

## 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	生产技术岗	
专业实践训练时间	集中进行	2021年10月15日开始 至 2022年04月15日结束
		专业实践训练累计 182 天（单位考核前），其中项目研究天数 120 天（单位考核前）

### (1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）

北京市热力集团有限责任公司西城分公司月坛供热服务中心所管辖热力站111座，居民3万余户，为月坛街道办事处所辖24个服务社区的百姓及办公单位提供供热服务。自2019年起，月坛供热服务中心陆续对热力站进行变频柜加装及改造项目。但项目实施以来，热力站具体操作人员依旧采用传统的粗调节方式，根据室外温度手动调节一次管网流量，从而改变二次管网的供水温度，几乎不会对热力站内水泵变频器进行操控，致使该变频设备未充分得到利用，造成了极大的浪费。并且与循环水泵变频调节相比，传统的粗调节方式会造成供热不精准，大量热量损耗。因此，如何及时了解供热系统的真实工作状态、实时数据和运行工况，并根据这些信息和室外气候做出及时调节，保证按需供热，使整个集中供热系统始终在一个最优工况下运行，获得良好的经济收益和节能效益，是我们所要研究的一个重要问题。随着近几年供热系统的不断发展，水泵变频技术也逐渐引起人们的重视，热力站从传统粗调节方式向循环水泵变频调控的精细调节方式的转变显得尤为必要，水泵变频调控不仅能有效减少热量的损耗，还可以节约热力站运行电耗，使热力站运行成本得到有效降低。

**(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)**

项目名称: 中土点热力站二次系统水泵节能调控研究

项目来源: 自 2019 年起, 月坛供热服务中心陆续对热力站进行变频柜加装及改造项目。但项目实施以来, 热力站具体操作人员依旧采用传统的粗调节方式, 缺乏科学的指导并且浪费了较多的资源, 因此研究水泵变频调控模式下的供热特性, 预测系统的实际运行情况, 使得热力站供热量能够根据用户热负荷变化适时做出调整, 对提高供热品质, 降低集中供热系统的能耗具有重要意义。

项目经费: 10 万元。该项目以中土点热力站为研究对象, 项目经费用于 2021 年夏季对中土点热力站进行循环泵更换及变频柜加装。

主要研究目标: 本项目通过采取实测分析与仿真模拟相结合的方法, 对住宅建筑冬季采取调节水泵频率和调节阀门两种量调节的供热方式进行对比研究, 并对调节水泵频率和调节阀门两种方式的热舒适性、节能性开展深入研究, 为最大限度的发挥供热系统的节能降耗潜力提供重要理论依据。

技术难点: (1) 大量的工程实际运行数据, 对于指导供热调节具有重要意义, 但目前供热公司的项目难以对供热数据进行大量和准确的收集, 所以对其进行研究和改进造成一定困难; (2) PID 模型预测控制具有对模型准确度要求高、可实现多目标优化但不同情况差异性较大且技术复杂等特点, 因此需要学习国内外采用模型预测控制供热室内温度的方法并结合实际工程现状提出适合的策略。

**(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) 对中土点热力站供热小区集中供热系统和小区建筑及住户进行调查, 并对供热系统实际运行数据进行整理分析。在此基础上, 找出实际供热中存在的问题并找出现行供热系统运行调节模式的不足和改进方案; (2) 研究分析循环水泵变频调速运行及节能原理和热力站变频调速控制系统理论模型, 对热力站变频调控 PID 控制器进行建模仿真分析, 对所得到的仿真结果进行总结并提出频率选取的方法; (3) 研究二次管网在不同时段不同频率下的量调节的动态特性, 根据实际供热系统的动态特性, 采用 PID 控制器根据室外温度变化, 为了满足室内温度的设计要求, 计算得到二次管网流量, 再对流量进行分析和选取, 最终提出一种基于改变频率和流量的供热调节方案。

技术路线: 首先, 调研中土点热力站二次供热管网系统并确定管路和水泵系统及室外温度数据等相关参数。其次, 依据 PID 控制原理建立变频水泵模型。再次, 分析仿真结果并选择合理的频率取值和范围。最后, 将仿真结果运用到实际热力站运行中进行验证。

团队分工: 本项目团队共四人, 本人主要负责 PID 学习、水泵变频调节模型的搭建, 及不同频率下管网动态特性的数据分析。在 PID 学习过程中遇到很多需要和实际情况相结合的问题, 例如温控系统的系统函数的选取, 需要通过不断地查阅文献和咨询工

程师等专家。

改进建议：（1）模型搭建的过程中，对用户的负荷变化规律缺乏深入研究，下一步可对围护结构分层建模，提高模型的准确性；（2）本项目主要针对散热器采暖房间进行仿真分析，接下来可对地暖及其他供热方式进行仿真并开展技术经济性分析。

## 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)

**知识掌握:** 本次研究项目使我对整个供热系统有了更深刻的认识, 实地调研了热力站实际运行过程中存在的问题, 发现现有的供热调节方法还是缺乏科学的指导。通过归纳比较目前室温控制方式及存在的问题, 提出了将模型预测控制策略应用于供热建筑室温控制。通过查阅国内外文献学会了在 MATLAB 的 Simulink 中搭建 PID 仿真模型, 并与实际工况下的室温、散热量、变频水泵功率进行对比。PID 控制多配置在动态系统中, 用于动态变化系统中的变量稳定控制。例如对具有温度损失的环境进行温度精确恒定控制, 对于具有电压损失的原件进行恒压控制, 在这些系统中, 温度和电流值都是我们要进行稳定的动态值, 当设定值加于某一系统后必然会在此系统中产生损耗改变当前实际值, 实际值是无法恒等于设定值的, 因此我采用 PID 控制方法进行动态调整, 使实际值逼近于动态值, 达到动态稳定。

**能力提升:** (1) 学习能力。通过本研究项目, 使我对热力站、集中供热系统以及模拟仿真软件有了进一步学习的机会。在学习中我开拓了思维, 增长了知识, 从全新的角度进行了研究, 并解决了工作中的问题。同时, 也使我深刻认识到要在干中学, 在学中干, 学用结合, 学以致用, 靠在实践中学习钻研; (2) 发现并解决问题的能力。本专业实践训练项目是由我在工作中发现的一个问题而引出的, 这使我认识到, 在工作中, 要多思考, 多总结, 对所参与工作要保持好奇心和求知欲, 只有这样才能真正地做到从工作中来, 到工作中去; (3) 合作能力。通过团队一起完成研究项目, 不仅提升了我的责任心和团队协作的能力, 还让我在面对各种困难时敢于担当。只有团队中每个人都勇于承担责任, 这样团队才能做得更好, 走得更远。

**素质养成:** (1) 通过团队一起实地调研热力站供热情况, 学习到了团队强调的是协同工作, 在一个团队中, 每个人的性格都有自己的特点, 作为团队的一员应该主动去发挥它们的长处, 避免它们的短处, 并且合理安排每个人的任务; (2) 通过团队一起探索和解决模型建立过程中的各种问题, 明白了要学会包容团队中各个成员的问题, 在面对任何困难时都要成员们共同不断地讨论和分析, 如果一个人无法听取他人的意见, 或无法和他人达成一致, 团队的工作就无法进行下去; (3) 保持谦虚精神。团队中的任何一位成员, 都有自己的专长, 不能总认为自己什么都可以胜任, 必须保持足够的谦虚, 因为每个人都有自己不擅长的东西, 正视自己才能促进团队不断地进步。

## (二) 取得成效

本项目提出将模型预测控制应用于供热室温控制，在保证室内热舒适性的同时降低了热量浪费，为实际工程的应用提供了一定的理论基础。根据PID控制原理在Simulink中搭建室温PID控制仿真模型，建立含有转速、流量的变频水泵模型，对 $K_p$ 、 $T_i$ 、 $T_d$ 进行整定，整定结果为 $K_p=5$ ， $T_i=1250$ ， $T_d=70$ 在扰量为定值的情况下，室温控制效果较好。由于仿真时假定散热器供回水温差为定值，散热器的散热量与热水流量呈线性正比例关系，变化趋势相同。根据供热系统动态特性，确定二次网供水温度调控时间段，并通过PID控制器实现根据室外温度变化控制二次网供水温度，在水泵变频调节下，各热用户温度波动更加平稳，一天内用户室温极差较之前调节模式缩小 $3^{\circ}\text{C}$ 左右，系统响应较快，超调量较小，且各用户室温波动控制在 $18\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ，系统供热量减少了4%，验证了调节时段和运行模式合理性与可行性。将仿真运用到实际热力站运行中，得到2021-2022采暖季折算能耗为 $0.2502\text{GJ}/\text{m}^2$ ，相较于2020-2021采暖季的 $0.2611\text{GJ}/\text{m}^2$ 下降了4%，电耗也从2020-2021采暖季 $1.8625\text{KW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 下降了11%到了2021-2022采暖季的 $1.6582\text{KW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ ，工单投诉则是从2020-2021采暖季84张下降到了2021-2022采暖季的51张。通过实际运行数据不难看出，本项目不仅减少了能源消耗，节约了企业的运行成本，还提升了居民用户的满意度。本项目基于中土点热力站集中供热系统建立了其完整的动态仿真模型，并应用所建模型进行二次管网运行调节模式仿真研究，完成了既定目标，但由于时间、精力以及某些客观条件限制，本研究存在一定不足之处，在数学模型建立阶段，对热用户的热负荷计算进行了一些简化且对围护结构的热惰性缺乏深刻的研究，忽略了户间传热的影响，没有充分考虑小区入住率的影响，后续学位论文的撰写过程中将对热负荷计算环节进行更深层次的探索与研究，以提高仿真模型的精度。因此，在后续学位论文的研究中也将结合管网实际运行调节数据并与数学模型进行对比，对所研究二次管网调节模式的操作性和适应性进行更加深入的分析。

### 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。

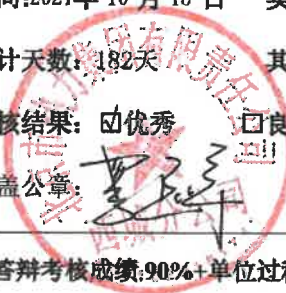
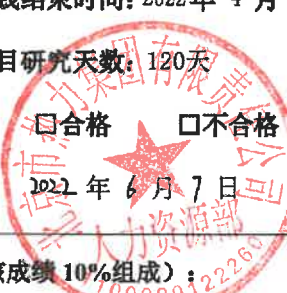
签字: 刘伟

2022年6月1日

<p>姓名</p>	<p>刘伟</p>	<p>学号</p>	<p>123456</p>	<p>院系</p>	<p>文学院</p>
<p>指导教师</p>					
<p>学术道德、遵循学术规范</p>					

### 三、考核评价

校外合作 导师(或现 场导师)  评价	<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>该生在项目研究开展期间，态度极其认真，工作积极，能虚心接受他人指导。且该生善于思考，能够灵活运用所学知识进行举一反三，有着扎实的理论基础、较高的专业知识水平与素养。在团队协作方面，该生具有较强的沟通能力，在项目进行过程中，始终表现出强烈的敬业精神和团队精神，能够带领团队保质保量地完成领导交办的各项任务。此次项目研究，在该生及其团队的努力下，取得了显著的成效，对热力站运行提出了科学且有效的指导方案，同时减少了热力站运行成本，取得了良好的经济和社会效益。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字：刘宁 2022年6月1日</p>
校内导师  评价	<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>该生能根据课题的研究方向，有针对性地研读课内外有关书籍，查阅专业文献，扎实地掌握了课题相关的理论基础和专业知识，表现出较强的科研能力和技术应用创新能力。此次项目研究对工程中发现的问题进行理论分析，再加以运用指导工程实践，具有较好的理论意义和应用价值。同时该研究项目紧扣该生学位论文研究主题，为后续学位论文的开展提供了重要支撑。</p> <p>校内导师签字：俞自涛 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 10 月 15 日    实际实践结束时间:2022年 4 月 15 日</p> <p>专业实践训练累计天数:182天    其中项目研究天数:120天</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 style="text-align: right;"> 2022年 6 月 7 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）。