

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	浙江浙能兴源节能科技有限公司	
实践单位地点	杭州市余杭区仓前街道余杭塘路 2159-1 号浙能创业大厦 C 座	
实践岗位名称	技术开发专职	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 10 月 16 日开始 至 2022 年 04 月 28 日结束
		专业实践训练累计 194 天（单位考核前），其中项目研究天数 95 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>实践单位浙江浙能兴源节能科技有限公司（以下简称“兴源节能”）长期从事综合节能诊断、节能改造、综合能效管理、能源综合利用系统投资及运营、非水可再生能源发电等业务。本次实践具体所在地点德清分布式数据中心能源站是兴源节能下属子公司，能源站项目采用燃气冷热电三联供技术方案（CCIP 系统）为中国联通数据中心供能，该项目是清洁能源在 IDC 产业中应用的标杆项目，开创了国内通讯运营商大型数据中心应用天然气分布式能源的先河，是目前国内数据中心行业最典型、最大的天然气分布式能源项目，拥有内燃机、溴化锂、蓄能等一系列完善的生产设备和运营队伍。</p> <p>本次实践围绕大型天然气分布式能源站开展综合能源运行策略研究，围绕多能互补供能系统改造、需求侧响应能力提升和参与电网削峰填谷开展实习实践。</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：大型天然气分布式能源站综合能源运行策略研究 项目来源：浙江省能源集团有限公司科技项目 项目经费：700 万元 主要研究目标和技术难点： 难点 1-能源站包含冷、热、气、电等能源形式和流体管网及大量热工设备，系统内部耦合程度较高滞后性较大，目前自控过程未接入负荷侧用能数据，系统控制未实现闭环，控制精度较低。 难点 2-能源站储能容量较小，储能类型单一，经济性运行调节能力受限无法充分发挥</p>		

削峰填谷的经济优势。

研究目标-本项目拟以德清分布式能源系统为研究对象，提出数据中心供冷侧碳排放量化评价方法、多能互补优化配置选型方案、供冷实时优化技术和电力交易多维优化运营模式。一方面，对数据中心供冷侧碳足迹进行评价，对屋顶光伏、水源热泵、地源热泵、冷却水回用、储能、智能电灯杆等新能源技术进行方案论证，提升德清分布式能源系统的可再生能源占比和储能能力，降低供冷碳排放。另一方面，完善供冷系统控制逻辑，接入用户侧实时负荷数据并进行预测，提高需求侧响应能力提高供冷可靠性和系统能效水平，提升能源站智慧管理水平。

(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) 数据中心单位冷能碳排放评价研究及分析 (2) 基于数据挖掘和动态预测的数据中心供冷侧多能互补寻优配置方法研究 (3) 数据中心天然气分布式能源电力交易多维优化运营模式研究

方案及技术路线：

1. 提出数据中心单位冷能碳排放评价方法，制定相关内部标准
2. 提出数据中心供冷侧多能互补寻优配置方案，试点开展屋顶光伏、储能等可再生能源项目建设

根据项目改造目标需求确定光伏和储能接入量，在全年运行工况下对既有德清分布式能源系统的设备装机容量、组合方式和运行参数进行优化，选出综合最优的改造方案并进行试点应用。

3. 提出数据中心天然气分布式能源电力交易多维优化运营方案

研究成果总结为天然气分布式能源电力交易多维优化运营方案报告，为德清项目后续参与电力市场交易提供新手段。

团队分工：

项目负责人-吕洪炳、高级工程师

项目技术负责人-林少平、正高级工程师

本人承担任务及完成情况：

本人在项目中承担项目申报的资料撰写工作，并负责对多能互补寻优配置方案编制和电力交易运营方案报告的编写，项目获得集团公司立项批复并已经开展可再生能源改造和储能系统扩建的建设工作，相关方案和报告完成撰写。相关成果申请实用新型专利一项，并获得 2021 年浙江能源数据创新应用大赛优秀创意奖。

问题与改进建议：

本项目所在的数据中心耗电量巨大，但是受限于浙江省的售电政策，天然气分布式能源站无法发挥内燃机组的发电能力为数据中心隔墙售电，相关的直供电模式探索目前只能开展理论研究无法实施。在浙江省电力市场化改革进一步推进后可以开展相关的模式落地研究。

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：

本次实践的内容涉及以天然气分布式能源为基础的综合能源系统优化运行控制，在课题研究中发现引入可再生能源和储能后的供冷侧系统中设备众多且复杂多样，其中部分设备的运行特性存在较强的非线性。同时，由于光伏出力的随机性、能源需求的波动性和设备组合方式多样性等大量不确定性因素广泛存在，极大地增加了系统改造的难度。为此针对非线性系统的分析建模，对基于 Matlab/Simulink 的电源系统联合储能仿真建模知识进行了学习，为后续研究生学位论文的撰写打下了研究基础。

我国新一轮电力体制改革将充分发挥市场化功能，建立公平合理、竞争活跃的电力市场，挖掘发电侧多源竞争活力。天然气分布式发电作为大电网的有益补充，是解决低碳发展背景下高渗透率风电、太阳能等间歇性新能源并网消纳问题的重要手段。我在本次实践中充分了解了全国各地区的电力辅助服务支持政策和具体实施方式，对数据中心天然气分布式能源参与中长期电力市场、日前市场及日内-实时市场等多维服务的交易优化建模进行了了解，并对如何让机组智能参与辅助服务市场交易进行了初步分析，从而掌握了发电机组参与多级电力市场交易的运营知识。

能力提升：

根据气价、电价和冷负荷等外部边界条件的不同，供冷侧能源站的蓄能配置方案也存在明显差异。本次实践在研究数据中心供冷侧多能互补寻优配置方案时需要通过综合比选，充分利用能源站紧凑的布局空间，对多种供能配置方案在不同负荷条件和外部价格下的投资经济性和预期回报进行模型测算，对数据中心供冷侧各种运行工况下的新建可再生能源和储能设备容量及组合方式进行分析，从而得到全生命周期下经济性或低碳性等目标最优的天然气分布式能源系统多能互补寻优配置方案并进行工程应用。通过参与本次实践我掌握了经济性分析在方案设计时的重要性，例如储能系统在可以充分利用的基础上容量越大单位容量的造价越低，但是为了提高供电可靠性无限增加储能规模则会导致投资浪费出现亏损，因此在后续研究生论文的分析中也必须对多种储能系统的规模和投资经济性开展分析，本次实践锻炼了技经分析这方面的能力。

素质养成：

本次实践也锻炼了我在面对理论分析和工程实际矛盾时的协调能力。举例来说，在方案设计时考虑由于能源站空间局促，准备利用能源站地下空间建设蓄冷装置。但是实际工程勘探结果表明，能源站临近河道，且地下有高压线缆和燃气管道穿越地下空间，考虑地下岩土分布和安全距离等情况后可能存在没有合适位置开展蓄冷装置建设的风险。在面对上述问题时，我联合能源站专工和设备厂家及设计院，对能源站地下空间岩土情况进行确认，同时与数据中心单位开展沟通，提出了利用数据机房地下消防水池和补水罐作为蓄冷罐的方案，并获得了各方的认可。通过对上述问题的解决，我培养了利用所学专业知

程师思维方式。

（二）取得成效

1. 经济和社会效益

在本次实践中为数据中心天然气分布式能源站量身定制了低碳智慧改造方案，方案实施后，通过增加屋顶光伏等可再生能源，年增加分布式能源上网电量 26 万 kWh；通过增加储能系统容量增强灵活运行能力年节约运行成本约 50 万元，同时为碳排放水平约束下的数据中心供冷侧经济运行方案制定提供指导，增强分布式能源站的智慧化管理水平，为无人值守能源站的建设奠定基础。

针对大型、超大型数据中心日益收紧的能耗政策，通过本项目研究和应用降低供冷总能耗，推动绿色数据中心节能降耗。本项目通过建立低碳智慧的数据中心供冷侧能源系统，充分利用风能、太阳能、地热能等新能源，配套储能系统拓展德清综合能源系统的应用场景并提升可再生能源占比，降低供能碳排放，助力双碳目标实现。具有提高数字化水平、增加可再生能源占比、推动绿色数据中心节能降耗和提高供能可靠性的社会效益。

本项目研究成果可复制推广至各数据中心供冷侧项目，降低数据中心供冷碳排放，提升供冷精细化管理水平。为后续推广至大型数据中心供冷系统市场化改造业务奠定基础。目前全国数据中心冷需求约为 3000 万 kW，天然气分布式能源为数据中心供能相比燃煤机组可降低供电碳排放量约 54%，节能低碳优势明显。在逐步收紧的碳排放政策下预计未来数据中心天然气分布式能源站项目前景良好，本项目研究成果可助力打造绿色数据中心，降低数据中心 PUE 能耗，缓解地方能耗指标压力。

2. 与学位论文撰写的相关程度

本次实践项目中针对内燃机组发电和储能的配合响应开展了针对性的研究，并通过需求侧响应改造等控制策略的开发，对有储能参与的发电系统如何平抑出力波动、参与电网削峰填谷和调频响应开展了初步的研究。相应研究成果可应用于研究生学位论文中海上风电机组和储能耦合的优化运行控制策略开发，目前研究生学位论文已经初步完成仿真模型搭建和风电运行数据收集工作，利用在本实践过程中掌握的需求侧分析和储能联合调频等技术开展分析，较好的支撑了学位论文的研究。

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
基于可再生能源耦合发电的储能微电网管理系统	实用新型	2021-08-24	证书号第14005728号	6/10	无
建筑能源系统高效群控、大数据诊断和虚拟电厂需求侧响应技术	获奖	2021-10-01	2021年浙江能源数据创新应用大赛优秀创意奖	8/8	无
浙江省工业园区综合能源服务产业发展战略研究	获奖	2021-07-01	省国资协会第七届论文评选活动三等奖	10/11	无
一种废轮胎热解炉燃气安全稳定供应系统	实用新型	2022-04-15	证书号第16284126号	11/13	2/2
基于垃圾气化耦合燃煤发电的联调运行控制系统	实用新型	2021-06-25	证书号第13523825号	10/11	无
垃圾气化飞灰耦合燃煤焚烧高温熔融固化处置系统	实用新型	2021-07-06	证书号第13616200号	12/12	无
一种垃圾抓取系统	实用新型	2021-11-05	证书号第14580597号	9/13	无
一种轮胎胶粒热解与废弃物焚烧发电机组环保高效耦合系统	实用新型	2022-02-08	证书号第15743072号	9/11	无

本人承诺


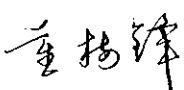
在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字：



2022年6月6日

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>该生在专业实践训练期间表现优秀，态度端正、认真负责，深入实践现场一线，较好地利用专业知识参与项目的实施。在项目中与团队成员密切协作，帮助解决了企业的技术难题，实践成果为企业创造了较好的经济和社会效益，建议通过考核。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字： 年 6 月 6 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>该生在专业实践训练期间表现优秀，体现了较好的专业知识素养，将理论知识与工程实践相结合获得了丰富的研究成果。相关研究内容和技术成果与学位论文有较强的相关性，可以有效支撑后续学位论文的撰写，建议通过考核。</p> <p>校内导师签字： 2024 年 6 月 6 日</p>

实践单位过程考核意见	<p>实际实践开始时间:2021年10月16日 实际实践结束时间:2022年4月28日</p> <p>专业实践训练累计天数:194天 其中项目研究天数:95天</p> <p>实践单位过程考核结果:<input checked="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6日</p>
最终考核结果审核备案	<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）： 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申请书扫描件。
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）。