

是他们推动了电磁学的发展

——电磁单位中的名家

王洪见 刘树勇

今天的电磁学留给我们的印象是简单、对称、和谐、统一，但电磁学的发展却并非一帆风顺。电磁理论的大厦，经历了一代又一代科学家的不断“接力”建造，才有了今天的雄伟壮丽。从公元前 600 年至今的 2600 多年中，许许多多的科学家为电磁学的发展作出了重要贡献，人们为了纪念这些科学家，将电磁学中的很多单位以他们的名字命名。本文从电磁学单位中的人名为出发点，和大家一起回忆电磁学规律的探索 and 发现过程，体会大师们的思维方式和研究方法，吸取前人的智慧，重温电磁学发展的漫漫征程。

古希腊时期，泰勒斯曾用磁石和琥珀实验，发现这两种物体对其他物体有吸引力。希腊文“琥珀”就成为“电”字的来源。中国古代哲学家王充在《论衡》里也有关于“顿牟掇芥，磁石引针”的记载。在摩擦电源诞生之前，人类只能观察到琥珀等少数物质的带电现象。1660 年，德国物理学家、著名的马德堡半球实验的表演者盖利克发明了人类第一台摩擦发电机，他制成一个可绕中心轴旋转的大硫磺球，当硫磺球旋转时，用湿布紧按在球面上，会产生大量电荷。牛顿 1675 年对这种发电机进行了改进，用玻璃球代替硫磺球。1705 年，英国科学家豪克斯比用空心玻璃球代替实心玻璃球，并将发电机的垂直轴改为水平轴，不断获得改进的摩擦发电机在实验中起了重要作用。摩擦电源打开了电世界的大门，科学家对电学的研究才进入了实验的阶段，之后科学家又开始思考用什么样的方法来保存电荷，这导致了莱顿瓶的发明和不断改进。莱顿瓶的诞生给富兰克林等一批卓越的实验电学家开辟了更广阔的舞台，从此拉开了人们研究电学的序幕。电荷的获得、储存和传递为定量研究电现象提供了充分的条件。在认识到电荷分为正负两种，同性相斥异性相吸后，人们很快便转向研究电荷之间相互作用力的定量规律。

18 世纪末到 19 世纪，是电磁学辉煌发展的时期，涌现出一批卓越的理论物理学家和实验物理学

家，建立了经典电磁场理论，使电磁学极大地改变了人类对自然的认识。他们中一些人的名字被命名为电磁学的单位，下面我们就逐一来领略这些物理学家的丰功伟绩。

1. 库仑

库仑：电荷量的单位，简称库，符号 C。库仑，法国工程师、物理学家。1736 年 6 月 14 日生于法国昂古莱姆。1801 年，当选为法兰西研究院名誉主席，1806 年 8 月 23 日在巴黎逝世。为了纪念他，人们将电荷量的单位命名为库仑。

库仑探寻电作用力和磁作用力的规律，他们使用的是一种崭新的方法——扭力秤实验方法，证明了电作用力和磁作用力都遵循与距离平方成反比的关系。1785 年，他提出了著名的库仑定律，使电磁学的研究从定性进入定量阶段，从而使电磁学真正成为一门科学，为继续发展电动力学奠定了基础。

库仑定律是电磁学发展史上重要的里程碑。库仑丰富了电学与磁学研究的计量方法，将牛顿的力学原理扩展到电学与磁学中。库仑的研究为电磁学的发展开辟了道路。库仑定律的建立把超距作用引进了磁学和电学，把超距力学引入了欧洲大陆，改变了涡旋理论在法国一统天下的局面，开辟了近代电磁理论研究的新纪元。

2. 伏特

伏特：电压的单位，简称伏，符号 V。伏特，意大利物理学家，1745 年 2 月 18 日出生于意大利，1827 年 3 月 5 日去世，终年 82 岁。为了纪念他，人们将电动势单位取名伏特。

早在 18 世纪 70 年代，伏特就发明了一个起电盘，可以给莱顿瓶提供源源不断的电荷。“伽伐尼电”的发现把电学的研究工作由静电推进到动电领域，也给伏特建立接触电动势理论打开了一扇大门。1791~1796 年间，伏特对“伽伐尼电”进行了紧张实验研究，先后建立起金属接触电动势理论、中间金属定理，从而奠定了电池的理论基础。1800 年 3 月 20 日他宣布发明了伏打电池。伏打电池的发明，

标志着电学的化学电源时代的开始。化学电源的优点在于它能以低电压释放稳定的大电流，是当时电学家们可望而不可及的电源。有了稳定的电源，就为人类从研究静电现象过渡到研究动电现象提供了坚实的技术基础，标志着人类认识电和磁内部联系的时代已经到来。

伏打电池给戴维、奥斯特、安培、毕奥、欧姆、法拉第等一批优秀的科学家们提供了新的实验手段和课题，为物理学家开拓电和磁的关系提供了一个有力的工具。伏打电池的发明还引起了物理学一场深刻的革命，过去关于电和磁的认识上的机械的观点，被随后诞生的电磁学的新思想所替代，自然力统一的原理在更广泛的范围、更深的物质层次得到了实验的证明。

3. 奥斯特

奥斯特：磁场强度的单位，简称奥，符号 Oe。奥斯特，丹麦物理学家，1777年8月14日生于丹麦兰格朗岛一个药剂师家庭。1820年因电流磁效应这一杰出发现获英国皇家学会科普利奖章。1851年3月9日在哥本哈根逝世。

自吉尔伯特开始以来的200多年，人们基本上认为电与磁是两种不同的现象。库仑甚至断言，电和磁是两种完全不同的实体，不可能相互转化。安培和毕奥等物理学家也认为电和磁不会有任何联系。但奥斯特一直相信电和磁现象存在内在的联系，尤其是莱顿瓶放电能使钢针磁化，更坚定了他的观点。奥斯特在康德关于基本力可以向其他类型力转化的哲学思想的影响下，开始了电和磁关系的研究。由于一直错误的认为电流的磁效应是纵向的，所以实验一直未能成功。他猜测到，电流的磁效应很可能像电流通过导线时产生的热和光那样向四周散射。1820年4月，在一次课堂上奥斯特把导线和磁针都沿磁子午线方向平行放置，接通电源时，小磁针向垂直于导线的方向偏转过去，这样奥斯特终于通过实验证实了电流与磁的相互作用。他指出，磁针的指向同电流的方向有关。奥斯特在泰勒斯2400年之后，发现了电与磁的联系。

奥斯特发现的电流磁效应，立即引起了一连串的连锁反应，两个月后安培发现了电流间的相互作用，阿拉果制成了第一个电磁铁，施威格发明了电流计等。安培曾写道：“奥斯特先生……已经永远把他的名字和一个新纪元联系在一起了。”奥斯特的发

现开辟了物理学史上的一个新纪元，他的功绩受到了学术界的公认。1908年丹麦自然科学促进协会建立“奥斯特奖章”，以表彰作出重大贡献的物理学家。为了纪念他，国际上从1934年起命名磁场强度的单位为奥斯特，简称“奥”。1937年美国物理教师协会设立“奥斯特奖章”，奖励在物理教学上作出贡献的物理教师。

4. 安培

安培：电流的单位，简称安，符号 A。安培，法国科学家，1775年1月20日生于里昂一个富商家庭，1836年6月10日卒于马赛。为了纪念安培在电学上的杰出贡献，电流的单位安培是以他的姓氏命名的。

在物理学史上，对现象的每一次重大简化总会引起相应领域的一次深刻变革。牛顿把万物的相互作用简化为质点间的吸引力，引起力学领域的巨大变革；安培把一切电磁作用都简化为电流之间的相互作用，开创了电动力学的新纪元。麦克斯韦称赞安培的工作是科学上最光辉的成就之一，还把安培誉为“电学中的牛顿”。

安培最主要的成就是1820~1827年对电磁作用的研究。1820年，奥斯特发表关于电流磁效应的论文后，安培提出了安培环路定理，将奥斯特的发现上升为理论，为磁性的本质是电的运动提供了确实的证据。安培提出了著名的确定磁针偏转方向的右手定则，阐述了两平行载流导线之间的相互作用，即“电动力学现象”。通过一系列实验，他认识到磁是由运动的电产生的，并用这一观点来说明地磁的成因和物质的磁性，还提出了著名的分子电流假说；在科学高度发展的今天，安培的分子电流假说已成为认识物质磁性的重要依据。1827年，安培将他的电磁现象的研究综合在《电动力学现象的数学理论》一书中，这是电磁学史上一部重要的经典论著，对以后电磁学的发展起了深远的影响。

5. 欧姆

欧姆：电阻的单位，简称欧，符号 Ω 。欧姆是德国物理学家，1787年3月16日出生于南德意志的一个锁匠家庭，1854年7月7日与世长辞。为了纪念欧姆在电学上的贡献，1881年在第一届国际电气工程师会议上，人们将其名字作为电阻单位。

欧姆是一位中学教师，在科学上很有抱负，在困难中坚持科学研究工作，在电学、声学和光学上

都有建树。当时正处在电学飞速发展的时期，新的电学成果不断涌现，欧姆在研究导线中电流所遵从的规律时提出了著名的欧姆定律。在欧姆开展他的研究时还没有测量电流强弱的仪器，他曾设想用电流的热效应去测量电流的强弱，但无法得到精确的结果。他巧妙地将奥斯特发现的电流的磁效应和库仑的扭秤方法结合起来，设计了一个电流扭秤。用一根扭丝挂一个磁针，让通电的导线与这个磁针平行放置，当导线中有电流通过时，磁针就偏转一定的角度，由此可以判断导线中电流的强弱。他把自己制作的电流计连在电路中，并创造性地在放磁针的度盘上划上刻度，以便记录实验的数据。通过对实验数据的分析，欧姆得出了欧姆定律的关系式。1927年，欧姆出版了《伽伐尼电路的数学研究》一书，对他发现的重要定律进行了理论上的论证。

欧姆定律提出后，遭到了一些权威人士的反对，直到1941年英国皇家学会授予欧姆科普利奖章后，欧姆的工作才引起重视。乌云和尘埃遮不住科学真理之光，从此欧姆成了举世公认的科学家，但遗憾的是两年之后他就去世了。后人每当使用“欧姆”这个术语时，总会想起这位勤奋顽强、卓有才能的中学教师。

1845年，年仅21岁的基尔霍夫扩展了欧姆的理论，对电路理论发展作出了突出贡献，解决了电器设计中电路方面的难题。后来他又阐明了电路中两点间的电势差和静电学的电势这两个物理量在量纲和单位上的一致，使基尔霍夫定律具有了更广泛的意义。基尔霍夫定律是电路理论中最基本也是最重要的定律之一。直到现在，基尔霍夫电路定律仍旧是解决复杂电路问题的重要工具。基尔霍夫被称为“电路求解大师”。

6. 法拉第

法拉：电容的单位，简称法，符号F。19世纪电磁学领域最伟大的实验物理学家当属法拉第，1791年9月22日，法拉第出生在英国一个贫穷的铁匠家庭，1867年8月25日，法拉第在书房安详地离开了人世，走完了他不平凡的一生。人们以他的名字命名为电容的单位，以此来纪念这位物理学大师。

法拉第从小只受到一点读、写、算的初步教育，但他在当学徒期间自学了很多知识，1813年他成为著名化学家戴维的助手，成为著名的自学成才的科

学家。奥斯特关于电流磁效应的发现，促使法拉第想到与奥斯特发现相逆的效应是否存在的问题。从1821年开始，虽然经历了无数次的失败，但法拉第一直没有放弃过他“电生磁、磁生电”的设想。起初，他试图用强磁铁靠近闭合导线或用强电流使临近的闭合导线中产生出稳定的电流，但都失败了。1831年8月，法拉第在软铁圆环上绕上两个彼此绝缘的线圈A和B，A的两端用导线连接成闭合回路，在导线的下方平行放置一个小磁针，B和一个电池组连接在一个开关上，法拉第发现在开关闭合或断开的瞬间，小磁针会发生偏转，这个实验被称为电磁感应的发现。

1831年11月24日，法拉第向皇家学会提交了报告，并把这种现象定名为“电磁感应”。而这时候，时间已经过去了10年，法拉第用10年的坚持铸成了宣告电气时代到来的利剑，也赢得了人们无限的崇敬。他成名后，各国赠给他的荣誉头衔有94个，但是他说：“我承认这些荣誉很有价值，不过我从不为追求这些荣誉而工作，真理的探求应是科学家唯一的目标。”法拉第把全部身心都献给了科学研究事业，终生过着清贫的日子，他的功绩与光辉永远影响着后人，但在他的墓碑上照他的遗愿只刻有他的名字和出生年月。

俄国物理学家楞次一直对电磁感应现象很感兴趣。1833年，楞次在概括了大量实验事实的基础上，总结出判断感应电流方向的规律，称为楞次定律。楞次定律说明电磁现象也遵循能量守恒定律。另外，楞次在1842~1843年独立于焦耳并更精确地建立了电流与其所生热量的关系，后被称为焦耳-楞次定律。他还研究并定量地比较了不同金属的电阻率及电阻率与温度间的关系；建立了电磁铁吸引力与磁化电流的二次方成正比的定律。

7. 亨利

亨利：电感的单位，简称亨，符号H。亨利，美国物理学家，1797年12月17日，生于纽约州的奥尔巴尼，1878年5月13日年在华盛顿特区去世。

亨利在物理学方面的主要成就是对电磁学的独创性研究。1832年6月，亨利独立于法拉第发现了自感现象，此前，亨利对绕有不同长度导线的各种电磁铁的提举力做比较实验。他意外地发现，当把长导线特别是螺线管的一端从电池上断开时，断裂处出现电火花。由于当时还不知道电磁感应定律，

亨利未能作出解释。1832年6月，他读到一篇关于法拉第电磁感应定律的论文，马上恢复了上述实验，并宣布发现了自感现象。亨利把自感现象理解为线圈在通电时积累电荷，在断电时由电排斥力作用放出电荷以至形成火花的过程，他还总结了自感与导线或线圈的大小、材质以及形状的关系。

亨利的贡献很多，只是当时没有立即发表，因此他失去了许多发明的专利权和发现的优先权。但是亨利仍然不失为公认的著名电学家，为了纪念他，电感的国际单位以亨利命名。

8. 焦耳

焦耳：电能的单位，简称焦，符号 J。焦耳，英国物理学家，1818年12月24日出生于曼彻斯特，1889年10月11日在塞拉逝世。

焦耳自幼跟随父亲参加酿酒劳动，没有受过正规的教育。后来在著名化学家道尔顿的引导下走上了科学的道路。他在实验方面颇有天赋，20岁出头就在电学中观察到电流产生的热量和电流强度的平方、电阻成正比的焦耳定律而扬名一时。然而很长时间这位年青人就在科学界沉寂下去，因为他花了足足30年的工夫不懈地钻研和测定了热功当量。他先后用不同的方法做了400多次实验，得出结论：热功当量是一个普适量，与做功方式无关。他的这一实验常数，为能量守恒与转换定律提供了无可置疑的证据。

由于他在热学、热力学和电学方面的贡献，皇家学会授予他最高荣誉的科普利奖章。后人为了纪念他，把能量和功的单位命名为“焦耳”，简称“焦”；并用焦耳姓氏的第一个字母“J”来标记热量。

9. 特斯拉

特斯拉：磁感应强度单位，简称特，符号 T。特斯拉是世界知名的发明家、物理学家和电机工程师。1856年7月10日出生于克罗地亚，1943年1月7日逝世。

特斯拉在19世纪末和20世纪初对电和磁的贡献是知名的。特斯拉的专利和理论工作形成了现代的交流电电力系统，其中包括交流电动机，极大地推动了第二次工业革命。他开创了特斯拉电气公司，从事交流发电机、电动机、变压器的生产，并进行高频技术研究，发明了高频发电机和高压变压器。1893年，他在芝加哥举行的世界博览会上用交流电作了出色的表演，并用他制成的“特斯拉线圈”证

明了交流电的优点和安全性。

1889年，特斯拉在美国哥伦比亚，实现了从科罗拉多斯普林斯至纽约的高压输电实验。从此，交流电开始进入实用阶段。为表彰他早在1896~1899年实现200kV、架空57.6m的高压输电成果，与制成著名的特斯拉线圈和在交流电系统的贡献，在纪念其百年诞辰时，国际电气技术协会决定用他的名字作为磁感强度的单位。

另外，高斯也是磁感应强度的单位。在高斯单位制中，磁感应强度的单位是高斯，简称高，符号 G，10000高斯等于1特斯拉。为纪念德国著名物理学家高斯而命名。高斯还被誉为历史上最伟大的数学家之一，他长期从事于数学并将数学应用于物理、天文学和大地测量学等领域的研究，著述丰富。他与韦伯合作成就甚多，韦伯做实验，高斯研究理论，韦伯引起高斯对物理问题的兴趣，而高斯用数学工具处理物理问题，影响韦伯的思维方式。

10. 韦伯

韦伯：磁通量的单位，符号 Wb。韦伯，德国物理学家，1804年10月24日生于维滕贝格的一个知识分子家庭，1891年6月23日在哥廷根逝世。

1831年，韦伯任哥廷根大学物理学教授，与高斯共事并成为挚友。1833年，韦伯与高斯合作研发了第一台有线电报机，在哥廷根大学相距9000英尺的物理实验馆与天文台之间架设电线来传输信号。1834年，高斯和韦伯组织哥廷根地磁学联盟，建立起欧洲地磁观测网，这一工作后来使韦伯发明了多种灵敏的磁强计和其他磁学仪器。1832年高斯在韦伯的合作下将测量的绝对单位引入磁学，韦伯后来工作的一个重要方面是将这一思想扩展到电测。他确立了电流的电磁单位，研究了电阻的绝对测量，并提供了几种测量电阻的实用方法。1840年他和高斯画出了世界第一张地球磁场图，而且定出了地球磁南极和磁北极的位置。1855年与科尔劳斯合作，测定了电量的电磁单位和静电单位的比值，其数值与光速相近，这一结果成为麦克斯韦推断光是电磁波的重要依据。

韦伯在理论上的重要贡献是提出电作用的基本定律，将库仑静电定律、安培电动力定律和法拉第电磁感应力统一于同一个公式里，这个公式就是有名的韦伯电作用定律。由于他科学上的卓越贡献，1935年国际电工委员会以“韦伯”作为磁通量的实

用制单位，1948年得到国际计量大会的承认。

11. 麦克斯韦

麦克斯韦：磁通量单位，符号 Mx ，1 麦 (Mx) $=10^{-8}$ 韦伯 (Wb)。麦克斯韦，英国物理学家，1831年6月13日出生于苏格兰爱丁堡，1879年11月5日因病与世长辞。一般认为麦克斯韦是从牛顿到爱因斯坦这一整个阶段中最伟大的理论物理学家，他以列出的表达电磁基本定律的简短四元方程组闻名于世，准确地描绘出电磁场的特性及相互作用的关系，把混乱纷纭的现象归纳成一种统一完整的学说。

在麦克斯韦以前，人们就对电和磁这两个领域进行了广泛的研究，并知道这两者是密切相关的。尽管电磁现象五彩缤纷、瞬息万变，然而它们的存在状态和变化都没有逃出麦克斯韦方程组。四个简短方程式支配着电磁学的一切，麦克斯韦方程组用最完美的数学形式表达了宏观电磁学的全部内容，体现了自然界质朴的统一与和谐之美，赋予了科学理论审美的价值。爱因斯坦说过：“从那些看起来和直接真理十分不同的各种复杂现象中认识到他们的统一性，那是一种壮丽的感觉。”科学史上，称牛顿把天上和地上的运动规律统一起来，是实现第一次大综合，麦克斯韦建立的电磁场理论，将电学、磁学、光学统一起来，是19世纪物理学发展的最光辉的成果，实现了第二次大综合。1873年麦克斯韦出版的《电磁通论》对电磁场理论作了全面、系统和严密的论述，以场作为基本概念使接触作用思想在物理学中深深扎下了根，引起了物理学理论基础的根本性变革，这部巨著也被尊为继牛顿《原理》之后物理学发展史上的又一座丰碑。麦克斯韦关于变化电场产生磁场的假设，奠定了电磁学的整个理论体系，推动了对现代文明起重大影响的电工和电子技术的发展。

麦克斯韦的另一项重要工作是筹建了剑桥大学的第一个物理实验室，即卡文迪许实验室。该实验室对整个实验物理学发展产生了极其重要的影响，众多著名科学家都曾在该实验室工作过。卡文迪许实验室甚至被誉为“诺贝尔物理学奖获得者的摇篮”。

12. 赫兹

赫兹：电磁波的单位，符号 Hz 。赫兹，德国物理学家，1857年2月22日出生于汉堡，1894年1月1日逝世，赫兹对人类最伟大的贡献是用实验证

实了电磁波的存在。

麦克斯韦理论所包含的深刻和新颖的思想，一时还难以被物理学家们所理解。要人们接受它，还需要更强有力的证据，最关键的是需要证明“位移电流”的存在。1886年，赫兹经过反复实验，发明了一种电波环，用这种电波环做了一系列的实验，终于在1888年发现了人们怀疑和期待已久的电磁波。赫兹的实验公布后，轰动了科学界，赫兹的工作给予麦克斯韦的理论以决定性证明，这个理论至此才得到了人们的承认，麦克斯韦也被人们公认为是“自牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。赫兹不但证明了电磁波的存在，还同时发展出电磁波发射、接收的方法，可以称得上是无线通信的始祖。鉴于赫兹对电磁学和社会进步有很大的贡献，故频率的国际单位制单位以赫兹的名字命名。

赫兹的发现具有划时代的意义，他不仅证实了麦克斯韦所发现的真理，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元。更实际一点说，赫兹使麦克斯韦完美的创见变成了现实。此后，人们将电磁波运用到生活的各个方面，无线电技术广泛涌现并投入应用，使整个世界发生了飞速的变化。

几千年来人类对电磁现象规律的认识，经历了由浅入深、由表及里的过程。科学的发展总的说来是既有综合又有分析，但在特定的阶段可能有所侧重。自然科学最早是统一的无所不包的自然哲学，以后物理学从其中分出来，电磁学又从物理学中分出来，电磁学的发展是物理学发展的一个里程碑。电磁学的发展起因于人类对自然现象的认识，但电磁学大厦的建立却主要是在实验室里通过人为设计的实验进行的，并利用数学工具整理出了一套统一完整的电磁理论，这充分表现出科学理论的超前发展对于推动生产技术进步和改善人类生活环境的巨大作用。同时也说明了开展基础理论研究的重要性。

仰观宇宙之宏，历史的画卷恢宏壮丽，我们看到，电磁学的发展极大地促进了人类社会的进步，把人类对自然界的认识推进到前所未有的深度；俯察粒子之微，前行的蓝图催人奋进。我们相信，电磁学领域一定会有令人激动的新发现，探索的目光依旧热烈，电磁学的发展，仍将与人类的进步共生同行，永无止境。

(首都师范大学物理系 100048)