基于提升化工类专业学生工程素养和创新能力实践创新平台建设探索与实践

姜国平　刘 海　刘天霞　靳 菲　张正国
北方民族大学化工学院　宁夏银川　750021

摘　要：针对国内高等学校工科类专业强化工程教育质量的需求，筹建“企业式”化工类专业学生工程实训教学基地，开设有针对性的化工工程实训项目，并在工程实训教学中不断优化和改进教学模式，不仅在培养学生工程素养和实践技能上发挥优势，而且对于年轻教师的工程实践能力的培养也提供了很好的硬件条件，有助于提升年轻教师专业理论与工程实际相结合的能力。此外，工程实训教学基地也是作为专业教师科研成果向工程实际转化的中间纽带，有助于科研成果更好地服务社会。

关键词：工程素养；工程实训；创新平台；工程实践

1 工程素养和创新能力培养研究背景和研究内容。

1.1 大学生工程素养和创新能力培养面临的关键问题

化工类专业是以专业实践和工程应用为基础的学科，学生的工程素养和创新能力是学生今后就业和后续升学非常重要的内在潜质。学校自建的专业实验室和工程实训基地建设水平和教学质量显得尤为重要，它是培养工科学生工程素养和创新能力的有效保障。一些高校通过校企合作虽然可以解决学生工程实践基地缺乏的困境，但是现实是残酷的，绝大多数企业对学生实践、实训工作持反对态度，他们企业从自身安全管理为前提出发，主要顾虑因学生实践经验不足而发生生产安全事故和突发生产、设备故障，导致直接影响正常生产运行。化工类专业学生到企业实习基本以沿厂区道路走动参观为主，学生动手操作和现场参与生产运行的机会根本得不到实现。由此可见，化工类学生提升工程素养和创新实践能力面临着严峻的挑战和阻力，直接影响到大学生工程素养和创新能力培养的方案实施，最终导致工科毕业生难以适应企业对工程实践和创新能力不断提高的需求[1]。

1.2 工程素养和创新能力实践创新平台拟解决的主要问题

（1）以现有工程实训基地的硬件条件为基准，努力挖掘实训中心装置服务实践教学的潜力，改进实践教学模式，提升实训装置利用率。

实训中心经过近六年的运行和实践，在培养创新型化工类工程技术人才方面发挥了重要的作用，取得了良好的教学效果，但是也存在一些问题，现有装置的利用率需要提升，使工程实训中心装置为未来科技创新人才培养发挥重要作用。

（2）紧跟化工行业发展步伐，不断优化和改进现有实训项目，使实践教学内容与工程实际相结合。高等工程教育的主要任务之一就是为企业培养应用型工程技术人才，工程教育的核心内容是狠抓学生工程实践能力和创新能力的培养，以校办工程实训基地为基础，引进企业工程师作为实践指导教师，在工程教育方面强化与企业的精诚合作，不断提升校内工程实训基地实践教学的综合性和适用性，积极推动工程实践教学团队的组织管理和团队建设工作，除了完成实践教学工作以外，通过学科竞赛和大学生课外创新活动来促进学生良好工程素质的养成和综合创新能力的培养，为社会和企业输送具备工程实践能力和创新能力的高素质工程技术后备人才。

（3）努力推进实训中心师资队伍建设，强化实践教学管理水平。完善工程实训类课程体系，更新实训教学内容，优化自编实训教材建设质量，改进工程实训教学方法，为各专业建设提供有效保障化工学院工程实训中心以大学生创新精神和实践能力培养为核心，推进实训中心师资队伍

建设工作持续发展。

1.3 高等工科教育改革发展的重要性和必要性

工程教育是高等工科院校必须遵守的教育理念，培养工科学生的工程素养和创新实践能力势在必行，国内高校都在积极申报和实施工程专业认证，积极与国际工科教育接轨。高等工程教育作为工程科技人员培养的主渠道之一，其核心理念就是大力强化学生工程实践能力和创新能力的培养，加强专业实验环节和工程实训实践教学环节的综合性和创造性，促进学生塑造的良好工程素质和培养学生综合创新能力，以满足企业对工程实践和创新型应用型工程技术人才的需求 [2]。

2 “校办工程实训基地”综合性工程实践教学平台的建设

2.1 建设“校办工程实训基地”综合性工程实践平台对培养创新型化工类工程技术人才的作用

北方民族大学是一所属于国家民委和宁夏回族自治区省部共建综合性大学，化工学院作为发展较快的工科学院，对学生的工程素养和实践教学非常重视。由于化工专业的特殊性，学生工程实践在石化企业实现面临很大的阻力和挑战，企业从自身利益考虑拒绝学生现场实习也是符合客观现实的理由。基于这些客观现实问题，为了完成化工类专业学生的教学计划和培养目标，在国家民委和学校的大力扶持下，化工学院工程实训中心筹建工作进展顺利，工程项目于 2013 年申报，2014 年开始建设，2016 年年底投入正常的实践教学使用。

自工程实训中心创建投入实践教学运行以来，化工学院的实践教学队伍不断壮大，实践教学团队建设水平和质量越来越得到提升。我们先后设置了多项工程实训课程和实践教学平台，自编工程实训指导书并出版发行《化工实训》教材，于 2018 年 9 月由化工出版社出版发行，教材作为化工类专业学生参加工程实践教学的参考资料，大大促进了实践教学的系统性和规范性。经过近七年的建设、运行和实践研究，工程实训教学团队不断改进不足和缺点，在《化工实训》第一版的基础上，又增加了新的实训项目和内容，并完成《化工实训》第二版的编写和出版工作，第二版教材进展顺利，预计 2024 年下半年正式公开出版发行。工程实训基地的投入使用，在培养创新型化工类工程技术人才方面发挥了重要的作用，使学生的工程素养和工程应用能力奠定了坚实的基础。

2.2 工程实训基地对培养学生工程素养和创新能力的实施成果

化工学院工程实训中心从建设初期就做了大量的调研和考察工作，一切从“安全、适用、经济”的原则，我们的实训项目按照从简单到复杂、从设备拆装到生产操作、从虚拟仿真到真实操作，都设计了系统的实践教学体系，各体系相互独立又相辅相成，构成了整个工程实训教学培养体系。我们从最简单的阀门拆装、化工管路拆装、离心泵拆装、典型化工设备拆装等机械设备类的实训开始，让学生掌握化工设备、化工管路的工作原理和安全操作维护要求，明确设备、管路与化工工艺过程的密切关系。然后进行煤制甲醇仿真流程实训，煤制甲醇属于典型的煤化工生产线，实训中心煤制甲醇仿真实训装置的工艺流程和控制方案完全参照宁煤集团煤化工生产工艺技术现场缩小制作，整体设备安装和管路配置完全参照工业设计生产施工，学生实训过程有“亲临工厂”的感觉。经过几个周期的实践教学摸索，我们形成了一套比较适用的工程实践教学模式，在培养学生工程能力和创新实践能力方面发挥出应有的价值。在化工仿真实训的基础上，我们还筹建了四套实物投料的实训装置以及为制药工程专业特别设置的“固体制剂实训室”。这些实训装置实现设备真实运行；实现学生真实投料；实现产品真实出料等操作环节，对提升学生的自主操作能力和解决工程问题的能力得到质的飞跃，也有利于专业理论与工程实践的有机融合。

随着工程实训基地化工工程实训教学质量的不断完善和提升，我们在现代化工工程实训教学团队的不断努力下，各方面工作都取得了进步，也取得了丰硕的成果 [3]。

实践教学成果具体表现在以下几个方面：

（1）建成了一套综合性、多功能的化工工程实训装置，开发并实施了一系列化工类专业综合工程实训教学课程，并在实践教学中不断完善和创新。

我们以化工学院工程实训中心为实践教学的主要阵地，先后开发筹建了多套工程实训装置，主要包括煤制甲醇生产流程仿真实训，这套装置完全按照宁夏煤业集团煤制甲醇工艺流程为基础设计而成，分煤气化、净化、脱硫、合成和精馏五个工段，整个生产工艺过程可以进行全流程仿真操作，也可以单独针对某个工段进行独立操作运行，对

学生现场操作实训适应性强，学生易于掌握操作规程，整个操作过程完全模拟企业生产操作过程，对提升学生工程操作能力和工程素养具有重要的实践意义。除此之外，我们还筹建了四套实物投料操作装置，主要包括乙酸乙酯合成装置、胶水制备实训装置、二氧化碳吸收与解析实训装置、碳酸钙制备实训装置，该装置已经作为学生毕业实习校内实训部分需要完成的考核项目，在实践运行中发挥着重要的作用。我们还筹建了化工设备、机械拆装实训模块，包括多项与化工设备、管路、阀门相关的拆装实训项目。还有过程控制实训、制药工程实训等实践性课程，为培养本科生工程能力和实践创新能力提供了保证。

（2）构建了化工类专业学生提升“工程技能、工程素养和创新能力”实践教学培养目标，使学生在工程实践中不断成长。

我们在实践教学培养体系中非常重视专业理论与工程实践的有机结合，整个工程实训课程设置遵循“先易后难、循序渐进”的原则，在实训课程的设置中我们先安排化工阀门、设备、机械、管路的拆装，然后再安排在机房进行仿真操作实训，紧接着安排煤制甲醇方针现场操作实训，最后安排实物投料生产操作实训，整个课程设置具有系统性和连贯性，确保学生在实训中能够更好地掌握生产工艺流程，熟悉生产操作规程和安全注意事项，在山西设备、管路的基础上完成生产过程的安全运行操作。

（3）奠定了专业理论与工程实践相结合、基础理论与工程应用相结合、工程能力培养与创新能力培养相结合的实践教学模式。

我们创新实训教学团队非常重视教师队伍的建设工作，我们的专职教师都是从企业招聘来的，这些教师不仅具备很扎实的专业理论基础，而且具备丰富的企业工作经验，能够在实训教学指导中发挥重要的作用。我们以这些老师的为主要框架，不断培训新教师加入实训教学团队，使实训教学队伍不断壮大。我们还经常组织实训指导教师参加国内相关的实践教学经验交流和培训，不断强化实训教学队伍的整体实践能力和教学水平。

（4）实施了“综合性、多功能”工程实训基地建设与实训装置运行与日常维护管理、实训装置功能开发与实训项目拓展的推广和服务。

实训教学管理质量与实训装置的安全、稳定、连续运行有着必然的联系。我们化工学院工程实训中心非常重视实训装置的使用率和日常维护保养。我们制定了一系列实训装置日常管理制度，主要包括实训装置日常巡检记录、实训装置维护、检修制度、实训装置润滑、密封管理制度、实训装置备品备件管理制度等，同时建立了相关考核制度并严格执行。这样才能保证实训设备的安全、稳定，在实训课程闲余时间我们集中对设备进行维护和修理，排除各种隐患，确保其在实训环节的正常运行。

（5）建立了基于企业式“化工类工程创新实践基地”的科研成果应用和推广，筹建化工类综合中试装置，比如我们自建的蒸馏中试装置等，实验结果中试与放大、过程优化与设计、工艺开发与完善的工作不断在提升[4]。

我们实训装置主要作为提升本科生工程能力的实践教学的主要平台，我们除了完成本科生的实践教学任务之外，我们还对研究生进行开放，作为化工类专业研究生接触工程实际、提升工程能力的主要途径。我们的实训装置很多是可以完成实物投料的生产中试装置，很多化工工程相关的横向科研放大实验可以在实训装置上进行，有利于提升实训装置的利用率和使用范围，从而进一步强化教学与科研的统一性，实现教学促进科研，科研提升教学的理念。

2.3 “综合性、多功能”工程实训教学基地主要建设内容

“综合性、多功能”化工类专业工程实训教学平台，根据实训项目划分为六大模块，各模块相互独立，但是每个模块之间又有关联，整个工程实训装置形成有机的实训体系，具体实训装置组成如下：

（1）化工设备、机械、化工管路拆装实训室；（2）煤制甲醇虚拟仿真全流程操作系统，（3）过程控制实训装置（虚拟控制实训）；（4）煤制甲醇离线仿真实训室；（5）固体制剂操作实训室；（6）实物投料联动生产操作装置。

3 “综合性、多功能”工程实训教学平台研究成果的应用和推广

基于“综合性、多功能”化工类工程实训教学平台的建设和运行实施，在本科教学和研究生培养方面都发挥了重要的作用。培养学生的工程素养和创新能力除了强化专业理论教学质量以外，还需要具备完善工程实践来支撑。化工学院工程实训中心承担着培养化工类专业工程实践能力的首要任务，工程实训中心的管理水平会直接影响到化工类人才培养的质量，为了挖掘工程实训中心的潜力，提

升其实践教学质量。我们立足于工程实训基地的硬件设施，不断推进教师科研与工程实训相结合，实训中心的化工合成中试装置就是教师横向科研中试放大实验最好的选择，使实训教学装置更好地为科研服务。

3.1 化工类专业学生的工程实践能力培养得到有效保障

现有的“综合性、多功能”化工类工程实训教学平台为研究生和本科实践教学使用，从根本上解除了化工专业学生难于在企业实习的困境，使学生真正参与真实的化工操作和设备运行维护，大大提升了学生实践教学质量。除此之外，化工学院历届新生的入学教育及课程实践都会来工程实训中心进行体验和参观，让这些化工专业学生从基础开始就认识到工程实践的分量，通过大学四年不同学期的实训项目的实施，学生会逐步提升工程实践能力和创新应用能力，在学生学科竞赛、大学生课外创新活动中发挥更多的优势 [5]。

3.2 化工学院工程实训基地建设水平的提升为兄弟院校承担了标杆作用

工程实训中心教学团队经过多年不断的努力实践与探索，在高等工科学校工程实训教学建设方面取得了一系列的教学成果，具体列举如下：我们借助于工程实训中心的建设成果，申请并获批了宁夏回族自治区教育厅本科一流基层教学组织建设教研项目；不段加强实训教师队伍建设工作，并申报了自治区教育厅教学团队建设项目 – 现代化工工程实训教学团队，有了教学团队做后盾，实践教学工作得以延续发展。为了拓展实训项目，教学团队自行研发制作的“甲醇蒸馏实训装置”获得校级重大教研项目，并最终获得自治区级教研项目，该实训装置在学生工程实训中得到应用，使教研项目与工程实训有机结合。化工工程实训基地实践教学及人才培养研究成果被评为 2022 年宁夏回族自治区教学成果一等奖，还有其它各种教学研究成果获奖。这种集学生工程实践能力和创新能力培养及科研成果转化等多功能为一体的“综合式、多功能”化工类工程实践教学新模式收到其它高校的高度赞赏和借鉴，我们先后接待了西北民族大学、西南民族大学、西安交通大学、宁夏大学等多所高校化工专业学生的实训、实习指导工作，受到这些合作高校的一致好评，为周边高校发挥了良好的示范作用。

3.3 通过“综合式、多功能”工程实训教学基地建设，在培养青年教师的工程能力方面成效显著

现代化工工程实训教学团队非常重视年轻教师的培养，我们以老、中、青结合的方式，采用“传、帮、带”的培养模式，不断提升年轻教师队伍的工程实践能力。现代化工工程实训团队主要成员有具备多年石化企业工作经历的老师为主，他们具有丰富的工程经验和企业管理能力，在学生工程实训教学中发挥重要的作用。年轻老师虽然学历高、理论知识深厚，但是作为工程实训指导教师来说就有很多不足，需要不断地深入工程实践第一线，踏踏实实参与工程实训项目培训和学习，在实践中提升个人的工程能力。除此之外，我们还在学生企业实习阶段专门安排年轻教师与老教师组合作为指导教师，通过企业实习机会不断锻炼年轻教师的实践能力，经过几年的实践证明，我们实施的“以老带新、老新结合”的培养年轻教师工程实践能力效果很明显，年轻教师的工程素养和实践能力得到不断提升和强化 [6]。

4 结论

“综合性、多功能”工程实训教学平台建设不仅为高校化工类专业学生培养工程素养和创新实践能力提供了保障，而且在工程实践教学运行过程中其功效更是非常显著，是其它教学方式无法替代的。我们在工程实训教学过程中，学生通过实训操作训练，不仅培养了学生的工程实践技能；也灌输了学生爱岗敬业的工程伦理道德；引导学生能够将专业理论与工程实践相互结合，不断提升用专业理论知识解决工程实践问题的能力，切实做好为国家培养合格的工程技术人才的目标，使我国真正实现加快工业现代化的步伐，我们高校积极发挥应有的作用。

参考文献：

[1] 姜国平；刘海；靳菲；靳治良 .《化工实训》[J]. 化学工业出版社，2018、7、30:121–145

[2] 周绿山；张巧玲；王芬；乔昌兵 . 仿真教学在化工实训中的教学策略与实践 [J]. 化学管理，2022、2、1:38–40

[3] 王珏 . 化工实训基地 HSE 管理体系优化提升的思考与实践 [J]. 山东化工，2022, 1、8:269–279

[4] 李洁 . 提高化工实训教学质量探讨 [J]. 化学工程与装备，2022、02、15:287–288

[5] 王一男；吴莉莉 . 产学研用型化工实训项目设计与

师资配置研究 [J]. 广东化工（下旬刊），2021、11、30:265–266

[6] 姜国平；刘天霞； 刘海 . 釜式反应器拆装实训项目方案设计 [J]. 化学工程与装备，2022、02、15:274–275

作者简介：

姜国平（1966—），男，北方民族大学化工学院 ，高级工程师 / 副教授，从事化学工程与工艺专业教学工作。

基金项目：

北方民族大学新工科研究与实践项目 – 基于提升化工类专业学生工程素养和创新能力实践创新平台建设探索与研究；2024–2025（主持：姜国平）。

自治区一流课程项目 – 化工设备拆装实训实践教学课程实训项目开发与实施，2023–2025（主持：姜国平）。

北方民族大学校级重大教育教学改革研究项目 –“实验室安全管理标准化体系建设的探索”（2020JY01）。

自治区一流基层教学组织建设项目，2020–2022（主持：姜国平）。