

近代电磁学的奠基人法拉第

林文照

(中国社会科学院自然科学史研究所)

一、电和磁以及它们间的联系的早期探索

科学实验是人类认识自然、改造自然、推动人类社会不断向前发展的一项伟大的革命运动。马克思主义者历来高度评价科学发明的重大意义。马克思把科学首先看成是历史有力的杠杆，看成是最高意义上的革命力量。科学上每一重大发现，都对阶级斗争、生产斗争产生直接或间接的影响。某些重大的科学理论，一旦应用于生产实践上，便会产生巨大的物质力量。科学史上的许多生动事例充分地说明了这一点。在这方面，电磁学的发展，便是个有力的例证。发生于十九世纪的电磁实验，其直接结果是导致了工业上的巨大变革，产生了直到今天还在蓬勃发展的电力工业。

现在世界上正广泛地使用电。各行各业都以电为最基本的动力，从交通运输到自动控制从日常生活到宇宙航行，没有一件事可以离开电！正是由于电的发现和利用，使得人类智慧得到更大的发挥，劳动生产力得到更大的解放，使得数千年来我们祖先的许多令人神往的幻想，一个一个实现了。

然而，电磁学的发展却经过了一个漫长的历程。远在上古希腊就已发现了某些电现象和磁现象。我国古籍中也有类似的记载，所谓“顿牟（玳瑁）掇芥、磁石引鍼（针）”指的就是这类现象。在春秋战国时期，我国劳动人民还利用磁石的指极性制造一种叫做司南的指向仪器；到了十一世纪还造出指南针用于军事和航海事业上。但由于当时生产水平尚较低下，还不能对电和磁的性质作进一步的研究。后来随着生产的发展，人们对电和磁的研究也越来越多。生产力的发展，不仅向物理学界提出解答电和磁的性质的要求，而且也为科学研究提供较以往优越的实验手段。进一步地探索电和磁的性质及它们相互之间的关系，不但成为必要，而且也有了可能。

1745年凡·木申布洛克和克莱斯特各自独立地发明了莱顿瓶。1752年富兰克林做了一个很危险的实验，他在雷雨中用金属线放风筝证明天空中的雷电与莱顿瓶中的电是相同的，揭开了雷电的秘密，并从而发明了避雷针。1785年法国军事工程师库仑以实验确定了电荷的相互作用定律，随后他又确定了类似电荷作用定律的磁极相互作用定律。1799年意大利物理学家伏打发明了电池，这是一种由化学能转化为电能的装置，使人类第一次获得了可供实用的持续电流。

十八世纪和十九世纪的电磁实验，同别的科学实验一样，是一种国际性的实验。由蒸汽的使用所引起的大机器生产以来，整个欧洲对动力资源的需求日益增大，煤炭这个重要的动力，在运输和使用上的不方便，跟生产力快速发展的需要所表现出来的矛盾，越来越突出。这时人们的注意力已开始转向找寻新的动力资源。

正如我们上面所说的，人类远在二千多年前就发现电和磁都能吸引某些东西，库仑所发现的定律更定性和定量地说明了这一点。就是由于它们这种表面上的相似性，促使十八世纪末到十九世纪初为数不少的科学家去进行电和磁的实验，探讨电和磁之间的内在联系。

1820年，丹麦物理学家奥斯特用一根金属线连接伏打电池时，突然发现通电的金属线使旁边的磁针转向。

奥斯特的发现，震动了当时的物理学界，引起了他们极大的关切和注意。人们纷纷进行反复实验，必欲探索电和磁的秘密，看看电和磁到底是个什么东西，它们之间究竟有什么样的联系。

正是在这样的历史发展下，一个铁匠的儿子、钉书店的学徒，用他伟大的实验，打开了电磁学的大门，为电磁学的迅猛发展开辟了广阔的道路。这个人就是著名的物理学家和化学家、近代电磁学的奠基人迈克尔·法拉第。

二、在艰苦的条件下 如饥似渴地学习

迈克尔·法拉第(Michael Faraday) 1791年9月22日生于英国的一个铁匠家庭里。他父亲时常有病,不能做工,家境十分贫寒。1801年,法拉第才十岁,他家就求助于社会救济,可是这又能解决什么问题?每星期只领到一个面包。当他十二岁时,就上街替人卖报,十三岁便走出家门,到一个钉书店去当学徒,一直当了八年。

从小就没有上学机会的法拉第,却酷爱学习。在他当钉书店学徒的时间里,时常利用钉书的余暇来读书。他如饥似渴地读了很多化学、物理学方面的书,读了以后,还照书中所讲的做了实验,以便增加知识和训练实验技能。虽然收入菲微,可他还能尽量节俭,买些简单的化学仪器如玻璃器皿之类,废寝忘食地进行实验。接着他又把前人有关电方面的论述搜集起来,进行系统的研究。很快地,法拉第就把前人的成就学了过来。

法拉第读了很多书,求知欲望很强烈。有一次,他得知英国皇家学会会长、当时著名的大化学家戴维将要作讲演,就想千方百计去听,为此,他托人买了一张听讲的人场卷。戴维所讲的他都听得懂,并把所讲的内容全部记录下来,回家以后又进行认真的研究。

随后,法拉第便把戴维演讲的记录抄一份寄给戴维,并附上一封信,表明自己愿意献身科学事业的决心。不久戴维就给法拉第回了一信,并约他会见;过几个月,法拉第就辞去钉书店的学徒工作,当上了戴维的实验室助手。这是1813年的事,当时法拉第已经22岁。

法拉第是个十分勤奋好学的人,在他给戴维当助手的时候,总是虚心好问,对各种问题总爱动脑筋,想一想为什么;当戴维离开实验室时,他又动手自己试试。当时戴维正在设计一种煤矿工人用的安全灯,法拉第也认真研究,提了不少有益的建议,给了戴维很大的帮助。

三、世界上第一部发电机的诞生

当1820年奥斯特发现通电的金属线能使附近的磁针转动的消息传到皇家学会后,戴维曾做了一个实验,试图说明电与磁的关系,他用通电的金属线环绕一块软铁,结果软铁就表现出磁的性质来。这说明电流可以使被环绕的铁磁化。

这一事实引起了法拉第的深思:既然电流能产生磁,那么磁能不能产生电流呢?法拉第看到电流虽然可以从伏打电池中产生,但伏打电池成本太高,所产生

的电量又有限;既然地球本身就是一个大磁体,自然界中天然磁铁又有的是,如果能从磁石中产生出电流来,就能够以很低的成本获取大量的电流。一种朴素的唯物主义和自发的辩证法思想使法拉第确信可由磁产生出电流来,他下决心一定要弄清电磁之间的关系,他在日记本中写下了一个警句:“由磁产生电!”

法拉第是善于抓住新事物苗头的人。一旦他认准了目标,就不怕别人议论和讥笑,以坚韧不拔的精神,勇往直前。

他为了使磁能产生电,开始了扎扎实实的实验工作,他想了许多办法来解决这个问题。他将磁铁安放在线圈内,再把线圈两端连接在一个电流计上,可是他没有发现电流计的指针偏转;他又拿了一根通电的导线与另一根不通电的导线接近,但也不见后者有电流产生。后来他又换了一块大磁铁,几次改变导线与磁铁的相对位置,但总不见导线上有电流产生。

这是怎么回事!法拉第陷入了沉思。为什么当电流环绕软铁时,软铁就被磁化;为什么反过来把磁铁接近导线时,导线上就不会出现电流呢?如果说前者是一个由电变磁的感应,那么为什么不可能来一个由磁变电的反感应呢?从奥斯的发现到现在已经十年了,这十年中,这个问题在法拉第的脑中,从未间断过。虽然十年来许多大物理学家如法国人安培等在这方面也做了不少研究,但还没有一个人在由磁变成电方面获得成功。他深信可以由磁产生电,但现在还不知道。他要做真理的探索者,而不愿功败垂成。这个铁匠的儿子表现出他坚韧不拔的特有品质,困难的面前不畏缩,决心继续实验下去。

1831年10月的一天,法拉第拿了一根长203呎的铜丝绕成一个圆筒,又拿了一块长 $8\frac{1}{2}$ 吋、厚 $\frac{3}{4}$

吋的圆柱形磁铁,来做实验。他把铜丝圆筒与电流计连接起来后,再把磁铁与铜丝圆筒的一端相接,结果电流计上指针依然不动。难道说由磁产生电是不可能的吗?

不,这是可能的!历史的经验告诉我们,在科研的道路上,只有不畏劳苦的人,有希望达到光辉的顶点。当法拉第继续耐心地做实验的时候,当他改变方式把整块磁铁插入铜丝圆筒的时候,忽然发现电流计上的指针动了,他赶快把磁铁抽出,那指针又动了一下——一种由磁感应的电流产生了!

我们可以想象,当时的法拉第是何等的欢快啊!

但是,法拉第并不就此止步,他要穷委穷源。为什么以前的一切实验均遭失败,而此次实验却独告成功呢?他反复做了分析比较,终于明白,在以前几次的实验中,磁铁与金属线都是相对静止的,而此次实验中,磁铁与金属线却有相对运动。于是,他发现了其间的秘密:磁铁与金属线的相对运动是由磁生电的必要条

件。至于相对运动为什么是必要的条件，当时他还不知道。

现在他关心的是用此法能不能产生出大量的电流来。为了这个缘故，他向皇家学会借了一块大的“U”形磁铁，又造了一个铜线圈，线圈上有一个柄。他把铜线圈与电流计接通，然后放在“U”形磁铁中间旋转，这时电流计上的指针也就移动了，线圈中感生出电流来了。后来这种电流就被叫做感应电流。只要磁铁足够大，那么感应电流就有可能比伏打电池的电流来得大。

法拉第又拿了一块软铁，上面绕了两环金属线圈，第一环金属线圈与大型伏打电池相接，第二环金属线圈与电流计相接。当接通或关闭第一环金属线圈中的电流时，次一环金属线圈中也都有感应电流产生。

在这些实验的基础上，法拉第创造了电磁学历史上的第一架感应发电机：他把铜线圈放在磁铁两极之间，又用一狭长的铜片和一狭长的铅片放在铜线圈的边缘，作为收电用的电刷，这电刷又接上一个电流计。当铜线圈旋转时，电流计上的指针也随着转动了。一种持续电流就从电刷上传出来了。

法拉第为了集中更多的精力研究别的科学问题，就只制造这架发电机。这发电机虽然极为简单，却是日后各种复杂电机的始祖。

现在，人们是不难理解这是一个多么伟大的发现。这是一个划时代的贡献。自从感应电流发现后，人类获得了打开整个电能宝库的钥匙。发电机和电动机就是根据这电磁感应的原理制成的，它们的最主要部件就是强力的磁铁和高速旋转的线圈。虽然发电机和电动机的实际应用是在此后差不多四十年的事，但电磁感应的原理提供了把机械能和热能变为电能的可能性，导致了大型水电站和火电站的建设，为人类开辟了极其丰富的动力资源。

四、关于理化的实验 与理论的广泛研究

法拉第在科学上的贡献远不止此。当时物理学界对电究竟有几种，认识混乱。为此，他在1832年做了一次系统的实验，他把各种已知来源的电一一作了试验。他发现在每个试验中，所发生的现象总相同，因此他得出结论：“各种来源不同的电本性是相同的。”澄清了当时人们对电的种类的模糊认识。

法拉第还研究了电和磁的作用方式问题。1837年，他引入了电场和磁场的概念，指出电和磁的周围均有“场”的存在。电或磁的作用，是通过电场或磁场使周围的介质极化来进行的。从此打破了牢牢统治着物理学各部门的牛顿力学“超距作用”（即认为物体作用的传递无须经过中介媒质）的传统机械观，为以后电磁

场理论的建立奠定了基础。其后，于1852年他又在此基础上引进了电力线和磁力线的概念，这个概念是建立在下述实验基础上：用一硬纸片置于磁铁上面，纸片上撒上一层薄薄的铁粉，轻轻抖动纸片，上面的铁粉就围绕磁铁的位置呈散射状态整齐地排列着。正是这电力线、磁力线的概念，形象地解答了为何金属线与磁铁的相对运动是感应电流产生的必要条件。根据能量守恒与转化原理，当磁力线被金属线切割的时候，就能感生电流，同样，当铁芯通过电力线的时候，铁芯就会被磁化。

法拉第在电解方面也很有研究，1834年由实验得出“电解定律”，并创用了阳极、阴极、阳离子、阴离子等名称。电解定律主要内容是：（1）在一定的时间内各电极析出的离子量与通过的电流强度成正比；（2）同一电流通过各种电解质时，在同一时间内，各电极析出的离子量与其化学当量（即用原子价除其原子量所得的商）成正比。利用此定律，测定了电解生成物之量，就可以计算一秒钟平均通过的电流强度。根据此定律可制成电量计。

此外，法拉第还研究了很多问题，如对气体液化的研究；对各种物体导电本领的研究；对物体的磁性，尤其是反磁性体的研究；对偏振光磁旋的研究等等。他还发现了苯，对有机化学的产生与发展，起了较大的作用。

五、在生命的最后一刻还 在探索自然秘密

法拉第是个实验大师，他的一生绝大部分时间都在实验室里度过。他的许多理论都是建立在实验实践的基础上的。他在科学上的巨大成就，使他成为当时最卓越的科学家之一。他出身寒苦，从小没进过学校，在开始从事科学事业时，很被人看不起。1813年做戴维助手时，形如仆役，戴维夫妇出国旅行时，甚至不让法拉第与他们同桌吃饭。1824年有人推举法拉第为英国皇家学会会员时，也遭到心存妒忌的戴维的反对。

但是法拉第不为当时名家所吓倒，他敢想敢干，勇于实践，打破常规，勇于创新，表现出劳动者的本色。他的电磁场理论就是在蔑视传统物理学的权威的情况下提出来的。

晚年的法拉第还是时常思考他的电磁实验，可是由于他脑筋疲劳过度，实验时断时续。1867年8月25日，这位伟大的科学家与世长辞了。临死前还在思考磁力传播是否需要时间的问题，同时还把这些实验的精致装置遗留给后来的人们。

今年是法拉第逝世一百一十周年，回顾象法拉第这样的近代自然科学的先驱者的经历，对于生活和战

（下转第165页）