

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在化工生产过程中，进行设备的维护和检修是必要的，而设备的检修一般都需要停止生产。因此，开车和停车过程是化工厂正常运转必不可少的生产阶段。由于目前的化工生产还难以实现完全脱离现场工作人员，有些关键泵、阀门的开关还必须由现场操作员进行操作，因此为这些人员提供实时、正确的操作任务信息能帮助他们正确完成操作任务，减少操作失误的可能性，从而保障全流程的生产安全。

目前，化工厂中大多数生产属于连续生产过程，其特点为连续、稳定、高效。除去开车和停车阶段，当生产装置处于稳定运行阶段时，一般也不需要到现场对设备、仪表进行操作。在这个阶段，现场人员的主要工作转变为巡检。在工作中，巡检员需要按照指定的路线对关键设备进行检查，记录设备的正常运行情况，同时及时发现生产过程可能出现的异常情况并进行上报。为巡检员提供当前的巡检任务，并使他们能够快速查询设备的相关参数无疑能够对其工作产生帮助。

在了解现场情况，确定了需要实现的功能以后，以煤制甲醇虚拟场景为例进行进一步的研究。初步学习了煤制甲醇的工艺过程，对其工艺特点有了一定的了解。同时，重点分析开车和停车过程，将其作为操作提供给现场操作员的操作任务进行功能开发。

为了实现个人智能防护设备所需的各项功能，需要综合运用各种开发软件进行开发，这便要求对这些软件都要有一定的理解并能够初步使用。例如，煤制甲醇虚拟场景借助Unity进行实现，主要利用C#语言编成的脚本进行工作，在对场景功能调整时便需要通过新建、改写脚本加以实现。系统端的开发主要借助Windows Form平台，运用C#编程语言以窗体App的形式进行开发。移动端的开发则主要借助Android Studio软件，运用Java编程语言实现具体功能，并运用XML文件对用户界面和控件进行描述。由于数据的储存需要数据库的支持，选取MySQL作为储存数据的数据库管理系统。在本次实习过程中均尝试使用了上述软件或平台，并利用相应编程语言进行所需功能的开发。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在浙江巨化股份有限公司开展了相关实践，参与化工智能防护设备的设计与开发项目。项目的主要研究目标为设计并开发一种个人智能防护设备，实现必要功能而对现场工作人员的工作开展有所帮助。

以煤制甲醇虚拟工厂的场景为例，初步设计了针对该虚拟工厂的个人智能防护设备的总体结构，开发实现的功能模块包括信息传递模块、信息储存模块、信息处理模块以及人机交互模块。信息传递模块的功能是使系统端能够从各信息源获取必要的信息，并根据移动端的指令将对应信息进行传递。信息储存模块主要负责为信息提供储存空间，从而方便信息的查询。信息处理模块包含本设备的主要功能，负责根据现场人员需求选取并处理相关信息，并将该信息提供给现场人员。人机交互模块为现场工作人员提供适宜的操作界面，使他们能够根据自己当前的需求通过服务器获取信息。

根据不同模块能够开发具体功能或实现具体目标，包括实现实时设备信息获取功能以获取生产现场相关设备的动态信息，进行通信环境的配置以构建系统端和移动端的连接通路，选取ODBC支持的MySQL数据库管理系统进行数据库的建立，通过扫描解析现场二维码的形式辨别设备，并在移动端通过编程实现设备信息提示功能以及任务信息指引功能，同时进行人机交互操作界面的设计。

本研究将智能手机与Android应用程序相结合而形成个人智能防护设备的移动端，通过上述

功能的开发与目标的实现可以为现场人员较好地提供设备信息以及任务信息。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

化工生产现场环境复杂多样，人员的不安全行为易诱发安全事故。随着智能化、数字化的发展，现代网络与通讯技术使得人与网络的连接愈发紧密。通过网络向现场人员提供相关信息支持能够确保他们准确完成工作，从而提高化工生产的整体安全性。然而，目前为化工现场人员设计的辅助系统或工具大多只着眼于特定功能，并未针对化工生产的整体安全性需求进行系统地设计。与此同时，生产技术与信息技术的融合驱动了数字工厂的诞生和演化，而数字工厂则为新技术的研发提供了安全便捷的虚拟仿真环境。因此，设计了以化工整体安全为导向的智能辅助系统的开发框架，并开发了云端协同的智能辅助系统。在构建煤制甲醇数字工厂的基础上，使系统在数字工厂的虚拟场景中进行功能测试。具体完成的主要工作如下：

（1）设计了高灵活性的智能辅助系统架构。基于模块化架构设计了部署于桌面端和移动端的智能辅助系统，以支持功能的调整与拓展。系统通过两端的紧密协作，以云端协作的形式为现场人员提供所需信息，从而确保人员的工作准确性及效率。在系统实现过程中，采用的关键技术包含了基于C#与WinForms框架的服务器架构、基于MySQL的关系型数据库存储方案、基于自编码器的音频异常检测模型、基于Java与Android框架的移动端架构、基于ZXing的二维码识别技术以及基于TCP/IP的客户端—服务器通信技术。

（2）实现了智能辅助系统的功能。根据系统架构并运用相关技术分别实现系统囊括的数据通信模块、设备信息模块、任务提示模块以及巡检辅助模块。数据通信模块构建了动态参数信息、客户端、数据库与服务器之间的传递通路，确保信息能够及时有效地传递。其中，客户端与服务器通信过程中的信息头部附加上了特定字节，以表示信息类型。设备信息模块以桌面端的设备信息存储以及移动端的二维码识别为基础，能够为现场人员提供设备参数。任务提示模块根据数据库获取任务步骤，并促使操作员按照指定任务步骤操作正确的目标。信息交流功能的实现为操作员与中控室人员的交流创建了平台。巡检辅助模块要求巡检员按照巡检步骤进行巡检，在巡检过程中采集目标设备的信息并上传。上传的音频信息则由音频异常检测模型进行检测，返回是否存在异常的检测结果。将上述功能模块进行集成，同时设计人机交互友好的用户界面，能够在移动端构建Android综合应用，在桌面端构建WinForms综合服务器，从而为相关人员的操作提供便利。

（3）构建了煤制甲醇数字工厂。通过文献调研和课题组的工作积累归纳得到数字工厂的建设架构，并结合煤制甲醇真实工艺分别构建三维模型子系统、虚拟现实子系统、流程仿真子系统、过程控制子系统以及数据通信子系统，最终得到煤制甲醇数字工厂。在原有数字工厂的基础上，进一步进行应用环境配置，在虚拟场景中添加了二维码组件以满足智能辅助系统的应用需求。

（4）测试了数字工厂场景中的系统功能。在数字工厂中设计了气化开车事故场景以及巡检流程工作案例，并在上述场景中对系统功能进行测试，充分发挥了数字工厂在模拟仿真方面的优势。测试过程中的界面信息表明，系统各模块运行稳定、功能正常。

本研究通过设计并开发面向化工现场人员的智能安全生产辅助系统，为目前个人智能防护设备普遍存在的无法主动提供信息、难以着眼于整体工业生产以及智能性不足等问题提供了新的解决方案。在数字工厂环境中的测试表明，系统通过智能信息辅助的方式为现场人员提供工作帮助，能够在化工生产环境发挥作用。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Realization of an Immersive Virtual Factory for the Chemical Industry	会议论文	2024年11月28日	ICNSC 2024	1/6	EI会议收录
化工现场信息提示系统 V1.0	计算机软件著作权	2024年07月17日	登记号: 2024SR1011099	2/4	导师一作

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 87 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 83 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名： 应彦深	

自 2015 年入职以来，在导师的指导下，围绕“煤化工行业智能化生产”这一主题，开展了大量的研究工作。在导师的悉心指导和帮助下，顺利完成了硕士期间的学习和科研工作。现将本人在攻读硕士学位期间的学习、科研及实践情况总结如下：

(1) 完成了煤化工行业智能化生产的研究。通过文献调研和课题组的工作积累，归纳得到煤化工行业的智能化生产需求，并综合煤制甲醇工艺分别构建三维模型子系统、虚拟现实子系统、流程仿真子系统、过程控制子系统以及数据通信子系统，最终得到煤制甲醇数字工厂。在原有数字工厂的基础上，进一步进行应用环境配置，在虚拟场景中添加了二维码组件以满足智能辅助系统的应用需求。

(2) 测试了数字工厂场景中的系统功能。在数字工厂中设计了气化开车事故场景以及巡检报警工作案例，并在虚拟场景中测试了系统功能，充分发挥了数字工厂在虚拟仿真方面的优势。测试过程中的界面信息显示，系统各模块运行稳定，功能正常。

本论文通过设计并开发面向化工现场人员的智能安全生产辅助系统，为目前个人智能辅助设备普遍存在的无法主动提供信息、难以适应于整体工业生产以及智能性不足等问题提供了新的解决方案。在数字工厂环境中的测试表明，系统通过智能信息辅助的方式为现场人员提供工作帮助，能够在化工生产环境中发挥作用。

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩单

学号: 22260350	姓名: 应彦深	性别: 男	学院: 工程师学院	专业: 材料与化工	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 24.0学分		已获得: 26.0学分		入学年月: 2022-09	毕业年月:						
学位证书号:			毕业证书号:			授予学位:					
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	90	公共学位课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	91	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	85	专业学位课	2022-2023学年春季学期	自然辩证法概论		1.0	86	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	化学品设计与制造		2.0	88	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	90	公共学位课	2022-2023学年春夏学期	优化算法		3.0	91	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	93	专业学位课	2022-2023学年春夏学期	化学品制造技术进展		2.0	80	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	化工制造安全与环境		2.0	90	专业选修课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	88	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2025-06-03



Realization of an Immersive Virtual Factory for the Chemical Industry

Yanshen Ying
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
ying-ys@zju.edu.cn

Anye Jin
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
jin-ay@zju.edu.cn

Yixuan Gao
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
gao_yx@zju.edu.cn

Chenchen Zhou
College of Chemical and
Biological Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
zhou-cc@zju.edu.cn

Zuzhen Ji
Department of Mechanical
Engineering
Zhejiang University of
Technology
Hangzhou, China
jizuzhen@zjut.edu.cn

Shuang-Hua Yang*
College of Chemical and
Biological Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
yangsh@zju.edu.cn

Abstract—With the continuous advancements in science, technology, and production methods, the digitalization process of the chemical industry is rapidly progressing. This paper addresses the limitations of existing hierarchical system structures in chemical process virtual factory construction, which often result in lengthy development cycles and limited scalability, failing to accommodate real-time user needs. Additionally, conventional virtual factories primarily presented through computer screens lack immersion and interactivity. To overcome these challenges, this study proposes a de-layered and de-centralized virtual factory construction scheme. It integrates projected virtual reality technology to enhance personnel training and work experience. This framework empowers users to develop customizable functional modules, thereby catering to personalized training requirements.

Keywords—Chemical industry, Virtual factory construction framework, Personnel training

I. INTRODUCTION

The products produced by the chemical industry are extensively utilized across various sectors, enhancing people's lives [1]. With the rapid advancement of science and technology, the scale and complexity of chemical production processes have significantly increased. Most substances used in the chemical industry are flammable, explosive, and toxic [2]. Consequently, accidents occurring under high-temperature and high-pressure conditions can lead to irreversible outcomes due to complex reactions [3]. Human error is identified as the primary cause of accidents in the chemical industry [4], [5]. In this context, virtual factories have emerged. By simulating the entire production process in a computerized virtual environment, these virtual factories replicate real factory operations to the greatest extent possible. They provide practitioners with training on operational procedures and improve their ability to handle processes and accidents. Additionally, virtual factories serve as an excellent

educational tool, offering students and new employees a comprehensive introduction to the factory and enhancing their understanding of the processes involved.

Virtual factories have evolved into 2D, 3D, and immersive formats. 2D virtual factories visualize process control systems and production processes. For example, Ye integrated an advanced control process within a dynamic simulation connected to a Distributed Control System [6]. In 2019, Szávuly developed a continuous distillation process for ethanol-water mixtures [7]. 3D virtual factories focus on accident simulation and visualization. Dasgotra modeled oil storage tanks and simulated temporal changes post-chemical spills [8]. Peng simulated toxic gas diffusion in a 3D chemical industrial park scene [9]. Immersive virtual factories leverage the interactivity and conceptualization capabilities of virtual reality technology, enabling users to engage in human-computer interactions with virtual scenarios and receive immediate feedback. Immersion offers numerous benefits, such as increased engagement [10], improved motor skills [11], enhanced training efficiency [12], and deeper memory retention [13]. Manca highlighted the use of process and accident simulators in virtual environments for simulating accidents in a toluene hydrodealkylation process. [14]. Ko integrated dynamic process and accident modeling to train control room personnel and field operators [15].

Currently, challenges facing virtual factory development include long cycles, secondary development difficulties, and lack of standardized frameworks. This paper proposes a standardized flexible system construction framework and implementation techniques to realize immersive virtual factories, aiming to enhance flexibility, reduce development cycles. This framework facilitates the development of customizable functional modules in virtual factory environments, enhancing both immersion and interactivity. Additionally, it simplifies the construction of standardized model and script databases, which

Realization of an Immersive Virtual Factory for the Chemical Industry

Publisher: IEEE

Yanshen Ying; Anye Jin; Yixuan Gao; Chenchen Zhou; Zuzhen Ji; Shuang-Hua Yang [All Authors](#)

34
Full
Text Views



Need Full-Text
access to IEEE Xplore for your organization?
[CONTACT IEEE TO SUBSCRIBE >](#)

Abstract

Document Sections

- I. Introduction
- II. Immersive Virtual Factory System Design
- III. Realization of Immersive Virtual Factory
- IV. Application of Immersive Virtual Factory
- V. Conclusions

Authors

Figures

References

Keywords

Metrics

Abstract:
With the continuous advancements in science, technology, and production methods, the digitalization process of the chemical industry is rapidly progressing. This paper addresses the limitations of existing hierarchical system structures in chemical process virtual factory construction, which often result in lengthy development cycles and limited scalability, failing to accommodate real-time user needs. Additionally, conventional virtual factories primarily presented through computer screens lack immersion and interactivity. To overcome these challenges, this study proposes a de-layered and de-centralized virtual factory construction scheme. It integrates projected virtual reality technology to enhance personnel training and work experience. This framework empowers users to develop customizable functional modules, thereby catering to personalized training requirements.

Published in: 2024 International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)

Date of Conference: 18-20 October 2024 **DOI:** 10.1109/ICNSC62968.2024.10760172

Date Added to IEEE Xplore: 28 November 2024 **Publisher:** IEEE

ISBN Information: **Conference Location:** Hangzhou, China

ISSN Information:

Funding Agency:

I. Introduction
The products produced by the chemical industry are extensively utilized across various sectors, enhancing people's lives [1]. With the rapid advancement of science and technology, the scale and complexity of chemical production processes have significantly increased

More Like This

Real-time diagnostic for the temperature sensors with linear resistance dependence via an artificial neural network
2020 XI International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS)
Published: 2020

TALK: A Temperature-Aware Leakage Minimization Technique for Real-Time Systems
IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems
Published: 2011

[Show More](#)

All About IDL Security

经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compendex》收录。（检索时间：2025年2月11日）。

<RECORD 1>

Accession number:20245317610196

Title:Realization of an Immersive Virtual Factory for the Chemical Industry

Authors:Ying, Yanshen (1); Jin, Anye (1); Gao, Yixuan (1); Zhou, Chenchen (2); Ji, Zuzhen (3); Yang, Shuang-Hua (2)

Author affiliation:(1) Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou, China; (2) College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, China; (3) Zhejiang University of Technology, Department of Mechanical Engineering, Hangzhou, China

Corresponding author:Yang, Shuang-Hua(yangsh@zju.edu.cn)

Source title:ICNSC 2024 - 21st International Conference on Networking, Sensing and Control: Artificial Intelligence for the Next Industrial Revolution

Abbreviated source title:ICNSC - Int. Conf. Netw. Sens. Control: Artif. Intell. Next Ind. Revolut.

Part number:1 of 1

Issue title:ICNSC 2024 - 21st International Conference on Networking, Sensing and Control: Artificial Intelligence for the Next Industrial Revolution

Issue date:2024

Publication year:2024

Language:English

ISBN-13:9798350365221

Document type:Conference article (CA)

Conference name:21st International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2024

Conference date:October 18, 2024 - October 20, 2024

Conference location:Hangzhou, China

Conference code:204566

Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Number of references:23

Main heading:Construction industry

Controlled terms:Chemical industry - Industrial plants

Uncontrolled terms:Chemical process - Development cycle - Immersive - Production methods - Real-time - Science methods - Science technologies - Systems Structure - Virtual factory - Virtual factory construction framework

Classification code:405 Construction Equipment and Methods; Surveying - 805 Chemical Engineering, General - 913 Production Planning and Control; Manufacturing

DOI:10.1109/ICNSC62968.2024.10760172

Funding details: Number: 61873119, Acronym: NSFC, Sponsor: National Natural Science Foundation of China;Number: -, Acronym: NSFC, Sponsor: National Natural Science Foundation of China;Number: 2018YFC0214102, Acronym: NKRDPC, Sponsor: National Key Research and Development Program of China;Number: -, Acronym: NKRDPC, Sponsor: National Key Research and Development Program of China;

Funding text:This work was supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 61873119 and the National Key Research and Development Project of China under Grant No. 2018YFC0214102.

Database:Compendex

Compilation and indexing terms, Copyright 2025 Elsevier Inc.

注:

1. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
2. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。



中华人民共和国国家版权局 计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第13414972号

软件名称： 化工现场信息提示系统
V1.0

著作权人： 浙江大学

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2024SR1011099

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



2024年07月16日

计算机软件著作权申请代理证明

兹证明软件名称为“化工现场信息提示系统 V1.0”，著作权人为：浙江大学，流水号为：2024R11L1157249，开发人员为：杨双华、应彦深、周辰琛、高一璇的计算机软件著作权于 2024 年 5 月 14 日委托杭州天勤知识产权代理有限公司代为办理，2024 年 7 月 17 日收到中国版权保护中心发出的电子证书，证书号为：软著登字第 13414972 号，登记号为：2024SR1011099。

杭州天勤知识产权代理有限公司

2024 年 07 月 18 日

