

同行专家业内评价意见书编号: 20250858268

**附件1**

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）  
同行专家业内评价意见书**

姓名: 王家乐

学号: 22260170

申报工程师职称专业类别（领域）: 能源动力

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制**

**2025年05月26日**

## 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)

我完成了基础及专业知识学习，熟悉行业技术需求，系统掌握了专业理论知识、专业技术知识和研究方法。在专业基础理论构建方面，我已系统掌握能源转换与利用的核心原理，完成公共学位课《自然辩证法概论》(95分)和《工程伦理》(95分)，建立起工程技术研究的辩证思维体系，特别是在热力学系统分析、动力装备能效优化等专业领域，能熟练运用矛盾分析法解决复杂工程问题。通过《新时代中国特色社会主义理论与实践》(93分)课程，对“双碳目标”等国家战略深度融入专业认知，形成了政策导向型的能源技术研发思维。在专业技术应用层面，我注重理论与实践的结合，专业学位课《工程技术创新前沿》中，通过燃煤机组灵活性改造、氢燃料电池系统集成等案例研究，掌握了动力系统优化设计的核心技术路径；在《产业技术发展前沿》课程中学习将数值仿真技术应用于能源设备故障诊断的实操能力，对新技术、新流程、新工艺、新方法、新材料、新设备、先进生产方式、国内外技术前沿发展现状与趋势等行业知识有所了解。

### 2. 工程实践的经历(不少于200字)

在系统仿真方案设计阶段，我聚焦热网蒸汽输运动力学特性，创新性地构建了融合物理机理的神经网络模型。针对传统数据驱动模型对样本量的强依赖问题，将蒸汽输运过程中的质量守恒方程、能量方程等物理规律编码为神经网络的损失函数约束，同时将管道拓扑结构、初始压力边界等先验知识嵌入网络架构。这种物理信息融合的建模方法显著降低了模型对训练数据规模的依赖，使系统在有限工况数据下仍能准确预测蒸汽压力分布与温度场演化规律，为综合能源系统中蒸汽管网的动态优化调度提供了新的理论框架，尤其对多能源耦合场景下的管网扩容规划与运行成本控制具有重要指导意义。

在试车台余热回收系统设计中，我基于现场调研构建了全流程智慧化方案。通过实地跟踪试车台运行周期，系统采集不同工况下的排气温度波动特征、冷却水循环参数及冷凝水产生规律，创新设计多源余热协同回收体系。针对高温冷却水余热，开发了基于流量自适应的板式换热器群组调控策略，实现余热品位的梯级匹配；对于低压冷凝水余热，提出闪蒸增效与热泵提质的复合利用路径。整套方案通过物联网平台集成设备运行数据，结合模糊控制算法动态优化热量分配，显著提升了余热回收系统的整体能效与经济性，为工业场景的智慧供热改造提供了可复制技术路径。

### 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)

1. 研究问题：以热网中蒸汽的输送过程为研究对象，建立新型神经网络模型，并将物理信息(能源系统方程，初始边界条件等)作为损失约束加入模型中，用更少的数据样本学习到更具泛化能力的模型，为综合能源系统中蒸汽管网的有效规划，综合成本最小化打下理论基础。

2. 设计方案及技术路线：对基础综合能源系统领域内容展开学习，并构建综合能源系统的蒸汽热网模型；进行相关蒸汽相关文献调研，阅读与整理工作，学习文献检索方法；进行物理信息神经网络相关文献调研；构建蒸汽热网Apros模型，完成数据获取和预处理工作；建立神经网络模型，并设置基础参数；搭建包含物理信息的神经网络模型，完成模型训练和测试过程；画图处理预期结果，形成结论；进行专利和论文撰写工作。

3. 学习过程：我探究了基于物理信息神经网络的蒸汽热网建模的项目。此项目要求深入理解综合能源系统的原理和技术，特别是在蒸汽热网的建模方面。为了更好地完成任务，我投入



大量时间学习相关领域的基础知识和技术前沿。例如，我阅读了大量关于能源系统方程、热力学原理、流体力学以及神经网络的论文达200多篇，掌握了构建能源系统模型所需的数学工具和技术。此外，我还学习了如何使用Apros等专业软件进行建模仿真，包括定义蒸汽管道的几何参数、材料属性、热工参数等，并设定初始条件和边界条件，设置各种传感器节点，以便在仿真过程中收集温度、压力、流量等关键数据，获得所需要的蒸汽管道的实际验证数据。此外，我还学习了如何将物理信息融入神经网络模型中，对比于传统机器学习模型通常只依赖于数据驱动的方法来学习输入和输出之间的映射关系，将物理信息融入神经网络模型中，减少了对大量训练数据的需求，提高了模型的泛化能力和预测准确性，预测误差小于1%。

4. 最终结果：对一定区域内的各类流体能源和电力系统进行联合优化运行，是目前综合能源系统（IES）实现优化运行和支撑可再生能源的消纳的重要方向。目前在IES领域，在建模方面，以数值方法和统一建模方法为主。由于各类流体时间尺度不同，前者难以直接用于多能流联合优化管控，后者对各类流体的热工水力耦合进行简化，难以在多能流联合优化中考虑复杂流体网络结构。本项目提出了一种广义流体建模方法，这一方法可涵盖冷、热、压缩空气和天然气等各类流体类能源网络，这一方法以蒸汽系统动态建模为基础，通过建立通用物理信息神经网络（PINN）模型，实现了流体类能源网络热工水力耦合的动态过程的统一求解。该方法在考虑温度变化响应的蒸汽长距离输送管道中进行验证，获得了误差小于0.1%的预测。同时使用该方法，对水和天然气网络进行验证，分别获得了0.24%和0.8%的误差。另外，不同守恒的残差项影响结果的最终精度，在数值处理方面，数据反归一化出能够显著预测结果精度，其提升能力与各状态参数的最值有关。

5. 成果转化：项目方法进一步推广至数字孪生系统构建，通过将物理信息神经网络模型与数字孪生技术相结合，能够实时监控和优化蒸汽热网的运行状态，实现精准的预测和控制。这种转化能够提高能源系统的效率和可靠性，对未来多种能源网络并存的区域性综合能源系统的调度优化运行提供基础。通过将物理信息融入神经网络模型，能够准确预测蒸汽热网的运行状态，可进行故障预测和资源优化。通过对历史数据的分析，能够预测潜在的故障点，帮助企业及时采取措施，避免了非计划停机造成的经济损失。通过对蒸汽热网的精细管理，帮助企业实现了资源的合理分配和利用，提高了整体系统的能效。

(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
Research on Hybrid Modeling Simulation Method of Steam Dynamic Transmission and Distribution Process	会议论文	2022年09月03日	2022 IEEE The 7th International Conference on Power and Renewable Energy	1/5	EI会议收录
一种多能流系统动态建模及求解方法	发明专利申请	2025年04月11日	申请号: 2023103796873	2/4	已公开

**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: 88 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: 76 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: 王家乐	

浙江工业大学工程硕士专业学位  
学院考核评价：  
格  
(公章) 2015 年 5 月

<p>日常表现 考核评价</p>	<p>非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>优秀    <input type="checkbox"/>良好    <input type="checkbox"/>合格    <input type="checkbox"/>不合格</p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）</p> <p style="text-align: right;">2015 年 5 月 27 日</p>
<p>申报材料 审核公示</p>	<p>根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>通过    <input type="checkbox"/>不通过（具体原因：</p> <p>工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）：</p> <p style="text-align: right;">) 年 月 日</p>

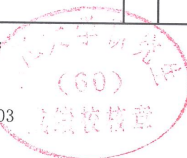


### 攻读硕士学位研究生成绩表

2. 备注中“\*”表示重修课程。

成绩校核人：张梦依

打印日期: 2025-06-03



经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compindex》收录。（检索时间：2024年12月26日）。

<RECORD 1>

Accession number:20225113261997

Title:Research on Hybrid Modeling Simulation Method of Steam Dynamic Transmission and Distribution Process

Authors:Wang, Jiale (1); Zhou, Yi (2); Zhang, Shuting (2); Lin, Xiaojie (3); Zhong, Wei (4)

Author affiliation:(1) Zhejiang University, Polytechnic Institute, Hangzhou, China; (2) Zhejiang University, College of Energy Engineering, Hangzhou, China; (3) Zhejiang University, Changzhou Industrial Technology Research Institute, Hangzhou, China; (4) Zhejiang University, Polytechnic Institute, Zhejiang University Jiaxing Research Institute, Hangzhou, China

Source title:2022 IEEE 7th International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2022

Abbreviated source title:IEEE Int. Conf. Power Renew. Energy, ICPRE

Part number:1 of 1

Issue title:2022 IEEE 7th International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2022

Issue date:2022

Publication year:2022

Pages:798-802

Language:English

ISBN-13:9781665450638

Document type:Conference article (CA)

Conference name:7th IEEE International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2022

Conference date:September 23, 2022 - September 26, 2022

Conference location:Shanghai, China

Conference code:184775

Sponsor:IEEE; IEEE Industry Applications Society; Shanghai Maritime University

Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Number of references:16

Main heading:Finite difference method

Controlled terms:Computational efficiency - Computer software - Numerical methods - Steam - Thermography (temperature measurement)

Uncontrolled terms:Backward differential - Distribution process - Dynamics models - Finite-difference methods - Hybrid model - Modeling simulation - Steam flows - Steam systems - Thermal model - Transmission and distribution

Classification code:723 Computer Software, Data Handling and Applications - 921.6 Numerical Methods - 944.6 Temperature Measurements

Numerical data indexing:Percentage 4.30E-01%

DOI:10.1109/ICPRE55555.2022.9960386

Funding text:This work is supported by National Key RandD Program of China (Grant No. 2020YFE0200400). This work is in part supported by National Natural Science Foundation of China (Grant No. 51806190)

Database:Compindex

Compilation and indexing terms, Copyright 2024 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。



# Research on Hybrid Modeling Simulation Method of Steam Dynamic Transmission and Distribution Process

Jiale Wang  
Polytechnic Institute, Zhejiang  
University  
Hangzhou, China  
barrierbox@outlook.com

Yi Zhou  
College of Energy Engineering,  
Zhejiang University  
Hangzhou, China  
zhouyi0122@zju.edu.cn

Shuting Zhang  
College of Energy Engineering,  
Zhejiang University  
Hangzhou, China  
st\_zhang@zju.edu.cn

Xiaojie Lin  
Changzhou Industrial  
Technology Research Institute,  
Zhejiang University  
Hangzhou, China  
xiaojie.lin@zju.edu.cn

Wei Zhong  
Polytechnic Institute, Zhejiang University  
Jiaxing Research Institute, Zhejiang University  
Hangzhou, China  
zhongw@zju.edu.cn

**Abstract**—In view of the current lack of dynamic modeling and analysis of steam modeling, the numerical method needs to balance between accuracy and computational efficiency. Based on the basic equation of steam flow, this paper establishes a mathematical model of the hydrothermal process of steam flow. Hydrothermal model is carried out by using a mixture of analytical and numerical methods, and the thermal model is solved by finite difference method for simulation. Compared with the simulation data of commercial simulation software, the solution error of this method is about 0.43%, and the influence of different solution conditions on the thermal process is explored.

**Keywords**—steam system, dynamic model, thermal model, finite difference method, backward differential

## I. INTRODUCTION

At present, the modeling and simulation, planning design, and optimal scheduling of the heating network of the integrated energy system have become the research hotspots[1]-[5]. The transportation of steam in the heating network is very important. 2/3 of the industrial heating system uses steam to meet the of. Compared with the hot water in the heat network to transfer heat, steam is more volatile due to its compressibility and easy phase change, and it is easy to cause dangerous situations such as condensation, which brings more challenges to the optimal scheduling of the heat network in the integrated energy system. One of the ways to solve this problem is to model the mechanism of steam transportation in the heating network, thus laying a theoretical foundation for the effective planning of the pipeline network and the minimization of comprehensive costs.

The existing thermal pipe network model is mainly based on the steady-state model. Xie *et al.* [6] established a hydraulic calculation model of the pipe network based on the pipeline pressure variation formula, the nodal flow equation, and the

nodal pressure continuity equation. Zhang[7] established a steady-state hydraulic calculation model and gave the pressure, friction resistance, density calculation formula, and flow chart. Guo[8] optimized the pipeline pressure variation formula.

However, the flow of steam in the pipe network is often in an unstable working state, and its parameters continue to change with time [9]. Liu *et al.* [10] used Apros software to study the dynamic delay of long-distance steam heating networks and its influencing factors. Lu *et al.* [11] and Sun[12] used Modelica software to study the dynamic simulation model of a single steam pipeline and its delay evaluation. Gao *et al.* [13] used the Gensystem model development platform to build a dynamic model of pipe network simulation. Zhou[14] established a dynamic hydraulic model based on the node and branch theory and solved it with the improved square root method. Chen *et al.* [15] established a dynamic hydraulic model, using the Euler finite difference technique and introducing virtual nodes to solve it. Song *et al.* [16] used the sparse matrix method to solve the dynamic hydrothermal model of the steam heating pipe network, which reduced the solution time and accelerated the solution speed. Hu *et al.* [9] established a dynamic thermal model to accurately and quantitatively describe the key processes of heat storage, heat transfer, and dissipation in the pipe network.

In this paper, for the steam transportation process in a single pipe, the hydraulic and dynamic thermal model are solved step by step from the dynamic modeling of steam, and the explicit difference method in the finite difference method is used to solve the dynamic thermal model, and the analysis of its transportation is emphasized. This paper focuses on the analysis of the dynamic thermal characteristics of the transport process and the influence of discrete stepping length and inner diameter of the pipeline on the thermal model.



310013

浙江省杭州市西湖区古墩路 701 号紫金广场 C 座 1506 室 杭州求是  
专利事务所有限公司  
万尾甜(0571-87911326-819)韩介梅(0571-87911326)

发文日:

2023 年 04 月 11 日



申请号: 202310379687.3

发文序号: 2023041101449720

## 专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2023103796873

申请日: 2023 年 04 月 11 日

申请人: 浙江大学

发明人: 林小杰,王家乐,周懿,钟巍

发明创造名称: 一种多能流系统动态建模及求解方法

经核实,国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 5 页,权利要求项数: 6 项

说明书 1 份 13 页

说明书附图 1 份 2 页

说明书摘要 1 份 1 页

专利代理委托书 1 份 2 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: 万-231-74-蓉

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后,认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时,可以向国家知识产权局请求更正。

2. 申请人收到专利申请受理通知书之后,再向国家知识产权局办理各种手续时,均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部

