

精馏实训在化学工程与工艺专业培养中的应用途径探索

梁鼎成,解强,曹俊雅,张香兰

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院,北京 100083)

摘要:建设中试甚至接近实际生产规模的实训装置或基地,供即将步入大四且已掌握绝大部分专业知识的化学工程与工艺专业学生实操,已经成为生产实习的重要组成部分,使学生在进入工厂前就能了解实际生产过程,很好地填补了理论知识与现场操作之间的巨大鸿沟。但是,学校花费巨大人力、物力建设的实训装置应用途径仍较为单一,如何更好地发挥实训装置的作用还有待探索。以化学工程与工艺专业生产实习常用的精馏实训装置为例,探索将该装置从生产实习环节拓展到认识实习环节的可能性,并在此基础上为探索实训装置乃至实训基地的更多应用途径提供思路。

关键词:化学工程与工艺专业;精馏实训;生产实习;认识实习;应用途径

中图分类号:TQ028.4;G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2023)04-0074-05

在化学工程与工艺专业(以下简称“化工专业”)传统本科培养方案中,“化工原理”是本专业的“饭碗课”,其重要性毋庸置疑^[1-2]。精馏是化工原理中的一项重要内容,是全书的枢纽章节,同时,精馏也是工业上应用最广的均相体系分离的典型单元操作^[3]。由于精馏相关内容理论与实际联系紧密,将精馏部分单独拿出来让学生亲手操作的做法被越来越多的高校所采纳,精馏逐渐从化工原理试验中分离出来,演化为精馏实训^[4],即搭建类似中试规模的精馏塔供已经掌握绝大部分化工专业知识的即将步入大四的化工专业学生进行实操^[5-6]。

生产实习是化工专业的主要实践性课程^[7],是学生将理论知识同生产实践相结合的一个重要途径。通过生产实习,学生学习、了解现代大化工厂从原材料到成品的生产全过程以及生产组织管理等方面的知识,从而把所学知识与实际生产相联系,并通过现场学习将科学理论知识加以验证、深化、巩固和充实,为后续专业课、课程设计和毕

业设计打下坚实的基础^[8-9]。生产实习可以拓宽学生的知识面,增加学生的感性认识,使其对所学知识产生更为深刻的认知,此外,还可以激发学生向实践学习和探索的积极性,使其为今后的学习和将从事的技术工作打下坚实的基础。由此可见,精馏实训的意义与生产实习的目的完美嵌合,精馏实训也因此常被归于生产实习并作为其重要的组成部分。以本校化工专业本科培养方案为例,学生会在大三暑假前开展生产实习,即学生在学校通过精馏实训掌握中试规模的精馏塔操作后,到化工厂,如石化厂或煤化企业等现场进行实地学习。精馏实训作为桥梁很好地填补了理论知识与现场操作之间的巨大鸿沟,让学生在进入工厂前通过类似中试规模的精馏塔提前了解实际生产。

精馏实训有诸多好处,但真正建设实训基地的高校并不多,这是因为精馏实训是类似中试甚至实际规模的装置,其建设成本较高,而使用频率却很低,仅在每年生产实习期间的几周时间会被启用,更多时候却是处于无人问津的状态。众所

收稿日期:2022-06-08

基金项目:中国矿业大学(北京)本科教育教学改革与研究项目(J230311)

作者简介:梁鼎成(1989—),男,安徽淮南人,副教授,博士,主要从事煤化学及多孔材料的制备、改性及功能化应用研究。

周知,长期使用加上定期维护可以使设备长期处于稳定可用状态,但设备一旦长期不用且使用频率低,就会因维护不力而出现各种问题。授课教师每年于生产实习前调试精馏实训装置时就会遇到各类问题,特别是精馏装置运行的是乙醇和水的混合体系,而乙醇具有一定的腐蚀性,因此,设备长期不使用就会被腐蚀而导致阀门生锈损坏,需要生产厂家频繁更换各类配件,从而大大增加了该设备的使用成本。

因此,有必要探索精馏实训在化工专业学生培养中的更多应用途径,充分发挥精馏实训的作用,在物尽其用的同时提升学生的专业素养。

1 专业实习背景下的精馏实训

探索精馏实训潜在的应用场景和途径,需要详细了解精馏实训。研究以本校精馏实训装置为例介绍应用范围最广的筛板精馏塔,如图1所示。



图1 筛板精馏塔

该装置对乙醇和水混合均相物系进行分离,分离原理是乙醇和水挥发度的不同,其中乙醇为易挥发组分,水为难挥发组分。在实际操作过程中,精馏板上气液两相直接接触,使乙醇由液相向气相传递,而水由气相向液相传递,气液两相间发生质量传递。最终,塔顶得到乙醇含量较高的溶液,而塔底得到水含量较高的溶液。

精馏实训工艺流程如图2所示,塔顶馏出液为高纯度的乙醇产品,塔釜残液主要是水和少量乙醇组分。原料液行走路径为从原料罐 V105 通过进料泵 P104 进料预热器 E102 从第十四块板进入筛板精馏塔 T101,或者原料液通过塔顶冷凝器 E101 进料预热器 E102 从第十四块板进入筛板精馏塔 T101 的塔釜再沸器。冷却水一路经阀门 VA103 进入塔釜冷却器 E104,另一路则进入塔顶冷凝器 E101。塔釜内的原料液经加热沸腾产生的蒸汽经过塔顶冷凝器冷凝并冷却后流入回流罐 V101。全回流操作时,冷凝液由采出泵 P102 输送,回流至筛板精馏塔 T101 内。部分回流操作时,冷凝液一部分由回流泵 P101 输送回流至筛板精馏塔 T101 内,另一部分输送到塔顶出料罐 V103 中。塔釜中的液体,一部分经再沸器 E103 回精馏塔,继续维持上升蒸汽的产生,另一部分成为塔底采出产品。

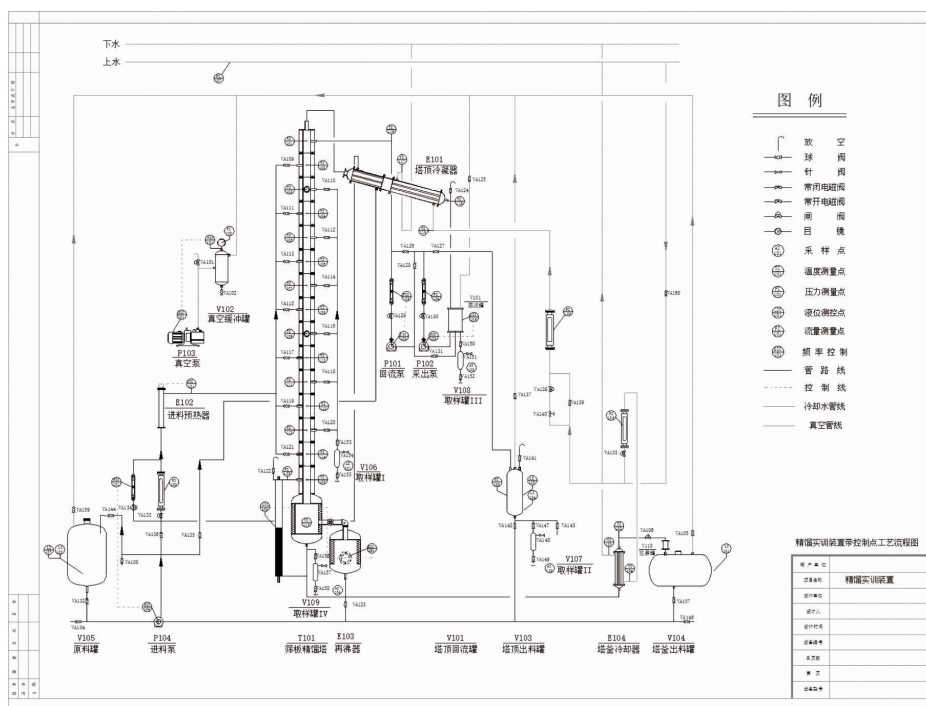


图2 带有控制点的精馏工艺流程

通过让学生实操该装置,训练学生以下技能:冷凝系统水量及回流温度调节技能、原料液浓度配置与进料流量调节技能、精馏装置开车操作技能、精馏装置正常操作技能、精馏装置连续生产操作技能、精馏装置停车操作技能、塔釜再沸器加热

量控制技能等等。同时,也借助该设备,让学生了解大型化工厂的现代化生产方式,即通过总控室计算机就可监测生产过程并利用计算机远程控制设备等,如图3所示。

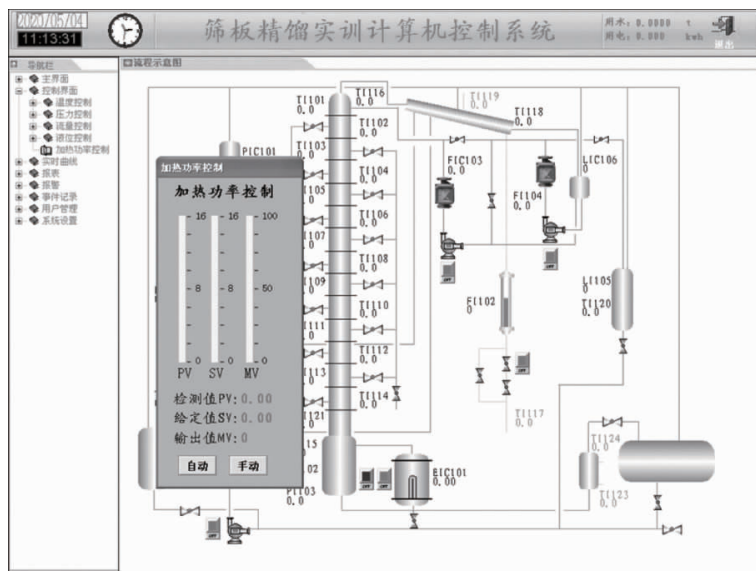


图3 精馏实训远程功率程序操作界面

开展精馏实训的最初目的有:一是了解精馏操作基本原理和基本工艺流程,了解精馏塔等主要设备的结构特点、工作原理以及性能参数,并了解与之相关的液位、流量、压力、温度等参数的测量原理;二是根据工艺要求进行精馏生产装置操作,并能熟练调控仪表参数,保证生产在工艺条件下的正常进行;三是分析判断故障种类及其产生的原因,并采取正确的处理方式;四是对精馏过程的性能进行准确测定。

综上所述,精馏实训装置是学生在学校里能够接触到的少数几样接近实际生产规模的大型装置,但目前该装置的应用场景和实训操作要求学生具有扎实的化工原理知识积累。较高的知识门槛大大局限了精馏实训装置的应用范围:只有对化工原理有着深刻理解的化工专业大三学生才能真正上手操作精馏塔。因此,想要拓展实训装置的应用途径,降低专业知识门槛至关重要。我们或可将其作为一种提高学生学习兴趣的媒介,引导学生主动了解实际生产背后承载的知识体系,并以学生即将进入专业课学习阶段为契机,挖掘精馏实训的另一种用途——了解和认识大型精馏装置。

2 认识实习中的精馏实训

化工专业是与实际生产联系紧密的专业,因此,去生产一线参观学习是化工人才培养的重中之重。近年来,开设化工专业的高校越来越多,培养的学生也在逐年增加,致使实习需求明显增大。然而,随着城市的发展,化工厂远离城市,大多地处偏僻,且厂区有很多不确定的危险因素,如易燃易爆原料、高温高压设备、有毒有害废料等,此外,能够容纳上百人参观学习的化工厂也少之又少。由此,大规模组织学生去化工厂实习变得越来越困难,“供需”严重失衡。鉴于此,大量虚拟仿真软件被推出,宣称能让学生足不出户,在电脑上就可以身临其境地感受现场生产过程^[10]。但就实际使用情况来看,这些仿真软件还有较大的优化提升空间,短期内能够达到现场教学效果的还很少。校园内最接近实际生产规模的精馏实训装置就成了学生感受工业生产的可行途径,因而有必要加强对精馏实训更多功能的开发。

在大多数工科院校,实习通常分多个层次开展。最早开设的是认识实习^[11],即学生在即将学习专业知识时,去生产现场近距离感受化工生产。不同于生产实习,认识实习中学生更多地倾向于

“看热闹”,加之受上述实习资源愈发紧张现状的影响,认识实习往往要让道于生产实习,这就导致去现场参观变得越来越难。相较于生产实习,如何安排好认识实习显得更为重要。同时,这也为精馏实训应用途径的拓展打开了思路。以我校化工专业为例,认识实习安排在大二阶段,此时学生已经学完《化工原理(上册)》,但还未学习《化工原理(下册)》的内容。按照以往培养方式,在认识实习中,教师会带领学生去生产一线参观实际生产过程。但是,以往经验表明,带领大规模学生外出实习存在隐患。更重要的是,认识实习和生产实习的时间重叠,均为第四学期末,这也是广大高校化工类专业集中实习的时间,导致实习资源更加紧张,很多时候只能改为在校内开展认识实习。想要在不降低标准的前提下在校内完成认识实习,接近工业生产规模的精馏实训装置便成了学生认识现场的最好工具。但是,需要注意精馏实训与生产实习内容的区别。

认识实习旨在通过化工厂和化工类研究所的参观实习,使化工专业学生在学习专业课程之前,对本专业教学计划中要求学习的有关专业课程所涉及的化工单元操作、化工工艺(反应单元)、化工设备等形成一定的感性认识,初步了解专业范围、生产领域,并开阔学生眼界,为其后续专业课程的学习打下坚实基础。教研室经过深入讨论认为,在学生尚未学习精馏原理前,可以以酿酒技术为破题点,引发学生兴趣,由此拓展到高纯乙醇的制备。简而言之,先带领学生回顾酒的酿造过程,讨论古人采用蒸馏的提纯方式酿酒,进而延伸到多次蒸馏提浓酒精,也就是二锅头的生产模式,并让学生思考是否有办法使上述间歇式生产变成连续化生产。作此铺垫后,教师带领学生参观精馏实训装置,让学生观察筛板精馏塔的同时思考一个问题——什么是筛板,并引导学生通过精馏塔上的观察孔观察塔内的筛板。在学生观察到筛板是一个带有孔洞的板后,如图4所示,教师给学生解释,筛板是精馏塔中发生气液接触的地方,液相(乙醇和水的混合液体)在筛板上流动,气相(乙醇和水的混合气体)从筛板的孔洞中穿过,气液两相通过接触发生了传热和传质,随着气相温度的降低,气相中的水冷凝到液相中,而随着液相温度的升高,液相中的乙醇挥发到气相中,由此,实现了均相体系的分离过程,如图5所示。最后,

由教师操作精馏塔,让学生利用酒精计测定原料和精馏得到的产品中乙醇浓度的变化。通过布局这样的认识实习,让学生了解实际生产过程,明白精馏原理,从而达到认识实习的目的,更为后续化工原理中蒸馏部分的学习打下坚实的基础。同时,这也为精馏实训拓展了新的应用场景。此外,要理解认识实习中的精馏内容,并不需要太多专业知识的支撑,精馏实训同样适用于相近外专业如机械电子工程、电气工程、自动化等的实习,由此最大限度地发挥了该装置的作用。

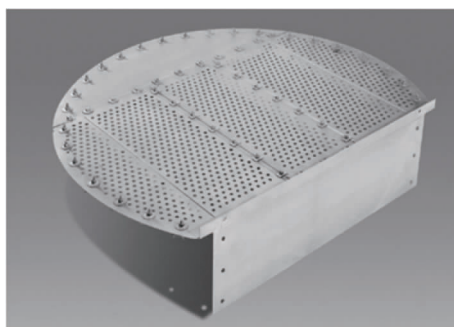


图4 筛板精馏塔的筛板塔盘

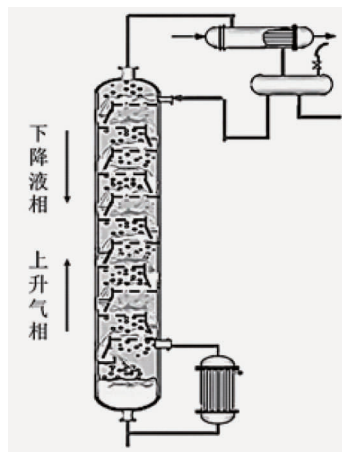


图5 筛板精馏塔的运行过程

新冠肺炎疫情期间,受多方面因素的制约,我校学生很难进入化工生产一线参观学习,因此,认识实习均在校内完成,实习方式为线上仿真模拟和线下精馏实训装置参观学习相结合。通过对20级、21级和22级学生进行问卷调查发现,这种实习方式得到了学生的广泛认可,其唯一不足之处为仅建设有精馏实训装置而无其他实训装置或基地。如果能有更多的实训工段装置,“认识”的效果会更好。基于此,和附近高校进行合作共建,

建设较为完整的实习基地,以解决化工厂地处偏远、厂区隐患大、实习资源紧张等问题。

3 结语

受众多因素影响,学生进入化工生产一线参观学习的传统模式越来越难实现。学校除了教授学生理论知识,还需要探索更多方式提升学生的工程素养。除了引入高质量的模拟仿真软件,实训基地的开发与建设同样至关重要。特别是已经耗资不菲购置有实训装置的专业,更需思考如何利用好这些在校内就能够接触到的、最接近实际生产规模的设备,并拓展这些设备的应用场景,挖掘其在学科之间的交叉作用。本文以化工专业生产实习常用的精馏实训装置为例,通过实例探索了把该装置拓展到认识实习环节的可能性,以此抛砖引玉,为研究实训装置乃至实训基地建设的可能应用途径提供一点思路。

参考文献:

- [1] 张军伟,涂国云. 校企融合引领下轻工特色的化工原理教学探索[J]. 化工高等教育,2021(4):60-64.
- [2] 曾嵘,任玉,杨世芳,等. 基于工程认证的化工原理教学改革与实践[J]. 大学化学,2021(1):54-59.
- [3] 许良华,刘勇,宋飞飞,等. 启发式教学方法在化工原理的精馏教学中应用的探讨[J]. 广东化工,2020(21):176-177,171.
- [4] 黄银珠. 化工工艺理实一体化课程改革教学应用初探——以精馏单元装置开停车任务教学为例[J]. 教育观察,2021(22):120-122.
- [5] 崔琳,丁立. 中试实验装置在化工实验教学中的综合应用[J]. 实验技术与管理,2015(2):82-85,88.
- [6] 周爱东,杨红晓. 中试实验室建设的思考[J]. 实验技术与管理,2009(10):144-146.
- [7] 李超,白金峰,刘洋,等. 高校化学工程与技术(煤化工方向)生产实习中安全教育与管理的分析[J]. 化工高等教育,2019(5):10-13,40.
- [8] 王玉高,申峻,邱丽,等. 任务驱动教学法在化工生产实习中的应用——以太原理工大学化工卓越工程师班为例[J]. 教育理论与实践,2020(30):59-61.
- [9] 莫文龙,艾沙·努拉洪,黄雪莉,等. 关于化工类学生生产实习(工程实践)的几点思考——以合成氨厂为例[J]. 化工高等教育,2018(5):78-81.
- [10] 王玲玲,富立,王秋生. 虚拟仿真实验教学管理系统设计与应用[J]. 实验技术与管理,2021(9):241-245.
- [11] 公续来,甄龙菲,李红海. 化工专业认识实习的现状分析与改进建议[J]. 山东化工,2021(5):212-213.

Exploration on the Application of Distillation Practical Training in the Cultivation of Chemical Engineering and Technology

LIANG Dingcheng, XIE Qiang, CAO Junya, ZHANG Xianglan

(School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: The construction of pilot or even near-production-scale plants or bases for chemical engineering and technology students who have acquired the majority of professional knowledge and are about to enter their senior year to conduct practical operations has become an important part of the production training. It allows students to understand the actual production process before entering the factory, effectively bridging the huge gap between theoretical knowledge and on-site operations. However, for the training device built with great energy and money, its application way is relatively single, and how to give full play to the more value of the training device remains to be explored. Taking the distillation practical training device commonly used in the production practice of chemical industry as an example, this paper explores the possibility of expanding the device from the production practice to the understanding practice through an example, and offers some ideas for exploring more application ways of the training device and even the training base.

Key words: chemical engineering and technology; distillation practical training; production practice; understanding practice; application approach

(责任校对 朱正余)