

第一部分

造就美国世纪

第一章 创建美国式的科研体系

观察构成科学的历史，而使科学超凡入圣的，却是体系。

孟德斯鸠

美国拥有着可以把知识转化为经济、军事力量的优势，随着这种优势的加强，它对欧洲在经济与科技方面的领先地位发出了挑战。而这种日益强化的优势，正是“美国世纪”得以实现的基础。自 19 世纪 70 年代起，美国人便创建了一个庞大的科研机构体系(institutional matrix of inquiry) 来促进这一能力的发展。其中，像约翰·霍普金斯大学(1876) 和芝加哥大学(1892) 这种雄心勃勃的科研院校都是由富有的商界人士大笔捐款建立，并由具传奇色彩的学术泰斗执掌门第。然而，它们也只不过是万芳丛中几束较为瞩目的花枝而已。伴随着这一庞大体系不断扩大，加入其中的生力军还有很多，如诸多的国立和州立的大专院校和农业所，专业技术学院，大大小小的公司实验室，以及私立和国立

法语原文为“Les observations sont l'histoire de la physique et les systemes en sont la fable”；见 Montesquieu, *Mes Pensees* 4: “Science et Industrie”；2: “Sciences physiques et naturelles” 作者死后首次出版于 1899 年和 1901 年。还见于 *Oeuvres completes* (Paris: Gallimard, bibliotheque de la Pleiade, 1985), 1: 1182。

的各基金会等等。20 世纪上半期，美国人不断开拓新的市场，而两次世界大战又促使它充分调动举国资源来应付战事，与此同时，科研体系也不断发展壮大。它作为一个探索科学知识的体系，把来自不同机构、不同研究领域的人员带到了一起，使他们携手并肩，共同开展科学研究工作。

美国的科研体系有着特殊的优势。它具有高度的灵活性，使工业家、企业管理者、科学家、工程师、自学成才的发明家和其他创业者可以在各领域机构内自由流动。而欧洲类似领域机构之间，正如本书以后所论及的，彼此间却相对独立，疏于联络。虽然这种相互联系中必然存在着矛盾冲突，但它也确实使这些部门更具活力。美国人借助这一优势，成功地将科学知识运用到了国家的日常经济生活当中。同时，这也使他们确信，他们拥有足够的资源和能力来提高本国及其它地方人民的生活质量。美国人在国内取得了重大成就，因而认为其制度是人人都应效仿的典范，并终将此制度推广至国外。

在比较观察中认识美国的科研体系

曾在二战前夕共同前往欧洲调查工业与科学关系的工业研究理事会成员（*Directors of Industrial Research*）清楚地认识到了上述美国制度的独特性。该理事会是于 1923 年，在全国科学研究委员会（*National Research Council*）信息研究服务部主席、耶鲁大学比较心理生物学实验室的罗伯特·耶基斯（*Robert M Yerkes*）的提议下正式组建。理事会的最初成员都是来自通用研究公司，美国电话电报公司，麦伦协会，西部电力公司，工程学基金会，杜邦公司，通用电器公司和其他几个大公司实验室的总经理。

工业研究理事会在创立之初是一个结构松散的组织，更像是研究理事们的兄弟会，吸收新成员时主要考虑兴趣爱好和性格特

点，而不是个人权力或在公司中的地位。要想成为会员，关键是有没有致力于美国经济界思想领域的责任感，而是否拥有工业实验室主管的头衔则并不重要。

贝尔公司的研究主管弗兰克·朱厄特（Frank Jewett）便是一个具有代表性的成员。朱厄特在芝加哥大学师从阿尔伯特·迈克尔森（Albert Michelson）获得了物理学博士学位，后执教于麻省理工学院。他还曾在美国电话电报公司任总工程师。二战期间又服务于国家防务研究委员会。他曾将理事会形容为“一个会员有限但却彼此投缘的非正式俱乐部”。

工业理事会的成员每月会面一次，主要是在纽约市的大学俱乐部或世纪俱乐部共进午餐。其间，他们讨论科研政策，制定院外游说策略（例如，如何在国家标准局内创建一个科学研究部），聆听著名学术研究人员、政府决策者或是重要的外宾发表演说。

本着这种开明的调研精神，工业研究理事会在 1937 年组织了一次前往欧洲的考察活动，旨在将美国的业界科研人员与学术研究人员间的合作情况和英国、法国及德国的情况加以比较。结果显示，双方在传统和方法上存在着令人惊讶的差异。他们指出，在英国，无论是在凯文迪什实验室还是在国家物理实验室，他们所遇到的“有所成就的科学家”在研究当中和工业界的研究人员都没有任何联系。尽管英国科学家们“在英国工业城市中新建了几所大学研究中心”，但是他们“在工业界一展身手的机会却难以和美国相比”。这一结论当时得到了许多人的认同，它证实了人们当时对英国经济衰退的普遍看法，即由于英国企业家对

见 Frank Jewett, “The Origins of the Industrial Research Directors Group”, Hagley Museum and Library (HML), Acc. 1851, Box 1。有关国家标准局的情况，以及英国、德国的科研情况见 Box 1, vol 2: 1929 - 1942。

科研领域投资少而且不及时，加重了该国经济的衰退。虽然在英国第一次工业革命时，英国工业家在没有科学家的帮助下，曾一度在工业技术上具有相当的创造性。但是 20 世纪科学已经变得十分复杂，使他们很有必要与学术研究人员建立合作伙伴关系，然而这种关系却一直没有确立。在理事们访欧时，英国工程教育仍十分落后，而政府的反垄断政策软弱无力，允许公司通过合并扩展规模，却不鼓励它们通过科技研究去迎接新的市场挑战，这就更拉大了工业和科学间的距离。^①

法国的情况也不比英国好多少。在那里，理事们发现莱昂·布卢姆(Leon Brum)政府在努力倡导工业与学术合作的新观念。然而，法国人告诉他们，“这一任务很艰巨，因为法国的工业实验室最不愿意外人介入”。在许多情况下，工业管理部门“对政府官员的努力心存反感”，而“法国科学界的杰出人士对将其科研成果投入到工业生产中似乎也没有多大兴趣”。

德国的情况截然不同。理事们发现，虽然“优秀犹太科学家被迫流亡国外对德国未来的科学发展和工业规划是一个严重的损失”，但是德国坚定不移地用科学来推动本国的工业发展，以改变主要工业领域内自然产品普遍缺乏的状况。这一点给工业理事会的会员留下了深刻印象。他们指出，德国科研的“特点便是它

^① 参见 A. P. M. Fleming, *Industrial Research in the United States of America* (New York: Arno Press, 1972), 48 - 56; Donald E. Stokes, *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation* (Washington, D. C.: Brookings Institution Press, 1997), 35; Eric Ashby, "Education for an Age of Technology", in *A History of Technology: The Late Nineteenth Century*, c. 1850 to c. 1900, ed. Charles Singer, E. J. Holmyard, A. R. Hall, and Trevor I. Williams (Oxford: Clarendon Press, 1958), 5: 776 - 98; David C. Mowery and Nathan Rosenberg, *Technology and the Pursuit of Economic Growth* (New York: Cambridge University Press, 1989), 113, 115 - 17; Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago: University of Chicago Press, 1977), 64, 142 - 47, 150, 238; 以及 A. E. Musson and Eric Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution* (Manchester: Manchester University Press, 1969)。

重视基础性研究”，而它的长足进展得益于不断投身到工业领域的年轻科学家们，他们至少都拥有博士学位。

德国人早在 19 世纪就开始支持工业研究，但他们没有让大学勉为其难地接受这一任务，而是单独创建了技术院校。托马斯·库恩(Thomas Kuhn)认为，德国人较早地对科学知识院校和工业技术院校进行了严格的区分，这是他们很早便在理论和实践领域内均获得成功的关键所在，这种成功可以说是非同一般的业绩。^① 随着 19 世纪末有机化学的飞速发展，德国的这种院校之间的界限变得越来越模糊。至少有机化学领域内的情况是这样，其原因在于大的化学公司开始依赖大学内先进的科学研究成果进行技术革新。其中，拜耳公司（后来成为庞大的 IGFABEN 公司的一个组成部分），曾建立了一个典型的内部研究和发展实验室，其工作人员都是拥有博士学位的科学家，同时实验室还向教授和研究生提供资助。通过这次考察，美国工业理事会认识到，德国人是他们最有力的竞争对手。

美国国内的情况和他们在欧洲看到的情况相比则十分独特。与英国和法国不同的是，美国不存在工业和学术研究脱钩的情

^① 见 Kuhn, *Essential Tension*, 143; 另见 Joseph Ben - David, “The Universities and the Growth of Science in Germany and the United States”, *Minerva* 7 (Autumn/ Winter 1968 - 69): 1 - 35; 以及 Konrad H. Jarausch, “American Students in Germany, 1815 - 1914: The Structure of German and United States Matriculants at Gottingen University”和 Kathryn M. Olesko, “German Models, American Ways: The ‘New Movement’ among American Physics Teachers, 1905 - 1909” 两文收录于 *German Influences on Education in the United States to 1917*, ed. Henry Geitz, Jürgen Heideking, Jürgen Herbst (Washington, D. C.: German Historical Institute; New York: Cambridge University Press, 1995), 129 - 36, 145 - 46, 197; 另外参见 Fritz Ringer, “The German Academic Community”, in *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860 - 1920*, ed. Alexandra Oleson and John Voss (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1979), 409 - 29; Konrad H. Jarausch, ed., *The Transformation of Higher Learning, 1860 - 1930: Expansion, Diversification, Social Opening, and Professionalization in England, Germany, Russia and the United States* (Chicago: University of Chicago Press, 1983)。

况，但也没有像二战前夕德国那样，由政府对此进行干预，全面统筹安排。虽然 19 世纪有 10,000 多名美国学生在德国留学，而且他们当中的科学家对德国实验室文化有着深刻的印象，但是美国人却没有照搬照抄而是创造了一种独具特色的模式，科学与工业之间的交流更为自由。事实后来便证明，这种产业与科技相联系的模式十分有效。^①于是，美国的科研机构体系一经确立便蓬勃地发展起来。在美国，随着这种合作的展开，大学内外的广大研究机构之间建立了一种具有自愿性和契约性的伙伴关系，虽然它的出现是人们始料不及的，但其效力却非常大。该体系的独特之处在于，其中任何一个单独的机构若不同他人进行广泛的合作便很难有所成就，而有志创新者无论在哪个机构内都可以领导科技创新的新潮流。这样一来，制造商、经纪人和知识应用者结成了伙伴关系，迸发出了前所未有的高度创造力。

大学、工业实验室和农业站

19 世纪下半期，美国以无可比拟的优势将科学与工业结合起来，并从中大受其益。用托马斯·库恩的话来说，这一结合归功于“1840 年到 1870 年间有机化学、电流电力学和热力学在历经数代演变后所取得的成熟发展”。工业科学的出现“改变了通讯方式，（两次）改变了电力的生产和传送方式，改变了工业物资和日常生活物资也改变了医学和战争”。^②库恩认为科学家带动了这一变化，而托马斯·休斯则认为工业界的技术发明者才是

^① Laurence Veysey, *The Emergence of the American University* (Chicago: University of Chicago Press, 1965), 125 - 33.

^② Kuhn, *Essential Tension*, 145 - 46.

带头人。孰是孰非仍在争论之中。^① 但不可否认的是，科学和工业的结合日益明显，尤其是在化学和农业生物学等对经济转型至关重要的自然科学领域中，以及特别依赖物理和化学的工程技术学科如电子工程等。此前，科学家一直以探索自然法则为主要职责，实践者和工业界的主要目标则是开发新产品，开拓新市场。但是，当寻找新市场越来越取决于对自然法则的理解时，这种劳动分工就显得不合时宜了。过去，实践者（tinkerers）和科学家互不相干，研究方法也各有不同，但所追求的目标则大致相同。然而到了 19 世纪，由于组织机构的变化和技术上的进展，他们很难再彼此回避。技术人员再也不能对科学话语视而不见——克劳德·列维-施特劳斯（Claude Levi-Strauss）曾将其称为科学的“无稽之谈”——他们不得不妥协，接受科学的那套话语，在一个更大的认知系统中继续他们的工作。^②

在科学与工业相结合之前，美国的学术机构一直不够健全。这并非因为像一些人说的那样，南北战争前，宗教派系控制下的学院所教授的自然哲学没有欧洲抽象理论的水平高。真正的原因在于，美国人在组织与传播当时的实用知识方面，明显地落后于其他国家。当法国和德国出现了正规的工程技术学校时，能在该领域授予学位的美国院校却寥寥无几。虽然西点军校和海军学院可以为一些民用工业和机械工业的工程技术人员提供培训，而且耶鲁和伦瑟勒也早在 19 世纪 20 年代就在考虑某些课程专业化的可行性，但是在 19 世纪 70 年代以前，高等教育似乎和绝大多数

可对比库恩的著作 *Essential Tension* 与 Thomas P. Hughes, *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm* (New York: Viking, 1989)。

^② Claude Levi-Strauss, *La pensee sauvage* (Paris: Librairie Plon, 1962), 33。

我知道某些美国技术史学家用“tinkerers”指代 19 世纪早期的锁匠，这里我把它广义化了。我并非暗示“tinkerers”对科学方法必定一无所知，见 Edwin Layton, “Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in Nineteenth-Century America”, *Technology and Culture* 12 (October 1971): 562-80。

的职业技术需求没有联系。事实上，在 19 世纪 70 年代，拥有大学文凭的律师和医生的数目也减少了。^①

另一方面，工业创新也只是就事论事，没有同大的知识体系联系起来。虽然在美国建国的早期，制锁商和手枪制造商等实践者由于面临着人力和资金的严重短缺，因而很早就投资开发生产能够节省劳动力的机器设备和可更换的标准零部件，以期大批量地生产高技术产品，但是这种努力没能使实践者和科学家建立长久持续的对话。当时只有在教育程度较高的几个行业里，实践者才能与学术人员进行思想上的交流。^② 南北战争结束后，这一缺陷迅速得到了弥补。无论是从学术界科研体系的形成，还是从美国科研的大环境来看，我们都会发现，从那时起，纯学术研究人员和致力于应用技术的工作人员开始有了越来越多的合作。

美国作为后起之秀，不仅可以从已经发展起来的国家中汲取经验教训，而且还享有种种重要的优势。^③ 美国在创建一个巨大

^① Laurence Veysey, *The Emergence of the American University*, 5 有关对传统学院更积极的评价 见 Julie A. Reuben, *The Making of the Modern University: Intellectual Transformation and the Marginalization of Morality* (Chicago: The University of Chicago Press, 1996) 11 - 12 有关工程技术教育，见 Monte Calvert, *The Mechanical Engineer in America, 1830 - 1910* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1967), 43 - 62 另见 David Noble, *America by Design: Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism* (New York: Alfred A. Knopf, 1977), 22 - 23; Robert V. Bruce, *The Launching of American Science, 1846 - 1876* (Ithaca: Cornell University Press, 1987), 159 - 65 以及 John Hubbel Weiss, *The Making of Technological Man: The Social Origins of French Engineering Education* (Cambridge: MIT Press, 1982)。

见 David A. Hounshell, *From the American System to Mass Production, 1800 - 1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1984) 有关学术团体的情况 见 Bruce Sinclair, "Science, Technology, and the Franklin Institute", in *The Pursuit of Knowledge in the Early American Republic: American Scientific and Learned Societies from Colonial Times to the Civil War*, ed. Alexandra Oleson and Sanborn C. Brown (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976), 194 - 207。

^③ Alexander Gerschenkron 更愿意称之为“迟来者”(tarde venientibus) 见他的原文 *Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays* (Cambridge: Harvard University Press, Belknap Press, 1962), 172 - 73。

的工业系统和确立一个庞大的学术体系上都落后了一步，但这也使它有机会创造性地将工业发展和新科学发展结为一体。1869年，哈佛大学校长查尔斯·艾略特（Charles Eliot）捕捉到了这一新现象，他指出，美国人面临着—个很好的时机，可以对原有知识进行综合，创建一套自己独有的知识体系：

一所名副其实的大学必须是发源于本土的种子，而不能在枝叶茂盛、发育成熟之际，从英格兰或德国移植而来。它不同于棉纺厂，运营六个月就可以满足一种紧迫需要。一所大学不是靠多在报纸上发一些社论，大量发布广告，或多拍几封电报就能建立起来的。它不是数目的简单累积，也不是靠金钱可以催熟的东西。……美国的大学在成立之初就决不是外国体制的翻版，也不会是一株温室植物，它在美国的社会与政治环境中自然缓慢地成长起来，并体现着受过良好教育的社会各阶层所共有的目标和雄心壮志。^①

19世纪末，科学与工业必须联合这一理念的形成，对于美国学术界的发展和工业生产的发展都起到了决定性的作用。这意味着，美国教育工作者不仅可以利用近期工业财富积累所能提供的丰厚资助，而且还可以相应地为美国高等教育制定规划，以使其恰如其分地反映出一个工业国家的需求。尽管亚历山大·阿加西斯（Alexander Agassiz）等一些富有的学术精英对此提出异议，谴责政府和公司对科研的资助，然而新的机构还是纷纷涌现，并共同创造了我们今天的现代学术环境。^② 工业界与学术界的携手发展对美国经济以后的飞跃无疑将起极大的推动作用。

^① 见于 Richard Hofstadter and Wilson Smith, eds., *American Higher Education: A Documentary History* (Chicago: University of Chicago Press, 1961), 2:636。

^② Edward Lurie, "Alexander Agassiz and Private Science", n. d., unpublished paper.

镀金时代的美国，其任务之一就是创立一个遍布全美的企业网络。为满足这一时代需求，美国的大学培养了一批能够经管新兴铁路和大型工厂的机械、电力工程师，并成立了专业科学院系。大学在校本科生由 1870 年的 52,300 人上升到了 1900 年的 237,600 人，而博士生也由不到 50 人增加到了 6,000 人。美国大学面貌焕然一新，并推进了更广泛的学术知识的专业化进程。1870 年至 1900 年间，美国出现了 245 个全国性的专业联合会，这表明了通才的权威在减弱，彼此依赖的各专业间出现了矛盾；而教授、科学家和工程师也开始“一心多属”。19 世纪末的专业带头人不能再仅仅凭借个人的成绩来获得认可，而是要看他们是否能够指导大批志同道合的人进行合作。^①

在大学不断发展，影响力日增的同时，拥有科研实验室的工业企业也对以往的工作方式进行了改进。当代商业史学家指出，只有少数几个商业组织能像富于开拓精神的托马斯·爱迪生公司和宾西法尼亚铁路公司那样，按德国模式实现科学研究和生产的珠联璧合。但美国公司的管理者们还是越来越多地转向科学研

^① Oleson and Voss, eds., *The Organization of Knowledge in Modern America*, xii 还请参见 Roger L. Geiger, *To Advance Knowledge: The Growth of American Research Universities, 1900 - 1940* (New York: Oxford University Press, 1986) 以及 Alfred D. Chandler, Jr., *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism* (Cambridge: Harvard University Press, Belknap Press, 1990), 82 该书在 Takashi Hikino 的协助下写成)。有关 245 个国家职业团体的这一数字引自 David Montgomery, *The Fall of the House of Labor: The Workplace, the State, and American Labor Activism, 1865 - 1925* (New York: Cambridge University Press, 1987), 176。关于传统的通才和专业人才之间的矛盾，托马斯·哈斯科尔(Thomas Haskell)写道：“如果将社会科学重新定义为一个以大学为基地，以科研为目标的事业，并拥有由全职专业人士组成的独立科研群体，那么这就意味着社会科学几乎和那些组建并发展了美国社会科学协会的专家学者毫无关系”。参见他的 *The Emergence of Professional Social Science: The American Social Science Association and the Nineteenth - Century Crisis of Authority* (Urbana: University of Illinois Press, 1977), 166。有越来越多的历史著作专门研究职业团体，见 Samuel Haber, *The Quest for Authority and Honor in the American Professions, 1750 - 1900* (Chicago: University of Chicago Press, 1991)。

究，以此绕开美国反垄断政策的限制。因为，如果各公司不可以通过兼并来拓展规模，那么它们只好通过开发新产品和新市场来实现这一目标。建于 1900 年的通用电器公司实验室引进了德国化学工业和药物化学工业所发明的研究体制。两年后，杜邦公司也建立了一个同样的实验室。美国电话电报公司在 19 世纪 80 年代开始投资于研究与发展，最终于 1907 年建立了自己的实验室。这些大型公司的实验室的工作人员都是大学培养出的科研人员。^①

新建的工业实验室比比皆是。一些历史学家只着眼于最大最先进的公司或是最重要的发明者，却忽视了当时科研工作中的多样性。他们只看到了那几个居于主导地位的公司实验室，以及开办工厂的著名独立企业家——如飞机制造业的奥维尔·莱特 (Orville Wright) 和格伦·柯蒂斯 (Glenn Curtiss)，电力工业的查尔斯·斯坦麦芝 (Charles Steinmetz)，无线电通讯业的雷金纳德·费森登 (Reginald Fessenden) 和李·德·福里斯特 (Lee de Forest) 等人。这些人周旋在公司、大学和军方之间，为实现三方的合作做出了艰苦努力并最终得到了极好的回报。^② 但全国范围内进行技术革新者远不仅只上述几例。

1921 年，全国科学研究委员会的名单之上列有 526 所工业实

^① 有关研究与发展的优秀作品和最近的学术观点，参见 David A. Hounshell 与 John Kenly Smith 为他们的著作 *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902 - 1980* (New York: Cambridge University Press, 1988) 所做的简介的 1-9, 616-18 页。关于美国电话电报公司的情况，见 George D. Smith, *The Anatomy of a Business Strategy: Bell, Western Electric, and the Origins of the American Telephone Industry* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985) 关于通用电器公司的情况 见 Leonard S. Reich, *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell, 1876 - 1926* (New York: Cambridge University Press, 1985)。

在通用电器公司，斯坦麦芝 (Steinmetz) 是主管顾问工程师 见 Hughes, *American Genesis*, 161 - 62。

实验室的名字。但仔细研究一下这些文件便会发现，当时至少有 819 个实验室正在运作之中，而其中只有 102 个创建于 1900 年以前。建立实验室的企业很多，包括矿业公司、汽油公司、食品和化学品公司、铁路运输公司、机械制造商和农业生产商等。国家研究院的第一个工业实验室名单是由阿尔弗雷德·弗林（Alfred D. Flinn）编撰的，他开始曾主张对从事科学研究和从事工业研究的实验室加以区分。因为，他认为科学研究重在挖掘新的真理，以增长人类的知识；而工业研究的目的则是应用科学知识为人类服务。但是他很快便认识到，在实际当中很难将二者区别开来。虽然大部分研究可能一直是实用技术方面的，但是技术更新经常引发更多的正规研究，并在一个更大的认知体系中与正规研究并行下去。^①

许多研究实验室最初只不过是“拨给工厂化学师的一个肮脏的小角落”，但它们借助了由专业刊物、专业社团和科技院校所构成的科研网络的力量，随着该网络的不断拓展而不断发展壮大。在化学工业中，企业家需要各种各样的专业人才。例如，尽管安德鲁·卡耐基^②（Andrew Carnegie）非常欣赏在卡耐基公司负责钢铁测试的一名博学的德国博士，然而该博士对化学原理的理

^① 参见“Industrial Research Laboratories in the United States, Including Consulting Research Laboratories”, comp. by Alfred D. Flinn, rev. by Ruth Cobb 刊载于 *Bulletin of the National Research Council*, no. 16 (December 1921) 以及该名录的第 7 版见 *Bulletin of the National Research Council*, no. 104 (December 1940), comp. by Callie Hull。原始名单的编辑依据了国家研究院散发，各实验室填写的调查问卷的内容。1920 年，化学编目公司（Chemical Catalog Company）对化学公司进行了一次调查，该名单在此调查结果的基础上进一步扩展并更加精确。也许也正是因为如此，名单中有关化学研究的类别比其他领域更加精确。许多公司参与了多个领域的研究，因此被列在多个标题下面；每一个答卷的细节都有很大的区别。

^② 卡耐基（1835 - 1919）美国工业家，19 世纪末美国钢铁工业迅猛发展的带头人，也是当时重要的慈善家之一（译者注）

解也不过是粗通基本而已。^① 但是同德国一样，这种情况在美国也相继发生了改变。在德国的染料制造业中，实验室的工作人员既没有放弃业内积传下的从业诀窍，同时又忙于探索有机化学的最新领域。同样，在美国，新的工业实验室建成以后，化学工作者也学着把基本元素重新组合，合制成各种染料及其它产品，从而实现了“规模经济”：这既有利于促进产品的多样化，又有助于发掘新的科技知识。^②

随着时间的推移，各大公司在竞争的压力面前逐渐认识到，同学术网络建立联系对于职工培训至关重要，也是最终取得成功的关键所在。随着公司不断壮大并朝着资本密集型发展，更系统、更有保证的创新途径随手可得。这种情况下，企业的管理者更不愿寄希望于没有资历的实用研发人员。公司发展部门的主要任务变成了制定和负责公司的知识获取、科研开发策略。而决定公司成败的战略性问题也变了，成了决定实验室在产品多样化进程中应扮演怎样的角色，应向科研投入多少资金，如何奖励发明创造，如何聘任科学家，以及如何保持和科研院校间的关系等等。^③ 而受聘于业界的科学家现在也开始使用其理论知识来“实践科研”。学术上训练有素的科学家涌入公司实验室，逐渐拓宽了那里的研究范围。同时，公司实验室在基础研究中扮演的角色

见（来自麻省理工）的 Howard Bartlett 的文章，“The Development of Industrial Research in the United States”，in *Research, A National Resource* . . . Sec. II, *Industrial Research*, Report of the National Research Council to the National Resources Planning Board (Washington, D. C. : GPO, 1941), 19 - 156, 尤其是第 25 页；Mowery and Rosenberg, *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, 30 ;另见 Thomas J. Miss, *A Nation of Steel: The Making of Modern America, 1865 - 1925* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1995)。

^② Chandler, *Scale and Scope*, 17 - 18.

^③ W. Bernard Carlson, *Innovation as a Social Process: Elihu Thomson and the Rise of General Electric, 1870 - 1900* (New York: Cambridge University Press, 1991), 34749; Olivier Zunz, *Making America Corporate, 1870 - 1920* (Chicago: University of Chicago Press, 1990), 69 - 79.

也越来越重要，因为其研究工作无法脱离基础研究而进行，所以其研究工作同时又促进了基础研究的提高。

除了化学工业之外，通讯业也与理论科学有着很大的联系，因为只有掌握了电波传送信号的物理学原理，才能使收发电报成为可能。约耳·莫基尔（Joel Mokyr）指出，19世纪末，科学（或归纳）手段在技术中的应用，最终带来了电话的发明。亚历山大·格拉海姆·贝尔（Alexander Graham Bell）等人实现了理论与工业制品以及工艺知识的结合，标志着工业技术发展的新倾向，即发明家开始吸收先进的科研成果，通常是大学中的科研机构的结果应用于发明实践之中。

这并不是说公司企业中的研究工作也朝着学术研究的方向走。其实，它们一直都在致力于推进能够迅速带来市场效益的实用型研究。但同时，它们也承担了一些原本是大学所进行的科学探索。而大学的研究工作也注意考虑公司企业的需要，并且接受它们的资助。有几个理科院系在训练学生解决实际问题方面做得尤其出色，因而很好地满足了公司企业的需要。美国电话电报公司的弗兰克·朱厄特（Frank Jewett）雇用了一些刚毕业于芝加哥大学的分子物理学博士，因为他们在试验中处理电子放射装置的技术比较过硬，而且还因为这些装置对于生产电子管十分关键。通用电器公司研究与发展实验室主管、在德国获得博士学位的威利斯·威特尼（Willis Whitney）雇用了麻省理工学院的物理化学家，因为他们在电灯泡灯丝研制方面有专长。威特尼所聘人员中，最成功的是欧文·朗缪尔（Irving Langmuir）。朗缪尔曾就学于哥伦比亚大学和德国哥廷根大学，此后于1932年因对白热灯丝的研究工作而荣获诺贝尔化学奖。他的传记作家评价道，“对朗

① Joel Mokyr, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress* (New York: Oxford University Press, 1990), 143 - 44.

缪尔以及实验室的其他资深成员而言，了解物理世界的定理和推动技术发展是同一事业的两个组成部分。”^①

公司企业当然希望能把高校中的拔尖人才挖走，然而要实现这一目标绝非易事。尽管杜邦公司已正式决定开展一项重要的研究，并划拨了大笔的经费，但是要使著名的化学家们离开显赫的学术领导职位受雇于杜邦并不容易——遭受拒绝是常见的事。于是，杜邦公司开始通过聘用新毕业的博士来解决这一问题。到 20 世纪 20 年代，大多数在杜邦或其他公司的研究与发展实验室工作的人员都拥有博士学位。有些人还来自被美国科研院校奉为典范之一的德国学术机构。还有许多人来自新成立的科研院校，尤其是约翰·霍普金斯大学和芝加哥大学。此后，这一纳才渠道网络迅速扩展。在 20 世纪 20 年代，杜邦采取一系列措施来弥补该公司专业人员的不足：它广泛开展学术咨询活动，为学术研究提供奖金，尤其是还聘用了大批伊利诺伊大学化学系毕业的博士。同时，杜邦还与其他公司的实验室保持着联系。到 20 世纪 20 年代为止，越来越多的公司要求其研发部门的人员拥有相当高的教育水平，这标志着由能够同时处理理论和实际问题的专家所组成的一个大型统一的企业—科学联合体得到了巩固。^②

除了私立和公立的研究院校以及公司赞助的工业实验室外，联邦政府出资建立的农业站成了新兴科研体系的第三个主要支点

^① Hughes, *American Genesis*, 156 - 57; Carlson, *Innovation as a Social Process*, 347; Leonard S. Reich, "Irving Langmuir and the Pursuit of Science and Technology in the Corporate Environment", *Technology and Culture* 24 (April 1983): 199 - 221; idem, *The Making of American Industrial Research*, 126; Carlson, "Building Thomas Edison's Laboratory at West Orange, New Jersey: A Case Study in Using Craft Knowledge for Technological Invention, 1886 - 1888", *History of Technology* 13 (1991): 150 - 67.

见 Hounshell and Smith, *Science and Corporate Strategy*, 228 - 29 华莱士·凯洛瑟斯 (Wallace Carothers) 在聚合物研究中取得了重大的突破，他最初被聘用时只是哈佛大学一个年轻的讲师。该公司曾被这一领域内所有的权威人士拒之门外。