

# J.J.汤姆孙： 促成卡文迪什学派崛起的先驱者

程民治 朱仁义 王向贤

众所周知，创建于 1871 年而竣工于 1874 年的卡文迪什实验室 (Cavendish laboratory)，是 20 世纪世界著名的物理学研究中心。经过 100 多年的发展，随着它规模的不断扩大，仪器设备的日益更新，从小科学向大科学的成功转变，以及研究人员队伍的逐渐壮大，尤其是以它为基地，孕育和兴起了一个现代物理学史上最具影响力的研究学派之一——卡文迪什学派。这就使得该实验室在推动着 20 世纪科学的突飞猛进的同时，还相继地从这个实验室一共走出了 25 位诺贝尔奖金荣膺者。因此，100 多年来，卡文迪什实验室不仅成了世界各国物理学家心目中的“麦加”（圣地），而且还成了全球科学史家们密切关注的焦点。有关史料与研究文献可谓是汗牛充栋。尽管如此，但笔者却发现，除了几部全方位系统地介绍卡文迪什实验室史之外，大部分研究都聚焦于卢瑟福 (E.Rutherford) 任职时期。当然，这种研究偏好理所应当、无可厚非。因为此期间该实验室正处于其发展史上的巅峰时期。不过，我们同时也要看到，卡文迪什实验室在卢瑟福任教授时期的辉煌，决非空穴来风，而是此前许多人齐心协力共同开创和精心培育的自然结果。其中 J.J.汤姆孙爵士 (Joseph John Thomson，以下简称汤姆孙) 从 1885 到 1919 年历时 35 载的领导和努力所作出的杰出贡献，也应该予以高度的关注。因为笔者在新近的研究中发现，正是在汤姆孙任职期间，一个以卡文迪什为名的研究学派，第一次登上了历史的舞台。而卢瑟福当初正是作为这个学派的成员之一，步入他那不同凡响的科学生涯的。据此，笔者将拟就这个鲜为人知的科学史史实，特作如下论述。

## 一、因司图华特的影响献身物理学

汤姆孙于 1856 年 12 月 8 日生于英格兰曼彻斯特郊区齐山姆的一个出版商的家庭。14 岁进入欧文学院学习。不久父亲病逝，仅靠微薄的奖学金维持



学业。求学期间，因受该校一位颇有才气的物理学教授司图华特 (B.Stewart) 的影响，使他放弃了做一个工程师的打算，立志献身于物理学。1874 年，年方 18 岁的汤姆孙，也正是在司图华特的指导下，完成了第一篇科学论文《绝缘体之间接触电的实验研究》。

1876 年，经考试合格并获得一份奖学金，汤姆孙成为剑桥大学三一学院的数学研究生。此后，他便在剑桥度过了一生。1880 年，他取得数学荣誉学位考试的第 2 名，次年便成为三一学院的研究员。由于对完全不可压缩流体中两个闭合旋涡相互作用的研究成果，1883 年他荣获亚当斯奖金，因而当年就晋升为讲师。1884 年春被选为英国皇家学会会员，随后转入卡文迪什实验室工作。1884 年 12 月 22 日，汤姆孙被剑桥大学评审委员会评为卡文迪什实验室教授，接替瑞利 (T.B.Rayleigh) 的主任职位。这一结果令所有人大为震惊，因为当时的汤姆孙年仅 28 岁，并且其他候选人绝大多数都是他在曼彻斯特或剑桥的老师。他之所以能够力敌群芳，在竞争中取胜，其主要原因包括：其一，他早期的研究路线主要集中于三个方面：亚当斯奖所要求的研究主题；麦克斯韦电动力学的数学发展；拉格朗日公式的动力学运用。其二，1884 年 12 月他完成了精确测定电量的静电单位与电磁单位两数值之比（结果为  $2.997 \times 10^{10} \text{cm/s}$ ）等实验研究。其三，评审者认为他是更加典型的剑桥风格的物理学家，因为在 1880~1884 年期间，他发表的 10 篇论文中绝大多数是数学物理学领域中的理论性文章。1905 年，汤姆孙又接替了瑞利担任皇家学院自然哲学教授，1906 年，因对气体导电的理论和实验所作出的杰出贡献而荣获诺贝尔物理学奖；1911~1913 年任英国皇家学会副会长；1915~1920 年任会长。1918 年起担任三一学院院长，1919 年他辞去卡文迪什实验室教授

留在实验室，一如既往地从事研究工作，长达 21 年。1940 年 8 月 30 日他在剑桥逝世，享年 84 岁。为了表彰他的卓越贡献，汤姆孙谢世后，他的骨灰被安葬在西敏寺的中央，与牛顿 (I.Newton)、达尔文 (C.R.Darwin)、开尔文 (L.Kelvin) 等伟大的科学家的骨灰安放在一起。

汤姆孙一生中最主要的贡献，除了精确地测定了电子的质荷比即发现了电子之外，还发明了研究极隧射线时发展起来的质谱方法。与此同时，他在担任卡文迪什实验室教授期间，还为实验室的进一步发展奠定了最厚实的基础。其中一个没有引起人们高度重视乃至疏忽的卓著业绩，就是他在主持实验室期间，逐步酝酿培育形成了一个卡文迪什学派。而这便是笔者最为关注的焦点。

## 二、为肩负新使命而刻意转换角色

正如上文所述，汤姆孙正是以他超群的才干征服了剑桥大学的评审委员会，入主卡文迪什实验室的。这对他而言，既是一种莫大的荣誉，又是一种巨大的压力。为了继承和发展卡文迪什实验室的事业，他必须以他的二位前任麦克斯韦 (J.C.Maxwell) 和瑞利勋爵为楷模，并针对自己在实验、教学和管理等方面所存在的缺陷，重新调整自己的角色。亦即：一则要使自己成为一流的实验物理学家；二则他还必须致力于使该实验室的教学要求与剑桥大学相匹配；三则作为实验室的主任，对于自己所面临的实验室的组织、管理和人事安排等方面的复杂问题，必须审时度势、应变自由。为了迎接新的挑战、更好地履行自己的职责，汤姆孙含辛茹苦、呕心沥血，为实现自己角色的转换，作出了一系列的努力。这种角色的另行调整，主要体现在如下两个方面：

一是实现了从数学家向实验物理学家的角色转变。汤姆孙的这种角色转换过程，是以他对卡文迪什实验室宗旨的继承，并力图对麦克斯韦电磁理论进行实验证明的研究开始的。他在经反复实验准确地测定了如上所述的关于电量的静电单位与电磁单位两数值之比的基础上，又于 1886 年同纽沃尔 (H.F.Newall) 一起，试图证明麦克斯韦电磁理论，即通过实验研究介质中的替代电流的连续性问题。虽然他们的研究被赫兹 (H.R.Hertz) 于 1887 年的实验结果 (电磁波的传播速度与光速有相同的数量级) 所打断，使其丧失了了在剑桥证明麦克斯韦理论的机会，但赫兹的结论在卡文迪什依然受到欢迎。

在 1890 年前后，训练有素并已经积累了大量的实验研究经验的汤姆孙，开始将探索的目光转向了气体导电，并将这一研究课题作为他和实验室当时的主攻方向。此后，汤姆孙就逐步地成长为一名合格的理论和实验物理学家。这种从数学家向实验物理学家的角色转换，可从两个方面得到有力佐证：首先是于 1893 年，汤姆孙出版了第一部能够充分展示他的动手能力与技巧的实验研究著作——《电磁学的最新研究动向》；其次是从他于 1885~1894 年间，所发表的一系列分别与纽沃尔、斯莱弗 (R.Threlfall)、默克曼 (J.Monckman) 和谢尔 (G.F.C.Searle) 合作的论文类型来看，其中数学/理论类文章占 11 篇，而实验类则有 26 篇；再次是他十分注重自己设计和制作仪器，并具有理论分析的才华。

二是从单一的研究型学者向集教学与管理于一身的角色的转变。从 1871 年到 1879 年期间，时任卡文迪什实验室主任的麦克斯韦，曾为该实验室培植了三个重要传统，其中之一是教学与实验相结合的研究传统。汤姆孙为了克服上任之初教学经验十分匮乏这一缺陷，在教学中勇于挑重担。他不但给研究生讲专业课，还给本科生开设基础物理课。在 1884~1895 年连续 11 个春秋中，他坚持每学年给学生讲授四到七门课。其教学工作量既远远超过了当时剑桥“每两学期中至少开一门课”的规定，也大大超出了两位前任每学年只分别上两至三门课的任务。因为在汤姆孙看来，“讲课对于一个研究人员极为有益，可促使自己重新考查基本概念。”同时，“他讲课时既热情，又严格，思维敏捷并富有启发性。”不仅如此，“他常以改进大学和中学的物理教学而自娱”，力图对卡文迪什实验室的课程设置进行了一定的改革。即将以往的学位考试课程一分为二，分别增设了针对物理专业学生的数学课以及数学学位考试中的实验演示内容，起到了十分良好的教学效果。

1895 年，汤姆孙在系统地总结了他多年的“电磁学”和“物理专业学生的数学”授课经验的基础上，不仅出版了一本专著《电磁学的数学理论基础》，而且后来又和他的密友坡印廷 (J.H.Poynting) 合作，写了好几部出色的教科书。

特别值得一提的是，随着教师队伍的不断壮大和实验演示员数量的日趋增加，教材的需求量问题

变得十分突出。为了使卡文迪什的实验传统（麦克斯韦培植的精确测量的传统）得到进一步的加强，并形成自己的特色。在汤姆孙的领导尤其是在他的言传身教下，各种物理实验教材层出不穷，其中有些还一版再版。这些教材所编排的实验具有鲜明的典型性和代表性，可操作性和应用性也极强。不仅可以直接在课堂上帮助老师和学生们进行教学活动，而且还可使学生得到有序、系统而良好的训练。

在汤姆孙入主卡文迪什实验室之初，由于改变了招生对象，该实验室不再是过去那种数学学位考试一等及格者（Wrangler）云集的中心，从而使1884~1895年间生源结构发生了很大的变化（倾向实验研究的学生大幅度增多，而最具潜力的学生却不断减少），这就直接导致了实验室在此期间还没有形成一种占支配地位的核心研究计划。即便是这样，但由此却引起了另一个值得关注的变化，即学生在汤姆孙指点、启发与辅导下的研究论文数量在增加，很多发表的论文中都提到“汤姆孙教授的建议”。

尽管汤姆孙此时已经完成了向教师角色的转换，但在卡文迪什实验室的管理方面，所遇到的各种各样的困难，则是他无法回避和一时难以应付的。令汤姆孙深感幸运的是，事情却出现了一个非常好的转机：他的前辈和老师格拉茨布鲁克（R.T.Glazebrook）和肖（W.N.Shaw），这两位曾经协助过瑞利参与实验室的管理工作的著名学者，在汤姆孙正式当选后，他俩也先后都被安排到其他合适的岗位上，并且各自很快调整好了原先落选时的低落情绪（其中格拉茨布鲁克情绪更沮丧），依然一如既往地卡文迪什实验室的研究工作尤其是在管理方面进行了必要的指导。更为关键的是他俩凭借自己在剑桥的资历、地位和良好的人际关系，与汤姆孙并肩共同捍卫了卡文迪什实验室的利益。例如，在剑桥于1896年6月召开的校务委员会的一个重要讨论会上，正是肖为卡文迪什实验室的扩建而进行了鼎力的争取，而当时的汤姆孙是根本没有资格参加这样的讨论会的。

如上文所述，此时的汤姆孙虽然完成了由数学家向实验物理学家的角色转变，但与卡文迪什实验室的要求相比较，他的实验才能还显得有些不足。据此，他还聘请了一位私人助手埃文雷特（E.Everett）。在他的整个任期内，埃文雷特在其所有的研究中，都给予了汤姆孙“最有价值和富有能

力的帮助”。与此同时，汤姆孙还在实验室的人事安排、资金的筹措、仪器设备的生产与配备，以及如何奖励那些作出突出贡献的研究人员和极具天赋的学生等方面，都分别采取了一些卓有成效的措施，予以妥善的解决，藉以确保课程改革的顺利实施和卡文迪什实验室的健康、稳步地向前发展。鉴于篇幅所限，笔者在此不一一赘述了。

此外，为了保证卡文迪什实验室的非智力因素的长盛不衰，汤姆孙竭尽全力、想方设法，为其营造了一个极其活跃而又生动活泼的学术氛围和软环境。即一是在他的提议与发动下，该实验室成立了“卡文迪什物理学会”，围绕着当时物理学前沿的最新进展进行讨论，任何人都可以对自己感兴趣的问题发表见解，而不必遵循正式规则；他们也可以把自己即将发表的论文拿出来与他人共同商讨。二是采纳了汤姆孙夫人的建议，从1895年起，在学会开始讨论之前，由她安排和主持“茶时”（Tea Time）聚谈。由于采取了这种相互切磋的自由方式，在这段时间内，既可以使研究者达到彼此之间充分的互动；又可以使他们与外来的访问学者相互熟悉。足见，在汤姆孙的以身作则和率领下，麦克斯韦所倡导的第三个传统——在实验室推行民主学风，也得到了进一步的发扬光大。

截至1894年止，肩负重任、承受着巨大压力的汤姆孙，终于在历时10年中，逐步完成了自己的角色转换。这种复合型学者的形成，不仅是他与卡文迪什实验室同步发展的客观要求和必然结果，更为一个可以称之为学派的研究集体的出现，奠定了坚实的基础。

### 三、为促成学派的崛起而拼搏进取

我们知道，“任何一个学派，不仅拥有独树一帜的理论纲领（或科研风格），而且都是由核心人物及其追随者组成的享有崇高集体威望的机构。”第四代瑞利勋爵（R.J.Strutt）在其为汤姆孙所撰写的传记中，曾十分明确地指出了形成一个科学学派的三个基本要素，即“令人鼓舞的领导者”、“开放而易于出成果的研究路线”以及“适当类型的研究学生”。那么，为什么有人宣称：“汤姆孙所领导的研究集体已经具备了一个科学学派应该具备的三项条件”呢？他在为促成卡文迪什学派的崛起和发展，到底作出了哪些重大的贡献呢？

如上文所述，汤姆孙和卡文迪什实验室从1894

年开始，就已经涉猎到物理学的前沿领域。到了1895年，随着剑桥新出台的招生简章的颁发，直接触发了卡文迪什实验室的组成人员发生了革命性的变化。因为新的章程规定，其他大学的学生，如果在两年内完成研究工作并提交论文获得通过后，即可取得剑桥的学位。这一规定可以使剑桥招收到世界上最优秀的学生，从而改变了其在与德国大学竞争中的被动局面。这也是剑桥在19~20世纪之交，为迎接时代的挑战而进行的重大变革之一。

在按照新的规章录取的首批高级研究生中，就包括来自英属殖民地新西兰的卢瑟福。热情的汤姆孙张开了双臂热烈地欢迎这批来自异国他乡的求学者。汤姆孙的好客、待人的亲切和蔼与无微不至的关怀，以及卡文迪什实验室优越的环境和条件，深深地感染和震撼着这批能在短期内即可取得良好成绩的高级研究生们。如卢瑟福当时在给他未婚妻的信中，就非常客观地提到卡文迪什实验室氛围的改观，尤其是在教授的房间按照惯例举行的下午茶制度，也有助于把他们融为一个社会和智力共同体。

1895年，伦琴(W.K.Röntgen)发现了X射线，X射线的奇异特性，更加激发了汤姆孙早于1890年就开始的带领他的学生所投入的研究阴极射线的兴趣。他在总结当时人们对阴极射线的本性问题所持有的彼此对立观点的两大流派（主张带电微粒说的英国学派和主张以太论的德国学派）的基础上，不再去研究X射线的本质及其应用价值，而是另辟蹊径，即在助手的帮助下，他马上利用X射线轰击气体。实验表明，X射线能使气体分子电离并成为导体。但汤姆孙认为在X射线作用下，通过气体的电流与电压之间的关系并非像欧姆定律那么简单，而是可以用一个复杂的微分方程来描述。这个方程应包含气体解离后再结合的系数 $\alpha$ 、迁移率 $k_1$ 和 $k_2$ ，以及因X射线的作用每秒钟被解离的离子数。后者可由无火花放电时气体通过的最大电流来确定。而要测定 $\alpha$ 、 $k_1$ 和 $k_2$ 却比较复杂，这个测定的实验难题被卢瑟福攻克了。他巧妙设计和制造了较精密的仪器，测出了不同气体的 $\alpha$ 值和确定了气体离子的迁移率 $k_1$ 和 $k_2$ 。此外，汤姆孙的其他弟子诸如泽莱尼(John Zeleny)和汤森(J.S.Townsend)，分别在确定产生离子时既定速度气体所需的电动力和离子扩散方面做了不少工作。1896年11月，汤姆孙和卢瑟

福发表了合作的论文《论暴露在伦琴射线中的气体导电》，介绍了气体导电实验的最新进展。随后，汤姆孙采用了不同的管子、不同的电极、不同的气体甚至不同的方法，分别通过三个实验——观测阴极射线的电荷，使阴极射线在静电场中偏转，测量阴极射线的荷质比，证明了阴极射线运载的是带负电荷的粒子流，而这些粒子的质量小于一个氢原子质量的千分之一，其质荷比为 $10^{-11}\text{kg/c}$ ，比氢离子的质荷比 $10^{-8}\text{kg/c}$ 小千倍。于是，汤姆孙最终认定：“不论物质所处的条件是多么不同，看来粒子是各种物质的组成部分。因此，粒子很自然地被认为是建造原子的基础。”后来他就将这一粒子正式命名为“电子”，一举摘取了1906年度诺贝尔物理学奖的桂冠。

1897年8月，汤姆孙把上述这些结果汇集在《阴极射线》的论文中，并于同年10月公开发表。电子的发现，不仅打破了“原子是物质结构的最小单元”的观念，揭示出了电的本质。而且电子是人类有史以来所发现的第一个基本粒子，它使人们对物质世界的认识向前迈进了一大步。汤姆孙因此而被誉为“最先打开通向基本粒子物理学大门的科学家。”与此同时，电子发现的过程也使汤姆孙在卡文迪什实验室创造出了一种新的研究方式。卢瑟福等高级研究生虽然在这当中作了大量极其重要的实验，并取得了一系列至关重要的结果，但只有学识渊博的汤姆孙，才能把每个人的实验整合为一种崭新的理论成果。这就必然使此时高级研究生们的研究课题，总是与汤姆孙的兴趣息息相关。

电子的发现也使得那些来自世界各地的研究生们为之而自豪，极大地鼓舞了他们刻苦攻关的斗志。史料证明，从1895~1900年间，研究论文的数量急剧增加。从而使得这段时间成了卡文迪什实验室有史以来第一个最辉煌的时期。基于教授的人品与师德、博采众长的学识和敏锐的科学洞察力，使汤姆孙在高级研究生之中享有崇高的威望。他们所选择的研究课题，身不由己地被汤姆孙的兴趣和所关注的范围所左右，从而紧紧地围绕在教授的周围，形成了一个以汤姆孙为其核心的研究小组。在教授的主持下，卡文迪什实验室的研究方向由电磁精密测量转移到气体放电现象，由此引向微观世界的实验探索，继而产生了一条独树一帜的研究路线。正是这条研究路线，奠定了卡文迪什实验室在原子物理

和原子核物理研究领域的领先地位，促成了其研究成果的迅速增长。到了1897年时，对于卡文迪什的研究人员来说，他们似乎达到了某种共识，即他们都是一个科学研究共同体的成员。这种认同感和归属感的产生，是以汤姆孙为核心的研究集体，在卡文迪什实验室所作出的一系列伟大贡献的自然结果。所以，对照前文中第四代瑞利勋爵所列举的形成一个科学学派的三大基本要素，笔者认为，在汤姆孙担任卡文迪什实验室教授的前15年中，一个可以被称之为“卡文迪什学派”的研究集体，正在悄然兴起。

当然，电子的成功发现，除了汤姆孙和高级研究生的智力天赋得到了淋漓尽致的发挥以外，离不开实验室在教学、管理、师资、资金和仪器等方面的支持。在取得了显赫的业绩后，汤姆孙又针对资金不足、师资力量薄弱和研究空间极度拥挤等问题，不仅通过自筹（主要是学费）和募集资金（如从1904年度诺贝尔物理学奖得主瑞利捐给剑桥的奖金中申请到了5000英镑）的方式，扩建了实验室的规模；而且通过对初级班和高级班采取不同的教学系统的方法，满足了大学教学的要求，确保了教学质量。尤为重要的是，从汤姆孙开始，卡文迪什实验室建立了一整套培养研究生的管理体制，树立了良好的学风。并在他的倡议下，该实验室率先实行了对女学生开放的制度。这就为剑桥大学日后能够涌现出一些杰出的女科学家开创了先决条件。如在20世纪50年代初曾为揭示DNA双螺旋结构立下汗马功劳的女性X射线晶体学家——富兰克林（R.E.Franklin），就是一个典型的例证。

1897年之后，卡文迪什实验室的研究焦点聚集在认识原子和亚原子结构上。例如：威尔逊（C.T.R.Wilson）已经开始了他发现宇宙射线的基础性研究工作，理查德森（O.W.Richardson）为热离子学的发展提供了科学基础；泽莱尼精确地测量了电场作用下离子的速度，朗之万（P.Langevin）随后改进了方法，扩展到对所有离子速度的测量，迈克里兰（J.A.McClelland）研究了通过白热化金属和电弧的空气和其他气体的导电性，这些研究导致了解释带电离子现象方面的重大进展。在汤姆孙担任卡文迪什实验室教授的最后10年里（1909~1919），阿斯顿（F.W.Aston）、威尔逊、布拉格（W.L.Bragg）、泰勒（G.Z.Taglar）和阿普顿（E.Appleton）等人在

实验室进行了不同凡响的研究工作。其中威尔逊对云室的连续研究后来被卢瑟福称为“整个物理学史上最具开创性的工作”。在具体研究中，作为学派的领袖汤姆孙，常常给那些遇到困难青年科研人员指点迷津，但一旦获得了成果则完全归功于他们自己。汤姆孙的这种心胸开阔、虚怀若谷的楷模行为，对于凡是选择同一课题而取得相同的结果却为优先权问题争得不可开交的人来说，无疑是一种最好的教育、警示和启迪；也使得绝大多数受益于汤姆孙的研究人员深感不安；同时还使他们认识到对于一个研究集体而言，不断地开拓新的研究领域要比争吵优先权更为重要。实验室的凝聚力从而得到了进一步强化。实验室全体成员之间洋溢着如此亲密无间的情感与战斗友谊，既是对卡文迪什实验室优良传统的继承和发扬，也是卡文迪什实验室未来几代研究人员值得借鉴的光辉榜样。

1885~1914年间受到过汤姆孙教益的各国研究生中，有许多后来成了著名的科学家，其中7人获得了诺贝尔奖，27人取得英国皇家学会会员资格。在汤姆孙入主卡文迪什实验室长达35年的岁月中，所取得的各种引人注目的科学成就，使卡文迪什实验室成了物理学的圣地，全球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到了很好的指导作用。这里我们需要指出的是，1912年当尼耳斯·玻尔（N.Bohr）带着自己崭新的关于“原子的量子化的定态的陈述和辐射的频率法则”之理论思想来到剑桥时，时龄已有50多岁而又被繁忙的公共事务缠身的汤姆孙，对此已无暇顾及不再感兴趣，但却引起了当时在曼彻斯特的卢瑟福的极大关注，从而最终使尼耳斯·玻尔去了曼彻斯特。难怪W.L.布拉格在总结教授科学人生的辉煌与遗憾时，曾指出：“汤姆孙是新老物理之间奇特的链环，他已经打开了通向新物理学的大门，自己却从未进去过。”

1918年，因三一学院院长巴特勒（Montagu Buler）去世，院长职位出现空缺，汤姆孙理所当然地成为众望所归的继承者。他在兼任卡文迪什实验室教授的同时，开始选择自己的接班人。1919年卢瑟福以其在麦克吉尔和曼彻斯特所取得的卓越贡献和高尚的品格，当选为卡文迪什实验室的教授。他的返回，为该实验室和卡文迪什学派开创了新的研究路线和前沿领域，继续迈向20世纪物理科学的制

北京时间 2010 年 10 月 1 日 18 时 59 分 57 秒，中国在西昌卫星发射中心用“长征三号丙”运载火箭，将嫦娥二号卫星成功送入太空。

按照原定飞行控制计划，嫦娥二号在长达 100 多小时的奔月途中，将安排大概 3 次中途修正，以确保卫星精确地飞向月球。10 月 2 日，北京中心采用姿控扰动补偿模型，对轨道进行了精密计算、反复复核，成功实施了首次轨道中途修正。从对修正后的计算结果分析来看，控制非常精准，满足卫星到达近月制动点的精度要求。所以，原计划于此后进行的 2 次中途修正不再进行，将为嫦娥二号卫星在环月轨道开展绕月探测工作提供更多动力支持。

经过 5 天的奔月之旅，嫦娥二号飞行到月球附近，其相对月球的速度大于 2.38 千米/秒的月球逃逸速度，如果不减速，卫星将飞离月球。要实现绕月飞行，必须进行制动，将其飞行速度降低到月球逃逸速度以内，从而被月球引力捕获，成为月球卫星。10 月 6 日，嫦娥二号卫星成功完成第一次近月制动，使卫星进入运行周期为 12 小时的环月椭圆轨道。第一次近月制动的成功，意味嫦娥二号结束奔月飞行，为嫦娥二号卫星最终进入工作轨道，进行科学探测活动奠定坚实基础。10 月 8 日、10 月 9 日嫦娥二号卫星成功实施第二次、第三次近月制动，顺利进入轨道高度为 100 千米的圆形环月工作轨道。根据实时遥外测数据监视判断，卫星远月点高度由 1825 千米降至约 100 千米，进入周期约 118 分钟的圆形环月工作轨道。

从 10 月 9 日嫦娥二号卫星实施第三次近月制动，截止到 10 月 15 日，嫦娥二号卫星已经在工作轨道上运行了 48 圈，也就是 55 万多千米，从国家

高点。

100 多年来，卡文迪什实验室之所以能够相继为世界各国培养和造就了许许多多的科学精英，并在现代科学的腾飞中发挥了特殊的重要作用。毋庸置疑，这与从 19 世纪 90 年代到 20 世纪 40 年代，该实验室始终存在和活跃着一个以其教授为核心的研究小组即卡文迪什学派密切相关。而这个学派的伟大缔造者正是汤姆孙，而于 1919~1937 年间时任卡文迪什实验室教授的卢瑟福，则是领导了这个学

天文台数据接收的情况来看，目前卫星和地面的通讯一切正常。10 月 14 日，嫦娥二号卫星首次下传大批科学数据，截止到 10 月 15 日，嫦娥二号卫星已经向地面传输了 32G 的科学数据。

嫦娥二号卫星共搭载 7 种探测设备，包括 CCD 立体相机、激光高度计、 $\gamma$  射线谱仪、X 射线谱仪、微波探测器、太阳高能粒子探测器和太阳风离子探测器，有效载荷总重约 140 千克。其中，CCD 立体相机由中科院西安光机所负责研制；激光高度计由中科院上海技术物理所承担研制；X 射线谱仪由中科院高能物理所负责研制； $\gamma$  射线谱仪由中科院紫金山天文台负责研制；微波探测器、太阳高能粒子探测器和太阳风离子探测器均由中科院空间中心负责研制。

中科院空间科学与应用研究中心主任、嫦娥二号任务有效载荷总指挥吴季介绍说，7 台有效载荷主要是为嫦娥二号任务的四大科学目标服务的。一是利用 CCD 立体相机获取高分辨率的月球表面三维影像，相机分辨率要小于 10 米。二是利用经技术改进的  $\gamma$  射线谱仪和 X 射线谱仪，探测月球表面 9 种元素——硅、镁、铝、钙、铁、钛、钾、钍、铀的含量与分布特征，获得更高空间分辨率和探测精度的元素分布图。三是利用微波探测器测量月球表面的微波辐射特征，获取 3.0GHz、7.8GHz、19.35GHz、37GHz 的微波辐射亮度温度数据，估算月壤厚度。四是利用太阳高能粒子探测器、太阳风离子探测器探测地月与近月空间环境。

在嫦娥二号奔月途中，所搭载的  $\gamma$  射线谱仪、太阳高能粒子探测器和太阳风离子探测器已顺利开机。CCD 相机和激光高度计陆续要开机，进行科学探测和对月成像。另外还要进行 X 频段的验证试验、监视小相机的验证。

派走向了更加辉煌灿烂的明天。在这里特别值得一提的是，汤姆孙于 1903 年提出的原子模型——“葡萄干布丁模型”，虽然因与  $\alpha$  粒子散射实验所观测到的大角散射现象严重不符，而最终被抛弃。但正是他的这一开创性的大胆尝试，却迎来了卢瑟福于 1911 年创立了“原子的核式模型”。所以，古人云：“以铜为鉴，可以正衣冠；以史为鉴，可以知兴替。”此言极是。

(安徽巢湖学院物理与电子科学系 238000)