

· 科技史 ·

近代化学革命为什么 发生于18世纪的法国？

——纪念拉瓦锡《化学概要》出版200周年

邢润川 李三虎

整整200年前，与法国大革命爆发的同时，法国杰出化学家拉瓦锡出版了他的划时代名著《化学概要》，标志着化学也发生了一场真正的变革。拉瓦锡的研究工作不仅推翻了当时盛行的燃素理论，而且结束了长期以来在化学中占统治地位的亚里斯多德四元素说，从而使化学迈入了近代发展时期。人们不禁会问：近代化学革命为什么会发生于18世纪的法国呢？本文从当时法国科学发展的文化背景和变革观念对此做一些探讨。

一、18世纪法国科学发展的文化背景

18世纪法国科学发展的文化背景，是近代化学革命发生于法国的先决条件。

18世纪，法国正处于一个从王权和封建专制过渡到资产阶级共和国的时代；而这一时期著名的法国启蒙运动则为此奠定了思想和理论基础。启蒙运动是法国资产阶级发动和领导的一场思想解放运动，从20年代延续到70年代，涌现出如伏尔泰、卢梭、狄德罗等一大批启蒙思想家。这些启蒙思想家往往既是哲学家，又谙熟科学知识甚至就是科学家，他们一方面推崇理性，憧憬建立“理性的王国”，主张消灭专制主义、封建特权和不平等现象，实现政治民主、权利平等和个人自由；另一方面在机械唯物论哲学思想指导下，广泛吸收自然科学成果，阐发自然神论或公开无神论世界观，以反对神权统治和宗教迷信，因而强调面向自然，极力倡导科学和文化。所以，始终交织着民主和科学这两个主题的法国启蒙运动不仅为法国大革命作了思想准备，而且也为18世纪的科学发展迎来了革命的曙光。

法国启蒙运动始于冯特涅尔（Fontenelle）和伏尔泰。冯特涅尔著有《关于宇宙多样性对话》一书，对普及哥白尼的新宇宙观和科学的世界观做出了贡献。伏尔泰于1738年出版了《牛顿哲学纲要》，将牛顿物理学体系引入法国，完成了18世纪科学振兴的基础。

40年代，以狄德罗、达朗贝等为首的“百科全书派”，使法国启蒙运动进入高潮；其标志《百科全书》乃是集法国启蒙思想之大成的巨型金字塔。《百科全书》全名《百科全书，或科学、技术、技艺详解辞典》，它以科学和民主为旗帜，打击宗教势力和专制统治，横扫一切与封建制度共生的旧传统、旧观念、旧文化，值得注意的是《百科全书》反映了当时法国科学技术的最新成果，它十分注重实用的科技资料，对各种工艺和技术，各种工具和机械的制造都有详细说明和图解，实现了科学从经院哲学立场向实验性、技术性立场的转变，对促进自然科学的进一步发展和科学知识的普及起了很大作用。

在百科全书派掀起的法国启蒙运动高潮时期，可以看到一支强有力的启蒙思想家队伍，

他们既有哲学家狄德罗、卢梭、孔狄亚克等，也有自然科学家如数学家达朗贝尔、孔多塞，生物学家布丰，生理学家哈勒。此外，为编撰《百科全书》的自然科学条目，还约请了当时杰出的学者和专家，如比较解剖学先驱居维叶，化学家马洛因（Malouin）、文耐尔等。这些启蒙思想家都认为，科学的本质就是启蒙，科学能够点燃“理性之光”，引导人们从黑暗走向光明，因此只有通过研究自然科学，传播新的自然知识，才能促进社会革新。所以，科学变革是任何社会革新所必需的。由于这一时期自然科学中数学、力学已得到比较完善的发展，其它各门科学如化学、生物学、地质学正处于搜集、整理材料阶段，这使一些哲学家将注意力转到科学认识的内容和方法上，怀疑牛顿物理学模式是否可以作为唯一正确的科学探索方法。例如，卢梭指出科学不适于描述人的道德经验，认为直观感觉是真正理解自然界的正确方式。狄德罗则直觉到继数学和物理学而起的必然是化学和生物学，这在某种程度上是对行将到来的化学革命的直观预言。

与法国启蒙运动相关，法国科学教育和组织为18世纪科学发展提供了大批科学人才和科研条件。当时法国教育制度是典型的中央集权制，集中在法国文化中心巴黎的高等教育机构都是官办性的。其中巴黎大学历史最为悠久，是这种教育制度的集中体现。马沙兰大学则是巴黎的名牌大学，在这里鲁埃（Roualle）作为一名出色的化学教师而享有名望，听他讲课的不仅有后来成为著名化学家的马凯（Macquer）、文耐尔、拉瓦锡、普芬斯特、路布兰等，还有哲学家狄德罗、卢梭等。法国炮兵学院是一所军事学校，但可以从中获得科学教育，它一方面产生了如拉格朗日，拉普拉斯和蒙日这样伟大的数学家和物理学家，另一方面又培养出了拿破仑这样杰出军事家，他是第一次认识到科学价值的统治者。值得一提的是，拉瓦锡既是捐税包收，金融垄断巨头之一，又是政府兵工厂科研领导人。他的多数重要实验都是在这家工厂中进行的。

同样，法国于1666年创立的巴黎科学院也是官办的。巴黎科学院不仅提供研究经费和会员薪水，而且科研选题要由官方确定。该学院是路易十四宰相柯尔伯特（Colbert）为推行重商主义而设立，他主要着眼于工业，因此学院的早期会员不仅有自然科学家，还包括技术家等广大的社会阶层。到18世纪巴黎科学院已成为科学家活动的主要场所，并成了法国启蒙运动的重要机构。拉瓦锡于1768年（25岁）被选为科学院化学助理得以接触一些新的启蒙思想，为他日后科学研究和提出化学革命的理论打下了思想基础。

18世纪法国科学发展还与它的理性主义传统具有密切的关系。近代哲学两大潮流之一欧洲大陆唯理论起源于17世纪法国的笛卡尔。笛卡尔是卓越科学家，唯理论哲学家。他认为任何科学研究都应当象数学那样从简单观念出发，通过演绎方法获得复杂观念，而简单观念则来源于直觉的、理性的“天赋观念”，主张以理性的尺度审视以往一切自然知识。笛卡尔的理性主义认识论和方法论。对于近代科学思想中清晰的判断性观念流行起了决定性作用。此后，大多数法国人都是笛卡尔唯理论的崇拜者。笛卡尔的学生默森（Mersenne）周围具有一个非组织的学术团体，笛卡尔曾通过它在较长时期内与伽利略、伽桑狄、霍布斯、惠更斯等人通信交流学术思想，当时对科学数学化或对实验科学感兴趣的科学家，例如费马、帕斯卡、伽桑狄等经常聚会。巴黎科学院正是在此基础上创立的。18世纪科学院的成员更加发挥了这种理性主义传统。

法国科学家是在科学活动中彻底实现笛卡尔明确的理性思想的。他们既不同于经验主义传统的英国人边走边思考，是想好了再去行动；也不同于德国人在普遍的逻辑制约下追求系统性，是依靠各自独立的才智和感性，具有一种天启的色彩。18世纪，英国科学家主要是

些实验家，法国人则主要是些理论家，他们在各自的科学领域中表现了一种独创性和轻快的天才灵感。17世纪产生于英国的牛顿力学在18世纪传入法国，经达朗贝、拉格朗日、拉普拉斯等人进一步发展，到世纪末即迎来了天体力学的黄金时代。英国天文学家布拉德雷 (Bradley) 和马斯基林 (Maskelyne) 只是注重经验观测和发现，法国优秀理论家拉格朗日、拉普拉斯等则发展了力学和天文学理论。生物学家布丰并没有满足于林奈的分类学说，而是要力图阐明支配自然物 (动物、植物和矿物) 的统一规律。至于化学，英国实验化学家普里斯特利站在传统燃素说的立场上仅仅是发现了氧气，而拉瓦锡则利用氧创立了新的燃烧理论，并成了化学革命的核心人物。

以下我们将看到近代化学革命是如何在18世纪法国孕育自然科学的文化温床中诞生起来的。

二、18世纪化学变革的观念

18世纪燃素理论在化学中占居统治地位，由于气体化学的新发现，这种旧的规范便受到了挑战。随之而在法国出现了两种化学变革的观念。

从近代科学诞生以来，化学学科深受两个主旋律的影响——其一是在德国的神秘主义传统；其二是在英国的经验主义传统。前者是在医学—化学体系基础上，通过观察和实验来获得对自然界各部分相互联系起来的本质性理解；后者通过培根经验主义方法，即脱离综合描述实验去寻求个别化学现象的原因。它们起初，例如文艺复兴时期的帕拉塞尔苏斯和17世纪云波义耳，都力图在化学中排除亚里斯多德四元素说 (土、水、气和火)，但事实上远没有实现这一目标。到18世纪，分别在神秘主义传统和经验主义传统中成长起来的燃素理论和气体化学便发生了冲突。

1703年德国医药家史塔尔系统提出了燃素理论，他把一切与燃烧有关的化学变化都归结为物体吸收或释放燃素的过程。由于当时所知道的大多数化学现象在燃素理论基础上都能得到统一的说明，因此绝大部分化学家都接受了燃素说的观点。同时，英国气体化学家们都在实验中发现了一些在燃素论者看来反常的新事实。布拉克发现“固定空气 (CO_2)” (1745) 卡文迪什制得了“可燃空气 (H_2)” (1766)，卢瑟福 (D. Rutherford) 发现“浊气 (N_2)” (1772)，舍勒和普里斯特利分别于1768——1873年和1774年独立发现“火气”或“脱燃素空气” (O_2)。这些发现本来可使人们认识空气和水的成份，从而揭示物质燃烧的本质，但他们都固守燃素理论的错误观念而错过了获得真理的良机。

显然，要对这些反常现象作出合理的说明就需要彻底推翻传统的化学理论以建立新的理论。而完成这一使命是不能依靠神秘主义传统下的医药化学家们对燃素理论的修正和补充，而在经验主义传统下不擅长理论思维的实验化学家们对此更是无能为力。只有法国理性主义传统的理论化学家们才看到了这一冲突，预见到“一场化学和物理中的革命”将不可避免，并提出新的理论实现了它。

在18世纪法国科学中，文耐尔因预言了化学革命而留下了一个模糊的形象。文耐尔才华出众，为其老师鲁埃授以“米底守护神” (Midi, 指法国南部) 的美名；他同样也赢得了启蒙思想家狄德罗的赞赏，并成为《百科全书》的主要化学撰稿人。他和狄德罗共同直觉到数学科学的光荣时代已走完了它的历程，未来是属于实验分支学科的。1753年，文耐尔在其《化学》一文中，号召一场把化学至少置于与数学和物理学同等水平的革命，他说：这场革

命只能由一个有智慧的、勇敢的怀着满腔热诚的化学家来完成；他坚定的语调和勇敢的行动一旦划破偏见的迷雾就会通过理性实现化学的根本变革。然而，文耐尔作为一个“新帕拉塞尔苏斯者”并未担当起这一重任，他所做的仅仅是对燃素理论的修补。当时，燃素理论在解释无机物燃烧质量增重现象遇到困难，于是文耐尔公开宣称燃素具有负重量，但却不能解释有机物燃烧减轻现象。所以，这种努力仍然没有廓清笼罩在燃素理论之上的神秘迷雾。在这种情况下，文耐尔预见的全才出现了，他注视到了当时化学理论的混乱局面，并认清了使之条理化的途径。这就是拉瓦锡，他是把实验理论相结合进行研究的化学家，是属于在科学革命中享有最高地位的少数巨人之一。

文耐尔极力倡导的化学改造失败了，但20年后拉瓦锡又复活了化学革命的思想。拉瓦锡在他从事科学生涯的早期就萌发了科学变革的观念。18世纪，许多启蒙思想家如狄德罗、达兰贝、孔狄亚克等都使用革命这一术语描述政治和科学变革的观念，而在启蒙运动早期冯特涅尔和伏尔泰也把牛顿数学和物理学成就描述成是科学革命，文耐尔之化学革命是吸收了物理学的成功例子而直觉到了化学时代的到来。这一观念在拉瓦锡的思想中则获得了非连续和不可逆转的变革的现代含义。拉瓦锡曾接受孔狄亚克的唯物主义哲学思想，阅读过巴黎科学院早期文献和百科全书，并从冯特涅尔的《悼念演说》中获得灵感和深知达朗贝尔对法国科学院和百科全书运动的杰出贡献；而且，拉瓦锡曾经在马沙兰大学接受过一本《法兰西革命史》的奖励，在1777年前就了解了文耐尔的化学革命观念，并和孔多塞等人一起参加过同美国科学家、政治家富兰克林的政治辩论（70年代，美国爆发了独立革命战争）。此外，拉瓦锡早在1766年已经对化学元素性质，尤其是空气和火的作用发生了兴趣。1772年秋天，他发现燃烧硫或磷和焙烧金属都吸收了空气。在11月1日递交给科学院的日记（密封日记）中拉瓦锡描述到空气是金属或易燃物燃烧增重的原因，并指出“有趣的是这是自史塔尔以来就获得的发现”。至此，拉瓦锡化学革命的观念开始形成了。

大约就在同时，拉瓦锡又准备了一篇更为详尽的报告准备在一次科学院会议上宣读。在论文中，拉瓦锡对气体化学研究的整个历史作了评述，并为其研究成果作了辩解，这就是他在论文中描述的关于科学观念演变的两种模式：一种是改革，即逐步而连续的修正和完善过程；一种是革命，即推翻现存体系并以新体系取而代之的突然背离。拉瓦锡正是把自己的发现置于第二种变革模式——化学革命的地位。拉瓦锡在此之后着手对从物质中释放出来以及物质结合的空气进行全面研究，并于1773年的二月笔记中把他的这一研究工作描述成“注定要在物理学和化学中引起一场革命”的工作。这表明，拉瓦锡在化学理论上正酝酿着一场全面革命。因此，如果说文耐尔是依靠定性直觉的所谓“预感实验”（*Presentiment experiments*）方法而盲目追求目标的话，那么拉瓦锡则是有的放矢地将其熟知的实验物理学定量方法移植进化学而实现其研究纲领的。

三、围绕拉瓦锡化学革命的大论战

从1773年拉瓦锡公开其化学改造以后，便立即在法国化学共同体中展开了逐步改革对彻底革命的论战，最后终于赢得了化学革命的伟大胜利。

拉瓦锡在1772年到1773年的秋冬两季对其革命性的发现一直是秘而不宣，他把整个时间都用于完成其关键性的燃烧实验，同时也同他的科学院同事马凯等合作从事用火镜方法燃烧金属和矿物的研究。马凯于1772年11月4日在科学院圣马丁节会议上宣读论文时说，火镜方

法“预示了化学发展的新时期”，但他并没有意识到拉瓦锡的根本发现，只是考虑到对传统化学知识的改革。

1773年春，布拉克发现“固定空气”的论文介绍进了法国，拉瓦锡感到该是公开其化学改造的时候了。4月21日他在科学院复活节会议上宣读一篇论文，提出了一个几乎完全拒斥燃素论的新燃烧理论。拉瓦锡在结语中暗示到，当前的化学理论存在许多缺陷，化学家们对“固定空气”的深入研究将促使化学走向一个完全革命的时代。拉瓦锡这一挑衅宣言与马凯新时期的预言不同，它实际上是向当时最巩固的燃素理论提出了挑战，从而在巴黎科学院中掀起了一场轩然大波。

首先对此作出反应的是鲍梅 (Baume)。他已直觉到拉瓦锡企图要推翻燃素论，用“固定空气”取代“燃素”；并批评拉瓦锡是“固定空气”的狂热者，是循错误方向获取猎物的。而布凯 (Buguet) 则认为，过份强调“固定空气”如同强调“燃素”一样并没有什么新奇之处。这些批评使得拉瓦锡在1774年发表的《论物理和化学》论文中表现了缓和态度而不再提及革命。

马凯作为法国科学院高级成员曾直言批评化学家贝岩 (Bayen) 和博物学家布丰仅根据极少数证据拒斥燃素，并高度评价了拉瓦锡的实验结果和缜密态度，但却闭口不谈拉瓦锡燃烧实验与燃素论的差别。1776年，贝托莱 (Berthollet) 比较了“逐步改革”和“彻底推翻”的两种科学变革模式，指出反对燃素理论的原因在于空气在化学中起着重要作用，同时劝说人们在科学变革中无需彻底冲破一个旧的体系。这就使得拉瓦锡的研究工作只能在“逐步改革”允许的范围内进行。1774年，普里斯特利访问巴黎，告诉拉瓦锡“脱燃素空气”的发现，使拉瓦锡得以重新补充和检查其实验结果，并接受了舍勒关于空气含有氧气和氮气两种成功的观点，从而得到了金属燃烧只吸收空气中氧气成份的结论，但如何与史塔尔燃素理论相协调仍是悬而未决。

到1777年拉瓦锡向巴黎科学院递交论文《燃烧概论》，建立氧化学说仍然表现了温和的态度。他只是强调理论的假说性，因实验需要而获得修正或被淘汰，并尽量避免提及燃素，从而达到为其新的燃烧理论获得更多化学家的支持的目的。这当然是拉瓦锡的一种策略，但却使马凯和德莫尔沃 (de Morveau) 感到一种莫大安慰。同时，德莫尔沃从拉瓦锡那里获得启发，并为他的“受到威胁的理论大厦添砖加瓦”。

然而，孚尔克劳 (Fourcroy) 的著作《化学和自然史教程》(Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chimie) 在1782年的出版，化学革命的观念又普遍流行起来。他断言：“旧理论注定要被推翻，新理论必然要产生”。

1784年和1785年期间法国化学状况正面临一场危机，拉瓦锡在化学界越来越占支配地位。过去几年他一直在收集实验证据来完善其理论框架，尤其是卡文迪什的助手布莱格登 (Blagden) 于1783年访问巴黎告诉拉瓦锡英国化学家从氢和氧获得了水，使他在实验中获得了水由氢氧组成的现代结论。这一发现引起了整个欧洲科学共同体的注视。同时孚尔克劳和贝托莱正在逐步采纳新燃烧理论的观点。于是拉瓦锡宣布了他在10年前计划的化学理论的革新，拉瓦锡夫人仪式性地焚烧了史塔尔和燃素论者的书籍。就在第二年即1784年，在法国倍受人尊敬的燃素论者马凯逝世了，给巴黎化学共同体留下一个权威的空档。这时拉瓦锡感到向燃素理论发起全面进攻的时刻来临了，他于1785年分期发表了他的论文《关于燃素论的批评》(Réflexions sur le phlogistique)。拉瓦锡指出，不必借助燃素的假设也能对全部化学现象作出简单而自然的说明，并对史塔尔及其法国信奉者进行激烈的批评。

但是，化学认识上的革命首先需要新的化学语言的传播，这就导致了对传统的化学术语的改革。1782年，德莫尔沃曾公开敦促化学命名法的改革。1784年，拉瓦锡改革化学命名法以扩大他的化学革命。他引征孔狄亚克《逻辑》（1780）一书中的论据，强调语言是真正的分析方法，并认为化学语言改革将在化学教育中引起一场“成功而迅速的革命”，即在新的认识方法基础上使用语言需要在化学教学方法中来一次根本性的变革。1787年，拉瓦锡和贝托莱，德莫尔沃、孚尔克劳共同发表《化学命名法》，使得与新学说相适应的命名法在化学界得到了广泛的传播，因而加速了人们在化学认识上的迅速转移。

到1789年，尽管有些人如奥普瓦兹（C. Opoix）还担心新命名法是否会因新学说被燃素论驳倒而被抛弃，但是拉瓦锡差不多同时出版的《化学概要》一书便不再涉及任何关于燃素的东西和诸如“反燃素化学”或“化学革命”的术语，仅仅是清晰地论述了化学革命注定要取得的成果。他之所以这样做不只是他的自信，而且因为他知道象孚尔克劳、夏比塔（Chaptal）、德莫尔沃这些著名化学家分别在巴黎、蒙彼立埃（Montpellier）和第戎（Dijon）传播他的新体系和新命名法。另外，拉瓦锡私下仍然使用革命来描述他的燃烧理论所引起的变革，例如他在1790年给弗兰克林和夏比塔的信中就表达了这种豪情。这表明，化学革命不管是从理论上，还是从方法上都取得了彻底的胜利。拉瓦锡的新理论、新观点、新方法到19世纪当道尔顿引进原子论以及有机化学兴起后便获得了进一步的完善。

四、简短的结束语

本文着重从18世纪法国科学发展的文化背景和科学变革的观念考察和分析了近代化学革命发生的原因，由此可以得到几点原则性的看法：

第一，近代化学革命是在18世纪法国整个社会思想变革的文化背景下产生的，法国启蒙运动同时为法国大革命和化学革命作了思想上的准备，并使它们几乎同时发生。近代化学革命只有在理性主义传统的法国实现，而神秘主义传统的德国和经验主义传统的英国是决不能完成这一使命的。

第二，在18世纪法国化学共同体中，关于化学变革的观念，存在着逐步改革和彻底革命的两种方式。近代化学革命正是这两种变革观念不断斗争的产物，新的理论即使以革命的方式提出，也得在不断受到攻击或批评中逐步完善，但最终会引起彻底的革命。

第三，近代化学革命不能简单地等同于燃素理论的推翻，它的产生需要科学家在定量实验（气体化学）基础上配以正确的思维方式，但它的胜利有赖于新一代科学家对新的燃烧理论的普遍接受，因此化学认识上的革命还要依靠化学语言方法的变革。

总之，18世纪末期发生于法国的化学革命在科学史上是继哥白尼天文学革命和牛顿物理学革命之后的又一次科学变革，其核心人物拉瓦锡因此而跻身于近代科学奠基人的行列中，他的著作《化学概要》是近代科学革命的经典文献之一。

（作者工作单位，山西大学）

参 考 文 献

〔1〕李凤鸣、姚介厚著，《18世纪法国启蒙运动》，北京出版社，（1982）。

有封建文化，有反封建文化，还有非封建文化。对“非封建文化”曾有不同的理解，有的称“第三种文化”，有的称“中性文化”，有的认为是“共同文化”〔2〕，我同意后者，而且认为不仅有民族的文化，而且有全人类的文化。

民族的文化包括：共同的语言、文字、逻辑格、度量衡等；各阶级在共同地域和自然环境中生存所形成的某些习惯、偏好等；经济生活中那些与阶级关系没有直接关联的因素，如由生产力性质、结构和水平所产生的心理特征、经验、知识和理论；在各阶级交融互撮中形成的某些共同的心理素质、行为规范和生活方式，如在衣、食、住、行、婚、丧、节、庆中，虽各阶级奢侈悬殊，但有基本相似的礼仪和习俗。

由于存在人民的文化，所以“彻底否定中国传统文化”和“全盘西化”的观点是错误的。由于对于剥削阶级文化的观点体系和价值体系是要彻底否定的。因此，所谓“现代儒学”过分强调继承，也是不正确的倾向。

各民族的文化构成人类文化，但人类生存在地球上，又是作为自然历史的产物，全人类存在着大致相同的原始时代和历史发展阶段，存在着共同的文化。从大文化观点看，自然科学和技术也属于人类共同文化，社会和科学技术的发展，不仅IRO、标准化、世界语和语言、思维中共同的东西是人类共同文化，而且使生活在“地球村”的人类，共同面临着危及人类生存条件的一系列全球问题，解决这些问题也要依靠人类共同文化，并为人类共同文化增添新的内容。

四、改革必须触及文化深层。一个民族的文化中有重要的一部分是该民族的个人和群体的潜在意识，更多的是非理性的。“尽管经济、政治等文化表层可以浩浩荡荡，气象万千，然而只要积淀了数千年的文化的深层——人情、风俗、习惯、价值观、人生观、人伦观等等雷打不动，那么最终这些变化又会向它们最的状态回归。”〔3〕伊朗曾经化费大量资金，引进国外先进的技术设备，力图实现现代化，但没有文化现代化进程相伴随，社会现代化只能是维步艰难。中国现代化，如果没有民主、科学精神的弘扬，没有人的现代化进程相伴随，没有相适应的文化氛围，要实现现代化也是不可能的。

(作者工作单位：大庆石油学院)

· 参 考 文 献 ·

〔1〕〔印〕魏尔曼：《标准化是一门新学科》，科技文献出版社。

〔2〕林牧：《试论文化传统》，《社会科学评论》，1988年第4期。

〔3〕黎明：《文化研究：错误在什么地方》，《经济学周报》1988年第4期。

(上接第37页)

〔2〕〔日〕汤浅光朝著，姜振寰译“法国科学300年”，科学史译丛，(3)，83—93(1985)

〔3〕〔美〕埃伦·G·杜布斯著，陆建华等译，《文艺复兴时期的人与自然》，浙江人民出版社，(1988)。

〔4〕Richard S. Westfall. “The construction of Modern Science——mechanisms and mechanics”，Cambridge University press, 1977.

〔5〕C. E. Perrin. ISIS, vol. 77, NO. 289, (1986)

〔6〕Idem. Hist. Sci., xxv, 395—423 (1987)

〔7〕梅森著《自然科学史》，上海人民出版社，282—292(1977)。

〔8〕拉瓦锡著，金吾仑译“化学概要·序”，《自然科学哲学问题丛刊》，(4) 23—28(1984)。