

· 国际与比较教育 ·

德国工业大学的历史起源与升格之路

韩雪原

(辽宁大学 高等教育研究所, 辽宁 沈阳 110136)

摘要: 19世纪德国高等教育发展存在理性主义和功利主义两种办学理念。与理性主义办学理念塑造的致力于开展纯粹科学研究与完善人的个性修养的传统大学不同,受功利主义办学理念影响并形成于19世纪中叶的高等工业学校的办学目的是发展实用技术,培养技术人才以满足工业生产需要。高等工业学校是从较低层次的技术学校逐渐演变成为高等教育机构并在二战后转型为工业大学的。从综合性理工学院、高等工业学校到工业大学,德国高等教育的发展呈现出偏重实践与偏重理论交替发展的脉络,是技术教育教化育人属性不断加强的过程,也是国家间相互竞争、相互借鉴、相互刺激的结果。

关键词: 综合性理工学院; 高等工业学校; 工业大学; 工程技术科学

中图分类号: G649 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-4203(2024)01-0098-12

The Historical Origin of German Technical Universities and Their Path to Promotion

HAN Xue-yuan

(Institute of Higher Education, Liaoning University, Shenyang 110136, China)

Abstract: The development of German higher education in the 19th century was guided by rationalism and utilitarianism. Unlike the traditional university shaped by rationalism, the higher technical school which was formed in the mid-19th century under the influence of utilitarianism was fundamentally designed to develop practical technologies and cultivate engineers and technicians in order to meet the needs of industrial production. Evolving from lower-level technical schools and polytechnics, higher technical schools were transformed into technical universities only after the Second World War. From its emergence to maturity, higher technical education has shown a vein of alternating development that favors practice and theory, a process of deepening the role of technical education in nurturing personalities and spirits of human beings and a result of competition, mutual reference and stimulation among nations.

Key words: polytechnic; higher technical school; technical university; technical sciences

收稿日期: 2023-11-03

基金项目: 辽宁省经济社会发展研究课题青年项目(2024lslqkkt-032)

作者简介: 韩雪原(1989-),女,辽宁沈阳人,辽宁大学高等教育研究所助理研究员,德国布伦瑞克工业大学(教育学)哲学博士,从事欧美高等教育史研究。

在大学发展史上,一直存在着理性主义与功利主义思想的冲突和融合,具体表现为两种办学取向与路径的分野,如自由教育还是专业教育,通才教育还是专才教育,求真还是求用,学术自由还是社会责任,个人本位还是社会本位,大学自治还是国家控制等。^[1]19世纪德国高等教育发展正体现了这两种思想的并行、冲突与交织。一方面洪堡等人倡导以开展纯粹科学研究和完善人的个性修养为大学基本职能的新人文主义大学观,并以此为指导思想建立柏林大学;另一方面以追求知识的实用价值和培养专业人才为目的的高等工业学校的建立则反映了功利主义办学理念,其从成立之初就是为了促进生产力发展、满足工业化需求和应对国际竞争。与柏林大学这类从诞生时起就是“大学”(Universität, Uni)的大学不同,成型于19世纪中叶的高等工业学校(Technische Hochschule, TH),最初是由较低层次的技术学校升格而来并在20世纪初取得与大学基本平等的地位,二战后才正式成为工业大学(Technische Universität, TU)^①。洪堡办学模式在大学史上具有的崇高地位和深远影响使人们对德国高等教育的认识相对忽视了19世纪其受功利主义办学理念影响的大学发展路径,事实上德国能够逐渐取代法国成为第四个世界科学文化中心,得益于现代大学制度的建立和科技与工业的结合。^[2]大学侧重于开展基础科学研究,高等工业学校则致力于科学技术创新与应用,特别是后者通过培养工程师服务于工商业发展,是德国作为后发国家在资金和原材料相对不足的情况下,在第二次工业革命时期迅速崛起成为工业强国的重要推动因素。

国内学界对于19世纪德国理性主义大学发展路径——以哥廷根大学、柏林大学为代表,追求纯粹科学,认为大学须与社会保持一定距离,坚持“由科学而达至修养”(Bildung durch Wissenschaft)办学理念的研究较为丰富;对于功利主义大学发展路径——以柏林高等工业学校为代表,重视应用科学,面向工业生产,具有职业教育特征,以发展新技术和培养高级专业技术人才为目的的办学理念的探讨则相对不足^②。工程技术科学是如何突破新人文主义大学理想的限制而被纳入高等教育体系,高等工业学校是如何取得与大学平等的地位,并在成为工业大学后获得与传统大学同等声望的,其过程还有待明确。讨论德国工业大学的发展历程不仅能丰富人们对德国大学发展史的认识,还有助于加强对大学这一古老组织机构的适应性及包容性的理解以及高等技术教育在不同时期内涵与功能变化的认识。

一、高等技术教育的萌发:以法国为榜样建立综合性理工学院

正规技术教育的发展与技术的发展并不同步,其出现有三个基本前提:一是由应用蒸汽动力机械引起的生产条件改变,二是生产力大幅提高引起的劳动分工,三是学徒制的崩溃。^[3]在手工劳动时代和工业化早期,通过传承经验,而非传授知识就可以培养出满足生产实践需求的合格工人。18世纪60年代以发明新的纺纱技术和改良蒸汽机技术为主要标志的第一次工业革命首先发生在英国,然而正规技术教育并非源自英国。这场机器革命中的主要发明创造来自工匠的直接经验,而非尖端科学理论的转化应用。随着科学理论发展、科学技术进步以及机器设备的更新换代,逐渐出现以培养技术工人和技术专家为目的的正规技术教育,以适应产业变革的需要。

1. 巴黎综合理工学院的形成

欧洲专门的技术教育系统萌发于实行中央集权制的法国,其最初的产生并不是为了服务于日常的生产实践活动而是源于修筑军事工事的需要。德语和英语的“工程师”一词分别为 Ingenieur 和 engineer,它们都是法语“工程师”一词 ingénieur 的变种,而古法语“engignier”可以追溯到古拉丁语“ingeniarius”,表示制造或使用器械,特别是使用作战器械的人。^[4-5]最初“ingénieur”一词也专指负责建造堡垒和铸造弹炮的军事工程师。17世纪末,法国军事工程师被编入炮兵团或工兵团的条件是其经过严格选拔后,接受一至两年的专门培训并以优异成绩通过结业考试。最初,军事工程师的培训只是临时性的,直到18世纪上半叶法国才出现了正规的工程师培训学校。1720年后,在梅斯、拉斐尔、斯特拉斯堡、佩皮尼昂和格勒诺布尔陆续建立了炮兵工程师学校,1748年在梅济耶尔又建立了工兵工程师学校。这些学校聘请数学、自然科学以及工程学领域的知名专家担任教师,学制为两至三年,教学上注重理论与实践相结合,强调数学与制图知识的学习。^[6]由此“ingénieur”初步具备了现代语境中“工程师”一词的含义,即“高等学校或专门学校培养的技术人员”。

随着军事技术的革新,18世纪法国的一些军事思想家开始质疑固定防御工事在战争中的效用,转而提倡以高度机动性为主要特征的运动战作战方

式。^[7]运动战理念的兴起对法国交通运输系统的技术水平提出了更高要求。早在1716年法国就组建了独立的道路与桥梁兵团,1747年又在巴黎设立了国立路桥学校(École Nationale des Ponts et Chaussées)负责培养掌握土木工程技术的军事工程师。该学校是欧洲第一所土木工程学校,代表了当时欧洲技术教育的领先水平。^[8]此外,法国还建立了一批矿业学校,加上炮兵工程师和工兵工程师学校,18世纪中叶法国已基本具备工程师学校类型,为形成工程师教育体系奠定了基础。道路与桥梁的修建不仅在战争中发挥了关键作用,对于方便民众日常出行也具有重要意义。对于实行中央集权制的法国来说,修建外省通往首都巴黎的交通线是中央加强对地方控制的必要手段。因此,工程技术的应用范围以及工程师的执业范围逐渐从军用领域拓展到民用领域,在军事工程师之外出现了民事工程师。

18世纪末爆发的法国大革命使法国的公共基础设施及交通运输网络遭到严重破坏,动荡的社会环境也给教育系统带来了毁灭性打击,专业人才大量外流。为了弥补这些损失,同时也是出于对抗反法同盟的作战需求,1794年救国委员会在巴黎开办了一所新的工程师学校,同时培养军事工程师和民事工程师。受限于当时的物质条件和教育环境,该校后来被改造成为一所培养工程师的预备学校,于1795年9月被正式命名为巴黎综合理工学院(École Polytechnique)。学生在此要进行为期两年的数学和自然科学原理的学习,其中一半时间学习画法几何,另一半时间学习物理、化学、自由手绘和数学。学生根据结业考试成绩的优劣,继续进入路桥学校、矿业学校、炮兵工程师学校或工兵工程师学校学习更专业的技术。^[9]

根据知识的融通性,巴黎综合理工学院将未来接受不同专业技术教育需要开展的基础理论知识学习统一起来,这种教育组织方式在一定程度上体现了技术通识教育理念。“综合技术的”(polytechnique)这一形容词起源于法国,并在世界范围内被沿用至今,专门用来描述开设多种技术专业的学校。^[10]数学和自然科学原理通常属于大学哲学院的教学内容,巴黎综合理工学院却将其作为学习专门技术的基础,将技术教育以理论学习与实践学习相结合的模式固定下来。在技术教育史上,巴黎综合理工学院的创新之处在于将自然科学和工程技术在同一个教育体制中建立联系,顺应了近代科学技术的发展潮流。^[11]

2. 从法国到德国:综合性理工学院模式的传播

随着法国大革命的深入,综合性理工学院模式被传播到欧洲其他国家。在反法同盟战争中,法国炮兵的卓越表现不仅使欧洲各国感受到法国火炮技术的强大,更认识到负责培养军事工程师的技术教育的巨大效用。在拿破仑的威逼下,弗朗茨二世放弃神圣罗马帝国皇帝头衔,于1804年组建奥地利帝国以保全哈布斯堡家族的利益。作为帝国的首任皇帝,弗朗茨二世以巴黎综合理工学院为榜样大力推动并组建综合性理工学院,为帝国培养急需的高级技术人才。1806年物理学家格斯特纳(F.J.v.Gerstner)将布拉格工程师学校(Böhmische Ständisches Ingenieurschule)改造成布拉格理工学院(Böhmisches Ständische Polytechnisches Institut),他因此功绩于1810年获得皇帝授予的骑士爵位。在皇帝的直接命令下,1815年技术专家普雷希特(J.J.v.Prechtl)在首都维也纳建立了帝国与王国理工学院(K.K.Polytechnisches Institut),亦称维也纳理工学院。这两所学校开启了19世纪德语区国家建设综合性理工学院的历史进程。^[12]

作为维也纳理工学院的创始人和首任校长,普雷希特的教育思想和实践直接影响了其他德意志邦国理工学院的建设。他强调技术教育中理论学习与实践学习的结合,是推动技术科学化的代表人物之一,为技术科学独立,将“有关机器的学说”从应用数学领域中分离作出了重要贡献。他组织编撰了20卷本的《技术百科全书》(Technologische Encyklopädie),首次运用大量工程图、数字、公式直观系统展示化学技术和机械工程相关知识,便于在一线工作的技术人员参考使用。^[13]同时,该套丛书还有关于国民经济、工业生产以及手工业和工艺等问题的讨论。

雷腾巴赫(F.J.Redtenbacher)通过参与《技术百科全书》的编撰,并结合在维也纳理工学院的教学经验和后来在苏黎世纺织工厂、机器制造工厂等地的生产实践经验,继承并发扬了普雷希特的技术教育理念,他将掌握数学和自然科学原理视为体现工程师职业素质的重要组成部分,并将数学和自然科学原理有机整合进卡尔斯鲁厄理工学院(Polytechnikum Karlsruhe)的教学计划,将该校改造成为德意志第一所真正意义上属于高等教育范畴的技术教育机构。^[14]雷腾巴赫被称为机械工程学的奠基人,他的教育论述成为后来理工学院升格为高等工业学校的重要依据。

卡尔斯鲁厄理工学院始建于1825年,是巴登大公路德维希一世为“市民阶层”组织设立的,其成立

理念是“掌握数学和自然科学原理不仅是为了接受科学教育,也是为了将科学知识应用于实际生活,为实际生活而学习”^[15]。卡尔斯鲁厄理工学院是在一所建筑学校、一所工程师学校和一所实科中学的基础上建立起来的,因而其最初的组织架构相对混乱。1832年国务委员内本纽斯(K.F.Nebenius)以“为工业而教”为目标对卡尔斯鲁厄理工学院进行改革,他制定了学术组织章程,使该学院具备了较为清晰的学科体系和组织架构。改革后的卡尔斯鲁厄理工学院下设工程师学校、建筑学校、林业学校、商业学校、邮政学校、工艺学校六个教学单位。

如果说内本纽斯使卡尔斯鲁厄理工学院具备了成为一所高等教育机构的形式,那么雷腾巴赫的后续改革则赋予了它作为一所高等教育机构的实质。1840年受巴登大公国内政部的邀请,雷腾巴赫来到卡尔斯鲁厄理工学院讲授力学和机械工程相关知识。他在1857至1863年担任校长期间,进行了一系列改革,旨在推动机械工程科学化,提高该学科在教育和研究领域中的地位。雷腾巴赫认为,机械工程的教​​学不能仅靠传授经验,而是要建立在传授数学、物理学、化学知识,尤其是应用数学知识的基础上。“以机械工程领域使用的观念和知识理解自然和技术,并借助数学将在这个过程中发现的规律整理成公式”,雷腾巴赫沿着康德的路径在机械工程领域寻找数学般的确定性。^[16]虽然雷腾巴赫强调机械工程知识的理论化与科学化,但最终目的还是服务于生产实践。他希望利用丰富且内在连贯的概念让学生能够系统完整地掌握技术理论,以便他们在离开校园进入工作场景后能够具备生产实践所需的能力和素质。在任职期间,雷腾巴赫还从整体上提高了卡尔斯鲁厄理工学院的教​​学层次,使其朝着成为高等教育机构的方向发展。他改变过去主要从中学教师中选聘教师的做法,优先聘请大学中已取得教授资格(Habilitation)的数学专业人才。^[17]他取缔了该校下设的以培养手工业从业者为主的工艺学校,代之以一所机械工程学校和一所化学工程学校。他还十分重视实验室和图书馆的建设,兴建了化学实验室和机械实验室,大幅提高了图书馆藏书的数量和质量,卡尔斯鲁厄理工学院因而在一定程度上具备了开展科学研究的条件,推动了技术实践教学与科学研究的统一。

在雷腾巴赫掌校期间,卡尔斯鲁厄理工学院脱离了与中等职业学校的关联,彻底转变为一所高等教育机构。其先进的教育理念和模式培养出了一批杰出的发明家和企业家,如悬挂式单轨交通的发明

者朗根(C.E.Langén),内燃机汽车的发明者本茨(K.F.Benz),著名交通运输机械企业斯柯达公司的创始人斯柯达(E.Škoda)等。1860年,140位来自世界各地的化学家齐聚卡尔斯鲁厄参加第一次国际化学科学会议以统一和明确基本的化学概念和原则,这足以说明卡尔斯鲁厄理工学院在当时化学学科领域所具有的巨大声誉,理工学院这类学校逐渐在科学研究领域占据一席之地。^[18]

继布拉格、维也纳和卡尔斯鲁厄的理工学院成立后,到19世纪30年代几乎所有主要的德意志邦国都设有自己的理工学院或类似的技术学校(如1827年设立的慕尼黑学校,1828年设立的德累斯顿学校,1829年设立的斯图加特学校,1831年设立的汉诺威学校,1835年设立的布伦瑞克学校,1836年设立的达姆施塔特学校)^[19],但这些学校的发展水平并不均衡。在维也纳理工学院和卡尔斯鲁厄理工学院向高等教育机构的门槛迈进时,德意志邦联的大部分技术学校还是介于中等教育和高等教育之间的市民培训学校,甚至一些经济发展水平薄弱地区的技术学校时常面临被关闭的境地。这些技术学校在成立初期,承担着为邦国政府培养技术官僚和为工商业输送专业人才的双重职责。但由于当时的私营经济尚不发达,对受过正规科学训练的技术人才的需求极为有限,因而在很长一段时间内技术学校的毕业生多供职于政府部门。^[20]

二、高等技术教育的成型:谋求与“大学”平等地位的高等工业学校

在工业化初期,自然科学理论还不能高效地转化为直接应用于产品生产或改良生产方式的技术,理论化教学程度越低,技术学校培养出的拥有丰富生产经验的技术人员反而更能适应当时的生产环境。然而,到第二次工业革命时期,科学理论、科学技术与工业生产真正结合,依托复杂科学理论开展的工业生产变得十分专业,因而需要大量受过严格科学训练和职业训练的工程师和技术工人。“工程师”一词不再指向手工匠人和普通技术工人,而是专指受过正规技术教育的技术精英。1870年以前大部分工程师还没有在技术学校获得文凭,到19世纪末情况正好相反,技术工人通过在工厂积累生产实践经验就能晋升为工程师的情况越来越少。^[21]社会对接受过正规学校教育的工程师需求增多直接导致对理工学院的重视,而这些“受过教育的市民阶层”

(Bildungsbürgertum)的崛起和自我意识的膨胀也使他们强烈要求提升理工学院的办学层次和社会声誉。19世纪下半叶德国的理工学院升格为高等工业学校后,又于20世纪初成功获得博士学位授予权,基本取得了与“大学”平等的地位。

1. 理工学院发展范式的确定

继卡尔斯鲁厄理工学院成立后,德语地区最有声望的理工学院当属瑞士的苏黎世联邦理工学院(Eidgenössische Polytechnische Schule)。该校成立于1855年,最初的设想是建成为一所综合性大学,虽然该计划最终没能实现但学校明确的高等学校属性被保留下来。受最初设想建成为大学的思想影响,苏黎世联邦理工学院的建立十分强调办学质量和办学定位,它比照大学的标准规定了培养目标、系科建制、修业年限、学生入学年龄和条件、办学经费来源,并明确指出该校遵循教学自由原则。在技术教育上,苏黎世联邦理工学院有两个突出贡献:一是继续提高教学内容的理论深度,二是大力促进技术教育与人文教育的结合。1848年德国资产阶级民主革命失败后,大批倡导德意志自由主义的知识精英流亡国外,成立不久的苏黎世联邦理工学院有机会广泛聘请名师。自柏林大学建校以来,还没有哪所大学像苏黎世联邦理工学院一样拥有如此丰富的优秀师资,这里因此成为欧洲一个重要的知识中心。^[22]这从整体上大大提升了技术科学和理工学院的学术地位和社会声望。

在教学上,苏黎世联邦理工学院大师云集,佐伊纳(G. Zeuner)、卡尔曼(C. Culmann)和鲁洛克斯(F. Reuleaux)等众多知名学者和杰出工程师担任教席,他们对丰富技术教育内涵,保护和发展理工学院的学术组织属性起到了关键作用。莱比锡大学物理学博士佐伊纳在苏黎世联邦理工学院成立之初被聘请为力学与理论机械学教授,他在机械热理论和数理统计等领域都有首创性研究成果,培养了包括诺贝尔奖得主伦琴(W. C. Röntgen)在内的一批优秀学生。雷腾巴赫的学生鲁洛克斯于1856年来到苏黎世联邦理工学院担任机械工程系教授,他继承了雷腾巴赫的教学理念,重视严格系统的科学理论教学,致力于运用数学和自然科学原理将机械工程转变为一门精确科学。鲁洛克斯编写了机械工程领域的经典教材《构造者:机器设计使用手册》(*Der Konstrukteur; ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen*),将机械发明和工程技术进展以科学的语言表述固定,使这些内容具有可传授性。1856至1864年间基于雷腾巴赫先前在卡尔斯

鲁厄理工学院的工作,鲁洛克斯与佐伊纳合作开创了机械工程领域新的专业方向——机械制造(Maschinenbau)。^[23]

苏黎世联邦理工学院不仅从纵向上大力提升了技术教育中理论知识学习的深度,还从横向上拓展了技术教育的丰富性和完整性,将人文社会学科作为高级技术人才培养的辅助内容。该校的组织者认为,道德教育要与技术教育并驾齐驱,除了将青年培养成为能够服务于工业生产的技术精英外,还应激发他们的爱国热忱,培养他们的公民意识。技术教育若局限于提高物质生活质量而教,将是极为片面的,因为“瑞士不能仅仅通过建造与拆毁、购买与出售立国,必须通过其公民的内在价值,通过他们对国家的热爱,通过他们的公共精神,通过他们的团结和力量来保持国家的独立、道德优势和声望”^[24]。该校设有哲学与政治学系,聘请文学家费肖尔(F. T. Vischer)、历史学家施密特(W. A. Schmidt)、文化史学家布克哈特(J. C. Burckhardt)等知名专家担任文学、历史、艺术史、国民经济、法律教席,为技术教育注入人文内涵,以促进工程师作为“人”和“公民”的整体素养的发展。这说明苏黎世联邦理工学院在技术人才培养上突破了单纯拓展人的工具属性,转向注重育“人”功能,这为理工学院最终发展成为工业大学埋下了最初的伏笔。

在沿续卡尔斯鲁厄理工学院办学理念的基础上,苏黎世联邦理工学院继续推进技术教育的深度和广度。两所学校的办学成绩引起了德语地区其他理工学院的关注。强调技术技能的学习以掌握数学和自然科学理论知识为基础,教学与研究相统一,技术人才培养需要人文学科滋养的办学理念和模式作为先进的技术教育发展范式,被其他理工学院采纳。19世纪六七十年代,一些苏黎世联邦理工学院的教授和学生回到德意志,带来了该校的理念和模式,对德意志理工学院的正规化办学,提升办学的科学化水平,向高等教育机构转变产生了深刻影响。^③

2. 从理工学院到高等工业学校

19世纪下半叶德国在第二次工业革命中迅速崛起为工业强国,理工学院的发展也进入黄金期,逐步升级为高等工业学校并竭力争取与“大学”平等的地位。作为德意志面积最大、实力最强的邦国,普鲁士的技术教育对德国技术教育的发展具有决定性影响。从柏林高等工业学校(Königlich Technische Hochschule zu Berlin)的形成,可以了解德国理工学院升级的具体步骤和条件。与其他一些较大的德意志邦国不同,尽管19世纪初普鲁士的文教部门也

考虑过仿照巴黎和维也纳建设一所综合性理工学院,但是该计划最终没能实现。普鲁士的技术人才培养始终被区分为面向政府部门和面向私营经济。1770年成立的柏林矿业学院和1799年成立的柏林建筑学院负责为政府培养技术官僚。1821年成立的柏林工艺学院负责为企业培养技术人员。这些学校都是提供较高层次职业教育的纯粹教学机构,车间实践训练在教学中占有很大比重。^[25]由于成立时间较晚,学校初建时规模较小,主要为当时尚未形成规模的私营工商业培养技术人员,因此最初工艺学院的地位要低于矿业学院和建筑学院。

柏林工艺学院是耶拿会战失败后普鲁士实施的施泰因—哈登贝格改革中为促进工商业发展而设立的。工商业改革的领导者博依特(C.P.W.Beuth)认为,促进工业发展是政府的职责,但政府不应直接参与工业生产,而是为工业发展提供支持。政府应承担为私人企业,特别是钢铁和纺织企业培养技术人员的责任。^[26]为此,他主张在普鲁士二十五个行政区内设置地方工业学校,并在这类学校之上设立中央工业学校,以形成工业学校网。^[27]地方工业学校最终由于不能适应产业变革的需求而停办,作为中央工业学校的柏林工艺学院却在1879年与柏林建筑学院合并为柏林高等工业学校。

1821年柏林工艺学院成立时只是一所两年制的中等“技术学校”(Technische Schule),开设的课

程以制图和数学为主,并配备机械、木工、建模、铸造等车间用于实践训练。1827年更名为“工艺学校”(Gewerbeinstitut),延长学制为三年,设置了机械学、高等数学和化学课程,并添加了矿物学、建筑与机械制造课程。随着地方技术学校的建立,柏林工艺学校逐渐不再承担培养普通技术人员的任务,而是作为普鲁士最高级别的技术学校培养能领导工厂发展的高级工程师。1845年博依特卸任校长后,该校逐渐向高等教育机构过渡。经过1850年的改革,具备了高等技术学校的雏形,明确了机械、化学、建筑三个培养方向,并仿照大学给予学生学习自由权。1860年该校发布组织条例,分别设置公共技术系和专业技术系,将理论学习与实践训练彻底分离,要求学生充分掌握理论知识后方可接受实践训练。^[28]此后,该校持续加大学生学习科学理论的难度,增加了数学学时,并拆除了一些用于实践训练的车间。1866年正式更名为“工艺学院”(Gewerbeakademie),取得了与柏林建筑学院平等的地位。在1871年公布的学校章程中,明确提出该校是一所高等技术学校,仿照大学建制设置四个系,以讲座形式授课并有安排在画室、实验室和收藏陈列室进行的实习,学生享有完全的选专业和选课自由,在学习结束时通过考试可以获得文凭。^[29]柏林工艺学院在其五个历史发展时期的学校名称、办学层次、入学条件、修业年限和课程设置情况如表1所示。

表1 柏林工艺学院在五个历史时期的发展概况^④

时间	1821—1827年	1828—1850年	1851—1860年	1861—1866年	1867—1879年
学校名称	技术学校 (Technische Schule)	工艺学校 (Gewerbeinstitut)	工艺学校 (Gewerbeinstitut)	工艺学校 (Gewerbeinstitut)	工艺学院 (Gewerbeakademie)
办学层次	中等学校层次		高等学校层次		
入学条件	12—16岁,有基本的德语书写能力和数学常识,本国出生或父亲在本国居住		17—27岁,一年以上实际工作经验(申请化学方向除外),取得中学毕业证书或达到相应水平	17—27岁(需有出生证明),取得中学毕业证书,在教学空间充裕时,可以录取符合条件的外国学生	取得中学毕业证书,(帝国大学、柏林建筑学院与矿业学院,亚琛理工学院与汉诺威理工学院的学生,以及通过国家建筑或矿业考试的技术人员不需要提供该证明)
修业年限	两年	三年	三年	三年	三年
课程设置	包括一年初级课程和一年高级课程	包括一年初级课程、一年中级课程和一年高级课程	包括公共理论课与机械、化学和建筑三类专业方向课程	包括公共技术系和专业技术系。学生先在公共技术系学习一年半理论知识,再进入专业技术系,并从机械、化学与冶金、造船三个方向中选择一个,进行一年半的理论学习与实践训练	包括机械工程系、化学系、冶金系和造船系,分专业设置不同课程

柏林工艺学院的创办被认为是博依特所有促进工商业发展举措中最伟大的一项。^[30]1821年建校时只招收了13名学生,1879年的入学人数则达到了600人,近60年间共培养了14000余名技术人员。^[31]这说明德国私营工商业的飞速发展,工程师群体已壮大到一定规模,他们必然对技术教育的发展有自己的诉求。1856年德国工程师协会(Verein Deutscher Ingenieure, VDI)成立,大部分成员来自柏林工艺学院的毕业生。该协会对德国技术教育的发展提出了许多建设性意见,其中一些建议被政府采纳,转化为推动理工学院发展的政策举措。

1864年工程师协会在海德堡举行的大会上,会长格拉斯霍夫(F. Grashof)^⑤发表了题为“关于理工学院的组织原则”(Über die der Organisation von polytechnischen Schulen zugrunde zu legenden Prinzipien)的演讲,将理工学院定义为提供最高等级技术教育的高等学校。他指出,理工学院在课程设计中应丰富通识教育科目,将数学和自然科学理论课程的难度增加到不低于大学的程度;在组织架构上理工学院应继续仿效大学的院系建制改革,设置助教和私人讲师职位,明确校务委员会章程,设置学术评议会;完善人事提名权和任命权、博士学位和教授资格授予权,保障教师教学自由与学生学习自由。^[32]依据这些主张,普鲁士政府于1870年在亚琛建立了一所全新的理工学院。亚琛理工学院(Königlich Rheinisch-Westphälische Polytechnische Schule zu Aachen)章程明确指出该校是一所高等工业学校,这是德国第一所从成立之初就被当作高等学校的技术学校。^[33]加上1866年吞并汉诺威王国后得到的汉诺威理工学院(Polytechnische Schule zu Hannover),普鲁士已拥有两所综合性理工学院,原有的“特殊道路”(Sonderweg)——将为政府培养技术官僚和为私营企业培养工程师相分离的做法变得越来越不合时宜。

1876年工程师协会在柏林举行的大会上,会长格拉斯霍夫在“关于德国高等工业学校的理想发展路径和国家机构在公共服务中适当聘用受过学术训练的技术人员”(Über die wünschenswerthe Entwicklung der deutschen technischen Hochschulen und über Staatseinrichtungen zu geeigneter Verwendung akademisch gebildeter Techniker im öffentlichen Dienste)的报告中,明确表达了将柏林建筑学院和工艺学院合并的建议。^[34]同年,普鲁士众议院在一份决议中也表示支持两所学校合并,并且“德国各邦都要实现:与科学的统一性相适应建立

一所高等工业学校,而非设立分散的技术教育机构”^[35]。1879年柏林工艺学院和建筑学院终于合并成“柏林高等工业学校”,“为国家和市政建设服务,并为工业生活中的技术职业提供高等教育,培育属于技术教育领域的科学和艺术”。^[36]柏林高等工业学校的章程明确提出该校将承担科研和教学双重职能,设置建筑、土木工程、机械工程、化学与冶金、通识科学(以数学和自然科学为主)五个系。

19世纪60到90年代,德国的理工学院和工艺学院逐步完成改革,内容主要有明确学校章程,扩大自治权,提高学生录取条件,扩充技术通识教育,保护教学和学习自由,设置多种技术专业,强调技术知识的科学化和学校的科研职能,更名为“高等工业学校”。^[37]在德国从农业国走向工业国的转型时期,高等工业学校这一新型高等学校强势崛起,入学人数实现了跨越式增长,从19世纪50年代入学人数在1000到2000人之间徘徊,到1875至1876年超过6600人,达到第一个历史高峰,此后入学人数稍有下降,又于19世纪90年代初继续暴涨,1899至1900年入学人数达到13500人,1903年则有近17000人。^[38]

3. 高等工业学校与大学的地位平等

在高等技术教育领域,工程科学实验室的兴建关乎高等工业学校科研职能的实现,而科研职能的确定是高等工业学校最终取得与大学平等地位的关键因素。在1876年的费城世界博览会和1893年的芝加哥世界博览会上,美国的优质工业产品刺激了德国代表团,他们发现在工程技术领域除了来自英国的威胁外,美国作为后来者已占据领先地位,这引起了德国国内对于美国工程技术兴旺发达原因的全面讨论。在教育领域,受普鲁士文教部委托,柏林高等工业学校的机械工程学教授,同时也是这两次世界博览会德国代表团的成员之一的里德勒(A. Riedler),详细调查了美国工程技术教育的发展情况。里德勒反对高等技术教育过于理论化,倡导更加贴合实践的人才培养方式。^[39]经过系统调查和研究,他更加确信美国工程技术教育的特点和优势在于讲授型专业理论课程开设较少,实践课程大量设置,而德国工程技术教育与美国相比存在的巨大短板就是缺乏实验室训练。^[40]

里德勒在报告中得出的结论和代表团在参加世界博览会期间获得的印象,使德国工程师普遍认识到实验研究对于工程科学发展的重要意义。而仿照美国在高等工业学校中建设工程科学实验室,提供以实践为导向、以实验研究为主体的高等技术教育,

成为 1895 年在亚琛举办的第 36 届德国工程师协会大会的主要议题。^[41]会后形成的《亚琛决议》(Die Aachener Beschlüsse)被呈送到德国各级政府。1895 年末,普鲁士文教部长博赛(J.R.Bosse)表示,将加快审批普鲁士高等工业学校建设工程科学实验室所需资金。^[42]继慕尼黑高等工业学校(Technische Hochschule München)、斯图加特高等工业学校(Technische Hochschule Stuttgart)和达姆施塔特高等工业学校(Technische Hochschule Darmstadt)之后,1896 年柏林高等工业学校兴建了校内第一所机械工程实验室。19 世纪 80 年代到 20 世纪初是德国高等工业学校建设工程科学实验室的高峰期,实验室数量和种类不断增多,规模不断扩大,高等工业学校的科研职能也随之逐渐加深。

在理工学院改革为高等工业学校的过程中,高等工业学校履行了最基本的“大学”职能——教学与科研并重,在学校章程中确立了最核心的“大学”原则——学校自治与学术自由。1892 年威廉二世发布命令,允许高等工业学校的教授与大学的教授身着相似的大学教师制服,以彰显平等地位;1898 年高等工业学校的校长被请到上议院,而这原来是只属于大学校长的权利。^[43]尽管如此,在高等教育领域里高等工业学校仍处在低于大学的位置,原因在于这类学校还没有获得博士学位授予权,而博士学位的获得关乎工程师是否属于国家承认的精英阶层。随着工业生产在经济生活和国家建设中作用的提升,工程师群体强烈要求获得与他们的经济地位相匹配的社会地位。

早在 1880 年所有德语区的高等工业学校就曾派代表齐聚柏林商讨其学校和大学地位平等的问题,谋求高等工业学校获得博士学位授予权。此后各类工程师协会也在不同场合表达这种强烈诉求,为高等工业学校争取博士学位授予权是 19 世纪末德国的工程师群体为了寻求社会身份认可而发起的“工程师运动”(Technikerbewegung)的主要目标之一。然而,大学为了维护自身的优越性和科学研究的纯粹性,认为博士学位的获得者应该保持科学研究的尊严,不应该追求实际的经济利益,因而激烈反对高等工业学校获得此项权利。直到 1899 年柏林高等工业学校百年校庆时,威廉二世才以普鲁士国王而非德意志皇帝的名义给予普鲁士的 3 所高等工业学校博士学位授予权和颁发特许工程师学位(Diplom-Ingenieur, Dipl.-Ing)的权利,但是高等工业学校授予的工程博士学位需用德文书写为 Doktor-Ingenieur(Dr.Ing.),而非用拉丁语书写为

Doctor rerum technicarum,以便与大学授予的博士学位相区分。^[44]这种做法被德国其他地区迅速采纳,到 1901 年德国 9 所高等工业学校[®]全部取得了博士学位授予权。这意味着 20 世纪初在高等教育领域高等工业学校基本取得了与大学平等的地位。

三、高等技术教育的成熟:工业大学作为一种大学类型的诞生

尽管在 20 世纪初德国的高等工业学校基本获得了与传统大学相当的社会地位,但这种成功并不彻底,其追求知识实用价值的天然属性与大学追求高深学问的基本理念始终不能完全调和,在一战前的 20 年间,高等工业学校在维护其学术声誉的道路上步履艰难。^[45]经过魏玛共和国时期的高等教育改革,高等工业学校才与大学取得事实上的平等地位。高等工业学校继续向前发展,不仅是工程科学繁荣的结果,也是为满足蓬勃发展的工商业需求,更与 20 世纪上半叶德国的政治环境息息相关。在帝国主义、军国主义、种族主义的裹挟下,技术、经济、战争、殖民紧密关联,高等工业学校的地位被提到关乎德意志民族“伟大和团结”(Größe und Einheit)的高度。而随着第三帝国的覆灭,作为纳粹得以启动战争机器的重要支撑——高等工业学校被改造为工业大学,进入新的发展阶段。

配合威廉二世的“世界政策”(Weltpolitik)和“大海军主义”(Flottenpolitik),也为了缓解现有高等工业学校存在的人满为患问题,普鲁士于 1904 年成立但泽高等工业学校(Technische Hochschule Danzig),1910 年成立布雷斯劳高等工业学校(Technische Hochschule Breslau)。在一战以前德国已拥有 11 所高等工业学校,备受其他工业国家瞩目。德国一战的战败不仅没有对高等工业学校的声誉产生影响,反而使其更加重视发挥科学技术的作用和建设高等工业学校。20 世纪 20 年代在魏玛共和国的高等教育改革中,高等工业学校与大学之间的地位壁垒被进一步破除,高等工业学校改革的总体步调相对温和:在教学体制上,废除系科成立学院,博士学位授予权被转移到各个学院;在学科发展上,数学、物理学不再仅仅作为工程类专业的学习科目,而是获得了独立发展的空间,博士学位授予权也被扩展到自然科学学科领域;在课程设置上,技术科学与经济学和社会学相结合,人文社会学科被纳入课程体系以满足培养经济工程师、管理工程师的需

求;在教师权利上,实现高等工业学校教授与大学教授的权利平等与薪酬平等;在任务职能上,开始承担培养文理中学教师的责任。^[46] 20世纪30到40年代中期,经济危机的爆发和纳粹高压专制的文化政策阻碍了高等工业学校持续深入的改革。第三帝国时期,高等工业学校内部建立起的民主管理制度荡然无存,教学和科研受到极大限制,其主要进行的是以服务战争为目的的“军备研究”(Rüstungsforschung)。^[47]

二战后,盟军在德国开展大规模的“非纳粹化运动”(Entnazifizierung)以肃清纳粹思想残余。在高等教育领域,1933年以前的德国高等教育体制以及德国大学的精神内核——洪堡大学理念被判定为“健康的”。^[48] 在恢复传统的基础上,高等工业学校朝着民主、人文的方向发展。1946年英占区的柏林高等工业学校重新开学,走在了这类学校改革的前列。这所过去被视为民族社会主义堡垒的高校更名为“柏林工业大学”(Technische Universität Berlin),成为德国第一所工业大学。首任校长库查斯基(W.Kucharski)解释学校更名的目的是要甩掉旧有包袱,未来将不再狭隘地局限于技术教育,而是要以成为一所“人文大学”(universitas humanitatis)为目标。^[49] 在组织管理上,柏林工业大学实行民主管理,重建教授治校制度并发展学生自治组织,于1946年选举产生了德国第一个学生议会。教学改革则集中表现为引入人文学科,1948年开始设置历史、文学、人类学和社会伦理学教职,1950年成立人文学院,人文学科成为必修学科且制定了严格的考试规则。最初引入人文学科被当作阻止纳粹意识形态诱骗的手段,后来成为该校作为一所大学承担教化育人职能的举措。引入人文学科是希望学生除了学习技术专业,还能养成健全人格,在未来能够以和平、民主和人本为原则从事技术工作,充分考虑技术运用对于人类社会的影响。加上二战前已存在的经济学、社会学的重建和工程科学的继续发展,到20世纪60年代中期柏林工业大学已成长为以理工科为主,兼具人文社会学科的综合技术大学。^⑦

以柏林工业大学为标杆,二战后联邦德国高等工业学校的改革主要涉及以下方面:一是为高等工业学校自治提供完善的法律依据;二是调整高等工业学校的行政管理结构;三是进行师资队伍结构改革,非教授群体、助教和学生可参与决策;四是进行教学科研改革,以通识教育和政治教育充实技术专业教育;五是扩大招生的社会基础,高等工业学校要更好地立足于社会。^[50] 20世纪六七十年代人文社会科学被广泛纳入高等工业学校的学科体系后,除亚

琛高等工业学校(Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)仍保留传统的“高等工业学校”名称并延续至今,德国大部分高等工业学校^⑧更名为“工业大学”,均位于巴登-符腾堡州的斯图加特高等工业学校、卡尔斯鲁厄高等工业学校(Technische Hochschule Fridericiana)甚至直接更名为斯图加特大学(Universität Stuttgart)、卡尔斯鲁厄大学(Universität Karlsruhe(TH))^⑨。

四、总结与思考

以克莱因(F.Klein)为首的一批自然科学家曾尝试消除德国大学中“纯粹科学与各种实际运用之间的界限”,在古老的哥廷根大学走出一条“理论与实践相结合的道路”,也正是因为他们的努力成就了20世纪前期“辉煌的哥廷根时代”。^[51] 但是,在传统大学内明确增添工程学院始终面临重重阻力而未能形成可行的方案,这表现出德国人对于其大学精神内核的坚持与坚守——大学需远离现实生活致力于完善的人的修养。但是面对工程技术科学的强势崛起及其对于物质世界的巨大作用,大学不可能无动于衷。大学这一组织形式能够屹立几个世纪,说明了其内在的自我革新能力。工业大学的最终形成是德国人在调和其大学传统价值与社会现实需求之间的矛盾中寻找到的一种解决方案。考察德国工业大学的发展历程,我们可以得出如下结论:

第一,高等技术教育从萌发到成熟,呈现出从偏重实践到偏重理论的交替发展脉络,理论与实践之争是高等技术教育向前发展的动力。在19世纪初高等技术教育的萌发期,车间训练占据很大比重,经过普雷希特、雷腾巴赫、鲁洛克斯等人倡导的技术教育数学化、科学化、系统化,技术理论从技术实践中析出,19世纪中叶高等技术教育遂进入以技术理论学习为基础,辅以实践训练的成型期。当高等技术教育的“科学性”加重,就容易背离初衷走向远离实践的另一端。19世纪末高等技术教育开启了第二次实践化进程,其标志是大规模兴建工程科学实验室和积极与工商业联系。在柏林高等工业学校,作为“实践派”的里德勒与作为“理论派”的鲁洛克斯曾进行过长达七年时间的论战,该论战以1896年鲁洛克斯辞职告终,这反映出此时德国高等技术教育的一种转向。从某种意义上说,两次世界大战也成为在实践中检验德国高等技术教育成效与水平的试验场。二战后,为了消除由于过分强调技术教育的工具属性和实践作用而引起的极端化状况,用于提升

人的素养的人文社会学科被广泛引入工业大学,高等技术教育变得更加完整,逐渐走向成熟。

第二,高等技术教育从萌发到成熟,是技术教育的教化育人属性不断加强的过程。若将技术教育的效率推到极致,仅以拓展人的工具属性为目标,那么技术教育就会窄化成技术培训。从技术学校、综合性理工学院到高等工业学校,工程师的培养逐渐加入人文教育的元素,最终工业大学的人才培养将对

现实物质世界的关照与对人本身精神个性的涵养整合起来。与此同时,诞生于工业社会早期的洪堡模式的弊端逐渐凸显,传统大学也逐步走出“寂寞”的围墙,面向市场开放。随着高等教育大众化时期的到来,德国工业大学与传统大学之间的界限越来越模糊。德国工业大学与传统大学在功能属性与价值取向上的动态演变如图 1 所示。

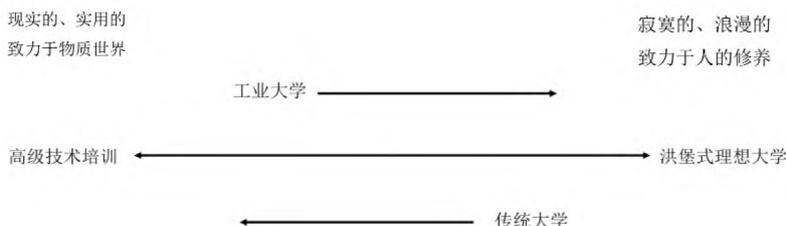


图 1 德国工业大学与传统大学功能属性与价值取向的演变

第三,高等技术教育从萌发到成熟,是国家间相互竞争、相互借鉴、相互刺激的结果。传统大学所遵循的洪堡大学理念在一定程度上可以说是德国人的独创,但工业大学的发展却是不同国家知识精英共同塑造的。从巴黎综合理工学院到维也纳理工学院、卡尔斯鲁厄理工学院、苏黎世联邦理工学院,再到柏林高等工业学校、柏林工业大学,可以看到一条完整清晰的发展链条。每一步都是在继承前者的基础上为高等技术教育添加了新的内涵。除了欧洲国家的智慧结晶,大西洋对岸的美国因素也杂糅其中。

2005 年由德国联邦教育及研究部发起,德国科学基金会和科学理事会联合推动的“卓越计划”(Exzellenzinitiative)正式启动,标志着德国高等教育发展政策从强调均衡平等转向注重差异竞争。^[52]“卓越计划”通过评选“精英大学”(Elite- Uni)进行重点资助的方式,以提高德国大学的科研水平,重振德国大学的国际地位。目前“卓越计划”的实施已进行了三期,在激烈的竞争中工业大学表现不俗:在 17 所获得“精英大学”称号的大学中,5 所是工业大学,慕尼黑工业大学(Technische Universität München)和亚琛高等工业学校更是三度获得“精英大学”称号,而连续获得“精英大学”称号的大学仅有 6 所;在首期首轮评选出的 3 所“精英大学”中,工业大学占据两席。^①“精英大学”荣誉的获得既是对这些大学已有办学水平的肯定,也意味着它们代表德国高校的整体科研实力,将在未来引领德国高等教育的发展。在德国高等教育体系中,工业大学与大学扮演同等重要的社会角色,享有同等的社会声望。

2006 年德国 9 所老牌顶尖工业大学组成理工大学九校联盟(TU9 — German Universities of Technology e. V.)^②。该联盟提出将坚持多元化视角,注重交叉学科和跨学科研究,广泛开展国内外学术交流,积极与工业界建立合作伙伴关系,依靠强大的基础科学和应用科学研究实力致力于数字化、新能源建设,推动可持续发展。^[53]在 2020 年发布的“德国自然指数”(Nature Germany Index)排名中,九校联盟以在物理学、化学、地球科学和生命科学领域内 82 种国际顶级学术期刊上发表 2502 篇论文位居第二,介于德国两个著名的非大学性质科研学术组织马普学会(Max Planck Gesellschaft, MPG)与亥姆霍兹联合会(Helmholtz — Gemeinschaft)之间。^[54]九校联盟已经成为德国高水平工科教育在国际高等教育市场中的一张名片,在全球科技创新加速的时代背景下,这些工业大学将焕发新的光彩,在工业 5.0 阶段发挥巨大作用。

注释:

① 德文 technisch 对应英文 technical,一般翻译为“技术的”、“技能的”、“工艺的”。按照此规则,Technische Hochschule 应翻译为“高等技术学校”,Technische Universität 应翻译为“技术大学”。但是在中文语境中,Technische Universität 已被翻译成“工业大学”,如柏林工业大学(Technische Universität Berlin),Technische Hochschule 也被翻译成“高等工业学校”,如柏林高等工业学校(Technische Hochschule Berlin)。本文沿用中文约定俗成的表述方式,采用“高等工业学校”和“工业大学”的译名。

- ② 国内以 19 世纪德国高等技术教育发展为主题的研究成果主要有:咸佩心、陈洪捷:《德国技术高等教育与工业技术文化》,载于《高等工程教育研究》2023 年第 3 期;陈洪捷:《德国政府官员与工业技术文化和技术教育——以博依特为例》,载于《职教论坛》2022 年第 5 期;全守杰:《德国工科大学模式:轨迹、特征与价值》,载于《高等理科教育》2011 年第 3 期;李素敏:《十九世纪德国工科大学的建立与发展》,2009 年 4 月被收录于纪念《教育史研究》创刊二十周年论文集中。
- ③ 佐伊纳于 1871 年回到母校弗莱贝格矿业学院(Bergakademie Freiberg)任教,两年后被擢升为校长。1873 到 1890 年他还兼任德累斯顿理工学院(Königlich Sächsisches Polytechnikum)的校长。在其掌校期间,他分别将这两所学校改组为高等工业学校。鲁洛克斯于 1864 年来到柏林工艺学院任教,四年后被擢升为校长。1875 年他出版了著作《理论运动学》(*Theoretische Kinematik*),推动机械运动学成为独立学科。1879 年柏林工艺学院与柏林建筑学院合并为高等工业学校后,鲁洛克斯最初担任机械工程系主任,在 1890 年担任校长。
- ④ 此表格根据 P.F.Damm 的著作 *Die Technischen Hochschulen in Preussen. Eine Darstellung ihrer Geschichte und Organisation* (Ernst Siegfried Mittler und Sohn 1899 年出版)第 12—30 页整理而成。
- ⑤ 格拉斯霍夫于 1844 年进入柏林工艺学院学习冶金,兼习数学、物理和机械制造。1847 年他中断学业,1852 年又回到该校继续学习,且被委托讲解应用力学课程。1854 年毕业后,他通过国家教师考试,成为工艺学院的数学和力学教师。1856 年他组织成立了德国工程师协会,直到 1890 年他一直担任该协会会长。
- ⑥ 即普鲁士王国的柏林高等工业学校、汉诺威高等工业学校、亚琛高等工业学校,巴伐利亚王国的慕尼黑高等工业学校,符滕堡王国的斯图加特高等工业学校,萨克森王国的德累斯顿高等工业学校,巴登大公国的卡尔斯鲁厄高等工业学校,黑森大公国的达姆施塔特高等工业学校,布伦瑞克公国的布伦瑞克高等工业学校。
- ⑦ 20 世纪 60 年代中期,柏林工业大学设有九个学院,即通用工程科学学院、建筑学院、土木工程学院、机械工程学院、电气工程学院、农学院、采矿和冶金学院、经济学院、人文学院,并承担为职业学校和文理中学培养教师的任务。
- ⑧ 但泽高等工业学校和布雷斯劳高等工业学校除外,这两所学校在二战后被划归波兰。
- ⑨ 2006 年卡尔斯鲁厄大学与卡尔斯鲁厄研究中心(Forschungszentrum Karlsruhe)合并为 KIT (Karlsruher Institut für Technologie),中文语境中普遍翻译为“卡尔斯鲁厄理工学院”。但此“理工学院”与始建校名“理工学院”的德文用词不一,含义不同。
- ⑩ 2017 年德国政府实施的“卓越计划”进行到第三期,更名为“卓越战略”(Exzellenzstrategie)。关于“卓越计划”

和“卓越战略”的具体内容参见德国联邦教育与研究部官方网站的专门栏目:https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/das-wissenschaftssystem/die-exzellenzstrategie/die-exzellenzstrategie_node.html。

- ⑪ 即德国一战前已存在的 9 所由高等工业学校升格而来的工业大学:柏林工业大学、德累斯顿工业大学、慕尼黑工业大学、达姆施塔特工业大学、布伦瑞克工业大学、卡尔斯鲁厄理工学院、亚琛高等工业学校、斯图加特大学、汉诺威大学(1978 年由汉诺威工业大学更名而来)。

参考文献:

- [1] 刘宝存. 理性主义与功利主义大学理念的冲突与融合[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2006,(3):28-34.
- [2] 潘教峰,刘益东,陈光华,等. 世界科技中心转移的钻石模型——基于经济繁荣、思想解放、教育兴盛、政府支持、科技革命的历史分析与前瞻[J]. 中国科学院院刊,2019,34(1):10-21.
- [3] RICH E M. Technical Education[J]. Journal of the Royal Society of Arts,1941,90:22-38.
- [4] GREBE P. Duden Etymologie; Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache. Der große Duden, Band 7[M]. Mannheim; Bibliographisches Institut,1963:287.
- [5] MCDONALD H. The Origin of the Word “Engineer”[J]. Scientific American,1914,(7):294-295.
- [6][21] KAISER W, KÖNIG W. Geschichte des Ingenieurs. Ein Beruf in sechs Jahrtausenden[M]. München & Wien; Carl Hanser Verlag,2006:180-181,200.
- [7] 钮先钟. 西方战略思想史[M]. 桂林:广西师范大学出版社,2003:157-158.
- [8] DITCHEN H. Die Politechnika Lwowska in Lemberg. Geschichte einer Technischen Hochschule im multinationalen Umfeld[M]. Berlin; Logos Verlag,2015:26.
- [9] KURRER K. Geschichte der Baustatik. Auf der Suche nach dem Gleichgewicht[M]. Berlin; Ernst & Sohn,2016:41.
- [10] 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.
- [11] 姚大志. 理念、制度和争论——巴黎综合理工学院的建立及早期发展[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程,2017,9(6):644-655.
- [12][44] FEDERSPIEL R. Der Weg zur Deutschen Akademie der Technikwissenschaften[M]. Berlin & Heidelberg; Springer,2011:21,41.
- [13] BUCHHEIM G, SONNEMANN R. Geschichte der Technikwissenschaften[M]. Basel; Springer Basel AG,1990:150.

- [14] WAUER J, MOON F C, MAUERSBERGER K. Ferdinand Redtenbacher(1809-1863); Pioneer in Scientific Machine Engineering[J]. Mechanism and Machine Theory, 2009, 44(9): 1607-1626.
- [15][16] KÄMMERER J. Technologie aus Tradition streiflicher zur 160-jährigen Geschichte der Universität (TH) Karlsruhe[J]. Periodica Polytechnica Electrical Engineering (Archives), 1985, 29(2-4): 87-118.
- [17][18] HOEPKE K. Geschichte der Fridericiana. Stationen in der Geschichte der Universität Karlsruhe (TH) von der Gründung 1825 bis zum Jahr 2000 (Vol. 1) [M]. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe, 2007: 60, 57.
- [19] KÖNIG W. Zwischen Verwaltungsstaat und Industriegesellschaft. Die Gründung höherer technischer Bildungsstätten in Deutschland in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts[J]. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte, 1998, 21(2-3): 115-122.
- [20][35][49] RÜRUP R. Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979 (Bd.1)[M]. Berlin, Heidelberg & New York: Springer, 1979: 7, 11, 31.
- [22][42] MANEGOLD K. Universität, Technische Hochschule und Industrie. Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins[M]. Berlin: Duncker & Humblot, 1970: 55-56, 149.
- [23] MOON F C. Franz Reuleaux; Contributions to 19th Century Kinematics and Theory of Machines[J]. Applied Mechanics Reviews, 2003, 56(2): 261-285.
- [24] WOLF R. Das Schweizerische Polytechnikum. Historische Skizze zur Feier des 25jährigen Jubiläums[M]. Zürich: Orell Füssli & Co., 1880: 19.
- [25][45] 瓦尔特·吕埃格. 欧洲大学史(第三卷)—19世纪和20世纪早期的大学(1800—1945)[M]. 张斌贤, 杨克瑞, 林薇等, 译. 保定: 河北大学出版社, 2013: 653-658, 672-673.
- [26] 陈洪捷. 德国政府官员与工业技术文化和技术教育——以博依特为例[J]. 职教论坛, 2022, 38(5): 23-28.
- [27] 日本世界教育史研究会. 六国技术教育史[M]. 李永连, 赵秀琴, 李秀英, 译. 北京: 教育科学出版社, 1984: 224.
- [28][29][31][36] DAMM P F. Die Technischen Hochschulen in Preussen. Eine Darstellung ihrer Geschichte und Organisation[M]. Berlin: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, 1899: 20, 25, 191-192, 55.
- [30] HENDERSON W O. Peter Beuth and the Rise of Prussian Industry, 1810-1845[J]. The Economic History Review, 1955, 8(2): 222-231.
- [32] [34] [37] SCHWARZ K. 1799-1999. Von der Bauakademie zur Technischen Universität Berlin. Geschichte und Zukunft. Aufsätze[M]. Berlin: Ernst & Sohn, 2000: 123, 125, 125.
- [33][41] RICKING K. Der Geist bewegt die Materie; 125 Jahre Geschichte der RWTH Aachen [M]. Aachen: Verlag Mainz, 1995: 46, 111.
- [38] MCCLELLAND C E. State, Society and University in Germany: 1700-1914[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1980: 241.
- [39] KÖNIG W. Engineering Professors as Entrepreneurs: the Case of Franz Reuleaux(1829-1905) and Alois Riedler(1850-1936)[J]. History and Technology, 2017, 33(1): 53-69.
- [40] RIEDLER A. Amerikanische technische Lehranstalten, Bericht im Auftrage des Herrn Kultus-Ministers [R]. Berlin: Leonhard Simion, 1893: 459.
- [43] 贺国庆. 德国和美国大学发达史[M]. 北京: 人民教育出版社, 1998: 78.
- [46] BOEHM L, SCHÖNBECK C. Technik und Bildung [M]. Düsseldorf: VDI Verlag, 1989: 232.
- [47] BARRICELLI M, JUNG M, SCHMIECHEN-ACKERMANN D. Ideologie und Eigensinn. Die Technischen Hochschulen in der Zeit des Nationalsozialismus[M]. Göttingen: Wallstein Verlag, 2017: 248.
- [48] 贺国庆, 赵子剑. 19世纪以来德国高等教育结构演变研究[J]. 河北师范大学学报(教育科学版), 2016, 18(1): 22-28.
- [50] KERTZ W, ALBRECHT P, ELSNER R, et al. Technische Universität Braunschweig. Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität. 1745-1995 [M]. Hildesheim, Zürich & New York: Georg Olms Verlag, 1995: 617.
- [51] 李工真. 大学现代化之路[M]. 北京: 商务印书馆, 2013: 62-65.
- [52] DFG, Wissenschaftsrat. Startschuss für Exzellenzinitiative [EB/OL]. <https://www.dfg.de/de/service/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung-nr-51>.
- [53] TU9. Führende Technische Universitäten als Impulsgeberinnen für gesellschaftliche Transformation (07/2023) [EB/OL]. https://www.tu9.de/media/tu9-leitbild_07-2023_de.pdf.
- [54] TU9. Nature Germany Index; TU9-Allianz auf Platz 2 (12/2020) [EB/OL]. https://www.tu9.de/media/download/tu9-pm_nature_germany_index_de_20-12-07.pdf.

(本文责任编辑 许宏)