

高等学校“十三五”规划教材

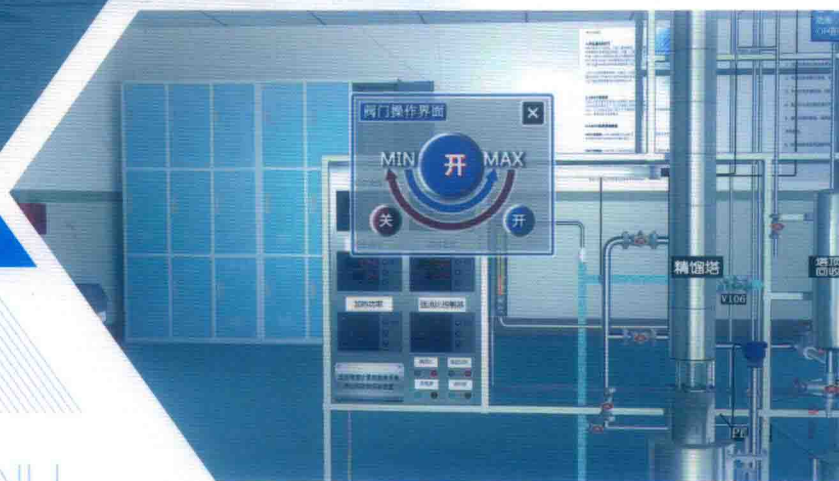
化工原理 及工艺仿真实训

吴晓艺 主编

徐 舸 王静文 齐学博 副主编



课外读



HUAGONG YUANLI
JI GONGYI FANGZHEN SHIXUN



化学工业出版社

高等学校“十三五”规划教材

化工原理 及工艺仿真实训

吴晓艺 主编

徐 舸 王静文 齐学博 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

5C 09 84 · 第 1 版

《化工原理及工艺仿真实训》共分为实验室安全 3D 虚拟现实仿真实训、化工原理实验 3D 虚拟现实仿真实训、化工单元 3D 虚拟现实仿真实训、化工生产实习仿真实训、设备经济指标运算仿真实训和精细化工清洁生产案例分析六个部分。其中实验室安全 3D 虚拟现实仿真实训部分包括实验前准备、触电事故模拟处理、火灾事故模拟处理、实验后清理等实训操作方法；化工原理实验 3D 虚拟现实仿真实训包括流动过程综合实验、恒压过滤实验、气-汽传热实验、填料吸收塔实验、精馏塔实验、萃取塔实验、干燥速率曲线测定实验、离心泵串并联实验等实训操作方法；化工单元 3D 虚拟现实仿真实训包括 CO₂ 压缩机单元、固定床反应器单元、管式加热炉单元、间歇釜反应单元、精馏塔单元、吸收-解吸单元等实训操作方法；化工生产实习仿真实训包括罐区布置、液位控制系统操作、列管换热器工艺、真空系统操作、离心泵工艺、萃取塔工艺、双塔精馏工艺、压缩机工艺、流化床反应器工艺、锅炉工艺、多效蒸发工艺等实训操作方法；设备经济指标运算仿真实训包括间歇釜经济指标、精馏塔经济指标的仿真运算方法；精细化工清洁生产案例分析部分包括清洁生产的案例分析及工艺流程设计。

《化工原理及工艺仿真实训》可以作为化工原理仿真实验、化工设计及化工生产实习等化学化工类课程的仿真实践教学教材，同时也为从事化工生产操作的工程技术人员提供参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工原理及工艺仿真实训/吴晓艺主编. —北京:
化学工业出版社, 2019.8
高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-34545-5

I. ①化… II. ①吴… III. ①化工原理-实验-高等学校-教材 IV. ①TQ02-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 095923 号

责任编辑: 褚红喜 李 琰
责任校对: 杜杏然

文字编辑: 向 东
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京京华铭诚工贸有限公司

装 订: 三河市振勇印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 1/2 字数 473 千字 2019 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

“化工原理”“化工原理实验”“化工设计”等化工类核心课程，大多以理论教学为主，缺少实践教学，因而对化工单元操作等有关知识难以深入地理解。本书特色性地将虚拟现实技术应用于化工类课程教学环节中，通过进行仿真实训操作，帮助读者进行原理验证、认识工艺流程、熟悉化工单元操作运行，掌握化工设备故障处理方法。

全书共分为6章，具体内容包括：实验室安全3D虚拟现实仿真；化工原理实验3D虚拟现实仿真；化工单元3D虚拟现实仿真；化工生产实习仿真；设备经济指标运算仿真和精细化工清洁生产案例分析。在实验室安全3D虚拟现实仿真部分，介绍了实验前准备、触电事故模拟处理、火灾事故模拟处理、实验后清理等实训操作方法。在化工原理实验3D虚拟现实仿真部分，介绍了流动过程综合实验、恒压过滤实验、气-汽传热实验、填料吸收塔实验、精馏塔实验、萃取塔实验、干燥速率曲线测定实验、离心泵串并联实验等实训操作方法。在化工单元3D虚拟现实仿真部分，介绍了CO₂压缩机单元、固定床反应器单元、管式加热炉单元、间歇釜反应单元、精馏塔单元、吸收-解吸单元等实训操作方法。在化工生产实习仿真部分，介绍了罐区布置、液位控制系统操作、列管换热器工艺、真空系统操作、离心泵工艺、萃取塔工艺、双塔精馏工艺、压缩机工艺、流化床反应器工艺、锅炉工艺、多效蒸发工艺等实训操作方法。在设备经济指标运算仿真部分，介绍了间歇釜经济指标、精馏塔经济指标的仿真运算方法。在精细化工清洁生产案例分析部分，介绍了清洁生产的案例分析及工艺流程设计。

在本书编写过程中，吸收了实际生产操作经验，强化实训过程中学生分析问题和解决问题的能力，可以作为化工原理仿真实验、化工设计及化工生产实习等化学化工类课程的仿真实践教材，同时也为从事化工生产操作的工程技术人员提供参考资料。

本书在编写过程中，得到化学工业出版社的大力支持，也得到了北京东方仿真软件技术有限公司、鞍山七彩化学股份有限公司等校企合作单位的鼎力支持。为方便读者熟悉相关仿真操作训练，北京东方仿真软件技术有限公司提供在线仿真系统练习网址（www.es-online.com.cn）供读者学习使用，对此，编者一并表示衷心的感谢！由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2019年3月

目录

第一章 实验室安全 3D 虚拟现实仿真实训	1
实训一 实验课前准备学习阶段 3D 虚拟现实仿真	1
实训二 触电事故模拟处理 3D 虚拟现实仿真	11
实训三 实验室火灾事故 3D 虚拟现实仿真	14
实训四 课后清理学习模块 3D 虚拟现实仿真	16
第二章 化工原理实验 3D 虚拟现实仿真实训	20
实训一 流体流动过程综合实验仿真	20
实训二 恒压过滤实验仿真	41
实训三 气-汽传热实验仿真	51
实训四 填料吸收塔 (CO ₂ -H ₂ O) 实验仿真	59
实训五 精馏塔实验仿真	68
实训六 萃取塔实验仿真	74
实训七 干燥速率曲线测定实验仿真	79
实训八 离心泵串并联实验仿真	87
第三章 化工单元 3D 虚拟现实仿真实训	95
实训一 CO ₂ 压缩机单元 3D 虚拟现实仿真	95
实训二 固定床反应器单元 3D 虚拟现实仿真	113
实训三 管式加热炉单元 3D 虚拟现实仿真	121
实训四 间歇釜反应单元 3D 虚拟现实仿真	130
实训五 精馏塔单元 3D 虚拟现实仿真	136
实训六 吸收-解吸单元 3D 虚拟现实仿真	144
第四章 化工生产实习仿真实训	160
实训一 罐区仿真实习	160
实训二 液位控制系统仿真实习	166
实训三 列管换热器仿真实习	172
实训四 真空系统仿真实习	177
实训五 离心泵仿真实习	185

实训六	萃取塔仿真实习	191
实训七	双塔精馏仿真实习	197
实训八	压缩机仿真实习	208
实训九	流化床反应器仿真实习	213
实训十	锅炉仿真实习	220
实训十一	多效蒸发仿真实习	231
第五章	设备经济指标运算仿真实训	237
实训一	间歇釜经济指标运算仿真	237
实训二	精馏塔经济指标运算仿真	243
第六章	精细化工清洁生产案例分析	251
案例一	实践环节与生产案例分析	251
案例二	案例分析与工艺流程设计	265
附录	274
附录一	练习题答案	274
附录二	实验数据的误差分析及表示方法	275
附录三	Origin 软件在化工实验中的应用	279
参考文献	289

第一章

实验室安全 3D 虚拟现实仿真实训

实验室是教学、科研的重要基地，实验室的安全管理是实验工作正常进行的基本保证。凡进入实验室工作、学习的人员，必须遵守实验室的规章制度，正确使用实验室的仪器设备和安全设施。本单元通过实验课前准备学习阶段、触电事故模拟处理、火灾事故模拟处理、实验课后清理学习阶段等内容进行 3D 虚拟现实仿真实训，以期相关人员在进入实验室之前获得足够的培训，保障实验操作安全顺利进行。

实训一 实验课前准备学习阶段 3D 虚拟现实仿真

一、软件的初步认识

(1) 软件的启动

可以通过以下两种方式启动实验室安全 3D 虚拟现实仿真软件：

① 启动方式一：在桌面点击实验室安全 3D 虚拟现实仿真软件快捷方式，双击后可以运行软件。

② 启动方式二：进入软件安装目录，找到 PISPNETRun.exe 文件，双击后可以运行。

(2) 运行方式选择

软件启动后，出现如下界面（图 1-1），在“教师指令站地址”处输入教师机的 IP 地址或计算机名称。

软件有两个运行模式——“单机练习”和“局域网模式”，这两个模式运行起来软件都是一样的内容。这两个模式的区别在于，学生将软件在“局域网模式”下运行时，老师在教师机上打开教师站可以观察学生的练习情况（如时长、得分等），但在“单机练习”模式下，老师是看不到学生练习情况的。

当软件以“单机练习”的方式启动后，出现培训项目选择界面（图 1-2）。

(3) 主界面认识

在程序加载完相关资源后，出现仿真操作主界面（图 1-3），即 3D 界面。

(4) 3D 场景操作说明

① 移动方式

a. 按住键盘上的 W、S、A、D 键可控制当前角色进行前后左右移动。

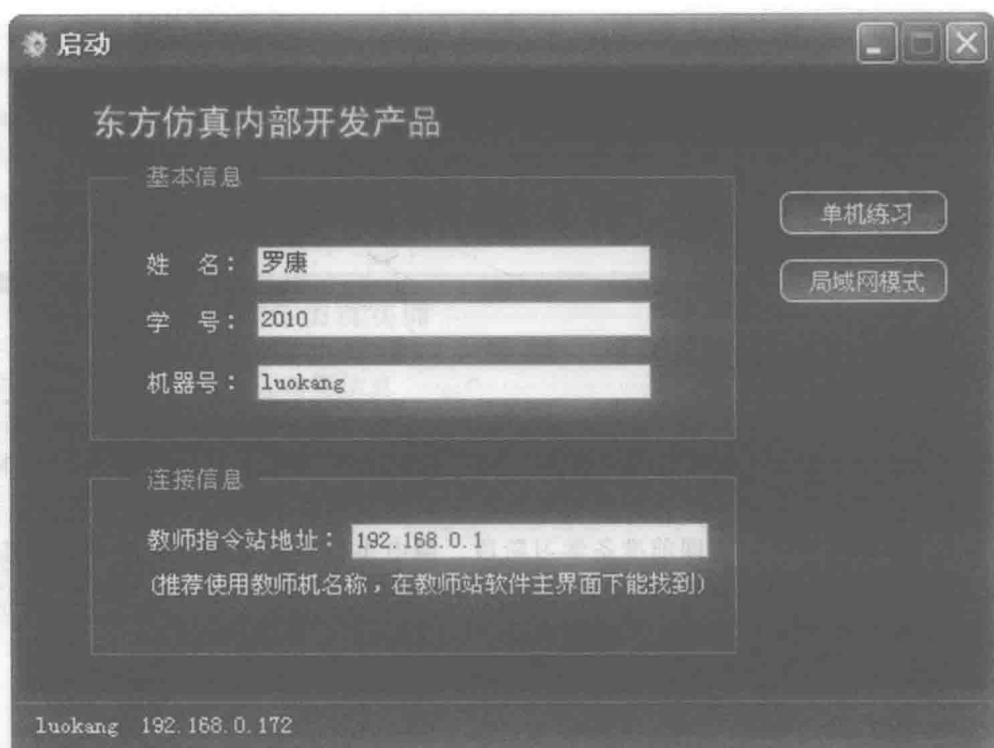


图 1-1 软件启动界面

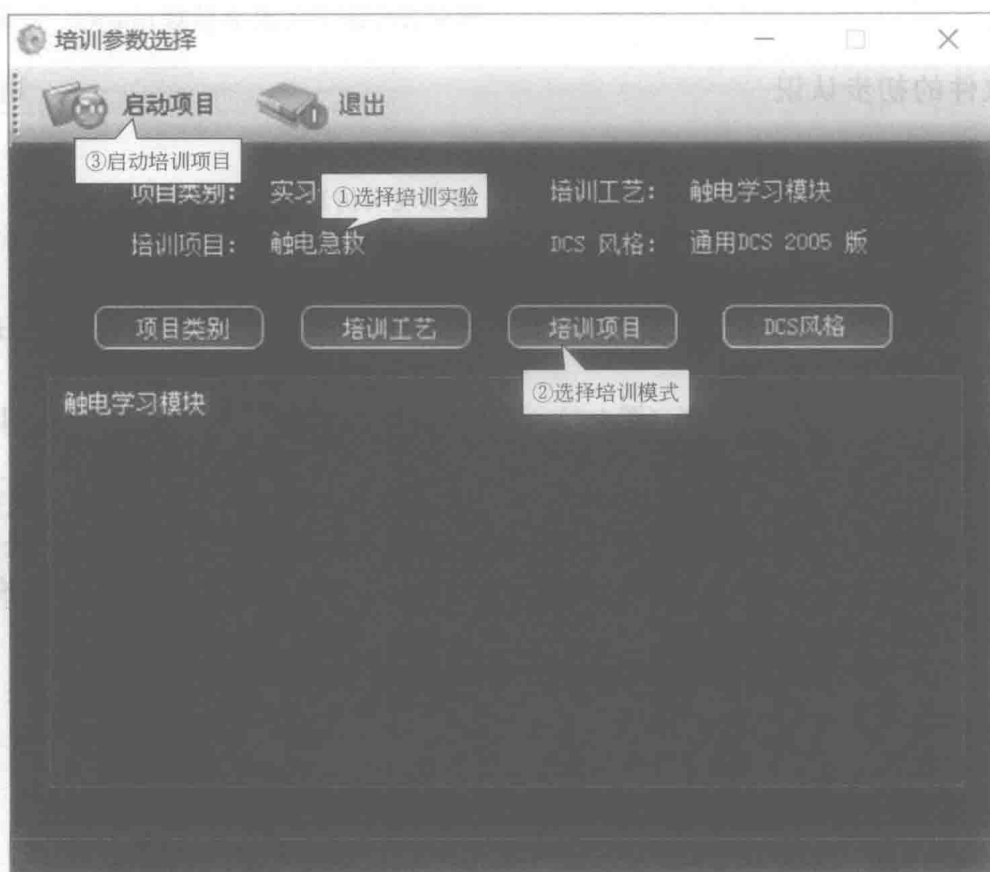


图 1-2 培训项目选择界面



图 1-3 仿真操作主界面

b. 按住 SHIFT 的同时按住 W、A、S、D 可快速移动。

② 视野调整 按住鼠标右键,拖动可进行视角的转动。

③ 操作方式

a. 鼠标左键单击可选择和移动物体。

b. 按住右键转动视角。

二、学习安全制度

实验室安全学习主界面见图 1-4。

点击弹出框右下角的“我知道了”结束与实验室安全老师的对话。在对话框关闭后会弹出进入实验室前需要学习的安全管理制度、实验室安全手册、实验室应急处置方法界面(图 1-5),分别点击三个图标进行学习。弹出内容如下:

1. 安全管理制度

(1) 实验仪器管理办法

① 实验仪器必须有专人保管,须配有稳压电源,使用前须先检查仪器间各电路连接情况,再開稳压电源,然后再启动仪器开关。

② 必须严格执行仪器设备运行记录制度,记录仪器运行状况、开关机时间。凡不及时记录者,一经发现,停止使用资格一周。

③ 使用仪器必须熟悉本仪器的性能和操作方法,本科生在完成毕业论文而使用时应有教师在场,熟悉操作使用后必须经有关教师和实验人员同意方可进行独立操作。

④ 仪器使用完毕,必须将各使用器件清洗干净归还原处,盖上防尘罩,关闭电源,打扫完实验室,方可离开。

⑤ 下次使用者,在开机前,首先检查仪器清洁卫生、仪器是否有损坏,接通电源后,

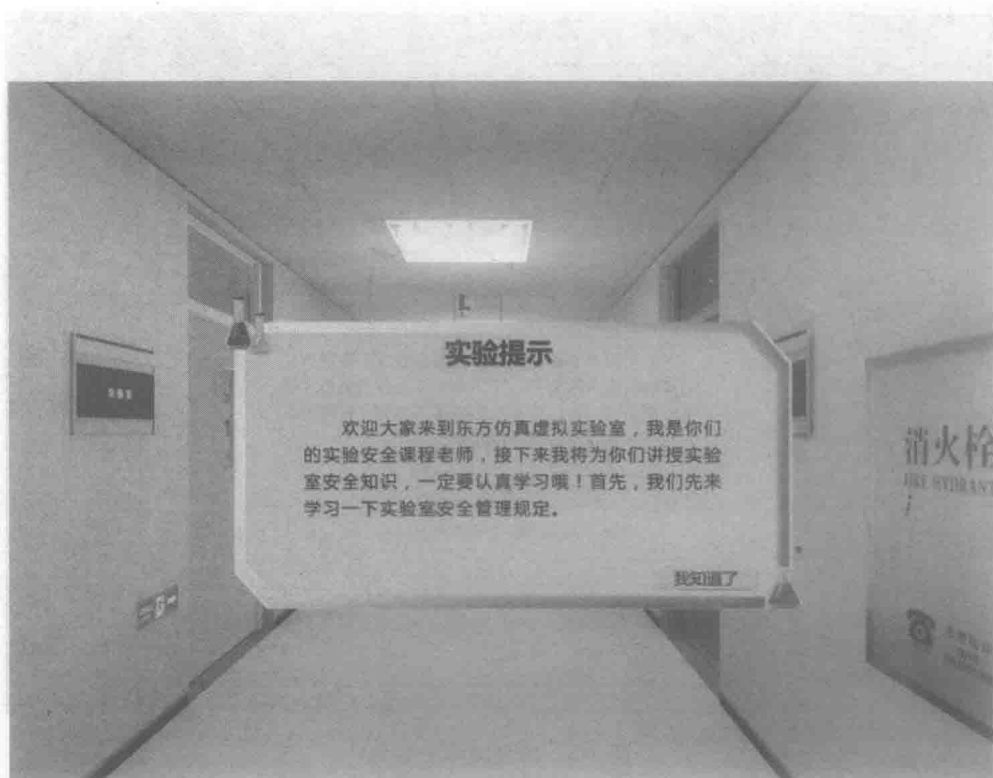


图 1-4 实验室安全学习主界面

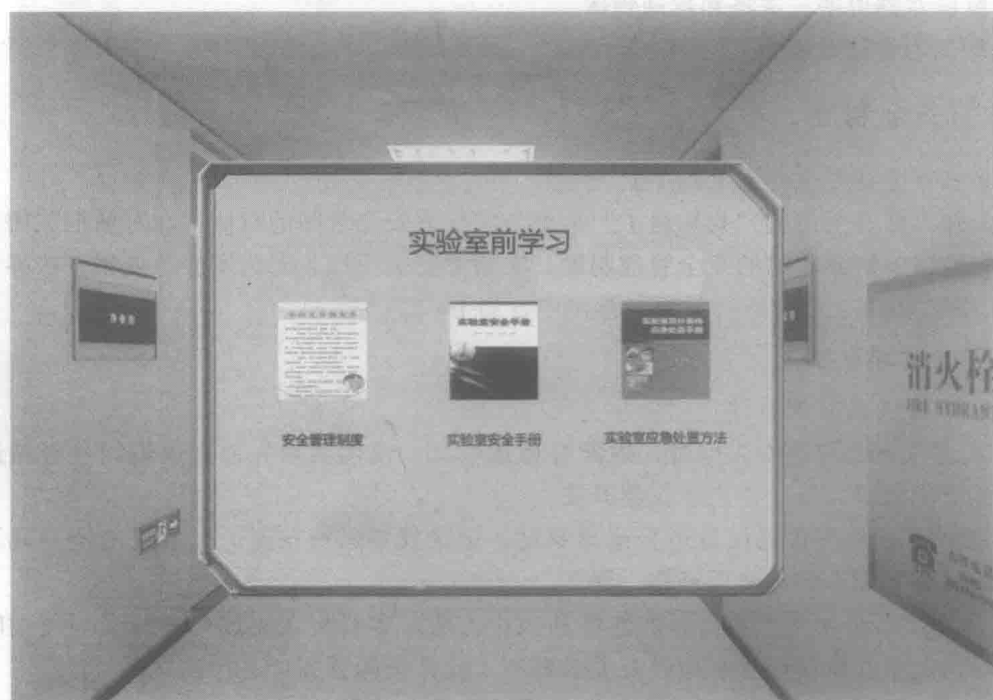


图 1-5 实验室安全学习界面

检查是否运转正常。发现问题及时报告管理员,并找上一次使用者问明情况,知情不报者追查当次使用者责任。

⑥ 若在操作使用期间出现故障,应及时关闭电源,并向有关管理人员报告,严禁擅自处理、拆卸、调整仪器主要部件,凡自行拆卸者一经发现将给予严重处罚。用后切断电源、水源,各种按钮回到原位,并做好清洁工作、锁好门窗。

⑦ 所有仪器设备的操作手册及技术资料原件一律建档保存,随仪器使用的只能是复印件。

⑧ 保持仪器清洁,仪器的放置要远离强酸、强碱等腐蚀性物品,远离水源、火源、气源等不安全源。

⑨ 各仪器要根据其保养、维护要求,进行及时或定期的干燥处理、充电、维护、校验等,确保仪器正常运转。每学期进行一次仪器使用检查,发现有损坏应及时请有关部门维修。

⑩ 仪器不能随意搬动,更不能借给外单位使用;校内人员经实验室主任批准后可在实验室按上述规定使用。

⑪ 注意保持室内卫生,不准携带或吃任何零食,不准乱扔杂物。

⑫ 实验室管理人员必须经常检查实验室及库房内外安全,做到防火、防盗、防破坏、防湿、防爆、防腐蚀、防污染,发现问题及时上报。

(2) 实验室化学药品的使用管理制度

① 化学药品必须根据化学性质分类存放,易燃、易爆、剧毒、强腐蚀品不得混放。

② 存放药品要专人管理、领用,存放要建档,所有药品必须有明显的标志。对字迹不清的标签要及时更换,对过期失效和没有标签的药品不准使用,并要进行妥善处理。

③ 实验室中摆放的药品如长期不用,应放到药品储藏室,统一管理。

④ 剧毒、放射性物体及其他危险物品,要单独存放,由专人负责管理。存放剧毒物品的药品柜应坚固、保险,要有严格的领取使用登记程序。

⑤ 要经常检查危险物品,防止因变质、分解造成自燃、自爆事故。对剧毒物品的容器、变质料、废渣及废水等应予妥善处理。

⑥ 危险物品的采购和提运按公安部门和交通运输部门的有关规定办理。

⑦ 使用人员在使用过程中要严格执行操作规程,注意安全,防止意外事故的发生。

⑧ 储存的易燃易爆物品应避光、防火和防电等,实验室存放的易燃易爆物品,要规定合理的储存量,不许过量且包装容器应密封性好。

⑨ 遇水能分解或燃烧、爆炸的药品,钾、钠、三氯化磷、五氯化磷、发烟硫酸、硫黄等不准与水接触,不准放置于潮湿的地方。

2. 实验室安全手册

① 实验室是进行教学、科研的重要场所,对于安全工作要给予高度重视。注意要建立健全保障安全的规章制度,要教育本室人员、学生自觉遵守安全制度。

② 实验室要有一位责任心强的教师任安全员,负责安全工作,要定期检查实验室的安全,消除事故隐患,配备必要的消防器材,并放在明显和便于取用的位置。

③ 学生必须在教师或实验技术人员的指导下按操作规程进行实验。危险性的实验必须有安全防护措施,并要有人监护。节假日及夜间进行实验应经实验室主任同意。

④ 未经管理人员许可, 任何人不得随意动用实验室内的仪器设备, 非本室工作人员未经允许不得随意进入实验室。

⑤ 实验室内严禁吸烟, 严禁使用电炉。停水、停电时要及时切断电源, 关掉龙头。

⑥ 严格按操作规范使用、管理药品, 对易燃、易爆、有毒药品要谨慎操作, 做好防范措施, 未用完的药品应严格按其性质注明标签存放在箱柜内加锁严格保管。

⑦ 严格看管好水电、各种气瓶, 下班前清理器材工具, 应检查仪器电源是否关闭, 关好窗户, 锁好门。

⑧ 如遇紧急情况: 水灾, 应及时关闭本大楼外或本楼层总水阀; 火灾, 应及时切断电源, 使用灭火器灭火, 同时打“119”电话向消防部门报警。

⑨ 防盗是全室人员的责任和义务, 人人必须提高警惕性, 克服麻痹思想, 做好安全防范工作。

⑩ 凡持有本实验室钥匙的人员, 均不得随意将钥匙转借他人。

⑪ 对于违反上述规定的, 根据本人态度给予批评教育。造成事故者, 视情节轻重, 给予行政处分或进行经济赔偿。

3. 实验室应急处置方法

(1) 实验室火灾应急处理

熟悉实验室内灭火器材的位置和灭火器的使用方法。实验中一旦发生了火灾, 应保持镇静, 切不可惊慌失措。首先立即切断室内一切火源和电源, 然后根据具体情况正确地进行抢救和灭火。常用的方法有:

① 可燃液体燃烧时, 应立即拿开附近一切可燃物质, 关闭通风器, 防止扩大燃烧面积。

② 汽油、乙醚、甲苯等有机溶剂着火时, 应用石棉布或干沙扑灭, 绝对不能用水, 否则会扩大燃烧面积。

③ 金属钾、钠或锂着火时, 绝对不能用水、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器等灭火, 可用干沙、石墨粉扑灭。

④ 电器设备导线等着火时, 不能用水及二氧化碳灭火器(泡沫灭火器), 以免触电, 应先切断电源, 再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。

⑤ 衣服着火时, 千万不要奔跑, 应立即用石棉布或厚外衣盖熄, 或者迅速脱下衣服, 火势较大时, 应卧地打滚以扑灭火焰。

⑥ 发现烘箱有异味或冒烟时, 应迅速切断电源, 使其慢慢降温, 并准备好灭火器备用。千万不要急于打开烘箱门, 以免突然供入空气助燃(爆), 引起火灾。

⑦ 发生火灾时应注意保护现场。较大的着火事故应立即报警。若有伤势较重者, 应立即送医院。

(2) 实验室爆炸应急处理预案

① 实验室爆炸发生时, 实验室负责人或安全员在其认为安全的情况下必须及时切断电源和管道阀门。

② 所有人员应听从临时召集人的安排, 有组织地通过安全出口或用其他方法迅速撤离爆炸现场, 应急预案领导小组开展抢救工作和人员安置工作。

(3) 实验室中毒应急处理预案

实验中若感觉咽喉灼痛、嘴唇脱色, 或出现胃部痉挛或恶心呕吐等症状时, 则可能是中毒所致。根据中毒原因施以下述急救后, 立即送医院治疗, 不得延误。

① 首先将中毒者转移到安全地带，解开领扣，使其呼吸通畅，让中毒者呼吸到新鲜空气。

② 误服毒物中毒者须立即引吐、洗胃，患者清醒而又合作，宜饮大量清水引吐，亦可用药物引吐。对引吐效果不好或昏迷者应立即送医院用胃管洗胃。

③ 重金属盐中毒者喝一杯含有几克 $MgSO_4$ 的水溶液，立即就医。不要服催吐药，以免引起危险或使病情复杂化。砷化物和汞化物中毒者，必须紧急就医。

④ 吸入刺激性气体中毒者应立即将患者转移离开中毒现场，给予 2%~5% 碳酸氢钠溶液雾化吸入、吸氧。气管痉挛者应酌情给解痉药雾化吸入。应急人员一般应配置过滤式防毒面罩、防毒服装、防毒手套、防毒靴等。

(4) 实验室触电应急处理预案

① 关闭电源。

② 用干木棍使导线与触电者分开。

③ 使触电者和土地分离，急救时急救者必须做好防止触电的安全措施，手或脚必须绝缘。

④ 若触电者倒地昏迷，首先应用力拍打其双肩大声在其耳边呼唤，如果触电者对拍打呼唤都没有回应且没有任何自主的运动就认为是没有意识，然后检查无意识者的呼吸，先以一手掌按患者前额，另一手抬患者下颌使患者头部略后仰开放气道，然后以耳听呼吸，以眼看胸腹起伏，以脸感觉呼气综合判断是否有呼吸，若无任何感觉就认为没有了呼吸，然后判断脉搏，靠近拇指侧的脉动最好找，在紧急情况下也应该在他脖子处检查动脉搏 10s，来确定心脏是否停止跳动，若判断为没有呼吸和脉搏，则开始心肺复苏进行人工呼吸。

⑤ 在此期间尽快联系医院急救人员，等待急救人员到来进行正式救助。

(5) 实验室化学灼伤应急处理预案

① 强酸、强碱及其他一些化学物质具有强烈的刺激性和腐蚀作用，发生这些化学灼伤时，应用大量流动清水冲洗，再分别用低浓度的 (2%~5%) 弱碱 (强酸引起的)、弱酸 (强碱引起的) 进行中和。处理后，再依据情况而定，做下一步处理。化学灼伤：碱灼伤时先用水洗，再用 2% 乙酸溶液洗；酸灼伤时先用大量水洗，再用 $NaHCO_3$ 溶液洗。

② 溅入眼内时，在现场立即就近用大量清水或生理盐水彻底冲洗。冲洗时，眼睛置于水龙头上方，水向上冲洗眼睛，时间应不少于 15min，切不可因疼痛而紧闭眼睛。处理后，再送眼科医院治疗。

(6) 其他

① 烫伤：应涂上苦味酸和獾油。

② 割伤：应以消毒酒精洗擦伤口，撒上止血粉或缠上创可贴。若是玻璃割伤，应注意清除玻璃碴。

在学习完安全制度后，三个图标变灰，但依然可以点开进行重复学习，点击“确定”，关闭当前界面，根据指示进入准备室。实验前学习确定界面见图 1-6。

三、进入准备室

根据指示到达指定位置时，出现以下界面 (图 1-7)，点击“我知道了”，关闭界面，然后单击准备室的门进入准备室。安全提示界面见图 1-7。

进入准备室后出现界面 (图 1-8)，左上角的小人是一个工具栏，右上角会出现操作提示界面。在场景中出现穿戴操作时，左上角的小人会穿戴上相应的装备。操作提示界面见图 1-8。

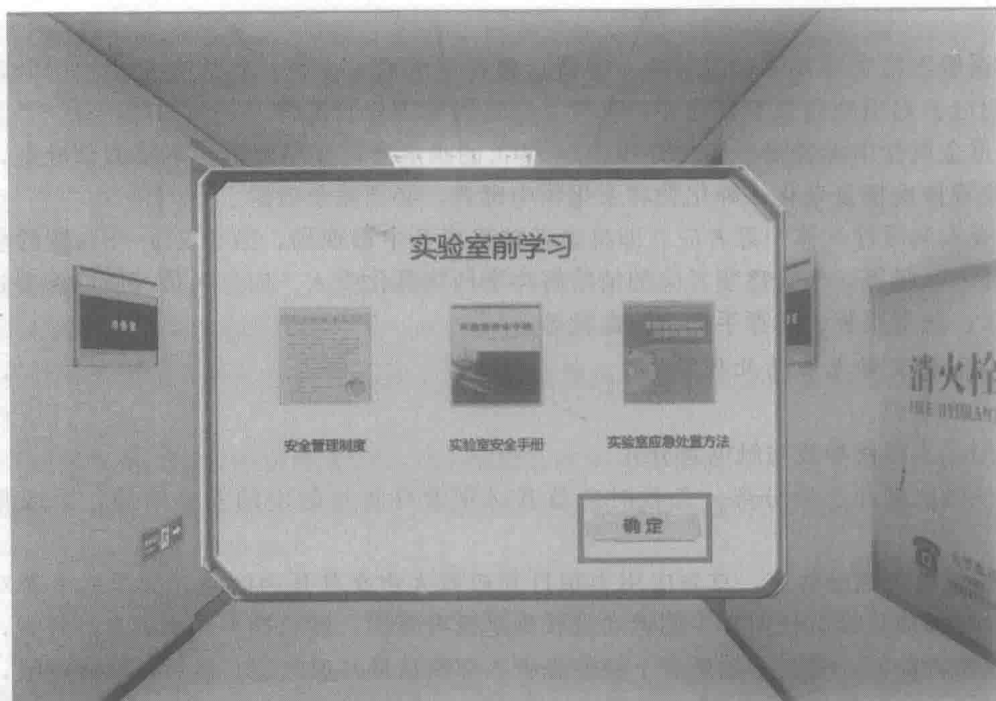


图 1-6 实验室安全学习确定界面

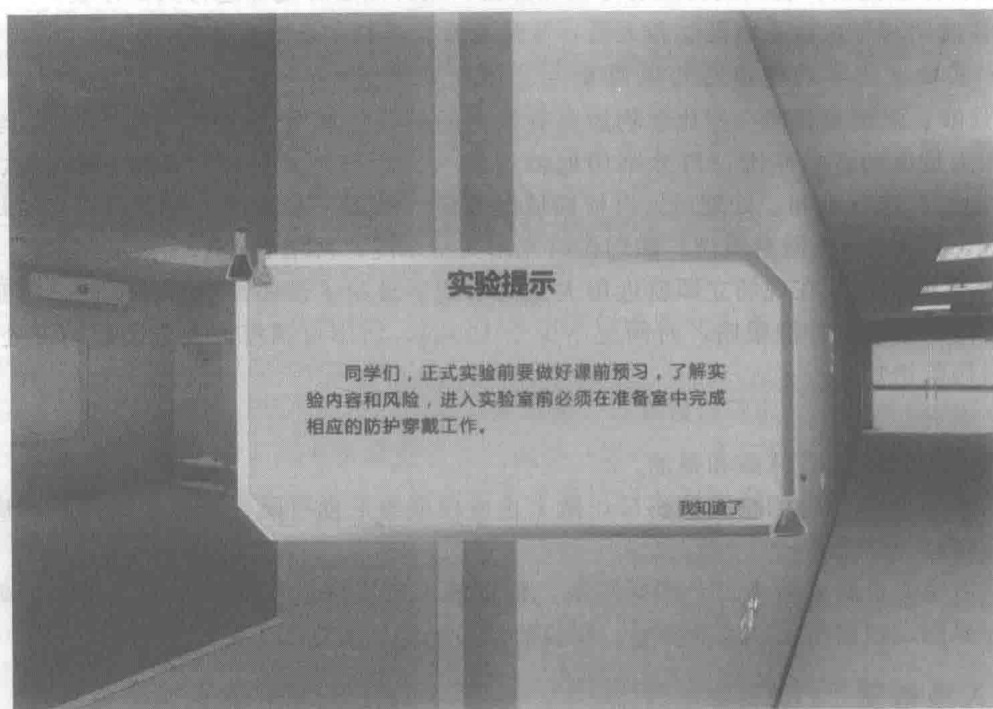


图 1-7 安全提示界面

在准备室中的相应操作如下：

- ① 杂物存放储物柜，点击相应杂物放在相应的位置。
- ② 女生需扎起长发，点击发绳，扎起长发。



图 1-8 操作提示界面

- ③ 点击实验服，穿上实验服。
- ④ 点击平底鞋，穿上平底鞋。
- ⑤ 点击护目镜，戴护目镜。
- ⑥ 点击手套，戴手套。



图 1-9 准备室学习完成确定界面

- ⑦ 点击口罩，戴口罩。
- ⑧ 点击挂图，学习挂图知识。

当学习完挂图后，出现以下界面（图 1-9），点击“我知道了”进行下一步。准备室学习完成界面见图 1-9。

四、进入实验室前的安全学习

(1) 进入实验室前安全学习按以下步骤操作

- ① 点击闪烁的门，进入走廊。
- ② 点击“我知道了”进行下一步。
- ③ 点击墙上闪烁的图片进行学习。

(2) 走廊上的学习操作

① 点击实验室安全守则，学习本实验的安全操作规程，点击“下一页”，学习实验室意外事故应急措施。点击“学习完毕”进行下一步操作。

- ② 点击 MSDS，查看危险化学品 MSDS。点击“确定”进行下一步。
- ③ 点击火警按钮，了解火警按钮和逃生路线。点击“我知道了”进行下一步。
- ④ 点击实验室安全负责人警示牌，查看负责人。
- ⑤ 点击安全标志，查看实验室安全标志。点击“关闭”进行下一步。

点击“我知道了”进行下一步。实验室前安全学习完成确认界面见图 1-10。



图 1-10 实验室前安全学习完成确认界面

五、实验室内的学习

点击闪烁的门，进入实验室。实验室内操作步骤如下：

- ① 点击警戒线，了解警戒线标识目的。地面上的是区域管理标识，警戒线是区域管理

标志,进入警戒区要保持高度注意,认真做实验。点击“我知道了”进行下一步。

② 点击逃生图,了解逃生路线。点击“我知道了”,进行下一步。

③ 点击物资柜,认识应急物资柜里的应急物资。点击“我知道了”进行下一步。

④ 点击洗眼器,学习如何使用洗眼器。点击洗眼器后,触发自身着火的一个事故。在自身发生着火时,走到洗眼器下,点击洗眼器上的三角,洗眼器开始喷水,将身上的火熄灭。然后点击洗眼器开关,冲洗眼睛。

⑤ 点击灭火器,学习如何使用灭火器。当点击灭火器时,触发实验室着火事故,选择合适灭火器,点击后拿起,再点击拿起的灭火器上的安全栓,拔掉安全栓,走向着火点,会出现灭火提示,然后点击“我知道了”关闭界面,再点击火源,进行灭火。

⑥ 点击通风橱,学习使用通风橱。点击通风橱,弹出通风橱相关知识点,点击“我知道了”,关闭界面,再点击通风橱闪烁部分,关闭通风橱。

以上操作完成,弹出以下界面(图 1-11)。实验室内学习完成确认界面见图 1-11。



图 1-11 实验室内学习完成确认界面

实训二 触电事故模拟处理 3D 虚拟现实仿真

一、软件背景介绍

点击人物头上对话框和结束与实验员的对话。实验员在对话结束后,会先去洗手池洗手,然后前往石墨炉更换阴极灯,由于实验员手上有水,故发生触电事故。此时,有另一个实验员会出现,并作为施救者,由交互位置不同实施不同的施救动作。软件背景界面见图 1-12。