

法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释

王洛印

(哈尔滨工业大学 科技史与发展战略研究中心, 哈尔滨 150080)

摘要: 详细介绍了法拉第研究和解释阿拉果铜盘实验现象的过程, 阐明了在法拉第的研究过程中, 对阿拉果铜盘实验现象的研究与其电磁感应现象的发现及研究之间的紧密联系。说明法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释极大地促进了其对电磁感应现象的研究, 是其电磁感应原理应用于实践研究的一个重要胜利, 促进了电磁感应原理的传播和承认。

关键词: 法拉第; 法拉第日记; 阿拉果铜盘实验; 电磁感应

中图分类号: N09 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-1971(2010)04-0008-07

法拉第(M. Faraday, 1791—1867)于1831年发现的电磁感应现象是科学史上最重要的发现之一, 它揭开了电力时代的序幕, 对人类社会的文明和进步产生了极为重要的影响。而法拉第对此现象的发现与研究是与其对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释紧密相关的。他对阿拉果铜盘实验现象的关注和研究从1825年12月就开始了, 其后, 随着电磁感应现象的发现及相关研究, 他进一步对铜盘实验现象进行了研究, 在此过程中, 受到该实验的启发, 他发明了最早最原始的直流发电机, 并借助电磁感应原理完美地解释了这个实验的内在机理, 说明所观察的实验现象完全是磁体和铜盘相对运动所产生的感应电流作用所致。法拉第的这项研究以确凿无疑的实验证据说明了电磁感应原理的正确性, 平息了当时很多学者关于该实验解释的各种争议, 彻底打消了人们的疑虑, 是其电磁感应原理应用于实践解释方面的一个重要胜利。同时这项研究也坚定了法拉第对于自己科学理论的信心, 促进了其电磁感应定律的建立过程。

但是, 长期以来, 在几乎所有涉及这一研究的论著中, 对法拉第研究和解释阿拉果铜盘实验现象的详细实验过程以及这项研究对于促进电磁感应定律建立的意义都未作充分的论述, 对于二者之间的紧密联系也未给予充分的说明及论述, 致使人们对此研究的实际过程及其产生的重

要影响还存在一定的模糊认识。因此, 我们有必要根据《法拉第日记》^[1], 对法拉第研究和解释阿拉果铜盘实验现象的过程进行详细地介绍和分析, 阐明其通过这项研究得到的结论以及该研究对于促进电磁感应定律建立的意义, 同时对法拉第在该研究过程中表现出的一些研究方法和特点给予客观的评价。

一、阿拉果铜盘实验现象的发现及相关研究状况

1822年, 法国科学家阿拉果(D. F. G. Arago 1786—1853)和德国物理学家冯·洪堡(A. von Humboldt 1769—1859)在英国格林威治(Greenwich)的一座小山上测量地磁强度时偶然发现, 放在铜底座上的小磁针的摆动, 比孤立放置的磁针摆动的幅度衰减的要快, 而摆动的周期却没有明显的改变^[2]。这是人们首次发现电磁感应现象, 阿拉果据此实验推测, 既然静止的铜片能够影响磁针的运动, 那么运动的铜片可能会对静止的磁针也产生作用。1824年, 阿拉果根据这个现象又做了一个实验, 将一个圆铜盘装在一根垂直轴上, 使其可以自由转动, 再在铜盘正上方悬吊一根磁针, 所用的悬线质地柔软, 即使磁针旋转许多圈, 旋线都不会产生明显的扭力来阻止磁针

收稿日期: 2010-04-16

作者简介: 王洛印(1978-), 男, 山东莒南人, 讲师, 从事物理学史、西方科技史研究。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

的旋转。阿拉果通过实验发现,当铜盘旋转时,磁针即跟着一起旋转,但是时间上稍有滞后;反之,当磁针旋转时,铜盘也会跟着旋转,同样在时间上稍有滞后。这个发现就是物理学史上著名的“阿拉果铜盘实验现象”。阿拉果由于发现了这个现象,获得了 1825 年英国皇家学会的科普勒奖章 (Copley Medal)。该现象的发现立刻引起了当时科学界尤其是电磁学界人士的极大关注,各个学派或个人争相重复这个实验并尝试提出理论来解释它。

法国以毕奥和安培 (A. M. Ampère 1775—1836) 的研究具有代表性。毕奥 (J. B. Biot 1774—1862) 认为阿拉果铜盘实验现象证明了库伦的“磁流体”理论。即铜盘内部存在不可称量的磁流体,磁流体在铜盘转动时由于受到离心力的影响而分离了出来,形成了不同的磁极,磁极与小磁针的磁针产生引力和斥力作用,产生了该现象^[3]。毕奥的解释显然并不能令人满意,因为它不能解释为什么磁针先行旋转,也能带动铜盘旋转。而安培则认为这种现象恰好证实了他的电流理论。他做了一个实验,用一个通电螺线管代替小磁针,与铜盘作用,得到了同样的效果,于是他认为铜盘在转动过程中,分离出的是电流体而不是磁流体,这种电流和螺线管的电流相互作用,便产生了转动现象^{[3]170}。安培的这个解释和他一贯坚持的电磁之间的相互作用是电流与电流的作用思想相一致的。他的解释似乎是正确的,因为在铜盘中确实产生了电流,遗憾的是,由于他一直坚持电是不可称量流体的理论,而没有发现阿拉果铜盘实验反映的是一种全新的事实^[4]。

在英国,很多学者听说阿拉果的实验之后,也纷纷重复这个实验并力图给出合理的解释。1824—1825 年,学者巴洛 (P. Barlow, 1776—1862) 和克里斯蒂 (S. H. Christie) 通过实验研究发现,如果用铁块代替圆铜盘与磁体作用,铁块同样可以旋转。他们虽然发现了该现象,但并不能给出合理的解释。而作为数学物理学家的巴贝奇 (C. Babbage, 1791—1871) 和赫歇尔 (F. W. Herschel, 1738—1822) 对安培的电学理论非常欣赏,1825 年 6 月 16 日,他们在皇家学会详细地

描述了阿拉果铜盘实验现象,同时利用安培的理论来解释该现象^[3]。① 他们二人的研究和解释对法拉第的研究产生了重要的影响。

巴贝奇和赫歇尔从各个方面改变影响实验的条件,仔细地研究了阿拉果铜盘实验现象。他们将一个铜盘悬挂在一个大马蹄形磁体的正上方,当铜盘转动时,磁体可以围绕其对称轴快速转动。如果将各种非铁磁性物质插放在铜盘和磁体中间,发现对铜盘或磁体的转动并无影响,但当软铁板置放在中间时,磁体转动时,铜盘却不动了,这种现象是可以预料到的,因为铁板屏蔽了磁性。通过这些实验,巴贝奇和赫歇尔认为可以很好地解释“铜盘实验”的机理了:“在这些实验中,铜盘以及其他物质展现的磁性明显是受到磁棒、磁针等物质的感应而引起的”^{[5]471}。他们认为当铜盘或磁体转动时,铜盘受到磁体的感应而显示出磁性,磁体的两个磁极分别在铜盘相应的两个部分感应出了异名磁极,并且磁性强弱随着离开磁极的距离而逐渐衰减,这种磁感应是比较特殊的感应,当铜盘和磁体静止时不发生感应,只有当磁体或铜盘存在相对运动时,感应才发生,他们将这种性质称之为“磁感受性”(Magnetic Susceptibility)。通过一系列实验研究,巴贝奇和赫歇尔还发现,只有金属和炭精能够受到这种感应而产生磁性。如果将各种物质的磁感应能力大小排序,则银最强而铋最弱。此外,他们还发现当铜盘存在裂口时,不会有感应发生,但用锡将裂口焊接,感应则恢复如初,而用金属颗粒填塞裂口时,感应能力则会大大降低^{[5]481}。

以现在眼光来看,巴贝奇和赫歇尔所发现的各种现象都是感应电流产生作用的结果,但在当时,他们并没有认识到这一点。而是认为阿拉果实验产生的效应依赖于磁的感应,即圆盘的物质微粒受到磁体的影响而在某一方向上产生特定排列,从而产生磁性。但是仅仅产生磁性并不能形成转动现象,只会产生圆盘和磁体之间的相互吸引和排斥,于是二人认为圆盘内所感应出的磁极并非和磁体的磁极平行,而是稍微倾斜,落后于磁体的磁极,落后的原因可能在于圆盘的物质分子要花费一定的时间才能完成排列,这种时间上的滞后效应导致了圆盘的转动^{[5]487}。

①安培认为电流是导体内以太受力不断分离,结合形成的两种流体,同时安培还创立的“分子电流假说”和电磁相同作用理论。

二、法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释

如上文所述,巴贝奇和赫歇尔没有解释为什么金属的“磁感受性”总要在运动时才发生。按照作者所根据的安培分子模型分析,无论铜盘或磁极运动与否,围绕铜盘分子的电流都应该受到磁体分子环绕电流的影响,感应和相对运动没有关系。此外,这个理论存在很多未经证实而值得怀疑的假设,依照法拉第一贯的研究风格,任何未经实验证实的假设都是值得怀疑、不足为凭的,所以,法拉第并不打算轻易地接受这个理论,而是通过自己的实验研究来鉴别各种解释理论的真伪,自 1825 年起,他开始关注阿拉果实验并开始研究这个问题。

1825 年 12 月 2 日,法拉第做了一个实验,试图通过模仿阿拉果实验来产生感应电流:

模仿阿拉果的磁体旋转实验做电感应实验。

用五英尺长的丝线水平悬挂一根德鲁克水银柱(Deluc's column),^①使之干燥并可以自由转动,一个铜盘在其下旋转——没有作用。

一个小莱顿瓶外部用导线箍住,与前面类似,如图(见图 1)悬挂,莱顿瓶的内外壁分别充以正电和负电,当铜盘在其下旋转时,除了铜盘产生的风动效果以外,没有任何效应产生^{[1]280}。

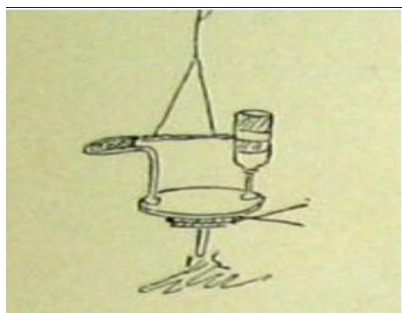


图 1 莱顿瓶和铜盘作用实验装置图示^{[1]280}

在这个试验中,莱顿瓶的内外壁分别充以正电和负电,外壁的正电以导线引出,模仿磁体

的一极,内壁的负电模仿磁体的另一极。如果按照巴贝奇和赫歇尔对阿拉果实验的解释,即磁体在运动的铜盘内感应出了磁性,那么与此类似,莱顿瓶内外壁的正负电的作用也应当类似于磁极的 N 极和 S 极,也许也可以在转动的铜盘内同样感应出正负电,正负电作用,进一步产生感应电流。可见,法拉第此时关于阿拉果铜盘实验机理的认识,与巴贝奇及赫歇尔相比,并没有什么特别之处,在这一阶段,法拉第还没有认识到感应电流是一种瞬时效应,这是他未能发现电磁感应现象的原因^[6],由此也就不能认识到阿拉果铜盘实验现象的真正机理。但是,从这个实验也可以看出,法拉第在研究电磁感应现象之初,就已经将阿拉果实验与其关于电磁感应现象的研究联系了起来。

1831 年 8 月 29 日发现电磁感应现象后,仅隔一天,法拉第就考虑利用电磁感应现象来说明阿拉果实验现象,他在日记中写道:“在阿拉果实验中,静止及运动的金属表现出力量上的差异,出现这种差异的原因是否可以和这些瞬时效应(感应电流的瞬时效应)联系起来?”^{[1]369},这说明法拉第此时已经敏锐地意识到阿拉果实验的实质可能和瞬时感应电流有关。

同年 10 月 1 日,法拉第又做了一个实验,以研究阿拉果实验现象,但由于实验误差原因,法拉第没有得出一个确定的结论:

54 准备斯特詹振动盘^②——必须 20 次振动才能从一个弧度递减到另一个弧度(from one arc to another)——然后盘的边缘上方悬挂两个铁线圈 D(19 英尺长的铁丝构成的双层螺旋面),作用和磁体的磁极类似,但是没有察觉到振动数目的不同。然后用两个磁体的两个磁极代替线圈,发现 10 次振动就减小至相同的振幅。但是磁体磁极对小磁针的作用远强于线圈的作用。仍不确定是否纯粹的电磁铁会产生阿拉果效应^{[1]374-375}。

在这个实验中,法拉第用通电线圈作为电磁铁以代替安培所用的螺线管,用斯特詹振动盘作为线圈或磁体是否产生感应作用的检验装置。

①瑞士科学家德鲁克(J. A. Deluc, 1727-1817)所使用的一种水银气压计。

②英国电学工程师斯特詹(W. Sturgeon, 1783-1850)做实验所用的一种振动金属盘,在某种条件下振动时,从一个弧度递减到另一个弧度时所做的振动,数目相等,如果振动条件改变,则数目也会相应改变。

振动盘振动时, 如果从一个弧度衰减到另一个弧度, 所需振动的次数在线圈或磁体的作用下减少了, 说明产生了感应作用, 反之则不产生感应作用。通过实验发现, 线圈不会使振动盘的振动数目减少, 而磁体则可以, 法拉第因此不能确定电磁铁是否可以产生阿拉果效应。根据法拉第的描述, 可以看出实验失败的原因应该在于他所使用的通电线圈的磁性太弱, 以致得不出确定的结论。

1831年 10月 28日, 在发现电磁感应现象后不久, 法拉第不满足于获得短暂的感应电流, 受到阿拉果铜盘实验的启发,^①他利用圆铜盘和皇家学会的强磁体, 设计了一套新的实验装置, 产生出稳恒的感应电流, 这个装置是最原始的发电机:

99 (如图 2所示) 利用一个直径为 12 英寸、厚 1/5 英寸, 圆心固定在一个铜轴上的铜质旋转圆盘做很多实验。为了强化磁极作用, 两个长 6 7 英寸, 宽 1 英寸, 厚为半英寸的小磁体放置在两个大磁体磁极的前端, 小磁体与磁极横向交叉, 并且小磁体的较宽的一面紧贴磁极, 使两个小磁体的两端靠的足够近; 为了防止震动引起的滑动, 用绳子把它们紧紧地绑在一起。

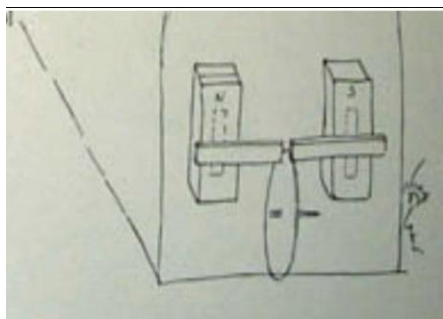


图 2 圆铜盘装置示意图^{[1]381}

100. 圆盘边缘插放在两个强化磁极之间, 边缘与汞混合。与圆盘同样厚度的铜条末端弯成凹槽, 同样与汞混合, 以便能与圆盘的边缘良好接触。两根这样的铜条用丝线绑缚在一个纸板上, 以便它们能同时和圆盘边缘比较相近的两个点同时接触 (如图 3所示), 这些接触器通过导线与电流计连接^{[1]381-382}。

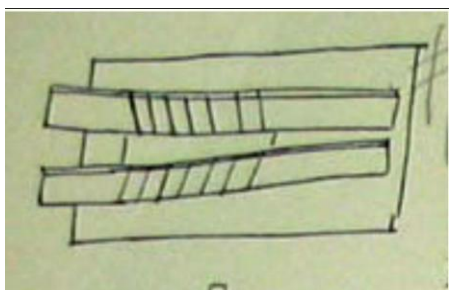


图 3 实验装置中的接触器示意图^{[1]382}

当圆盘以一定速度转动时, 产生稳恒的电流。起初, 法拉第认为在圆盘中产生的感应电流是涡旋电流, 所以他将接触器放在磁极间圆盘的两侧, 发现电流比较小, 经过多次更换位置, 发现当两个接触器与圆盘的接触点分别处于边缘和轴心时, 电流最大。根据圆盘转向的不同以及磁极的不同, 感应电流从轴心流向边缘或从边缘流向轴心。

这个现象的发现无疑为解释阿拉果实验现象提供了非常好的途径。随着后续的许多关于电磁感应现象的实验研究, 法拉第逐步认清了阿拉果实验现象的产生机理。

11月 4日, 法拉第利用一个实验说明了巴贝奇和赫歇尔发现的铜盘割裂效果, 间接上也说明了阿拉果实验效应完全是铜盘内感应电流的结果:

156 (如图 4所示) 两片 1/5 (英寸) 厚的铜板, 形状如图所示, 相隔约 2 英寸, 每片的直线边缘都与汞混合, 放在一起使其穿过磁极, 电流计效应强烈, 但是当仅把一张纸放在边缘之间时, 电流计没有可察觉到的效应。说明了阿拉果铜盘割裂所产生的效应^{[1]388}。

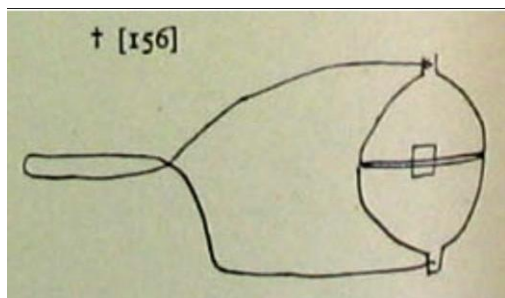


图 4 接合铜板感应示意图^{[1]388}

^①此日, 法拉第在日记中第 96 段提到阿拉果实验, 只隔 3 行文字就是 99 段圆铜盘实验。而且在《电学实验研究》I 第 25 页, 法拉第明确说道: “我希望使阿拉果实验成为电流的一种新的来源。”接着他就做了这个实验。因此, 法拉第受到阿拉果铜盘实验的启发才开始这个实验, 应无疑义。

在这个实验中,法拉第说明了巴贝奇和赫歇尔所发现的,当阿拉果实验铜盘有裂口时,所谓的“磁感受力”大大降低的真正原因。当两块铜板的直边都与水银混合时,两块铜板就成为一个导体,穿过磁极时,产生的感应电流就会通过完整的回路,从而在电流计上显示强烈的效应;而当把一张纸放在铜板之间时,就产生了铜盘存在裂口的效果,此时,两块铜板不再是一个完整的导体,也就不能构成完整的回路,它们通过磁极时,各个铜板内产生的感应电流不会通过整个回路,因此电流计就不会产生可察觉的效应,这就是巴贝奇和赫歇尔所发现的当铜盘有裂口时,他们所说磁感应能力大大降低的真正原因。

12月14日,法拉第又通过一个实验,再次说明了当阿拉果铜盘转动时,是铜盘和磁体的相对运动产生了感应电流:

226 (如图5所示)仅利用地磁做阿拉果实验。不用磁体,圆盘水平放置并旋转,(电流计)磁针的效应虽轻微但很明显,并且可以通过(铜盘)复原并多次旋转(以使电流效果累积)等动作,使磁针效应增加。当圆盘如标示的方向转动时,磁针的方向向东。这里没用铁,导线至多18英寸长并仅是铃线(bell wire),^①如果电流计内的导线和导体都用粗导线,可能有更强的效应。

227. 因此阿拉果的铜盘是个新的发电机^{[1]397}。

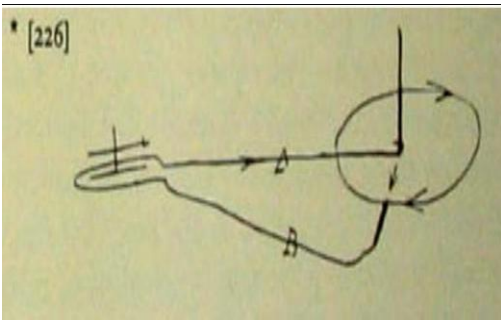


图5 圆盘地磁感应示意图^{[1]397}

通过这个实验,法拉第事实上已经揭示了阿拉果铜盘实验的本质所在,那就是磁体和导体之间的相对运动在导体内产生出了感应电流,而感应电流产生的磁力又会与磁体的磁力互相作用,从而使铜盘或磁体转动。

但是法拉第并没有停止,而是继续研究。他在1832年2月的几个实验彻底否定了巴贝奇和赫歇尔的理论,利用自己的电磁感应理论完美地解释了阿拉果实验现象。2月22日,他在日记中描述了一个非常具有典型性的实验:

343 在阿拉果铜盘两侧实验一个磁体。如果赫歇尔和巴贝奇是对的,圆盘每一侧各有一个同名磁极应该比只有一侧有一个磁极或异名磁极在相反的两侧效果好;如果我是对的,情况应该恰好相反。利用斯特詹盘:准备好,从一定数量的弧度递减到另一一定数量弧度前它做一定数量的振动。

圆盘独自时,所做的振动 62 56 60 61
 不同磁极时,所做的振动 21 2013 } 大
 类似磁极时,所做的振动 58 5850 } 致相等

在上个实验中^②放置两个木块,使他们靠的足够近,振动的数量减少到52,说明50和60之间的不同更多是由于空气的阻碍而不是残留磁性的作用。非常好的实验^{[1]416}。

按照巴贝奇和赫歇尔的理论,如果是磁感应磁的话,那么,同名的两个磁极在圆盘两侧应该比只有一个磁极感应力大,圆盘振动数目由于阻碍力大而比单个磁极或没有磁极时少的多,而按照法拉第的电磁感应理论,同名磁极会互相中和,圆盘不会切割磁力线,因此,应该没有感应电流产生,圆盘也就没有磁性,因而不会影响振动盘的振动数量,与之相反,异名磁极在两侧则会大大降低振动数量。实验结果完全否定了巴贝奇和赫歇尔的理论,从而进一步证明了法拉第理论的正确性。法拉第在这个实验中,对实验中产生的误差也给予了说明:同名磁极在两侧时出现的50次振动比没有磁极时的60次振动少的原因在于,磁体本身阻碍了空气运动,从而在一定程度上削弱了圆盘的振动,这属于实验误差原因,和磁感应或电磁感应现象无关。

1832年2月27日,法拉第又做了两个相类似的实验,其中一个:水平圆盘下方放置一个磁体的N极,转动时,产生大量电流;然后再把另一个磁体的S极放置在圆盘的上方,转动时,得到

①推测法拉第这里所用的导线是一种比较细的导线。

②上段话中的“接近相等”指的是两种情况下各自振动数目的大致相等,而不是二者大致相等。

更多的电流;把 S 极改为 N 极,电流几乎没有了;调整磁极位置和圆盘位置,发现在合适的位置,转动圆盘时,不再有电流产生。法拉第由此得出结论:“这是一个很好的实验,显示类似磁极在相反的两侧会破坏电流。如果现在(两个类似磁极)对圆盘的作用同时消失了,这将证明巴贝奇和赫歇尔的想法是错误的,我的是正确的,因为按照他们的观点,效应将会增加”^{[1]419}。

这几个实验以确凿无疑的事实说明了巴贝奇和赫歇尔理论是错误的,而证明了法拉第的电磁感应理论是正确的。法拉第为取得这一成就也感到非常自得,他在一封信中提到:“实验在数学面前无须恐惧,而在做出发现上完全可以与其匹敌,发现这一点使我非常舒服。我非常惊奇地发现,那些所谓的高级数学家们所宣布的转动(阿拉果实验——法拉第注)的根本条件——也就是需要时间——,它的基础是如此薄弱……”^[7]

在随后的约 40 天里,法拉第还不时回到这个问题上来,他用另外一些实验说明了铁板会屏蔽磁体的磁性^{[1]420},而铜板和其他一些金属板则不会,但当铜板或其他金属板运动时,则会屏蔽磁体的磁性^{[1]427}。

在 1832 年 1 月论文^①中的第 244—255 段^[8],法拉第摘引了日记中的部分实验,用更加明确的语言对阿拉果铜盘实验现象作了解释,他还用实验证明了磁极与不同材质的金属盘之间作用力的不同是由于金属导电能力的不同造成的,作用力的大小顺序完全和导电能力一致(铁磁性物质除外),它们作用的实质完全是电磁感应现象。法拉第根据磁体与物质的作用情况不同对物质作了三种分类,一类是铁、镍等物质,无论其静止还是运动,都会受到磁性影响;另一类是存在相对运动时才受到影响的物质,如铜等一些金属;最后一类是在两种情况下都不会受到影响的物质。

对阿拉果铜盘实验现象的正确解释,无疑是法拉第电磁感应理论的一个巨大胜利。自此以后,人们关于阿拉果实验现象解释的各种争论逐渐平息,法拉第的电磁感应理论及其定性描述的电磁感应定律逐渐为学术界所认识,这进一步促

进了其对于电磁学的实验研究并导致后续许多科学发现的完成。

三、结 论

综上所述,通过研究和分析《法拉第日记》中有关阿拉果铜盘实验现象的记录,我们对法拉第关于阿拉果铜盘实验现象的研究和解释可以获得如下认识:

首先,阿拉果实验促进了法拉第对电磁感应现象的研究及其电磁感应定律的建立。法拉第对阿拉果实验的关注从 1825 年就开始了,当时他试图通过模仿阿拉果实验来发现感应电流,虽然实验失败了,但是法拉第在其后的有关电磁感应现象的实验研究中,仍然将阿拉果实验与电磁感应现象的研究联系起来加以考虑。一方面,法拉第通过电磁感应现象的相关研究逐渐明确了阿拉果实验现象的发生机理;另一方面,阿拉果铜盘实验对法拉第关于电磁感应现象的研究有重要的参考和借鉴价值,正是由于认识到阿拉果实验中所用的铜盘的作用,法拉第才设计了产生稳恒感应电流的实验装置,获得了稳恒的感应电流,并在此基础上认识到导体只要切割磁力线,就会产生感应电流,从而促进了法拉第电磁感应定律的建立。

其次,法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释体现了其科学研究方式的某些特点。法拉第的思维非常开放,他善于把很多有关科学前沿问题的研究融入到自己的研究中去,从中获得借鉴及启发,进而促进自己的研究。通过研究获得新认识之后,法拉第也敢于将自己的理论应用于一些当时科学前沿问题的研究,给出科学的解释或提出有价值的建议。法拉第这种积极开放的研究方式决定了他能够追踪当时科学研究的最前沿问题,也从一个侧面说明了法拉第何以在一生中能够做出如此多的重要科学发现。

第三,法拉第对阿拉果铜盘实验现象的研究和解释是其电磁感应原理应用于实际研究的重要胜利,促进了科学界对法拉第后续研究工作的关注和认识。虽然当时大多数学者仍然不能理

^①此论文后来收录为《电学实验研究》第二辑。

解其力线思想的实质,但自此开始,学术界开始关注其科学研究并对其科学理论或科学思想中的某些问题提出疑问和探讨,这促使法拉第进一步明确和完善自己的理论,促进了其力线思想及场思想的形成和发展。

参考文献:

[1] FARADAY M. Thomas Martin Ed. Faraday's Diary[M]. Vol 1. London: G. Bell and Sons Ltd, 1932
 [2] HANE R. Scientific Biography[M]. Vol 1. New York: Charles Scribner's and sons, 1974: 203.
 [3] WILLIAM S L P. Michael Faraday[M]. New York: Basic Books, 1965: 170

[4] 宋德生,李国栋. 电磁学发展史[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1987: 200
 [5] BABBAGE C, HERSCHEL F W. Account of The Repetition of M. Arago's Experiments on The Magnetism Manifested by Various Substances During The Act of Rotation[J]. Philosophy Transactions 1825: 467-487.
 [6] 王洛印,胡化凯. 电磁感应定律的建立及法拉第思想的转变[J]. 哈尔滨工业大学学报: 社会科学版, 2009 11(3): 19-33
 [7] JONESH B. The Life and Letters of Faraday[M]. Vol 2. London: Longmans 1870: 10
 [8] FARADAY M. Experimental Researches in Electricity[M]. Vol 1. London: R. and J. E. Taylor, 1839: 70-73

Faraday's Study and Explanation for the Phenomenon of Arago's Experiment on Copper Plate

WANG Luo-yin

(Research Center of Science and Technology History and Development Strategy
 Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China)

Abstract Based on the analysis and study of Faraday's Diary and his published articles, this paper elucidates the process of Faraday's study and explanation for the phenomenon of Arago's experiment on copper plate, points out the tight links between Faraday's research on Arago's experiment and his research on electromagnetic induction, and analyzes some characteristics of Faraday's scientific research.

Key words Faraday; Faraday's Diary; Arago's experiment on copper plate; electromagnetic induction

[责任编辑 袁晓霞]