瑞士苏黎世联邦理工学院创新型人才培养模式及其启示

任娇菡[1,2]　任　真[*,1,2]　徐　进[3]
（1. 中国科学院文献情报中心，北京 100190；2. 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系，北京 100049；3. 国家自然科学基金委员会国际合作局，北京 100085）

摘　要：作为世界知名的理工大学之一，瑞士苏黎世联邦理工学院拥有 21 位诺贝尔奖得主，在经费保障、国际化教学、师徒传承、课程设置、批判性思维和创造性思维培养、学术评价机制、产学研合作等方面独具特色。本文采用网络调研、文献调研、案例分析等方式对苏黎世联邦理工学院的教学与科研模式进行剖析，最终将苏黎世联邦理工学院的创新型人才培养模式归纳为“三要素”模式，即为学者提供教学基本保障、创新文化土壤及学术生态环境的人才培养模式，并参考苏黎世联邦理工学院创新型人才培养模式，为我国的创新型人才培养重点提出了有关经费支持、思维培养、学术评价机制的三方面建议，以期为我国创新型人才培养工作提供启示和借鉴。

关键词：瑞士；苏黎世联邦理工学院；诺贝尔奖得主；人才培养
DOI：10.16507/j.issn.1006 - 6055.2020.04.003

瑞士是当今最具创新力的国家之一，被誉为“创新之国”。《全球创新指数 2019》报告显示，瑞士在全球经济体比较中综合得分排名第一，连续 9 年蝉联榜首。瑞士国土面积仅 41285 平方千米，人口约 851 万人，却拥有 28 位诺贝尔奖得主，数量位居世界第 6 位，是当之无愧的诺奖大国。根据洛桑国际管理学院（IMD）的统计，瑞士每 100 万人中就有 1.1 个诺贝尔奖获得者。更令人惊叹的是，瑞士的 28 位诺贝尔奖得主中有 21 位来自苏黎世联邦理工学院（Eidgenössische Technische Hochschule Zürich，ETH Zurich）。

瑞士苏黎世联邦理工学院创建于 1855 年，是世界最著名的理工大学之一，享有“欧陆第一名校”的美誉。2019 年，该校拥有 530 位教授及来自于 120 多个国家的约 2.14 万名学生，其中包括约 4180 名博士生。该校的历届校友、教授、科研人员中，共产生了包括爱因斯坦在内的 21 位诺贝尔奖得主、两位菲尔兹奖得主和两位普利兹克奖得主[1]。该校在 2019/2020 QS 世界大学排名中名列全球第 6 位[2]、泰晤士高等教育世界大学排名中位列全球第 13 位[3]，在 2019 上海软科教育信息咨询有限公司的世界大学学术排名中位列全球第 19 位[4]。

ETH Zurich 历史悠久，属于国家直接资助的公立普通大学，直接服务于国家的现代化发展和产业技术创新[5]。该校能够在成立后的 150 余年中产生 21 位诺贝尔奖得主，其内在的创新型人才培养模式值得我们深入思考。目前，国内对 ETH Zurich 人才培养模式的研究较少，陈春梅[6]将该校与美国麻省理工学院对比探析了欧美顶尖理工学院的教师发展模式；牛妙卓[7]、邱雯婕[8]分析了该校的国际化战略以及研究生教育的国际化特

* E-mail：renz@mail.las.ac.cn；Tel：13501318880

征;林冰[9]分析了该校独特的研究生创新能力和实践能力培养方式;马健生[10]对其外部论文项目的理念诉求、实践探索、条件保障进行了综合分析。

本文采用网络调研、文献调研、案例分析等方式,从创新文化土壤、教学基本保障、学术生态环境共三个方面对 ETH Zurich 保障高质量教学与科研的措施进行剖析,总结归纳该校独有的创新型人才培养模式,旨在发现该校的优势和先进经验,以期为我国的创新型人才培养工作提供借鉴。

1 创新文化土壤

基于师徒制的学术流派传承、批判性思维和创造性思维的培养构成了 ETH Zurich 创新型人才的文化土壤,一代代科学家对教育、科学、文化等理念的共同传承,有助于创新型人才的精心孕育和一流科技人才队伍的建设。

1.1 师徒制的学术流派传承

“师徒制”模式可以帮助科研团队内培养的优秀人才不间断地继承和发展教科研团队所积累的研究资源,出色的毕业生会被任命为教研室的助教,老科学家提携崭露头角的青年科学家,使得教研室的研究成果、研究设施、研究资源、知识、诀窍等宝贵的研究资源得到传承,形成独特的学术流派,有助于团队的原创性成果产出、提高团队的研究效率。

ETH Zurich 多位诺贝尔奖获得者就是得益于“名师出高徒”的师生关系。以第一位诺贝尔物理学奖获得者威廉·康拉德·伦琴(Wilhelm Konrad Rontgen)[11]为例,在该校就读期间,他先是跟随在热力学领域做出了卓越贡献的鲁道夫·克劳修斯学习热力学课程,之后跟随实验物理学家奥古斯都·昆特学习光的理论课程,并在昆特的实验室里做关于气体不同属性的实验。昆特于 1866 年因发明用粉尘图形测量声速的“昆特管”名声大振,而克劳修斯和昆特又都是柏林大学著名教授海因里希·古斯塔夫·马格努斯的学生,后者发现了以其名字命名的“马格努斯效应”。1868 年,伦琴成为昆特主持的实验物理研究所的助手。在协助昆特实验半年后,伦琴开始深入研究空气的比热问题,这正是 1857 年克劳修斯在论文《论热运动形式》中初步探讨过的,但是还没有人精确地测出定容比热和定压比热的比值,伦琴准备完善克劳修斯的热力学理论。他在昆特老师的支持下于 1869 年以《各种气体的研究》的杰出论文获得哲学博士学位,并成为了该校的助教。

此外,该校的 4 位诺贝尔奖获得者间也存在直接的师徒关系。1939 年诺贝尔化学奖得主拉沃斯拉夫·鲁日奇卡是 1953 年诺贝尔化学奖得主赫尔曼·施陶丁格的博士导师,1987 年同时获得诺贝尔物理学奖的卡尔·米勒和约翰内斯·贝德诺尔茨也是师徒关系,这 4 位科学家都是 ETH Zurich 的毕业生或教师。可见,正是由于本校师生们一代代的传承,ETH Zurich 的教学和科研工作才能可持续地不断深入和发展,才能长年保持其国际一流的学术地位和竞争力。

长期以来,ETH Zurich 的教学与科研都具有相同重要的地位,几乎所有的科研人员都参与教学,该校的知名教授都会亲自给低年级大学生讲授基础课程。在第二次世界大战前后直到 20 世纪 70 年代初,该校大一约 600 人的物理大课始终是由诺贝尔物理学奖获得者夏尔·爱德华·纪尧姆教授讲授的,从力学到原子物理,帮助学生建立针对物质世界的物理现象和运动规律的全面认识[12]。

1.2 批判性思维和创造性思维的培养

教育的价值不仅体现在学生的知识掌握上,

更体现在学生的思维发展上,而学生思维培养的核心便是批判性思维与创造性思维教育[13]。创新的核心要素是创新型人才,而创新型人才的核心要素是人的创造性思维。爱因斯坦曾经说过:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉”。创造性思维教育也因此更多地被研究型大学、科研机构和经济发展到一定阶段的国家所关注[14]。

批判性思维和创造性思维的培养对于创新型人才的培育至关重要,两种能力的培养同样也是 ETH Zurich 教学的重中之重。该校积极致力于建设活跃而有创造性的科研环境,支持学生进行探究性学习,允许学生在课程中进行研究,使他们学会实践研究方法和技能,教育学生使用系统和跨学科的方法,培养学生的创新精神和企业家精神。2012 年,该校启动了“批判性思维计划”,旨在面向瑞士科学、社会和经济的长期需求,培养学生的批判性思维、沟通和领导才能,使学生具备分析、管理技能以及批判性思考的能力[15],培养学生能够独立思考并采取负责任的行动,能更好地处理复杂的、跨学科的社会问题,成为助力社会发展的一员[14]。

“ETH 周”是该校为培养学生创造性思维、提升学生创造力而推出的一种人才培养模式,旨在通过既定主题和规定时限要求学生小组解决某一具有挑战性的现实问题。第一届“ETH 周”于 2015 年正式启动,主题为“食物的故事”,该校 120 名学生组成的 12 个跨学科小组参与了此次活动,为全球可持续粮食问题制定创造性的解决方案[14]。这种全新的模式打破了传统课堂的束缚,鼓励跨学科合作,将知识、好奇心和想象力相结合,不仅培养学生的批判性思维,还注重学生创造力的提升。ETH Zurich 校长萨拉·斯普林格曼曾评价“ETH 周是全学科领域学生解决重要社会问题和寻找解决方案的绝佳机会”。

2 教学基本保障

ETH Zurich 为人才提供稳定的经费保障,为学生提供灵活且个性化的课程安排,这种面向创新型人才培养的教学基本保障不仅影响着研究生与科研人员的培养质量,还有助于人才科研创新能力的养成,是英才竞现、创新成果泉涌的重要支撑,是 ETH Zurich 研究处于领先地位的重要基础。

2.1 稳定的经费保障

瑞士持续多年高强度的研发投入在促进科研创新方面发挥了重要作用。早在 2012 年,瑞士的研发活动支出就已经占到 GDP 的 3%,远超经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Devetopment,OECD)成员国研发投入的平均值。瑞士的基础研究投入约占研发经费的 30%,而我国的基础研究投入占比长期徘徊在 5%左右。成立于 1952 年的瑞士国家科学基金会(Swiss National Science Foundation,SNSF)始终把保护好奇心驱动的自由探索研究和创新思想作为资助重点,以避免国家的大部分研发投入都用于任务导向型或商业导向型研究。

瑞士政府特别重视高等教育和科研。于 1968 年出台的瑞士《联邦高等教育促进法》明确规定联邦政府应通过财政资助来促进大学间的发展与合作[16]。瑞士《联邦研究与创新促进法》规定政府应当建立有利于高质量教育和研究的条件,从各个层面协调国家教育政策;应当向高等教育机构提供资金,促进瑞士高等教育的高质量发展,保证人才培养的质量和高校的竞争力。

作为国家直接资助的公立普通大学,联邦政府稳定的经费支持为 ETH Zurich 的基础设施建设、研究环境营造、优秀人才吸引等提供了保障,是该校开展高质量教学与科研的物质基础。2016 年,该校的教育经费为 17.68 亿瑞士法郎(约合 125.67 亿元人民币),其中 12.89 亿瑞士法郎是联邦政府拨款,4.09 亿瑞士法郎是第三方捐赠,0.7 亿瑞士法郎是自我盈利[15]。即便如此,ETH Zurich 在 2016 年的年度报告中还提出“经费紧张”,理由是“为了与其他大学竞争,保护其自身最为重要的独立性,该校需要可持续的长期财政支持”。2017 年,该校学生数量比十年前增长 56%,教授增长 23%,科研人员增长 53%,可政府提供的科研经费只增加了 42%。这也就意味着虽然学校规模不断扩大,可政府的科研经费增长却未跟上扩招的步伐,ETH Zurich 认为这使其自身发展面临巨大挑战[17]。同时,也印证了该校科研工作对稳定增长的经费有较高依赖。

2.2 个性化的课程设置

个性化课程能够使课程发挥最大效用,刻板、不具创新性、学生无法很好参与的课堂对于培养学生主动思考的习惯、创新能力以及批判性思维十分不利。灵活、合理、个性化的课程同样是保证 ETH Zurich 教学与科研质量提升的重要途径。该校的学位课程面向科学、社会和经济的长期需求,让学生认识和接触科学和实践中的新课题和新挑战,以应用为目的为学生传授高水平的知识和能力,使学生可以尽早地从事研究工作。

该校学位课程拥有清晰的整体概念,内容高度连贯。学位课程不仅传授学科知识,课程内容考虑学生已有知识,尊重学生的多样性,同时培养学生主动参与科研的意识、责任感以及沟通能力[18]。每个学生都有自主选择课程的权力,学校为学生规划了所需的最佳而不是最高学分数,学生在整个学期的工作量相对合理,准备考试的时间都被考虑在内,并对学生交换学习的时间进行了灵活规定。该校对课程进行定期评价,将来自劳动力市场的反馈意见纳入学位课程开发的考虑因素,从学生、教师、校友和相关专业人士等内外部角度对课程设置进行批判性审查。

该校着力于培养学生的主动性和独立性,为学生提供可选择的机会,与此同时,还能够保证每个学生在开展研究时都有机会得到指导和监督,对于攻读学位的博士研究生进行个性化教学。《苏黎世联邦理工学院教学政策》明确规定了学位课程的质量标准,定义了该校毕业生应具备的专业能力和跨学科能力、获取这些能力的模式、如何验证这些能力,以及对所有教师的期望。

3 学术生态环境

打造良好的学术生态环境是推动科研工作的重要途径,国际化教学体系、紧密的产学研合作以及灵活的学术评价机制共同为 ETH Zurich 的创新型人才创造了良好的学术生态环境,进而为创新应用提供了保障,促进了创新成果的转移转化,并吸引了广大学者前来深造或从事科研工作,同时也促进了该校学者融入全球学术圈。

3.1 国际化的教学体系

国际化的教学体系对 ETH Zurich 建设国际一流理工类院校具有重要意义,有助于其站在世界一流的平台上开展教学和研究,进一步提升自身教学质量和科研水平,促进学校科研实力不断走向卓越。

瑞士有 3 种官方语言(法语、德语、意大利语),使得 ETH Zurich 的教育也更具国际化。该校目前的本科课程主要教学语言是德语,个别课

程为英语或法语;大部分硕士课程为英语授课,部分为英、德双语教学,也有少数课程以德语授课。

该校从建校初期便十分重视国际化的教师队伍和学生队伍建设,很多教学工作都由国际知名学者承担[19]。从该校毕业或者在该校任教的 21 位诺贝尔奖得主中外籍科学家接近半数,其中包括 6 位德国科学家、3 位美国科学家、1 位克罗地亚科学家,该校毕业生阿尔伯特·爱因斯坦为瑞士和美国双重国籍。

2010 年,该校第一所可持续发展暑期学校成立,有 160 多名学生报名参加,参与者来自 34 个国家的 42 所大学和 44 个学科领域,使学生们可以感受不同的文化,来自学术界、企业界、政府和非政府组织共 47 个机构的知名专家在暑期学校做学术报告,分享了他们的专业知识[20]。

该校的优秀学生有机会在国内外的另一所大学学习 1 ~2 个学期,该校也欢迎国内外的高质量学生前来交流,开展国际合作研究,并从这些外部的经验和想法中受益,积极开拓该校师生的国际视野,了解相关专业领域的发展前沿,不断提升自身研究水平。由于 ETH Zurich 显赫的声望、高水平的办学质量、对教育实践的重视,其国际吸引力不断提升,并形成了密集的国际合作网络。为深化学校的国际化建设,ETH Zurich 也在不断促进学生来源构成的国际化[6]。国际化和跨学科性已经成为该校教学和研究的标志。

3.2 紧密的产学研合作

第一次世界大战之后,ETH Zurich 和企业界加强了合作,因而能够更接近并了解企业的核心利益,更好地将企业的科研需求与学校丰富的人力资源相结合。随着 1993 年苏黎世科技园的正式建成[21],ETH Zurich 因其开拓性的基础科学研究、充满活力的工作环境、开放的信息政策、高效的产学研合作模式闻名遐迩,不仅成为新思想和新服务的孵化器,还是培养下一代科研人员和技术开发领导者的训练场[22]。

由 ETH Zurich、洛桑联邦理工学院(Swiss Federal Institute of Technology in Lausa)两所联邦理工学院,以及瑞士保罗谢勒研究所(Paul Scherrer Institute)、瑞士联邦森林、雪和景观研究所(Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research)、瑞士联邦材料科学与技术实验室(Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)、瑞士联邦水质科学技术研究所(Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology)四所科研机构组成的“瑞士联邦理工学院及研究所联合体”(ETH Domain)是瑞士教育和科研深度融合的典范。该联合体主要通过支持学生进行探究性学习、鼓励教学创新、提供研究机会的方式培养创新型人才,为学生提供有国际水平、高质量、以研究为基础的教育,使学生既能接受文化教育,又具备科学研究的能力,瑞士教育界与科技界的这种合作模式对培养高素质的创新型人才发挥了重要作用。

ETH Zurich 的“外部论文项目”在产学研合作中的作用尤为突出。该项目不仅涉及多个学科领域,并面向全球寻求合作伙伴,对学生申请人的专业水平要求极高。该项目聚焦科技创新中的世界性难题和区域社会发展的紧迫性议题[7],采取该校导师与合作方的指导教师共同指导项目实施和项目论文写作的“双导师制”,采用校企联合培养人才、创办大学科技园、共建合作研究中心等多种形式,使该校研究生与各国的企业、高校、科研院所合作完成短期项目论文和学位论文,以提升创新型人才的培养质量,促进科研成果转移[6]。开阔的国际视野、灵活新颖的论文合作形式、严格

的质量监管、高精尖的科研成果使该校的“外部论文项目”在向社会传授知识的过程中,加强了学校与合作机构之间的科研资源共享和深度对话,同时也拓宽了该校研究生培养的途径和方式,使研究生通过实践获得锻炼、提升了科研能力。研究生科研成果的转移帮助该校在激烈的技术竞争中开辟了新的发展空间。

3.3 灵活的学术评价机制

学术评价作为学术活动中的一环,不仅直接关系到学术研究成果的质量鉴定,还影响着学术活动的研究秩序、学术资源的合理分配,以及学术领域的健康发展等[23]。灵活的学术评价机制能够为高质量的教学与科研提供良好保障,不以科研成果数量为导向的评价机制则有利于重大原创成果的产出。

ETH Zurich 的考核机制是标准的“宽进严出”,很多学生从入学到毕业只经历两次考试,但学习中途的淘汰率很高。该校着力于培养实践型人才,其独特的灵活性不仅体现在学位课程安排上,在学术评价机制上也有表现,学生的毕业考核主要参考其对学科知识的理解、技能、个人与社会能力三个方面。瑞士的大学对学生发表论文几乎没有数量要求,更看重论文的内容和在业界的影响力。只要研究课题有价值,一篇论文也能以优等生身份毕业[24]。该校的学术评价是为了验证学生的能力开发或获得程度,以学习目标为导向,考试和其他类型的学术评价形式相结合,对学生进行合理化的综合考察,考试的内容、形式也能够适当地调动学生的积极性,注重评价学生独立学习和独立思考的能力。

以第一位诺贝尔物理学奖获得者威廉·康拉德·伦琴为例,他就是被 ETH Zurich 破格录取的。伦琴曾由于个人原因未能参加中学毕业考试,没有中学毕业证书成为他进入大学学习的一道障碍。为了能进入大学深造,他从荷兰来到 ETH Zurich,通过面试后免去了相当于中学毕业证书考试的入学专门考试,直接于 1865 年进入该校学习机械工程。1868 年,伦琴又由于在该校就读期间成绩优异,破格提前获得了机械工程师的资格证书。可见,伦琴的早期成长历程正是得益于该校灵活的学术评价机制。

4 总结与启示

本文通过对 ETH Zurich 的创新文化土壤、教学基本保障、学术生态环境共三个方面进行剖析,揭示出该校保障高质量教学与科研的特色举措,并总结出该校创新型人才培养“三要素”模式示意图。如图 1 所示,该校以创新型人才为中心,稳定的经费支持、个性化的课程设置是人才培养的重要基础,师徒制学术流派的传承、批判性思维和创造性思维的培养可以比作“肥沃”的创新文化土壤,通过国际化的教学体系、紧密的产学研合作、灵活的学术评价机制营造了该校和谐的学术生态环境,以上三个方面共同构成了该校创新型人才培养模式的关键要素,为提升该校的科研国际竞争力、促进诺奖级重大原创性成果的产出发挥了十分重要的作用。

习近平总书记曾多次强调“发展是第一要务,人才是第一资源,创新是第一动力”。创新型人才的数量多寡和质量高低,是判断一个国家是否是创新型国家的重要指标。世界范围的综合国力竞争归根到底是人才特别是创新型人才的竞争。我国坚持走自主创新道路,开展创新教育,培养创新型人才。创新型人才的培养、汇聚和利用直接影响我国综合国力的提升。

在全球人才竞争日益激烈,美国政府对我国

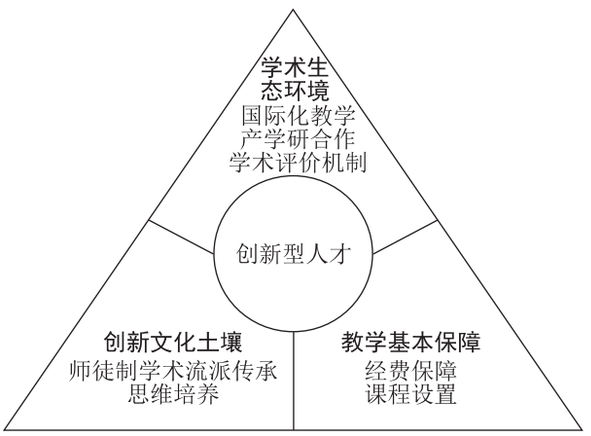

图 1 苏黎世联邦理工学院创新型人才培养“三要素”模式

科技遏制和竞争的力度不断加大进而影响其他西方科技强国与我国科技深度合作的大背景下,我国创新型人才的自主培养显得更为重要。高等院校作为创新型人才培养的重要基地,为实现建设创新型国家的目标承担着重要使命。高校教育者必须认清当前所面临的形势和任务,构建符合时代发展要求的高校创新型人才培养的体系,培养更多的高素质创新型人才。

ETH Zurich 在教学和基础研究领域很有建树,具有良好的科学传统,其特有的创新型人才培养“三要素”模式也使得该校众多学者在自然科学领域造诣非凡并多次斩获诺贝尔奖。基于上文对该校创新型人才培养模式和经验的分析,并结合我国的具体国情,建议我国的创新型人才培养重点着眼于以下三方面的工作。

1)**保障创新型人才的稳定性经费支持**。瑞士持续多年对基础研究的高强度经费投入在促进其科研创新方面发挥了重要作用,相比之下,我国的基础研究投入强度多年来持续偏低。长期稳定增长的教育与科研经费是 ETH Zurich 保持其研究和创新优势的重要原因,我国高校的发展同样也离不开充足的经费投入,除提升自身水平以竞争到更多的中央财政支持外,高校也应积极提升自身影响力,与地方政府、企业合作赢得更多的外部资金支持。

2)**培养创新型人才的批判性思维和创造性思维**。“卡脖子”问题的背后是“卡脑子”问题,创新型人才培养的核心是思维能力的培养,新问题、新方案的提出需要批判性思维和创造性思维,学会思考、质疑、判断和创新是创新型人才应有的品质。我国于 2015 年首次将“大众创业,万众创新”写入政府工作报告,实现“双创”的目标要求创造性思维和批判性思维共同发力,在重视逻辑思维的同时不能忽视学生批判意识和怀疑精神的培养,引导学生进行探究式学习,推进创新教育,不断提升学生的创造力,对于提高我国创新型人才的整体质量、提升我国高校乃至国家的原创力水平,以及我国的创新型国家建设至关重要。

3)**优化创新型人才的学术评价机制**。我国高校可以借鉴苏黎世联邦理工学院灵活的学术评价机制,从重视科研成果的数量向重视成果的质量转变,不仅应用于学生的学位授予评价,还可用于教师的绩效评价、世界一流大学和一流学科的评价,以及科研项目评审、人才评价、机构评估、院士评选等科研活动中,以逐渐弱化单纯追求论文数量的功利思想,注重标志性成果的质量、贡献和影响,打造有利于创新型人才脱颖而出的竞争环境,促进重大原创成果的产出。

参考文献

[1]苏黎世联邦理工学院. 苏黎世联邦理工学院官网(英文版)[EB/OL]. [2019-10-27]. https://ethz. ch/en/the-ETH Zurich/portrait. html.

[2]英国泰晤士高等教育. 2019 年泰晤士报世界大学排名[DB/OL]. [2019-10-27]. http://ranking. promisingedu. com/world-times.

[3]Times Higher Education. Best Universities in the

World 2020 [DB/OL]. [2019-10-27]. https://www.timeshighereducation.com/student/best-universities/best-universities-world.
[4]上海软科. 2019 世界大学学术排名 [DB/OL]. [2019-10-27]. http://www.shanghairanking.com/ARWU2019.html.
[5]马陆亭. 瑞士高等教育的体系架构与特色分析[J]. 比较教育研究,2009(7):3-8.
[6]陈春梅,吴薇. 欧美顶尖理工学院教师发展组织探析——以美国麻省理工学院和瑞士苏黎世联邦理工学院为例[J]. 世界教育信息,2018(7):1-8.
[7]牛妙卓. 研究生教育国际化途径探析——以苏黎世联邦理工学院为例[J]. 科学咨询(科技·管理),2018(06):5-6.
[8]邱雯婕. 苏黎世联邦理工学院国际化战略分析[J]. 煤炭高等教育,2018,36(02):45-49.
[9]林冰,汪颖. 研究生创新能力和实践能力培养研究——以苏黎世联邦理工学院为例[J]. 科教文汇(中旬刊),2017(06):27-28.
[10]马健生,田京. 外部论文项目:苏黎世联邦理工学院研究生教育的特色[J]. 学位与研究生教育,2015(08):67-72.
[11]杨庆余,周荣生. 威廉·康拉德·伦琴——卓尔不凡的实验物理学大师[J]. 自然辩证法通讯,2001,23(6):68-79.
[12]宋焕斌. 世界著名大学系列介绍之二十二 瑞士联邦理工学院[J]. 昆明理工大学学报(社会科学版),2007,7(2):108.
[13]钱颖一. 批判性思维与创造性思维教育:理念与实践[J]. 清华大学教育研究,2018,39(04):1-16.
[14]Lawstudies. ETH Zurich Institute of Science, Technology and Policy [EB/OL]. [2020-02-14]. https://www.lawstudies.cn/Da-Xue/Rui-Shi/ETH-Zurich-Institute-of-Science-Technology-and-Policy/.
[15]Ray 学习在世界. 瑞士不单单只有瑞士军刀[EB/OL]. (2018-12-15) [2019-10-27]. https://baijiahao.baidu.com/s?id=1619886746718309547&wfr=spider&for=pc.
[16]周谊. 瑞士教育概况[J]. 比较教育研究,2000(S1):292-295.
[17]京领新国际. 欧洲大学漫谈-苏黎世联邦理工学院(新世纪篇) [EB/OL]. (2018-11-01) [2019-10-27]. https://baijiahao.baidu.com/s?id=1615902458334685127&wfr=spider&for=pc.
[18]ETH Zurich. Quality in Teaching at ETH Zurich [EB/OL]. (2016-10-04) [2019-10-27]. https://ethz.ch/en/the-ETH Zurich/education/policy.html.
[19]ETH Zurich. Teaching policy at ETH Zurich [EB/OL]. (2016-10-04) [2019-10-27]. https://ethz.ch/en/the-ETH Zurich/education/policy.html.
[20]LIPPUNER C, PEARCEB J, BRATRICH C, et al. The ETH Sustainability Summer School Programme: an incubator to support change agents for sustainability[J]. Current opinion in environmental sustainability, 2015(16):37-43.
[21]SENARCLENS M. TECHNOPARK ® Zürich—The First Decade: A Success Story[J]. Chimia, 2003,57(6):311-314.
[22]Krull W. Review: Past-Present-Future: The ETH Zurich[J]. Minerva, 2008,46(2):271-274.
[23]左媛媛. 我国大学学术评价制度的流弊与改良[D]. 济南:山东师范大学,2014.
[24]张广林. 瑞士凭啥出了 25 位诺奖得主? 背后的教育耐人寻味 [EB/OL]. (2017-10-18) [2019-10-27]. https://www.sohu.com/a/198705136_100908.

作者贡献说明

任娇菡:调研资料收集整理、数据分析、论文起草;
任　真:设计研究方案、提出研究思路、修订最终版本;
徐　进:参与讨论并提出修改意见。