



普通高等教育“十三五”规划教材
石油化工产业链实物仿真实践系列教材

油气集输 实物仿真实践指南

吴玉国 王卫强 刘德俊 周立峰 徐大鹏 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

石油化工产业链实物仿真实践系列教材

油气集输实物仿真实践指南

吴玉国 王卫强 刘德俊 周立峰 徐大鹏 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是针对高等院校油气储运工程专业生产实习中面临的实际问题,为在所开发与建立的油气集输实物仿真实践平台上完成实习实践教学任务而编写的教材。为突出工程教育特色,本书将虚拟仿真与真实装置有机结合,提供与生产现场一致的训练环境,以工厂化对象为背景、油气集输过程为依托、数字化高度仿真为核心、职业化规范操作为标准,以期提升学生工程能力和实践教学水平,为探索高等院校油气储运工程及相关专业的实习实践新模式提供借鉴和参考。

本书主要介绍油气集输、油库等的实训流程、内容包括:油气计量、油气分离、净化和稳定、油气外输以及油品接收、储存、发放等仿真实训项目,同时对油气集输仿真实训平台引入的DCS控制系统也进行了详尽的应用指导说明。

本书可作为高等院校油气储运工程及相关专业师生的教学用书,也可供油气储运工程行业的技术人员培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

油气集输实物仿真实践指南/吴玉国等主编.
—北京:中国石化出版社,2016.11
ISBN 978-7-5114-4359-5

I. ①油… II. ①吴… III. ①油气集输-高等学校-
教材 IV. ①TE86

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第281154号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号

邮编:100020 电话:(010)59964500

发行部电话:(010)59964526

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本9.75印张2插页168千字

2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷

定价:28.00元

《石油化工产业链实物仿真实践系列教材》

编委会

顾问：徐承恩 胡永康

主任：孙小平

副主任：张志东 李天书 钱新华

主审：石振东 吴明

编委：（按姓氏笔画排序）

马贵阳 王卫强 王海彦 尤成宏 尹成江

卢正雄 冯锡炜 刘升 刘跃文 孙文志

李会鹏 李国友 赵丽洲 赵宝红 贾蔚

徐茂庆 郭文奇 郭野愚 黄玮 曹江涛

序

实践教学是高等教育教学体系的重要组成部分，是培养学生实践能力、创新创业精神的有效途径；是进一步巩固学生对所学专业知识、掌握专业技能、基本操作程序的必要环节；是培养学生理论联系实际、综合运用所学知识解决实际问题能力的重要手段。在高等教育由精英教育向大众化教育转变的大背景下，只有不断加强实践教学，才能推动创新教育，培养创新人才，确保高等教育教学人才培养质量。

随着我国石油化工产业的快速发展，对石油化工行业人才的培养规格提出了更高的要求，毕业生不但要具有扎实的理论知识，更要具有较强的动手能力和实际操作经验，能够提前熟悉石油化工行业各岗位的工作职责。辽宁石油化工大学于2012年10月，在校企共建大学生实践教育基地研讨会上，提出了“基于石油化工全产业链的实物仿真工程实践平台”建设思路，并组织相关教学单位进行广泛调研，同时聘请石油化工企业专家，详细论证其可行性，共同拟定建设方案。选择了以油气钻采、油气集输、石油加工、石油化工、精细化工等典型生产工艺过程为基础，构建了以工程集群化技术为特征，具有系统化、模块化、工程化特色的实践教育基地。基地的每个平台既相对独立，又自成体系，并且平台间相互衔接，保证充分体现石油化工产业链的全貌。

实践教育基地以石油化工主干专业链为依托，以多学科交叉、多专业共享、多功能集成、多手段教学为特征，完整实现了石油化工产业链一体化的教学过程。解决不同专业学生实习需求。建设过程中充分体现了“虚实结合、能实不虚”的建设理念，主要静设备可展示内部结构，动设备可进行拆卸组装。实现生产过程的稳态运行、开停工、方案优化、故障处理等功能。实现了“专业链与产业链、课程内容与职业标准、教学过程与生产过程全面对接”。确保实践教育基地在学生培养中发挥其独特的作用，使实践教学逐步由实验向实训转变，虚拟向现实转变，设计向制作转变，传统向创新转变，为高等教育应用型转型提供必要支撑。

为了使学生实训和企业员工培训能够更好地了解实践教育基地各平台的功能、训练过程及具体要求，我们组织编写了《石油化工产业链实物仿真实践系列

教材》，包括：《油气钻采实物仿真实践指南》《油气集输实物仿真实践指南》《石油加工实物仿真实践指南》《石油化工实物仿真实践指南》《精细化工实物仿真实践指南》《化工产品智能物流实物仿真实践指南》《化工安全实物仿真实践指南》《石油化工产业链实物仿真实践指南》。

在编写教材过程中，校企双方共同参与讨论实习项目和内容的设定，知识点、专业术语表述等。同时，为了全面介绍石油化工产业链发展的新技术、新工艺，我们成立了系列教材编委会，由编委会指导各教材编写组的工作，全面把握教材的知识面和深度。

系列教材的特点：

1. 针对性强，注重学以致用。每部教材都是以平台为依托，内容具体，主线清晰。主要介绍平台的设备或装置的内部结构、功能及原理、工艺流程及操作过程。

2. 突出石油化工安全理念。石油化工行业属于高危行业，化工安全尤为重要，在教材中注重强化了学生的安全意识培养，单独把石油化工安全知识编入教材中。

3. 按课程内容与职业标准对接组织教材结构。实践教学与理论教学在内容组织上有很大区别，编写过程中注重教材内容与职业标准的对接，以职业标准为依托，专业知识够用为度，突出技能训练。

4. 强化应用能力培养。在实践能力训练上，我们参考了石油化工行业的职业标准和行业操作规范，力求以石油化工企业现场的实际操作过程组织教学。

5. 本系列教材即可作为专业学生和非本专业学生实习实训教材，也可作为企业员工培训教材。

在本系列教材的编写过程中，得到了中国石化出版社的大力支持，在此表示感谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

丛书编委会

前 言

本书是《石油化工产业链实物仿真实践系列教材》中的《油气集输实物仿真实践指南》分册。

生产实习是石油类专业实践教学中不可或缺的重要环节。为丰富多元化生产实习模式和针对石油企业在接受生产实习中存在着的实际困难，以培养学生工程实践能力、动手能力和创新意识为目标，基于校企合作理念，辽宁石油化工大学与秦皇岛博赫科技开发有限公司合作开发和建设了油气集输实物仿真实践平台。

油气集输仿真实践平台由实物仿真装置和油气集输虚拟仿真系统两大部分组成，包括油气集输和油气库两套仿真实训装置。其具有工厂化对象背景、现场化真实操作、数字化高度仿真、安全性理念体现等特点。油气集输仿真实训装置部分流程走替代介质，油气库仿真实训装置全流程走替代介质；不走介质的主要静设备可展示内部结构，动设备可进行拆卸组装；配备现场仪表，在线传感器和工业级 DCS 控制系统，能够实现控制室操作人员与现场装置操作人员的团队配合及协调行动。

为更好地利用和使用油气集输实物仿真实践平台，在校内讲义的基础上，编写了本实践指南。书中详细介绍了实物仿真平台的功能和特点、安全生产与环境保护、油气集输流程、油气集输和油库主要设备原理和使用说明、油库系统操作规程、虚拟仿真系统及操作、事故处理预案等相关知识。通过完整的油气集输安全生产、工艺流程、设备及仪表、DCS 仿真操作、事故处理等过程的实践教学环节，培养学生的工程能力、创新意识以及分析和解决复杂工程问题的能力。

本书适用于油气储运工程、石油工程、过程装备与控制工程、自动化等石油、化工类相关专业的实习实践，也可供油气储运等行业技术人员培训使用。

全书由辽宁石油化工大学的吴玉国、王卫强、刘德俊，辽河工程有限公司的周立峰，中国寰球工程公司辽宁分公司的徐大鹏共同编写。本书共分为十三章，其中各章分工为：吴玉国编写第三、第十二、第十三章，王卫强编写第一、第二、第六、第十一章，刘德俊编写第八、第九章、周立峰编写第四、第五章，

徐大鹏编写第七、第十章。

全书由吴玉国修改定稿。本书在编写过程中得到了辽宁石油化工大学教务处、工程训练中心和石油天然气工程学院的老师 and 行业企业专家的帮助，特别是得到秦皇岛博赫科技发展有限公司李国友博士的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者能力水平有限，书中的疏漏和错误在所难免，敬请批评指正。

编 者

目 录

第一部分 油气集输

第一章 油气集输系统概况	(3)
第一节 油气集输系统的重要性	(3)
第二节 半实物仿真工厂的意义	(3)
第三节 装置介绍	(4)
第二章 油气集输流程	(6)
第一节 单井集气实训操作站	(6)
第二节 天然气集输实训操作站	(6)
第三节 醇胺脱酸气实训操作站	(7)
第四节 三甘醇脱水实训操作站	(8)
第五节 凝液回收系统实训操作站	(9)
第六节 天然气处理实训操作站	(10)
第七节 原油计量实训操作站	(13)
第八节 油品转输实训操作站	(13)
第九节 原油脱水实训操作站	(14)
第十节 储存稳定实训操作站	(14)
第三章 油气集输主要设备原理及使用说明	(15)
第一节 水套加热炉	(15)
第二节 原油稳定塔	(17)
第三节 清管器收发球筒	(19)
第四节 三相分离器	(20)
第四章 事故处理预案	(23)
第五章 安全生产与环境保护	(24)
第一节 安全检修	(24)
第二节 电气安全	(26)
第三节 雷电、静电防护	(28)

第四节	压力容器	(29)
第五节	安全生产禁令	(30)

第二部分 油库仿真实训装置

第六章	油库系统概况	(35)
第七章	油库操作人员职责	(36)
第八章	油库主要设备原理及使用说明	(37)
第一节	阀门具体操作	(37)
第二节	测量孔具体操作	(37)
第三节	配电设备	(37)
第四节	管线操作相关规定	(38)
第五节	离心泵操作	(38)
第六节	滑片泵操作	(39)
第七节	电控操作装置	(39)
第九章	油库系统操作规程	(41)
第一节	日常检查	(41)
第二节	特殊查库	(41)
第三节	卸车操作	(41)
第四节	装车操作	(42)
第五节	倒罐操作	(43)
第六节	泵的切换备用操作	(43)
第十章	油库系统应急情况处置	(44)
第一节	油罐壁发现渗油处置	(44)
第二节	设备渗漏处置	(44)
第三节	停电处置	(44)
第四节	油罐吸瘪处置	(44)
第十一章	油品基本知识	(45)
第一节	油品燃烧的基本条件	(45)
第二节	石油的组成与划分	(45)
第三节	油品危险特性分类	(46)
第四节	闪点	(46)
第五节	燃点	(46)
第六节	自燃	(47)

第七节 冷滤点	(47)
---------------	--------

第三部分 油气集输虚拟仿真系统

第十二章 虚拟仿真系统工艺说明	(51)
第一节 装置概况	(51)
第二节 工艺原理	(54)
第三节 主要设备	(56)
第四节 主要仪表指标	(57)
第五节 操作规程	(62)
第六节 DCS 操作界面	(92)
第十三章 油气集输虚拟仿真系统操作说明	(108)
第一节 系统登录说明	(108)
第二节 系统功能介绍	(110)
第三节 交互功能介绍	(121)
第四节 注意事项	(123)
附 图	(125)
参考文献	(141)

第一部分
油 气 集 输



第一章 油气集输系统概况

第一节 油气集输系统的重要性

油气储运工程是连接油气生产、加工、分配、销售诸环节的纽带，它主要包括油气田集输、长距离输送管道、储存与装卸及城市输配系统等。近年来我国规划、建设了“西气东输”工程、跨国油气管道工程及国家石油战略储备等大型油气储运设施的建设。

为了石油、石化类院校学生在校期间能熟练、全面、系统地掌握油气集输的工艺及实操技能，开发面向石油类学校、石油石化行业油气储运工程专业等一系列的实训设备具有重要意义。

仿真实训设备将对现场的工艺设备进行高仿真模拟，同时具有实际操作性。设备工艺采用工厂化的理念，工艺和设备与实际生产一致，让学生在仿真实训设备上，根据已学到的理论知识进行实操锻炼。经仿真实训设备培训后的学生，在走出校门进入石油石化企业后，将拥有更好的适应能力、实操能力，缩短他们进入油气田后的工作适应期，提高石油行业技术人员队伍素质。

油气集输装置按采油和采气两种不同的工况条件进行设计。装置分别对原油集输和天然气集输工艺进行了详尽的工艺流程设计，工艺系统内容和现场的实际情况一致。原油集输装置集成了各种不同种原油的集输处理工艺，对原油计量并进行脱水、脱气等处理。天然气集输工艺从采气开始，对天然气进行脱酸、脱水、凝液回收等处理并进行长距离输送。

第二节 半实物仿真工厂的意义

传统意义上对于全流程工艺装置的实训一般采用真实工厂装置参观学习及建设小试、中试、装置进行投料的实操实训方式。对于真实工厂装置，受训人员在工厂基本仅限于认知实习；对于走料的小试、中试却也难以满足各类实操的需求，这些问题包括：

- (1) 走料装置很难模拟复杂过程；
- (2) 投料成本过高，不适合大量受训人员进行训练；
- (3) 高温、高压对装置要求过高，容易造成危险；
- (4) 耗能巨大，造成装置长期停滞；
- (5) 装置大小限制正常工艺；
- (6) 产品和副产物难以处理，且尾气、废水排放造成环境问题。

半实物仿真工厂可根据实训中心场地情况，装置参照真实工业现场的实际情况按一定比例缩小设计，设计在贴近工业实际的同时也较好地符合实训中心的实际情况。受训人员在设备装置上可进行正常的外操训练，完成在实物装置上的正常操作、冷态开车、正常停车和各种生产故障处理操作等培训，直观深刻地体验工厂生产的过程、原理及操作规程。

第三节 装置介绍

将实训基地内的采气区、天然气集输区、醇胺脱酸气区、三甘醇脱水区、凝液回收系统区、天然气处理区(首站、分输增压站、末站)、原油计量区、原油转输区、原油脱水区、原油存储区、DCS控制系统等做成相对独立又可形成一套完整的地面流程的实训设备。

一、装置特点

(1) 系统性 仿真实训装置包括：采气区、天然气集输区、醇胺脱酸气区、三甘醇脱水区、凝液回收系统区、天然气处理区(首站、分输增压站、末站)、原油计量区、原油转输区、原油脱水区、原油存储区，共十大区域模块，形成一套系统的工艺过程。

(2) 实操性 实训装置内的配套设备具有高度的实际操作能力，学员可对设备进行实际操作。通过流程的切换、阀门开启和泵的开启等进行实际操作训练。

(3) 专业性 仿真实训系统以《采气工》、《天然气净化操作工》、《采气工艺技术》、《输气技术》和《矿场加工及油气集输》为设计依据，同时综合了《天然气工程手册》、《采气工程》、《天然气工业管理实用手册》等专业书籍内容，并根据学校的地域特点，在考察了辽河油田原油采输系统后设计出一套工艺流程。

(4) 安全性 仿真实训设备高度重视操作的安全性，保证学生在操作设备时的安全。

(5) 高仿真性 仿真实训设备按照现场设备进行模拟，同时对重点设备的内部结构、工作原理做深入地剖析，采用实物与软件模拟相结合的方式进行制作，便于学生对设备实操和原理的掌握。

(6) 适用范围广泛性 仿真实训设备同时具备在校学生实训和油气集输技能培训的功能，兼具教学、科研、培训等多重功能。

二、实施方案

(1) 将油气集输设备按一定比例制作成立体的实物装置，共十个操作站。

(2) 用钢制管道按流程将各设备连接，用替代物料模拟原油，空气模拟天然气等介质，可以实现介质在管线内流动。

(3) 学生可对各类阀门进行实际操作，并将动作情况变成电信号送至计算机进行采集控制，以便通过软件对实训设备状态进行监视和控制。

三、具备的实训功能

(1) 油气集输设备操作。

(2) 仪器仪表操作。

(3) 系统学习、掌握采油、计量、原油处理和采气、输气及气体处理的整个工艺流程及设备操作、维护。

(4) DCS 操作学习。

第二章 油气集输流程

输油部分总工艺流程图详见附图 1。

输气部分总工艺流程图详见附图 2。

第一节 单井集气实训操作站

一、简介

把从气井采出的含有液(固)体杂质的高压天然气,处理成适合矿场集输的合格天然气以外输的设备组合称为采气。

在单个、多个井口采气井场,安装一套天然气加热、调压、分离、计量和放空等设备的流程称为单井采气工艺流程。

二、工艺过程

气井采出的天然气,经采气树节流阀调压后进入加热设备加热(水套炉)升温。升温后的天然气进入立式重力分离器,在分离器中除去液体和固体杂质,天然气从分离器上部出口流出经节流阀降压到系统设定压力进入计量管段,经计量装置计量后,进入集气支线输出。

三、工艺流程图

详见附图 3。

第二节 天然气集输实训操作站

一、简介

把几口单井的采气流程集中在气田某一适当位置进行集中采气和管理的过程称为集气流程。