

# 世界著名实验室——卡文迪许实验室

刘茂峰

卡文迪许 (Cavendish) 实验室是当时担任剑桥大学校长的卡文迪许私人捐款兴建的,它既是剑桥大学的物理系,又是研究实验室。它的建立,顺应了 19 世纪后半叶工业技术对科学发展的要求,促进了科学技术的发展。它很快便成为世界科学研究中心之一。随着科学技术的发展,科学研究工作的规模越来越大,社会化和专业化是必然趋势。现在回过头来看,当年卡文迪许的做法是很有远见的。

著名物理学家麦克斯韦 (James Clerk Maxwell) (1831—1879) 负责筹建这所实验室。1874 年实验室建成后他担任第一任实验室主任,直到他 1879 年因病去世。

在他的主持下,卡文迪许实验室开展了教学和科学研究,工作初具规模。按照麦克斯韦的主张,物理教学在系统讲授的同时,还辅以表演实验,并要求学生自己动手。表演实验要求结构简单,学生易于掌握。麦克斯韦说过:“这些实验的教育价值,往往与仪器的复杂性成反比,学生用自制仪器,虽然经常出毛病,但他们却会比用仔细调整好的仪器,学到更多的东西。学生用仔细调整好的仪器易产生依赖而不敢拆成零件。”从那时起,使用自制仪器就形成了卡文迪许实验室的传统。实验室附有工作间,可以制作很精密的仪器。麦克斯韦很重视科学方法的训练,也很注意前人的经验。他在整理一百年前 H. 卡文迪许留下的有关电学的论著之后,亲自重复并改进卡文迪许做过的一些实验。同时,卡文迪许实验室还进行了多种实验研究,例如:地磁、电磁波的传播速度、电学常数的精密测量、欧姆定律、光谱、双轴晶体等等,这些工作为后来的发展奠定了基础。

1879 年麦克斯韦去世后,瑞利 (James William Rayleigh, 1842—1919) 继任卡文迪许实验室主任。他因在气体密度的研究中发现氩而获 1904 年度的诺贝尔物理奖。瑞利在声学 and 电学方面很有造诣。在他的主持下,卡文迪许实验室系统地开设了学生实验。1884 年,瑞利因被选为皇家学院教授而辞职。

继瑞利之后,28 岁的 J.J. 汤姆逊 (J. J. Thomson, 1856—1940) 任该实验室第三任主任。他因通过气

体电传导性的研究,测出电子的电荷与质量的比值获 1906 年度的诺贝尔物理奖。汤姆逊对卡文迪许实验室的建设有卓越贡献。在他的建议下,从 1895 年开始,卡文迪许实验室实行吸收外校及国外的大学毕业生当研究生的制度,建立了一整套培养研究生的管理体制,树立了良好的学风。一批批优秀的年轻学者陆续来到这里,在汤姆逊的指导下进行学习和研究。他培养的研究生中,有许多后来成了著名科学家,例如卢瑟福、朗之万、W.L. 布拉格、C.T.R. 威尔逊、里查森、巴克拉等人,其中多人获得了诺贝尔奖,对科学的发展有重大贡献,有的成了各重要研究机构的学术带头人。

汤姆逊和卢瑟福最早证实了空气被 X 射线游离。从游离现象推导出游离辐射 (放射线),也就是由原子释出能量范围广大的电磁波和粒子辐射。汤姆逊最负盛名的贡献是探讨阴极射线的性质,也就是电子的性质。他借助电场来偏转阴极射线;而不是像过去那样用磁场使它偏转。从而证实电子为带负电的粒子。接着他又测定电子的质量,约为氢原子核的二千分之一。因此电子在当时被视为是最小的粒子。电子是属于次原子级的粒子,汤姆逊是证明次原子级粒子存在的第一位,从此打开了次原子级的门户。后来汤姆逊证实电子和物质相互作用的结果会产生 X 射线,而 X 射线和物质相互作用的结果却会产生电子。第一个原子模型也要归功于汤姆逊,也就是闻名的枣糕模型。他绘出原子为一球形,充满了正电荷,同时也有相同数目的负电荷(电子)。汤姆逊因在电子和气体导电两方面的卓越成就,获得 1906 年度的诺贝尔物理奖。

汤姆逊领导的 35 年中间,卡文迪许实验室的研究工作取得了如下成果:进行了气体导电的研究,从而导致了电子的发现;放射性的研究,导致了  $\alpha$ 、 $\beta$  射线的发现;进行了正射线的研究,发明了质谱仪,从而开创了同位素的研究;膨胀云室的发明,为核物理和基本粒子的研究准备了条件;电磁波和热电子的研究导致了真空管的发明和改善,促进了无线电电子学的发展和应用。这些引人注目的成就

使卡文迪许实验室成了物理学的圣地，世界各地的物理学家纷纷来访，把这里的经验带回去，对各地实验室的建设起了很好的指导作用。

1919 年，汤姆逊的职位由他的学生卢瑟福（1871—1937）继任。卢瑟福是一位成绩卓著的实验物理学家，是原子核物理学的开创者。他因在揭示原子奥秘方面做出的卓越贡献获 1908 年度的诺贝尔化学奖。

卢瑟福更重视对年轻人的培养。在他的带领下，查德威克发现了中子；考克拉夫特和沃尔顿发明了静电加速器；布拉凯特观测到核反应；奥里法特发现氘；卡皮查在高电压技术、强磁场和低温等方面取得硕果，另外还有电离层的研究，空气动力学和磁学的研究等等。

1937 年卢瑟福去世，由 W.L.布拉格继任实验室第五任主任。W.L.布拉格与其父 W.H.布拉格因在 X 线衍射分析晶体结构方面的成就共获 1915 年度的诺贝尔物理奖。在二次世界大战的时候，实验室的主攻方向由主要从事原子物理和核物理基础研究转向对雷达、核武器的军事研究。二战结束以后，鉴于从科学研究和对于国家安全的重要性出发，英国政府觉得核物理研究不应该在大学的一个实验室里进行，就专门成立了一个国家实验室。所以从事核物理研究的科学家就转移到国家实验室去了，钱也转移过去了。这样，实验室不仅经费短缺，研究方向也失去了。

在新的形势下，实验室在布拉格的领导下，将主攻方向由核物理改为晶体物理学、生物物理学和天体物理学，实现了战略转移。他本人和他父亲在实验室进行 X 射线晶体分析技术进行生物大分子结构的跨学科研究。由于没有研究经费，布拉格一方面支持他的两个部下莱尔（Ryle）和 Ratcliff 领导的小组收集军队废弃的雷达组装成原始的射电望远镜，开启了 20 世纪宇宙天文的研究。他又从医学研究委员会争取到一笔经费。当时柯立克（Crick）和华生（Watson）在实验室工作，他们对 DNA 有浓厚的共同兴趣，加入了蛋白质结构分析小组，最终发现了 DNA 双螺旋结构，建立了正确的 DNA 分子结构模型。这个重大的科学发现被评为二十世纪最伟大的发现。布拉格的远见，在困难的条件下保证了实验室在这两个新兴学科上作出了辉煌的成果，发现了类星体、脉冲星、DNA 双螺旋结构，确定了

血红蛋白质的结构等，造就了一大批诺贝尔奖获得者，为战后英国的科学争得了极高的荣誉。

1954 年，固体物理学家莫特（Nevill Mott，1905—1996）任实验室第六任主任，直到 1971 年退休。

莫特 1905 年 9 月 30 日出生于英国利兹，1927 年在剑桥大学获硕士学位。莫特早期研究原子碰撞理论，并与马塞（H.S.W.Massey）在 1933 年联名出版了权威的《原子碰撞理论》一书，书中讨论了带电粒子的“莫特散射”。后来莫特转入固体物理学的研究，在金属导体、离子晶体、半导体等方面，作出了许多有影响的工作。1936 年莫特和琼斯（H.Jones）合著了《金属与合金性质的理论》，1940 年，他和格尼（R.W.Gurney）合著了《离子晶体中电子过程》，对现代固体物理学的形成和发展有重要的影响。第二次世界大战后，莫特等人研究了晶体缺陷及其对力学性质的影响。20 世纪 60 年代起，莫特致力于发展无序体系及非晶态物质的电子理论研究，有力地推进了非晶态物质研究的进展。1971 年，他和戴维斯（B.A.Davis）合著了《非晶态物质的电子过程》。莫特因对磁性与不规则系统的电子结构所作的研究，于 1977 年与其他两位科学家共获诺贝尔物理学奖。

1971 年超导物理学家派帕德（A.Brian Pippard，1920—）任实验室第七任主任。1953 年，派帕德根据在一系列超导体上所作的微波表面阻抗的测量结果，提出了相干长度的概念。1960 年发表了利用相对论研究穆斯堡尔效应的论文。1961 年派帕德收约瑟夫森（Brian D.Josephson）为研究生，指导他做实验和理论研究。约瑟夫森研究超导隧道效应，写出了论文初稿，派帕德请正在剑桥大学访问的安德森（Philip W.Anderson）教授帮助审阅，他们三人进行了讨论。在安德森的帮助下，约瑟夫森 1962 年在欧洲的《物理通讯》上他发表了划时代的论文《在超导隧道中可能的新效应》，从理论上预言了以后以他名字命名的约瑟夫森超导隧道效应，此时他只有 22 岁。第二年有多人的实验证实了约瑟夫森的预言。约瑟夫森因此项工作而获 1973 年度诺贝尔物理奖，而支持约瑟夫森研究的派帕德由于在论文上没有署名，失去了诺贝尔奖提名的机会。

国际著名的理论凝聚态物理学家爱德华兹（Samuel Frederick Edwards，1928—），1983—1995 年担任卡文迪许实验室第八任主任。他 1949 年毕业

于英国剑桥大学，获硕士学位，后赴美留学，1951年获得哈佛大学博士学位。1953年到普林斯顿高级研究院工作，次年回国，在伯明罕大学任教，1958—1972年在曼彻斯特大学物理系任理论物理教授。1972年到卡文迪许实验室任教授。1992—1995年任剑桥大学副校长。爱德华兹早期从事电动力学和量子场论研究，后将量子场论的概念和方法应用到固体物理和化学物理的各种问题上，包括液态金属、涡流、高分子物理及非有序磁性系统。最新研究领域包括粉末材料及玻璃的流动、拉胀性、神经网络的信息传递等。他在理论高分子物理方面的成就尤为突出，其标志便是国际公认的爱德华兹哈密顿量的问世。他发表论文250余篇，专著2部以及若干有关科学技术的政策性论著和报告。

1995年起担任实验室第九任主任的弗伦德

(Richard H. Friend, 1953—)是位实验物理学家。弗伦德在实验中发现，有机聚合物在电场中可以发光，这个将电转化成光的新途径为有机聚合物的应用开辟了广阔的前景。由于有机材料的特点，可以很容易地调节半导体的能隙和功函数，提高发光效率，改变光的颜色。现在，用有机材料制造的电致发光、像素显示、信息存储等方面的产品已进入市场。

20世纪70年代以后，古老的卡文迪许实验室已经大大扩建，研究的领域包括天体物理学、粒子物理学、固体物理以及生物物理等等。

卡文迪许实验室在近代物理学的发展中做出了杰出的贡献，近百年来培养出的诺贝尔奖获得者已达20余人，卡文迪许至今仍不失为世界著名的实验室之一。

(山东省汶上县第一中学 272500)

## 科苑快讯

### 以电离空气驱动的飞碟

美国佛罗里达州的科学家

正在计划建造飞碟。将其命名为

无翼电磁飞行器 (wingless electromagnetic air vehicle, WEAV) 的佛罗里达大学教授罗伊 (Subrata Roy) 说，这将开创飞行器设计的新纪元，“如果计划付诸实施，必然彻底改变既有的飞行器设计思路。”



WEAV 的设计效果图，并非不明飞行物 (UFO)

WEAV 是基于磁流体动力学上的一个物理现象设计的，就像美国电影《猎杀“红十月”号》(The Hunt For Red October) 中雷米斯 (Marko Ramius) 艇长的潜艇。这艘虚构的潜艇没有驱动和转动部分，靠一系列电极使水电离，然后将电离水推向潜艇后部，驱动潜艇无声地前进。不论空气也罢、水也罢，原理却都相同。

WEAV 装有两套不同的电极：一套电极位于飞行器的顶部和底部，将空气推向飞行器下方，为其提供升力；另一套电极沿飞行器边缘安装，

驱动飞行器迅速前进。电极通过将空气电离为等离子体，产生传导流体。电流通过等离子体产生的作用力，推动周围空气产生升力和动力，而飞行器本身并无驱动部分。飞行器通过旋转保持自身的平稳，就像射出枪膛的子弹，在不断旋转的同时直线前进。

美国宇航局 (NASA) 格伦研究中心 (Glenn Research Center) 的克洛扎 (Anthony Colozza)，没有参与罗伊的项目。他说这并非首次采用电离空气驱动飞行器：早在8年前，NASA的一个小组就曾用过装有外置电池的这种飞行器，“当时的研究者都对此感到不可思议……这台反重力机器置于真空中时，根本不能起动。”这种新型飞行器需要空气或者至少要有磁场，才能运转，所以不能飞行于宇宙空间。尽管罗伊认为 WEAV 能够执行宇航任务，但是还不能指望它像电影中的飞碟那样飞离地球。罗伊说：“脱离地球的引力场就是另外一回事了。”

罗伊预计，4个月后即可开始测试飞行。如果一切顺利，利用磁流体动力学的这种物理原理还可建造更大的飞行器，而且建造大号 WEAV 是完全可行的。

无论 WEAV 是否能够成功上天，都会非常吸引眼球，NASA 和美国空军都已接触罗伊。罗伊说：“真是难以置信，我们竟会接到那么多电话和电子邮件。”

(高凌云译自澳大利亚广播公司2008年7月1日科技新闻)