次数多么频繁……”伏打一边说，一边使两根引线不住地相碰，迸发出一连串爆鸣声，闪烁起一簇簇火花。使大厅里的观众热情高涨，欢声雷动。最后他提议把自己发明的电堆称为“伽伐尼电池”，以此来表达自己的感激之情。他说：“没有他的启发，我是不会获得今天的成就，我永远感激他，我们永远不可忘记他。”

几个月后，伏打带着他的仪器来到了巴黎，正当他在科学院演讲大厅的讲桌摆起瓶瓶罐罐、环环片片准备演讲时，突然一位全副武装的法国军官走上台来，在伏打耳边轻声说：“请等一下开讲，有人在休息室里要接见你。”伏打一看这架势，知道有大人物想见自己，心里有点忐忑不安。跟着军官来到了后台休息室，推门进去，只见一个小个子的将军向他立正敬礼。伏打定神一看原来是威名赫赫的拿破仑皇帝。只听拿破仑大声宣布：“你为科学事业干出了伟大的业绩，我宣布授予你侯爵封号，任命你为意大利王国的上议员。”拿破仑是识人才的，伏打的发明具有重大而深远的意义。伽伐尼电池是世界上第一种可以控制的制造电流仪器，戴维就用这种电源发现了许多种元素，法拉第用它发现了电解定律，早期的电弧灯、电动机、电报等新技术都是用它来作为能源的。它对近代科学技术的发展有着巨大的促进作用。

伽伐尼电池的发明轰动了整个欧洲大陆，当时各类杂志都相继报道这种

仪器，又有许多学者仿造和改进这类装置。俄国有个科学院院士名叫彼得罗夫，竟别出心裁地用 4 200 片金属叠起了一个伽伐尼电池的世界之最。可惜当时还没有“吉尼斯”记录，否则倒可以留下一个名字来。

发明蓄电仪器

看过电影《巴黎圣母院》的读者，一定记得那座庄严宏伟的大教堂吧！这座建于 12 世纪从罗曼式过渡到哥德式的文艺复兴时代的建筑物，巨大的钟楼、拱形的大门、玫瑰花前装饰的圆窗和彩色的屋顶，一定给你留下了深刻的印象。教堂前有一片广场，整天是人声喧嘈，熙熙攘攘。

1746 年 4 月的一天，阳光明媚。广场的四周围人头攒动，摩肩接踵，挤满了看热闹的市民。沿着“圣母院”正门的台阶上临时搭起了一个观礼台，台上坐满了达官显贵和皇室人员。台的四周旗帜华丽、鼓乐齐鸣。今天在这里既不是举行国庆典礼，也不是进行宗教仪式，大家来观看一场神奇的科学表演。

下午 3 时，表演开始了，在巴黎实验物理学校教师诺莱神父的带领下，700 名身穿灰色长袍的修道士缓缓地步入了广场。他们手拉手地围成了一个长长的半圆圈，队伍大约有 270 米长。诺莱先向观礼台走近几步，鞠躬致礼并简述了他即将要进行的科学表演。他双手将一只玻璃瓶高高举起，说：“这瓶就是几个月来人们热衷议论的，具有巨大威力的莱顿瓶，下面我将使各位大人来亲眼目睹它的神威。不过这种巨大的威力并不是来自莱顿瓶，而来自莱顿瓶里储藏的电。电将是未来世界的主宰。”诺莱说完话，退回原来的地方，先用手摇玻璃球起电机向莱顿瓶充电，然后他让排头的修道士双手捧着瓶，排尾的修道士用手去握住从莱顿瓶中央引出的导线。只听得“噼啪”声响，700 多名修道士同时遭到了一场电击，跳了起来，一个个吓得面如土色。这一惊心动魄的场面，使所有的观众都惊得目瞪口呆，小小的瓶子，看不见的电，竟然有如此巨大的威力，真是不可思议啊！

那么这瓶子是谁发明的呢？

事情要回到几个月以前。在荷兰这个美丽的鲜花之国里，西部有一座静谧的小城——莱顿城，她地处阿姆斯特丹和海牙之间。城里的莱顿大学是欧洲最古老，最著名的高等学府，它创建于中世纪。当时该校的物理教授名叫莫兴布罗克，从事着电现象的研究。那时候电学还算不上是一种学问，电现象的研究也刚刚起步。欧洲大陆的学者们造出了几种摩擦起电机，但是用起电机好不容易得到的电荷不过几分钟就会在空气中逐渐消失。能不能找到一种可以把电“储藏”起来的容器呢？这个难题常常萦绕在莫兴布罗克教授的心中。

一天他走进自己的实验室，见助手已经把仪器都安置好了：从天花板上用丝线水平悬挂着一根铁制的枪管，枪管的右边正好碰在起电机的玻璃球上。原来教授想用实验来证明从玻璃球上起得的电会沿着水平放置的枪管，从枪管的右边传递到左边。这时他脑里突然产生了一个灵感。他取过一根钢丝在枪管的左端绕了几下，再浸入一只盛了水的玻璃瓶里。他想枪管上的电荷也许会流过铜丝跑到玻璃瓶里得到保存。实验开始了，他原来是要用手接近带电的枪管，观察枪管与手指之间的电火花。做了几遍实验后，他觉得那只盛了水的玻璃瓶有点晃动，于是他用另一只手去托住瓶。忽然一声巨响，

他被击倒在地，立即觉得手臂麻痛，比平时实验时受到的针刺般的灼痛要厉害不知多少倍。后来他在给朋友的信里说起这件事是这样写的：“忽然间，我的右手遭了猛击，全身好像触了闪电一样，玻璃瓶虽然很薄，可是没有破裂，手也没有因此移位，但是手膀和全身都受到了说不出的影响，一句话，我想，这次我完蛋了。”

这次事件使教授意识到，一定是那只盛了水的玻璃瓶把起电机得到的通过枪筒传过来的电都储藏了起来，然后再突然释放，所以有如此巨大的威力。但他还不清楚究竟是瓶子，还是瓶子里的水，起到了保存电的作用。

虽然教授还一时未弄清楚这现象的来龙去脉，但是强烈的放电立刻引起了周围的好奇。消息传开来，一连许多天，闻讯赶来看热闹的人络绎不绝，其中不少人对电是一无所知，但闪电和爆鸣声给了人们追求刺激的心理以极大的满足，也给他们平淡的生活增添了欢乐。

消息传到了法国巴黎，诺莱神父饶有兴趣地反复实验，终于弄明白了是干燥的玻璃瓶可以把电保存起来。这样，电学史上第一只保存电荷的容器诞生了，由于这个瓶是由莫兴布罗克最早在莱顿城发明的，因此大家称它为“莱顿瓶。”

现在来介绍一下莱顿瓶的工作原理。在一只玻璃瓶的内、外壁上分别贴上锡箔。瓶里的锡箔通过链子与金属棒相连，棒的上端是一个金属球，瓶外的锡箔一般要接地。

大家知道，当一个孤立导体带了电之后，电荷是很容易跑散到空中去的，而现在就不一样了。当用一个带电体（设带正电）接触金属球时，瓶里的锡箔上就会带正电，由于静电感应的缘故，大地上会有一部分负电荷跑到瓶外的锡箔上，这时把带电体移去，内外锡箔上带的正、负电荷由于彼此相互吸引，都安分守己地留在那里，很长时间都不会跑散，好像组成了一个“家庭”。上述过程叫做莱顿瓶充电。

要使用莱顿瓶里的电时，只要把金属球上的引出线和瓶外锡箔的接地线靠近，就会产生火花放电。放电时，莱顿瓶的内外两种电荷互相中和，一直到瓶里不带电为止。

莱顿瓶发明后，一时有不少人来重复它的放电实验，甚至有人以此来做表演，维持生计。经常表演的节目有电杀小鸡、小鸟，使钢针磁化，以及用长距离的引线横跨江湖水面，进行长距离的放电。这些有趣的实验在客观上为电现象做了广告，吸引大众的注意力，也促使了一些有识之士投身到电学研究的事业中来。

莱顿瓶的发明给电学研究带来了方便。现在广泛使用的各类电容器很多是在莱顿瓶的基础上发展起来的，它们的基本原理是相同的。

发明起电机

假如你找来一根玻璃棒，用一种丝绸布把它摩擦一会儿，它就能把桌上的羽毛片或小纸屑吸起来，这是一种什么现象呢？现在大概连小学生也能回答，这是“摩擦起电”。

其实，人们很早就知道了摩擦起电。大约在 2500 年以前，古希腊有七位“圣人”，其中之一便是著名哲学家泰勒斯，他是一个非常聪明的人。有一天，泰勒斯在家休息时，看到了桌上的一块美丽的琥珀，这是一种透明的淡

黄色的石块，是古代的一种珍贵的装饰品。他就把它拿起来，并用自己的长袍反复摩擦，让它更加光彩夺目，然后再把它放回桌上。突然，泰勒斯发现桌上的一片小羽毛向琥珀移过去，最后粘到了琥珀上，他拿开羽毛，一松手，羽毛还是被琥珀吸过去了。泰勒斯惊喜万分，立即把家里人喊来，重复做了几遍，都发生了和上面相同的现象。后来泰勒斯又进行了其他一些有趣的实验，把羊毛和其他一些轻细的物体放在摩擦后的琥珀附近，发现这些物体同样都能被琥珀所吸引。

为什么经过摩擦之后的琥珀会吸引轻小的物体呢？泰勒斯当时还无法解释，但是他认识到这是一个很重要的现象，就把它详细地记录了下来。

我国古代对摩擦生电方面的发现和记载也是很多的。东汉初期（公元1世纪时）的科学家王充就在他的著作《论衡》一书中写道：“顿牟掇芥”，“顿牟”就是玳瑁，是一种跟龟很相像似的海洋动物的甲壳，“掇芥”就是吸引芥籽的意思，总的意思就是经过摩擦的玳瑁能够吸引一些轻小的芥籽。

世界上第一个认真研究这一现象的人是16世纪末的英国医生威廉·吉尔伯特。他是英国女王伊丽莎白一世的御医，除了具有高超的医道之外，他还以研究磁力现象而著称于科学史。他对泰勒斯的故事十分感兴趣，动手做了大量的实验，还特地在女王面前作了琥珀吸引羽毛的表演，吉尔伯特把这一现象称为“电”。“电”这个字的英文读音“Electricity”就是希腊文“琥珀”一词的译音，吉尔伯特第一个提出了“电”这个概念。

从泰勒斯发现摩擦琥珀可以起电后的2300多年的时间里，摩擦起电几乎成了人们获得电的唯一方法。随着时间的推移，欧洲人对自然界的兴趣越来越浓，他们不断地提出问题，例如琥珀经过摩擦可以吸引轻微的东西，那么摩擦得猛烈一点，吸引力会不会增加呢？琥珀会不会带上更多的电呢？摩擦起电促使欧洲科学家继续研究、继续探索。

世界上第一个发明摩擦起电机的人是德国（当时称普鲁士）萨克森的马德堡市市长格里克。虽然他是市长，公务繁忙，但是对自然科学研究还是投入了大量的时间和精力。他经常钻到那个现在称为实验室的房间里进行小实验，由于他长期地钻研，硕果累累，著名的“马德堡半球”实验就是其中之一。马德堡市民为了表达对他的敬佩，选举他担任市长达35年之久。

1660年的某一天傍晚，格里克又在他那个房间里做摩擦起电的实验。当他用手指拈住一块刚刚摩擦过的琥珀时，好像听到了一点很微小的噼啪声。他觉得很奇怪，又连续做了几次，这时天已全黑了，当他再用手拈住它时，则又看到每一次噼啪声都伴有微弱的闪光。他认为这声响和闪光可能是一部分电被释放出来了。但是由于这声音太轻，闪光也太弱，无法证实，如果要将这一实验继续进行下去，必须要有一块很大的琥珀，让它充上更多的电，然而大块的琥珀价格非常昂贵，格里克不得不转向考虑用什么物质来代替琥珀呢？他作了许多实验，最后试验成功，用硫磺代替琥珀做成了摩擦起电机。

格里克拿来一个有足球那样大的球状玻璃烧瓶，里面装满了黄色的硫磺碎块，用火加热到硫磺全部熔化，同时不断地向瓶里加进硫磺，直到烧瓶里充满硫磺溶液为止。然后向烧瓶正中插入一根圆木柄，待硫磺冷却以后，就把外面的玻璃烧瓶敲掉，这时就得到了一个比脑袋还要大的带有一个木柄的黄色硫磺球。格里克把硫磺球放在一个木制的托架上，使它可以自由转动，他用一只手握住木柄，使硫磺球绕轴旋转，另一只手按在球体上，随着球的不停转动，硫磺球表面就会因摩擦而生电，充满大量的电荷，这就是第一个

经过摩擦而得到最多量电荷的器件。在电学历史上，格里克是第一个通过实验而观察到物体放电时发生的噼啪声和闪烁的电火花。由于电量大，火花也亮，即使在白天也清晰可见，他高兴极了，逢人就说，他要与人们共享这一喜悦。这就是世界上第一个摩擦起电机。

17世纪的欧洲科学家纷纷致力于制造起电机，他们想要进行的任何电学实验，都必须使劲地摩擦物体，然后才能进行各种各样的实验。当然依今天的眼光，这些实验真是太可笑了。如当时有一个人做了一个大轮子，在轮子上他装了许多像风车似的叶片，在叶片端头嵌上琥珀，他把自己家中的猫绑在轮子下面，随着轮子的旋转，一块块琥珀不断地摩擦猫背，于是猫背的毛皮就不断地因摩擦而闪烁着电火花。那时的人们就是用这种原始而又近乎荒唐的方法来获取少得可怜的电。

1709年，英国一个名叫霍克斯比的科学家根据格里克起电机的原理，制成了当时非常吸引人的玻璃球起电机。他用一个带柄的中间是空的玻璃球代替格里克用的实心硫磺球，当人的手按在旋转的玻璃球上时，球内部的空间区域就不停地闪烁着不明亮的电火花。电光透过透明的玻璃球壁，霍克斯比居然可利用它在暗室里读书、写字。这是人类历史上电气照明的前奏，霍克斯比的起电机还真可以说是世界上第一盏“电灯”呢？

到了1742年，苏格兰科学家戈登又改进了摩擦起电机，他用圆柱代替玻璃球，并提高转速，达到每分钟680圈，因此能产生强烈的火花，甚至可以杀死小鸟。1745年，戈登的同胞温克勒又把玻璃管安装在用脚踏板踩动的轴上，这样可用脚踏代替手摇，并用安装在弹簧上的皮革垫子代替干手掌摩擦玻璃柱。他用改进后的起电机在很多人的集会上表演，用产生的火花来点燃酒精灯，并且从人的手指上产生火花。

1882年，英国维姆胡斯创造了圆盘式静电感应起电机，其中两同轴玻璃圆板可反向高速转动，摩擦起电的效率很高，并能产生高电压。这种起电机一直沿用至今，在各中学的物理课堂上作电学演示实验时，就经常用到它。

摩擦起电机的出现，这种由人工产生的新奇电现象，引起了社会广泛的关注，不仅一些王公贵族观看和欣赏电的表演，连一般老百姓也受到吸引。整个社会都对电现象感兴趣，普遍渴望获得电的知识。电学讲座成为广泛的要求，演示电的实验吸引了大量的观众，甚至大学上课时的电学演示实验，公众都挤过去看，以至达到把大学生都挤出座位的地步。摩擦起电机的出现，也为实验研究提供了电源，对电学的发展起了重要的作用。

经过英国、德国几代科学家改进摩擦起电机，其效力和威力都有了很大提高，能够产生强大的火花。特别是能从人身上生出火花来，引起世人的惊奇，使人们对电的本质、物质结构以及雷电现象等进行探索，从而促进了电学的发展。

探测电磁波

在一间遮得很暗的实验室里，靠屋角摆着一台电学仪器，上面两枚金属做的亮晶晶的小球，像两只瞪圆的眼睛，这是一台制造电火花的仪器，当把电源接通以后，仪器便会发怒般地嗡嗡作响，两个球之间不时地发出吓人的响声和闪光。在这两个导电的金属球旁边，再连上两处向外伸展的金属片，活像一个长着两只硕大耳朵的双眼怪。

在另一张桌子上，立着一个装在绝缘底架上的金属圆环，圆环的顶上有一个很小的缝隙，缝隙的宽度可以调节，一项人类久已盼望的秘密就要从这个缝隙上揭开。

一切准备就绪，实验者合上了电源开关，在嗡嗡作响的声音中两个金属小球噼噼啪啪地发出耀眼的电火花。为了不使眼睛被强光刺激，实验者转过脸去。因为他要观察对面圆环上的细缝，他紧张地注视着，仿佛在上面看到微弱的辉光，这是真的放电辉光，还是眼睛看花了？他揉了揉眼睛，把圆环上的间隙调小，再注意观察，此时辉光似乎亮起来，再调小一点，调小点，当两端碰到一起时，辉光消失了。现在不会有疑问了。在圆环的缺口上确实有微小的电火花穿过。

这就是人类第一次通过实验有意识地探测到的一个电磁波信号。实验装置出奇的简单。实验者是德国优秀的青年物理学家赫兹。

这是 1887 年，此时赫兹只有 31 岁，恰好与麦克斯韦预见电磁波时的年龄一样。但是，麦克斯韦已逝世 8 年了。如果麦克斯韦还活着，他一定会被他笔尖下预言的电磁波被证实而感到无限欣慰。

赫兹是如何想起做这样一个实验呢？说起来也是一件偶然的事件引起的。

1886 年春，作为卡尔斯鲁厄工科大学教授的赫兹，在给学生讲授实验的过程中发现，在一个电容器放电的时候，放在附近的一个线圈上突然飞出了一个火花。这件奇怪的事情引起了他的注意。

回家路上，沿着莱茵河畔，赫兹一面走一面思考这个问题：线圈能飞出火花来，说明里面有电，可是这电是那里来的呢？线圈上并没有连接着电池啊！

不过，不接电池的线圈里也能有电流，他想起法拉第的实验，当把一个磁铁插入或拉出线圈的瞬间，线圈中能产生感应电流，但是，当时并没有像法拉第那样去做上面的事情啊！赫兹又想到，如果在这个小线圈的旁边，另外有一个通以交变电流的线圈，也可以在它上面感应出电流来，这是变压器的原理，赫兹回忆实验时的情形，旁边也没有这样的线圈，只有一个充了电的电容器，放电的时候打了一个大火花。

赫兹抬起头来向美丽的莱茵河望去，河水在夕阳的余晖下泛着玫瑰色的涟漪，他望着那消失在远处的水波，突然闪出了一个念头：那电火花一定是电磁波引起的！他抓住这个念头继续想下去，麦克斯韦曾经用理论计算证明，在电容器放电的时候，剧烈变化的电场可以产生变化的磁场；反过来，变化的磁场又能产生变化的电场，变化的磁场和变化的电场“手挽手”地离开了产生它们的地方，形成电磁波，电磁波能像激起的水波纹一样向外传播，不过这只是理论推导，还没有人真正的看见过电磁波。他想，如果电磁波的“波纹”传到小线圈处，那里便有了变化的电磁场，对！就是这样，不断变化的电磁场就好像是一只看不见的手，把“磁铁”在线圈里抽来抽去，从而感应出电流来，于是闪现出火花！

想到这里，赫兹特别高兴，因为柏林科学院最近对研究电磁场的工作提供了一笔奖金，他的老师亥姆霍兹建议他从事这方面的研究。他却不知道应该从什么地方开始。这个意外的实验鼓励了赫兹，他决心去摘取柏林科学院的悬赏课题。

为了产生更加强大的电火花，他使用了一个能产生很高的交变电压的感

应圈。在感应圈的两极上装了直径为 30 厘米的锌球，从锌球上又引出两根铜线，在铜线中央形成 3/4 厘米的火花间隙。

接收器是用粗铜线弯曲成半径为 35 厘米的圆形作成的，并留有极小的火花间隙。这样就出现了本文一开始的实验场面。

早在人类出现以前，不！在地球诞生以前，在宇宙开始时，电磁波就存在了，只是过去不为人们所知，当你收听无线电广播的时候，如果天空中突然打了一个闪电，你会立刻从收音机里听到咔嚓一声，电视机的荧屏就会闪动一下，这。都是由于接收到了闪电发出的电磁波，电火花产生电磁波也可以通过拉动电灯开关来证明，当你开灯关灯的时候，在收音机和电视机上也可以看到同样的现象。

赫兹实验中使用的火花发生器，按现在说就是一个“电台”，圆环的作用则跟电视机上的天线一样，只是没有电子放大电路，所以赫兹在圆环上留下一个小缝，以使用跳过的火花来判断天线中是否接收到了信号。

赫兹是一个训练有素的科学家。他不仅仅满足于观看到的小火花的产生，而且对电磁波的性质进行了系统的、深入细致的研究。

他想，如果真的是电磁波，它应该具有波的一切特性，例如水波，它在传播的过程中有反射、折射、干涉、衍射等波的特征。那么，电磁波具有波的这些特性吗？！电磁波看不见摸不着，研究起来的困难就大得多了，赫兹是一个很有才华的年轻人，他把理论与实践接合起来。他不是盲目的进行实验，而是先经过严密的计算再进行实验的验证。他使用一块边长为 60 厘米的正方形的铜板和一个同样的金属框，计电磁波进行反射、干涉。他发现了，电磁波确实具有一切波的特性，并且需要一定的传播时间。

赫兹最后得到的结论是：在空气中确实存在着以有限速度传播的电磁波。1888 年 2 月 2 日，他向柏林科学院报告了这一个结果。

实验是在静悄悄的实验室里进行的，对于科学界的轰动却是巨大的，它有划时代的意义。麦克斯韦天才的预言，在 26 年后终于被同样大才的实验证实了。这简直比海王星的发现更使人惊叹。人们开始认真地对待麦克斯韦的著作。

如果把电磁理论比作一座雄伟的大厦，法拉第给它打下了坚实地基，麦克斯韦在地基的基础上建起了大厦。赫兹则是让这座大厦通过了严格的验收，从此人们完全依赖这座大厦并且使这座大厦的内部变得更加辉煌壮丽。

赫兹的实验不仅证明了麦克斯韦发现的真理，更重要的是开辟了电子技术的新纪元。赫兹向人们指出早已存在在我们周围的电磁波。他被誉为无线电通讯的前驱，后人为了纪念他，把频率的单位称为赫兹。

但是，对于这些，他本人是没有料到的。在 1889 年，赫兹收到一封信，写信的人署名是亨利希·哈伯，信中询问：“是否可以用电磁波来传递变压器或电话产生的电振动信号。”赫兹在回答中说：“变压器或电话产生的振动太慢了，即使你取每秒 1000 次，电磁波的波长已是 300 公里，因此，所使用的电磁波反射凹面镜的焦距也要有 300 公里大小，如果你能建筑一个像欧洲大陆这样大的一个凹面镜用来反射电磁波，就能用来进行实验了，然而实际上是不可能的。而用普通的反射镜，效果很微弱。”

赫兹上述的分析虽然没有错，但是缺乏预见性。

其实，在地球的上空存在着一个电离层可以反射无线电短波，这个电离层比欧洲大陆要大得多，只是当时没有发现它，另外如果提高电磁波的频率，

波长就会变短。例如：现在发送电视所使用的微波频率很高，它的波长不足1米，因此只需一个不太大的天线就可以接收。

在赫兹实验后不到6年，意大利的马可尼、俄国的波波夫就分别实现了无线电传播和接收。无线电通讯发展十分迅速。无线电报（1894年），无线电广播（1906年），无线电导航（1911年），无线电话（1916年）、短波通讯（1921年）、无线电传真（1923年）、电视（1929年）、微波通讯（1933年）、雷达（1935年）以及遥控、遥测、卫星通讯、射电天文学等，都是赫兹电波的产物。

发明发电机

在伦敦博物馆里珍藏的法拉第的科学日记表明，从1820年到1862年，法拉第从未间断过记日记，英国皇家学会在1932年出版的法拉第日记有七大厚本。当你翻开这厚厚的一摞日记本的时候，会在1821年到1831年这部分的一页上，都看到一个醒目的“NO”字。“NO”，在英语里代表否定，为什么法拉第在每一页上都否定自己呢？

原来，这里记录了法拉第10年以来探索磁生电的艰苦历程。

1821年法拉第在自己的日记里写下了一个闪光的设想：“从磁产生电！”他确信电和磁好比是一枚硬币的图案和字样，是同一事物的两面，这虽然只是法拉第的一种直觉，但反映了他对自然规律的一种信念。

当时，世界上探索这件事的科学家不只法拉第一个人。德高望重的电学家安培，也在思考这个问题。安培想到，静电感应现象，当用一根带正电的玻璃棒，靠近一个和地面绝缘的导体时，在导体上靠近玻璃棒的地方会聚集着负电荷，而远端则聚集着正电荷。这就是静电感应。静电感应可以使少量的电荷源源不断的感应出大量电荷，现在中学里使用的静电起电机就是用这个原理制成的。安培在想，能不能用电流感应出电流来，如果人们可以感应出源源不断的电流，就可以完全抛开伏打电池了。

安培为了这个伟大的理想不断地工作着，开始他用一根不通电的导线去靠近一根通电的导线，希望在那根电线里感应出电流来，但是没有成功，后来，又改用磁铁，等待他的又是失败。安培总结经验后，认为自己使用的磁铁太小，就到瑞士去订购了一个大的，因为法国还不会造那么大的磁铁。在归来的途中马车翻了，安培被摔伤，更重要的是磁铁也摔坏了。

这个不大的打击，对于安培来说却有些承受不了。回到法国，伤好之后，安培便终止了自己这项实验而转向电的理论研究。戴维从朋友的来信中知道了安培的遭遇，并把信交给法拉第。安培的失败没有使法拉第动摇，反而觉得自己的责任更加重大。于是写信向安培请教。他对安培的智慧一直怀有敬意，也相信安培的思想中蕴藏着有价值的东西，还没有完全挖掘出来。

安培毫无保留地把自己的研究成果转告给法拉第，并鼓励他继续干下去。这使法拉第深受感动。科学家之间的友谊比金子还要珍贵，实际上，当某一个定律前面冠上一位科学家的名字时，这位科学家只是那些忠于科学，奋斗不息的科学家群的一个代表。一个科学家如果得不到别人的帮助，是绝对不会有成就的，这正如牛顿在晚年说的话：“我只是站在了巨人的肩膀上……”

1823年，32岁的法拉第，由于他在化学方面的成就，已经由一名助理实

验员成为皇家学会的会员了，这几乎是最高的荣誉和学术地位。不少公司和厂家用重金聘请法拉第，他可以得到上千磅的酬金。这时皇家学院正处于经济拮据的窘境，法拉第的妻子经常为衣食发愁。但是，法拉第毅然放弃发财的路而选择了在荆棘之路上的探索，他为了集中精力进行电磁研究，还辞去了学院的大部分职务，妻子理解他，宁愿过清贫的生活。

法拉第的一位同事，科学家丁铎尔后来感慨地说：“这位铁匠的儿子，订书商的学徒，把他的一生概括起来，一方面可以得到 15 万英磅的财产，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 40 年的光荣。”

起初，法拉第的实验只是仿照安培的做法，安培的磁生电的实验完全是对静电感应的模仿，因为静电感应时，只要把带电体靠近绝缘导体。在导体的另一端，就能感应出电荷。法拉第把两根导线靠在一起，在一根导线里通上电流，希望在另一根导线上感应出电流来，但是，实验结果是失败。后来，他又用一个强大的磁铁靠近接有电流计的导线，但是，导线里也没有像法拉第想象那样出现电流。这样的实验许多人都做过，结果都是失败，唯有法拉第没有被失败吓倒。

法拉第认为，失败的主要原因是自己对电和磁的本质知道得太少，他听说如果把铁屑撒在通电导线的周围，能形成环形图案。这些图案必定包含着什么秘密。法拉第决定从这神秘的磁力图案开始研究。

法拉第拿来一张白纸，纸下面放一块条形磁铁，把细铁屑撒在白纸上，轻轻地弹动这张纸，铁屑立即排列成从磁极出发的许多条美丽的曲线，这件事 600 多年前佩雷格里努斯就做过，但是理解它的只有法拉第。

法拉第给这些曲线起了一个名字叫磁力线，法拉第是一个使科学概念精确化的大师，我们现在使用的许多科学名词都是由法拉第命名的。法拉第每天都摆弄这些磁铁和铁屑，研究磁力线的性质，他画出了条形磁铁，马蹄形磁铁，甚至形状像地球的球形磁铁的磁力线。他发现了磁力线的许多性质。磁力线从磁铁的一个磁极出发终止到另一个磁极；磁力线之间有排斥的倾向，在空间总有散开的趋势。当一个线圈通上电流时，磁力线便引发出；切断电流时，磁力线就收回消失；而电流接通后，磁力线就不再运动。法拉第对这些关于磁力线的研究，实际上已经揭示了磁场的本质，但是不被当时的科学界所接受。因为这里没有数学，在法拉第所在的 19 世纪初期，数学已经高度发展，大大超过现在非数学专业大学毕业生的数学水平。数学是研究物理的重要工具，但是它永远不能代替物理。从纷繁复杂的物理现象中找出实质，需要的是思想，有时并不需要有高深的数学知识。

著名的科学家汤姆逊在几十年后曾经评论说：“在法拉第的许多伟大贡献当中，最伟大的一个就是磁力线概念了，电场磁场的许多性质，依靠它就可以简明而形象地表示出来。”

法拉第发现，磁力线像一些链条一样把电流和电流，磁铁和电流之间联系在一起。如果能从这些拉拉扯扯的线团里理出一些头绪来，磁生电的愿望就会实现了。

法拉第发现，磁力线在通过通电螺旋管时，非常顺从，就像梳理好的一束秀发。于是法拉第把两个螺旋管绕在一个铁环上，此时他想，如果给其中的一个线圈通电，磁力线一定会穿过一个螺旋管后，再穿过另一个螺旋管，

从而把两个线圈联系在一起。

法拉第把其中一个线圈和有 10 个电池的电池组相接,另一个线圈和电流计连接,当他合上电键时,他看到电流计的指针振动了一下,又回到零的位置,当切断电源时,电流指针又受到扰动。

法拉第非常高兴,但没有立即领会到这种现象的全部意义,他在 1831 年 9 月 23 日的一封信中写道:“我现在又忙于电磁的研究,并且认为抓到了一点好东西,但是还不能说明白。它可能是杂草而不是鱼,竭尽全力,我终究可以把它拉起来。”

法拉第利用磁力线进行分析,他断定,当其中一个线圈通电的时候,一束磁力线立即从它发出穿过另一个线圈;而切断电源时,磁力线便缩回到第一个线圈中消失掉。恰是在磁力线伸缩时,产生瞬时电流。

法拉第开始领悟到安培实验失败的原因了。原来是静电感应现象的类比使自己走入歧途。在静电感应中,一切都是不动的,而这里运动则是关键。法拉第把这种运动形象地叫做线圈切割磁力线,只有此时才会有瞬时电流产生。

这些思考大约花去了法拉第三个月的时间,法拉第当时也担任着皇家学院的讲座工作。

据说和奥斯特类似法拉第也是在课堂上做出了电生磁的重大发现。说起法拉第演讲还有一个故事。皇家学院的科学讲座一直没有停止,因为,这样可以解决学院的部分财政问题。年轻的法拉第一开始是没有资格来举行讲座的,有一次法拉第为电学家惠斯顿准备好了实验仪器,等待他来演讲,但是惠斯顿突然有事情不能来。大厅里已经坐满了前来听讲的听众。此时只好由法拉第代为演讲。毫无准备的法拉第进行了即兴演讲,做了许多有趣的实验,博得了听众的好评,从此以后,法拉第成为主要的演讲人,代替他的老师戴维。

在一次演讲中,法拉第向人们讲述了什么是磁力线,他把一个条形磁铁插入与电流计相连的线圈之中,就在这个时候,法拉第看到电流计指针的摆动,当把磁铁从线圈里抽出来的时候,指针向相反方向摆动。法拉第让磁铁不动,把线圈突然套在磁铁上,电流计的指针也在摆动,把线圈从磁铁上抽出来,指针又向相反方向摆动。如果磁铁和线圈全不动,则不管磁铁是不是在线圈里,均不产生电流。

法拉第在演示磁力线的瞬间,自己切实地看到了,只有当线圈切割磁铁周围的磁力线时,才能有感应电流产生。这正是他十年所追求的结果,只要线圈不断地切割磁力线,感应电流就会不断地产生出来。

这是他经过十年奋斗得到的结果!磁生电的理想终于实现了!这不仅是对法拉第,对整个人类来说也是一个莫大的喜讯!

讲座结束以后,法拉第回到家里,立即做了一个更精确的实验,实验过程都记录在 1831 年 10 月 17 日的日记上。

也许有人认为,法拉第的这项发现是出于偶然,法拉第偶然地把磁铁插入线圈中,又偶然地瞥了一眼桌上的电流计。其实这种看法并不是完全正确的,在十年前,安培和法拉第都曾观察到电流计出现的瞬时摆动,但是并不理解它,因此,也就不知道如何进一步去挖掘它。十年的研究使法拉第对电磁场有了深入的了解,尤其是他建立的磁力线学说,实际上几乎包含了电磁理论的全部内容,这是导致他发现电磁感应定律的内在原因。

法拉第并没有就此停步，他对于把磁铁从线圈里不停地拉出来又放进去这种产生电流的方法还不满意。他想，必须使磁铁在转动中就可以产生电流才有意义，因为当时的水轮机、蒸汽机，都是以转动的方式输出动力的。

法拉第找来一块大的马蹄形磁铁，把一个中心有轴的圆形铜盘固定在支架上，铜盘的一部分伸到马蹄形磁铁两极间。在铜盘的轴线处引出一根导线，铜盘在边缘通过一个电刷和另一根导线连接，两根导线连在同一个电流计上。当摇动这个铜盘时，电流计就指示出电流的读数。

在圣诞节举行的盛大演讲会上，法拉第非常兴奋地向听众展示了这个新奇玩意儿。法拉第有卓越的演讲技巧，演讲中充满了热情，就连擅长讲演的小说家狄更斯都很钦佩他，维多利亚女王的丈夫艾伯特亲王和儿子爱德华王子也是他的听众。

他详细地介绍了磁生电的原理，并开始摇动那个铜盘，电流计指针偏离了零点，随着摇动的加快，电流的读数越来越大。

听众中传来欢呼声，法拉第的额头也沁出汗珠，当他轻轻地拭去脸上的汗水时，却听到一位贵妇人以为然的问话：“请问，先生，您发明的这小玩意有什么用呢？”

法拉第不失风度地向这位夫人微微一欠身从容地回答道：“夫人，新生的婴儿又有什么用呢？”

多么恰当的比喻，法拉第的铜盘发电机确实只发出了微小的电流。然而，它又是真正的实用的发电机的原始形态。历史已经表明，由此导致的发电机的诞生，向人类揭开了电气时代的第一页，到现在，任何人也不会否认，婴儿已成长为巨人。

发明电动机

现在人们把美国科学家约瑟夫·亨利看成是电动机的创始人。1799年亨利出生在纽约州的奥尔巴尼。由于家境贫困，父母把他寄养在一位亲戚家中，他10岁时就在乡村的小店里做伙计。苦难的童年，只有他养的那只小白兔与他朝夕相处，给他带来一点欢乐。说来也真有趣，竟是这只小白兔引导他走上了一条新生活的道路。一天，小白兔从笼子里跑出来了，亨利尾随后面紧追不舍，一直追进了教堂才将兔子逮住。这时他才注意到教堂里悄然无声，四周色彩斑斓的壁画和大量的藏书使他觉得这里是多么的神圣和肃穆。从此他经常到这里来读书。有一天他读到了一本1808年伦敦出版的《格利戈里关于实验科学、天文学和化学讲集》，扉页上写道：“你向空中扔一块石头或射出一枝箭，为什么它不朝着你给予的方向一直向前飞去？”这个问题一下子把亨利给迷住了。他读完了这本书后就下决心献身于科学事业。

亨利在电学上有杰出的贡献。他发明了继电器（电报的雏形），比法拉第更早发现了电磁感应现象，但却没有及时去申请专利。只有对电动机的设想使他荣获了发明家的殊荣，他在1831年7月的《西门子》杂志上阐述了有关电动机的原理和构想。他说：“这一原理——或者经过较大幅度地修改——应用于某种有益的用途，不是不可能的。”显然，他的话是太谨慎了。电动机具有十分广泛的用途，它开拓了电气化时代的新纪元。

1838年某天，俄罗斯中部涅瓦河的一个码头上，挤着不少人。有的人在搓手，有的人在呵气。这么冷的天气，他们在寒风里干什么？“来了，来了。”

人群中有人喊。大家朝上流方向眺望，只见灰蒙蒙的寒气之中，出现了一个黑影，原来是一艘机动船在慢慢地驶来。船渐渐近了。大家看得清晰，船上坐着 12 位旅客，船尾的机舱边站着一个胖子，兴奋得满脸通红，还不住地向码头上的人群招手示意。此人就是船主雅可比。“这船有什么好看？”人群里有人问。“看，这小船上没有烟囱，不烧油、不烧煤，它是用电力来开动的呢！”是啊！这条由雅可比创制的不起眼的机动船是用 40 部马达和 320 个大电池来驱动的，是世界上第一艘电机船。

雅可比生于德国波茨坦，曾在柏林大学读过书。去年他来到了俄国，成为彼得堡科学院院士。他研究了当时许多人发明的“玩具电动机”，认为这种电动机之所以没有实用价值是因为天然磁铁的磁场强度太小了。于是他利用电磁铁产生出强得多的磁场，从而使电动机向实用迈开了一大步。由于电动机不需要燃烧，不会产生污染，又有容易控制的特点，所以它的出现立即显示出巨大的生命力。

不过几年，形式各异的电动机层出不穷。英国技师大卫制成了电动双人座车；美国铁匠托马斯和法国的吉弗罗兰也先后申请了电动机专利。但这些电动机都必须用伏打电池来供电，这种电池供给的电流很小，又不耐用，使用起来显然是得不偿失，怎么办呢？这个看起来十分困难的问题却在一次偶然事件中获得了圆满的解决。

1873 年维也纳国际博览会开幕了。当时欧洲各国的科技界和工商界都将最新的发明样品送去展览。数以千计的人从欧洲大陆各地赶到这“音乐之城”参观这个科学、工业、艺术和建筑的最新奇迹。而这次奇迹中的奇迹是展览会里发生了一次偶然事故。

一位工作人员因为疏忽把两台发电机连接了起来。这时一台发电机发出的电流，流进了第二台发电机的电枢线圈里。奇迹出现了，第二台发电机的电枢竟在这股电流的驱动下迅速地旋转起来。在场的工程师们惊喜若狂。这许多年来连做梦都在寻找的廉价能竟这样令人难以置信地找到了，只要用发电机提供的电力，就能使电动机运行起来。伏打电池现在可台退居二线了。工程师们在欣喜之余，立即动手搭建了一个新的表演厅，用一个小型的人工瀑布来驱动水力发电机，发电机发出的电流来带动电动机，电动机又带动小水泵来喷射泉水。

这个奇妙的实验，意义极为深远。它不仅告诉人们只要利用发电机发出的电力就可以驱使电动机旋转，从而代替人力和畜力做功。而且还说明用机械能驱使发电机发出的电能，可以通过传输线传递到很远的地方去，并通过电动机再重新变为机械能。从而实现了能量的远距离传递和转化，开创了一个崭新的时代——电气化时代。

一个故障引起的发明

电力大规模的应用，离不开发电机、电动机的不断改进。法拉第第一台电动机的巧妙设计，在当时立即引起人们的重视。许多科学杂志马上转载了法拉第的文章。人们纷纷仿效法拉第，开始研制电动机。

俄国科学家雅柯比用 20 个小电动机驱动一个“电力艇”在涅瓦河上跑了一圈。他的实验受到了鉴定委员会的赞赏，但是他的电动机使用的是电池供电。委员会指出，“电力艇”的直流电池组的价格超过了用蒸汽机牵引价格

的 10 倍。这种“电力艇”显然缺乏市场的竞争力。看来要想普遍使用电动机，必需要有廉价的电力。

法拉第发现的电磁感应定律，为人们寻找廉价的电力指明了方向。从此发电机的研究就像接力赛一样迅速地发展起来。出现了各式各样的发电机。到了 1833 年，物理学家楞次发明了一种非常有趣的发电机，它不仅能发电，如果反过来给它的两条电线送入电流时，又能变成电动机。这件事启发了人们，原来从结构上看。发电机和电动机是非常类似的。从此人们开始把发电机和电动机的研究合为一体来实行。大大加快了发展的步伐。

无论是发电机还是电动机，都需要一组强大的磁铁。例如，比利时、法国、英国组成的“同盟”公司，他们研制的发电机，是用 24 块永久马蹄磁铁，三个一排分 8 组固定在发电机的周围。中间有 32 个线圈做切割磁力线的转动。这种发电机能够给灯塔上的强力弧光灯供电。1857 年至 1865 年间，有近百台这样的机器投入使用。

永久磁铁的磁力比电磁铁小，而且容易慢慢减退，于是一位英国工程师怀德发明了使用电磁铁的发电机。为了给电磁铁的线圈供电，怀德专门设计了一个永磁体的发电机。所以怀德设计的发电机就由两个部分组成。在原来发电机电磁铁的线包上还顶着一个小的永磁体发电机，这种发电机叫独立励磁电磁铁发电机，是发电机发展的第二个阶段。

如果读者作为一个发明家，立刻会看出这第二阶段的发电机有可以改进的地方。这就是当发电机开始工作以后，那个小的永磁体发电机就是多余的了，因为完全可以从发出的强大电流中取出一部分来供给电磁铁用电。永久磁体电机只要开始发电时用一下就行了。1854 年，丹麦的希奥特根据这个思想设计了这种发电机，但是没有引起人们的重视。

对于发电机和电动机的改进，贡献最大的是德国科学家西门子。在物理学中，电阻的倒数叫电导率，它的单位就是用西门子的名字命名的。如果一个导体的电阻为 2 欧姆时，它的电导率就是 1/2 西门子。

德国的西门子电气公司也是称雄世界的电气公司之一。它是由西门子创立的。

但是，幼年时的西门子只是一个小佃农的儿子。他的父亲靠租种地主的土地来养活 9 个孩子。所以西门子为了抚养贫困的双亲和众多的兄弟姐妹，有一股特顽强的奋斗精神。

西门子上小学和中学的时候，就特别喜欢自然科学。但是中学毕业后，双亲已无力帮助他实现上大学的愿望。

西门子不愿意就此终止自己的学业，他的衣袋里虽分文全无，但是为了寻找到深造的机会他还是来到了柏林。一路上历尽艰辛，饱受磨难。正当他走投无路的时候，他看到了柏林军事炮兵学校的招生布告。这张已经有点破损的布告是西门子生活的转折点。

在炮兵学校里，他学习到工程技术的必要知识，毕业时已经是一名英俊的年轻炮兵军官了。

单调的军事生活使许多军官感到无聊，但是西门子把自己全部的业余时间都用来探索自然科学的奥秘和进行各种技术方面的实验。

西门子的兴趣十分广泛。开始他研究镀金技术，利用电流给一些家用的小金属器皿镀金，赚来的钱可以帮助父母和兄弟。

当然，西门子的兴趣也不仅是赚钱养家。他还为提高蒸汽机的效率绞尽

脑汁。1846年，西门子开始研究电报。他成功地设计了可控断续手动发报机。由于这种发报机特别适用于普鲁士国家电报网，所以使西门子也赚到一些钱。

西门子在从事发明研究的过程中，曾长期得到一位大学机械师卡尔斯克的协助。所以他们共同创立了“西门子——卡尔斯克”公司。

1849年，在军队服役了14年的西门子，为了经营自己的公司，离开了军队。他又从事高压输电的研究，设计了一种可以给裸铜线自动缠上一层绝缘胶皮的机器。

1866年，西门子在发电机的装置上有一项重大改进，就是去掉发电机上那个小的永久磁体发电机。

为什么可以省去这个小发电机呢？如果省去了，那么，电磁铁开始工作所需要的电流由什么来供给呢？

原来，西门子想出一个非常巧妙的办法。他最初也设计制造了一个新式的独立励磁发电机。这种发电机只是在一开发电机时作为过渡使用，等发电机正常工作以后，电磁铁中的电流就由大发电机供给。

但是，有一次小发电机的线圈断了。西门子没有发现，当助手跑过来告诉他的时候，带动发电机的蒸汽机已经突突地转起来了。非常奇怪的是，发电机仍然发出了正常的电流。大厅里的电灯通明。

助手和西门子都很惊讶。难道这个小发电机是一个毫无用途的东西吗？如果没有它，电磁铁中最初的磁性是哪里来的呢？

一连串的问题搅得西门子坐卧不宁。他干脆把小发电机和电磁铁线圈的连线拆掉，把大发电机上的一部分电流用电路分流到电磁铁上，继续进行实验。

果然，小发电机不存在时，照样发电，只是一开始时灯不那么亮，过一会电压就正常了。

其实，这个问题的答案十分简单，连现在的小学生也知道，当你把一把刀子在磁铁上蹭几下以后，刀子便会磁化，也变成磁铁了。人们知道钢可以变成永久磁铁，纯净的铁又叫软铁是不能变成永久磁铁的。所以电磁铁的铁芯都是用软铁制造的。但是，软铁也会有微弱的剩磁。

电磁铁上总会有一些剩磁，所以发电机开始转动的时候，就会有电流产生，只不过电流比较小，当电流被送到电磁铁的线包里时，线包里的磁性就会增大，反过来又加强了电流的输出，这样用不了多久，发电机就会正常地工作了。这种发电机使用了自激的原理，使发电机的结构大大简化了。这是西门子的一项重大贡献。

由于西门子对科学技术的贡献，他两次被授予荣誉博士称号，1873年，当选为柏林科学院院士；1888年，得到贵族的封号。他有两个儿子，在他去世后主持西门子的工作。

发电机和电动机的不断改进，使整个工业得到了新的能源和动力。从此在工厂里再也看不见突突冒烟的蒸汽机；在商店大楼里的升降机，也由蒸汽机换成电动机带动，坐在电梯里的人再也不会被冲进来的浓烟呛得难受；发电厂移到很远的郊区，电力由电线送进城内各工厂、各家各户，城市不会被煤渣和黑烟弄脏……

曾经带来工业大革命的蒸汽机，已经完成了它辉煌的历史使命，人类的文明技术进入一个电气化时代！

电动机和发电机后来又有许多改进，现在的交流感应电动机，转子上根本不通电，也不是用永久磁体做成的，而是由硅钢片和导电的金属制成的。

转子上没有磁性也不通电，这种电动机的原理是特斯拉研究出来的。特斯拉发现，如果定子上的磁场是旋转的，便可以在转子上感应出电流，这样转子在定子的旋转磁极的作用下，就会跟着旋转磁场转动起来。

为了理解旋转磁场的原理，把一个马蹄形磁铁用绳子吊起来，扭动绳子再放开，磁铁就会旋转。找来一个铝盒盖，用小钉在中心钉一个小凹，用铅笔尖顶在盒盖上，放在磁铁下面。当你让磁铁旋转的时候，铝盖就会随着它旋转。

在电动机的定子里，是利用向定子线圈依次供电的方法产生旋转磁场效应的。这种旋转磁场的效应与旋转蹄形磁铁的效果一样，而且装置十分简单。

创造时代

驱散黑暗的爱迪生

如果外星人乘飞船飞临地球的时候，他们只要看到地球上的夜景就会立即判断，这是一个有智慧生物的星球。无数的电灯像撒在大地上的珍珠把地球的夜晚装扮得美丽异常，尤其是沿海繁华的大都市，灯光连成一片，彻夜通明。

但是，在 19 世纪 80 年代以前，地球的夜晚还是漆黑一团。少数的煤气街灯发出黄晕的光，人们匆匆地赶路，似乎在尽快地逃离这黑暗的世界。

1879 年圣诞节前几天，纽约的先锋报刊出了一个标题：

世上最高革命性的发明电灯诞生了。玻璃灯泡把黑夜变成白昼！

这消息一发出，立即引起轰动，照明瓦斯公司的股票立即下跌，变得一钱不值。

电，可以用来照明，这件事任何人都不怀疑，但是，许多发明家却没有能实现它，大家还记得戴维吧！他在 19 世纪初（1800 年）就研究过电弧，戴维把一个由 2 000 个电池组成的电池组和两根碳棒连接起来，两根碳棒先相互靠近接通电流，然后慢慢地把两根炭棒分开，这样就会在它们之间拉出一个很亮的电弧。利用电弧做成的灯称为弧光灯，弧光灯耗电量极大，而且炭棒又在渐渐地烧短，需要不断调正，在没有发电机以前，弧光灯是没有实用价值的。电弧非常亮，对家庭不适用，如果你在近处对着电焊的弧光看上那么一眼，就能体会弧光灯的危害，不过你还是不要这样做，那会足足叫你的眼睛流泪发红很长时间的。当时在英国，弧光灯也只是用在钟楼的顶上，或灯塔上，尽管是这样，人们已经看到了电的曙光，但人们需要一种不太刺眼的电灯。

因此，许多科学家在寻找一种更好的办法。1878 年，31 岁的爱迪生向全世界宣布，他要解决电照明的问题。他给自己选择了一个极困难的课题，因为当时已有许多发明家对这件工作研究了一年多了。竞争肯定是艰难而又激烈的。

当时的爱迪生已经是一位著名的发明家了，他已经获得了 1000 多项发明专利，在新泽西州的门罗公园附近建立了自己的实验室——世界上第一个工业研究实验室。有 8 位有才华的科学家为他工作。他曾改进了电话的受话器，发明了他最心爱的项目——留声机等。

爱迪生所爱好的工作方法是，先收集资料了解一切，然后竭尽全力进行风驰电掣般的突击，他常常由于这种全力以赴而获得胜利。他不喜欢慢慢来，思想不集中的作法。在他的回忆录中这样写道：

“我……买下了煤气工程学会等的所有与外界交易的文件及历年的煤气杂志，我得到全部数据之后，又亲眼观察了纽约的煤气输送线路，终于认为，电流的分路问题可以解决，电灯可以商业化。”

这是爱迪生多年以来在痛苦的磨难中形成的风格。爱迪生的发明历程不是一帆风顺的。他出身于一个贫困的家庭。几乎没有受过正规教育，因为上小学的时候，就被教师当作一个“糊涂虫”轰出课堂，幸好母亲是一个教师，她懂得孩子的需要。因此，他的教育是由他的母亲完成的。

母亲给爱迪生买了一本帕卡写的《自然科学学校》一书。这本书介绍了

初等物理学，并详细地阐明了在家里可以做的各种科学实验。爱迪生认真地阅读了这本书。后来他曾这样说过：“这是我少年时代读的，并理解的第一本有关科学的书，那时我才9岁。”

接着，母亲又给他买来了《科学辞典》。他对这本书也非常感兴趣，并认真地读完了这本书。到了10岁，他开始热衷于化学。在他自制的架子上摆满了他收集到的药品和土造的仪器。

爱迪生非常感谢母亲对他的启蒙教育；他说过，“母亲最理解我，她根据我的兴趣爱好循循善诱地引我走上科学的道路。塑造了我的是母亲。”

自学使爱迪生养成了一个说干就干的作风，要使电灯商业化，就必须使灯泡持久耐用，而为达到这个要求，他必须找到一种不会被电流热的炽热烧断的金属。进行这种实验很麻烦，他先要把金属拉成丝，然后装在一个玻璃泡内，抽去里面的空气，再封好。这样，每做一次实验就要花去好多钱和时间。爱迪生用去了5万美元和整整一年的时间，才发现一向被认为熔点很高的铂丝和铱丝并不能做成灯泡里的灯丝，因为实际上用不到8分钟，它们就熔断了。

但是，当他干了一段时间以后，就发现他承担了一项几乎不能完成的任务。他曾经说过，“人生最大的快乐一是发明，二还是发明。”对于失败，爱迪生已经习以为常，当他为设计一种新的蓄电池而失败了8000次的时候，他说：“哦，我至少知道了8000种不能使蓄电池工作的东西。”

许多人知道爱迪生的一句格言——天才是九十九份血汗加一份灵感。他还补充说：“成功之中有百分之九十九是对什么路子走不通的认识，剩下的百分之一也许是天才成份，因为，据我所知，要想成功，就要坚持不懈地耐心地观察，除此之外别无它路。”爱迪生这种发明方法看上去有点笨，但是在人们对物质结构一无所知的时代，发明的方法主要是靠试验的方法，正好像现在我们对于超导材料的研究一样，也是进行大量的实验，对每一种配方都要试一下。当然理论的指导作用很大，但是在理论还没有产生之前，伟大的探索者的艰辛的劳动是不可避免的。

当时英国业余科学家斯旺也在研究电灯。斯旺早年在一位药剂师手下当学徒，空闲时学习科学。他大概没有钱购买贵重的铂和铱来作为灯丝，就转向研究碳丝白炽灯。因为炭弧灯使用的就是炭棒，炭是一种很耐高温的物质，只是非常容易燃烧。他在1860年制成了碳丝灯泡，但是由于灯泡的真空度不够，碳丝在高温下与空气中的氧化合，烧毁了。后来他请求斯特恩帮助。

斯特恩是利物浦银行的一名职员，和斯旺一样也是一位业余科学家。他们认为，如果能制出高真空的灯泡，隔绝了灯泡中的碳丝与空气的氧化合，就可延长灯泡的寿命。而斯特恩对高真空的研究有很深的造诣。所以，每当斯旺来请求他帮助时，他都给予很友善的解答。他们又请吹制玻璃的专家托普哈姆吹制玻璃泡。三个人合作，终于在1879年2月，公开展出了在真空玻璃泡里装有碳丝的灯泡。斯旺的碳丝是把棉线捻起来放在硫酸里碳化而成的。

斯旺的成功使爱迪生彻底放弃了对铂和铱的试验，转向寻找制做碳丝的纤维。

谁能找到最好的碳丝，谁就握住了通往光明之路的入门券。于是，在几个发明家之间，展开了一场你追我赶、激动人心的竞赛，还有关于专利权的争夺。

爱迪生的上千项专利给他带来了一定的财富，他把自己的全部财产都投入到这项实验中去。开始使用棉线，他将棉线装入镍板上刻出的U形槽中，在炉子里小心地烘烤几个小时，进行碳化，挥发掉其他物质以后，就变成了一根脆弱的碳丝，但是这种碳丝很难装到灯泡里，有的刚放到实验台上就变成了粉末。爱迪生曾经有过这样一个记录：

“我的助手巴切勒通宵都在我的身边，第二天白天、夜晚，他仍然坚守岗位，最后，我们用克拉克棉线造出了一根碳丝，巴切勒小心翼翼地拿起这个宝贝，要把它送到吹制车间去，我走在它的后面，好像在保护一件无价之宝，可是，正要到达玻璃匠的工作台时，可恨的碳丝断了，我们目瞪口呆，只好又回到试验室重新做起，直到黄昏，我们才生产出另一根碳丝，但是螺丝刀掉在了碳丝上，又把它碰断了，我们没有气馁，接着投入工作，在半夜以前终于将制出的碳丝装入了灯泡，我们抽去了灯泡中的气体，将它封好，通入电流，盼望已久的景象出现在我们的面前。”

灯泡点亮了45个小时，而白金丝的灯泡只点亮过8分钟。这是一个极大的进步，但是，这种灯泡怎么能用到一般家庭呢，稍稍一碰，脆弱的灯丝就会粉身碎骨。

必须要寻找到一种新的碳化纤维材料。而且灯丝的形状也是很重要的，灯丝既要耐热，又不能把热量散失得太快，热量散失得太快，灯丝就不会发光。我们现在知道，不同材料的碳原子之间的结合力是不一样的。目前制成的碳纤维材料，是世界上最结实又最轻的材料，上天的卫星就是用碳纤维材料制成的。但是，在那对物质结构一无所知的年代，唯一的办法就是反复试验。

炎热的夏季里，爱迪生和他的助手们也没有中断他们的研究工作。他们甚至用人的胡子进行碳化试验，有一天爱迪生看到有人用一把竹扇扇风便把扇子要过来，扯下一根纤维，碳化后放在灯泡里一试，效果竟出乎意料的好，这使爱迪生大喜过望。

折扇来源于中国，后来传到日本。于是爱迪生立即派人到中国、日本、巴西，总之，凡是有竹子的地方都去，他试过6000多种竹子样品，花去了他10万美元的资金。最后，发现一种日本产的竹子最好。用这种竹纤维做成的碳丝，生产的灯泡寿命最长。

为了保证货源不断，爱迪生甚至派人去日本种这种竹子。但是，这种事是非常麻烦的，必须想点新方法。

此时英国的斯旺用人造丝的方法开始生产碳丝，他先把棉花做特殊处理，变成粘稠的液体，再让这种液体从一个喷嘴里喷出来，形成细丝，然后进行碳化。有趣的是，本来这种发明是为了生产碳丝，但是后来却成为制造人造丝的先驱。

爱迪生也在实验室里造比竹纤维更好的碳丝，人类走到了大自然的前面，做出比它赐予的还好的东西。

但是当爱迪生正准备生产灯泡的时候，斯旺给《自然》杂志去信，申明他的关于碳丝的发明权。1880年斯旺成立了斯旺联合电灯公司，公开与爱迪生展开了竞争。

但是他们很快就认识到应该联合，1883年成立了爱迪生——斯旺联合电灯公司，电灯于是正式走向市场。

爱迪生是一位发明家，也是一位会做生意的商人。在商业的经营上他比

斯旺高明。他从 12 岁起就要靠自己挣钱来养家糊口和进行科学实验。他知道如何用自己的发明来挣钱，因为只有挣来钱才可能有经费搞新的发明。他非常重视宣传自己发明出的东西，因为只有让大家知道电灯，电灯才能走进千家万户，他的辛苦才不会白费。

爱迪生想出一个让公众大吃一惊的妙法。在圣诞节那一天，他在门罗公园举行了一个别开生面的晚会。门罗公园是一个远离城市幽静的去处。在圣诞节期间到这里游玩也是一件趣事。爱迪生向所有的人发出邀请，任何人只要愿意来就在邀请之列。

爱迪生为晚会做了细致的安排，他向铁路局接洽增加特别的列车，接运从纽约与费拉德菲亚来的客人。车费由爱迪生掏腰包。

这真是一个盛大的晚会，有 3 000 人乘火车前来，附近的农民驾着马车赶来，人人怀着好奇心，要看看这位被称为门罗公园的“魔术师”表演些什么？

天已经漆黑了，雪花飞舞，贵妇人已经等得有些不耐烦了。爱迪生突然把开关一合，骤然间，整个公园给耀眼灯光照亮了。无数个白炽的灯泡把黑夜变成白昼。众人望着从树木与房屋上垂下的灯光，目瞪口呆，接着爆发出齐声的欢呼。

与爱迪生相识的社会名流走上前来向他祝贺。人们怀着极大兴趣参观他那个充满了古怪东西的实验室——世界上第一个发明的摇篮。

突然，传来了一个女士呼喊救命的尖叫声，爱迪生和一些人跑过去一看，便哈哈大笑起来。原来有一位盛妆女士在拼命地抓住自己的长头发，美丽的头发散落在背上，就像金色的瀑布。几乎达到腰间。这是因为她刚才进入了放发电机的机房，由于好奇，她离发电机太近，发电机上强大的磁铁，吸引着她的发夹，发夹脱开了，使她那新奇的发型一下子散开了。

爱迪生和蔼地递上一条手帕，拢住那散乱的头发，并指着机器旁边的警告牌上的说明：带手表或其他铁器的人不要太靠近发电机。

门罗公园的晚会是成功的，电灯成为人们圣诞节期间的话题，人们把高高挂起的电灯称为“爱迪生星”。从此以后，地球的夜晚就摆脱了那烦人的黑暗。

电灯的发明是爱迪生一生中达到登峰造极的成就，对人类的贡献也是巨大的。当然，现代的灯泡里已经用钨丝代替了碳丝，新式的电照明器具层出不穷。但是，第一位让大众接受电灯的人是爱迪生。

爱迪生虽然没有牛顿、安培或麦克斯韦的知识渊博，但是他的智慧比起这些科学家来说毫不逊色。例如，著名的电磁学家麦克斯韦也想改进电话机的受话器，但是，他的发明产品和爱迪生的碳粒话筒相比就逊色多了，爱迪生用碳粉造成的电话受话器一直应用到现在。人类既需要发现科学定律的科学家为人类开拓新的境界，也需要把科学规律应用到实际的发明家。这两种人才，缺少了哪一种人类社会都不会进步。

钢丝也能录音

1877 年爱迪生制成了留声机，实现了录音和录音的再现。但留声机主要用机械方式来留声和使声音再现。它声音很轻，录音时还得对着大喇叭大声讲话和歌唱，很不方便。

为了改进这种录音机，许多国家的发明家都进行着努力，他们利用完全不同的原理来录下声音。

首获成功的是丹麦的玻森。他利用磁性把声波记录在铁丝上。铁在磁力的作用下变成磁铁，在磁力消失后铁丝仍带有磁性，科学家称它为剩磁。加上的磁力越大，剩磁就越强。如果把声波的变化变成电流的变化，（这早已为爱迪生、贝尔等人解决）再通过电磁铁把电流变回为磁力的变化，进而把这磁力拖加在铁丝上，这样强弱不同的声音变成了剩磁的变化，也就是录下了声音。

在1900年的巴黎展览会上，玻森展出的录音机获得成功。玻森把莫尔斯信号的电极变成磁性变化而录在铁丝上。随着电话研究的进展，将声音变成电流又变成磁性越来越完善，已能将人物讲话、歌唱、甚至交响乐都录在铁丝和钢带上。

当时的磁性录音要用质量很高的钢丝和钢带，非常笨重和不方便。首先改进这一点的是德国人弗劳伊玛。他将铁粉涂在纸带上代替铁丝和钢带，并于1936年获得成功。纸带价格便宜，携带方便，很快为人们所接受并发展起来。

使磁性录音机获得大发展的第一功臣当推美国人马文·卡姆拉斯。由于他持续不断地努力和改进，才使磁带录音发展到今天这样几乎完美的地步。

马文·卡姆拉斯从小就喜欢动手制作东西，并酷爱无线电。还在求学时代他就制作了一架灵敏的晶体管收音机，而后又自制了火花式发射机。当他刚制成发射机并作试验时，对周围邻居的收音机产生了干扰，人们还抱怨说：“这大概又是马文在搞他的发明了。”

马文有个堂兄喜欢在浴室里歌唱并幻想有朝一日成为一名歌唱家，他自认为唱的每个音符都可与收音机中播放的歌唱家的歌声媲美。他想，如能将自己的歌录在当时已出现的唱片上，该有多好！于是他就找上了堂弟——马文·卡姆拉斯，要他设法帮忙。而马文却想：仅为了练习，用唱片录音，太浪费了。得另用他法录制。马文想，如果能把声音录在钢丝上就好了。但钢丝从一个卷轴绕到另一个卷轴时会发生扭曲，从而损坏录上去的磁信号，怎么办呢？马文试图做到在钢丝表层匀称地录下声音。这就不能用玻森的钢丝和针尖接触的办法。因为这样钢丝仅在与针尖接触的地方才能磁化。

马文采用完整的磁圈作为磁头，钢丝穿过线圈并与磁圈保持一定间隔，这样就能利用钢丝周围的空气间隔进行录音。因为这一层气除包围在钢丝的表层，所以它是均匀的。有了好的想法，马文立即动手用学校里的车床做成卷轴制成一台新原理的钢丝录音机。

马文·卡姆拉斯把堂兄颇为得意地哼着“物基·都德尔”的曲调进行录音。在把录好的钢丝卷回来时，可听到逆向的歌声。但在放音时，却一点声音也没有了。这到底是怎么回事？

马文继续研究，终于发现是磁头被磁化了。所以当倒转钢丝时，声音就给擦掉了。于是他再给磁头进行消磁，这样，无论在正转或倒转时都能放出录音，“物基·都德尔”的歌声响彻房间。马文和堂兄都快乐极了。这次成功是在1937年。

马文将试验成功的录音机放在堂兄屋中。晚上来了很多同学和邻居，济济一堂，谁都可以听听自己的嗓音是怎样的。人们都为机器能如此真实地将声音录在钢丝上面赞不绝口。

马文·卡姆拉斯是个不满足现状的发明家。他的新型钢丝录音机已获很大成功。为了普及，他致力于将钢丝录音向塑料录音的转化。他进行了数千种不同材料的试验，找到了较为理想的磁性颗粒——针状型氧化铁粉。

将这些粉末混入亮漆或凡立水中，然后再涂在纸带或塑料带上。当涂料未干时，将它放入磁场，所有的颗粒就会按一定的方向排列起来。这种方向使录音成为可能。直至今日，马文·卡姆拉斯的磁粉还被使用着。他终于制成了又轻又薄的塑料磁带。

马文·卡姆拉斯最终目标是“高保真”“立体声”。这还需经过艰苦的努力。

马文自认为他最奇妙的发现是“高频偏振”。在一次试验中，马文试图录下某高频信号，结果没能成功，但在放音时却听到平时无法录到的频率很低的声音。甚至听到真空管中灯丝振动而发出的叮当声。如果没经过高频处理的磁带就完全放不出这些声音。于是马文尝试录下自己的声音。他用高频处理过的磁带录下的第一个声音是“试验一、二、三、四”。重放时，声音是那么响亮和清晰！马文十分激动。这太偶然了！为了录下高频信号，却使磁带性能得到如此改善。他一直想得到的“高保真”声音有了实现的可能。

而后马文又发明了有几个声道的真实的立体声录音。在他以前，人们仅把一个声音用几个喇叭放在不同位置去播放。其实那根本不是立体声。马文在录音时就采用可录不同频率的装置录下，然后再用适应不同频率的喇叭播放。这样，你就是在家中也能得到和剧场相近的效果。这也就是今天的所谓“高保真多频道立体声”放音了。

马文·卡姆拉斯并没满足已经取得的成就。在科技发明日新月异的时代，他又卓有远见地将磁带与电脑装置结合起来，创造出新的奇迹。

磁带实际是个记录装置，马文将它和电脑搭配，为电脑存储数据。使电脑成为有“记忆”的活机器。

磁带还可用于图书馆的资料储存。为了弄清和研究某些问题，人们往往在图书馆花上几周几月的时间翻阅成百本书。现在书上的信息全能用磁带记录转入电脑中，只要需要，立即能将储存的信息在屏幕上清晰地显示出来。

今天的磁带录音不仅仅应用在文化娱乐上，它在教育科研、国防军事、经济建设中都有着很重要的作用。

马文·卡姆拉斯从录下堂兄唱歌的钢丝录音机开始，至今已取得 500 多项发明专利。这是多么惊人的成就！马文在 1979 年被授予美国最佳发明家称号，1985 年他的名字被列入美国著名发明家纪念堂里。

电池长寿了

20 世纪是电的世纪，电灯、电报、电话、电车、电梯、电唱机、电视……各种发明创造相继诞生，真叫人目不暇接。各式各样电器发明得越多，人们对电的依赖也越大。可以说人类的生活与和生产活动与电简直到了形影不离的地步，什么地方都要用电，离开了电，人们还真不知如何生活呢！

要用电，自然先要有产生电的装置，那就是“电源”——电力的来源。在 20 世纪初的时候，电力主要靠两方面提供：一是发电机，发出的电通过电线向四面八方输送；二是蓄电池，它比起发电机来，要小巧玲珑，十分轻便，易于携带，但偏偏是个短命鬼。人们为此事伤透了脑筋，因为好多地方非要

用蓄电池不可，如电动货车、电曳引机等，不可能装上发电机，只能用蓄电池，但蓄电池的寿命不长。

这件事也深深地牵动着大发明家爱迪生的心，在这之前，爱迪生已经发明了电灯、电影、留声机等等，成为赫赫有名的发明大王。当1900年迎来新的世纪的时候，蓄电池短命的幽灵也时时围着他打转，使他坐卧不安，心烦意乱，甚至到了失魂落魄的地步。

如何使蓄电池寿命变长呢？爱迪生苦苦地思索着。他分析如今的蓄电池都是铅与硫酸制成的，称为铅—硫酸电池（简称铅蓄电池）。在这种电池里，铅与硫酸碰在一块，就会发生化学反应，而在变化过程中，便产生了电流。可是硫酸的腐蚀性非常强，铅难以招架，不久就弄得皮烂骨头酥，完全变了质。一变质，原先能正常产生电流的化学变化，就无法进行，成了“短命鬼”。

一天，爱迪生在家中吃晚饭时，他眈眈地望着汤盆发愣。他的夫人米娜知道他在为蓄电池问题发愁，就关切地问：“你打算怎么治它呢？”

“病根在肚子里，我打算给它开刀，另换一副肚肠。”

米娜想了想，又问道：“不是说，做蓄电池非用铅不可吗？”

“有这种说法，不过……”

“不可能的事是没有的——对不对？”米娜知道爱迪生一定会说这句经常说的话，就抢先代他说了，弄得他只好淡淡一笑了。

第二天，爱迪生一早就来到实验室，开始了新的试验，他决定试制一种新型蓄电池。这些天分析研究的结果表明，铅蓄电池的病根出在酸性溶液——硫酸上，因此他对症下药，打算用一种碱性溶液代替硫酸，再找一种能与碱性溶液发生一定化学作用并能产生电流的物质，代替铅。

从表面看，问题似乎不难，只要决定用哪种碱性溶液，再找一种能与它起化学反应，并能产生电流的物质就行了。但事实上，爱迪生动员了好多人力，几乎试用了可以搞到的所有化学元素，做了上万次实验，结果却是一连串的失败！失败！！

面对这种情况，有些工作人员不免丧失信心，开始怀疑起来。他们背地里嘀咕说：“这上万次的失败，更证明别人的看法没有错，要制造蓄电池，不用铅是不可能的。”

这话传到爱迪生耳朵里，他还是淡淡一笑，说：“我不信大自然会这么吝啬，会把制造好电池的秘密扣住。只要我们埋头苦干，百折不挠，迟早总能发现的。”他决定加倍努力工作，继续钻研下去。他把实验室的工作人员，分成日夜两班，轮流干活，轮流休息。而他自己呢，还是老习惯，从早到晚，通宵达旦，坚持吃住在实验室。有时实在困倦得不行了，就靠在椅背上打个盹，稍作休息后，又精神抖擞地干起来。

在制造新蓄电池试验期间，爱迪生谢绝接待各种客人，实在非见不可的，也请秘书先生接待。只有他的一位极要好的老朋友，他才破例接待，并带他参观了他的实验室。在实验室的大长桌上摆满了各种试验的小电池，估计有四五百个，模样都玲珑小巧，十分逗人喜欢。那位客人欣赏了半天，问道：“怎么样，奋战了两年多，有些什么收获？”

主人带着爽朗的笑声答道：“收获嘛，有，而且很多，我已经知道有好几千种物质，是不能用做蓄电池的。”

“好几千种？”客人似乎不大相信，“到目前为止，你总共做过多少次试验？”

主人竖起右手的四个指头比了比：“已经突破四万大关，可是与实际使用要求，还有相当距离。”

听了这个数目，客人不觉倒抽一口冷气，瞪着眼珠呆了好一会，又问：“你预备怎样越过这段距离呢？”

“没有捷径可走，”主人不假思索地说，“常言道，不怕慢，只怕站，只要一步步往前走，总有一天会走过去的。”

这深沉而有分量的话，很耐人寻味。爱迪生正是把它作为自己的座右铭，试验，失败；再试验，再失败……直至1904年初，终于突破重重困难，用烧碱（氢氧化钠）溶液代替硫酸，用镍、铁代替铅，制成了一种新型镍铁碱电池。因为烧碱溶液对镍和铁没有腐蚀作用，所以完全克服了铅蓄电池那种“短命”的毛病。

正当大家兴高采烈，欢呼试验成功的时候，爱迪生的秘书像往常一样，赶忙找到主人，问：“蓄电池试验已经成功了，是不是现在马上向新闻界发一消息？”

爱迪生把手一摆说：“别忙，试验到此并未结束，最大一道难关还在后头哩！”

秘书与其他工作人员一听，心里凉了半截，也十分纳闷，新蓄电池样样都好，电力足，寿命长，精巧灵便，经久耐用，还有什么“难关”呢？

原来爱迪生认为，任何产品仅仅在实验室中试验成功，并不能算最后的成功，还一定要经受实际考验。为了试验蓄电池的机械强度和耐久性，爱迪生用新电池装配了6部电动车，叫6个工人，每人开一部，到野外坎坷的道路上每天去跑100英里。这样一连进行了两个多月，6部电动车，受不了这样的颠簸折磨，差不多都弄得胎破轴断，破损不堪，可是作为原动力的镍铁碱电池，都情况正常，一点毛病也没有。

另外，爱迪生还作了这样的试验，先把成箱成箱电池，从二楼、三楼、四楼往下摔，再装到手推车上，每小时15英里的速度，朝大石头上猛撞，要连撞500次才算合格。经过这种种考验都合格了，才算过了“难关”，这的确是很难的“难关”。

正是爱迪生的这种顽强拼搏的精神和严格的科学态度，终于在1909年制成一种相当理想的镍铁碱电池，并投入了大规模生产，直至今日，人们还在使用这种蓄电池。为了纪念它的劳苦功高的发明人，人们把这种电池称为“爱迪生蓄电池”。

戴维与安全灯

记得有部电影名叫《燎原》，它对煤矿发生瓦斯大爆炸的悲壮场面作了非常真切的描述：那震耳欲聋的爆炸声、“呜……呜……”的警报后，以及声嘶力竭的哭喊声，交织成一幅煤矿瓦斯爆炸的可怕情景。

那么什么叫瓦斯？瓦斯又为什么会爆炸呢？原来在煤矿的矿井中常含有少量甲烷气，名为瓦斯。这种气体“性情”暴烈，遇火即燃。矿工们在井下挖煤，伸手不见五指，没有灯不行，当时矿工们照明是用蜡烛，遇到这种瓦斯——甲烷气体，就会爆炸，可怕的灾祸就降临到矿工头上。

18世纪英国的煤炭工业蓬勃发展，大批煤矿在开发，矿井中事故频频发生，特别是瓦斯爆炸，时有发生。一旦瓦斯爆炸和瓦斯引起了火灾，在煤矿

中只有一个办法来对付，那就是马上堵塞巷道口，截断火的蔓延以减少损失，但这会使正在巷道内工作的矿工们来不及逃出，造成大量死亡。

1815年，有人向英国知名科学家戴维绘声绘色地描述了瓦斯爆炸的惨景，同时也请求他设法找出一个能预防爆炸的良策。戴维出身较贫苦，年少时就丧父，当过学徒，因此对矿工的悲惨遭遇很表同情。听了瓦斯爆炸的介绍，大大激发了戴维，应“预防煤矿灾祸协会”的请求，开始研究火焰与爆炸。在他之前，也曾有人做过研究，例如在1813年，有一位英国的格拉尼博士曾制作过“安全灯”，但由于生产和使用都很麻烦，所以未能普及使用。因此要设计一种制造容易、使用方便的安全灯的研制任务，就落在戴维身上了。

戴维亲自下到矿井进行实地观察，矿工们热情地接待了他，向他介绍矿井里的工作情况，叙述了他们的艰苦、危险的工作环境，恳切请求化学家为人类的幸福、矿工们的生活贡献智慧和才干。

戴维与他的助手法拉第一起，对瓦斯进行了反复研究。矿井里一片漆黑，需要灯光，有灯光就可能引起瓦斯爆炸，因此首先要寻找出一个使灯光与外部隔绝的办法。但火焰灯需要氧气，完全密封的灯不会发光，这就必须有一个与外部不完全隔绝的灯罩。

经过反复试验，他发现细的金属管子火焰不能通过，而外部的空气却能够自由进入，这真是一个惊人的发现。那么怎样用细管组成一个灯罩呢？戴维想方设法要突破这道难关。他把细管密集排列，成为一个带小孔的厚片，然后一点一点减薄，同时观察它的作用。他发现即使减薄成一张网，其作用仍然不变。

“啊，原来铁丝网也有相同的功能！”到了这时，他心中豁然开朗了。他用铁丝网做了一个圆筒形的灯罩，火焰在灯内跳跃着，即使外面有瓦斯，却不会燃烧，自然不会引起瓦斯爆炸。

他又进一步进行实验，制造各种人造瓦斯环境，都证明这种简单的灯非常安全可靠。

这时是1815年12月。

戴维的安全灯就是用金属网罩起来的灯。金属网罩为何有这样神奇的作用呢？原来这里热传导起着决定性的作用。大家知道，铁或铜等金属都是热的良导体，它们能很快地把热从受热端传向远处。在网罩内燃烧着的火焰，温度当然高于着火点，但金属网罩能不断地导热散热，使罩子外面的温度低于着火点，因此即使罩外有瓦斯，由于温度达不到瓦斯着火点，就烧不起来。

这里不妨介绍你做个小试验：用铁丝或铝丝绕成螺旋状，罩在一支点燃的蜡烛火焰上，火焰一下子熄灭了。或者做一个稍大些的金属网，把火焰罩住，可以看到火苗仍在罩内闪烁，这时若将煤气喷到网罩外面，你会惊奇地发现，煤气仍不会燃烧。网罩起着热屏蔽的作用。

安全灯发明出来了，模拟试验也成功了，但还必须到矿井现场做实地试验。

1816年1月9日，戴维决定亲自前往矿下试验，但遭到他的好友华德生医生的反对。

“先生，这是一种极危险的试验，您是科学家，您应对完善、改进安全灯负责，不能亲身前去冒险，以防万一……这个任务应该由我来担当。”

华德生举着安全灯走进充满瓦斯的矿井，远处观看的人们都怀着忐忑不

安的心情，静静等候试验结果。

华德生不断向矿井深处走去，一位正在挖煤的老矿工，突然发现远处有火焰，就恐惧地大喊道：

“熄火，快熄火！”

但灯光仍继续在前进，老矿工像大祸临头一样，紧闭双眼，连连在胸前划着十字……

当老矿工发现华德生医生手提着安全灯在注视着他的时候，他明白了一切。

他疾步跑上去，拥抱着华德生说：

“这征服‘地狱’的灯光，是您给我们矿工送来的吧！”

华德生微笑着说：“不，这是戴维先生的功劳，我们都应该感谢他！”

英国政府为这一发明，在矿区举行了隆重的庆祝大会，各界代表在大会上发表了高度赞扬的演说，工人们向戴维赠送了许多纪念品。

有人看到这种矿工安全灯各国都很需要，就建议他向政府申请专利发明权，这样可以得到一大笔收入。人们满以为戴维会采纳这个建议，但戴维却严肃地说：

“我从来不想做这样的事，我的发明是为了广大工人兄弟们的生命安全，是为了祖国工业的发展，我唯一的目的是为人类谋些福利，我不希望发财，只要能够为人类做些有益的事，那便是我唯一的酬报了。”

为了纪念戴维的卓越贡献，人们把这种矿工安全灯称为“戴维灯”。

一个玻璃工人的贡献

当夜幕降临的时候，都市里最引人注目的就是街头的霓虹灯了。鲜艳的颜色，多彩的变幻在黑色天空的背景上显得格外醒目，就像进入了神话的境界。

如果白天去看一下霓虹灯，会发现那是一些像小拇指粗细的玻璃管子。这种管子又名叫盖勒斯管。

为什么有这样一个奇怪的名字呢？原来，这是科学家盖勒斯首先制造出来的。盖勒斯生于德国图林根的一个农村里，最初是一个吹玻璃的学徒工，到处流浪，后来积攒了一点钱定居在波恩，开了一个小作坊。专门吹制物理和化学实验时所需要的玻璃仪器。由于他的手艺很好，所以生意还不错。

盖勒斯是一个喜欢问为什么的人。每做完一个仪器，他总要琢磨一下这个仪器是做什么用的。如果弄不懂就去查书或请教来定做仪器的科学家。因此，他慢慢变成了一个业余科学家。在他的小作坊里不仅有煤气灯，各种工具，还有一些自己制作的仪器设备，像真空泵什么的。

1858年他接受了德国物理学家普吕克尔的定货，制作一种抽成真空的玻璃管。为了完成这批定货，盖勒斯使用了一种真空水银泵，这种真空泵虽然很原始，但比起当年格里克做马德堡半球实验时用皮革制成的抽气桶要好的多。

要把一个容器里的空气抽空是一件十分缓慢的工作。抽真空的原理和把一根木棒掰成两截扔掉一半一样，如此这样掰下去扔掉，手里总会剩下一点木棒。容器里的空气被真空泵分去一部分排掉，再分去一部分排掉，到最后容器里总要剩一点空气的。为了把管子内的空气抽得尽量空，盖勒斯日以继

夜地操作着真空水银泵，这可真是一件简单而又枯燥的工作。

夜幕降临了，作坊里只剩下盖勒斯，他一定要在今夜把这个仪器完成。突然，他发现真空管里有淡淡的闪光，开始很暗，但随着真空度的升高增强起来，这个新发现使盖勒斯的困意全部消失了。

盖勒斯虽然是一个手艺人，但是对于科学的追求也是同样强烈的。其实上述现象在 100 多年以前就有人发现。1676 年，法国物理学家皮卡德在搬运水银气压计时发现，当水银柱摇晃的时候，在水银面上方的真空区域里，有发光现象。他记录下这种现象叫做“水银荧光现象”，但不能解释。到了 1705 年，英国的赫克斯认为这是一种与电有关的闪光现象。搬运水银时，由于水银和玻璃管之间的摩擦使玻璃管带电，所以真空区域发光。赫克斯用抽气机把一个玻璃钟罩抽空，并用静电起电机使玻璃钟罩带电，钟罩内果然发出辉光。法拉第也对这类现象进行了研究。但是由于当时的技术还不发达，不能得到很高的真空，所以影响了对这种发光现象的进一步探索。

科学的发展带动了技术，技术的发展又反过来报答了科学的恩典，科学和技术密不可分，如鱼如水，亲如手足。到了盖勒斯的时代，不仅有了能抽高真空的水银泵，还有他的同胞鲁姆科夫发明的能产生高压的感应线圈。

牛顿说过：“我是站在巨人的肩膀上。”盖勒斯也是这样，但是有一点是属于盖勒斯本人的，就是他有极好的玻璃吹制手艺和科学的探索精神。因为无论是真空玻璃管还是水银泵，都离不开玻璃制品的吹制。

盖勒斯不需要像葛立克那样带上手套摩擦转动的硫磺球起电，因为使用感应圈只要一合上电闸就能立即产生几千伏的高电压。盖勒斯在玻璃管里装上一对铂制的电极，一个是阳极，一个是阴极，把它们分别与感应圈的两端连接起来。这样抽成真空的玻璃管中就发出了辉光。后来，盖勒斯发现，当玻璃管中充以不同成份的稀薄气体时，玻璃发出的光色不同。这个有趣的发现使他兴趣大增。我们今天看到的霓虹灯就是盖勒斯管发展起来的。管中不同的颜色是由于里面充入了不同的气体。例如，充入氖气就会发出橙红色的光，充入氩气就是翠绿的颜色。

现在把这种稀薄气体在高压下的发光现象叫辉光放电。当时定制这种真空玻璃管的科学家普吕克尔，也在研究这种低气压下的放电现象。与盖勒斯不同的是，他的目的是探求这种辉光的本质。

因此，普吕克尔并不满足于产生各种美丽的辉光，而把注意力集中到管内真空度对于放电辉光的影响上。因此，他定制了各种不同真空度的管子进行研究。他发现，当玻璃管里的真空很高的时候，辉光现象反倒不见了，但是在正对着阴极的玻璃管壁上，会发出绿色的荧光。这显然是由于有一种射线打在玻璃管壁上才会产生这种荧光。普吕克尔也不知道这是什么东西，只知道这种射线是从阴极发出来的，因此给它起了一个名字叫“阴极射线”。可惜普吕克尔没有把实验进行到底就去世了。因此阴极射线的研究工作主要由他的学生希托夫以及英国物理学家克鲁克斯进行下去。

为了对阴极射线的性质进一步研究，克鲁克斯制成一种高真空管，后来人们称为“克鲁克斯管”。有人也称为“希托夫—克鲁克斯管”，因为希托夫也曾独立制成这种高真空放电管。

由于“克鲁克斯管”管内的高真空度，管内没有多少气体，所以放电时没有辉光，阴极发射的射线可以畅通无阻的射到对面玻璃上。克鲁克斯还发现，如果把对面玻璃内壁上涂上硫化锌，就是夜光表盘上那种荧光质，就会

发出更强的光，甚至可以照亮附近的東西。这种发光现象称为“冷光”。

冷光现象引起许多科学家的兴趣，许多人在实验室进行这种有趣的实验。

克鲁克斯的父亲是一个穷裁缝，由于一项精明的投资发了财，这样才使克鲁克斯有一个安稳的专心学习和研究的环境。他毕业于伦敦皇家化学学院。最初他迷上了基尔霍夫开创的光谱学。不同的元素在燃烧发光时都有自己特定的颜色。1861年，克鲁克斯在光谱中发现了一条不属于任何已知元素的美丽的绿线，他知道他发现了一种新元素，他给它起名为铯，意思是“绿枝”。他也因此而成名，被选入皇家学会。

1875年制成的真空管的真空度比盖勒斯管提高7500倍，因此阴极射线就可以更强的打在玻璃壁上。克鲁克斯还把一个雕花的小金属片预先放在阴极射线经过的路线上，结果在管端的荧光屏上就出现了清晰的影子，他还把一个风车样的小轮放在玻璃管里，这个轮子竟被阴极射线“吹”得转动起来。现在在任何一所中学物理实验室中都可以看到这几个有趣的实验，通常叫它为“阴极射线管”。

阴极射线虽然十分有趣，但是，它的本质是什么却其说不一，有的人认为是一种电磁波，因为赫兹关于电磁波存在的实验刚刚成功。赫兹和他的学生也做了这方面的实验，并想努力证明这是一种电磁波。

但是，英国物理学家瓦尔利发现，阴极射线可以在磁场中发生偏转，用左手定则判定，这可能是一束带负电的物质颗粒流。于是两派学说展开了一场历时二三十年的争论。

电和化学结伴而行

伏打电池的发明使人类有史以来，头一次有办法产生一股持续的电流，从此电学的发展就像插上了翅膀一样。许多令人振奋的消息不断传来。

一个重大的功绩就是电和化学的联姻，它给我们生活带来的变化，也许是伏打所没有想到的。

使电学和化学联姻的月下老人，应首推英国的戴维了。1778年出生的戴维，是一个木匠的儿子，他的青年时代是在贫困中度过的。上学的时候戴维不喜欢学校的功课，所以不久就辍学去给一位药剂师当了学徒。但是这份工作把他引入了一个奇异的化学世界，使他热爱上了化学。因此，他在药剂师家中开始了自学。他不仅学习书里的科学内容，还要亲手实验来验证那些理论，这给他的东家带来了一些小小的灾难，实验室里常常传来爆炸声，还夹杂着有毒的烟雾。主人只好把他解雇了。但是，戴维经过自学，最后成为一名化学家。20岁的时候，戴维竟然成为一所气体医疗研究院的主任。

戴维的兴趣非常广泛而且有极强的探索精神。在气体医疗研究所期间，他用化学的方法制造出各种气体，而且每次都冒险地去呼吸一下这种气体，他吸过氢气、氧气、纯一氧化碳等，有些气体几乎使他窒息，但是戴维的鲁莽行动也得到了报偿，就是他发现了笑气（一氧化氮），这是一种使人有点眩晕，陶醉的气体，常令人大笑的气体，后来用于做牙科手术的麻醉剂。

戴维真正成为一名世界著名的科学家是由于一个偶然的机遇引起的。

当时英国皇家学院是一所很有名气的大学，但是经费日渐短绌，虽然有班克斯爵士的资助，仍然很难维持下去。

创办这所学院的伦福德爵士，打量着这个拥有了新出现的电池和其他静电先进设备的实验室，产生了一个念头，“能不能举办一些电学讲座，表演各种新奇的电学现象来筹集资金呢！”这倒是个好主意，但是人们会不会掏钱买票来听讲座呢？不过，无论如何是值得试一试的。

要使科学讲座受欢迎，就需要有一个优秀的演讲人。一定要讲得让人听了开心，看得高兴才行。经过朋友的介绍，戴维来到皇家学院伦福德的办公室里。经过一番交谈后，戴维被聘为该学院的讲师。1801年的一天晚上，伦福德和听众一道坐在大厅里听戴维的头一次演讲。这位青年讲的好极了。伦福德如释重负，疑虑皆除。戴维精通化学和电学，他知道如何引起听众的兴趣。他那魔术般的表演，使每一项试验都引起欢呼。当人们离开会场时，真是满心畅快，心满意足。

科学讲座大受欢迎，每晚的入场券销售一空，许多贵族把听科学讲座当成时髦的玩意，他们穿上漂亮的衣服，就像去参加盛大宴会一样争相到会，特别是太太们和小姐们更是成群结队去听这位英俊的年轻人讲演。尽管他们听不太明白演讲者说的是什么，但那些时而火花四溅，时而隆隆作响，时而五彩缤纷的实验深深吸引了他们。听科学讲座成了英国上流社会的一种时尚，这可真是给伦福德记上一功。这不仅筹集了资金也普及了科学知识，使科学成为一个人人关心的事情。戴维也因此而名声大振。

戴维绝不以出了名、赚了钱为满足，因为他最热衷的是进行科学研究。他是一个化学家，讲座又使他精通了电学，他对伏打电池也入了迷。思想锐利的戴维在思考，既然化学能产生电，那么电能不能产生化学反应呢？

最早思考这个问题的是英国科学家尼科尔逊和卡莱斯勒，在伏打给皇家学会会长描述了他的伏打电堆之后6个星期内，他们就发现了当往水里通电流的时候，能见到气泡产生。这是1800年5月2日的事。

富有实验经验的戴维得知这个消息后，如获至宝，就像得到了埋藏宝藏的地图一样，他立即动手重新做了这个实验。他在一支大烧杯中注入蒸馏水，放两根细铜线进去，然后用两个试管将两条电线罩住。外面再用一口大玻璃容器盖严这一切，并把里面的空气抽光。

当一切设备布置妥善后，便将电线接通到电池上，电流顺着电线流到水里，气泡便出现在两个电极上。戴维细心地把泡泡破裂后放出的气体收集在试管里。

实验时他还注意到，随着实验的进行，烧杯内的水逐渐减少。过了一会儿戴维把电池断开，取出试管，仔细地分析里面的气体。

他在两个试管里得到的气体，一种是氢气，另一种是氧气。氢气的体积恰好比氧气多一倍。原来水被电分解了，变成了二份的氢气和一份的氧气。平时我们常说水是由两个氢原子和一个氧原子组成的，这个化学结构是戴维发现的。尼科尔逊仅仅是发现了电解水的现象。

电解水的实验在戴维的面前展现了一片完全荒芜的土地，人类还没有开垦它，这里遍地是黄金，而戴维就是一位幸运的拓荒者，他知道，一个新的领域，一个完全陌生的电化学世界正在向他招手。为了进一步研究，他亲手建造了有250多块金属板的电池组，当时这个电池组在世界上是首屈一指的。戴维是一位化学家，他知道许多化合物可以分解成更简单的，我们现在叫做元素的物质。他相信电有力量能把那些紧紧连在一起的元素分解开。他不仅向物质的水溶液通电，而且向各种熔融状态下的物质通电。结果是惊人

的，1807年10月6日，电流通过熔融的钾碱，释放出一种金属。当把这种闪亮的金属小块放到水中的时候，小块金属在水中旋转，奔跑并放出淡紫色的火焰。戴维高兴得如醉如狂地跳起舞来。

这种金属，戴维把它叫做钾，钾的化学性质极为活泼，能撕裂开水分子和氧化合，放出的氢气燃烧后发出淡紫色的光。

戴维实际上发明了电解的方法，一条崭新的化学途径从此出现了。戴维就像降落在一个童话世界里，发现新的元素几乎是垂手可得。在发现了钾的一个星期后，他又从苏打溶液中电解出钠。1808年，他在采用白则里建议的方法基础上又经过某些改进，分离出钡、锶、钙和镁。他还分离出硼，但是硼的发现比另一个“淘金人”盖吕萨克晚了9天。

电解的方法后来大量用于工业中，许多非常难于提炼的金属用电解的方法可以轻而易举地得到。这许多关于电解金属的实验中，最富有故事性的，是在几十年以后，提取出现在为我们大量使用的铝。

现在铝制品到处可见，铝锅、铝壶、铝饭盒，还有那掠过长空的喷气式飞机，身上大部分是铝，铝和别的金属形成合金，既轻又结实，可以担当许多任务。

铝是世界上储量最丰富的金属，但是又是最难提炼的金属之一。奥斯忒1825年首先制得了铝，当时他用金属钾在汞中配成的溶液处理氢氧化铝，得到一种金属残渣。但他不知道是什么。1827年德国科学家韦勒首次弄清楚了那是铝，并首先提炼出纯铝，但是提炼费用十分高昂，直到1852年，生产一磅铝的成本要花到545元美金，因此铝比金银更贵重。你可以设想，把你厨房里的一把铝制的平底锅拿回到100多年前的时代，会价值连城的。

过了29年，法国人德维尔搞出了一整套铝的工业生产法。1855年在巴黎博览会上展出了一些铝条。每磅要90美元。法国皇帝拿破仑三世到博览会参观，见到这种金属，简直着了迷。德维尔用铝制成一件嘎拉嘎拉响的玩具送给皇帝，让襁褓中的王子玩，皇帝很高兴，于是订购了一批铝质刀叉，供举行国宴时使用。这种餐具只给予特别的贵宾，等级稍低的贵宾只好委屈他们使用普遍的金银餐具。

拿破仑三世曾想用铝制成兵器，但生产过程太慢，成本又贵，只好作罢。只让一些士兵戴上一个铝制的小牌，以炫耀拿破仑的财富。但是科学家在这方面的努力却一直没有停止。

在实现工业大规模炼铝方面，要归功于一名青年学生，他的名字叫霍尔。有一天，一位教授偶然说到，谁若能发明种炼铝的便宜办法，不仅对人类是重大贡献，自己也会成为百万富翁。霍尔决心试一试。

霍尔大学毕业后，仍念念不忘这件事，回到家里，向父亲表示要独自进行试验。他父亲很支持儿子的想法，这位老先生觉得，儿子暂时不出去工作赚钱，在家里呆一段时间也无妨，聪明的儿子也许真能发明点什么。

父亲答应儿子利用屋后的小木棚。霍尔知道化学家本生已经利用电解的方法得到铝，但是当时由于缺乏充足的电力，不能大规模生产。1867年发电机发明后，人们不必只依靠电池获得电流。这正是研究大规模生产铝的大好时机。

任何一个发明家都不可能超越他的时代，但是可以把握住时机。发电机的出现为霍尔的伟大理想铺平了道路。

霍尔做了一些理论探索后，就着手在木棚里为自己安装设备。必要的设

备很快安装好了，年轻的霍尔便埋头工作。他日夜努力，不断地改变矿石的配方，一个星期一个星期过去了，在短短 9 个月里，果然找到了一种用电来提炼铝的最佳方案。

他的办法是这样的，将含有铝的冰晶石矿石熔化，再将氧化铝放进冰晶石的溶液中，令它融解。于是通电到这两种消融的混合物中，电立即发生效用，将物质分解。一条电线上出现泡泡，这是氧化铝中所含的氧，泡泡升上液面，消失在空气中。

过一会，霍尔关闭电源，把溶液中的另一条电线抽出来，果然有了银白色的纯铝附着在电线上。霍尔坐在椅子上，满意地笑了，又一跃而起，轻快地跳起舞来。

“从此铝不再是有钱人才用得起的贵重金属了。”霍尔想：“人人都可以使用铝了。”

电解法不仅可以从矿石中取出铝来，也可以用于精炼金属。电线里用的铜纯度很高，就是用电解的方法提炼的，俗称电解铜。

电镀是电解原理的一种应用，电镀美化了我们的生活：闪亮的自行车车把，镀银的刀叉，录音机上银色的按钮……它们能穿上这么漂亮的金属外衣，都要归功于电镀。

发明电梯

早在公元前 236 年，古希腊学者阿基米德曾经创造了一种用绳索和滑轮操纵的省力机械。多少年过去了，人们运用这种机械来运货，出现了各式各样的升降机。

这些升降机的特点是：完全依靠人力来作业，虽然省劲，但很费时。尤其是不够安全，往往一有故障，机械全部瘫倒，什么事也干不成。

1852 年，在美国一家商业公司里，有一个名叫奥第斯的搬运工。他和他的伙伴们每天开动升降机，把货物提升到楼上，又从楼上回到底层。当时的升降机比中世纪时代的进步一些，是一根很粗的绳索吊着一个铁丝编成的笼子。有时为了运货快些，搬运工也随着货物一起提升。万万想不到的是，曾经发生几次绳断、铁笼坠下的严重事故。奥第斯见了工友的尸体，感到十分伤心。

从此，一方面奥第斯虽然开升降机时也心里不安；但是，另一方面也激发他开动脑筋：我不能老是等待摔下那一天到来呵！奥第斯的文化不高，他不气馁，找来许多书本，如饥似渴地学起来。同时，他找到了些泥巴、木片、硬纸、绳索、齿轮、弹簧、棘爪等一大堆零件和材料。伙同几个好友，一起制造一种安全性好，不依靠绳索，而借助齿轮的机构来提升的升降机。

经过了多少次失败，听到了难以计数的冷嘲热讽，奥第斯咬咬牙。他的决心是不可动摇的。他四处求教，虚心听取意见。改进，改进，再改进……

终于在 1854 年的一天，美国纽约市的水晶宫博览会大厅里，热闹非凡。一次别开生面的表演即将出台，观众看到：

一位满脸络腮胡子的大汉，正站在装满木箱、铁桶等的升降机平台上，让升降机徐徐开动。当在场的人都能看见平台的时候，大汉突然下令：“砍断绳子！”咔嚓一声，吊绳软软地跌落了下来，而平台稍微下滑一点点，就被周围的弹簧和棘爪紧紧地锁住，纹丝不动！在场的上千观众倒吸一口冷气，

爆发出雷鸣般的掌声。站在平台的大汉挥动帽子，向大家频频致意，他大声地说：“女士们、先生们，一切平安，一切平安。谢谢诸位。”

这位大汉就是勇敢过人、虚心好学的奥第斯。

1857年，奥第斯集资开办了电梯公司，升降机不仅可以运货，而且还可载人。它的用途更广了。1904年奥第斯公司率先又研制成功不用齿轮牵引的电梯，从而为建造高楼的运输工具打下良好的基础。到了1932年美国纽约曼哈顿区的帝国大厦建成，安装了可供102层楼使用的电梯。从此，电梯的花样越来越多，除老式的箱式电梯外，还有观光电梯、双层电梯、照明电梯等。

现在，电梯已经成为高层建筑物中必须安装的设施。它每天帮助人们上楼、下楼，节省体力和时间，而且今天的电梯比过去更加安全、更为方便了。或许大家并不清楚，奥第斯是电梯的第一个发明人哩。

更新时代

爱迪生与留声机

1876年，美国发明家爱迪生开始研究电话。那时的电话机，距离稍远就听不到声了。因此，爱迪生研究用电话线路的中途装置——中继器进行中转。

在进行电话中继器的研究实验中，爱迪生想在收话机的振动片上加上一枚钢针，用来把声音的振动变成波形，刻划在一种板上，以便将声音保留下来。爱迪生当时估计，如果钢针能顺利地刻出波形，就将钢针放在刻出的波纹上滑动，便能从收话机的振动片上发出声音。他日以继夜地研究这个问题，终于完成了一张设计图。

爱迪生的助手名叫科劳迪。爱迪生画好设计图后把科劳迪叫来，指示他按照设计图制造机器。科劳迪觉得奇怪，搞不清到底造的是干什么用的机器，很不摸底。

尽管科劳迪不了解爱迪生设计图的用意，但他还是很快制成了这台机器。在机器上有个金属圆筒，在木台上装有转动圆筒的手柄。摇动手柄时，圆筒一边旋转一边沿轴线向旁边移动。从外形上可以看出来，伸在圆筒上的曲臂装有一根针，针尖与圆筒表面接触，而在针的上面安装一个喇叭。在喇叭的端部装有金属薄膜，针就装在薄膜上。

科劳迪和研究人员一起来到爱迪生身边，询问爱迪生这台机器究竟是干什么用的。爱迪生若无其事地说：“这台机器是说话的。”大家以为爱迪生在开玩笑，都笑了起来。

然而，这时的爱迪生却表情严肃，只见他一本正经地把一张锡箔绕在圆筒上，把喇叭上的针接触在锡箔上，然后边摇手柄边对着喇叭说话：“玛丽抱着羊羔，羊羔的毛像雪一样白……”原来，爱迪生在对着喇叭朗诵童话。

这时，声音的振动传到喇叭端部的金属薄膜上，使薄膜产生相应的振动，于是装在薄膜上的针就在锡箔的表面不断划出深浅不同的沟纹。

爱迪生朗诵完童话后，就把机器上的针放回原处，又摇动起手柄。于是，奇迹便出现了，机器用爱迪生的声音说起话来：“玛丽抱着羊羔，……”科劳迪和观看的人都非常惊奇，觉得爱迪生好像是在变戏法似的，并称这台机器为留声机。

爱迪生当然也非常兴奋，他把这台机器带到纽约的报社进行实验表演。报社的人们也很惊奇，并立即作了报道。这样，爱迪生发明留声机的消息很快便传遍世界各地。

实际上，爱迪生发明的留声机还很粗糙，有许多地方需要改进。例如，圆筒上贴的锡箔用过五六次之后，发出的声音就变小了，必须重新更换。

起初，人们对留声机还觉得挺新鲜，时间一长就不怎么感兴趣了。再加上那时爱迪生正忙于研究试验电灯，无暇顾及留声机，结果他辛辛苦苦发明的留声机，就这样被打入冷宫9年。

直到1887年，爱迪生又回过头来改进留声机。费了一番周折，总算制成了第二台机器。这台经过改进的机器，比第一台在性能上好多了。原来圆筒上贴的锡箔，已由坚硬的焊锡涂层所取代，而针已改用蓝宝石唱针。同时还 将针尖磨成圆形，以防止针在锡管沟纹中滑动时不致于划伤沟纹。另外，手摇把也被淘汰了，采用电池带动的马达或发条转动。更引人注意的是，在录

音的锡管上镀一层厚厚的金属膜，再把金属膜剥离下来作为铸型，就可以用来大量复制录有声波波纹的锡管。这些改进，使爱迪生发明的留声机已和后来的留声机很相近了。

就在爱迪生发明留声机的同时，还有一些人也在热心研究留声机。其中最著名的就是电话发明人贝尔。

贝尔发明了电话，法国政府授予他 1 万美元奖金。他有了这笔钱，就决定投资进行留声机的研究。

贝尔和化学家奇切斯特·贝尔以及制作乐器的名师廷特合作，从 1880 年开始，积极研制留声机。他们认为，爱迪生的第一台留声机把声波刻在锡箔上，效果不好。因此，贝尔和他的伙伴们在声音的再生方面进行了苦心钻研，并在 1885 年制成了用锡管而不用锡箔的留声机。这在时间上比爱迪生的第二台留声机还早。可以说，锡管式留声机的发明人不是爱迪生而是贝尔及其合作伙伴。然而，贝尔的不足之处是，他们未像爱迪生那样考虑到录音锡管的复制问题。

值得提及的是，那时还有一个名叫贝利纳的德国人，也在研究留声机。他于 1888 年研制成留声机。这种留声机的唱针是按声波波纹左右滑动的，而爱迪生和贝尔的留声机唱针，是上下运动的，即声音随波纹的深浅而变化。

爱迪生虽然研制成复制用的金属膜，但是还存在不少问题。真正解决唱片复制问题的是贝利纳。他在机械巧匠约翰逊的帮助下，研制成功新的唱片复制方法。这就是利用硬质橡胶和紫胶树脂材料生产唱片。美国胜利留声机公司于 1899 年制成了这种唱片。

爱迪生不甘落后，他的公司和贝尔的公司携手建立了唱片公司，与贝利纳和其他留声机唱片公司进行竞争。他们很快就生产出了用石蜡制成的圆筒形唱盘。

当时的留声机价格昂贵，一般家庭买不起，因此许多餐厅等处设置了一种投入一枚硬币即可自动放两分钟音乐的自动唱机。

密纹唱片

本世纪 30 年代初，有个美国人叫彼得·戈德马克，是个钢琴手，又是个大提琴手，在音乐方面有很高的修养。

有一次，在音乐晚会上，他正在欣赏唱片放出的著名作曲家勃拉姆斯的曲子，完全被那动人心弦的旋律所陶醉，微闭双目，点头合着节拍……突然，留声机发出了“卡塔”一声，乐曲戛然而止。他像从梦中惊醒，睁大了眼睛，茫然不知所措。接着，他感慨地说：“这是在音乐演奏半截时发出的人们有史以来发明的最糟糕的声音。”这位颇有音乐天赋的演奏家继续发表感想：“有人赶紧跑过去换唱片，但是听众的情绪已经被破坏了。正是在此时此地我明白了自己必须制止这类事情再发生。”于是，他就着手去发明一种放音时间长而中途不更换的唱片。

当时，彼得正在为哥伦比亚广播公司研究彩色电视系统。因此，他只能利用业余时间研制这种新唱片。尽管他是忙里偷闲，进行研究试验，但越忙他越是坚持不懈，从不知难而退。正如他的同事、诺贝尔奖金获得者丹尼斯·加伯所说：“彼得发明东西就像吃饭那样平常。他最愉快的事情，就是被某个思想纠缠上以后，摆弄他的线路直至凌晨 3 点。彼得常说，‘发奋是

发明之母，而坚韧是发明之父。’ ”

经过反复研究试验，他认为要使唱片的放音时间长，最好的办法是增加唱片的音槽密度，即采用密纹唱片。但是，当时的唱片多是使用酚醛树脂制成的，不适于印制更细密的音槽。

后来，彼得在哥伦比亚公司集中力量研究这种密纹唱片。他通过分析比较，选用聚氯乙烯树脂制作新唱片。由于这种新材料的性能好，加上彼得进行不断的改进，终于在 1931 年研制成功了密纹唱片。

与过去每分钟 78 转的普通唱片相比，密纹唱片转速为每分钟 33.5 转，纹道（音槽）密度增至每英寸（2.54 厘米）224 至 300 道或更多。因此，一面唱片可以放音一个小时以上。密纹唱片不仅纹道密度大，转速慢，而且纹道细，因而一张唱片的录音比普通唱片长 6 倍。

在第二次世界大战期间，美军为了向德军广播，曾下大力研究唱片，从而促使密纹唱片得到进一步发展。

幻灯机

17 世纪中叶，欧洲一些国家的传教士在传教时，一边讲一边用画来表现上帝、天使和基督的故事，但当时只有画册，不能同时给许多人看。于是，就有人想发明一种机器来解决这个难题。

那时，有个德国传教士想利用凸透镜制造这种机器，把画面放映在墙上。因为早在 1610 年，意大利科学家伽利略就用透镜制成了望远镜，看到了月亮上的神奇景象。这位传教士就想，既然用透镜制成的望远镜能把远在天上的月亮看得清清楚楚，那么自然也能将图画放大了。在这种想法支持下，他就开始了研制试验工作。

他制作了一个方形木箱，在箱子前面开孔处装有圆筒，而圆筒上镶着凸透镜。在凸透镜的后面开有切槽，用来插入透明画片。由于画片上的图像是倒映在墙上，所以必须把画片倒插在槽内。在木箱内点着蜡烛，是照射画片用的光源。另外，在木箱上面还装有抽气烟筒，用来消除蜡烛点燃时产生的气体。这样，一个用来往墙上放映画片的机器就制成了，传教士自然是很高兴了，并准备在传教时试用。

研制成功机器的第二天晚上，信徒们很早就坐在漆黑的房间里，等待着传教士传教。听说传教时还要使用什么机器，来的人很多，屋子里坐得满满的。不多一会儿，传教士开始给信徒们讲话了，正在他讲基督的故事时，突然在墙壁上出现了基督的画面，信徒们异常惊奇，好像基督来到了他们中间。大家你看看我，我看看你，不知道是怎么回事儿。有的人就说，这是传教士使用的幻术魔法。于是，人们就把带有灯（实际上是点的蜡烛）的箱形机器叫做“幻灯”，也有的称为“魔灯”。

这种幻灯机，最初是在传教士保密的情况下在传教中使用的，人们觉得它很新奇，并不知道为什么能映出画来。不久，一般人也知道了其中的奥秘，便开始将它用于普通讲课、讲演，有的还将它作为家庭玩具。不过，这时的幻灯机光源已从蜡烛变成煤油灯，不久变为汽灯，后来又改用电灯。这样，放映出的画面比以前明亮多了。但是，人们为了进一步提高画面亮度，又在光源的后面安装了凹面反射镜，将光线集聚起来，像探照灯的强光那样。在光源增大后，机箱的温度也随之升高，有发生火灾的危险。因此，又将木箱

改为铁箱，还改进了冷却用的排气装置。

幻灯机开始用的是手工画的幻灯片。从 19 世纪中叶起，随着照相术的发展，人们已能在玻璃板上照相制版。因此，使用照相版的幻灯机便随之流行起来。

测谎器的使用

从很早的时候起，人们为了辨别一个人讲的话是真还是假，就想出了一些特殊的办法。比如，阿拉伯半岛的贝督因人在判定两个说法互相矛盾的证人谁真谁假时，就让他们用舌头舔一块烧红的铁，并认为舌头被烧伤了的就是撒谎的人。在古代的英国，如果受审的人不能吞下用面包和乳酪做成的“试验片”，他就是有罪的。据说这种作法的根据是：撒谎的人会由于恐惧而产生一种特殊的生理反应，如喉部的肌肉收缩，因而吞东西困难；抑制唾液分泌，因而使口腔和舌头极为干燥等。人们认为，如果能准确地测出这些变化，不仅可以判明一个人是无辜的还是犯罪的，而且还能估计出他讲的话有多少是事实，多少是谎话。

最早出现的科学测谎仪器是意大利犯罪学家朗布罗索在 1895 年发明的。这种方法的依据是脉搏次数和血压的增加。1914 年，贝努西对测谎方法作了进一步研究，他把嫌疑犯的呼吸次数当成有罪或无罪的另一个证据。3 年之后，马斯顿利用心脏收缩的血压进行了研究。1921 年，美国拉森用多种波动描记器来记录若干种人体反应。这种仪器利用血压、脉率和呼吸次数来测谎。1935 年，芝加哥犯罪探测科学实验室的基勒，用一种多种波动描记器在法庭上进行了首次测试，结果发现有两个被告是有罪的。

测谎器的基本原理，是企图通过人们在犯罪和恐惧时产生的生理反应，如唾液分泌、心率、呼吸、体表温度这些在自主神经系统控制下的变化，来测定其感情的反应。被测的人可以通过手铐和称为呼吸描记器的软管子联到电流记录器上，也可以联到其他的灵敏装置上，通过这些装置把波动记录在由一台微型的同步电动机带动的记录纸上。最重要的是被测的人要背向仪器比较自然地坐着，以防止生物反馈。

晶体管的诞生

晶体管是在人们对半导体材料进行深入研究的基础上发明的。半导体材料是导电性介于金属和绝缘体之间的材料，一般是固体，比如锗和硅等。半导体中杂质的含量和外界条件（如温度和光照）的改变会引起导电性能发生很大变化。半导体材料之间，或者半导体和某些金属材料之间相接触的地方，具有单向导电的性能，和二极管的性能相像。

1928 年，有人提议用半导体材料制作和电子管功能差不多的晶体管。但一方面由于当时还缺少研究半导体电子特性的固体物理学知识；另一方面由于按温度、压力、化学组成等宏观概念产生的半导体材料在微观结构上是混乱的，没有规律，它的电子性能具有很大的偶然性，因此晶体管没有研制成功。

随着研究分子、原子和电子状态的固体物理学的发展，随着晶体生长理论和生长技术的发展，高纯度的晶体锗生产出来了，这就给晶体管的研制创

造了条件。

美国贝尔研究所的巴丁、肖克利、布拉顿等人合作研制成功了晶体管。巴丁原是大学教授，担任贝尔研究所所长，研究半导体理论，1947年他提出关于结晶表面的理论。布拉顿是实验物理学家，他对半导体表面进行实验研究，发展了半导体单晶的精制、成长等有关技术。巴丁和布拉顿两人，一个是理论家，一个是实验大师。1948年他们合作研制成功第一个点接触型晶体管。肖克利从1936年开始进行关于固体物理学、金属学、电子学等基础理论研究。从1945年起在贝尔研究所从事半导体理论研究，1949年他提出了P—N结理论（关于晶体中由于掺入杂质的不同所形成的P型和N型两种导电类型区域的理论）。不久，贝尔研究所研制成功第一个结型晶体三级管。由于研制成功晶体管，他们三人获得1956年诺贝尔物理奖。

晶体管最初采用锗晶体做原料，后来由于硅的提纯和加工技术的发展，硅晶体比锗晶体的性能优越得多，因此硅晶体管取代了锗晶体管。晶体管具有小型、重量轻、性能可靠、省电等优点，到50年代末和60年代初，晶体管逐渐代替了电子管。

助听器

历史上最大的助听器，无疑是伦敦赖因公司于1819年为葡萄牙国王约翰六世研制的助听器。朝臣们跪着向空心扶手端部的狮子嘴巴说话，声音进入共鸣箱，再通过一根管子进入国王的耳中。现在已有小到五分之一英两重的助听器。

最初，人们把手握成杯状置于耳后以增大对声音的接收面积，就像狗竖起耳朵一样。动物角也许是最早的助听器。后来，在椅子和椅子之间安上管子来传送声音，防止其消散。维多利亚女王时代的人们曾生产出各种假茶壶和假花瓶，其中有一定的积水面积，以便通过管子把讲的话传给耳聋的客人。但是，耳聋的人希望有能够戴的助听器。于是发明家为聋子发明了助听帽、助听手杖和安在胡子下面的接收器，所有这些助听器都有管子通向耳朵。他们还还为耳聋的妻子制出羽毛助听帽，将接收器伪装成冕状头饰、扇子和可收口的女用网格拎包。对于那些不那么害羞的人来说，还有雕花的银助听器。另外的一种办法是用牙咬着的弧形扇，扇子收集的声音通过扇骨传进耳中。

当贝尔努力发明一种助听器时，他发明了电话，促进了科学的发展。电话的原理可用来研制助听器。炭精传声器将声音变成电压，电压被放大，然后再转变成声音。但是电池是个麻烦问题。1923年，马可尼公司研制出了电子管控制的助听器，它是装在一个重16磅的盖子里的。在本世纪30年代，电子管的小型化，使电子助听器可以做得像盒式照相机那么大，重4磅。这样大的助听器能戴吗？还大了一点。

宣称研制出了第一个重两磅半，真正能戴的电子助听器的人，是埃德温·史蒂文斯，他在1935年研制成功了声音放大器。

发明电视机

19世纪中叶，贝尔已经发明了电话。几十年后，电话已在世界上普及。好幻想的人又联想：“既能把声音传到远方，能不能把图像传到远处呢？”

那还是在 1873 年，有一位叫史密斯的电气工程师，在工作中发现了一个怪现象。他看到不导电的“硒”遇见阳光能像电池一样产生出电来！当遮住射向硒的光线时，电也没有了。当时，人们只知道电池和发电机才能发电，可谁也没看到过光能发电！

史密斯在报纸上发表了这一重大发现，引起了一些敏感的科学家的注意。其中有一位叫肯阿里的美国工程师在两块金属板中间夹上硒做成一个特殊装置。将它放在阳光下，果然从金属板上得到微弱电流，作用简直跟当时已普及的电池一样。于是肯阿里称它们为“光电池”，它能把光变成电。不过这电流太小了，一时还派不上什么用场。

光电池在强光照射下产生强电流，在弱光照射下产生弱电流。多么像贝尔发明的能随声音的大小而使电流变化的电话啊！于是肯阿里联想到：既然电话能传送声音，光电池能不能传送图画呢？

我们如把报纸上的照片放在显微镜下观察，可以发现图画是由无数黑白相间的点排列而成，有些地方稀一些，有些地方密一些。所以一张黑白照片，实际上可看成黑点和白点的组合，构成不同的明暗和色调。我们可以把图像分解成许多小单元，这些小单元被称为“像素”，每个像素发出的光强弱不一。

肯阿里把报上发表的照片用黑白小点组成图；同时又把许多硒的小颗粒密集地排列在一块板上，另外还做了一个用小灯泡密集排列的装置。每个小点和小灯之间一个对着一个用电线连接起来。他设想：黑白小点组成的图放在硒板前用灯光照射，由于硒对光的感应，黑点的地方接受的光比较弱，与之相连的硒粒发出弱的电流；而白点的地方则发出强的电流，这样硒粒产生的强弱电流通过电线传到装置上的各个小灯。他认为一幅由明暗灯光组成的图画就会出现。

设计原理是对的，但实际上根本实现不了。硒产生的电流那么小，又怎能使电灯发光呢？再说一张底片分割成无数小部分，又要一对对地用几万根甚至更多的导线联接起来，在技术上也做不到。

10 年后，波兰人尼布可也用类似想法做着新的实验。他把密布小孔的网板，在景物前旋转，使光从小孔中通过，当光射到硒粒上，随着光的强弱而产生不同大小的电流，这电流随着电线传到远处，使在远处连接的许多小灯发光。尼布可用同样的一个布满极密小孔的网板以同样的速度在发光的小灯泡前旋转。小灯泡发出的光通过网板小孔射到白纸上，一幅和发送部分一样的图和景或许就被放映出来。

尼布可连续干了 3 年，终因光电池产生的电流太弱而遭到失败。难道传播活动图像就真不能实现吗？

1912 年，德国人耶斯塔和盖特发明了“光电管”。光电管能根据光的强度转换成不同强度的电流信号，比之于光电池，光电管的效能大多了。而后，美国的福雷斯特发明了三极管，三极管能把微弱信号放大许多倍。这样原来因电流太弱而不可能实现的传送活动图画的目标有了实现的可能。

科学研究工作就如搭积木一样。你垒一块，我垒一块，就这样一幢美丽的大厦在他们的共同努力下，一天高似一天……

首先使电视发送和接收成为现实的是一个英国人——贝德。

贝德于 1888 年生于苏格兰。从小就有着丰富的想象力，成年后是一个出色的工程师。当时很多著名的科学家都在为发送和接收图像作着努力，但谁

也没成功。贝德也投入了这场试图传播图像的比赛。贝德想：既然无线电波能够实现远距离发送和接收，那么发送图像也应该是可能的。

贝德的设想是将一束光照射到照片上，并移动光束照遍照片的各个部位并反射到硒板上。那么硒板上的感光便会随着图像的明暗变化而产生各种强度不同的电流。这一过程称为图像的“扫描”。然后电流便被输送给发射机，由发射机用无线电波发射出去。再由接收机接收，并把电波转换成明暗不同的图像。但这样的图像是静止的，而电视需要的却是活动图像。那么怎样才能得到活动图像呢？我们知道电影实际上也是一幅一幅的静止的图像，但是一张紧接一张，速度极快使人感觉不到图像之间有任何间隔，因而看到的是一个活动的完整画面。电视也采用了这一方法，但要复杂得多。没有实验经费，只好从废物堆里觅来种种代用品。失败接踵而来，长期的饥饿劳累，使他贫病交加。为了给他的发明寻找经济上的支持者，他想通过报纸宣传他的发明。然而当时的报业老板，既听不懂贝德的理论，又嫌他穿得如此破旧，将他视为疯子。在几次拒绝了贝德的请求之后，干脆吩咐门卫，不准这个“疯子”进门。

百折不挠的贝德并没放弃自己的理想，他在自己的卧室中坚持着试验。他克服了许多难以想象的困难，连续经过几年的努力，终于获得了成功。

1925年10月2日，贝德在室内安了个新装置，他拨动电钮，一下子图像清晰地显现出来了！他兴奋得一跃而起，冲进楼下商店拉来一个小伙计，几分钟后，“魔镜”里见到了小伙的脸——这是电视播送的第一张脸。

1931年，贝德在大剧院进行公开电视试验。他选择了转播赛马比赛。这也是电视历史上首次的“实况转播”吧！

赛马是当时英国人最喜爱的娱乐活动。当人们在距赛马场23公里的伦敦大剧场里亲眼看到赛马场上的精彩表演时，都情绪激昂地站立起来。连续不断的鼓掌使贝德一次又一次地向观众鞠躬致谢。电视发送和接收成功了。

贝德创造的电视在今天看来显得有点原始，放映出的图像模糊不清。原因是贝德采用了机械扫描方式。

1929年，俄国的罗辛教授提出利用阴极射线管的电子扫描方式。用阴极射线射出的电子光束在荧光屏上“描绘”画面。电子枪发射一束聚焦了的极细的电子束依一定顺序一行行地依次打在屏上，我们看到的电视就是电子扫描高速地重复不断地进行所产生的结果。

从原理到实施又要克服许多技术上的困难，这一任务又落在移居美国的俄国博士兹窝利金身上。他开始在美国西屋电器公司实验室工作。1928年他发明制造了用于传送电视影像的光电管——光电摄像管。他和另一发明电视显像管的美国工程师范斯瓦斯合作，实现了以电子扫描方式的电视发送和传播。

1935年，为了公开试验兹窝利金博士的电视研究，在美国最高建筑物纽约帝国大厦设立了电视台。

1936年，电视台成功地把电视节目送到70公里以外的地方。后因为第二次世界大战，试验中断。直到战后的1946年，美国人罗斯·威玛发明了高灵敏度的摄像管，日本人八木教授又解决了家用电视机的接收天线的问题，一些发达国家相继建立超短波转播站，终于使电视迅速普及开来。

今日电视技术的发展日新月异，人们根据不同需要制出各式各样的电视。商店里供应的电视机琳琅满目，有的屏幕大到54英寸、有的却只有一本

连环画那么大小，可供旅游时随身携带，还有可像画一样悬挂在墙上的薄电视……

在车站、广场、体育场所中则矗立起“顶天立地”的超大屏幕电视；却也有小到可带在手腕上的手表型超微型电视机。

现代新电视视角都很大，你从屏前哪个角度都能看清楚画面。

还制出了可同时播放六个小画面、一个大画面的电视。你觉着哪个精彩，只需一按电钮，在屏幕上就能映出你喜爱的那个频道画面。真是美不胜收啊！

电视不仅丰富了人们的文化生活，而且广泛用于数学、工业生产、军事国防等各个方面。电视已经成为人们生活中不可缺少的一部分。

五彩缤纷的灯

白炽灯的改进

1882年初春，第一批实用的白炽灯终于问世了，它给千家万户带来了光明和欢乐。白炽灯是爱迪生对人类最辉煌的贡献之一。

但爱迪生发明的白炽灯也有缺点，就是使用寿命较短，这是因为他用的灯丝是炭化竹丝，容易氧化而烧断。

有没有更好的材料可作灯丝呢？科学家们又开始进行新的试验。1910年，美国通用电气公司的克利基用钨丝代替炭化竹丝作灯丝，发现使用寿命大大提高，可用上千小时，这样就发明了钨丝白炽灯。钨丝不仅能耐高温，而且亮度大大提高，因此很受大众的欢迎。通用电气公司立即申请了钨丝灯泡的专利，并将其命名为“玛兹”（玛兹是希腊神话中的神），从1910年开始向全世界出售。这种钨丝白炽灯从那时起直到现在一直兢兢业业地为人类服务。

但是，新的问题又出现了，钨丝灯泡也有缺点，因为金属钨达到一定高温就开始蒸发，从而使玻璃泡变黑，影响了亮度。

为了解决这个问题，通用电气公司的另一位研究人员兰得米阿想出一个新办法。他不使电灯的玻璃泡成为真空，而是在抽净空气后，给灯泡充以与钨不发生化学反应的惰性气体，如氮气和氩气等，这样就可抑制钨的蒸发，效果很好，很快又申请了专利，并于1913年开始生产这种充气灯泡。

此后，有一位名叫弗里德里奇的美国人，尝试向灯泡里充进碘、溴等卤族元素。这类元素有一种本领，能够把蒸发到灯泡壁上的钨（充了惰性气体后钨仍要蒸发，不过比较慢而已）重新“揪”回来，送回到钨丝上。这样不仅提高了白炽灯的发光效率，还延长了白炽灯的使用寿命。1959年第一盏卤钨灯造出了，从而揭开了白炽灯发展史上新的一页。

荧光灯的诞生

白炽灯较之以前的蜡烛、煤油灯当然具有无法比拟的优点，但人们并不满足，因为它还有很大的缺点。这种电灯是利用电流流过灯丝产生高热来发光的，在由热转换为光的过程中，热量有很大的浪费。如果说原始的灯，是灯与火不能分开；那么白炽灯则是灯与热难分难舍。科学家们想：能不能把热与光分开呢？

1902年，美国的休伊特研制成功了水银灯。水银灯是在真空的玻璃管中注入少许的水银蒸气，在灯管的两端引出两个电极，加上电压后，使玻璃管中产生放电电弧而发光。由于它是靠气体的激发而发光的，所以也叫做气体

放电灯。水银灯发出的光极强，光谱也接近太阳光。它的强光，适合于电影的拍摄，一些摄影棚往往都用水银灯照明。

但水银灯也有缺点，就是有很强的紫外线，在室内长期使用会影响人的身体健康，特别是损害人的视力。于是人们又开始考虑，有没有办法不使其产生紫外线呢？

经过种种试验和摸索，终于找到一种荧光物质，如用光线照射它，它也会发光，而所发出的光线的波长比照射它的光线的波长要长。紫外线波长比一般可见光线的波长要短。这样一来，如果使用紫外线照射荧光物质，那么荧光物质所发出的光线，其波长就比紫外线的波长要长，即不再是紫外线了。如果在水银灯玻璃管内壁涂上荧光物质，那么水银灯发射的损害人视力的紫外线，就会被转换成像白炽灯那样的光线了。这种灯的光色接近日光，因此通常把荧光灯称为“日光灯”，它的发光效率要比白炽灯高出好几倍，而且使用寿命也比白炽灯长，一般可达四五千小时。

霓虹灯与小太阳

既然水银蒸气通电后能发光，那么其他的气体行不行呢？科学家们进行了各种试验，在抽空的玻璃管内充以各种气体，然后加上电压，看看有什么结果？结果发现：充氮气的会发黄色光，充氢气的会发粉红色的光，充二氧化碳的会发白色的光，充氙气的会发淡紫色的光，充氖气的会发桔红色的光，若将氖气与水银蒸气混合，则会发绿色的光，啊！这不是五彩缤纷的霓虹灯吗？是的，热闹的海上海南京路、淮海路的商业街上装饰着的各种鲜艳夺目的装饰灯，正是这种充了各种不同气体的霓虹灯。

气体放电灯还有很多：若充以钠蒸气，则加电压后的钠蒸气会激发出强烈的黄光，它的发光效率很高，用作街道照明非常适合。你不妨留意一下，一些都市街道的照明灯现在差不多改成发黄光的钠灯。由于它发出的荧光穿透浓雾的能力强，所以也是船舰信号，港口、机场上的好光源。

若在玻璃管里充以氙气，则发出的光同太阳光几乎接近，不仅光色好，且光效高，光强大，故又称为“小太阳”，可以用于广场大面积的照明。一些体育场地的照明多用它。在场地的四周安装上几十盏“小太阳”，就如同白昼，因此即使在夜晚，照样可以进行足球比赛。据测算，一盏5万千瓦的氙灯所发出的光相当于1000盏100瓦的日光灯，或者相当于90盏400瓦的高压汞灯。

未来的光源

自从爱迪生发明白炽灯以来的百余年中，如上所述各种光源真是层出不穷，五花八门。但不管如何变化，都需电源，未来的灯又应是怎样的呢？

现在有一种称为“原子灯”的已初露头角，这种灯不需电源，也不需外加燃料，却能自动发光，寿命可达几十年，真可谓是“长命灯”了。

前面说过，荧光物质要能发光，必须要有其他光源照射，否则它就黯然失色了。怎样能使荧光长久不衰呢？人们发现有些放射性同位素在不断衰变的过程中，会发射出具有很大动能的射线，它能使荧光物质发光。如果把这种放射物质与荧光物质放在一起，利用放射性物质产生的射线来激发荧光物质，不就成了“永久”发光的灯吗？于是，一种新的光源——原子灯就诞生了。

另外，有一种叫电致发光灯，它像一块熠熠生辉的发光板；一种叫半导体灯，其实是一个发光二极管，它能直接把电能变成光能，使固体材料发光，

很有发展前途；还有一种化学发光灯，它利用物质的化学反应发出冷光，如同萤火虫一样，发光效率极高，前景十分美好。

也许在不久的将来，这些新型光源就会出现在你的居室和书桌上，在你的口袋里也许会放上一个只有指头大小的原子灯手电筒呢！

发明真空三极管

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。

被告人是一个面容憔悴的青年，名字叫福雷斯特。法官戴着庄严的黑礼帽，用手高高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”四处行骗。而这个青年竭力辩解说，这个玻璃泡是他的新发明，它可以把远在大西洋彼岸传来的微弱的电磁波加以放大。

这场官司持续的时间不长，却闹得满城风雨。无知的法官、好事的记者，谁都不会想到这个“莫名其妙的玩意儿”竟是本世纪的伟大发明之一，那个被告的青年后来竟会成为闻名世界的电子管发明家。

福雷斯特于1873年8月出生在美国的伊利诺斯州。他的父亲是位教师，曾经是一所黑人学校的校长。由于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。福雷斯特一家常受人家冷遇与白眼，其父生性刚直，不让他与其他白人孩子一起玩。因此，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。他回忆起自己的童年时代曾说：“我上学的时候老被人当做‘蠢孩子’看待。那时，我虽然读了不少书，但对于实际的事情，一点也不懂。”

到了中学时代，他也没有显露出多少才华。用他自己的话说，是“学识既不丰富，也不善交际，而且文笔和口才又都那么笨拙。”总之，他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，是当个机械技师。

1896年，福雷斯特大学毕业。正在这时，马可尼在英国成功地进行无线电表演的消息传到了欧美大陆。有一天，福雷斯特从杂志上读到一篇介绍马可尼的文章，并附有马可尼的照片。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。这篇文章给了福雷斯特很大的启发，他决定改变方向，研究无线电。

1899年深秋，在美国举行盛大的国际快艇比赛。马可尼应邀来到美国，用他的无线电装置报道比赛实况。他在一艘船上，5小时内向海岸无线电站拍发了4000多字的消息，消息再从陆上电台用电报线传给《纽约先驱论坛报》，能这样迅速及时的报道，尚属首次，令美国的新闻记者们惊叹不止。

马可尼在纽约期间，为了满足观众的好奇，又在岸上作了一次表演。福雷斯特早就盼望能亲眼看看马可尼的表演，所以闻讯后，天不亮就跑到码头上来等候了。等马可尼表演结束，福雷斯特拼命挤到前面，在收报机前面停下来，看了又看。他的不同寻常的神态引起了马可尼的注意，使福雷斯特有幸与马可尼相识。他就向马可尼请教无线电技术中的一些难题，马可尼都向他作了解答。他还谈起自己研究了几年都一无所获的苦恼，马可尼鼓励他说，也许是没有找到适当的研究课题。马可尼介绍自己的工作，正在努力提高接收机的灵敏度，其关键是革新现在用的金属屑检波器。但究竟应该怎么改，马可尼也没有成熟的意见。

总之，马可尼的这一席话给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，福雷斯特兴奋地想着：说不定我能够完成这个使命。

这次观摩与谈话，对他后来的发明产生了深远的影响。

就在马可尼离开美国不到两个月，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。由于辞去了工作，没有了正常的收入来源，他的生活很困难，他只好节衣缩食，买一些最简陋的器材做检测电波的试验。为了维持生活，他白天常常去给富家子弟补习功课，有时到饭店去洗碗、扫地。一到夜里，他就沉浸在发明创造的乐趣之中。

福雷斯特在坎坷的道路上探索了1年，但收获甚微，他的各种试验都失败了。可是，他并不灰心，继续进行试验。

1900年一个隆冬的寒夜，福雷斯特又在灯下进行新的实验，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，就构成了他的发射机。当他按动电键时，线圈就接通电源，发出火花，辐射出电磁波信号。在靠近他的另一端，有一个同电流计相连的金属屑检波器，就成了接收机。检波器里的金属屑，他已经换过好几种，但效果都不理想。

此时福雷斯特一面接着电键，一面观察检波器的反应，他突然注意到头顶上的灯光一明一暗地在闪烁。开始，他以为是窗外刮风引起的。但再仔细观察，发现灯光明暗变化却很有节奏，而且与电键开关有关，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，火焰立即变亮。

福雷斯特两眼盯着煤气灯，反复按着电键，观察火焰的变化，突然一个念头闪过：能不能利用这个现象来搞无线电检波呢？

经过3年的不断试验，他终于发明了一种“气体检波器”，并于1903年在舰船无线电通信中试用，获得了相当的成功。但是，用火焰来检测无线电波的方法虽然新奇，却并非上策，因为要在每台接收机里装上火焰装置，用起来显然很不方便，而且检测效率也不高。后来，福雷斯特放弃了这个方法。

虽然火焰检波的方法被放弃，但却成了福雷斯特通向成功的桥梁。他从火焰检波中得到启发，由此联想到：既然炽热的火焰能受电磁波影响，那么，炽热的灯丝是否也会有影响呢？因此他想到用“灯泡”来检测电磁波，由此找到了打开通向真理大门的金钥匙。

正当福雷斯特研究用真空管检波的时候，有个朋友带给他意外的消息：英国的弗莱明博士发明了真空二极管！他急不可待地把刊登发明真空二极管消息的杂志找来阅读，这使他十分激动与羡慕。弗莱明的二极管同金属屑检波器比起来，确实前进了一大步，但只能做检波用，不能放大。福雷斯特看到了这点，他想试一试，打算再改进一下。

于是他找到了一个灯泡厂技师帮忙，制作了几个真空管。其灯丝用白金丝，在灯丝附近又装了块金属屏。他把真空管装在无线电接收机上，代替老式的金属屑检波器，果然效果很好。然后他又在电子管里封进了第三个电极，这是一片不大的锡箔，位置在灯丝与屏极之间，初看起来，并无特殊之处，但是，正是这个不显眼的小电极，改变了无线电世界的面貌。他惊异地发现：在第三极上施加一个不大的信号，就可改变屏极电流的大小，而且变化规律

同所加的信号一致。他马上意识到，这表明第三个电极对屏极电流有控制作用。这个发现非同寻常，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，而这正是许多发明家梦寐以求的目标。

但他并不急于公开他的发明，而是沉住气，毫不声张地继续进行试验。为了提高控制的灵敏度，他多次改变小锡箔在两极之间的位置，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，就这样世界上第一个真空三极管诞生了！由于控制极的形状像网栅，福雷斯特就把它称为“栅极”。它像一个非常非常灵敏的控制闸，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大了许多倍。

像科技史上的许多发明一样，真空三极管获得社会承认，也经历了许多曲折。

福雷斯特发明三极管后，因没有钱进一步做试验，就只好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，穿得破破烂烂，连走两家公司，结果连大门都不让他进，因为门卫怀疑他是个行为不轨的人。

当他来到第三家公司时，也把他当做流浪汉，不准他进去。任凭他怎么解释，也无济于事。门卫甚至怀疑他是个江湖骗子，就去报告了经理。这个经理也是一个势利小人，不容分说，竟叫来了几个彪形大汉把他扭送到警察局。

几天后，法院就开庭审判，这就出现了本文开头所叙述的那个场面。福雷斯特开始被控告是“公开行骗”，接着又告他“私设电台”。但他并不畏惧，相反，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。”福雷斯特说的“空中帝国”就是指无线电；“王冠”指的是真空三极管。

经过他的申辩与斗争，他终于胜利了，法院无证据定他罪，最后宣判他无罪释放。这场官司倒使他出了名。1906年6月26日，他发明的真空三极管获得了美国专利，后人把这一天当作真空三极管的誕生日。

福雷斯特首先把三极管用在无线电接收屏极检波电路中，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。开始时由于真空度不够，管子寿命不长。到了1910年，德国科学家发明了分子泵，可以把三极管的真空度抽得很高，使用寿命大大提高，因此三极管很快大批量生产，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。

总之，三极管使无线电发生了根本的变革，日本的一位科技传记作家指出：“真空三极管的发明，像升起了一颗信号弹，使全世界科学家都争先恐后地朝这个方向去研究。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。

真空电子管的出现是电子科学技术史上一件划时代的大事，它不仅推动了无线电技术的迅猛发展，并奠定了近代电子工业的基础。正是有了电子管，在短短的20年里，远程无线电通信、无线电话、收音机、广播、电视、高频加热炉等才像雨后春笋般涌现出来，世界上第一台电子计算机也才能够制造出来。

印刷电路的发明

1944年，当第二次世界大战进入最后决战阶段的时候，德国法西斯为了作垂死挣扎，集中了400枚V—飞机式的导弹，向英国伦敦发动了第二次闪电战，妄图把伦敦城一举炸平。在这危急关头，盟军用带有印刷电路无线电“近发引信”的高射炮弹奇迹般地将大多数的空袭飞机击毁，使这座欧洲名城免受了毁灭性打击，并为最后击败法西斯创造了条件。

“近发引信”是印刷电路的首次应用，它不同于“普通引信”。普通引信是依靠正确的瞄准击发，才能在适当的时刻引爆炸药；而印刷电路无线电近发引信只要攻击目标到达杀伤范围（在100米之内）都会引爆炸药，因此后者大大提高了高射炮弹的命中率。

近发引信在实战中所创的佳绩，说明了印刷电路的优越性，以致美国当局在1948年下令所有机载设备必须采用印刷电路。

印刷电路这一重大发明是由保罗·艾斯勒发明创造的。但遗憾的是正像其他许多发明一样，一开始并未受到重视。1936年，满怀信心和希望的艾斯勒向普列赛公司展示了他精心制作的一个小型印刷电路收音机，但该公司的领导人不知是因为思想保守还是一时糊涂，竟然没有预见到印刷电路具有增强可靠性、生产简单、能使产品小型化以及能开创新产品和市场等优点，相反却嘲笑艾斯勒的发明是“妇人之见”。这次遭遇使艾斯勒深受打击，他不得不转入其他的创造研究活动。

然而，他并未失去信心，在第二次世界大战爆发后，艾斯勒又回到他的印刷电路的研究中。他坚信这一发明将有助于打败希特勒德国法西斯。也许是天遂人愿，一个偶然的时机，一位美国军事人员发现了他的印刷电路，并很快地将这一成果报告了在华盛顿的美国标准局。经认真研究后，美国标准局决定将它应用到近发引信上。这样，这匹“千里马”终于遇上了“伯乐”，艾斯勒的发明有了用武之地。

艾斯勒生于1930年，23岁那年毕业于维也纳工学院，毕业后成为了一名电子工程师。不幸的是，受排犹（犹太人）分子的迫害，他在奥地利无法找到工作，只好辗转来到南斯拉夫贝尔格莱德的HMV公司，从事铁路无线电接收和声音传送的抗干扰设备的研究开发工作。

但由于经济困难，该公司又不得不中止了由该公司生产这种设备的合同，HMV公司付完费用之后，就中断了与艾斯勒的谈判，于是艾斯勒又一次丢掉了饭碗。

艾斯勒只好又回到维也纳，在一家无线电周刊杂志当帮工，从此开始学习印刷技术，后来又得到了一份编辑职务的工作。在这个过程中，他熟悉了有关印刷制版方面的知识，为他以后发明印刷电路打下了基础。

1934年，奥地利法西斯上台后，艾斯勒意识到不可能再继续留在奥地利，就打算前往美国或英国，可是在这两个国家并无朋友可提供帮助。于是他灵机一动，以他已有的两项专利发明——自动录音和立体电视，作为资本，得到了访问英国的邀请和签证。

到了英国后，马可尼公司以250英镑买下他的立体电视的专利权。几个月，这笔微薄的资金已所剩无几了，陷入贫困境地的艾斯勒并不放弃他的创造工作。虽然他生活在一间狭小的房间里，会影响到他的实验工作，好在电

子领域的工具和仪器都不庞大，而且价格较低廉。他的研究可以不受这些条件的限制。艾斯勒把全部精力都投入到电子线路板的研制中。他将自己在印刷工作中学到的技术，与他的电子学知识结合起来，将原来用导线连接电子元件（如电阻、电容、电感、开关等元件）改为印制在绝缘板上的电路，使线路结构紧凑合理、质量得到保证。

在试制中碰到问题，他就经常去大英博物馆阅览室查阅资料，充实自己的印刷知识。经过反复试验，终于完成了印刷电路的发明。

录像机的发明

录像机在 1959 年之前还鲜为人知，直到 1959 年，美国总统尼克松访苏（现改为独联体），在美苏两国首脑会谈时，尼克松与当时苏联共产党第一书记赫鲁晓夫之间进行了一场著名的“厨房辩论”。美国的技术人员在对方不知不觉的情况下对这个唇枪舌剑的场面作了世界上第一个新闻录像。几分钟之后，当赫鲁晓夫看到重放的录像时不禁大吃一惊。

那录像磁带随即被装入手提箱飞运回美国，并用电视迅速向全国播放，尼克松和赫鲁晓夫成了世界上最早的两位录像明星。从此以后，录像机引起了公众的兴趣和注意。

当电视机诞生以后，人们就萌生了把电视信号记录下来以便以后重放的念头，犹如录音机把声音记录下来以便日后重放一样。1928 年 10 月一个叫芬奇·巴耶特的英国人申请了唱片式录像的专利，并生产了试用唱片，于 30 年代中公开销售过，那时的售价相当于 35 便士。制作时，巴耶特先把 30 线的扫描图像通过特殊的机构转变为间频信号，然后像制作唱片一样，在录像唱片上刻出螺旋沟槽。这种录像唱片必须跟电视机和电唱机（包括拾音设备）一起才能使用。

正当人们对巴耶特的系统感到新奇的时候，旅居英国的俄国科学家日乔鲁夫提出了以电磁方式记录电视信号方式。1927 年 1 月，他设想利用已由波兰人波尔逊发明的钢丝录音技术不仅可以记录声音，而且还记录图像。尽管日乔鲁夫得到英国授予的有关这种设想的专利，但没有付诸实施。由于他无力支付一年一度的专利年费，因此他的专利权不久也终止了。

机械式的录像唱片，只能记录 30 线的扫描图像，但以 1936 年黑白电视机的线数已发展到 405 线，以后彩色电视更发展到 625 线，这对机械式录像法是致命打击，因为用机械方式的扫描无法达到这么快的速度。

人们设法用电子扫描的办法制造电视录像设备。在 50 年代中期，英国广播公司制成了电子录像机，它有两个大磁带盘，磁带以每秒 5 米的惊人速度通过一个静止的录像磁头。尽管可以现场重放，但显得十分笨拙与不实用，因此在做成功之前就已经过时了。不久它就出现在伦敦街头的电子处理品商摊上，以零件出售，从而结束了它的生命。

1956 年 4 月，美国的安潘克斯在国家广播协会的内部展出了第一台实验性的磁带录像机，它在技术上有新的突破。磁带宽 50 毫米，走带速度减慢为每秒 39.7 厘米，磁带通过一个带有四个磁头的磁鼓，该鼓形盘每秒的转速为 250 转，使四个磁头都能斜向扫描磁带整个宽度，留下一系列磁迹。这里使用的是调频录像而不是早先的调幅录像法。安潘克斯公司的第一台录像机价值 7.5 万美元，体积比一辆小汽车还大。

录像机是家用电器中结构最精密、最复杂的。例如，在装配录像机的“心脏”，即鼓形盘时，其误差不能超过一根头发丝的宽度。现在的磁带录像机，机内共有 2500 个分立元件，5500 多个接线端，其中包括 30 块集成电路，整个机器所用的元件相当于 4 万个晶体管。如果不用集成电路的话，需要 4 平方米的普通印刷线路板才行。相比之下，彩色电视机就简单多了，它只有 350 个组件。在录放彩色电视节目的时候，如果走带速度以每秒 2 厘米计，它的信息量就相当于 200 台录音机或者 1000 部电话同时工作时的总信息量。难怪有人把录像机称为“家庭中最复杂的机器”。

静电复印机的出现

前不久，曾报导国外有人用复印机复印美元。若不用机器鉴别，一般人根本无法识别真假，真可谓达到了乱真的地步。

今日世界上，复印一些重要的参考资料、文件、证件已是十分平常的事，复印机是当今办公现代化的标志。只要将文件在复印机上滚一下，几秒钟，就能得到与原件一模一样的复印件，既迅速又方便。这样美妙的机器是谁发明的呢？它的原理又是什么？为此先讲一个民间流传下来的故事。

民间流传着这样一个故事。

在历史上楚汉之争中，百战百胜的楚霸王项羽却在垓下一战中遭刘邦军队伏击而几乎全军覆灭。他带着几个剩下的亲信杀出重重包围而逃至乌江边。项羽凭借着盖世无双的武艺，还妄图重整旗鼓，卷土重来。他正骑着马在想着，忽然发现乌江边矗立着一座石碑。石碑上赫然写着“霸王自刎乌江”六个大字，项羽一惊！转而一想，该又是刘邦军队所刻吧！不料，仔细一看，字迹竟是无数蚂蚁组成。这位勇猛有余而智谋不足的霸王见此非雕刻所为而是蚂蚁爬出的字迹，竟不作多想，认为这是上天的意志。于是长叹一声，拔剑自刎了。

蚂蚁怎么会写字呢？其实这正是汉高祖刘邦的诡计，他派人用蜂蜜在石碑上涂了这个六个字，蚂蚁嗅到蜂蜜味，纷纷爬来吸吮，于是爬满了涂蜜的地方，呈现出这六个醒目且要命的大字。

讲述这个小故事，是为了搞清静电复印的原理。复印机主要部件是硒鼓。该鼓上涂抹的硒能在黑暗中留住电荷，一遇光又能放走电荷。将要复印的字迹、符号、图表等通过光照到硒鼓上，就能将这些内容如同在石碑上先涂上蜂蜜一样“写”在硒鼓上。受光照而又无字的部分放走了电荷，有字的部分留住了正电荷。当然“蚂蚁”不爬上还是看不见这些字的。那“蚂蚁”又是谁呢？是墨粉，我们设法让带负电的墨粉吸到硒鼓的有字部分上。硒鼓转动时，让带正电的白纸通过，墨粉被吸到纸上，经过高温或红外线照射，让它融化，渗入纸中。这样便形成牢固、持久的字迹和图表。

50 年前，有位美国工程师切斯特·卡尔森。他发现常需要多份同样的信函、公文送交各个部门，让秘书抄写、打字、易出差错，份数一多又耽误了工作。这种不便与麻烦使他感到要创造一种新机器来改变这种被动局面。卡尔森潜心研究，经过长时期的探索，他成功地绘制出复印机的设计图。但没有哪个企业肯帮助他进行一项他们闻所未闻的发明，卡尔森只好在自己家中的厨房和浴室里进行研究。他白天上班，晚上废寝忘食地研究制造复印机，经常搞到第二天凌晨，啃了啃冷面包又匆匆赶去上班。在最后阶段，筋疲力

尽的卡尔森只能请了一名叫奥托·科尼的助手。科尼是一个勤奋的青年，他协助卡尔森日以继夜地苦拼了三周，终于制出了第一台复印机，并完成了第一张复印图片。这张小小的仅5厘米见方的小图片印着：“Artoria 10—22—38”。这小纸片今天成了珍贵文物，它记载了一个历史日期。1938年10月22日诞生了历史上第一台复印机和印出了第一张复印图文。

从发明静电复印机到正式投放市场，卡尔森足足搞了22年。直到1949年，卡尔森所在的哈格德公司生产出了静电5复印机。哈格德公司就是今天以复印机而闻名世界的施乐公司前身。施乐公司的英文名词Xerox正是静电复印Xerography中开始的几个字母。

使复印机获得发展的是卡尔森的接班人——鲍勃·冈拉克。

按卡尔森设计并制出的第一批平板复印机是笨重的。复印一张拷贝需要花费4分钟，印制复杂的图形常常让人无法辨认。那时一些企业都宁可雇用打字的女秘书而不肯购买价格昂贵的复印机。卡尔森是施乐公司的总设计师，他当然为产品打不开销路而烦恼。

一天，他走进车间，看到有个年轻人正滔滔不绝地告诉周围工人，如何使用经他改进的一个复印装置。卡尔森一听，好聪明的设计呵！当即夸奖说：“你是一个发明家！”他亲切地问了年轻人姓名，知道他是刚进公司的大学毕业生——鲍勃·冈拉克。

卡尔森的鼓励增强了冈拉克的自信心。在此后的岁月里，冈拉克仅在静电复印机技术上就有过133项发明和改进。他作出的发明中最重要的是提高了复印速度，冈拉克从原来每4分钟印一张发展至今可以在一分钟内印上150张。冈拉克使复印机简单化。他认为“简单化是成功的关键！”冈拉克革除了复印机中不必要部分，使复印机可放在书桌上却又能印出一码宽的文件。

卡尔森年纪已大，他向董事会推荐了当时仅25岁的冈拉克。鲍勃·冈拉克替代了卡尔森，成了施乐公司的首席研究人员。

由于冈拉克的努力，施乐公司的复印机成了世界上销路最广、应用最多的复印机。施乐几乎成了复印机的代名词。

经过几代人的努力，复印机又进入了一个新时代。

现代最新科学技术成果在复印机上得到应用。集成电路块代替了复杂的晶体管线路；激光技术使复印更清晰精细；现代摄影、化学的最新技术使复印发展到几乎完美的地步。

80年代出现了全色复印机，复印出的图画与最美丽的彩色照片无异。以至出现本文前面所说难以辨别的假钞票被复制出来。

现代复印机能一次复印出世界地图；也能印制邮票那样的精致画面。现今市面上的一些假邮票就是被贩子用复印机造出的。

复印机已不仅仅是办公用具，它在生产建设、科学研究中都发挥了越来越大的作用。

电冰箱

现在，到炎热的夏天，各种冷饮琳琅满目，棒冰、雪糕、刨冰、紫雪粒……应有尽有。回到家中，打开冰箱，开瓶冰镇汽水或可乐、雪碧之类，一饮而尽，真是使人透心凉。

对于现代人来说，夏天吃根冰棍之类的事是再普通不过的事了。但是，

在古代却只有帝王贵族才有资格享受这种奢侈品。据说在 2000 年前的大罗马帝国，冬天来到的时候，皇帝命令奴隶们将高山上的冰，分割成完整的一大块一大块，运回来放到很深的地窖里，整整齐齐地排列好，藏起来。当炎热夏天来临的时候，再把冰一块一块取出来，用来冰镇酒与牛奶，或者把冰掺在酒和牛奶里，用来款待客人和嘉宾。

到了 18 世纪，欧洲发生了产业革命，许多城市人口激增，不得不到远处去运粮食与食品（如牛肉、猪肉、家禽等），为了保证粮食和食品不变质，因此提出了食品冷藏运输的问题。同时，世界各国对羊毛的需求也不断增加，而澳大利亚和新西兰的养羊业十分发达，可是，成千上万头羊身上的羊毛被剪下后，剩下的羊肉怎么办？当地人口不多，根本吃不了，而远在地球的另一面——欧洲人却十分迫切的需要它。因此，也提出了一个问题，即这些容易腐烂的食品如何作长距离运输的问题。

1626 年，有位美国的著名哲学家弗兰西斯·培根曾经作过试验，把鸡肉埋在雪里，在很长时间内都不腐败变质。之后，一些科学家也作过同样试验，从那时起人们已经知道，食物腐烂的原因是由于人眼看不见的微生物在作怪。对付它们的办法之一就是冷冻，因此用冰来冷藏食品是一个好办法。

1873 年，制成了一艘用冰致冷的冷藏船，名字叫“诺福克”号。它从澳大利亚的墨尔本运了 20 吨冻羊肉到英国伦敦，消息传开，人们纷纷前来参观，想看个究竟，冷藏船到底能不能使羊肉不变质？

待船舱打开，真使人大失所望——羊肉已经变质发臭了！原来当船从墨尔本出发，一定要跨越炎热赤道，才能抵达英国，船上的冰耐不住赤道的炎热很快化掉了，因此试图以冰作为冷藏手段的冷藏船的试验失败了。

既然利用天然冰不能达到长期致冷，人们就另辟蹊径，开始研究制造人造冰的技术。

1822 年，英国物理学家法拉第发现了这样一个现象：气态的二氧化碳、氨气、氯气在加压的情况下，会变成液体，压力减少后又会恢复气体，而在这过程中伴随着吸热与放热。不久，德国化学家林德利用这个现象制成了冷冻机。他是利用氨来制冷。先给氨加压使其液化；再使它从小孔中射出，使其立即蒸发，在蒸发的过程中会吸收大量的热量，从而使周围环境的温度下降，这样就达到致冷的目的。然后利用压缩机再把蒸发了的氨重新压缩，使之液化，又开始下一个吸热致冷的循环过程。

根据这个原理，1876 年制成了名叫“罗萨姆”号的冷藏船，船上安装了一台以氨作致冷剂的致冷机，船仓里用盐水来冷却盘管。该船在澳大利亚悉尼港下水，待羊肉刚刚装进船仓，准备起航，不料由于盐水冷却盘管漏水，冷却系统失灵。结果盐水不仅污染了羊肉，而且因天气热，羊肉很快变质，冷藏船的试验再次失败。

但是科学家们并不气馁，一方面分析原因，加以改进，另一方面继续试验。在 1879 年，终于又造了一艘名叫“斯特拉斯列文”号的冷藏船，再次从澳大利亚的悉尼港满载了 40 吨的牛羊肉向伦敦港进发。一路上跨过炎热的赤道，越过印度洋和红海，穿过苏伊士运河，经过地中海，终于在 1880 年 2 月 2 日到达伦敦港口，行程几万里，历时几个月，当打开船舱时，人们发现牛羊肉仍然冻成一块块硬梆梆的肉冰，一点没有变质。

这就是世界上第一艘可供实用的冷藏船，从此，冷藏船的运行走上了正常的轨道。

到了本世纪，美国的冷冻工业迅速发展，除了制成大型的冷藏设备外，还研究制造了小型的适合家庭使用的冷冻机，这就是电冰箱，这样一般家庭都可用来冷冻保存食品。

为了提高致冷效率，又进一步作了改进，将致冷剂改用氟利昂，这就是现在的冰箱了，其原理与林德发明的致冷机完全一样。

