

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号院	
实践岗位名称	科研助理	
专业实践训练时间	集中进行	2021年09月01日开始 至 2022年01月31日结束
		专业实践训练累计 152 天（单位考核前），其中项目研究天数 110 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>实践单位北京市热力集团有限责任公司是集供热规划和设计、供热工程建设、供热设备制造、供热运营管理于一体的全国最大的国有集中供热企业。拥有近六十年的光荣历史，担负着中央党政机关及各国驻华使馆、北京市各辖区及外埠河北廊坊、涿州、三河、乌兰察布、吉林抚松等区域供热保障任务，供热面积约5.09亿平方米。集团同时开展可再生能源、供热、供冷、储能等多种能源耦合的综合能源服务业务。实践项目为北京市热力集团有限责任公司科研项目—熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目，该项目是为促进北京市热力集团有限责任公司2018年获国务院国资委创新创意大赛一等奖“新型熔盐蓄热清洁供热/供蒸汽项目”成果转化而实施，利用熔盐蓄热技术将弃风绿电转化为热能存储，需要时以高温蒸汽或热水的形式对外供应。在该科研项目实践中我担任科研助理，主要工作为国内外熔盐蓄热研究成果、新技术、新产品的调研，并协助进行系统方案比选以及技术论证工作。</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>北京市供热能源基本依赖天然气，减排任务繁重，近些年多次发生冬季限气情况，能源供应安全保障存在一定困难。为减少天然气的使用，提升消纳可再生能源利用比例，同时按照市国资委产业化推广熔盐项目的指示精神，推动熔盐蓄热技术成果转化，北京市热力集团有限责任公司积极利用张家口-北京120万千瓦风电项目的绿电，实施了熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目，项目总经费为9810万元，资金来源为企业自筹。</p> <p>为了更好地开展对熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目的研究，同时解</p>		

决北京市热力集团有限责任公司各供热中心在供热中存在的典型问题以及满足多样化的供热需求，分别选取丰台分公司莲花桥供热中心和集团下属锅炉房及换热站作为项目一期和二期建设地点。针对莲花桥供热中心为北京西站地区提供高温蒸汽供冷、供热，建设一套熔盐蓄热装置以及一套蒸汽发生系统，解决目前锅炉长期低负荷运转所带来的安全隐患，为熔盐蓄热技术在综合能源项目的应用积累经验；针对集团下属燃气锅炉房及换热站存在的典型问题以及满足多样化的供热需求，利用熔盐分布式蓄热装置和移动蓄热应急装置进行供热，解决目前燃气锅炉房、换热站潜在的安全隐患以及天然气供应不足的问题，为其供热区域用户提供稳定的供热补热服务，推动供热多种能源智能融合发展。从消纳绿色电力、推进绿电供热的角度，充分利用了北京市相关绿电消纳政策，在夜间低谷时段，以高储能量的熔盐为载体，将电能转化为热能，在需要供能的时候，以高温蒸汽或直接换热对外供热。项目熔盐蓄热系统设计时需要克服熔盐凝固点较高的难题，在运行过程熔盐一旦凝固，再将它熔化是一件十分困难的事。因此熔盐蓄热系统的管道必须保持合理的弯曲度和斜度，以保证系统停止运行时能将系统内熔盐全部放回到熔盐罐，不允许有熔盐在管道内滞留，熔盐管道采取电伴热系统和保温措施，熔盐储罐内应设置有浸没式电加热器防止熔盐凝固。

(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。）

熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目一期在北京市热力集团有限责任公司丰台分公司莲花桥供热中心建设一套双罐熔盐蓄热装置以及一套蒸汽发生系统，为北京西站地区提供高温蒸汽供冷、供热服务，系统总用电功率 8MW。北京西站地区日用汽时长 24 小时，冬夏季和春秋季节蒸汽需求变化较大，过渡季蒸汽需求小，利用新型多元混合低温熔盐作为吸热、储热介质，配置 1 套熔盐储能供热系统（由熔盐蓄热系统与蒸汽发生系统组成），利用低谷电加热熔盐储存热量，设计储热量可以保证白天 16 小时负荷需求。此外，电蒸汽锅炉直供系统配置 1 台电蒸汽锅炉（加热功率 4MW）直供满足夜间谷电 8 小时内的用户负荷。熔盐蓄热系统主要包括新型多元混合低温熔盐、熔盐加热炉 1 台（加热功率 4MW）、高温熔盐储罐 1 个、低温熔盐储罐 1 个、高温熔盐泵 2 台（1 用 1 备）、低温熔盐泵 2 台（1 用 1 备）、浸入式电加热器、管道电伴热、储罐基础等。蒸汽发生系统包括预热器 1 台、汽包 1 台、蒸发器 1 台和除氧器 1 台，并配置强制循环泵、给水泵、定期排污扩容器、连续排污扩容器。项目二期在集团各辖区所属燃气锅炉房及换热站建设熔盐分布式蓄热储热装置和移动蓄热应急供热装置及其附属泵房，总规模为 20.4MW，其中 12.6MW 熔盐分布式蓄热储热装置，7.8MW 移动蓄热应急供热装置，充分利用波谷电进行蓄热，消纳绿电。

实践项目团队共 8 人，其中，项目总负责人 1 人，项目协调 3 人，项目技术论证 4 人。我在参加该科研项目的实践中担任科研助理，主要工作为国内外熔盐蓄热研究成果、新技术、新产品的调研，进行项目采用燃气锅炉、绿电蓄热等不同方案优缺点对比、进行水蓄热、固体蓄热、相变蓄热、熔盐蓄热等不同蓄热方式的比选以及系统技术方案的论证工作。此外，协助项目团队完成了项目效益评价，以及项目建设过程

中工程管理等工作。通过大量文献调研，整理了熔盐蓄热技术在国内外研究最新成果、国内外研发的最新熔融盐储热材料，熟练掌握了熔盐蓄热在弃风弃光或谷电加热供热系统、余热回收利用等不同应用场景下原理、技术路线、设备和工艺特点等，通过示范工程的调研更深刻理解了熔盐蓄热的经济效益、环境效益和社会效益，为实践项目的方案优化和论证提供了充分的理论和实践依据。

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）

1. 通过项目实践全方位的掌握各种知识。

1) .基础及专业知识方面，巩固了熔盐介质的物理和化学性质等自然科学知识以及传热学等能源动力专业基础理论。

2) .行业知识方面，通过文献调研，整理学习了熔盐蓄热技术和综合能源技术在国内外研究最新成果、国内外研发的最新熔融盐储热材料。掌握了熔盐蓄热在弃风弃光或谷电加热供热系统、余热回收利用、太阳能热发电不同应用场景下原理结构、技术路线、工艺和设备特点等。此外，学习了储热技术原理及分类，掌握了水蓄热、固体蓄热、相变蓄热、热化学蓄热等不同蓄热技术优缺点、适合场景等。

3) .跨学科专业知识方面，实践项目是涉及多专业交叉的复杂的系统工程，系统设计方面涉及热机、电气、土建等不同专业的知识配合，设计满足用户需求的熔盐蓄热供热系统、控制好系统参数的同时，需采取措施防止管路冻堵及熔盐凝固等安全措施。运行方面需结合智能化控制方式，运用人工智能控制算法，实现多能源耦合控制。经济分析方面通过争取低廉绿电价格和国资委资金补贴，进行成本和收入分析计算，在实践中积累了丰富的跨专业领域的知识。

2. 通过项目实践全方面的提升了综合能力。

1) .理论联系工程实践的能力，通过项目实践培养了良好的工程性和系统性思维，使学习的理论可以灵活的应用到工程实践中，使创新的技术可以结合工程实践转化应用。工程中遇到的问题需要结合理论去寻找解决方法，但是不同实践项目的可利用资源和环境具有差异性，还需要结合工程经验具体情况具体分析。例如：工程实施过程中会遇到施工现场与设计图纸不符合情况，需要根据工程实际设计变更等。

2) .分析和解决问题的能力，通过项目实践提高了分析问题和解决问题的能力，懂得了看待问题、解决问题的角度往往不能单一片面，要多角度综合分析。实践项目是复杂的系统工程，在项目方案选取时，需要考虑诸多因素，比如：技术因素、安全因素、经济因素、环境因素、工程可施性等多方面，因此需要逐步分析，统筹考虑，并提出有参考价值的综合的解决方案。

3) .国际视野和创新能力，通过项目实践学习了国内外熔盐蓄热技术研究最新成果以及研发的最新熔融盐储热材料，创新的实现先进熔盐储能技术在供蒸汽领域率先工程应用，独创性的在热力行业首次运用熔盐蓄热技术供应低压蒸汽制冷，为我以后的工作奠定了良好的创新思维。

4) .团队协作和沟通能力，实践项目是涉多专业交叉的复杂的系统工程，涉及热机、电气、土建、工程经济等不同专业人员沟通配合，同时，项目由负责组织管理、政策协调、材料研发、系统设计、工程施工、生产运行、设备供应等不同职责的人员共同完成。因此，在项目实施、发现问题、解决问题的过程中，需要不断与不同专业技术人员和不同职责人员交流沟通，锻炼了我的团队协作和沟通协调的能力。

5) .工程管理能力,通过项目实践培养了良好的工程思维,对于工程设计阶段、施工、运行不同阶段的管理有了更加清晰的认识。通过项目实践了解工程前期管理、施工进度管理、安全风险、招标管理、造价管理、能耗管理的重要性。工程建设中遇到的突发情况,锻炼了应对压力和挑战的能力,积累了丰富的工程管理经验。

3.通过项目实践培养了良好的综合素质。品德修养方面,培养了艰苦奋斗精神和强烈的社会责任感。在企业实践过程中爱岗敬业、敢于担当,体现了追求卓越的工匠精神;科学素质方面,项目实践过程中,通过文献调研等资料查找方式,坚持不懈的学习了大量以熔盐蓄热为代表的储能知识和综合能源知识,以项目实践为基础,顺利的准备了学位论文开题答辩,具有科学严谨、求真务实、持之以恒的精神;职业素养方面,具备良好的职业道德和工程伦理意识,注意工程质量控制,安全意识,工程实施过程中注意生态保护,能够做到社会和谐与可持续发展。

总之,通过项目实践不仅学习和巩固了课堂和文献中学到的理论知识,更重要的是将理论知识转化应用到了工程实践,从工程应用角度进一步体会了理论知识的真谛。通过实践提升了自己的理论联系工程实践的能力、分析和解决问题的能力、国际视野和创新能力、团队协作和沟通能力以及工程管理能力,养成了良好的综合素质。

(二) 取得成效

熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目是北京市热力集团有限责任公司为促进 2018 年曾获国务院国资委创新创意大赛一等奖“新型熔盐蓄热清洁供热/供蒸汽项目”的成果转化而实施。独创性采用先进熔盐储能技术提供高温蒸汽供冷、供热,实现综合能源系统中电力、供热、供冷、蒸汽子系统能流相互耦合,为传统能源行业与新兴产业结合提供新的立足点。结合张家口-北京 120 万千瓦风电项目,实现大规模风电非电化学储能利用,打造京津冀地区调峰亮点标杆工程。

北京市热力集团有限责任公司下属丰台分公司莲花桥供热中心为北京西站地区提供蒸汽需求供冷、供热,冬夏季和春秋季节蒸汽需求变化量大,过渡季蒸汽负荷小。过渡季蒸汽锅炉长期在低负荷状态下运行,严重危及系统安全,且存在锅炉运行效率低,能源浪费严重问题。为不影响蒸汽用户的正常运行,急需对燃气锅炉供蒸汽系统进行改造。建设一套熔盐蓄热装置和一套蒸汽发生系统供应高温蒸汽,不仅可以保障北京西站地区的正常运转,还可以解决锅炉长期低负荷运转带来的安全隐患。为解决集团所属燃气锅炉房及换热站存在的典型问题以及满足多样化的供热需求,在集团所属燃气锅炉房及换热站利用分布式蓄热储热装置和移动蓄热应急供热装置及附属泵房进行供热,用于燃气锅炉房应急调峰和换热站热网补热,解决目前燃气热水锅炉、换热站潜在的安全隐患以及天然气供应不足的问题,为其供热区域用户提供稳定的供热补热服务。熔盐蓄热产业化推广供热供冷研究与示范项目具有很好的经济效益、环境效益及社会效益。经济效益方面,新上熔盐蓄热装置虽然投资总额较燃气锅炉方案大幅提升,但燃料成本方面,争取到低谷绿电价格低廉,大大节约了运行成本,整体测算后内部收益率较好;环境效益方面,项目的实施减少化石燃料的应用,利用弃风绿色电力,不仅起到了“削峰填谷”的作用,而且不产生 CO₂ 等污染物。熔盐作为传热

蓄热介质，日常多用作化肥原料，对于土壤环保无害。熔盐在使用过程中无有害气体排放，对大气环境友好；社会效益方面，既能促进京津冀地区风电等可再生能源的就近消纳，实现了移峰填谷，提高电网稳定性，又能缓解能源消耗压力，扩大清洁能源在居民生产生活中的使用面。目前，北京市热力集团有限责任公司供热能源基本依赖天然气，减排任务繁重，气荒现象频发，能源供应安全保障存在一定困难。随着双碳目标提出，集团计划实施既有燃气锅炉房清洁能源改造项目，但既有锅炉房大多空间狭小，难以布置污染物处理设备。熔盐储能系统占地面积小，运行安全稳定，维护方便，充分利用谷电进行蓄热，消纳绿电运行成本低，还减少化石能源天然气用量，减少环境污染，具有很好的经济效益、环境效益及社会效益，是解决企业面临工程实际问题的一个有效途径。通过项目实践总结了适合北京热力集团有限责任公司应用低谷电熔盐蓄热技术的典型应用场景和环境，从而为企业类似的工程项目的实施提供指导。

实践项目是典型的储能技术在综合能源中的应用项目，利用弃风绿电，在夜间低谷时段加热高储能量的熔盐，将电能转化为热能存储，白天以高温蒸汽的形式为北京西站地区供冷和供热。通过熔盐储热技术实现电力、供热、供冷、蒸汽子系统能流相互耦合，以及能量在时间上和空间上的转移，从而根据用户冷、热负荷需求实现了高精度、自动化的精准调节。通过项目的实践从储能应用角度来说，学习了储热技术原理及分类，掌握了以熔盐蓄热为代表的不同蓄热技术国内外研究的最新进展、应用场景、原理结构、技术路线、工艺和设备特点等。通过项目实践使我对储热技术在综合能源中的应用有了更加深刻的理解和认识。从科学意义上讲，储冷属于储热技术范畴，与储热技术有众多相似的分析方法，然而在综合能源系统研究中对储冷关注度不高，因此，学位论文中针对含冷、热需求的园区综合能源系统开展了储冷技术在综合能源系统应用研究。通过项目实践，为我的学位论文考虑储冷技术在综合能源优化应用奠定了很好的理论和实践基础。

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
太阳能-空气能综合利用技术在北京某建筑中的应用	论文	2021-04-22	2021 供热工程建设与高效运行研讨会论文集	1/1	0 / 1

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：曲婷婷

2022年5月31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>曲婷婷同学综合素质较好，业务能力较强。在我单位参加项目实践期间，踏实肯干，吃苦耐劳，具有一定的开拓和创新精神。实践中积累了丰富的理论知识，同时能够从系统化、工程化的角度思考，将所学理论与工程实际应用相结合，解决工程及企业中遇到的问题。注重团队合作、服从指挥、认真敬业、工作责任心强，在时间紧迫的情况下，加班加点、能够保质保量完成工作。希望今后不断努力，取得更加出色的成绩。</p> <p style="text-align: right;">汉京晓 校外合作导师（或现场导师）签字： 2022年5月31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>曲婷婷同学谦虚谨慎、勤奋好学、科学态度严谨。能够坚持不懈的学习并掌握基础及专业知识等各种理论知识，并将理论知识灵活的应用到工程实践中，使创新技术结合工程实践更好转化应用，取得一定的研究成果。独创性的利用弃风绿电，在夜间低谷时段加热高储能量的熔盐，将电能转化为热能存储，白天以高温蒸汽的形式为用户提供冷、热负荷需求，实现综合能源系统中电力、供热、供冷、蒸汽子系统能流相互耦合，以及能量在时间上和空间上的转移。为其学位论文考虑储冷技术在含冷、热负荷需求的综合能源系统优化应用奠定了很好的理论和实践基础。</p> <p style="text-align: right;">校内导师签字：俞自涛 2022年5月31日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间: 2022年09月01日 实际实践结束时间: 2022年01月31日</p> <p>专业实践训练累计天数: 157 其中项目研究天数: 110</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:  </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）。