

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	北京市热力集团有限责任公司	
实践单位地点	北京市朝阳区柳芳北街6号	
实践岗位名称	项目参与人员	
专业实践训练时间	分段进行	2021年09月01日开始 至 2021年12月31日结束
		专业实践训练累计 121 天（单位考核前），其中项目研究天数 100 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>北京热力集团是全国最大的供热企业，担负着中央党政军机关及驻华使馆、北京市党政机关、大型企事业单位和数百万首都市民供热保障职责，总供热面积 5.19 亿平方米，京内供热面积 3.43 亿平方米，供热范围覆盖北京 15 个区，占全市总供热面积的 37%。本人此次参与实践的《基于大数据的北方城镇供热按需精准调控技术与示范》项目，围绕具有强耦合、大滞后、热惰性特征的北方城镇集中供热系统供需失衡的问题，借助工业互联网、人工智能等新一代信息技术，突破了城市级供热系统源网荷全过程数字孪生建模方法，引领提出了基于数字孪生模型和智慧供热技术，实现了京津冀地区 2.2 亿平米跨区域供热系统的源网协同与一体化运行。</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>《基于大数据的北方城镇供热按需精准调控技术与示范》项目，为国家重点研发计划，政府间国际科技创新合作重点专项项目，总经费 455 万元。本项目针对具有强耦合、大滞后、热惰性特征的北方城镇集中供热系统供需失衡的两大核心问题，即传统“源-网-荷”供热框架下由建筑热负荷波动性、室内居民行为不确定性、热源侧调控手段单一性等导致的供需匹配失衡问题，以及伴随“源-网-荷”热能生产、传输、损耗、转换、消费各环节中，多层次（热源侧、一次网、二次网等）热工水力复杂耦合性、热惰性、传输滞后性导致的供需两端在调控与响应上的不协调问题，开展国际合作研究，吸收消化国际合作方在末端需求侧精准供热的大数据与机器学习分析技术及工程经验，结合我方具有自主知识产权的热源建模技术，共同研发建立北方城镇</p>		

按需精准供热技术，在保障供热舒适度的同时降低能耗。

(3) 项目开展情况（含项目研究内容、研究方案及技术路线，研究团队分工、本人承担任务及完成情况，存在问题与改进建议等，不少于 500 字。）

本项目研究内容分为四个任务：①城镇复杂供热系统多尺度耦合建模；②基于大数据的供热系统状态估计与供需态势分析；③面向末端需求响应的供热系统运行优化技术；④城镇供热按需调控系统研制及其应用示范。其中，中方重点承担任务一、三，芬兰方重点承担任务二，通过结合前述任务研究成果，双方在任务四建立集成项目成果的北方城镇按需精准调控系统并进行应用示范。通过任务间条块结合、分工推进，本项目可解决以下关键技术问题：机理与数据融合的供热系统多尺度耦合动态建模问题、基于大数据的供热系统状态估计与供需态势分析问题及面向末端需求响应的供热系统精准调控问题。

本人主要承担本次示范项目二次系统关键数据的采集、整理，结合公式计算结果进行比对分析：各能量节点、热用户实时状态的波动引发的局域供需失衡并定量分析扰动的时间空间传播特性，如室外气象参数和室内环境变化引起的热用户负荷变化及延迟特性改变对供热系统供需平衡的影响、能量节点状态波动对管网输配能力的影响及热源参数降低时全域能量节点供需平衡是否满足要求等。通过总结和提炼供热系统在流量、能量、温度等多种热工水力特性波动下的实时供需态势变化律，推导实际热网在扰动态势下的热网热工水力参数如回水温度及流量的调节公式。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

本次专业实践，本人参与了项目针对二次侧示范小区进行具体分析，拟定并补充具有代表性的楼栋代表性室温测量装置的改造方案的制定工作；参与了二次系统采集设备的选型和改造工作；负责二次系统数据采集、整理、对比分析工作。

在应用示范落地的过程中，课题组充分考虑到现场人员提出的实际问题对调控系统的影响，如老旧小区保温特性、被动热用户不可调控等情形，在保证精准供热的目标下，增强系统的数据补齐能力与自适应诊断能力。最终实现了在城镇供热按需精准供热平台系统与示范区集成的基础上，示范面向末端需求响应的热网大数据态势感知与评估技术，展示供热系统运行优化能力与能耗降低水平，并示范“信息-物理”映射下的城镇供热按需调控系统的响应速度、需求预测精度、楼宇温度控制水平。

经过这半年的实践工作，本人深入生产一线，在运行过程中对大量的运行数据，如供回水温度、压力、流量、热量等关键参数进行采集、整理，了解系统实际运行状态与外界条件影响程度，向经验丰富的老师傅进行请教、学习，把他们的经验和学到的理论相结合，相互印证，并进行修正。对接入的实测数据，进行分析、验证，从而预测供热系统实时供需态势。研究在保证用户用能舒适度前提下的需求侧可调节潜力与柔性调节能力。分析供热室温延迟特性、建筑物储热蓄热特性、调控设备特性模型研究。

本次实践工作我还给运行师傅带去了理论知识，解决他们日常工作中的一些困惑，把经验总结提炼为工作标准和工作方法。通过优化二次侧参数（供温和流量）以达到所需的室内温度和最佳的二次侧温度平衡，缩小居民室内及建筑物之间的热量不平衡，从而提供稳定舒适的室内温度，为精准按需供热提供基础，一定程度上改善了由于缺少精准调控能力，为了确保最不利热用户的供热参数达标，供热的总供给与总需求相比通常过供耗能问题。

我与课题组通过总结和提炼供热系统在流量、能量、温度等多种热工水力特性波动下的实时供需态势变化律，参与推导出实际二次系统在扰动态势下热工水力参数如回水温度及流量的调节公式。

(二) 取得成效

本项目所提出的供热系统基于以建筑热负荷特性、室内居民自主自发行为、室内人居环境热舒适度为核心的热需求预测模型，建立以物联网技术为基础的大数据采集手段，以机器学习等为核心算法，衔接热源侧模型、网侧管网热力模型、水力模型、换热站物理模型以及换热站与一次网、二次网运行策略，以需求侧热舒适度为约束的“荷-网-源”全过程模型。同时，基于可实现供热系统供需侧高精度匹配的综合节能运行方案，这一系统以大数据技术为核心进行系统运行状态监测、诊断与评估机制，可针对潜在的水力平衡扰动与供热平衡扰动实现实时监测与预测控制。相比目前热力生产过程以供热曲线（室外温度为主要指标）与人工经验为依据的生产调度形式，这

一系统代表的技术路线建立了充分利用热用户侧和输配侧热网运行数据，以机理建模和数据驱动作为建模手段，以热需求侧响应为导向的精准化热源供热生产控制机制与联合优化方案，具有技术上的创新性。

项目提出基于工业互联网的供热系统运行状态感知技术，结合历史运行数据、气象信息、建筑物特性等多源异构数据开展“源-网-站-线-楼”的多层级精准负荷预测和供热系统全过程状态感知，依托多层级预测结果的调控技术克服了传统负反馈控制面对大滞后系统的缺点，实现实时分析，改善供热系统末端二级网水力热力平衡状况，同时基于工业互联网大数据分析的系统状态感知技术能减少工作人员的现场数据采集与入户测温等调研方式，有效避免了疫情时期的人员接触和交叉感染风险，提升供热系统的智能管控水平。基于负荷预测结果和状态感知信息，利用在线数字孪生模型对供热系统运行态势进行评估并给出调控指令，实现优化决策，经运行调度人员确认后对接供热自动化系统下发调度控制目标值组合策略，以在线量化分析评估方式提升供热系统调控的科学水平，减少了人工运维与决策，实现了“源-网-站-线-楼”的全过程协同智慧运行。这一基于信息物理系统的智慧运行调度总体技术体系，其核心思想是“基于系统模型的预测分析，以及基于预测分析的运行优化调控决策”。通过现有SCADA、DCS自动化系统，再结合物联网技术构建的自动化层，串联起物理系统与信息系统，实现信息流由物理系统到信息空间的状态感知和由信息空间到物理空间的精准调控。

项目提出的信息系统与物理系统融合的智慧精准调控体系有效降低了供热系统单位面积的供热能耗，提高系统综合效益，支持供热系统未来扩增供热面积，实现在不新增热源数量和出力的情况下服务更多的热用户，提升供热系统的经济效益。通过本项目有效的减少需求侧的过热和过冷现象，达到舒适供暖，显著提高供热舒适度并有效改善居民采暖的民生问题，进一步提高供热企业公共服务的技术水平。

本人的课题主要的研究对象，就是二次供热系统热特性对按需精准调控的影响，和实践内容完全相关。本次实践完善和指导了本人在浙江大学研究生培养计划的课题工作，通过全程的参与，梳理了课题的框架，理清了研究思路和报告逻辑，完成了培养计划相关的核心工作，使我的专业技能水平得到了极大的提升。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	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	学校排名/总参与单位数
------	---	---------------	----------------	----------	-------------

本人承诺

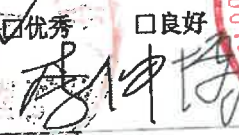
在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守
学术道德、遵循学术规范。

签字：贾萌

2022年6月1日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力, 以及通过技术应用创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价:</p> <p>该生在我单位“按需精准调控技术”研究、实践过程中, 将个人的研究方向和企业的实际需求相结合, 对学科的结构有了更宏观的认识, 对业务需求有了更深刻的理解。该生在实践活动中还表现了较强的团队协作和协调能力, 思维活跃, 多次提出创新性建议, 使项目取得很好效果。</p> <p>校外合作导师(或现场导师)签字: 王湘鸿 2022年6月1日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价:</p> <p>该生努力钻研专业知识, 系统掌握研究方向的相关技术, 具有扎实的科研基础。较好的完成了本次专业岗位实践训练, 体现了较高的科研创新能力和较高的业务水平, 项目研究与学位论文紧密相关。</p> <p>校内导师签字: 钟威 2022年6月1日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间: 2021年9月1日 实际实践结束时间: 2021年12月31日</p> <p>专业实践训练累计天数: 121 其中项目研究天数: 100</p> <p>实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格</p> <p>审核签字并盖公章:  2021年6月1日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩 (由现场答辩考核成绩 90%+单位过程考核成绩 10%组成):</p> <p>是否重修: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否</p> <p>教学管理部 (或相关分院) 审核签字 (公章): _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。