



化学工程与工艺应用型本科建设系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

现代化工仿真实习指导

XIANDAI HUAGONG FANGZHEN SHIXI ZHIDAO

高峰 顾静芳 主编

陈桂娥 主审



化学工业出版社



化学工程与工艺应用型本科建设系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

现代化工仿真实习指导

XIANDAI HUAGONG FANGZHEN SHIXI ZHIDAO

高峰 顾静芳 主编

陈桂娥 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

《现代化工仿真实习指导》内容包括化工实验室安全虚拟现实 3D 仿真、化工原理 CEST 虚拟现实 3D 仿真、化工单元 CSTS 虚拟现实 3D 仿真和典型化工产品生产工艺 3D 虚拟现实仿真四部分。各部分包括：工作原理、工艺流程、主要设备、调节器、显示仪表及现场阀说明、操作规程、事故处理和思考题。虚拟现实 3D 仿真技术将化学工程与工艺专业必须掌握的化工实验室安全技术、典型化工原理实验、化工操作及产品生产开发成一系列具有更强环境真实感、操作灵活性和独立自主性的软件，为专业技能训练提供了一个既相对真实又可自主发挥的安全便捷的实习平台。

《现代化工仿真实习指导》可作为应用型本科院校化工、医药、轻工等专业学生的化工仿真指导教材，也可以作为企业人员技能培训、岗位培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代化工仿真实习指导/高峰, 顾静芳主编. —北京: 化学工业出版社, 2019.5

化学工程与工艺应用型本科建设系列教材 普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-33954-6

I. ①现… II. ①高…②顾… III. ①化学工业-计算机仿真-高等学校-教学参考资料 IV. ①TQ015.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 033220 号

责任编辑: 刘俊之

文字编辑: 向东

责任校对: 宋玮

装帧设计: 韩飞

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 装: 三河市双峰印刷装订有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 236 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: 29.80 元

版权所有 违者必究

前言

根据应用型本科生的工程能力培养要求，我们在上海市 2016 年应用型本科试点——化学工程与工艺专业建设项目的资助下，从现代化工仿真实习的教学要求出发，结合我校几十年来在仿真教学中的经验和体会，特别是虚拟现实技术目前在仿真领域中广泛应用后，我们在仿真教学中引进了化工虚拟现实技术，使仿真操作画面具有更强环境真实感、操作灵活性和独立自主性，为学生的实习提供了一个自主发挥的实践平台。

虚拟现实技术是近年来出现的高新技术，也称灵境技术或人工环境。虚拟现实是利用电脑模拟产生一个三维空间的虚拟世界，提供使用者关于视觉、听觉等感官的模拟，让使用者如同身临其境，可以及时、没有限制地观察三维空间内的事物。

虚拟现实技术的应用正对学生的实践教学活动中进行着一场前所未有的革命。虚拟现实技术的引入，将使学校的实训手段发生质的飞跃，更加符合“能实不虚，虚实结合”的实习指导思想。虚拟现实技术应用于实训领域是教育技术发展的一个飞跃。它营造了“自主学习”的环境，由传统的“以教促学”的学习方式转变为学习者通过自身与信息环境的相互作用来获取知识、技能的新型学习方式。

化工虚拟现实技术已经被世界上越来越多的大学广泛地应用到实训当中，对学校提高教学效率和为学生解决复杂工程问题起到了重要作用。利用化工虚拟现实技术建立起来的虚拟实训基地，其“设备”与“部件”都是虚拟的，可以根据教学需要随时生成新的设备和更新培训内容，使实训及时跟上化工生产技术的发展。

现代化工仿真教学利用虚拟现实的交互性，使学生能够在虚拟的学习环境中扮演一个角色，全身心地投入学习环境去，为学生的技能训练提供了一个相对真实的实习环境。虚拟的训练系统无任何危险，具有极低的运行成本，学生可以反复安全地在“虚拟装置”上开展各种探索性练习，直至达到整个实训目的为止。虚拟的训练系统也为培养学生的创新能力提供了一个安全便捷的实践验证平台。

《现代化工仿真实习指导》按化工实践教学的顺序分化工实验室安全虚拟现实 3D 仿真、化工原理 CEST 虚拟现实 3D 仿真、化工单元 CSTS 虚拟现实 3D 仿真和典型化工产品生产工艺 3D 虚拟现实仿真四部分内容对化工虚拟现实技术进行介绍。

本书由高峰和顾静芳担任主编，由陈桂娥担任主审。此外，本书在编写过程中得到了有关老师、北京东方仿真软件技术有限公司和北京欧倍尔软件技术开发有限公司的大力支持和热情帮助，在此一并表示衷心感谢。

本书的出版得到了上海市 2016 年应用型本科试点——化学工程与工艺专业建设项

目的资助，在此表示感谢。

由于编者自身的知识水平和认识水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2018年9月
于上海应用技术大学

目 录

第1章 化工实验室安全虚拟现实3D仿真

1

- 1.1 概述 1
- 1.2 化工实验室安全虚拟现实 3D 仿真操作规程及界面功能说明 2
 - 1.2.1 个人防护安全 3D 仿真 2
 - 1.2.2 安全常识操作 3D 仿真 10
 - 1.2.3 化学品洒出事故处理 3D 仿真 14
 - 1.2.4 实验室火灾事故处理 3D 仿真 19
 - 1.2.5 停水停电故障处理 3D 仿真 22
 - 1.2.6 水银泄漏事故处理 3D 仿真 26

第2章 化工原理CEST虚拟现实3D仿真

30

- 2.1 流体流动阻力系数测定实验 3D 仿真 30
 - 2.1.1 实验目的 30
 - 2.1.2 实验原理 30
 - 2.1.3 软件运行界面 32
 - 2.1.4 仿真实验步骤 33
 - 2.1.5 实验结果及分析 34
 - 2.1.6 思考题 34
- 2.2 离心泵特性曲线测定实验 3D 仿真 35
 - 2.2.1 实验目的 35
 - 2.2.2 实验原理 35
 - 2.2.3 软件运行界面 36
 - 2.2.4 仿真实验步骤 37
 - 2.2.5 实验结果及分析 38
 - 2.2.6 思考题 39
- 2.3 恒压过滤实验 3D 仿真 39
 - 2.3.1 实验目的 39
 - 2.3.2 实验原理 39

2.3.3	软件运行界面	40
2.3.4	仿真实验步骤	41
2.3.5	实验结果及分析	42
2.3.6	思考题	43
2.4	蒸汽-空气系统传热实验 3D 仿真	43
2.4.1	实验目的	43
2.4.2	实验原理	43
2.4.3	软件运行界面	46
2.4.4	仿真实验步骤	46
2.4.5	实验结果及分析	48
2.4.6	思考题	48
2.5	精馏实验 3D 仿真	48
2.5.1	实验目的	48
2.5.2	实验原理	49
2.5.3	软件运行界面	51
2.5.4	仿真实验步骤	52
2.5.5	实验结果及分析	53
2.5.6	思考题	53
2.6	二氧化碳-水吸收实验 3D 仿真	54
2.6.1	实验目的	54
2.6.2	实验原理	54
2.6.3	软件运行界面	57
2.6.4	仿真实验步骤	58
2.6.5	实验结果及分析	60
2.6.6	思考题	60
2.7	萃取塔实验 3D 仿真	60
2.7.1	实验目的	60
2.7.2	实验原理	60
2.7.3	软件运行界面	61
2.7.4	仿真实验步骤	62
2.7.5	实验结果及分析	64
2.7.6	思考题	64
2.8	干燥特性曲线测定 3D 仿真	64
2.8.1	实验目的	64
2.8.2	实验原理	64
2.8.3	软件运行界面	65
2.8.4	仿真实验步骤	66
2.8.5	实验结果及分析	68

2.8.6 思考题	68
-----------	----

3.1 固定床反应器工艺 3D 仿真	69
3.1.1 工艺简介	69
3.1.2 本单元复杂控制回路说明	69
3.1.3 设备一览	71
3.1.4 操作规程	71
3.1.5 事故设置一览	73
3.1.6 思考题	74
3.2 管式加热炉单元 3D 仿真	77
3.2.1 工艺简介	77
3.2.2 本单元操作规程	79
3.2.3 复杂控制系统和联锁系统	82
3.2.4 仪表及报警	82
3.2.5 事故设置一览	83
3.2.6 思考题	85
3.3 间歇釜反应单元 3D 仿真	85
3.3.1 工艺简介	85
3.3.2 设备一览	87
3.3.3 间歇反应器单元操作规程	87
3.3.4 仪表及报警	89
3.3.5 事故设置一览	89
3.3.6 思考题	90
3.4 吸收-解吸工艺 3D 仿真	91
3.4.1 工艺简介	91
3.4.2 本单元复杂控制方案说明	93
3.4.3 设备一览	93
3.4.4 操作规程	93
3.4.5 事故设置一览	97
3.4.6 思考题	99
3.5 精馏塔单元 3D 仿真	105
3.5.1 工艺简介	105
3.5.2 本单元复杂控制方案说明	106
3.5.3 设备一览	107
3.5.4 精馏单元操作规程	107
3.5.5 事故设置一览	109

3.5.6	思考题	111
3.6	软件介绍	111
3.6.1	启动方式	111
3.6.2	软件运行界面	112
3.6.3	3D 场景仿真系统介绍	112

第4章 典型化工产品生产工艺3D虚拟现实仿真

118

4.1	合成氨工艺 3D 虚拟现实仿真	118
4.1.1	工艺原理	118
4.1.2	工艺流程叙述	119
4.1.3	设备概况	121
4.1.4	软件操作	124
4.1.5	3D 场景仿真系统介绍	125
4.1.6	操作步骤	131
4.1.7	思考题	133
4.2	常减压炼油装置 3D 仿真实习系统	133
4.2.1	常减压炼油装置生产工艺	134
4.2.2	常减压炼油装置操作规程	143
4.2.3	常减压装置模型简介	153
4.2.4	思考题	154

参考文献

155

第 1 章

化工实验室安全虚拟现实3D仿真

1.1 概述

根据教育部印发的《教育部办公厅关于加强高校教学实验室安全工作的通知》（教高厅〔2017〕2号）文件要求，在教学实验室和科研实验室工作的师生员工，都应该接受实验室安全培训，提高安全意识，确保教学和科研工作的安全性。

本章介绍的3D仿真软件以标准的安全设计规范为准则，建立了一个三维的、高仿真度的、高交互操作的、全程参与式的、可提供实时信息反馈与操作指导的、虚拟的安全培训模拟操作平台，使学员通过在本平台上的操作学习，进一步熟悉安全基础知识，了解实验室实际实验环境，增强安全防范意识，提高异常事故处理水平。

本平台采用虚拟现实技术，依据实验室实际布局搭建模型，按实际实验过程完成交互，完整再现了实验室安全注意事项以及突发事件的应急处理办法。每个实验操作配有实验简介、操作手册等。3D操作画面具有很强的环境真实感、操作灵活性和独立自主性，为学生提供了一个自主发挥的学习平台，特别是在调动学生动脑思考、培养学生的动手能力和增强学习的趣味性方面具有鲜明的特色。

本3D仿真软件具有以下几个方面的特色。

(1) 虚拟现实技术

利用电脑模拟产生一个三维空间的虚拟世界，构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象，给予使用者关于视觉、听觉、触觉等的感官模拟，让使用者如同身临其境一般，可以及时、没有限制地360°旋转观察三维空间内的事物，界面友好，采用互动操作，形式活泼。

(2) 智能操作指导

在具体的操作过程中，系统能够模拟实际操作中的每个步骤，并加以文字或语音说明。

(3) 评分系统

本3D仿真软件具有实时评分系统，在每次完成相应的任务后，后台都会及时给出分数，方便测评。

(4) 实用性强

本 3D 仿真软件由计算机程序设计人员、虚拟现实技术人员、具有实际经验的一线工程技术人员和专业教师合作完成，贴近实际，过程规范，适合实验室安全培训使用。

本 3D 仿真软件可用于本科、专科以及职业教育中的化学、化工、生物、环境等相关专业学生的实验室安全知识培训。

1.2 化工实验室安全虚拟现实3D仿真操作规程及界面功能说明

1.2.1 个人防护安全 3D 仿真

个人防护安全软件主要培训内容为进入实验区域以后的个人防护措施和行为准则，包括实验前、实验中、实验后的具体内容。

1.2.1.1 操作要求

(1) 进入实验室以前：

- a. 把书包放在储物柜，不准带入实验室。
- b. 更换实验服。
- c. 佩戴防护眼镜。
- d. 佩戴防护口罩。
- e. 佩戴防护手套。
- f. 学习安全卫生管理条例。
- g. 确认灭火器位置，学习如何使用。
- h. 确认安全出口位置。
- i. 确认紧急喷淋洗眼器位置，学习如何使用。

(2) 进入实验室，开始实验：

- a. 刷门禁卡。
- b. 开门，进入实验室，关门。
- c. 在实验记录本上进行登记。
- d. 开启总电源。
- e. 打开实验室水阀。
- f. 再次确认实验室紧急喷淋洗眼器位置。
- g. 打开实验室窗户。
- h. 开启通风橱。
- i. 开始实验操作（略）。

(3) 实验完毕，离开实验室：

- a. 关闭通风橱。
- b. 关闭窗口。
- c. 关闭水阀。
- d. 关闭总电源。



- e. 登记离开时间。
- f. 按门禁开关开门，离开实验室，关门。
- g. 脱下防护手套。
- h. 取下防护眼镜。
- i. 摘下防护口罩。
- j. 脱下实验服。

1.2.1.2 界面操作步骤

(1) 单击项目管理器中的实验项目，进入图 1-1 所示的启动界面。软件首先会播放一段穿戴讲解的交互视频，视频采取活泼易懂的方式讲述了实验室穿戴的规则，可以点击视频右上角“×”关闭。

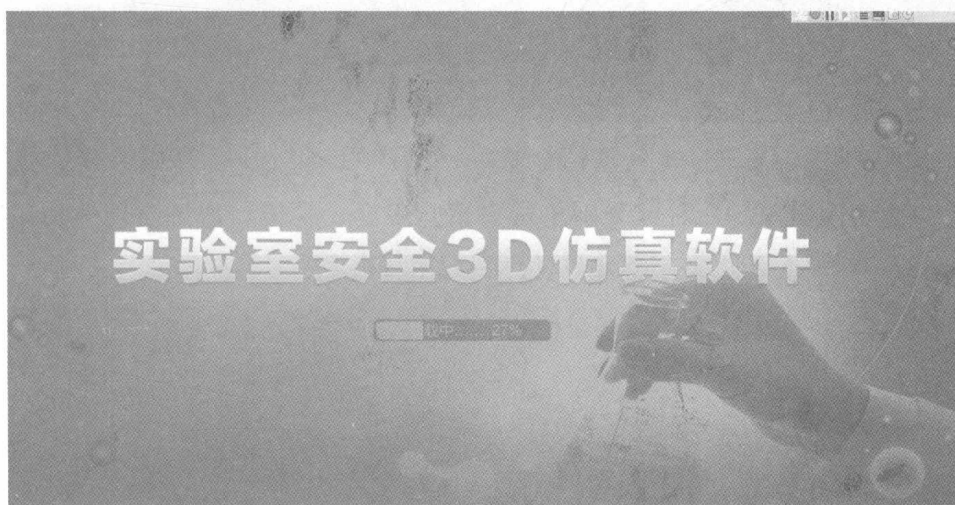


图 1-1 启动界面

(2) 走到储物柜前，鼠标置于刷卡区，出现“刷卡存包”四字，见图 1-2，点击，画面中人物身上背包可消失，储物柜中背包显现。



图 1-2 刷卡存包界面

(3) 走到实验服前，右键单击实验服，出现“使用”界面，见图 1-3，点击后，实验服可穿到人物身上。

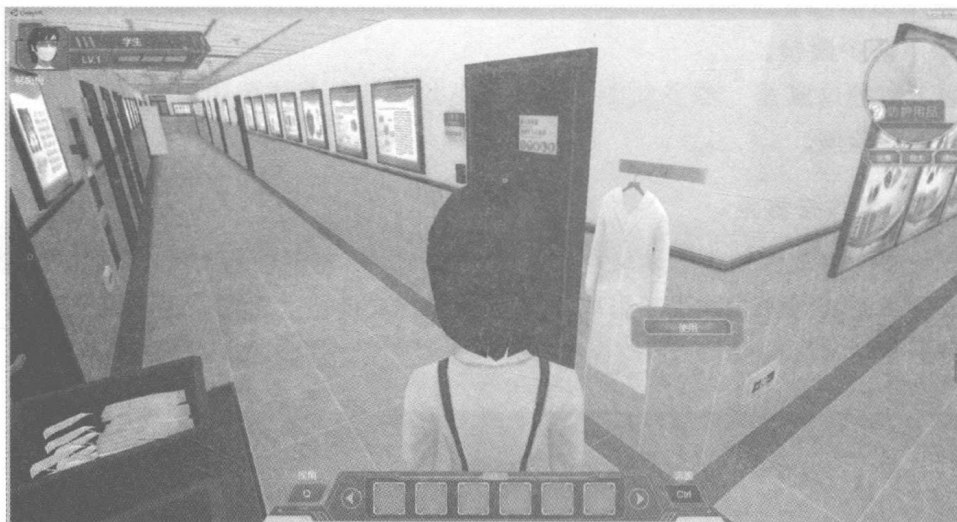


图 1-3 穿戴实验服界面

(4) 穿上实验服以后，右键分别单击口罩、手套、眼镜，均可出现“使用”界面（见图 1-4），点击后，相关安全装备可穿戴到人物身上。

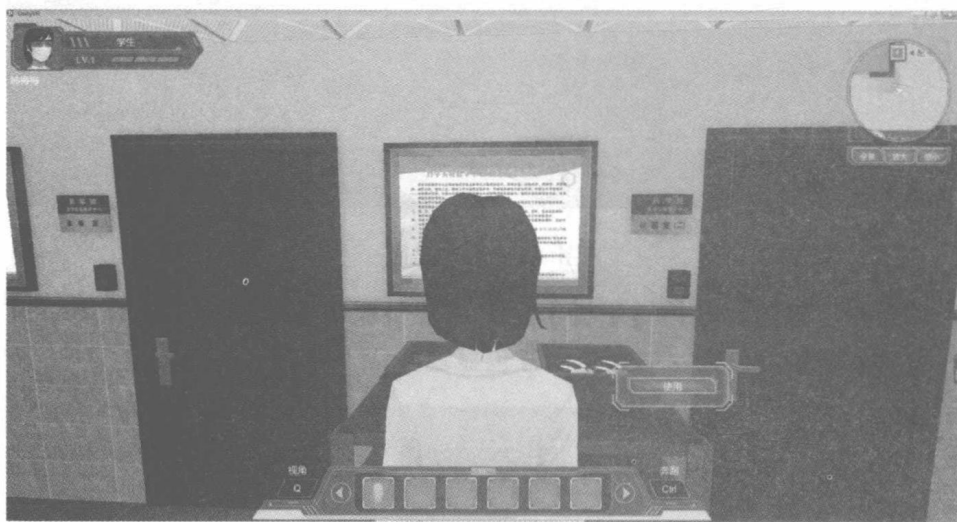


图 1-4 穿戴相关安全装备界面

(5) 穿戴完毕，首先学习安全卫生管理条例，明确实验室行为规范。学习方式采用右键单击宣传栏，出现“近距离观察”界面后（见图 1-5），点击确认。学习完毕，点击宣传栏以外的任何地方屏幕可恢复。

(6) 熟悉安全出口、灭火器、紧急喷淋洗眼器的位置（见图 1-6），地面有光斑指引。

(7) 走到光圈附近，出现对应的“×××使用”界面（见图 1-7），点击界面会播放动画，学习紧急喷淋设备以及灭火器的使用。

(8) 确认完实验室所处环境以后，进入实验室。首先刷卡，左键单击刷卡器（见图 1-8），刷卡器变亮，出现“欢迎进入”字眼。刷卡后需 10s 以内开门，如超时需重刷。

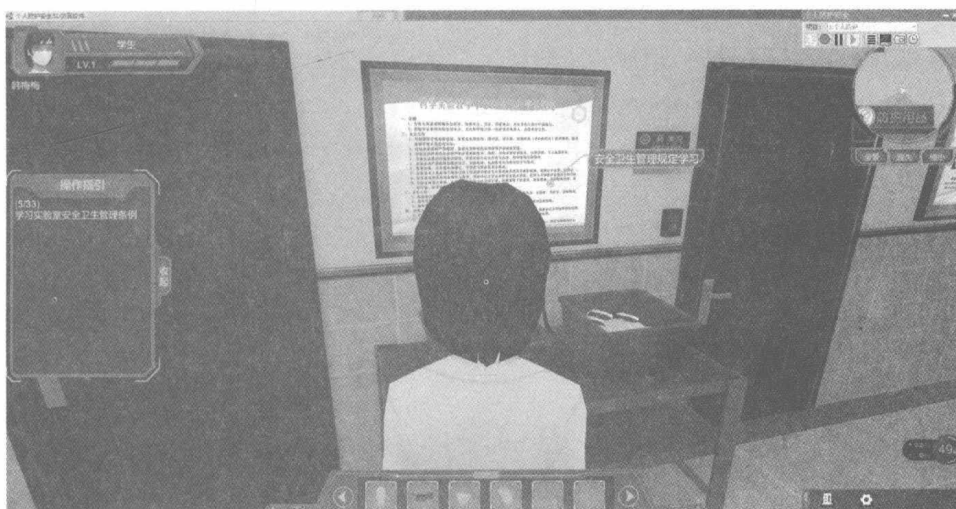


图 1-5 学习安全卫生管理条例

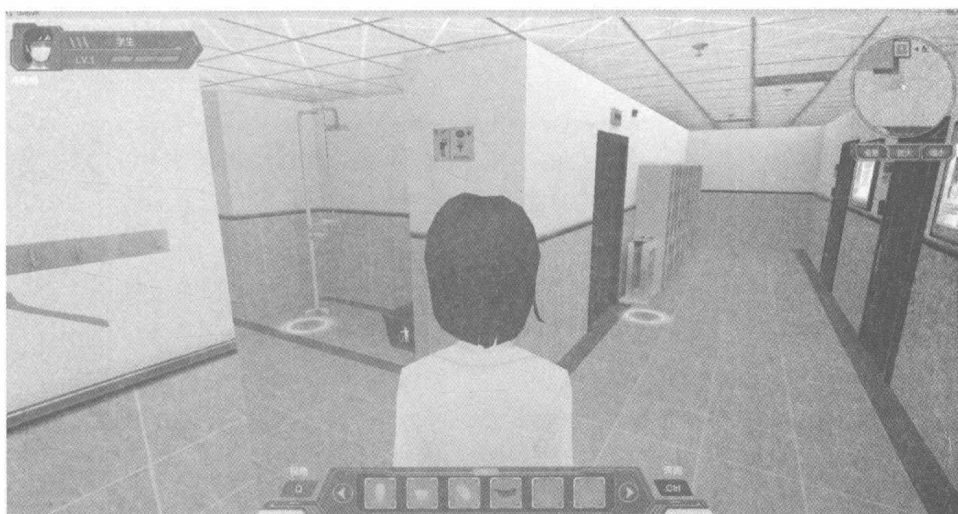


图 1-6 安全出口、灭火器、紧急喷淋洗眼器的位置

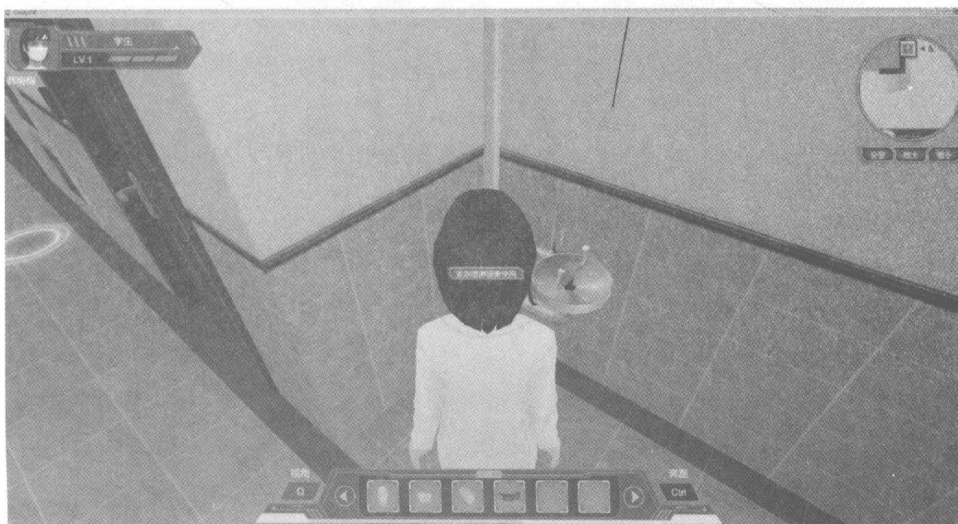


图 1-7 紧急喷淋设备的使用

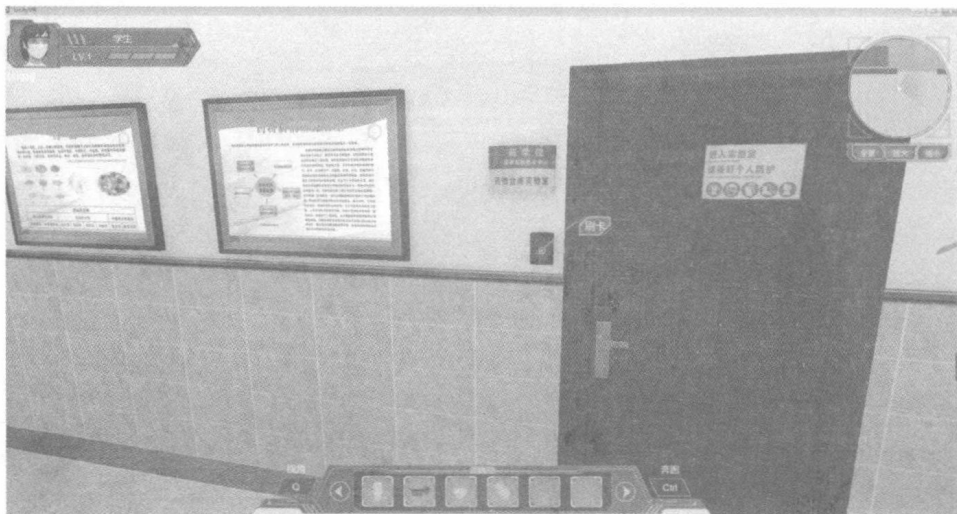


图 1-8 实验室刷卡进入

(9) 右击实验室门，出现“打开”界面（见图 1-9），点击，门打开，进入以后再点击门，选择关闭。



图 1-9 打开实验室门

(10) 在实验记录本上登记个人信息（见图 1-10），其中离开时间等离开时再填写。

(11) 走到配电箱附近（见图 1-11），点击开门，再单击总电源开关，打开总电源。

(12) 找到实验室总水阀，点击出界面（见图 1-12），点击“开”，然后点击“确定”按钮。

(13) 确认洗眼器位置，在弹出的界面上（见图 1-13）点击“确定”按钮。

(14) 打开实验室窗户，首先右键单击窗户（见图 1-14），弹出界面，点击“打开”按钮，窗户即变为开启状态。

(15) 打开通风橱，单击通风橱面板上的“开始”按钮（见图 1-15），通风橱打开，即可开始实验（实验过程略）。

(16) 实验完毕，整理收拾，准备离开。首先关闭通风橱、窗户、总水阀、总电源（操作方式与打开时相似）。点击实验记录本（见图 1-16），登记离开时间，软件自动读取



图 1-10 实验记录本上登记个人信息

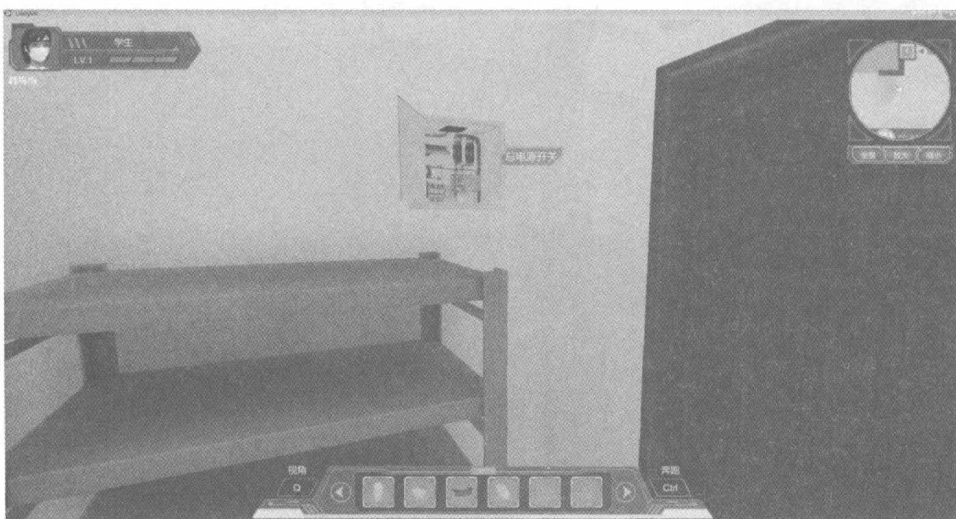


图 1-11 打开总电源

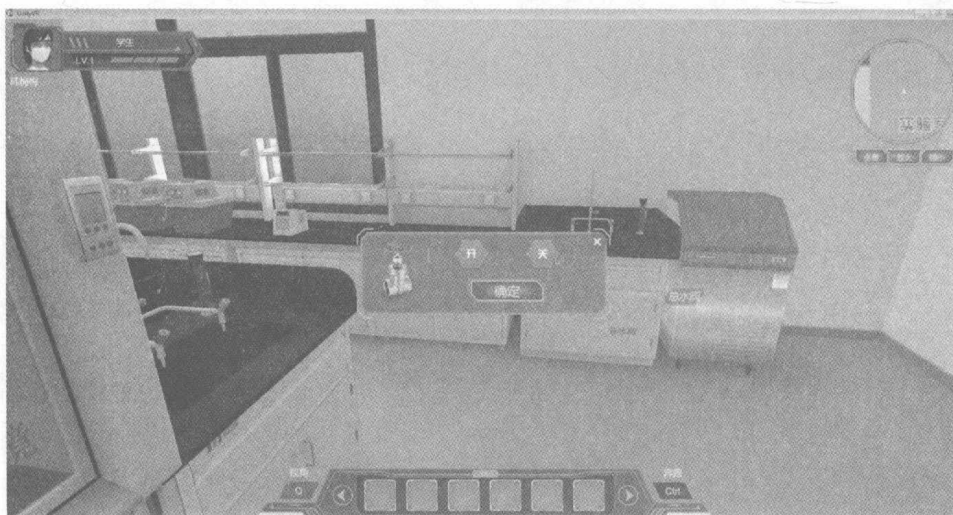


图 1-12 开实验室总水阀

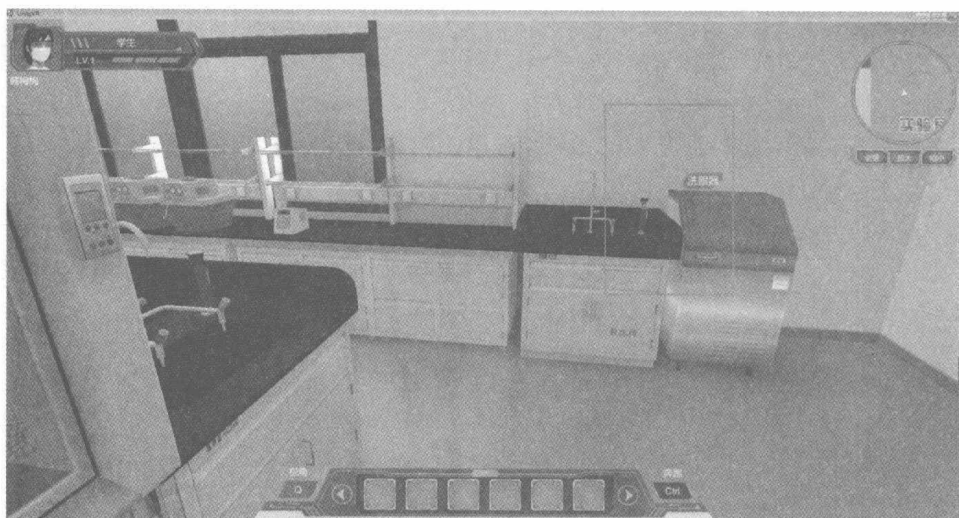


图 1-13 确认洗眼器位置

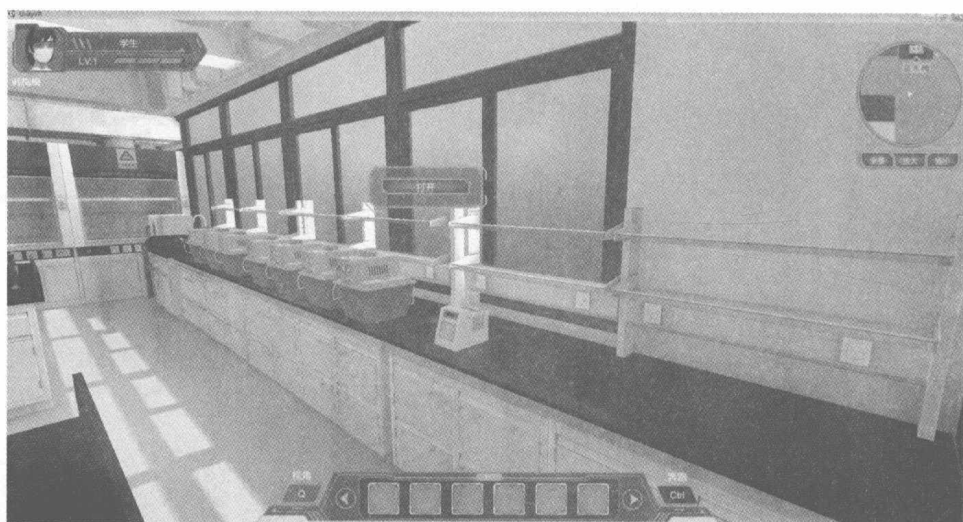


图 1-14 打开实验室窗户



图 1-15 打开通风橱