

美国化学工程师学会与化学工程学科的形成

郑康妮

(中科院文献情报中心, 北京 100190)

摘要: 在19世纪末与20世纪前20多年, 欧洲和美国工业发展迅速, 期间孕育了许多新的工程科学分支。本文采用科技史学与科学社会学等学科的方法, 以美国化学工程师学会为主要案例, 初步梳理化学工程学科形成的重要史实与发展脉络, 以期窥一斑见全豹地理解工程科学。研究表明, 随着美国化学工业的迅速成长, 化学工程师成为一种新的职业角色, 化学工程学科在化学与机械工程的交叉中逐步形成。1888年波士顿理工学院(麻省理工学院前身)率先开设化学工程课程, 尝试培养化学工业需要的工程师并构建一个新学科。化学工程师思考着自己工作与纯粹化学和机械工程的关系, 寻找着自己在工业中的职业边界和学科依托。化学工业的发展壮大伴随着化学工程师群体的形成和化学工程教育的建制化, 并最终促成美国化学工程师学会在1908年的创建。这个学会的诞生是化学工程学科建制化的又一个重要标志, 它在学科的塑造与发展中扮演了重要角色: 界定化学工程师的职业身份, 构建学术交流平台; 理清化学工程学科的知识范围及其与化学、机械工程等学科的关系; 改革大学的化学工程教育, 规范课程设置; 促进学术、教育与产业的合作。

关键词: 美国化学工程师学会; 化学工程; 化学工业; 学科

中图分类号: N09

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2012)04-0404-16

引言

古代技术源远流长, 经历了发明、创新与传播的漫长历史。发端于18世纪的工业革命将技术发展带入一个新的变革阶段。到了19世纪, 随着工匠传统与科学知识传统的不断结合, 技术越来越多地吸收了科学的理论与方法。技术的科学化导致了新科学领域的诞生, 即技术知识和经验被总结为系统化的文本, 并与科学理论及方法结合, 从而形成机械工程、矿冶工程、土木工程、电机工程、化学工程等工程科学^{[1]27}。

自科学史与技术史两门学科问世以来, 学者们始终重视自然科学的学科史以及技术的门类史和综合史, 有关论著汗牛充栋。然而, 学界对工程科学史的探讨却很不够, 国内学界对工程科学

史的研究尤其薄弱。化学工程是化学与机械工程相结合而建立的, 是自然科学与工程科学学科交叉的典型示例。本文试图探讨化学工程在美国的草创, 为理解工程科学的形成做出努力。

工程科学是知识体系。化学工程是一项收集已有材料、做出假设、进而进行设计的技术^{[2]1}。而这项技术是随着设定的条件与要求的改变而不断变化的。从知识体系看, 化学工程的历史主要是由无数化学过程及各种化工设备组成的演变过程, 涉及化学理论与物理化学等知识及化工设计等应用知识。化工生产的设计关系到相互关联和制约的三方面, 即过程工程、单元操作(unit operation)和设备设计^[3]。德国首先将物理化学应用于过程工程, 英国人提出单元操作概念, 而美

国人将单元操作概念广泛运用于教育和工业领域并将其与物理化学整合在一起。

工程科学也是一种社会建制，经历了一个建制化的过程。工程科学的建制化再现了自然科学共同体的某些模式。专业教育机构、学会、研究机构和工业界都在工程科学的社会建制化与发展中扮演了重要角色。20世纪初，化学工业在德国已非常发达，而在美国则相对落后，但美国却为日后化学工程学科的建立做出了突出的贡献。英国人乔治·戴维斯（George E. Davis）在他1888年曼彻斯特大学的系列讲座上首次提出化学工程应该是一门新的学科。1908年，美国化学工程师学会（American Institute of Chemical Engineers，缩写AICHE，以下简称化学工程师学会）的建立将戴维斯的设想变为现实，继而在化学工程学科的发展与大学课程创立等方面发挥了重要作用。本文研究美国化学工程学科史，就是以化学工程师为中心，探析化学工程学科在1908—1932年间的形成历程。

1 学科交叉孕育化学工程

在19世纪与20世纪之交，化学工业在欧洲和美国迅速发展。工业界的需求以及学界对工业的适应，都加速着化学与机械工程等学科的交叉，孕育着化学工程这一新学科及化学工程师这一新职业角色。

1.1 学科形成前的化学工程

1.1.1 20世纪初快速发展的化学工业

19世纪，化学这一学科在德国等欧洲国家得到快速发展。在19世纪与20世纪之交，德国成为世界理论化学和应用化学的中心，并将物理化学和热力学应用于化学工业生产中，为孕育化学工程做出了贡献^[4]。到1910年止，前十位获得诺贝尔化学奖的科学家中就有五位来自德国，如果加上两位主要在德国取得成就的科学家，应该是七人。柏林、哥廷根、慕尼黑、海德堡、波恩和

莱比锡，像磁石一样吸引了世界各地的优秀青年，其中还包括美国青年，他们聚集到大师们身边学习和研究。

在科学与工业的结合进程中，出现了许多新兴产业，其中包括合成化学与化学工业。德国化学工业起步于19世纪中叶，巴斯夫、霍斯特和拜耳等公司都是由化学家和具备化学技术知识的人在1863年左右建立的。有机化学家发现了合成染料的方法，使工业合成染料在与天然染料的竞争中占据绝对优势，并为及时运用新合成技术的企业家带来了大量财富。由化学公司和大学建立密切联系并合作的开发性工业实验室，使公司能够开发出新颖的染料产品与流程，降低生产成本，并且分化出新兴制药业。到1914年，德国染料的产量已经超过世界总产量的80%，其产品优势延伸到了许多重要的化学工业领域，如医药、炸药和农用化学品。

本来，美国工业化学发展比较缓慢，主要集中在采矿业和金属加工业。第一次世界大战前，美国对德国化工产品的依赖程度很高，然而，战争使得美国不能继续得到德国的化工产品。德国化学工业的成功和战乱使美国人认识到需要更多地关注科学研究。工业家认识到，美国需要在本土进行化学研究并建立化学工业，特别是研制高性能炸药和毒气。第一次世界大战后，美国每三个工业岗位上就有一个是化学师，每12名美国大学生中就有一名是化学专业的。一夜之间，化学研究从绅士游戏变为一种积极向上的纯粹的美国理想。从事化学工作，既实用又爱国，且有利可图。“做一个科学家……是从中下阶级通向中上阶级的一条捷径。”^[5]

在20世纪最初的十几年，美国工业以空前高的速度发展，变成了大机械生产的沃土。比如，原油产量增长六倍，钢铁产量增加五倍，汽车和航空工业快速崛起，电气化和流水线生产成为现实，管理科学成为冶金和机械行业的重要工具^[6]。工业产品的技术含量逐步提高，新产品与新工艺

的研发和创新更加依赖科学研究。许多富有远见的工业家意识到基础研究的确可以帮助他们取得市场中的竞争优势, 从而成为科学技术的积极推动者。在通用电气和贝尔电话公司的带动下, 许多公司纷纷建立自己的研发机构。据估算, 1890年美国只有四家工业研究实验室, 而仅仅在一代人之后, 实验室数目就超过了500个, 且以每年50个左右的速度继续增长^{[7]406}。

为了能够获得足够数量的技术人才, 私营企业十分乐意赞助大学的教学、课程设置和校园建设。大学曾经被认为是培养贵族精英的象牙塔, 现在它们增设了更多面向工业需求的实用课程, 并对中产阶级的子女敞开了大门。在19世纪末至20世纪初的30年中, 美国大学的入学率几乎增加了三倍。在政府赠地上建立起的院校一马当先, 它们的使命是“向工业阶层普及教育和实用技术”^[8]。

1.1.2 学科形成过程中的化学工程师

W·K·刘易斯(W. K. Lewis)认为, 近代化学工业始于法国大革命时期的路布兰制碱工业; 尽管19世纪化学工业已经取得了不凡的成就, 但“伟大化工业从业者”大都认为自己是化学家而不是工程师^[9]。那么, “化学工程师”(chemical engineer)这个词究竟出现或流行于何时? 1839年出版的《采矿与制造工艺词典》(*Dictionary of Arts Manufacturers, and Mines*)中出现了Chemical Engineers这个词条^{[2]3}, 说明这个词之前已经在一定范围内使用了, 化学工程师实际上已经成为新的社会角色。

乔治·戴维斯(George E. Davis, 1850—1906年)是化学工程的重要开拓者。他曾在斯劳机械工学院(Slough Mechanics Institute)和皇家矿业学校(Royal School of Mines)学习化学, 1870年加盟曼彻斯特的布列斯公司(Bleach Company), 担任工业化学家。1880年, 他担任曼彻斯特市政府的碱业行业管理协会的督察官, 督察化工厂直

接向大气中排放的盐酸气体是否减少。1887年, 他在曼彻斯特技术学院(Manchester Technical School)开办关于化学工业的系列讲座。他发现了化学工厂所共有的重要特点, 关注到“化学工程”这个专门领域, 撰写了第一部化学工程专著——《化学工程手册》(*A Handbook of Chemical Engineering*)。书的导言里定义了“化学工程师”(chemical engineer), 又界定了他所认为的“应用化学”、“化学工程”与“化学技术”之间的差异。这部力作初版于1901年, 刊行后便大受化学工业界工程师与学者的欢迎, 并于1904年出版了修订本。

1.1.3 学科开创时期的化学工程教育

德国是化学与化学工业的领袖, 但率先把化学工程发展为一门融科学与技术为一体、富有特色的工程学科的并不是德国人, 而是后来居上的美国人。

同当时许多其他美国化学家一样, 刘易斯·诺顿(Lewis Norton, 1855—1893)也是曾在德国留学。1879年他从哥廷根大学获得化学博士学位, 之后进入一家英国化学公司工作。1881年, 他到波士顿理工学院(1916年从波士顿迁往剑桥, 改称麻省理工学院, 即MIT)有机与工业化学系任教, 1888年在该系开设首次定名为“化学工程”的四年学制课程, 即非常著名的COURSE X。该课程将机械工程与普通化学、物理化学、应用化学等知识结合起来。这门新课以大学授课方式亮相, 而不同于研究项目式的物理化学课程。这种差异在波士顿工学院转变为MIT时诱发了化学工程师和物理化学家之间的激烈争执^[10]。

1888—1889学年课程表对COURSE X的课程描述道:“本课程组被设计为满足那些渴望得到机械工程学全面训练, 同时又愿意投入部分时间学习应用化学的学生, 将教授与制造化学用品相关的工程课程。”^[11]

诺顿(Lewis Norton)英年早逝后, 有争议的化学工程课只得由化学系来承担。直到1921年,

这门课得到化学工业教授威廉姆·沃克 (William Walker) 的支持。与沃克一起任教的还有 W·K·刘易斯 (W. K. Lewis), 以及他们的得力同事、工程顾问 A·D·利特 (A.D.Little), 他们也曾曾在德国从事研究并获得博士学位, 后来成为创立美国化学工程师学会的重要人物。

开课当年, 波士顿工学院共有 11 名大学二年级学生选学这类课程。1891 年, 这个新专业有了首批七名毕业生, 其中有威廉·P·布莱恩特 (William P. Bryant)^{[7]425}。该专业在 1920 年发展为一个独立的化学工程学院 (School of Chemical Engineering Practice)。宾夕法尼亚大学在 1892 年设立了第二个化学工程系。不过, 尽管有了这样的名称, 它只能算是化学与机械工程课程的拼合体。

19 世纪末, 美国亦建立了其他几个化学工程系: 宾夕法尼亚大学 (1892 年)、杜兰大学、密歇根大学 (1898 年)、塔夫茨大学 (1898 年)。这些系都是化学系建立的。后来, 有的大学在其他学科基础上建化学工程系或专业, 如 1904 年科罗拉多大学的化学工程系源自机械工程系。

1.2 化学家、工程师与化学工程

1.2.1 化学家与工程师的合作

机械工程和土木工程都源自工匠传统, 经历了漫长的师徒相授过程。在向学校培训转变的过程中, 这两个学科都不断强调将科学知识应用到实践领域。直到 19 世纪末, 实践技术仍然在工程科学的发展中发挥着积极的作用, 土木工程中的测量员、木匠、建筑承包人以及机械工程中的机械操作工等工匠及其技艺, 在工程实践中扮演着不可或缺的角色^[12]。

与土木工程、机械工程不同, 现代化学工程源于完备发展的科学知识, 而不是工匠传统。19 世纪末至 20 世纪初, 欧美化学工业快速发展, 迫切需要寻找一种将实验室化学反应过程迅速转换为工业生产所需量级的方法。在化学工业最发达的德国, 化学家应对这种需求的方式是与工

程师合作。化学家在发现一种生产某种新物质的化学方法之后, 便与机械工程师或土木工程师及其他技术人员一起研制新设备, 将化学过程放大到半工厂化生产的规模。1896 年, 德国化学放大过程的创始人、拜耳公司首席执行官卡尔·杜伊斯堡 (Carl Duisburg) 博士认为, 这样的放大生产方式和工业组织形式既适合于德国也适合于美国。显然, 德国的化学家们既与工程师合作, 又保持着彼此间的距离^[13]。

美国早期的化学工业技术精英几乎都曾在德国接受教育, 他们应当容易认同卡尔·杜伊斯堡的观点, 不一定认为有必要成立一个化学工程师学会。然而, 美国不仅在将实验室化学反应过程放大为大规模工业生产方面比德国做得更为成功, 而且还率先推动了化学工程学科的创建与化学工程师角色的形成。

19 世纪末, 化学已经发展成一个较强的学科。到 1900 年, 仅美国大学的化学及其相关专业从业人员就超过 5000 人^[14]。他们大多是美国化学学会 (American Chemical Society, ACS) 的会员。化学家们有自己的学术共同体, 似乎并不需要为化学工业中的工程师成立一个新的学术团体。而美国化学工程师学会发起时也的确遭到了化学学会的质疑。

1.2.2 工业中的化学家

在 20 世纪初的德国, 硫酸和磷肥大规模生产的微薄利润已不足以吸引企业家, 化学反应复杂而回报率极高的染料和药品才是企业研发的重点^[15]。对于这类产品, 化学合成研究显然更加重要, 化学家与工程师们的合作方式已经能很好地满足生产需要。

与德国不同, 美国可以发挥劳动力、成本、资源方面的优势, 大量生产硫酸、碱和磷肥等化工产品。这些产品已在欧洲生产多年, 所有的化学反应过程都是已知的。然而, 实现化学反应过程的机械设备和生产工艺并不很完备。美国的大

规模生产需要巨型反应装置, 要求企业不断探索更好的生产模式。

当时, 随着美国经济的发展, 越来越多的化学专业的毕业生在化学工业和冶金工业就业。这些工业化学家大致可以分为三类: 分析检验化学师 (analytic chemists)、研究化学师 (research chemists) 和生产化学师 (production chemists)。

分析检验化学师需求量最大。他们主要在企业实验室工作, 测试原料、化学反应的中间产物和最终产品, 检验其是否合格。1907 年从伊利诺伊大学毕业去化学工业中求职的化学专业毕业生 70% 是应聘分析检验化学师岗位的。威斯康辛大学化学工程教育专家查尔斯·伯吉斯 (Charles Burgess) 认为, 90% 以上的化学毕业生进入化工界都做了分析检验化学师^[16]。

研究化学师也主要在企业实验室中工作, 但工作重点与分析检验化学师不同, 注重研发新的产品和反应过程。在德国, 这种化学师是化学工业的顶梁柱。而在美国, 1910 年以前研究化学师在化学工业中从业人数很少, 影响十分有限, 他们对美国的影响直到第一次世界大战之后才开始显现^[17]。

生产化学师对推动美国化学工程的诞生贡献最为突出。他们主要由两个群体组成: 一是设备主管或者设备经理。他们主管生产与监督设备操作, 也有人设计新设备。二是为设计、制造与检修化工设备提供咨询的顾问。他们大部分曾担任化工监管或设备检修的中层以上职位。

分析检验化学师和生产化学师是化学工业从业专业人员中的最大群体, 但他们却被制造商轻视了。当时的制造商们普遍认为, 一个化学毕业生与一个白领文员没什么区别, 甚至随便从劳动力市场拉一个蓝领工人都能做他们的工作。化学工程学科形成的贡献者之一——威廉姆·沃克指出, 一些工业化学家所从事的工作已经沦为测试工具, 与机器没有分别^[18]。就连成立于 1855 年的斯威夫特公司 (Swift Company) 的首席化学家

W·D·理查德森 (W.D.Richardson) 也轻视分析检验化学师的工作, 认为可以直接训练一些没受过教育的孩子来接手这些化学师的工作^[19]。与这种地位相应的, 自然是工资待遇的低下。当时一名熟练技术工人的年收入是 1200 美元, 而一个受过正规大学教育的分析检验化学师的年收入通常只有 700 美元, 且工资增长非常慢^[20]。

随着商业生产的标准化分析和商业化分析愈加规范, 分析检验化学师的处境雪上加霜。1908 年, 《化学工程师》(The Chemical Engineer) 杂志的编辑在《分析检验化学师的未来》中写到, 标准化的分析过程意味着分析检验工作将沦为一种手艺, 任何一个路边叫来的“东欧移民男孩儿”稍加培训都能从事^[21]。

看到分析检验化学师的不幸地位, 生产化学师也忧虑起自己的地位来, 担心自己被混淆为分析检验化学师。L·H·毕克兰 (L.H.Baekeland), 是一位早期的化学工程咨询师, 曾发明几种新化工产品的合成方法。他认为化学家在化学工业的地位被普遍低估^[22]。化肥专家 J·S·布罗格登 (J.S. Brogdon) 抱怨, 肥料行业经理们普遍把一名化学家的工作与分析检验化学师的工作混淆, 从而低估他的价值^[23-24]。

机械工程师则将化工设备的设计当成是自己学科中理所当然的领域。例如, 哥伦比亚大学机械工程教授查尔斯·卢克 (Charles Lucke) 就将化学反应的放大过程以及设备制造归类为标准的机械设备生产^[25]。机械工程师在与生产化学师竞争职业领域, 对后者的地位也构成压力。

事实上, 美国工业化学家, 特别是生产化学师对自己身份与地位的忧虑成为化学工程师学会乃至化学工程学科的诞生的一个重要原因^[26]。在分析工程师的职业化历程中渐渐划定科学、工程和工业三者间的边界, 是研究工程科学历史的一个重要视角。埃德温·T·雷顿 (Edwin T. Layton) 甚至强调: “工程学科与科学以及工程学科与商业间的边界争夺与融合是美国工程科学的全部核心

历史。”^[27]

2 美国化学工程师学会的成立

在大学建立化学工程系或学院之后，化学工程师学会在美国的创建是化学工程学科建制化的又一个里程碑，标志着这一工程学科的进一步形成。

2.1 倡议建立化学工程师学会

成立美国化学工程师学会的最初倡议来自理查德·K·米德 (Richard K. Meade)。1905年，米德在他新创刊《化学工程师》(*Chemical Engineers*) 的编者按里强调这样一个问题：“为什么不设立美国化学工程师学会？”他解释道：一门新型学科——化学工程正在兴起，已经有几家院校开设这个学科的课程。美国至少有 500 名化学工程师。一个专业学会不仅促进学术和思想交流，还可以帮助人们说服生产商，令其相信化学工程师应该设计和管理工厂。1907年，米德再次在《化学工程师》上再版了这一编者按，并附上一封询问信。他征询到大约 50 位工业化学家的意见，支持成立学会者占很大比例。

在美国材料试验协会 (American Society for Testing and Materials) 举办年会之后，即 1907 年 7 月 21 日，米德在亚特兰大召集 21 位化学家在 Chalfont Hotel 举行一次非正式会议。会议由化学与化学工程咨询师查斯·F·麦克纳 (Charles F. Mckenna) 主持，威廉姆·M·布斯 (William M. Bush) 做会议秘书。与会者进行了五小时的讨论，在是否建立学会、何时建立学会等问题上有很大分歧。会议认为应该让更多的化学家参与讨论，于是，由查斯·F·麦克纳、威廉姆·M·布斯、J·科尔森 (J. Colson)、A·D·利特、理查德·K·米德和威廉姆·沃克组成了六人委员会。

六人委员会于 9 月 3 日起草了一份公开信，寄给美国和加拿大的 600 位著名化学家。

公开信内容^[28]如下：

各位尊敬的先生：

在 1907 年 6 月 21 日的亚特兰大市，一些化学家 (大部分来自材料试验协会) 会面探讨建立一个新学会的可能性。新学会将由训练有素的化学家组成，他们设计、建设、管理或控制化学原理应用于处理原料的企业或者做与这些操作有密切关系的工作。这个学会多少类似于美国土木工程学会，有着高标准的会员准入制度 (十年以上的工作经验，其中五年要在责任人的岗位上；初级会员至少二十岁，资深会员至少三十岁)。

与会者一致认为学会的成立可以提高化学家在制造业的地位，并且获得诸多益处，其中如下几点是各位发言者都提到的：

1. 提高化学家教育的标准
 2. 提高职业的精英层次
 3. 鼓励会员做更显著和原创性的工作
- 每季的全国性会议要避免地方局限性。

会上也有某些质疑，如现在是否是成立新学会的有利时机，因为这可能损害现有的非常成功的化学学会；现在是否化学家们对一个新组织有普遍的愿望。

委员会被指派将此事呈现给大批美国化学家们，征询现在成立学会和会员条件的意见。

因此，委员会就下述问题咨询您的意见：

1. 您是否认为成立这个学会有必要？
2. 在您看来，这样水平的一个组织需要哪些特别的和重要的条件？
3. 您相信这些条件在未来会继续吗？
4. 您喜欢用 American Society of Chemical Engineers 这个名称吗？
5. 您是否同意学会实行高标准的准入制度？
6. 您认为是否要设定入会年龄的最低限制，比如三十岁？
7. 您认为是否要分别建立初级会员与资深会员两个等级？
8. 您认识教育、事业或成就中的任何一个或全部是会员标准吗？

委员会将感激您的早日回复和全面陈述您对所提问题的看法，以及您想提出的任何中肯的建议。

这封信大约得到了 187 份回复, 其中 70 % 的复信者表示支持成立新学会, 而这些支持者之中有 87 % 主张学会应实施较高的准入制度。六人委员会归纳出回函中最多的三项主张: 首先, 学会名字最好采用 American Institute of Chemical Engineers, 而非 American Society of Chemical Engineers; 其次, 学会不必出版一种期刊, 而应该出版一卷本或多卷本的年报; 再次, 不鼓励将任何一种杂志设定成学会官方刊物, 而应鼓励会员们自由地在任何他们自选的杂志上发表他们的文章。

尽管大多数人赞成成立新学会, 但是六人委员会认为参与投票的人数还是太有限, 应该让更多的人参与讨论。为此, 50 名在应用化学领域卓有成就的化学家应邀参加接下来的讨论和最后的决策。麦克纳博士建议, 这 50 人中最好有一半是支持建立学会的, 而另一半是反对建立学会的。最后选定的 50 人构成了一个委员会, 他们并不是严格按照赞成者和反对者的比例选定的, 其中有积极支持者、强烈反对者, 也有未明确表态者。

2.2 成立化学工程师学会

学会的成立经过了一个专家民主协商、求得共识的过程。

2.2.1 两个委员会的讨论会

1908 年的 1 月 18 日, 六人委员会与五十人委员会在纽约 Belmont 酒店举行会议, 讨论成立化学工程师学会事宜。五十人委员会出席会议的只有 16 名化学家, 他们是 C·埃克 (C. Eacker)、杰罗·亚历山大 (Jerome Alexander)、M·T·伯格 (M.T. Boger)、W·H·巴斯塔 (W. H. Bassett)、艾伦·A·克拉夫里 (Alan A. Klafin)、W·D·霍尔 (W. D. Horn)、W·R·英格拉斯 (W. R. Ingalls)、H·E·基弗 (H. E. Kiefer)、A·C·郎缪尔 (A. C. Langmuir)、W·P·梅森 (W. P. Mason)、威廉姆·麦克默特里 (William McMurtrie)、F·G·斯坦提尔 (F. G. Stantial)、M·C·惠特克 (M. C. Whitaker)

F·G·沃启曼 (F. G. Wiechmann)、T·L·比格斯 (T. L. Briggs)、M·H·哈克 (M. H. Hlark)、理查德·K·米德、威廉姆·沃克、J·科尔森、威廉姆·M·布斯、查斯·F·麦克纳。

麦克纳博士在会议开始时先简单介绍筹建学会的过程, 并解释六人委员会组织这次扩大会议的理由。会议秘书 J·科尔森宣读了部分未能出席会议人员的来信, 如 F·F·钱德勒 (F. F. Chandler)、塞缪尔·菲利普·萨德勒 (Samuel Philip Sadtler) 和威利斯·R·惠特尼 (Willis R. Whitney)、利特等。哥伦比亚大学化学教授 F·F·钱德勒反对成立化学工程师学会。而塞缪尔·菲利普·萨德勒则教授表示, 如果不是简单复制化学学会的话, 他很愿意参加新学会。通用电气公司的威利斯·R·惠特尼强烈主张成立新学会, 认为“只要有 100 个人表示支持, 成立这个学会的理由就足够充分”。利特写了一封长信, 表达自己对成立化学工程师学会的支持^{[29][22]}。

会上的讨论极为热烈, 强烈赞同和反对的观点都得以充分表达。反对派的领头人是美国化学学会 M·T·博格特 (M. T. Bogert)。他宣布了化学学会设立“工业化学家与化学工程师分部”以及创立期刊《工业与工程化学》(*Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 1909 年创刊) 的计划^[28]。这表明, 当时的工业与科学要求建立化学和机械工程之间的新学科 (交叉学科), 需要合格的工程师来设计和操作化学工业中的大型制造设备。J·科尔森反驳说: 这个计划中的分部包罗过于广泛, 不可能达到由真正的工程师组成学会的目的^{[29][22]}。

经过讨论, 会议提出了一系列入会的要求, 如学会将被建成由设计、建设和操作化学过程的人组成的专业组织。这些内容与后来的会章十分相似, 会后被整理成一封信, 寄给五十人委员会成员。由于存在意见分歧, 会议决定请五十人委员会成员投票。最后, 得到 36 张有效票, 22 人赞成, 7 人反对, 7 人弃权^[30]。六人委员会认为, 这样的结果意味着大家授权成立化学工程师学

会。于是，他们决定在 1908 年 6 月 22 日举行学会 (AIChE) 的成立会议。只有被六人委员会认为有足够资质的专家才受邀参加会议。

2.2.2 学会的成立

1908 年 6 月 22 日上午,学会的组建会议在费城的工程师俱乐部举行。查斯·F·麦克纳被选为临时主席,W·D·霍尔被选为临时秘书。麦克纳博士宣布会议开幕,接着塞缪尔·菲利普·萨德勒博士致欢迎词,欢迎来自炸药、纺织、炼油、冶金、皮革、氨和甘油等化工生产领域的多名专家。

筹备委员会秘书布斯宣读了筹备委员会报告。W·R·英格尔斯(W.R.Igalls)、理查德·K·米德和杰罗·亚历山大大组成资格委员会。随后,临时主席麦克纳作题为《美国化学工程师学会的正当性》(The Justification of the American Institute of Chemical Engineers)的报告,并提议所有与会人员都作为学会的一员参与投票。这个报告被全体会员们投票通过。之后,会议任命了三个委员会:章程委员会、提名委员会、经济委员会。

6 月 22 日下午,会议继续进行。科尔森被选为章程委员会的主席,主持逐条讨论、修改学会章程文稿,直到与会者就章程修正稿取得一致意见,并将学会定名为 American Institute of Chemical Engineers。这个章程确立了学会的主要目标:推进应用化学事业;证明化学工程师的社会地位;提高化学工程师的职业标准;改进化学工程的职业化教育;鼓励原创性工作;加强职业内部人员的交流与互动;出版和传播化学工程论著,促进知识的交流和进步^[31]。

章程规定:学会设主席一名、副主席三名,秘书、财务主管和审计主管各一名,以及董事九名。主席、副主席、秘书、财务主管、审计主管和董事构成理事会。经过提名委员会的推荐与最终投票,选举产生了学会的领导和工作人员。萨德勒担任学会主席,查斯·F·麦克纳、哈尼克和 G·艾奇逊(G.Acheson)为学会副主席,科尔

森为秘书,布斯主管财务,米德主管审计,路德维希·罗伊特(Ludwig Reuter)、索恩·史密斯(Thorn Smith)和 H·F·布劳(H.F.Brown)为第一年的董事,尤金·哈内尔(Eugene Haanel)、J·M·坎普(J.M.Camp)和 C·A·特林(C.A.Catlin)为第二年的董事,G·P·阿德曼森(G.P.Adamson)、大卫·文森(David Wessen)和爱德华·古德曼(Edward Gudeman)为第三年的董事。

与会者投票决定,会员每年缴纳 15 美元的会费。当会员总数达到两百人以上后,可不再交入会费。实际上,会员数直到 20 世纪 30 年代才超过 200 人。这可能与学会规定的入会门槛较高有关。后来,学会放宽入会标准,会员人数明显增加^[32]。会议还决定,学会组织定期的年会,第一次年会于 1908 年 12 月 28—29 日在匹兹堡举行。

3 美国化学工程师学会在化学工程学科形成中的作用

美国化学工程师学会在化学工程师的职业化、化学工程的学科塑造、化学工程教育以及化学工业的发展中都扮演了不可或缺的角色,做出了诸多的重要贡献。

3.1 界定化学工程师身份与化学工程学科

化学工程师学会在成立之初就不能回避学科的界定问题:究竟谁是化学工程师,什么是化学工程?

3.1.1 划定化学工程师身份的界限

化学工程师学会最终也未能清楚地说明化学工程师比化学家或机械工程师多出什么独特的职业领域,以至于人们仍然将化学工程误解为“化学和机械两种完全不同学科的简单联合”^[30]。尽管如此,化学工程师学会的章程至少成功地将分析检验化学师、机械工程师、化工的工头、领班之类界定在化学工程师之外。

化学工程师学会的章程对会员资质做了选择性较强的规定,强调所有申请人必须具有应用化

学的某个分支专业知识, 必须还在从事化学或与应用化学相关的工程领域。即便是有化学工程、化学、机械工程、电子工程和土木工程等专业的本科学位, 申请人也要在化工原料、化工设备设计或将化学应用到工业领域有不少于五年的工作经历。但如果申请者有化学博士学位, 学会可免去工作经验的要求。研究表明, 化学工程师学会的章程反映学会创建者的期望: 一是降低机械工程师在化学工程领域内的支配性地位; 二是能与化工产业中的其他类型化学家在职业身份上划清界限^{[33]694}。显然, 章程对生产化学师比较有利。

选择性如此强的会员制度产生了显著的效果。首先, 严苛的会员标准使得化学学会的大部分会员达不到化学工程师学会的入会标准, 可以减轻化学工程师学会与影响力强大的美国化学学会之间的冲突^{[33]714}; 其次, 生产化学师如愿地将分析检验化学师、职业竞争者机械工程师等排斥在学会之外^[34], 强化了首批会员、生产化学师和化工顾问的职业身份和荣誉感, 使他们远离了分析检验化学师身份下降所带来的危机感; 再次, 将化工主管吸收到学会, 约占学会会员数的 15%。他们大多是企业的总裁、总经理和财务主管等, 他们的入会有助于提升学会的地位。化学工程师们很快意识到单元操作的重要性, 它能划分他们与化学家、领班和工人之间的界限, 提高了化学工程师在化工厂管理中的地位。

3.1.2 界定化学工程的学科范围

化学工程需要找到和展示属于自己学科的知识领域。划定学科范围, 才能找到学科潜在的发展领域。如前所述, 化学学会主席就曾强调化学工程师学会与化学学会计划中的工业化学分会完全重叠, 因而没有成立任何必要。化学工程师学会成立之后, 它仍然不容易定义化学工程这个

新学科。生产化学师不断强调自己设计的工业设备比机械工程师设计得更符合化学原理^[35]。其实, 这个优势并非生产化学师所独有, 分析检验化学师也能做得到。在化学工程师学会成立之后的前十年里, 化学工程师们依然无法理顺自己与化学和工程学的关系, 或者说化学工程师学会没有给化学工程一个明确的定义。当时, 化学学会总是全美工程学会聚会的座上客, 而年幼的化学工程师学会却时常得不到列席会议的机会^{[36]132}。尽管化学工程师逐渐明白他们与化学家、机械工程师的区别, 但是, 一名会员在 1921 年化学工程师学会年会的大会发言中仍然感慨地说: “有时我们自己也无法说服别的工程师说: 我是一名工程师。”

19 世纪 70 年代之后西欧和美国化工设备改进迅速, 这突显了单元操作和机械工程在化工生产中所起的作用^[37]。不过, 19 世纪末关于化工设备的文献记载却非常罕见。1901 年, 乔治·戴维斯首次出版了他的《化学工程手册》(*A Handbook of Chemical Engineering*)。他认为, 成功的化学工程对机械知识的需求显然多于化学知识。这部两卷本手册几乎就是蒸发、蒸馏设备和研磨设备等各种化工设备与仪器的专著, 其中对物理变化过程的单元 (unit) 做了最早的文字描述^{[2]附录}。他在 1904 年修订版《化学工程手册》里强调: “化学工程师必须掌握近乎完美的应用化学知识, 但切不可忘记, 他要从原理上恰当处理好工厂和设备, 以完成特定的操作 (operations)。在操作之中, 建造和维护是最重要的特色。”^[38]

不过, 戴维斯还没有将“单元”和“操作”这两个词结合为一个概念。最早提出“单元操作” (Unit Operation) 概念的是化学家和化学工程师 A·D·利特^[39]。利特支持筹建美国化学工程师学会, 并且于 1912—1914 年担任这个学会的主席^{[2]14}。1915 年, 他为波士顿理工学院的校长准备的报告中使

引自 AIChE Bulletin, No.24(1921), 53 页。

用“单元操作”(Unit Operation)这个词,这为理解化学工程提供了一个很好的切入点。此后的几年里,似乎无人进一步界定“单元操作”这个术语。第一次世界大战前后,美国化学工业发展迅速,“单元操作”概念在化学工程师中迅速的普及了起来^[40]。

1922年化学工程师学会召开年会,利特在代表学会教育委员会作的报告中利用“单元操作”等概念,定义了“化学工程”。“化学工程作为一门科学……,不是化学和机械工程或土木工程等学科的混合体,而是一门独立的科学,其基础是单元操作(unit operations)。单元操作以恰当的排列和协调,构成一个工业规模的化学过程。粉碎、萃取、蒸馏、筛分、吸附、干燥等操作既不是化学的主题,也不是机械工程的主题。这些单元的大数量级处理……以及……其中涉及的原料和设备就是化学工程的领域。正是从大数量角度有选择地强调单元操作本身,将化学工程与工业化学区别开来,化学工业主要关心整体过程与产品。”^[41]

在利特看来,单元操作专注于化工生产的物理和机械过程,而不是工业化学家所关注的化学反应;单元操作着重于在工业规模上的生产,而非实验室规模的过程;化学工程创造了一种全新的“工程科学”思维角度,试图从“蒸馏塔”规模的设备的角度去思考问题,这有别于化学家从分子与原子的角度思考问题。最重要的是,单元操作的出现巧妙地限定了操作领域,为化学工程研究和商业活动提供了新的研究思路^[42]。

与利特一起对单元操作进行系统性研究的还有威廉姆·沃克。沃克在德国哥廷根大学获得博士学位,1900年加入利特的公司,1902年受校长之邀到MIT教授化学工程。1923年沃克、W·K·刘易斯和查斯·F·麦克纳合编出版了《化学工程原理》(*Principles of Chemical Engineering*)^[43]。这部书是20世纪初期影响最大的化学工程教科书,化学工程师普遍认为它是最早准确定义单元操作的教科书。1937年,德国人A·欧肯(A. Eucken)

和M·雅各布(M. Jakob)编写了两卷本《现代化学工程》,为完善化学工程教材做出了重要贡献。该书将论述单元操作的优先权归功于《化学工程原理》。

美国化工界不断深化对化学工程、化学工程师等概念以及化学工程与其他学科关系的理解,且对学科概念的界定较利特的描述更加深刻。20世纪30年代,美国化学工程师学会作为权威的学术组织,采用了如下关于现代化学工程的定义:“化学工程是工程科学的一个分支,旨在发展和应用关于材料的化学变化或特定物理变化的制造过程。这个制造过程可以分解为一系列协调的物理操作和单元化学过程。化学工程师的工作主要是设计、建造和操作那些采用单元操作与过程的设备和工厂。物理学、化学和数学是化学工程的基础科学,经济学则是化学工程的实践指南。”^[44]

也就是说,化学工程应包括:(1)单元操作;(2)设备和工厂的设计以及机械工程;(3)物理化学;(4)管理学和经济学^[45]。化学工程师学会选择的定义被美国同行普遍接受。R·诺里斯·司立夫(R·Norris Shreve)和奥尔夫·霍根(Olaf Hougen)等编写教科书时都严格承袭了学会的官方表述。

在美国化学工程师学会成立之后,从1909年化学工程师学会创办《会刊》,到1922年利特界定化学工程概念,再到1923年教材《化学工程原理》出版,化学工程学科经历了一个快速形成的过程。德国学者A·欧肯和M·雅各布认为,基于单元操作的现代化学工程大约产生于20世纪20年代的美国^[46]。大多数学者认同这个基本判断^[41]。

3.2 促进化学工程教育

在化学工程师学会成立之初,其工作焦点便落在了教育上。1908年6月成立大会上,查尔斯·麦肯纳在其所作的报告中宣称:“我们的一个光辉的目标,亦即我们所义不容辞的责任,是领

导和启发后进,也就是为未来化学工程师提供完善的培训。»^[29]Back cover

1908年12月,化学工程师学会在匹兹堡召开的第一次年会上,成立了化学工程教育委员会,并授权该委员会决定化学工程教育的课程内容。然而,这个委员会在以后的实践中很难就课程设置达成共识,比如其1913年12月的工作报告中就汇集了会员们就此议题所表达的多样且往往互相对立的观点^[32]。于是,该委员会感到不能确定一套具体的化学工程课表,只好阐述一些无关痛痒的一般性规则,试图引导各学校各自建立课程表。委员们还建议学会研究所有的化学工程课目,但这个建议因学会忙于处理其他急务而几乎被搁置了5年。

1919年,利特出任化学工程师学会教育委员会主席,带领委员会着手改变当时的化学工程教育。委员会首先非常仔细地调查了已有的化学工程课程。1922年,利特代表教育委员会在化学工程师学会年会上作报告,分析了全美大学中78套被命名为“化学工程”的课程。报告指出,化学工程课表在各学校的差异到了“不可思议”的程度,各校对不同科目的重视程度也变化很大,根本不可能找到统一的标准课表。报告分析了所有的课程设置利弊,指出单元操作是界定化学工程职业性和衡量教学大纲质量的重要标准,而落实这一标准的途径之一是改革课程。

利特的报告被与会者接受。当时的学会主席大卫·文森(David Wesson)认为它有里程碑式的意义。学会董事之一拉尔夫·麦基(Ralph McKee)写道:“教育委员会开出了一剂药方,我们的责任就是看到在药店抓药,并交给‘病人们’。”化学工程师学会认为,将化学过程视作一种系统和标准的科学理论,对化学工程职业的发展有极其重要的意义。于是,学会决定制订一个以单元

操作为学科基础的教育改革计划^[36]⁵⁰。

这项改革计划非常成功。1928年,时任化学工程师学会主席阿尔弗雷德·霍尔莫斯(Alfred Holmes)在当年的年报上写道:“几乎所有教授化学工程的学校都认识到单元操作为化学工程学的工程部分提供了主要架构。”^[47]学会强调“单元操作”在化学工程核心课程表里的重要性。后来,又有各种理论被添加到课程表,改变着化学工程的课程设置(图1)。1925年,教育委员会列出了

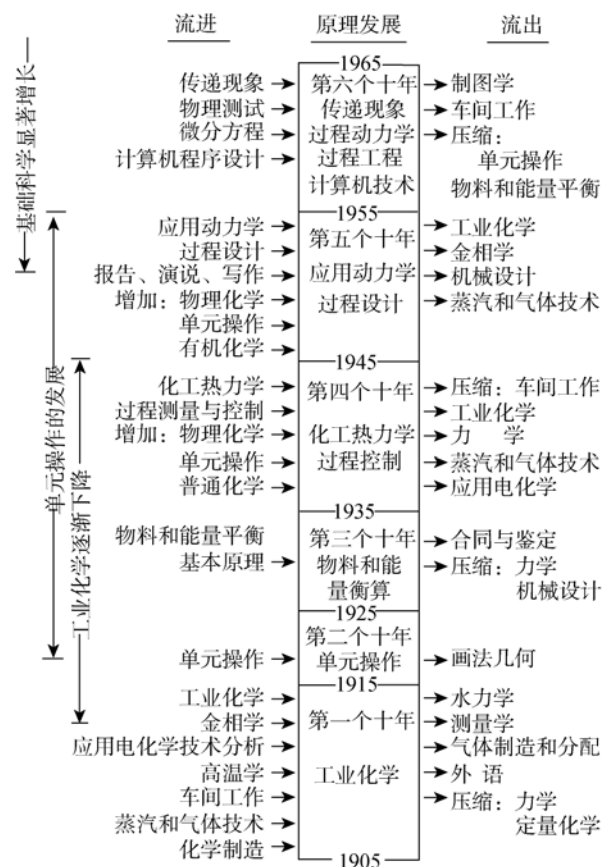


图1 1905—1965年美国典型化学工程课程变迁^[48]

14个达标的学校。通过推行认证标准,化学工程师学会鼓励工学院设立独立的化学工程系,而非由化学系开办二级的化工系,促使所有参与科目评估的大学将化学工程列为一门独立的学科。至此,化学工程师们较过去更认同自己是工程师了。

引自 AIChE Bulletin, No.20 (1919), 50 页。

引自 AIChE Bulletin, No.20 (1919), 50 页。

引自 AIChE Bulletin, No.24 (1924), 20 页。

3.3 加强化学工程与产业的结合

埃德温·T·雷顿 (Edwin T. Layton) 认为：“工程学科与科学以及工程学科与商业间的边界争夺与融合是美国工程科学的全部核心历史。”^[49] 很多工程师都经历了一个将企业管理视为自己职业的一个重要部分的缓慢转变过程。例如，历史悠久的美国土木工程师学会的主席在 1909 年的年会上告诫会员：土木工程师不应该过于紧密拥抱商业利益，工程师不要成为“被人控制的追寻商业利润的知识工具。”^[50] 电机工程实际上是在大公司中产生的工程科学。它在电机工程师学会的率领下，也曾经经历一段学科和商业的冲突^[50]。

但是，化学工程在处理与企业管理的关系方面比其他工程科学更容易一些。它一开始就与化学有着天然的密切关系，同时，化学工程师们一开始就欣然接受大公司的管理方式，并将其视为自己职责的一部分。例如，负责编辑《化学工程师》杂志的理查德·米德在 1907 年将化学工程师定义为“一个负责管理，进而设计、运作或指导化学企业的人”^[51]。韦尔斯巴克 (Welsbach) 公司前总监、哥伦比亚大学化学工程教授和学会核心成员 M·C·惠克特 (M. C. Whittawer) 在 1911 年将化学工程师描绘为组织、运作、管理化工过程的人^[52]，认为成功的化学工程师具有行政和管理的天赋。1920 年，时任化学工程师学会主席的大卫·韦森 (David Wesson) 甚至将化学工程师广义地理解为“管理化学家”^[53]。直到 1973 年，仍然有 12% 的受访化学工程师认为管理是他们工作中居于首位的部分^{[36]156}

化学工程与化学工业存在盟友般的关系并不奇怪。化学工程师学会最初的章程就要求会员一般须有五年负责处理化工原料、设计化工设备或者在应用化工领域从业的经验。事实上，来自企业的化学工程师一开始就在化学工程师学会中发

挥着主导作用。在 1909 年化学工程师学会的成员名单里，大约 75% 是或者曾经是化学公司高管及在化工界或政府任职的中级人员^{[26]714}。其余 25% 的会员主要是学者，但是其中一些人也曾涉足过一些监管的职位。

化学工程领域的管理与技术的密切关联表明，工程科学和商业之间的关系并不总是像埃德温·莱顿描绘的那样紧张。化学工程学科在一定程度上根植于产业，不少化学工程师有在企业 and 大学等机构工作的多重工作经历，这些都自然地推进了学术研究与产业的结合、教育与产业的联系。化学工程师直接为产业发展与企业技术创新做贡献，产业中的实际技术问题和管理问题等都激发着学术与教育的进步，使化学工程师学会更具生命力。

4 结语

《未来 10 年中国学科发展战略·总论》定义了“学科”的内涵：“学科是人类知识体系中的基本组成部分，是知识体系不断发展和分科深化的结果。它既指知识的某个门类 (subject)，又指知识创造过程中某个专门的研究领域 (discipline)。在研究某类对象和传承知识的过程中，相应的知识被创造并逐步发展成系统化的理论方法，成长为一个有特定范式的学科。任何一个学科都经历萌生、形成、成长、成熟的过程。”^[13] 19 世纪前后，科学传统与工匠传统日益结合，知识的不断交叉与技术的逐步科学化，导致了工程科学的兴起。化学工程学科的形成成为我们深入理解知识的历史，特别是工程科学的形成及其与社会的互动提供了一个范例。

(1) 作为知识体系的化学工程

化学工程是化学与机械工程等知识相互结合而形成的一个交叉学科，其学科问题、理论方法等经历了一个发生与发展的过程。与土木工程、

引自 AIChE Constitution. Transactions of the American Institute of Chemical Engineers, 1908:21.

机械工程等工程学科不同, 化学工程主要源自较完备的化学知识以及机械工程学。在化学工业迅速发展的过程中, 科学实验室的化学反应过程被放大为工业生产所要求的量级, 从而催生化学工程。美国在这个放大化学反应过程方面取得了成功, 率先将“单元操作”概念引入化学工程和工业领域, 为理解和发展化学工程学科找到了突破口。正是以“单元操作”概念为基础, 美国人合理地界定了化学工程学科, 构造了由科学理论、工程知识和管理知识等构成的学科基本体系。

当然, 文本知识是工程科学知识体系构建的必需形式。化学工程文本知识是欧美学界共同塑造的。英国人乔治·戴维斯撰写的《化学工程手册》于1901年刊行。22年后, 美国人威廉姆·H·沃克(William H. Walker)及其合作者出版了《化学工程原理》这部颇具影响力的教科书。

(2) 化学工程学科与工业的关系

新的工程学科往往与新兴产业的发展存在密切的互动关系。化学工业的发展成就促成了化学工程师这类新职业与化学工程学的兴起。19世纪中叶, 德国化学工业快速发展, 化学公司积极与大学或高等技术学院合作, 在公司内部建立了化学工业实验室, 提升了化学工艺与新产品的研发能力。

美国效仿德国, 在20世纪初着力发展本土的化学研究与化学工业。化学工业成为化学家与机械工程师合作的场所以及塑造和应用化学工程知识的沃土, 促进了化学工程师的职业化。1908年美国化学工程师学会设置苛刻的入会门槛, 还能从工业界吸收到一定数量的生产化学师、化工顾问和化工主管等。

(3) 化学工程师的职业化

化学工业的扩张需要大量的化学家、机械工程师、管理人员与技术工人等, 从事工厂、工艺与设备的设计、建造、管理与维护等工作。这些在工业界的谋生者中有研究化学师、生产化学师和分析检验化学师等专门职业。他们受到了专门的化学、机械等方面的训练, 具有实际技术与管

理的经验, 在工业界挣得了职业身份, 逐步发展成化学工程师群体。此外, 大学还有一些与工业界联系密切、培养化学工业所需人才的教职人员。

早在1839年出版的《采矿与制造工艺词典》中就有“化学工程师”这个名词, 说明此前工业界已经有化学工程师这个职业角色。60多年后, 化学工程师职业角色逐步强化, 大学化学工程系能培养合格的工程师, “化学工程师”成为《化学工程手册》需要特别定义的术语。美国化学工程师学会成立时, 竟然选择化学工程师的“精英”入会, 而且与化学学会划清“井水不犯河水”的界限, 排斥企业中的职业位置较低的分析检验化学师, 还要与机械工程师竞争人才。

(4) 化学工程学科的建制化

一门学科的建制化, 即成为一种基本的社会建制, 标志着它被社会接受并可能在社会资源支持下持续发展。化学工程学科的建制化包括化学工厂及其实验室、专业教育机构、学会与学术期刊的创办等。

化学工业是吸纳和锻炼技术人才的场所, 而建制化的化学工程专业或系则是技术人才的主要培养者。1888年, 波士顿理工学院开设“化学工程”课程, 培养兼学化学、物理化学、机械工程等知识的人才。19世纪90年代, 美国已经有多所大学设化学工程专业(系或学院), 初步完成了这个学科在高等院校的建制化。美国化学工程师学会的领导和活跃成员积极参与了课程建设与教材编写, 贡献了《化学工程原理》这种标志性的教科书。

(5) 化学工程师学会对学科建设的贡献

美国化学工程师学会的成立既反映着化学工程学科的进一步建制化, 又标志着化学工程师的高度职业化及其学术共同体的形成。化学工程师们终于有了自己的学术自治之家。

1904年创刊的《化学工程师》杂志为化学工程从业者提供了一个交流知识与信息的园地或媒介。但是, 杂志的作用毕竟很有限, 《化学工程师》

的编辑向杂志的读者们提出了建立一个更大的交流组织——化学工程师学会的建议。美国化学工程师学会成立之后，推出了得到学界、工业界和社会认可的举措，在学科建设与发展中扮演了多重角色。第一，界定化学工程师的身份，加强从业者的职业地位；第二，理清化学工程学科的知识范围及其与其他学科的关系，为自身学科发展拓展方向；第三，改革化学工程教育，规范课程设置，培养化学工程师；第四，吸纳企业的技术与管理人才，促进学术、教育与产业的合作；第五，创建《会刊》，搭建交流平台。

化学工程学科的建制化推动了化学工业的大发展。

致谢

本文是在导师张柏春研究员的悉心指导下完成，在此表示感谢！

参考文献

- [1] 中国科学院. 国家自然科学基金委员会. 学科发展报告: 总论[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] Van Antwerpen F J. The Origins of Chemical Engineering[M]//Furter W F. History of Chemical Engineering. Washington, D.C.: American Chemical Society, 1979: 1, 3, Appendix, 14.
- [3] Houge O A, Watson K M. Chemical Process Principles[M]. Hoboken, New Jersey: Wiley Press, 1979: 117.
- [4] White A H. Chemical Engineering Education[M]// Kirkpatrick S D. Twenty-five Years of Progress in Chemical Engineering. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1933: 353–354.
- [5] 戈策尔. 莱纳斯·鲍林传[M]. 刘立, 译. 上海: 东方出版中心, 2002: 74.
- [6] Uselding P J. Studies in the Technological Development of the American Economy During the First Half of the Nineteenth Century[D]. Evanston, Illinois: Northwestern University, 1970.
- [7] 马克·C·凯恩斯, 约翰·A·迦勒底. 美国通史[M]. 吴金平等, 译. 济南: 山东画报出版社, 2008.
- [8] Burstall A F. A History of Mechanical Engineering[M]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1965: 358.
- [9] Rosenberg R. Test Men , Experts , Brother Engineers , and Members of the Fraternity: Whence the Early Electrical Work Force[M]. Piscataway, New Jersey: IEEE Transactions on Education, 1984.
- [10] Landau R. Academic-Industrial Interaction in the Early Development of Chemical Engineering at MIT[J]. Advances in Chemical Engineering, 1991(16): 41.
- [11] Calhoun D H. The American Civil Engineer: Origins and Conflict[M]. Cambridge, Eng: Cambridge Press, 1960: 137–138, 178–180.
- [12] Westwater J W. The Beginnings of Chemical Engineering Education in the USA[M]//Furter W F. History of Chemical Engineering. Washington, D.C.: American Chemical Society, 1979: 145–147.
- [13] Karl Schoenemann. The Separate Development of Chemical Engineering in Germany[M]//Furter W F. History of Chemical Engineering. Washington D.C.: American Chemical Society, 1979: 249.
- [14] Buisber C. The Education of Chemists[J]. Journal of the Society of Chemical Industry, 1931: 173–174.
- [15] Thackray A. Chemistry in America 1876–1976: Historical Indicators[M]. Springer Press, 1985: 189–191.
- [16] University of Illinois, Department of Chemistry. The Study of Chemistry at the University of Illinois[R]. Urbana, Illinois University of Illinois, 1907: 27–28.
- [17] Haber L F. The Chemical Industry 1900–1930[M]. Oxford: Oxford Press, 1971: 14–17.
- [18] Burgess C F. The Efficiency College Training of Men for the Chemical Industries[J]. Journal of the American Chemical Society, 1911: 33
- [19] Hale W J. The Immediate Needs of Chemistry in America[J]. Industrial and Engineering Chemistry, 1921(13): 463.
- [20] Walker W H. Some Present Problems in Technical Chemistry[J]. Electrochemical and Metallurgical Industry, 1905 (3): 61.
- [21] Richardson W D. The Improvement of Analytical Processes[J]. Industrial and Engineering Chemistry, 1910(2): 99.
- [22] Are Analytical Chemists Poorly paid[J]. The Chemical Engineer, 1906(4): 85–86.
- [23] Baekeland L H. Applied Chemistry[J]. Metallurgical and Chemical Engineering, 1915(13): 677.
- [24] Science and Industry[J]. Metallurgical and Chemical Engineering, 1910(8): 336.
- [25] Brogdon J S. The Analyst Versus the Chemist[J]. Industrial and Engineering Chemistry, 1912(4): 684–685.
- [26] Reynolds T S. 75 Years of progress: a history of the American Institute of Chemical[M]. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1983.
- [27] Layton Edwin T. The Revolt of the Engineers: Social

- Responsibility and the American Engineering Profession[M]. Johns Hopkins University Press, 1986: 15.
- [28] Preliminary Discussion on the Advisability of Organizing of American Institute of Chemical Engineers[J]. Transaction of American Institute of Chemical Engineering, 1908, 1(1): 1.
- [29] Franklin J, Antwerpen V. Chapter 2: Organization[G]// Highlights—the First Fifty Years—of the American Institute of Chemical Engineers. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1958.
- [30] Benjamin C H. Balance of Courses in Chemical Engineering[J]. The Chemical Engineer, 1911(14): 439.
- [31] Minutes of the Philadelphia Meeting for Organization[J]. Transaction of American Institute of Chemical Engineering, 1908, 1(1): 6
- [32] Love S, Kearns D L, Lawler B. Chapter 4: Trends in General and Division/Forum Membership[G]//A Century of Achievement—Vision for the Future: 1908-2008. New York: American Institute of Chemical Engineers, 2008.
- [33] Reynolds T S. Defining Professional Boundaries: Chemical Engineering in the Early 20th Century[J]. Technology and Culture: Special Issue: Engineering in the Twentieth Century, 1986, 27(4): 694.
- [34] Guedon J C. Ilprogett dell'ingegneria chimica: L'affermazione delle operazioni di base negli Stati Uniti[J]// Testi & Contetti: 5, 1981: 14-16.
- [35] Shreve R N. Unit Operation and Unit Processes: volume 14[M]//Encyclopedia of Chemical Technology. New York: interscience publisher, 1955: 422-426.
- [36] Servos J W. History of Chemistry[M]//Historical writing of American science: 2nd series, Vol 1. Chicago: The University of Chicago Press, 1985.
- [37] Haynes W. American chemical industry[M]. New York: Van Nostrand, 1949:361.
- [38] Nagel O. The Mechanical Appliances of the Chemical and Metallurgical Industries[M]. New York: The New York Public Library, 1909.
- [39] Glenn C, Williams J, Edward Vivian. Pioneers in Chemical Engineering at MIT[M]//History of Chemical Engineering. Washington D.C.: American Chemical Society, 1980: 113.
- [40] Report of Committee on Chemical Engineering Education of the American Institute of Chemical Engineers[J]. Transaction of American Institute of Chemical Engineering, 1922, 13(2): 60.
- [41] Farber E. Man Makes His Materials[M]//Technology in Western Civilization: Volume 2. Oxford: Oxford University Press 1961.
- [42] 陈敏恒, 丛德滋, 方图南, 等. 化工原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 3.
- [43] 戴通. 国际大师看化学工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 27.
- [44] White A H. Chemical Engineering Education in the U. S. [J]. Transactions of the American Institute of Chemical Engineers, 1928(XXI): 55-85.
- [45] Shreve R N, Austin G T. Shreve's Chemical Process Industries[M]. McGraw Hill Professional, 1984: 1.
- [46] Shreve R N. The Chemical Process Industries[J]. Chem. Educ., 1945, 9 (22): 467.
- [47] Browne C A, Weeks M E. A History of the American Chemical Society: Seventy-five Eventful Years[M]. Washington D.C.: American Chemical Society, 1952: 88.
- [48] 刘启华. 关于化学工程教育思想的哲学自议[J]. 高等工程教育研究, 1990(2): 23.
- [49] Edwin Thomas Layton. The Revolt of the Engineers: Social Responsibility and the American Engineering Profession [M]. Press of Case Western Reserve University, 1971: 2-5
- [50] Transactions of the American Society of Civil Engineers: vol. LXVIII[M]. Public Domain Books, 1910:56.
- [51] McMahan M. The Making of a Profession: A Century of Electrical Engineering in America[M]. New York: New York IEEE Press, 1984, 49
- [52] What Is a Chemical Engineer[J]. The Chemical Engineer, 1907(6): 40.
- [53] Wesson D. What is a Chemical Engineer[J]. Chemical and Metallurgical Engineering, 1920: 23

AIChE and Its Role in the Early Shaping of Chemical Engineering

Zheng Kangni

(National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: In the 20 years from the late 19th century to early 20th century, industry developed rapidly in Europe and the U.S. During this period new branches of engineering science came into being. In order to have deep understanding of engineering science, the author chooses American Institute of Chemical Engineers as her case study target. On the basis of important sources and literatures, the paper made a study on the history of the formulation of chemical engineering as a new discipline from the perspectives of historiography and sociology of science. The paper shows that in the rapid growth of the chemical industry in the U.S, chemical engineers has become a new profession, and chemical engineering as a discipline is gradually shaped by the interaction and intersection of chemistry and mechanical engineering. In 1888, Boston Institute of Technology (the predecessor of MIT) started to design chemical engineering courses and to train engineers needed in chemical industry. Chemical engineers paid more attention to the connection of their work with pure chemistry and mechanical engineering. They tried to find out their own professional and knowledge boundaries in industry. The chemical industry grew along with the formation of chemical engineer groups and institutionalization of chemical engineering education. In such a context, the American Institute of Chemical Engineers was established in 1908. The AIChE was a distinguished mark of the institutionalization of chemical engineering. It played an important role in the shaping and promoting of the new discipline: defining the professional identity of the chemical engineer; constructing a platform of academic communication; clarifying the boundary of chemical engineering and the relationship among chemical engineering, chemistry, mechanical engineering and other disciplines; reforming the education of chemical engineering at American universities, standardizing the curriculum of chemical engineering; promoting the connection among academic institutions, universities and enterprises.

Key words: American Institute of Chemical Engineers; chemical engineering; chemical industry; discipline