

风筝实验 · 雷电现象 · 避雷针

周长春



一、放电现象

——类比猜测

1743年~1744年间,美国物理学家富兰克林在费城和波士顿看到了来自苏格兰的斯宾塞(A. Spence)博士利

用玻璃管和莱顿瓶所做的简单的电学实验时,心里激起了强烈的探求欲望。他买下了全部展品,开始研究电学问题,一位他在伦敦英国皇家学会结识的朋友柯林森(Peter Collinson)得知此事后,给富兰克林寄来了一批电学著作、莱顿瓶和一些摩擦起电的设备,并在信中介绍了使用方法。富兰克林就用它做了一系列实验,他根据自己所观察到的实验现象,发现雷电与放电现象有很多类似的地方,特别是他的夫人在观看莱顿瓶串联实验时,无意碰到莱顿瓶的金属杆,被电火花击倒在地,卧病一周,使他更坚定了探索雷电实质的决心。

他将雷电现象与放电现象进行类比,在1749年11月7日的笔记中,他列举了12条放电现象与雷电现象的一致:“发光、光的颜色、弯曲的方向、快速运动、被金属传导、在爆发时发出霹雳声或噪声、在水中或冰里存在、劈裂所通过的物体、杀死动物、熔化金属、使易燃物着火、含硫磺气味。”因此,富兰克林猜测天空中的雷电现象与莱顿瓶的放电现象可能是同一种东西,雷电是带电的云大量放电产生的。

二、风筝实验——验证猜测

雷电与放电现象相同吗?这成了富兰克林感兴趣的问题。富兰克首先想到,如果能把雷电引下来,收集到莱顿瓶里,然后和实验室里的莱顿瓶里的带电情况比较,就可得到结果,关键是如何从苍天那里取得雷电来验证。于是他酝酿了一个大胆的实验,即制作一根长20~30英尺长、顶端削尖的铁竿,把云中的电引下来。他认为这项实验如果能成功,那么采用相同的方法,就“可以给人类用于保护房屋、教堂、船舶等等免除闪电的袭击。”但是,这个想法没有得到英国皇家学会的支持。后来富兰克林想,

铁竿的高度总是有限的,他联想到了儿童时代玩过的风筝,于是他用两根轻质的杉木搭成了一个十字架,蒙上一块丝绸手帕,四角与十字架的枝杆扎牢,做成一个能够经受风吹雨打而不撕裂的风筝,他在风筝上安装了一根1英尺长的尖细金属丝,用来引云中的电,铁丝与放风筝的麻线连接在一起,麻线的下端加上一段细丝带(实验时设法使细丝带不被雨淋湿,放风筝时手握丝带,以防电通过身体受到伤害),丝带与麻绳的接头处系上一把金属钥匙,用于放电实验和收集电荷。

在1752年6月一个雷电交加、倾盆大雨的下午,富兰克林带着21岁的儿子一起来到牧场,把这个负有特殊使命的风筝放到天上有闪电的云层中,那根金属丝从云层中取得雷电,丝绸风筝和麻绳被雨淋湿后能够传导电荷,富兰克林看到了麻绳上一些松散的纤维向四周竖立起来,跟实验室中使毛发带电时产生的现象一样,当他用手指靠近钥匙时,在手指和钥匙之间闪出一串串火花,他的手产生了触电般的痉挛,而后又用这把钥匙给莱顿瓶充了电,再放电,产生的效果都跟摩擦生电完全相同。由于这个实验是在费城做的,因此也叫“费城实验”。富兰克林通过设计新颖、独特的风筝实验,证明了雷电与实验室中产生的电具有相同的性质,从而证明了,雷电的确是一种放电现象,破除了雷电是“上帝之火”的神话。

三、雷电现象与避雷针的应用

雷电现象是怎样发生的呢?原来水汽上升,形成积雨云,云中的小水滴、冰晶等受到大气电场的影响,在重力作用和上升气流的猛烈冲击下,在发生互相碰撞、摩擦、破碎的过程中会带上电,因而在云中聚集着大量的电荷。当这些带电的云接近地面时,由于静电感应,会使地面上的物体带上异种电荷,这些电荷比较集中地分布在突出于地面的物体上,如高大的建筑、烟囱、大树、铁塔、山峰等。由于大地和天空上的云都是导体,二者构成一个电容器,因为云层和地面构成的电容器的电容量非常小,所以云层和地面间的电压非常大。当电荷积累到一定的程度时,在带电云层和这些物体之间就会发生强烈的火

花放电，这就是雷击。因此在云与地面之间以及带相反电荷的云与云之间能形成很强的电场。强电场使空气击穿，变成导体，于是在云与地面之间，云层之间或云的不同部分之间产生强烈的火花放电现象。放电时，出现强大的火花，这就是闪电。每当暴风雨来临，雨点即能获得额外的电子。电子是带负电的，这些电子会追寻地面上的正电荷。额外的电子流出云层后，要碰撞别的电子，使别的电子也变成游离电子，因而产生了传导性轨迹。传导的轨迹会在空气中散布着的不规则形状的带电离子群中间跳跃着迂回延伸。所以，闪电的轨迹总是蜿蜒曲折的。一次闪电可中和几库仑到几十库仑的电荷，释放出的能量可达到 10^{12} J。发生闪电时的电压可达几十亿伏，闪电中的电流可达几十万安，但闪电的时间很短，约百万分之一秒。极强的闪电电流会把空气烧得很白，温度可达到 2×10^4 ℃ 以上，发出耀眼的白光。放电时由于空气剧烈膨胀而产生的巨大响声就是雷。发生闪电时会放出大量的热，闪电通道附近的空气迅速受热后气压增大上百倍，于是剧烈膨胀，引起爆炸似的声音。这声音在云层和地面之间多次反射，传到我们耳朵里，就听到隆隆的雷声。在云层和地面之间发生的雷电现象，通常叫做落雷。落雷虽然大概只占雷电次数的 $1/10$ ，但危害极大，可使森林着火、毁坏建筑物和电器设备，甚至造成人畜伤亡等。2003 年我国共发生 7625 起雷电事故，直接经济损失达 5 亿多元，2004 年 6 月 22 日，内蒙古大兴安岭雷电造成 15 处火灾。

古时候，由于社会和科技的原因，人们对雷电现象无法理解，曾产生了许多迷信，有人认为雷电是“天神”发怒，是对人间的惩罚。

为了防止雷电的危害，常在高大的建筑物上和重要的电器设备周围要安装避雷针。在 1749 年和 1750 年，富兰克林就提出了避雷针的设想，认为尖端导体既能释放或吸收物体上的电荷，也能释放或吸收云层中的电荷。他建议将上端尖锐的防锈铁杆装在房屋高处直通地里，或装在船的桅杆顶端再抛入水中，在云层将要产生雷击的千钧一发之际，静悄悄地把电从云中吸走，因而使我们免受最突然最骇人的悲剧。在风筝实验的那年夏天，富兰克林将铁棒与建筑物之间用绝缘体隔开并称这种装置为避雷针。

避雷针的出现是风筝实验的直接结果，是人类

利用电学知识破除迷信，征服自然的第一项重要技术成果，其构造非常简单，由接闪器、引下线和接地体 3 部分组成。接闪器是竖立在建筑物顶上不生锈尖端金属导体，引下线是一根粗金属线，接地体是个较大的金属块。当带电云层接近建筑物的顶端时，建筑物上由于感应所产生的异种电荷都集中在避雷针的接闪器上，通过避雷针不断地进行放电而释放到空气中去。当雷雨云和避雷针之间会发生尖端放电时的现象，逐渐跟云里的电荷被中和，不断降低云和大地之间的电压，从而就避免了因电荷大量累积发生雷击现象。即使建筑物和云里的电荷来不及中和，则在它们之间会发生较强的放电，电流也会沿避雷针导入地下，不致击坏建筑物，从而减小发生落雷的危险。发生落雷时，接地良好的避雷针会将云中的电荷引到“自己”身上，经引下线导入大地，从而保护了建筑物免遭雷击。从这个意义上讲，避雷针是给落雷预先铺设的一条安全通道。

单根避雷针的保护范围在一个圆锥体以内。这个圆锥体的高为避雷针的高度，在地面的半径一般为避雷针高度的 $1 \sim 1.5$ 倍。为了保护大建筑物或重要场所免遭雷击，往往采用多根避雷针，以增大其保护范围，或在重要建筑物的周围加上金属网，并使金属网接地。避雷针其实是一个引雷的装置，在避雷针下避雨恰恰是最不安全的。在雷雨天，大树被雨淋湿后，成了导体，大树顶端由于静电感应，会出现大量的感应电荷，这时大树相当于避雷针的接闪器，因此雷雨天，不要在大树下避雨，更不要靠近避雷针和它的接地装置，也不要站在旷野中和铁轨上行走（特别是撑着金属杆雨伞）。雷雨时，还要把收音机、电视机的室外天线接地，以免把雷电引入室内。

传统的避雷针保护的比较小。美国的科学家正在利用激光研制一种新型避雷针，这种避雷针的主体是由激光在空气中形成的导电通道。美国新墨西哥大学洛斯·阿拉莫斯国家实验室的科学家，在实验中使用了紫外线和可见光两束激光，前者射向空气时可使空气中的一些分子电离，后者则可将自由电子与前者在空气中形成的氧离子分离，这样两束激光从同一位置沿同一方向射出后，可在光柱内的空气中形成一个离子导电柱，就可将高空中的雷电引导下来并通过与激光器相连的导线输入地下。与传统的避雷针相比，这种新型避雷方式主动

法拉第在电磁理论发展中的作用

刁述妍

如今,我们生活在一个现代化的年代,拥有了现代化的家用电器,现代化的多媒体教学手段,现代化的科研设备……由于电能的开发和广泛应用,过去许多令人神往的幻想已经变成了现实,这一切都源于电磁学的飞速发展。法拉第是电磁学的奠基人之一,在电磁学的发展中作出了巨大的贡献。



法拉第 (Michael Faraday, 1791 ~ 1867) 是英国著名的物理学家和化学家,是一位自学成才的科学家。1791 年出生于伦敦近郊一个小村子里,由于家境贫寒,从小只受到一点有关读、写、算的初步教育。13 岁在一家钉书店当学徒,工余时间他如饥似渴地读书,走上了一条自学成才的道路。学徒期满,受到化学家戴维的赏识,被推荐到皇家学院研究室当助理研究员。实验室为法拉第提供了施展才华的场所,由于他勤奋刻苦,全身心地投入,不久便在化学研究方面取得了很多成果,从 1816 年到 1821 年发表论文 30 多篇。自 1821 年,法拉第开始从事电磁学方面的研究工作,1824 年成为英国皇家学会会员,1825 年任皇家研究院实验室主任,1833 年升为教授。一生从事电学、磁学、磁光学、电化学方面的研究工作,取得了许多重大贡献,曾两次获得英国皇家学会的奖章。

电磁感应现象的发现

自 1820 年奥斯特发现电流的磁效应以后,人们认识到电和磁不仅有很多的相似性,而且它们之间是有联系的,从而激发了许多科学家在这方面的兴趣,人们纷纷重复奥斯特的实验,探索新的实验,仅一年的时间,学术刊物上涌现出许多有关电磁学方

面的文章。1821 年戴维受英国权威杂志《哲学年鉴》主编之约,撰写一篇有关电磁学研究进展的文章,他把这项任务交给了法拉第。法拉第用了 3 个月时间查阅所有资料,为了判断各种学说的真伪,亲自做了许多实验,写了一篇有关电磁学研究进展状况的报告。其中对他影响最大的是奥斯特有关电流磁效应的实验,他评价道:“它猛然打开了

一个科学领域的大门,那里过去是一片漆黑,如今充满了光明。”英国物理学家沃拉斯顿对奥斯特的实验也很感兴趣,他根据作用与反作用原理,试图进一步实验,找出磁对电的影响,但几次实验都失败了。法拉第认真分析奥斯特的实验,思索沃拉斯顿实验失败的原因,对实验中的每一个细微现象他都非常敏感,经过反复实验和认真思考,发现通电导线绕磁铁的磁极应该是公转而不是沃拉斯顿所设想的自转。于是,法拉第重新进行实验,实现了磁铁绕导线的旋转和通电导线绕磁铁的旋转,这就是著名的电磁旋转实验,即世界上第一台电动机实验室模型。

该实验的成功,更使法拉第坚信:电和磁是一对和谐对称的自然现象,电能产生磁,磁一定也能产生电。法拉第决心探索新的科学奥秘,揭开磁电转换的秘密,于是他积极寻找、创造磁产生电的条件。起初,他试图用强磁铁靠近闭合导线或用强电流使邻近的闭合导线中产生稳定的电流,但都一次次地失败了。1831 年 8 月 29 日,他在一个软铁环上绕两个彼此绝缘的线圈 A 和 B, A 和一个电磁组连接在一个开关上, B 的两端用一条铜导线连接,形成一闭合

性强,人工控制激光的方向就可直接将云层中可能形成雷电的电荷引入地下。另外,这种方式的有效范围大,用激光扫描的方法可使大面积的地面区域免遭雷电的袭击。

当然,雷电也有积极的意义。雷电产生的高温使空气中的氮和氧化合,随雨水降至地面形成硝酸

盐。这些硝酸盐是天然的氮肥。雷电过程中产生的臭氧,给地球穿上了一层防护衣,从而保护地球上的生命免受过量紫外线的伤害。原始生命起源于有机物分子,有一种生命起源学说把最初有机物分子的产生也归功于雷电。

(广东省佛冈中学 511600)