

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	项目组成员	
专业实践训练时间	集中进行	2021年06月01日开始 至 2021年12月31日结束
		专业实践训练累计 213 天（单位考核前），其中项目研究天数 90 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>北京市热力集团有限责任公司（简称“北京热力”）是全国供热面积最大、联网运行热源数量最多的大型国有集中供热企业。北京热力以热电联产供热为主，区域锅炉房为辅，充分利用电厂余热、多热源联网供热，能源综合利用效率较高，在供热保障能力、服务质量、节约能源、经济效益、环境效益和社会效益方面具有独特的行业优势。本项目以北京热力门头沟分公司区域锅炉房供热系统为研究对象，通过构建数字孪生模型，建立供热系统的在线实时优化策略，实现锅炉房供热全过程智慧联动优化调控技术研究。</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>项目名称：基于工业互联网的区域锅炉房集群供热全过程智慧联动优化调控与管理系统的研究与示范 项目来源：北京热力企业立项的科研项目 项目经费来源：企业自筹 主要研究目标：构建供热系统全过程的数字孪生模型，建立供热系统的在线实时优化策略，从楼宇热负荷需求出发建立按需精准供热调控系统。 技术难点： （1）大型区域供热系统由于热惰性导致的大滞后大大增加了供热动态精准调控难度，是本项目的难点之一； （2）供热需求侧由于天气变化、用户习惯等因素，用能具有不确定性，是本课题的难点之一。</p>		

(3) 项目实施地多为老旧小区，原有供热设备故障率高，且接电条件不足，是本课题的难点之一。

(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。）

研究内容：

- (1) 区域锅炉房供热系统数字孪生建模技术研究；
- (2) 基于室温测量数据，结合天气变化条件的末端需求负荷精准预测技术研究；
- (3) 基于模型预测控制方法的供热系统按需供热、精准调控技术研究；
- (4) 基于供热大数据的锅炉经济运行群控策略研究。

方案及技术路线：

- (1) 构建基于 GIS 平台的区域锅炉房供热管网数字孪生模型，设定各设备的运行工况条件，计算管网的温度、压力、流量等关键参数，模拟实际供热系统的运行状态。
- (2) 通过室温采集器实时获得用户室温，同时结合天气预报和历史运行数据，建立末端需求负荷精准预测模型，获得下一时刻各单元端所需流量及供热系统总需求流量。
- (3) 利用数字孪生模型，计算总需求流量分配条件下各站点的供回水压差、满足供需平衡条件的各水泵、阀调节要求，通过对水泵、电调阀开度下发控制策略，进行供热系统平衡调节。
- (4) 基于锅炉历史运行数据，建立锅炉运行性能仿真模型，采用智能寻优算法，优化锅炉的关键运行参数，以获得满足经济运行要求的锅炉集群优化运行方案及负荷优化分配策略。

团队分工及本人承担任务：

项目组包括项目负责人、硬件实施人员、平台实施人员、策略设计人员、项目管理人员，本人基于科研管理工作，结合浙江大学研究生培养计划，主要参与：

- (1) 项目调研及沟通工作，通过现场实地调研、与现场供热运行人员沟通，明确设备使用环境和需求，完成项目的可行性分析；
- (2) 锅炉群控策略研究，基于浙江大学研究生培养计划，结合实践训练，通过参与建立锅炉运行性能仿真模型、优化锅炉的关键运行参数等工作，完成项目的核心工作之一；

通过参与上述工作，本人从实践工作中加深了对供热系统的工作理解，同时结合了自身培养计划，对提升专业能力起到了重要作用。

问题与改进建议：

在现有研究的基础上，综合考虑锅炉燃气耗量与锅炉切换带来的启停代价间的平衡。

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，本人在北京热力门头沟分公司内开展基于工业互联网的区域锅炉房集群供热全过程智慧联动优化调控与管理系统的研究，通过对门头沟区域锅炉房、一次网、热力站、二次网、楼栋等实地考察，了解了项目的主要难点及研究意义；在此基础上，通过与一线运行人员及管理人士的深入讨论，明确了供热调节的瓶颈与关键突破口。因此，通过参与项目工作，对区域锅炉房供热系统、对门头沟区供热高差大的现状、供热流量分配，节能减排有了更进一步的认知和了解。

其次，通过参与项目调研、可行性研究、策略方案制定，加深了对供热锅炉控制的理解，如锅炉集群优化生产策略建立的前提是保障锅炉安全。“安全运行约束条件”既要考虑单台锅炉安全运行基本约束条件，包括：供水流量上下限、供热负荷上下限、额定供水温度、锅炉负荷变化速率等，同时，也须考虑各台锅炉组合、连续运行过程的安全保障约束条件，如：系统自动去除了锅炉群升、降负荷过程中，锅炉启停切换分配负荷高/低交替跳动不利于安全的高效运行方案。锅炉负荷的优化分配并不是单一的追求最低燃气消耗总量，而是兼顾安全性、考虑锅炉寿命的前提下进行的策略寻优。

同时，本人长期从事北京热力科技项目管理工作，通过参与本次实际工作，一方面加深了对供热单位的需求了解，明确基层供热单位的实际需求和困难，接下来从事科技管理工作将更加注重应用推广，解决实际生产运行问题；比起使用热电联作为热源的市政大网，门头沟区域锅炉房全过程供热系统的智慧联动优化调控，实现了源、网、站、线、户全过程智能供热，为北京市智慧供热推广示范提供了技术支撑和引领作用。也使我加深了对智慧供热的认识，通过实现过程中每一步工作的参与和回顾，了解了供热系统智慧化过程中的重点、难点以及可能的改进点，对现行工作和未来进一步工作的开展，都起到了重要的经验作用。

最后，供热系统全过程智慧供热联动调控，从项目的协调人、策略方案设计员以及现场实施人的角色体验，不仅使我在课程范围内的专业水平得到提升，还加深了我对区域锅炉房供热系统的理解，希望能够在参与本次实践工作的基础上，除了完成学业任务，还能提升业务水平，更好的指导本职工作。

(二) 取得成效

通过技术研发和项目实施，智慧精准调控在门头沟区域锅炉房应用不仅响应了北京市关于节能减排、低碳环保的号召，还实现了如下的经济性指标：

年节约费用 221.6 万（扣除电费后 198.3 万），静态回收期 1.46 年（扣除电费后回收期 1.64 年）。龙山家园总投资 197 万，节能率 7.49%，年节热 35.7 万元，静态回收期 5.51 年。（燃气单价以每立方 2.58 元计算，电单价以每度 0.93 元计算）。

本项目不仅节约了供热成本，还带来显著的社会效益：一是热力站实现了数据自主上传，指令自主下达，减轻了门头沟大量的热力站巡视人员工作压力，缓解了管理单位

人手不足的问题；二是大大缩短了供热一次管网平衡调节时间，提高了供热一次管网的水利工况，以往为保证末端用户供热质量而增设的增压泵在智慧供热投运后没有启动；三是锅炉房实现了平台下发策略联动联调，减缓了锅炉运行人员的压力；四是提高了楼与楼之间、楼栋之间的平衡度，提高了室温质量，平衡调好后降低了投诉率。综上，采用锅炉房供热全过程智慧联动优化调控技术，不仅可以节约了用热成本与用电成本，同时还减少了人力投入，提高了供热平衡调节效率，提升了用户满意度，具备良好的应用和推广价值。本人的学位论文研究课题，就是供热锅炉群控技术应用，和本次实践内容完全相关。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；同时，通过参与锅炉控制方案策略等相关工作，也在项目组中提出了自己的见解和看法，能更好的参与工作，指导和服务实际供热运营工作的实际需求。因此，通过参与工程实践，不仅大力推动了本职工作的完善，还对实际供热运行产生了重大的经济效益和社会效益，从项目的复制和推广上，使我加深了理解。同时，还通过自身参与，完成了培养计划相关的核心工作，使我的专业技能和水平得到了很大提升。

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

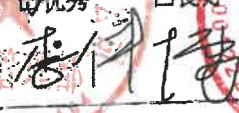
在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字：李智

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>该生项目研究开展顺利, 科学素养高, 拥有行业知识扎实, 对工作的适应性强, 能够很好地结合理论知识开展工作, 有团队协作精神, 能够创新性提出建议并解决工程实际问题, 使项目提升了供热效率, 减少了人工投入, 有良好的经济效益与社会效益。</p> <p>校外合作导师(或现场导师)签字: 王海海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>该生具有良好的科研素质, 基础扎实, 专业知识广博, 具有一定的技术创新能力。目前已按要求完成了专业实践训练, 内容与学位论文高度相关, 为后期撰写论文打下了坚实的基础。</p> <p>校内导师签字: 钟成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6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: 213 其中项目研究天数: 90</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:  2022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）。