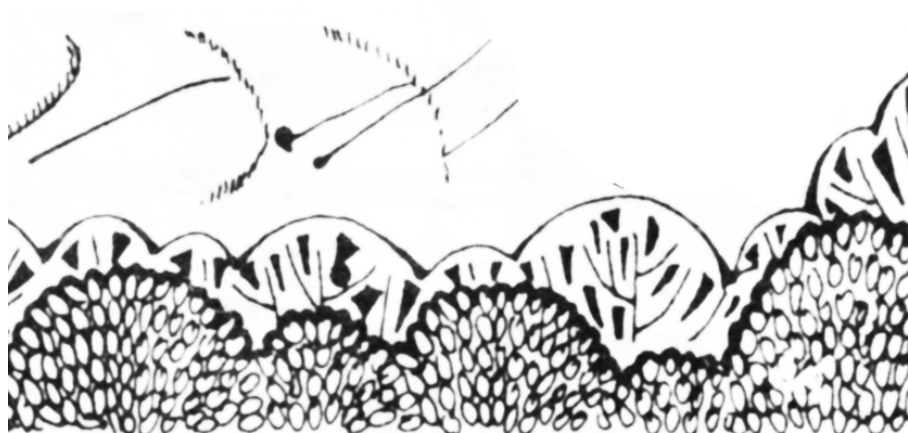


化学教育理论

(二)

文强 编著



目 录

化学教育史	1
19 世纪化学教育	1
俄国化学教育	1
美国化学教育	5
19 世纪化学教育的特点	12
20 世纪美国高等化学教育	20
历史背景	20
教育制度	24
化学教育目标与招生	34
化学课程与教学	37
研究生培养	49
科学研究与教学	55
化学继续教育	62
美国高等化学教育的特点	66
20 世纪美国中等化学教育	71
教育背景与目标	72
课程与教学计划	77
教师与教学方法	91
化学考核与课外活动	106
美国化学会与化学教育	109
化学教育与社会	113
美国中等化学教育的特点	118
20 世纪俄、苏化学教育	123
历史背景	124
高等化学教育	131

化学教育史

19 世纪化学教育

俄国化学教育

俄国的科学传统最初源自法国。彼得大帝在 1724 年建立的彼得堡科学院就是以法国皇家科学院为蓝本的，并一度聘用外国科学家。罗蒙诺索夫是第一个著名的俄国本国的科学院院士，他在 1748 年曾使用过实验室，但并没有造就出一批有影响的化学家。到 19 世纪初期，长期受彼得堡科学院统治的俄国科学随着西方科学和教育的改革逐步受到挑战。刚刚继位（1801 年）的亚历山大一世在西方教育政策的鼓励下，受自由主义思想的影响，在俄国各地组织创办了一些新的大学：多尔坡大学（1802 年）、哈尔科夫大学（1803 年）、维尔大学（1803 年）、喀山大学（1804 年）、彼得堡大学（1819 年）、基辅大学（1834 年）等等。从这时起，俄国大学开始代替科学院而成为科学研究和教育的中心。不少俄国科学工作者出国留学（特别是德国），回国后都聚集在这些省立大学任教。随之，化学教育也得以发展起来。

喀山大学可以说是较早开展化学教育的俄国大学。初创时，喀山大学分 4 个系 28 个教授席位：道德和政治（7 个）、物理和数学（9 个）、医学（6 个）、文学（6 个）。教师多聘用德国学者，例如数学教授巴特尔斯（J.M.C.

Bartels)、物理学教授雷恩纳尔(C.F.Renner)、天文学教授李特洛夫(J.J.Littrow)等。喀山大学培养的第一个杰出学者是著名数学家罗巴切夫斯基(N.I.Lobachevskii, 1792—1856)。1812年,他留校教授数学、物理学和天文学,1821年被推选为校长。喀山大学化学教育正是在他管理之下开始的。最初曾有一位化学教师杜那伊夫(I.I.Dunaev),但影响不大,而且在1835年要退休。这样,罗巴切夫斯基便要求曾在他手下学习数学的、后又讲授分析力学和流体静力学的年轻教师齐宁来负责讲授化学课程。在1834—1837年,罗巴切夫斯基亲自指导建立了新的化学和物理大楼,最低一层是化学实验室(包括1个讲厅和6个装设不错的实验室)。

1838年,齐宁被罗巴切夫斯基送到德国深造。齐宁先是在柏林大学就学于米契里希,然后又在米契里希的建议下到吉森向李比希求教。当时在吉森实验室学习的,除了齐宁之外,还有许多其他俄国年轻化学家,诸如科得尼夫(A.I.Khodnev)、伊兰波夫(P.A.II'enbov)、索科洛夫(N.N.Sokolov)和沃斯克列先斯基(A.A., 1809—1880)等。吉森实验室从事创造性活动和进行不倦探索的气氛给齐宁留下了深刻的印象。1841年,齐宁获博士学位后回到了喀山大学担任化学工艺教授,这个职位在1839年后一直由克劳斯(K.K.Klaus, 1796—1864)担任。在教学方面,齐宁和克劳斯进行了新的分工,后者教授无机化学,前者教授有机化学和化学工艺。齐宁于1847年离开喀山大学而受聘到彼得堡医学和外科学院任教(1847—1874年)。尽管只有6年时间,但齐宁却运用最新的实验室教学法和克劳斯一起造就了大量的俄国化学家,其中布特列洛夫、别凯托夫(N.N.Beketo

v)、鲍罗庭(A.P.Borodin)等最为著名。布特列洛夫曾访问过本生、柯尔贝、凯库勒、埃兰迈耶尔(E.Erlerimeyer)等德国化学家的实验室,在喀山大学任化学教授后,更加发挥了德国化学教育的精神,并以其富有吸引力的有机化学结构理论和思想团结了许多诸如马尔柯夫尼可夫(B.B.1838—1904)、扎依采夫(A.M.1841—1910)这样的化学家。

彼得堡大学建立后虽然设立了化学教授职位,但其真正的化学教学活动却是在1846年之后。这一年,被门捷列夫称为“俄罗斯化学之父”的沃斯克列夫斯基担任了该校的化学讲座。他作为李比希的学生把大部分精力投入了紧张的教育工作,不顾经费短缺,坚持以其在吉森获得的感受来管理实验室,并不断充实内容。由于他对初学者的热心指导和帮助,吸引了不少有才干的大学生来学习化学,并从中培养了不少卓越的人才。他的学生除门捷列夫外,还有门舒特金(H.1842—1907)等许多俄国化学家。1861年,门捷列夫在彼得堡大学开始任教,先教有机化学,后来向校方提议聘来布特列洛夫任有机化学教授,而他自己被聘任为无机化学教授。门捷列夫全力以赴于教学和研究工作,但其工作条件却相当艰苦:

“没有煤气,燃烧用酒精,甚至酒精常感缺乏,因为被实验室内唯一的看门老人喝掉了。通风不生效……从1866至1872年,实验室一共只有两间房屋,其中一间还是黑暗的,直至1872年门捷列夫开始做关于气体压缩性的研究工作时,他才辟出第三间房屋……总之,在门捷列夫一生中的顺利时期,他仍不得不在最艰苦的条件下工作。”

究其原因主要是经费短缺，正如门捷列夫在 1871 年所说：

“如果把我们实验室内的专职人员人数和其他大学校内的人数相比较，显然的，我们的数目在这方面要超过其他大学，甚至可以与一些著名的规模宏大的，如海德堡的本生实验室，哥廷根的韦勒实验室以及莱比锡的柯尔贝实验室相等。但是我们的经费远比上述的外国实验室为少……我们实验室应该放弃许多成就和研究工作，这样外国的实验室才不至于害羞。”

应该说，门捷列夫即使在这种条件下也为俄国培养了许多化学人才，但遗憾的是留在他身边帮助其进行研究工作的学生却很少（常常是因为待遇很低），因而没有形成什么化学学派。

以上喀山大学和彼得堡大学是从 19 世纪中期开始化学教学活动的，到 19 世纪 70 年代，其他大学也广泛地开展起化学教育。莫斯科大学于 1755 年创建，是俄国最早的大学，1804 年出现了低水平的化学教育，当时只限于讲述燃素理论的化学。由此可见其思想是多么守旧。莫斯科大学这种守旧的状况直到 1873 年才有了根本的改变，这就是它邀请了布特列洛夫的学生马尔柯夫尼柯夫来担任化学讲座。他一上任就对莫斯科大学的实验室和化学讲座进行了规划和整顿。他首先要求校方在旧的实验室基础上建立一个新的建筑，以供教学和研究之用。新的建筑经过 10 年努力于 1887 年完工。然后，他撤掉了一些无能守旧的化学教授，同时调入一些优秀的化学家诸如鲁根宁（B. , 1834—1911）（他后来在莫斯科大学建立了俄国第一个热化学实验室）泽林斯基（ , 1861—1953）等

任教,从而使莫斯科大学在化学这门科学的教育和研究中起了领导作用。

基辅大学建校较晚,但从1840年就开始由冯贝尔格(I.Von-berg)提供了较好的化学教学。他在1845年曾被派遣去国外考察欧洲化学家的实验室,并于1847年根据自己的设计而在基辅大学建立了第一座化学实验室。1849年,冯贝尔格便开始有系统地在实验室中向学生讲授化学实验。遗憾的是由于他在化学研究上没有什么成就而影响不大。不过基辅大学对化学的重视应该肯定,门捷列夫也正因为如此才在基辅大学任教很久,之后才去彼得堡大学。对基辅大学化学教育真正有影响的是阿历克谢耶夫(V.Alekseev, 1840—1891)。他在1873年对冯贝尔格实验室进行扩建,使实验室更加宽敞了。他在实验室中完成了许多研究工作,并培养了许多化学家,如雷福尔马特斯基(Revormatskii)、巴扎洛夫(A.Bazarov)、米哈依林科(E.Mihailenko)、希施柯夫斯基(V.Siskovskii)等。

除此之外,圣彼得堡的矿冶学院、里斯学院,莫斯科的一些高等技术学校,乌克兰的哈尔科夫大学、敖德萨新俄罗斯大学,波罗的海的多尔坡大学、里加多种工艺学院等也都在19世纪中期之后开设了化学实验室,培养化学化工人才。

美国化学教育

正如俄国科学的传统导源于法国一样,美国科学的传统则源自英国。在相当长的时间里,美国和英国的传统非常相似。在17世纪,英国在清教和科学活动之间存

在着一种联盟，美国信奉清教的几个州（新英格兰、宾夕法尼亚、弗吉尼亚、卡罗来纳）在殖民时期曾经给英国皇家学会提供了最多的成员。尽管从 17 世纪直到 18 世纪，美国也出现了许多高等教育机构，诸如哈佛（1636 年）、耶鲁（1701 年）、普林斯顿（1746 年）、哥伦比亚（1754 年）、宾夕法尼亚（1755 年）等大学，但就像剑桥和牛津大学一样隶属于教会统治。

到 18 世纪后期，这种情况有所变化。由于英国化学家普里斯特利这时访问并移居美国的宾夕法尼亚州（宾夕法尼亚大学曾聘请他任化学教授，他拒而未就），美国大学开始对化学采取了同情的态度。其实，尽管在这个新世界尚没有什么专职的科学活动者，但作为总体的科学本身却较早就受到像富兰克林和杰弗逊这样一些领袖人物的热心支持。富兰克林一直希望创建一所学校使其课程设置不受那种僵化传统的束缚，因而积极为创立费城学院（后来并入宾夕法尼亚大学）而奔走。基于同样的思想，费城医药学院于 1765 年建立。摩根（John Morgan, 1735—1789）任药物学和化学教授，他曾是英国爱丁堡大学科兰的学生。当 1769 年该校单独设立化学教授后，拉什首先担任了此职。在此之前，拉什也在爱丁堡大学随布莱克学习，并获医学博士学位。回国后，他作为一个自由主义者曾主张开办国立大学，并认为美国高等教育应该是更世俗的和科学的，更普通的和实用的，应跳出宗派主办的传统古典学院的牢笼和限制。在费城的几个学院都隶属于宾夕法尼亚大学后，拉什放弃化学教授职位而成为医学教授。留下的化学教授职位很多年一直由威斯塔尔（Casper Wistar）担任，但后来他也转向了医学。在 1794 年，这个职位本想提供给普里斯特利

而未果,只好由拉什的学生伍德豪斯(James Woodhouse, 1770—1809)担任。另外,1767年,詹·史密斯(James Smith)从莱顿大学获得博士学位后开始在国王学院(在美国革命时期更名为哥伦比亚学院)医药学校开始教化学,两年后升为化学教授。这里应当指出的是,甚至在1767年之前,化学曾作为自然哲学的一部分进行讲授,例如1774年马迪逊(James Madison)在威廉-玛丽学院、1756年威廉·史密斯(William Smith)在费城学院、1787年摩尔顿(Charles Morton)在哈佛大学都提供了这种课程。这三个人都曾作为牧师而受教育的。既然已有牧师做科学教师的先例,那么在19世纪的美国,很多所谓文理学院里出现牧师兼科学教师的现象也就不足为怪了。

19世纪初期,美国东部地区有6个学院提供了可以说是严肃的化学教育。除了宾夕法尼亚大学和威廉-玛丽学院之外,还有哈佛医药学校、达尔特茅斯医药学校、哥伦比亚大学、新泽西学院(现在的普林斯顿大学),分别由德克斯特(Aaron Dexter)、斯鲍尔丁(Lyman Spaulding)、米契尔(Samuel Latham Mitchell)、马可良(John Maclean)任教。包括伍德豪斯和马迪逊在内的这6位教师都是受医学教育的,其中米契尔和马可良曾随布莱克学习过。斯鲍尔丁还是1820年制订美国第一部药典的组织者。更为有趣的是,他们都是拉瓦锡的追随者。斯鲍尔丁和米契尔积极地把新命名法引入美国。马可良虽出生于苏格兰,但在拉瓦锡新化学体系引入美国之前,他就对此有了详尽的了解。他还同米契尔一起激烈地反对坚持燃素理论的普里斯特利。米契尔在其主编的杂志《医药库》(Medical Repository)上连篇刊载普里斯特利

与马可良之间的辩论。

19世纪上半期,美国科学和科学教育中最为重要的人物是老西里曼(Benjamin Silliman, 1779—1864)。他尽管是学法律的,但在1802年却受耶鲁大学校长之邀成为该校的首任化学教授。为做准备,老西里曼花了一年的时间到费城听了伍德豪斯的化学课程以及拉什、威斯塔尔、巴顿(Benjamin Barton)的医学课程。在回耶鲁的路上,他又在普林斯顿停下来请求马可良给予进一步的帮助。老西里曼在完成了第一年的教学任务后得到一笔自由赠款以作实验室装设用。第二年,他到英国从阿库姆开设的专售科学器材的商店购置了一些实验设备,同时也扩展了自己的科学知识,在那里,他还结识了当时英国许多科学家和技术发明者,诸如戴维、道尔顿、富尔顿(Fulton)、瓦特、班克斯(Sir J. Banks, 1743—1820)、沃拉斯顿、卡文迪许、汤姆森、霍普(Th. Ch. Hope)等。他在阿库姆的私人实验室接受了科学教育,并在伦敦和爱丁堡听了许多科学演讲。

但是,老西里曼作为先驱人物在美国科学中享有的地位不只是由于他对科学知识的贡献,还因为他使其同胞产生了一种科学意识。他的地质学和化学教程得到普遍流行,并培养了许多后来在美国教育、医药、工业等方面都留下印迹的青年,诸如南卡罗来纳医学院和耶鲁大学的谢泊德(Charlos V. Schepard)、耶鲁大学的达那(James Dwight Dana, 1813—1895)、北卡罗来纳学院和耶鲁大学的奥姆斯苔德(Dension Olmsted)、达尔特茅斯大学的胡巴德(Dliver P. Hubbard)、路易斯韦勒医学院和耶鲁大学的小西里曼(Jr. Benjamin Silliman, 1816—1885)、宾夕法尼亚医药学校的哈勒(Rober Hare)和伊顿

(Amos Eaton, 1776—1842)。伊顿曾在 1824 年新建立的纽约雷恩塞拉伊尔多种工艺专校成立了一个教学实验室。老西里曼在 50 岁时作为一个通俗演讲者的声名广泛流传。他的足迹遍布新英格兰、圣路易斯和新奥尔良。

到 19 世纪中期,美国科学经历了一个新的发展时期,建立了一些科学学校(Scientific School)。杰弗逊曾在 1818 年确定弗吉尼亚大学校址、课程计划和政策的报告中提出了高等教育的目标,其中有一条是:“用数学和物理科学启迪他们(青年学生),增进技艺,论叙健康、生存、人类生活舒适等问题。”他建议弗吉尼亚大学分成 8 个学校,包括古代语言、现代语言、数学、自然哲学(指化学和物理学)、自然史、医学、道德哲学、法律学等学科领域,而且学生可以选择任何一个学校。这实际上意味着科学对学院课程的侵入,但它很快就受到保守主义者的反对,其论点是:不管社会、政治、经济如何变化,良好高等教育的根基仍然是一样的,如果课程要适应一个社会事务的变动,这样给予的教育将是无价值的。因此,科学研究只有当它提供的知识使人们能够对抗异端思想、维护圣经教义时才被认为是重要的,而对科学感兴趣的学生对科学知识的探求也只能在现有的医药学校中进行。即使是老西里曼,尽管他的热心和享有的特权也未能将一个真正的科学计划纳入耶鲁大学的正规课程里。渴望致力于科学活动的学生在毕业后得作为西里曼的助手或特别学生而同他一起进行工作。另一方面,1776 年美国独立运动后,农业问题引起普遍重视。杰弗逊、华盛顿作为政治家都热心倡导农业改革,从而导致了着重于农业的雷恩塞拉伊尔多种工艺专校的建立。创办人期望这所美国第一个独立技术学校能培养教

师,给农场主和机工的子女传授耕种、制造业、家政等应用科学的技艺。伊顿在这所学校还开了实验室教学方法的先河,经他培养的有霍尔(James Hall)、埃蒙斯(Ebenezer Emmons)和霍斯伏特(E. N. Horsford, 1818—1893)等。后来,该校进行了改组,使课程更加扩大,成了一所普通的多科技术专校。这表明,单单经验性的技巧再也不足以适应日益工业化社会的需要了,科学的应用已深入生活的各个方面,这就要求那些正式的大学或学院提供更多的科学和技术课程教育。于是,各大学或学院纷纷举办独立的工程系或科学学校。这样,尽管杰弗逊把科学引入大学中的思想没有实现,但大学或学院却适应社会工业化的需求创立了一些科学学校。

1846年,在耶鲁大学内建立了一个学校,其主要捐款人是谢菲尔德(E. Sheffield),故该校后来改名为耶鲁-谢菲尔德科学学校。分管实用化学方面的小西里曼和分管农业化学方面的诺顿(John Pitkin Norton)都曾是老西里曼的助手。诺顿还曾跟随爱丁堡的约翰斯顿和荷兰的穆尔德(G. J. Mulder, 1802—1880)学习过农业化学,并深受李比希著作的影响。1852年诺顿去世后,他的学生约翰逊(S. W. Johnson, 1830—1909)继承了他的教授职位。在此之后,约翰逊用了两年时间在莱比锡的埃德曼(O. L. Erdmann, 1804—1869)和慕尼黑的李比希手下学习。他在谢菲尔德科学学校按德国的教育方式进行农业化学的教育工作,并于1875年一手筹建了美国第一个农业试验站。

在哈佛大学,劳伦斯(Abbot Laurence)于1847年也提供资金建立了劳伦斯科学学校,第一任指导就是先在雷恩塞拉伊尔多种工艺专校后又到德国吉森实验室接

受李比希指导的霍斯伏特,在他担任实用科学工艺教授后,霍斯伏特开始把劳伦斯科学学校发展成为彻底的吉森式的教学机构,还建立了美国第一所分析化学实验室。他的研究兴趣主要在食品化学方面,曾获得了以磷酸氢钙为基础的发酵粉专利。为了追寻自己的事业或兴趣,霍斯伏特于1863年辞去了在哈佛的教职,而去在罗德岛建立的伦福德化学公司生产他的发酵粉,他的职位后由李比希的另一个学生伏尔柯特·吉布斯(O. Wolcott Gibbs, 1822—1908)接替。吉布斯在劳伦斯科学学校把德国大学教育制度推到了一个更高的程度。在实验室中,他不仅接受男生而且允许女生进入实验室,并要求学生在学习化学的过程中,必须追寻原始的研究以便从中得到启发,从而使美国化学教育步入了一个新的发展阶段。

上述这种学校到19世纪后半期在美国大学中已非常流行,其教学范围不断地加深扩大,而且由于那些采纳德国模式的学者的影响,一时间在美国形成了一股到德国攻读博士学位的热潮,其结果是削弱了美国仅在医药学校中培训科学家的传统。这样,在输入德国大学模式的过程中,美国逐步出现了研究生院(Graduate School)。耶鲁大学于1863年把第一个科学博士学位授予了威拉德·吉布斯(Josiah Willard Gibbs, 1839—1903)。而哈佛大学则于1877年把第一个化学博士学位授予了古赫(Frank Austin Gooch, 1852—1929)。确切地说,德国大学没有研究生院,它的学位研究被那些在美国建立研究生院的人当作是大学系别结构与大学教授的集合体。他们认为在美国也应该建立这种集合体以集中精力训练研究工作者。因此,在19世纪末,尽管德国还在受益于学位研究的制度,但美国的受人尊敬的研究生院却

在耶鲁、约翰·霍普金斯、宾夕法尼亚、哈佛、哥伦比亚、密西根、芝加哥和威斯康辛大学中蓬勃发展起来了,也使培养高级、专门的化学人才的高等化学教育制度逐步得到确立。

19 世纪化学教育的特点

以上是 19 世纪法国、德国、英国、俄国、美国化学教育发展的情况。其实,近代化学教育在瑞典、意大利、荷兰等国家也有不同程度的开展。在瑞典,前面已提到的贝采里乌斯,1807 年被任命为乌普萨拉大学医学院(后改名为卡罗林娜学院)的化学和医学教授后,就开始在其私人实验室中对经他精心选择的学生加以训练。贝采里乌斯在他的自传中开列了曾在他的实验室中工作过的 24 名瑞典学生和 21 名外国学生。除了维勒、米契里希、马格努斯、罗斯之外,比较著名的还有瑞典人莫桑德尔(C.G.Mosander, 1797—1858)和俄国人盖斯(G. I. Gess)。莫桑德尔于 1832 年接替了贝采里乌斯成为卡罗琳娜学院的化学和药学教授,直到去世。这个职位后由其学生克来维(P.T.Cleve, 1840—1905)担任。克来维也曾在斯德哥尔摩技术学院执教,在 19 世纪最后几十年中,他一直是瑞典自然科学研究的核心人物。阿累尼乌斯最初的化学知识就是从克来维那里学到的。在意大利,19 世纪初的阿伏伽德罗在图林大学受的是法学教育,只是私下学习了数学和物理学,1809 年他被维切利学院聘为教授,所讲授的也只不过是自然哲学。意大利真正的化学教育是在 19 世纪中期之后由康尼查罗开展起来的。他先后在亚历山大里亚学院(1851—1855 年)

热那亚大学(1855—1861年)、巴勒莫大学(1861—1871年)、罗马大学(1871—1909年)讲授化学,特别是他在罗马大学还创立了意大利化学学院,并建有实验室。而在荷兰,能够提供良好的化学教学的应该是穆尔德。他最初是在阿姆斯特丹和罗特丹向药剂师和医学学生讲授植物学、化学、数学和药学,后来成了荷兰大学的化学教授(1840—1868年),吸引了不少国内外的学生。19世纪后期对荷兰化学教育做出贡献的是范霍夫。尽管范霍夫是在德国波恩大学凯库勒实验室中接受化学教育的,但他通过化学博士学位考试却是在荷兰大学(1873年)。从1877年开始,范霍夫被任命为阿姆斯特丹大学化学、矿物、地质学以及古生物学教授,每周讲授5节无机和有机化学课,矿物学、地质学、结晶学、古生物学各1节,并负责指导100名医学学生和20名理科学生的实验。1892年,校方为他新建了一个实验室,范霍夫在实验室指导由各国聚集来的青年化学家的研究工作,并担任一些化学课程,而把古生物学、地质学、矿物学课程让给副教授担任。这样一直到1896年离开荷兰移居德国。总之,19世纪化学教育在许多国家都获得了发展。

综合各国的情况可以看到,19世纪化学教育发展有以下一些特点:

(1) 大学普遍开设了化学课程,并设置了越来越多的化学教授职位。最初的情况是,化学课程是在大学医学院或在哲学院以自然哲学的形式讲授,例如贝采里乌斯是在乌普萨拉大学医学院中讲授化学课,美国许多大学也是在其医药学校中开设化学课的,而阿伏伽德罗和道尔顿则是作为自然哲学教授而讲授化学课的。随着大学教育改革,单独的化学教授职位分离出来了,并走向

了专业化。一个化学教授往往是一职兼授数门化学专业课，有些学校还把化学教授职位分成无机、有机、分析化学等若干教授职位。例如李比希一人就开出了有机化学、生理化学和农业化学课，而罗斯科和肖莱马在欧文斯学院则作为无机化学教授和有机化学教授进行了分工。

(2) 从私人实验室师徒制逐步走向了教学实验室的师生制。盖-吕萨克和贝采里乌斯是在私人实验室中接受若干名经过推荐或自己选择的学生加以传授的，是一种师徒式的传授方法。但李比希、维勒、本生、霍夫曼、凯库勒、齐宁、布特列洛夫等则是在大学的教学实验室里接纳大量的程度不等的学生并加以培养的，而且奉行的是从学基础课到实验训练，再到独立实验研究的教学和研究相结合的师生制。杜马、杜威勒、罗朗、热拉尔、武慈是利用私人实验室但按师生制培养学生的典范。这种过渡使 19 世纪中期以后出现了许多化学研究学派。

(3) 在化学教育组织机构方面，既有教学实验室，又有化学教研室，例如贝采里乌斯曾于 1810 年担任乌普萨拉大学医学院的化学与药学教研室主任。在大学系科设置上，还出现专门培养化学化工人才的系。诸如欧文斯学院设置的先后由弗兰克兰、罗斯科和肖莱马负责的化学系、美国麻省理工学院于 1888 年成立的化学工程系。特别像英国皇家化学学院和意大利化学学院这样的专业化学教育机构也出现了。不过，应当指出的是，大学设置化学系科、成立专业化学教育机构在 19 世纪并不是普遍的，像教学实验室、化学教研室这样的化学教学组织多数是设在大学的医学院或理科院系中。

(4) 教学与生产相结合、基础与应用相结合，体现

了化学教育的正确方向。在这方面最值得称道的是帕金(Sir.W.H.Perkin, 1838—1907)。帕金在皇家化学学院受教于霍夫曼门下,在做从煤焦油中制取奎宁的课题时,发现了一种淡褐色物质,能将白布染成紫色(苯胺紫)。于是他申请了专利权。当时的染料全是天然的,价格昂贵,而从当时的工业废弃物煤焦油合成染料,成本十分低廉,只有几十先令。所以,帕金决心弃学从工。1857年在他父亲(工厂主)支持下办成了第一个小合成染料厂。可是并不赚钱,因为保守的英国染坊对新染料信不过。帕金并未灰心,便到国外找市场。等到法国商人找到帕金谈生意的时候,这种染料才一举闻名于世。帕金在科研成果转化为生产力后,有了钱又卖掉工厂,将住宅改为实验室,又从事基础研究,取得了许多成果,如以他的名字命名的帕金反应等。但是,帕金的成功与其老师霍夫曼,更进一步说是与李比希的化学教育分不开的。李比希是一个集教学、科研、生产于一身的化学教育家。他站在当时化学领域的最前沿,对于化学研究迅速发展的形势具有敏锐的洞察力,并能够高瞻远瞩随时掌握化学发展的新动向。因此,当李比希注意到“化学已经涉及到农业生产”时,他便不失时机地从化学的观点去阐明农业的特点,并研制出了化肥,还亲自办了化肥公司。不仅如此,李比希还将这种方法灌输给了学生,他鼓励学生把自己的研究与实际生产中出现的问题挂钩,密切注视化学、化工发展的动态,从而使学生能够紧跟时代的脉搏去思考或选择自己未来的研究课题。霍夫曼正是受李比希之命分析德国一个工厂生产的轻油试验而最终在合成染料工业方面做出巨大贡献的。他在英国皇家化学学院任教时也像李比希那样教导学生把科研