

斯蒂芬·格雷在电学上的贡献

董欣 王福合

(首都师范大学物理系 100048)

英国物理学家斯蒂芬·格雷(Stephen Gray, 1666~1736)1666年生于英国坎特伯雷(Canterbury), 1736年故于伦敦。1729年格雷揭示了电的传导、区分了导体与绝缘体, 1731年获得英国皇家学会颁发的第一届科普利奖章(Copley Medal), 1732年又因静电实验获得第二届科普利奖章, 并成为英国皇家学会会员。

尽管英国皇家学会两次授予格雷科普利奖章, 表彰他对自然科学发展做出的突出贡献, 但是对于今天的许多人来说, 格雷已是一个被尘封已久的历史人物, 即使是一个学过物理并从事物理专业相关工作的人, 对其了解也是只言片语。基于他对自然科学的贡献, 他在物理学方面的研究历程值得物理学工作者的关注和研究。

1. 生平

斯蒂芬·格雷生于1666年, 实际出生日期不明。格雷的父亲马提亚斯·格雷是一名染色匠人, 并经营着一家染坊。马提亚斯与妻子安妮·蒂尔曼共养育了七个孩子, 其中格雷是第五个孩子。格雷长大后与二哥托马斯·格雷接管染坊生意, 1695年托马斯去世后, 生意由斯蒂芬经营。也许是这样的家庭环境影响了格雷的生活和科学研究, 忙碌的工作使得格雷无法全身心投入到科学研究。

在当地接受基础教育之后, 托马斯·格雷和斯蒂芬·格雷兄弟俩开始在父亲的染坊当助手。这个行业赚不了多少钱, 格雷只能通过不断地自学和寻求富有朋友们的帮助来开展自然科学的研究工作。这些朋友允许格雷使用他们的图书馆和科学仪器。虽然没有上过大学, 但是他努力自学并通过

实验和观测来丰富自己的科学知识, 并对天文学产生了浓厚的兴趣。据他的信件来推测, 他曾在伦敦或格林威治(Greenwich)的皇家天文学家约翰·弗兰斯蒂德(J. Flamsteed)的辅导下学习过一段时间。在大城市生活可学习到很多事情, 这使格雷精通光学和天文学; 他对比自己年长的弗兰斯蒂德非常尊重; 后来还结识了格勒山姆学院(Gresham College)的亨利·亨特(H. Hunt), 并与其成为挚友。亨特是皇家学会的一名职员, 经常赠予格雷《哲学汇刊》(*Philosophical Transactions*), 并把他的文章转送给编辑部门。通过亨特的介绍, 格雷认识了当时皇家学会的秘书汉斯·斯隆(H. Sloane)。在格雷的科学生涯中, 斯隆是最重要的人物, 他控制着《哲学汇刊》出版文章的选择。在斯隆担任秘书和副主席期间, 发表了12封格雷的信件; 在斯隆担任皇家学会主席期间, 又出版了格雷的全部10封信件。

1696年, 格雷的第一篇文章《水显微镜的设计》在《哲学汇刊》发表, 详述了自制的显微镜并用其观察研究液体中的微生物, 开启了“业余”科学家的科学探索之路。

1703年, 格雷开始研磨自己的望远镜镜片, 把科学精力全部用于天文观测, 精确地观测了日食、月食、太阳黑子以及木星的卫星蚀, 很快他以出色的工作和精确的天文观测而闻名。因此, 他被弗兰斯蒂德邀请参加相关工作, 在格林尼治天文台进行天文观测。1707年, 剑桥大学三一学院牛顿的门徒罗杰·科茨(R. Cotes)教授邀请他帮助建造新天文台, 协助天文观测。由于牛顿与弗兰斯蒂德之间的矛盾, 弗兰斯蒂德劝告他不要参与。但他不顾弗兰斯蒂德的反对, 接受了这份工作, 并在1707年和

1708年在剑桥工作了几个月。在此期间,他有机会观摩别人的电学实验,并对新奇的电学实验产生了兴趣。天文台并未建成,格雷发现科茨竟然打算用粗鲁的方式贬低弗兰斯蒂德在天文学中的地位,为此格雷决定离开剑桥。格雷与弗兰斯蒂德交好,使得他与以牛顿为首的学术界关系紧张,他的信件也被《哲学汇刊》拒绝发表。

1708年,格雷回到坎特伯雷,因为背部伤痛,格雷放弃了有损健康的染色工工作。无经济来源的他无法继续从事科学研究,后来,通过朋友介绍,他获得了一份没有报酬但提供食宿的职位,即担任皇家学会约翰·德萨吉利埃(J. Desaguliers)的助手。在这里他可以使用以前根本买不起的各种仪器设备,至少他可以静下心来进行电学研究。

1711年,格雷寻求斯隆和弗兰斯蒂德的帮助,申请进入卡尔特修道院。这是一家经营一所学校和贫穷绅士之家的慈善机构。卡尔特修道院寄宿者通常是很有名望的人,必须有人推荐才有资格入住。1719年6月,在威尔士亲王的推荐下,格雷成为了卡尔特修道院的八十名“退休绅士”之一。卡尔特修道院提供食宿,并向格雷提供一笔小额养老金,以表彰他在天文学上的发现。因此,他才能有资金开始自己的电学实验,但大多数实验是在他的房间里或者在走廊里进行的。除此之外,皇家学会为他配备了一台玻璃管摩擦起电机。1720年之后,他一直致力于研究电学的相关问题,将生活中常见材料作为研究对象,还探究了人体的导电问题。

1729年,格雷首次发现了电的传导现象,并能够区分材料中的导体和绝缘体。利用这一知识,他和好友格兰维尔·惠勒(G. Wheeler)首次进行了远距离导电。此后,格雷继续研究了更多的电学现象。1730年,他向公众演示了“飞翔男孩”静电感应实验,在欧洲广受赞誉,他的研究成果逐渐得到了人们的认可。

1731年,英国皇家学会因格雷1729年的电学实验授予他第一届科普利奖章。1732年,又因静电实验获得第二届科普利奖章,并成为英国皇家学会

会员。1736年2月15日,格雷故于伦敦,终年70岁,被埋在一座不起眼的没有墓碑的贫民墓中。

2. 早期研究

受家庭条件的影响,格雷买不起书籍和杂志,只能依靠斯隆和亨特慷慨地赠予他的资料。格雷早期的许多实验都是从《哲学汇刊》上他人发表的研究成果中受到的启示。格雷对气压计的改良和测量是受到威廉·德汉(W. Derham)发表在《哲学汇刊》第237卷文章的影响,他对水显微镜的设计和观测显然是受到了巴特菲尔德(Butterfield)发表在《哲学汇刊》第141卷第1026页文章的启发,并在用显微镜观察研究液体中的微生物时,把观察对象扩展到所有容易得到的液体上,例如水、酒、醋、唾液、尿液等。早期发表的5篇文章表明了格雷对使用科学方法探究科学问题的兴趣,也展现了他充分利用有限的实验资源的天赋。《水显微镜的设计》、《研制近抛物线凹面镜片》和《气压计中水银高度的测量方法》3篇文章也体现了格雷设计仪器的独创性。

1699年至1701年,格雷在《哲学汇刊》发表了观察其他稀有物体的文章,像幻日、磁性沙子和古生物遗骸等。1699年至1715年,格雷与弗兰斯蒂德保持频繁联系,但他俩如何认识,甚至格雷最初如何对天文学感兴趣,至今仍然是个谜。但根据他所掌握的天文学知识和现存往来书信,格雷可能曾在天文学方面受过弗兰斯蒂德的个别指导。

与弗兰斯蒂德通信中的天文内容,主要涵盖了格雷在坎特伯雷使用6英尺和16英尺的望远镜观测的各种天文数据。现存的原始手稿揭示了格雷的天文研究分为四大类:日食、月食、木星卫星蚀和太阳黑子的观测。1705年,格雷记录了“蒙德尔极小期”这个极为重要时期中太阳活动的第一次高峰,而且还利用太阳黑子来确定太阳的自转周期为25天16小时及黄道和旋转轴之间的角度为 $81^{\circ}20'$ 。由于皇家学会会长牛顿的“监督”,加上太阳黑子在这一时期很少被发现的事实,格雷的天文学信件全

部被拒绝发表。但格雷的有关信件现已被公认为在长期太阳黑子的观测记录中具有重要的价值。

3. 电学

自古以来,琥珀用毛皮摩擦会吸引诸如羽毛之类的轻小物体的现象已为人们熟知。17世纪,英国皇家学会物理学家威廉·吉尔伯特(W. Gilbert)创造了“电”这个名词,这个词来自希腊语中琥珀一词,并把呈现出电特征的物体叫“带电体”。1660年德国马德堡的市长和物理学家奥托·冯·格里克(O. Guericke)制造了一种用摩擦产生大量电荷的起电机。他们的研究成果大大地推广了电的概念。

在18世纪早期,人们普遍接受的电现象理论是由带电物体产生的“流出物(fluids)”。当时,最成功的电现象演示者之一是英国皇家学会的豪克斯比(F. Hauksbee),他是罗伯特·玻义耳(R. Boyle)的学生,在《哲学汇刊》上发表多篇文章。格雷热衷于阅读《哲学汇刊》,豪克斯比的电学实验自然引起了他的关注。1705年,格雷在皇家学会第一次亲自观察到豪克斯比的电学实验。1708年,格雷在剑桥写信给斯隆,信中谈到豪克斯比的电学实验,并且给他留下了深刻的印象。他还附加了一份详细的实验报告。与豪克斯比的实验类似,他使用羽绒探测电力。格雷对摩擦玻璃管所产生的火花很感兴趣,并意识到电与火花有关。他认为,电是从玻璃管中释放出的“流出物”,是一种类似于吸引力(attractive virtue)和电流体(effluvia)的思想。尽管实验及其结果具有重要意义,却也未在《哲学汇刊》上发表。在此期间,在弗兰斯蒂德大力支持和鼓励下他主要从事天文学观测,而暂停了电学研究。在弗兰斯蒂德死后,电学再次引起格雷的注意。1720年,他在《哲学汇刊》上发表了一篇关于电学实验的文章,尝试了羽毛、头发、丝绸、羊毛、纸屑、皮革、木屑和羊皮纸都可以被带电体所吸引,这是他在牛顿担任英国皇家学会会长整个任期内,以他应有的权利在《哲学汇刊》发表的唯一成果。

1729年2月,格雷使用了一根长3.5英尺、直径1.2英寸的空心玻璃管,借此来进行一个实验。为了防止灰尘进入玻璃管内而影响实验,管的两端都用软木塞堵住。当用干纸摩擦玻璃管后,他注意到不仅玻璃棒吸引羽毛,软木塞也可以吸引羽毛。由于没有摩擦软木塞,因此,他猜测软木塞上的吸引效力是从玻璃管传递过来的。

在得到上述结论后,格雷开始思考这种吸引效力究竟能传多远?带着这个疑问,他将一个4英寸长的细木棍的一端插入玻璃管端头的软木塞中,另一端扎上一个未带电的象牙球。当玻璃管受到摩擦后,他发现不仅吸引效力传递到象牙球上,而且其吸引效力甚至比软木塞更强,能够吸引黄铜箔。

格雷开始尝试更换玻璃管和象牙球之间的材料。第一次使用了铁丝和铜线,将其一端固定在象牙球上,另一端插入木塞。他观察到这两次的象牙球的吸引效力和连接木棒时相同,并发现将羽毛放到金属线的任何部分,都将被吸引。除此之外,格雷还意识到,虽然羽毛离玻璃管很近,但其吸引效力不像象牙球那么强。由于经费有限,格雷无法尝试使用昂贵的材料,在房子周围寻找任何适合测试的对象,先把注意力集中在金属上,寻找到硬币、锡片、火铲、火钳、拨火棍、茶壶(空的或装满水的,装热水或冷水)和银制小壶,分别拿来进行实验,这些都同样使象牙球获得吸引效力。接着,他又利用非金属物品(包括几种不同的石头和一些绿色蔬菜),将这些材料连接在玻璃管和象牙球之间,一一实验,发现象牙球同样都有吸引效力。

1729年5月19日,格雷通过延长玻璃管和象牙球之间材料的长度进行试验。开始,格雷只进行了简易的操作,使用玻璃管、连接材料和象牙球垂直悬挂。他利用包装线(packthread)作为连接材料,把象牙球拴在包装线的一端,把线的另一端拴在玻璃管上。当摩擦玻璃管时,象牙球仍然能够吸引羽毛。接着,他开始增加绳子的长度,使绳子越来越长,以至于须站到房顶上进行实验。当绳子长达52英尺时,象牙球仍能吸引羽毛。由于所住附近无法

找到更高的建筑物,他想从水平方向延长这根绳子。他把绳子的一端用铁钉固定挂在房屋的横梁上,另一端缠在玻璃管一端。这一次,当他摩擦玻璃管时,什么也没发生。通过反复思考,他正确地分析出结论,电效力通过铁钉传递到横梁中去了,所以不再流向象牙球。

1729年7月2日,在不了解绝缘体特性的情况下,他的好友惠勒建议用丝绸线作悬挂线代替钉子,在采用惠勒的建议后,在惠勒家一个80英尺长的走廊上进行试验,试验成功。他们很高兴,接着又把长度增加到300英尺长,细线无法承受重量,在改用结实的铜线来悬挂传输线后,吸引羽毛的现象又消失了。格雷注意到,用黄铜线悬挂传输线时,电效力从黄铜线流到了横梁上,而用丝线时,电效力就不会跑掉。惠勒建议再用丝线做实验,为了增加承受力,用多股的丝线悬挂,试验成功,证实丝线会阻止电效力流失到横梁上。

之后,格雷又做了很多实验,一直将绳子延长到大约886英尺时,仍然能够看到吸引羽毛的现象,从而验证了电能够远距离传输。此外,格雷还发现必须要尽量避免让连接材料接触地面,否则,象牙球也无法吸引羽毛,从而发现地面也可以导电。

在一系列验证吸引效力能传输多远的实验中,他逐渐理解了不同材料对电的传导能力的不同。他将物质分为两类,一类允许电通过,容易导电(比如人的身体,铁、铜等各种金属);另一类不容易导电,能够将电能存留在其中,并阻止它自由移动(比如丝绸、头发、玻璃、琥珀等)。牛顿实验室的助理德萨吉利埃顺着格雷实验的思路做了很多研究,他将格雷所区分的两类物质分别命名为“导体”(conductors)和“绝缘体”(insulators)。

1730年4月8日,格雷在修道院的一个大厅里面架起一个大木架,开始向公共表演人体电特性实验。让修道院的一名小男孩面对地面横趴在两个秋千上,男孩身着不导电的布料服装,只露出头、手和脚。其中的一只手握着一根短棍,棍上挂着一个象牙球。男孩的下方放有三块纸板,分别对着小孩

的两只手和头部。每个纸板上放有极薄的铜片。待一切安排完毕之后,格雷通过类似于豪克斯比的起电机使金属棒产生静电,将金属棒靠近男孩脚部,男孩的头发就竖起来,同时身下的纸板上的铜片会向着手和头升起来,而且观察到铜片更愿意接近男孩手持短棍上的象牙球。这个实验不仅证明了电可以传导,并且证明了人也是导体。

1732年,在研究人体作为导体的能力的实验中,雇用两个男孩牵着手,或者两个男孩用4英尺的金属棒连接,或者两个男孩用金属线连接。使金属棒带电靠近其中一个男孩,观察另一个男孩另一端手部吸引羽绒的现象。实验证明了电从一个男孩传递到另一个男孩,对“人际交流”的概念进行了微妙的效仿。

1735年,格雷用一根实心的橡木棒和一根空心的橡木管子,通过实验证明了它们带电后产生的效果相同,从而得到了电流体只有带电体的表面起作用的结论。同年,由于曾在染坊工作,他研究了物质的颜色与其导电能力的关系,发现电的传导性能并不取决于物体的颜色,而取决于构成物体的物理类别。

格雷的电学实验研究持续了6年(1729~1735年),他的实验结果都发表在英国的《哲学汇刊》上。格雷的实验对同时代的人,特别是法国实验物理学家查尔斯·弗朗索瓦·杜菲(C. F. duFay)产生了相当大的影响;1734年,杜菲延续了格雷的实验,发现金属丝和潮湿的绳索甚至比包装线的传导效果更好,并发现绝缘的金属也可以通过摩擦的办法起电,他认为所有的物体都可以摩擦起电。后来杜菲通过更多的实验,区分出自然界只存在两种电荷,并且发现“同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引”的规律。

1731年,英国皇家学会设立科普利奖章,授予自然科学研究领域杰出贡献者。皇家学会为了鼓励格雷一直乐于向社会展示他在自然科学中的发现和他的电学实验,授予格雷第一届科普利奖章。他的实验确定了一些物质是电导体,而另一些

物质是绝缘体,这种分类对物理学、化学和电通信的发展至关重要。同时,也证明了电可以远距离传输,给后来发明的电话传输途径提供了思路和方法,也为以后的远距离电力传输的发展开辟了道路。1732年,他又因“飞翔男孩”实验和静电感应实验获得了第二届科普利奖章,并成为英国皇家学会的会员。格雷第一次证明,人是可以导电的,为1753年英国物理学家约翰·坎顿(J. Canton)发现静电感应现象奠定了基础。

4. 结语

18世纪初,格雷研究工作的发表看来是受到了牛顿与弗兰斯蒂德之间矛盾的影响。在牛顿任皇家学会会长的25年的时间里,格雷所有精细的天文观测结果,都因此被搁置未能发表于《哲学汇刊》,甚至不予承认。

1727年,牛顿去世后,会长由斯隆爵士担任,格

雷寄给学会的10封书信全部出版,其中8篇有关电学方面,1篇有关日、月食观测(1733年)。这是他在1720年以后唯一有记载可查的关于天文学的重要文章。格雷也得到了人们的认可,英国皇家学会授予他科普利奖章,还成为了皇家学会会员,在现代科学史上得到了应有的荣誉。尽管他的电学贡献得到了当时学界和社会的肯定,但他在其他科学研究领域的贡献几乎没有得到承认。格雷的一些成果被他的同时代人忽略,后来的几代人也对他一无所知。

在18世纪早期的物理学史上,斯蒂芬·格雷仍然是一个迷人又神秘的人物。查尔斯·赫顿(C. Hutton)称格雷的实验“在电学史上开创了一个新纪元”。若能得到牛顿的积极支持,格雷可能至少提前20年迎来新的电学时代。格雷多领域的杰出贡献,尤其是电学和天文学的成就,足以令他成为那个时代的伟大科学家之一。

科苑快讯

北极永久冻土融化将对全球气候造成影响

北极永久冻土带,充满碳的冻土,是一个滴答作响的定时炸弹。当它因全球变暖而融化时,有时会下陷成为加拿大赫谢尔岛(Herschel Island)那样的坑,科学家相信它释放的碳,比新植物生长吸收的碳更多——增加了大气的负担,加速了气候变化。但是,对北极的研究十分有限,还无人能说清这个时间何时到来。

根据《自然·气候变化》(Nature Climate Change)期刊上一个科学家团队的研究,这个时间已经到了。通过收集100多个北极地区观测点的数据,永久冻土碳网络(Permafrost Carbon Network)的科学家估计,永久冻土带在2003~2017年间的每个冬季平均释放了

1662兆克的碳——是过去估计的两倍。与此同时,其他调查发现,这片土地在夏季生长期只吸收了1032兆克碳——平均每年有600多兆克碳逃逸到大气中。

这项研究受到北极观测资料缺乏的限制,例如北极冬季的总体不确定度为813兆克,几乎是总排放的一半。研究还发现,自2003年,碳排放没有增加。尽管如此,研究人员说,永久冻土带反馈的一个迹象已经开始了——可以看出永久冻土带的碳排放导致变暖,进而是更多的永久冻土融化。

(高凌云编译自2019年10月21日 www.sciencemag.org)