

理念、制度和争论 ——巴黎综合理工学院的建立及早期发展

姚大志

(中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190)

摘要: 在 18 世纪末动荡的政治、社会环境中, 法国急需大量工程技术人才, 同时, 相关培养机构也需要为重建该国科学教育体制做出贡献。1794 年, 巴黎综合理工学院成立, 并迅速成为高等专业教育体制的核心和领导者。该校最初的教育理念和课程计划渗透着启蒙主义精神, 所建立的录取、考试、管理等制度, 着力将理论与实践融合在工程师教育中。在其早期发展中的一系列争论与调整, 体现了工程师培养和科学教育之间的张力。比如, 是侧重培养学术精英, 还是训练普通合格毕业生, 是面向工程技术实践, 还是强调数学和理论教育。巴黎综合理工学院的建立及其早期发展为现代高等理工科教育树立了典范。

关键词: 工程教育; 综合理工学院; 工程师; 工科教育

中图分类号: G5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2017)06-0644-12

引言

法国大革命时期, 动荡的国内政治和社会状况、紧张的外部地缘政治局势, 以及英国工业革命的冲击等, 使得法国急需高级工程技术人才。国家通过改造旧机构和建立新学校, 确立了以培养工程师为主要目标, 以高等理工科教育为重心的大学校 (grandes écoles) 体制。该体制在很大程度上将培养国家建设和社会发展需要的工程技术专家置于优先地位。体制内的每一所学校都有着明确的定位, 并受国家相关部门监管。从一开始, 大学校就在法国科技教育体制中获得了极其重要的地位。在当代法国, 大学校与大学和谐共存。着眼未来, 大学校还将会继续存在下去。历史学家傅勒 (François Furet) 指出, 法国高等教

育体制的复杂性“总是让其他国家的教授们备感惊讶...到目前为止, 最好的中学生几乎全都避开了大学教育, 因为他们都进入了著名的‘大学校’”^{[1]6}。

在大学校体制中, 巴黎综合理工学院 (École polytechnique) 始终居于核心地位。这所学校创建于大革命时期。从早期发展阶段开始, 学生们在综合理工学院学习基础科学, 包括数学、理论力学、物理学和化学, 合格后进入某一所应用学校继续学习, 聚焦特定的工程学科。可供综合理工毕业生选择的应用学校 (écoles d'application), 与该校一起组成的“综合理工体系”, 一度是法国高等理工科教育体制中颇具特色的部分。综合理工学生通常会成为国家工程师, 随着职业生涯的发展, 往往会走上行政管理岗位, 成长为名副其

有学者倾向于认为综合理工体系的外延更宽泛, 包括为综合理工学院输送学员的中等教育机构, 参见[2] 40。本文主要从法国现代科技体制的视角考察综合理工体系, 并将其限定为高等理工科教育范畴。

收稿日期: 2017-10-10; 修回日期: 2017-11-02

基金项目: 科技创新及其与科技体制关系研究 (Y621041001)、法国现代科技体制的创建与演变研究 (Y522021108)

作者简介: 姚大志 (1977-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为西方科技史、科技哲学、科技战略。E-mail: yaodz@ihns.ac.cn

实的技术官僚。综合理工学院被誉为“真正的国家神话”^{[2]5}，“过去是，现在仍然是最富于魅力的创造物之一”^{[5]5}。这所工程师学校推动了法国自然科学和工程科学的发展，为相关领域的体制化和职业化作出了贡献，也为现代高等理工科教育树立了典范。

1 综合理工学院创建的背景和基础

法国旧制度时期逐渐建立起的工程技术体制，构成了综合理工学院的基础。在17世纪，波旁王朝数代君王和大臣们重视近代科学革命中诞生的新生事物。通过创建巴黎皇家科学院、各类学院和专业机构，王国的决策者和管理者逐步将近代科学纳入国家机器之中，探掘它能够带给国家的潜在益处。而工程技术体制从一开始就与王朝紧密结合在一起。隶属于军队的工程部队和民用工程团体构成国家工程技术体制的主体。军事工程部队包括海军团体（Corps de la marine）、工程团体（Corps du génie）、火炮团体（Corps de l'artillerie）。民用工程团体包括桥路团体（Corps des ponts et chaussées）、矿业团体（Corps des mines）等。贵族子弟在这些团体中占据较大比例。随着大革命临近，进入工程师团体的贵族比例甚至越来越高^{[15]441}。附属于各工程团体的学校和机构在旧制度时期逐步建立起来，包括桥路学校（École des ponts et chaussées）、皇家工程学校（École royale du génie）、矿业学校（École des mines）等。其中，军事工程团体在17世纪末就建立了规范的考试录用制度。隶属于该团体的梅济耶尔皇家工程学校创建于1748年。在数学家蒙日

（Gaspard Monge，1746-1818）等人的推动下，理论和实践在该校教学中建立了真正的联系^[16]。正是建立在这些已有的机构上，法国工程技术教育体制经历了一场深刻转变。

在大革命开启的混沌局面下，旧制度时期的工程技术教育体制受到巨大冲击，面临一系列亟待解决的问题。首先，从贵族当中招录国家工程师的传统体制无法维系。从大革命开启到1793年雅各宾专政，政治气氛日趋紧张。1792年之后，很多军事工程师由于其贵族身份等原因，或出国避祸，或返回乡间家园。就当时的环境来看，从贵族中录用工程师的旧制度已经无法维系。那些专家在工程建设中起着重要作用，他们脱离工程团体，出现的职位空缺急需人员补充^[17]。革命政府决定把相关职位向普罗大众开放。

其次，军事主导的工程技术体制发生了转变。在旧制度时期，属于军队的工程团体和面向民用的桥路团体泾渭分明。在大革命的冲突和动荡中，两类团体间的差别缩小了。梅济耶尔工程学校是一所具有光荣传统的军事工程师教育机构。由于人员流逝和短缺，同时不能吸收通过考试的贵族学员，该校在1792年末已难以继续运转。公安委员会于1794年2月发布政令，正式关停这所学校。考试制度是区分军事和民用工程师团体的一个传统标志。如果工程团体的入学考试无法维系，该标准在很大程度上将失去意义。不仅如此，桥路学院的职能此时相应得到扩张，也肩负起了向军队输送专业技术人才的职责^{[18]520, [5]}。在特殊的社会环境中，法国工程师学校的角色需要重新定位。

第三，国家在特定时期的社会经济状况对工

英语“technocracy”一词出现在20世纪，意在强调专业技能在行政上优于民主辩论。在汉语中，该术语可翻译为“技术官僚统治”、“专家政治”、“技术统治论”等。在不同语境中，其含义可能有所不同。就法国而言，技术官僚体系可以简单理解为包括国家工程师在内的独立的技术行政部门。国家工程师通常是接受过“大学校”训练的精英。他们不仅是工程技术专家、知识分子，也往往是管理者和决策者，在这个意义上可被视为技术官僚。参见[3-4]。

法国民用和军事工程组织均称为“corps”，可理解为“团体”或“部队”。本书将各军事工程组织名称中的“corps”统一翻译为“团体”，侧重表现工程技术体制超越军事和民用部门的同质性和统一性。关于海军工程团体的研究，可参见[6]。关于军事工程团体的研究，可参见[7-8]。关于炮兵团体的研究，可参见[9-10]。关于桥路团体的研究，可参见[11-12]。关于矿业团体的研究，可参见[13-14]。

程技术领域提出了紧迫要求。国内交通基础设施在王朝末期没有受到应有的重视,需要及时护养。而在动荡的军事、政治环境里,军事防御工程建设也急待加强。上述领域涉及道路、运河、海路、港口、堡垒等各类工程设施。不仅如此,第一次工业革命方兴未艾,产业结构和职业分布经历大幅度调整。一些传统产业受到挤压,而冶炼、采矿、棉纺等行业则快速发展。在18世纪末期,法国的产业链已开始受到影响。面对相关工程技术领域的挑战,国家需要本国人才能够适应正在变化的产业环境和社会需求,应对工业化带来的挑战。这种状况要求,一方面在尽可能短的时间内训练出合格的工程师,另一方面,让他们掌握具有广泛适用性的知识、工具和方法,以利于应对各产业领域的快速变化和不断涌现的实际问题。

在传统工程技术教育陷入困境时,法国的自然科学体制也面临巨大挑战。众多高等教育和研究机构在1793年关闭,包括皇家科学院、巴黎大学等。相关领域出现的空白地带需要新机构填补。从事自然科学研究和教育的学者们需要新的工作岗位。在传统科学和教育体制受到抑制的时刻,工程师学校很快再度开门,它们的角色需要重新评价。1794年9月,在向国民公会递交的法令草案中,公会委员会成员富克鲁瓦(Antoine-François Fourcroy, 1755-1809)描绘了未来机构的定位。在他看来,新的高等工科学校不仅应该“为了共和国的需要”,传承各种有用的专业知识,承担起培养工程师的任务,而且由于大革命的危机已中断了法国科学教育,因此也注定“为了重建精密科学的教育”做出贡献^[19]。三年后,一份涉及教育改革的报告提到,工程师学校“注定成为维持有关科学教育和技艺教育的宝库”^{[20]122-123}。换言之,它们也需要保障法国自然科学教育和研究的连续性。

在政治革命和产业革命的双重影响下,法国的工程技术和科学教育领域出现了一些亟待解决的情况。一方面,国家急需众多工程师参与防御工事建设、武器制造、基础设施维护,但传统工程师学校培养出的人才却大量流失。另一方面,诸多高等教育和科研机构在关停之后,自然科学和数学的教育需要传承,高水平研究人员和教师需要新的岗位。就此状况,人们期待某些工程师学校能够同时开展民用和军事工程师的训练。此外,这类学校不仅需要传授工程实践知识,也应该能够提供真正的数学和科学理论教育^{[18]522, [21]}。创建于旧制度时期的路桥学院一度有望承担起这一重任。但危机的积累促使国民公会决定在巴黎创办一所新机构。

2 综合理工学院的创建

1794年3月的一项法令首次提及中央公共工程学院(École centrale des travaux publics)的名称。1794年9月28日,国民公会正式通过法令,建立中央公共工程学院^[22]。该法令具体确定了新教育机构的启动方案,行政管理,招生录取等诸多事务^[23]。

这所学校聚焦高等工科教育,不再隶属于某个工程团体,并专门为其培养和输送工程师。学校将在很大程度上,为国民教育体制建立一个范例,不仅服务公共工程建设,还要首先针对学生,其次更大人群,提升其普通科学素养^{[18]523}。教学强调理论应该落实到实践,实践应该佐证理论,而教师应该将理论与实践相结合。

1794年12月21日,中央公共工程学院正式开放。学校最初坐落在波旁皇宫^[24]。通过招生官员的高效工作,391名学生很快入学^{[25]59}。1795年2月,该校制定出完整的理工科高等教育计划。文件标题中出现的“多种技术”或“综合理工(polytechnique)”字样,传递了工程技术的多样性

文件由国民公会发布,标题为《中央公共工程学院综合理工教育计划(Programmes de l'enseignement polytechnique de l'École centrale des travaux publics)》,参见^[22]¹²⁶⁻¹⁹⁸。

或多元化观念。课程计划涵盖的学科门类非常广泛，同时强调数学和科学理论学习。这种设计或许也是为了应对如下情况：由于皇家科学院受到压制，众多科学家失去支持，在紧迫的政治局势下，全面开设课程计划中的课程，可以保证科学家的生活，确保制度的连续性。该定位最终体现在了学校名称上。1795年9月1日，中央公共工程学院正式更名为综合理工学院。

1795年10月，综合理工学院和其他工程师学校形成了稳定而独特的关系。雅克-埃里·朗布拉迪（Jacques-Élie Lamblardie，1747-1797）出任首任校长。他原是桥路学院的校长，也愿意将那所培养民用工程师的学校视为新机构的摇篮^[26-27]。在朗布拉迪的努力下，综合理工学院转变成学生进入其他工程师学校继续接受训练的预备机构。而后者只招收来自综合理工学院的毕业生，并被称为应用学校，具体包括桥路学校、矿业学校、工程学校、火炮学校（École de l'artillerie）、地理学校（École des géographes），以及三所海军学校，分别是船舶工程师学校（École des ingénieurs de vaisseaux）、航海学校（École de navigation）、海洋学校（École de marine）等。众多应用学校既涉及原来的民用工程师学校，也包括军事工程师学校；它们不止坐落在巴黎，也分布在外省。综合理工学院的毕业生通过各个应用学校，拥有进入各工程团体的权利。一个以综合理工学院为核心的理工科高等教育体系由此形成了。

3 建校初期的理念、制度及其运行

因为要同时满足军事和民用需求，政府决定由战争部和内政部同时管理该校。为综合理工学院授课的教师包括当时最优秀的科学家和工程师。其中，拉格朗日（J. L. Lagrange，1736-1813）

作为欧洲顶级数学家，在建校伊始担任了分析和力学教授。普罗尼（Gaspard Riche de Prony，1755-1843）是一位卓越的工程师，并从1798年开始长期管理桥路学校。他负责教授力学。画法几何和微分几何则由颇负盛名的数学家蒙日负责。在大革命之前，蒙日曾执教于梅济耶尔皇家工程学校，着力在工科教育中把理论与实践有机地结合起来。

作为“综合理工的奠基人”之一，蒙日的教育理念对初创时期的综合理工学院影响至深^[28-29]。眼光长远的学者洞察时代精神，也特别关注教育改革。蒙日从1764年起在梅济耶尔任教，长期担任数学教师，并从1783年10月开始在海军担任主考官^[30]。他对旧制度下的工程技术体制及其弊端有深刻洞察，也对工程师教育有一套自成体系的想法。站在雅各宾派立场上，他认为旧制度时期的工程师团体是特权组织。他相信新型技术专家应该取代王朝的国家工程师，新机构的录用程序应该更加民主。不仅如此，他批评工程领域过度专业化的现象，相信通过加强科学方法的教育，完全有可能训练出适应面更宽的技术专家。蒙日参与了综合理工学院的最初设计和筹建，并两度担任校长。在他看来，新建立的机构应该成为反对陈旧工程技术体制的武器，并引领教育体制的重建^[31]。

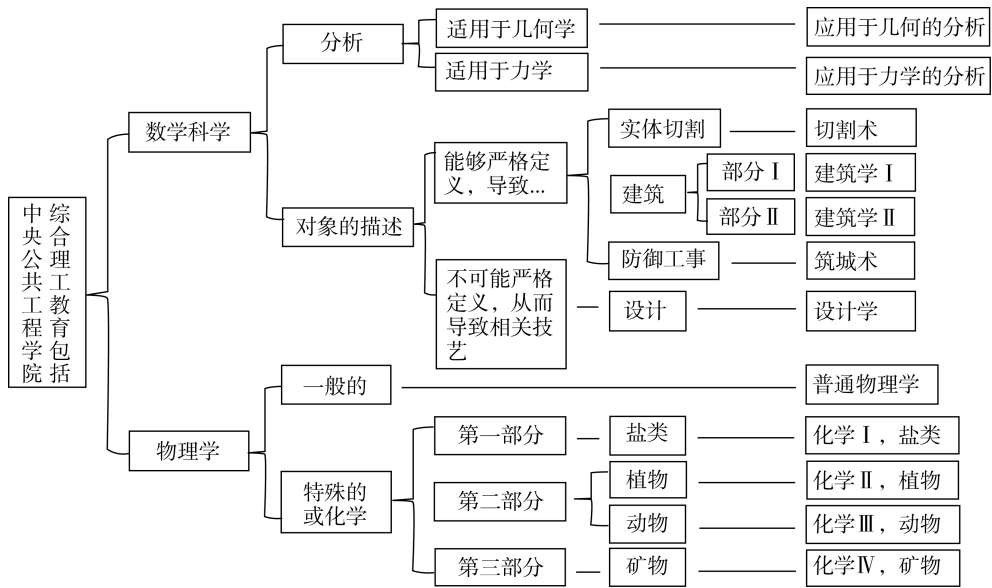
蒙日希望将自己在梅济耶尔的经验放大投射到新机构。虽然他的理想难以完全落实，但综合理工学院最初的课程计划深受其影响。课程计划的形式渗透着百科全书的精神，表现为水平不断增长的知识树形式^{[18]524}。课程计划的两个主干包括数学科学和物理学。课程学习时长三年，没有按时完成的学生还可延长一年。蒙日以在梅济耶尔的授课经验为基础，为综合理工设计了画法几

位于梅斯的皇家火炮学校（École royale d'artillerie de Metz）和梅济耶尔的皇家工程学校（École royale du génie de Mézières）于1794年合并。合并之后的火炮和工程应用学校位于梅斯。

如富克鲁瓦（A.-F. Fourcroy）、阿歇特（J. N. P. Hachette）、德莫沃（Guyton de Morveau）、沃克兰（L. N. Vauquelin）、贝托莱（C. L. Berthollet）、夏普塔尔（J.-A. Chaptal）、佩尔蒂埃（P. J. Pelletier）等。有关首批受聘教师及其岗位的情况，参见[2] 79。

何学课程, 并希望这门课程成为高等工科教育的基础, 成为各领域工程师都可以掌握的通用工具。在不同学年, 投影原理和方法可分别被应用于材料切割、公共工程和建筑、要塞和海港设计等科目。同样的原则也体现在其他课程上。微积分在

不同阶段, 可被应用于几何学、固体力学、流体力学。普通化学原理则可扩展到盐类物质、有机物以及矿物等领域。上述计划体现了科学原则的普遍适用性, 最终面向工程实践领域, 突出了理论知识 and 应用实践之间的紧密联系。



该表说明了实践活动和对象、知识、课程教育之间的关联和结构。各类工程技术工作建立在一个共享的平台上。该平台由数学、物理学, 以及通用的方法构成。来源:《中央公共工程学院综合理工教育计划》(1795), 参见[22]128-129。

学校的委员会对本校重大事务具有决策权, 是新机构的权力中心。学校最初只设立了教育和管理委员会 (Conseil d'instruction et d'administration), 负责行政和教学事务。发展委员会 (Conseil de perfectionnement) 于 1799 年创建, 成为该校第二个委员会, 负责学校教育的高级管理和决策工作。1804 年, 教育和管理委员会分裂为教育委员会 (Conseil d'instruction) 和管理委员会 (Conseil d'administration)。以教育委员会为例, 它的构成和人数虽不断变化, 但总是以校内成员为主体, 教授或教师通常占据绝对多数。委员会一般由校长召集会议, 负责处理与教学相关的所有事务。它可向发展委员会建议变更教育计划, 并参与教师招聘等事宜。1830 年之前, 发展委员会规模通常保持在 15 到 19 人之间, 由来自校内和校外的

委员组成。其中, 校内委员包括教师、管理人员、考官。而校外委员主要包括各公共工程部门和科学院的代表, 人数甚至超过校内成员^{[2]53}。该委员会不仅促进综合理工体系面向国家和社会需求, 也保障公共服务或工程部门的利益。波旁王朝复辟之后, 教育委员会的重要性有所提升。在七月革命之后, 它甚至以学校委员会的名义, 一度成为核心领导部门。同时, 发展委员会的职权相应缩小^{[2]50-51}。

招生录取制度对学校成功来说非常重要。最初几年, 综合理工学院的入学人数并不稳定。除首届招生人数较多外, 随后十几年接收的学生人数并不稳定, 低的年份仅有 62 人, 多则达到 170 余人。^{[20]50} 总体招生规模需与各应用学校计划招生人数的总和保持一致。1796 年, 拉普拉斯

向校方建议，地方考官主要依赖个人的判断，而招生遴选的权力应该集中。学校内部需建立一个由三到五人组成的专门招生小组，从统一标准出发，评判全国各地的候选人。各地适龄男性青年要想进入综合理工学院，须参加全国范围的竞争性考试。考试在巴黎及二十余个省会城市举行。数学科目是考查重点。只有数学能力可以获得相对精确地测量。考官以数学家居多，其中一些凭借所撰教科书知名。学生经常将那些教科书作为考试参考书。

由于严格的招生制度，投考者能否获得入学资格，在一定程度上与家庭社会地位和财富无关。在被录取后，学生们会获得一笔奖学金以支持他们的学习生活。家在外省的学生寄宿在学校附近可靠的居民家中。他们需要在校学习三年时间。学院的管理制度在建校初期并不十分稳定，但仍然为少数志向坚定的学生指明了未来方向。1799年，综合理工学院的课程从三年缩短到两年，学生被要求生活在严格管理的、军事化的校园环境之中。综合理工毕业生被称为“综合理工人（polytechniciens）”，拥有进入各类应用学校的特权。一些社会评论将此视为反民主的现象。面对批评，校方明确回应，在分配教育资源过程中，该机构将会真正保障平民权利，反对权力的滥用，反对富人的特权。至少在声明中，新建学院与贵族占据主体的旧工程体制泾渭分明。事实证明，

学校在建立最初数年，贵族家庭出身的学生仍然占据一定比重，但由于招生制度的影响，来自资产阶级家庭的学生已经占据主流。综合理工学院以能力水平为标准，招录素质最好的学生。另一方面，学生在完成在校课程学习之后，需要接受考官们的审核，然后进入不同应用学校，开始下一阶段的专业训练。

综合理工学院的一个重要特征是教学和考试的二元制。为了确保教育的客观和平等原则，教师和考官形成两个不同的团队。他们薪酬相同，同样代表了学校利益。其中，两名数学科目的考官拥有终身职位，而另外两位考官分别负责考核画法几何和绘图技术，以及物理科学。他们的职位并非固定，需要每年任命一次^{[2]65-66, [17]234}。关于考官到底扮演何种角色，存在一定争议。一种观点认为，考官受雇于学院，应和其他教师一样，遵循学校的规章制度，在学校运行框架中行动。他们要是教学活动有任何意见或建议，需要提交学校委员会并由校方讨论。另一种声音则主张，考官由政府任命，他们的权力并非源自学院本身。在某种意义上，他们不仅负责审查学生，而且有权监管综合理工学院甚至应用学校的教学活动^{[2]65}。体制结构的特点反映到了学生的学习态度上。和准备入学考试时一样，学生们在准备结课考试时主要聚焦在数学科目。由于考试内容客观性较强，考试结果的等级评定很少受到质疑。

学校正式开放之后，首批学生的经历较为特殊。他们需要在为期3个月时间内学习整个课程计划。所教授的课程被称为“革命课程（cours révolutionnaires）”，参见[32]。

最早几届学生不仅取得了卓越的学术成就，也将个人命运与国家兴衰紧密相连。其中的优秀分子包括毕奥（J.-B. Biot）、马吕（E. Malus）、潘索（L. Poinsot）、若利奥（P. Jollois）、若马尔（E. F. Jomard），以及朗克雷（M.-A. Lancret）等。后三位是拿破仑埃及远征军的重要参与者。1798年到1801年间，至少有40位综合理工人参加了对埃及的科学考察。有关埃及考察和研究情况，参见[33-35]。关于埃及研究院的情况，可参见[36]80-82。

大革命期间，综合理工学院学生的家庭和社会背景构成与旧制度时期的工程师学校有很大不同，参见[2]336-337。W. Serman的统计数据显示，在19世纪上半叶，出生在贵族和高级官员家庭的综合理工学生人数比例稳步下降，而中产和平民阶层出身的学生在1825年大约占73%，到1850年达到了86%，参见[37]333。不过，T. Shinn对1815到1914年综合理工学院学生家庭和社会背景进行统计。他的分析指出，在1848年之前，出身平民阶层、中下级官员、士兵家庭的学生比例并未增加，生长在食利者和地产业主、自由职业者、产业家和商人家庭的学生人数有所上升，参见[38]185。

关于毕业考核和各应用学校接受综合理工毕业生情况，可参见[2]62-64，[38]185。

公平的竞争和客观的评价获得了考生和社会的认可。不过, 考试的重要性似乎有超过课堂教学本身的趋势。

学校官方刊物于 1795 年开始出版, 创刊号名叫《综合理工杂志》(Journal Polytechnique), 次年定名为《综合理工学院杂志》(Journal de l'École Polytechnique)。它最初是为了满足出版讲座或课程讲义的需求, 逐渐注重刊登研究论文, 并成为数学和自然科学领域富有盛名的期刊, 印数达到千份以上。1804 年, 蒙日的学生阿歇特筹办《综合理工学院通讯》(Correspondance de l'École Polytechnique), 刊登篇幅简短而偏重教学的文章, 以及学校的相关新闻。1816 年, 《通讯》已出版三卷, 但主编阿歇特却在没有获得退休金的情况下离职。同一时期, 他的老师蒙日与他一样命运多舛^[39]。他们的遭遇在某种程度上反映了拿破仑下台之后的政治和社会氛围。

4 早期发展过程中的改革与调整

现代社会熟悉的高等教育议题和争论, 很大一部分在综合理工创建初期已有所涉及。这些问题包括, 开展专才教育还是通才教育, 以培养学术精英为目标, 还是侧重训练普通合格毕业生, 以理论知识教学为主, 还是偏重实用知识传授和实践训练等。例如, 学生们在分析力学课堂上的整体表现欠佳, 这迫使任课教师重点教授初等微积分。学校管理层意识到, 对于一所面向国家公共工程事业的教育机构来说, 如何有效训练多数学生, 要比培养少数天才更加重要。这种认识导致微积分等课时数相应增加。从某种角度看, 科技革命的出现需要仰赖少数天才, 但为了满足社会和普通教育的需求, 教育机构有可能使他们失去磨砺自己锋芒的机会。

1799 年雾月十八日政变之后, 拿破仑建立执

政府。随后, 拉普拉斯被任命为内政大臣。科学家的这次从政时间虽然只有 6 个星期, 但他很快着手修订综合理工学院的制度, 并于当年 12 月对其进行了改革。在拉普拉斯提议下, 发展委员会得以创建。其职权范围扩展到了整个综合理工体系, 不仅制定教育和考试计划, 介入有关入学考试等事务, 而且负责协调学院与各应用学校之间的教育衔接问题。拉普拉斯试图借助发展委员会对学校施加影响。

一些争论围绕该校及其应用学校教学活动的界限展开。由于综合理工学院的教育需要与应用学校相衔接, 而双方在教育观念、旨趣、考试等环节上存在分歧和冲突, 为了适应新的体制环境, 导致蒙日提出的教育计划从 1797 年就开始受到调整。在发展委员会的调整下, 蒙日倡导的画法几何在课程计划中的地位受到削弱, 授课时间也大幅度缩减, 不断遭受数学分析课程蚕食。微积分和分析力学几乎占据全部教学时间三分之一, 已是蒙日最初构想的数倍。

相关变化体现了拉普拉斯和蒙日在教育理念上的分歧。相对而言, 后者的教育计划强调理论和应用相结合, 面向工程技术领域, 着眼点不仅是数学。他将画法几何体系化, 创新虽少, 但却对物理、化学、工程技术等诸多应用和实践领域开放。而前者则希望学校减少相关课程的讲授, 并将其转移到应用学校去。部分教师的立场与蒙日一致, 许多学生也不喜欢抽象的高等数学。缺少了高级应用课程, 综合理工学院将仅是一个传授抽象理论和数学的学校。这所学校围绕课程计划和教育原则展开的争论还将继续下去。

在大革命时期, 综合理工学院的学生一度纪律松散, 课堂出勤率无法保证。寄宿制导致学生们分散居住在城市中。他们一旦走出课堂就不受控制, 在公共场合行为粗野, 参与政治纷争。虽

该杂志在 19 世纪 30 年代中期再次出版。

关于拉普拉斯的这段从政经历, 参见[40-41]。

然拿破仑钦佩蒙日和拉普拉斯等学者的成就，对综合理工学院怀有浓厚兴趣，但国家和军队需要人才，而年轻人的表现不能令人满意。

1804年7月16日，拿破仑颁布法令，对综合理工学院进行重组，将其置于军队系统之中。当时的很多改变都影响深远。^[42]校长不再由学者轮流担任，而是转变成固定职位，由拉屈埃（Jean-Gérard Lacuée, 1752-1841）将军接替。学生按军队建制编为一个营，进而分为四个连。每个连队都接受军官指挥。在课堂学习以外，学校开展军事训练，以加强纪律。学生们身穿军官制服，着佩剑，戴双锥体帽子。这些都标示了军人的精神风貌。1805年，学校搬迁到紧邻万神殿的地方。学生开始住在宿舍，吃在食堂，与班级共进退。奖学金制度被取消，入校学生需每年缴纳800法郎学费。与英国海上争霸，和大陆列强的战争，都需大量资金投入。学校招生不仅择优录取，同时也需要他们的家庭能够负担学费。一旦开始缴费，有天赋但家境贫寒的学生比例相应下降了。^{[25]13}



图2 位于万神殿附近笛卡尔街（Rue Descartes）的综合理工学院

版画，德卡里（Albert Decaris, 1901-1988）创作于1965年，现藏综合理工学院。

旧制度时期工程团体在教育领域留下的某些印迹，在综合理工学院发展早期阶段依然可辨。

比如，高强度的竞争性考试、对数学的强调、工程技术教育和军事教育的紧密结合、精英主义的盛行等，这些都曾是法国传统工程师教育的鲜明特征。在大革命之前，进入火炮学校和军事工程学校的竞争已非常激烈，拥有贵族血统并不能保证投考者被顺利录取。数学在高难度的入学竞争中占据重要位置，考试由皇家科学院富有声望的学者负责把关。数学教育被视为军事工程教育的有机组成部分，对于军事技术团体之外的国家工程师来说也同样如此。在大革命中建立的新机构，试图与旧体制决裂，但在教育、招生录取原则等诸多方面都沿袭了传统。从更长时段进行观察，历史发展的连续性变得明显起来。新机构与国家更紧密地结合在一起，符合中央集权化和统一化的发展趋势，与法国社会在更广泛的意义上实现互动。^[43]

波旁王朝复辟时期的一项工作就是尽可能重建旧制度，让国家恢复到革命前的状况。综合理工学院是大革命结出的硕果，其存废一度成为问题。不过，如果取消这所学院，就必须建立一个类似机构，以支撑各应用学校，确保工程师培养的连续性。

面对此危局，1816年春，发展委员会在拉普拉斯的领导下起草报告，论证该校存在的必要性。同年9月14日，一项皇家法令颁布。该法令吸收了上述报告诸多内容，以期对综合理工学院进行改革。教职数量相应减少，年度招生人数缩减。学校的军事化色彩被淡化，相关的军事技艺课程被取消。同时，提供公共服务仍是学院的主要任务。经过一系列调整，学校得以继续运行。除此之外，教育方法也更倾向“发展那些极少数个人的能力，那些人的品味和天赋召唤他们深入进行科学研究”。同时，教育委员会对学校课程计划进

经过长时间的讨论和规划，综合理工学院于1976年再次从巴黎市区搬到了埃松省。大约在同一时期，国家行政学院也撤离巴黎，迁往斯特拉斯堡。重要机构的搬迁反映了法国技术官僚教育去中心化的发展趋势，避免巴黎对教育研究资源的独占。

行调整。数学科学占据了重要地位。柯西和安培在起草所负责的教学计划时, 努力强化分析和力学课程的地位。他们的倾向令人思索, 建立学校是为了培养数学家和科学家, 并以推动数学和自然科学进步为目标, 还是“为了训练工程师和推进工程科学的发展”。^[44]

经过调整的课程计划一时占据优势, 但相关争论在综合理工工人当中并未消失。一些人在 19 世纪 30 年代质疑甚至反对母校, 比如老综合理工毕业生、炮兵将军尚布雷 (Georges de Chambray, 1783-1848)。而辩护者则称, 综合理工工人追求学术生涯的成功, 并已然获得了卓越的研究成绩。一些以数学和自然科学研究见长的学者不断进行反思。代表人物包括科里奥利 (Gaspard-Gustave Coriolis, 1792-1843) 和勒维耶 (Urbain J. J. Le Verrier, 1811-1877)。前者兼具数学家、科学家和机械工程师的身份, 后者虽是数学家, 以通过计算发现海王星而知名, 却同情普罗尼和蒙日的教育理念。他们强调学校应该更多地面向工程科学和实践维度, 建议在课程计划中增加更多有关机械原理等工程技术门类课程, 要求评估不同应用学校所教授课程之间的关系。虽然有不同声音存在, 拉普拉斯等人的政策仍然主导了学校教学超过三十年时间。^[45-46]

5 综合理工学院的影响和意义

对近代国家来说, 科学技术是其基本社会建制。科学技术最初的职业化对国家现代化具有重要的意义。法国在工业革命和政治革命的双重压力下, 确立了以综合理工学院为核心的高等专业教育体制。该体制的确立具有多重意义。

通过这个新系统, 自然科学、数学和工程技术在不同层面建立起稳固联系。旧制度时期, 虽

然以皇家科学院为核心的自然科学建制关注技术或技艺, 以各工程团体为主体的工程技术体制同样重视数学和自然科学在培训工程师中的作用。但是, 无论是机构组织亦或学科教育等层面, 自然科学体制和工程技术体制在很大程度上是相互分离的。同时, 科学研究也没有成为法国社会一类常规职业。而在现代高等工科教育体制确立过程中, 课程计划和教学理念起到了一种凝聚作用。在学科层面上, 新的课程计划自觉地在自然科学和工程科学间寻求联系。自然科学和工程技术在同一个教育体制中建立起联系。这种体制上的创新, 顺应了近代科学技术的发展, 回应了工业革命向法国发出的召唤。

新的体制促进了科学技术的职业化。旧制度时期, 皇家科学院院士等职位数量稀少, 难以支撑一类社会职业。在大学中, 自然科学很大程度上仍冠以自然哲学之名, 隶属哲学学科, 不可能配备太多岗位。天主教对大学具有强大的影响力, 教会奉托马斯·阿奎那主义为正统学说, 并受亚里士多德主义支持。近代科学革命的出现, 首先意味着自然科学家放弃了亚里士多德主义的基本信条。而教会对教育和思想活动的垄断, 必定妨碍科学家在大学中获得稳定的教职。^[47] 161, 182 正是在教育体制重建过程中, 法国建立了以工程师教育为主的大学校体制, 通过提供教师职位, 自然科学家在法国社会职业谱系中拥有了稳定位置。以综合理工学院为核心的大学校体制建立之后, 一系列优秀科学家的名字与之联系在一起。他们或执教于此, 或在此接受教育。综合理工学院及相关教育体系的建立, 构成了近代法国自然科学职业化的重要一环。

以综合理工学院及其应用学校为基础, 法国工程技术教育体制实现了转变。在这个过程中,

18 世纪中叶以前, 法国的科学家们主要从事与科学技术研究以及教育无关的传统职业, 研究工作对很多人来说仍是业余爱好。1770 年到 1789 年, 越来越多的研究者占据教师、研究工作以及与教育相关的文质官员职位。换言之, 科学家的职业化在王朝末年已经开始。参见[48]189。

一些传统得以延续。新的体制不再以绝对君主制和贵族社会为基础，也免受宗教因素影响。但其精英主义并未受到削弱。通过强调数学和自然科学的重要性，比如解析几何、微积分、力学、物理学和化学等，个人能力和成就受到重视，唯才是用的原则逐渐扩大影响。

新机构明显继承了启蒙运动的理想，也推动技术理性不断扩散。启蒙运动的遗产之一是在物质进步和道德进步之间建立了联系。进步不仅仅被理解为是物质上的，还具有非常强的伦理指向。这个体制培养出的工程师们确信，技术的确为法国的公共福祉作出了贡献。在启蒙思想的影响下，国家工程师们开始将自己视为公共事业和社会进步的推动者。通过技术官僚的身份，综合理工人作为一种实体“统治了所有雇佣他们的行业部门”^{[38]98}。技术控制的理念也开始在法国社会扩大影响。这种认识出现在大革命时期孔多塞关于科学城的思考中，成长于19世纪30年代圣西门主义的乌托邦运动中，更落实在法国技术官僚的行动中。^[48-49]比如，现代土地和城市规划已在19世纪上半叶出现。在土木工程师们看来，整个国家就是一个大型花园，而他们的工作就是为之设计并建造巧妙的通途与河道。法国在通向现代化的道路之上，技术官僚借助科学和技术的美妙观念和现实手段，努力将法兰西建设成一个高度组织化的现代国家。

巴黎综合理工学院建立之后，很快便成为现代工科学院和理工大学的典范。为了摆脱对欧洲科技顾问的依赖，美国建立了以工科教育为核心的西点军校。1815年，军事工程师希尔瓦尼·赛耶（Sylvanus Thayer, 1785-1872）横渡大西洋访问欧洲。综合理工学院是其重点考察机构。1817年，他被任命为西点军校校长。在对军校进行大刀阔斧改革的过程中，赛耶将巴黎的影响带入校园，从教科书、管理模式，到用人制度，力图效仿一

所“真正的工科学校”，即综合理工学院^[50]。1824年，位于纽约州的伦塞勒尔综合理工学院（Rensselaer Polytechnic Institute）开始招生。这标志着北美高等理工科教育的一个新发展。19世纪40年代，美国地理学家和教育家罗杰斯（William B. Rogers, 1804-1880）提出在波士顿地区建立一所“综合理工学院”的计划。^[51]经过不懈努力，罗杰斯的构想开花结果，麻省理工学院于1861年正式建立。综合理工学院的影响力不仅限于北美地区。有历史学家指出，“在随后的一个世纪，综合理工成为了整个欧洲工程师学校的典范。”^[52]德意志地区紧随法国人之后，相继建成一批高等技术学院。这些机构在今天仍然发挥着重要影响。尚未统一的亚平宁半岛稍晚也建立了若干综合理工学院，如都灵综合理工学院（Politecnico di Torino, 1859）、米兰综合理工学院（Politecnico di Milano, 1863）。这些学校主要开展工科教育和实践导向的科学训练，在不同程度上受到法国工科教育体制的影响。巴黎综合理工学院确立了以理论科学为基础的工程师教育计划，为现代高等教育开拓了方向。

参考文献

- [1] Furet F. Préface [A]// Shinn T. L'École polytechnique: 1794-1914. Paris: Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 1980: 5-8.
- [2] Belhoste B. La formation d'une technocratie. L'École polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire [M]. Paris: Belin, 2003.
- [3] Belhoste B, Chatzis K. From Technical Corps to Technocratic [J]. History and Technology, 2007, 23(3): 209-225.
- [4] Picon A. French Engineers and Social Thought, 18th-20th centuries: an archeology of technocratic ideals [J]. History and Technology, 2007, 23(3): 197-208.
- [5] Gillispie C C. L'École Polytechnique [J]. Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique, 2008, (42): 5-19.
- [6] Vergé-Franceschi M. Les officiers généraux de la marine

- royale, 1715–1774. Origines, conditions, services[M]. Paris: Libr. de l'Inde, 1990.
- [7] Blanchard A. Les ingenieurs du 'Roy' de Louis XIV à Louis XVI. Etude du Corps des Fortifications [M]. Montpellier: Université Paul Valery, 1979.
- [8] Langins J. Conserving the Enlightenment. French Military Engineering from Vauban to the Revolution [M]. Cambridge, MA: The MIT Press, 2003.
- [9] Naulet F. L'Artillerie Française, 1665–1765. Naissance d'une Arme [M]. Paris: Economica, 2002.
- [10] Alder K. Engineering the Revolution. Arms and Enlightenment in France, 1763–1815 [M]. Princeton: Princeton University Press, 1997.
- [11] Picon A. L'Invention de l'ingénieur moderne. L'École des ponts et chaussées, 1747-1851[M]. Paris: Presses de l'ENPC, 1992: 259–261.
- [12] Brunot A, Coquand R. Le Corps des ponts et chaussées [M]. Paris: Éditions du CNRS, 1982
- [13] Thépot A, Beffa J-L. Les ingénieurs des mines du XIXe siècle: histoire d'un corps technique d'Etat, 1810-1914 [M]. Paris: ESKA, 1998.
- [14] Thépot A. Les ingénieurs du Corps des mines. Evolution des fonctions des ingénieurs d'un corps d'Etat au XIXe siècle [J]. Culture et technique, 1984, (12): 55-61.
- [15] Bret P. Enlightened Engineering [J]. Minerva, 2006, (44): 441-442.
- [16] Belhoste B. L'École du génie de mézières. L'alliance entre théorie et pratique[J]. La Recherche, 1997, 28(300): 40-45.
- [17] Grattan-Guinness I. The "Ecole Polytechnique", 1794-1850: Differences over Educational Purpose and Teaching Practice[J]. The American Mathematical Monthly, 2005, 112(3): 233-250.
- [18] Gillispie C C. Science and Polity in France: The Revolutionary and Napoleonic Years [M]. Princeton: Princeton University Press, 2004.
- [19] Fourcroy F, Rapport et projet de décret presente par Fourcroy a la Convention Nationale le 7 vendemiaire an III [M]// Langins J. La République avait besoin de savants. Paris: Belin, 1987: 210.
- [20] Fourcy A L, Dhombres J G. Histoire de l'École Polytechnique. Paris: Belin, 1987.
- [21] Picon, A. L'invention de l'ingénieur moderne. L'École des ponts et chaussées, 1747–1851. Paris: Presses de l'ENPC, 1992: 259–261.
- [22] Convention Nationale. Programmes de l'enseignement polytechnique de l'École centrale des travaux publics [A]// Langins J. La République avait besoin de savants. Paris: Belin, 1987: 199-226.
- [23] Belhoste B. Les Origines de l'École polytechnique. Des anciennes écoles d'ingénieurs à l'École centrale des Travaux publics[J]. Histoire de l'éducation, 1989 42(1): 50.
- [24] Belhoste B. L'École polytechnique au Palais-Bourbon[C]// Belhoste B, Masson F, Picon, A. Le Paris des polytechniciens: des ingénieurs dans la ville, 1794-1994[M]. Paris: Délégation à l'action artistique de la ville de Paris, 1994: 19-26.
- [25] Dhombres J. L'École polytechnique et ses historiens [A]// Fourcy A L, Dhombres J G. Histoire de l'École Polytechnique. Paris: Belin, 1987.
- [26] Belhoste B. De l'École des ponts et chaussées à l'École centrale des travaux publics. Nouveaux documents sur la fondation de l'École polytechnique [J]. Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique, 1994 (11); 1-57.
- [27] Langins J. La préhistoire de l'École polytechnique [J]. Revue d'histoire des sciences, 1991, 44 (1): 61-89.
- [28] Arago, F. Biographie de Gaspard Monge [M]. lue à la séance publique du 11 mai 1846, 1853: LV-LXXVI.
- [29] Pairault F. Gaspard Monge. Le fondateur de polytechnique [M]. Paris: Tallandier, 2000.
- [30] Julia D. Gaspard Monge, examinateur [J]. Histoire de l'éducation, 1990: 114.
- [31] Chatzis K. Les ingénieurs français au XIXe siècle (1789-1914). Émergence et construction d'une spécificité nationale [J]. Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique, 2009 (44): 53-63.
- [32] Langins J. La République avait besoin de savants. Les débuts de l'École polytechnique: l'École centrale des Travaux publics et les cours révolutionnaires de l'an III [M]. Paris: Belin, 1987.
- [33] Gillispie C C. Des polytechniciens en Egypte [J]. Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique, 1999 (20): 39-42.
- [34] Saudray N. L'expédition d'Egypte: une folie ou un investissement?[J]. Bulletin de la Sabix, 1999 (20): 43-52.
- [35] Masson F. L'expédition d'Egypte et la "description"[J]. Bulletin de la Sabix, 1987(1): 2-5.
- [36] 李艳萍. 大革命期间的法国科学院与埃及研究院[J]. 自然辩证法通讯, 2006 (5): 77-83, 112.

- [37] Serman W. Les origines des officiers français, 1848-1870 [M], Paris: les publications de la Sorbonne. 1979: 333.
- [38] Shinn T. Savoir scientifique et pouvoir social: L'École polytechnique: 1794-1914[M]. Paris: Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 1980.
- [39] de Launay L. Un grand Français: Monge, fondateur de l'Ecole polytechnique [M]. Paris: Editions Pierre Roger, 1933.
- [40] Hahn R. Le Système du Monde. Pierre-Simon Laplace. Un itinéraire dans la science[M]. Paris: Gallimard, 2004: 130-135.
- [41] Hahn R. Pierre Simon Laplace, 1749-1827: a determined scientist[M]. Cambridge MA: Harvard University Press, 2005: 127-134.
- [42] Bradley M. Scientific education versus military training: the influence of Napoleon Bonaparte on the Ecole Polytechnique[J]. Annals of science, 1975, 32(5): 417.
- [43] Langins J. The "Ecole Polytechnique" and the French Revolution: merit, militarization and mathematics[J]. Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, 1990, 13(24): 91-105
- [44] Belhoste B. Augustin-Louis Cauchy. A Biography [M]. New York: Springer-Verlag, 1991: 61-63.
- [45] Belhoste B. L'École de Laplace [A]// Belhoste B. La Formation d'une Technocratie. Paris: Belin, 2003. 212-217.
- [46] Hahn R. Le rôle de Laplace à L'École polytechnique[C]// Belhoste B, Dalmedico A, Picon A. La formation polytechnicienne 1794-1994. Paris: Dunod, 1994: 45-58.
- [47] 本-戴维, 赵佳苓. 科学家在社会中的角色[M]. 成都: 四川人民出版社, 1988.
- [48] 孔多塞, 何兆武等. 人类精神进步史表纲要[M]. 北京: 三联书店, 1998.
- [49] Picon A. Les Saint-Simoniens: raison, imaginaire et utopie[M]. Paris: Belin, 2002.
- [50] Molloy P M. Technical Education and the Young Republic: West Point as America's Ecole Polytechnique, 1802-1833 [D]. Rhode Island: Brown University, 1975: 388-392.
- [51] Rogers W B. Life and Letters of William Barton Rogers [M][OL]. Houghton Mifflin, 1896. 1:420. [2016-12-09] <http://libraries.mit.edu/archives/exhibits/wbr-visionary/wbr3-13-1846.html>
- [52] Weiss J H. The Making of Technological Man: The Social Origins of French Engineering Education[M]. Cambridge: the MIT Press, 1982: xv, 13-16.

Concept, System and Controversy: The Origin and Early Evolution of the École Polytechnique

Yao Dazhi

(Institute for the History of Natural Sciences, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: The system of technical training in France was greatly reconstructed during the French Revolution. Founded in 1794, the *École polytechnique* was the core of the new French system of higher technical education, as well as a seedbed of eminent scientists. The French engineer school's original idea and curriculum were encyclopedic. It established a complete system of admission, examination, and administration and so on. Some controversial debates in its early history implied tensions between the practice of technical training and the goal of scientific education. The *École polytechnique* is one of the greatest engineering educational creations during the French Revolution.

Keywords: engineering education, *grandes écoles*, *École polytechnique*, engineer, engineering education