

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司	
实践单位地点	浙江省舟山市普陀区六横镇舟电大道 1 号	
实践岗位名称	集控操作员	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 08 月 15 日开始 至 2022 年 05 月 10 日结束
		专业实践训练累计 268 天（单位考核前），其中项目研究天数 180 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>实践单位简介：浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司位于舟山市六横岛，是一家集火力发电和煤炭储备、配煤、中转、经营于一体的大型国有企业。一期建设有两台 1030MW 超超临界燃煤发电机组并于 2014 年全面建成投产发电，二期两台 1000MW 超超临界燃煤发电机组及冷热电三联供项目正在建设当中。一期锅炉为北京 B&W 公司制造的国内首台百万千瓦超超临界参数，螺旋炉膛、一次中间再热、平衡通风、固态排渣、全钢构架、露天布置的 II 型锅炉。其制粉系统配置 6 台中速磨煤机，采用前后墙对冲燃烧方式，共有三层燃烧器，每层均配备有油枪起到稳燃作用。</p> <p>实习实践内容：基于 1030MW 超超临界火电机组不同的负荷工况下，通过深度调峰试验，从机组的安全性、经济性和环保性等方面分析机组在深度调峰时对锅炉的影响。</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>实践项目的名称为：1030MW 超超临界火电机组深度调峰对燃煤锅炉的影响，项目来源于浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司，该项目经费 20 万元。其主要研究目标是：在“双碳”政策的新形势下，对风光电的消纳提出了更高的要求，因此燃煤发电机组的调峰需求加剧，目前华东电网百万机组 40% 额定出力调峰已进入常态化，但仍无法满足电网的调峰需求，本项目通过对百万机组进行不同额定出力调峰试验，从安全性、经济性和环保性等方面探究深度调峰对燃煤锅炉的影响，并对试验期间出现的一些异常进行了深入分析总结，基于研究内容提出相应的处理措施和改进建议，保证深度调峰期间机组安全经济稳定运行，可为类似机组深度调峰期间运行方式</p>		

调整和系统改造提供一定参考。

技术难点：火电机组的安全性、经济性和环保性是相互耦合的，运行过程中过于强调机组的安全性势必降低电厂的综合效益，而一味地追求经济性则可能会引发安全事故。所以基于深度调峰试验分析，在保证安全性和环保性的基础上通过运行方式调整和系统改造以实现最大的经济性是本项目研究的重点和难点。

(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：基于 1030MW 超超临界火电机组不同的负荷工况下，通过深度调峰试验，摸索低负荷下锅炉断油稳燃能力，对深度调峰工况下系统稳定性及动态品质进行试验和评估。探索低负荷较长时间运行下主要锅炉运行参数的变化规律，调节系统参数进行优化或提出完善、改进措施，提高机组协调控制系统在深度调峰工况的负荷变化的能力，从机组的安全性、经济性和环保性等方面分析机组在深度调峰时对锅炉的影响。

方案及技术路线：

1. 低负荷段自动控制系统参数调整试验

为保证低负荷段机组的安全性和自动调节性能，需对如下项目进行调整和试验。

(1) 机组低负荷段煤、水基准线及动态前馈参数调整

为保证机组在低负荷段的安全性和变负荷性能，在进行深度调峰试验过程中，需根据机组的实际 BID 指令、过热度、汽压、汽温等参数情况进行煤、水基准线的修正。同时，根据变负荷情况对机组的低负荷前馈量进行适当调整，保证机组的安全和变负荷能力。

(2) 给水再循环门控制参数调整

为避免低负荷阶段给水再循环门的开启而导致的给水异常的发生，在进行低负荷变动试验时，需要对给水再循环门的运行情况进行特别关注，避免给水流量接近小机再循环门开启的流量低限。目前，小机再循环门下行开启的条件为前置泵入口流量 < 550t/h，当机组负荷减至 400MW 时，有可能接近该流量值。因此，必要时可在保证小机运行安全的前提下，延缓再循环门的开启，避免变负荷过程中给水流量低低的发生。同时，对正常情况下再循环门开启速率进行限制，避免其对给水流量造成的大幅扰动。

(3) 其他自动回路调整试验

在深度调峰试验过程中，密切关注给水、送风、炉膛负压、一次风压、主汽温、除氧器水位等自动回路的运行情况，注意各调节回路参数中的下限设置，保证调节回路在低负荷工况下的正常投入。同时，根据参数变化情况对相关回路进行调整，

保证机组主要参数的稳定运行。

2. 负荷变动试验

在完成对以上控制回路的调整后，可进行机组协调负荷变动试验。负荷要求在400MW~500MW变动，具体步骤如下：

1) 分别投入总风量自动、氧量自动、磨煤机风量自动、燃料主控自动、BTU自动、主汽温自动、再热汽温自动。

2) 将机组投入CCS方式运行。确认机组运行稳定，各项参数正常，重要辅机工作良好，机组可进行负荷变动试验。

3) 待机组负荷稳定后，观察机组负荷及主汽压力变化情况，调整控制参数。将机组协调方式设为滑压运行，并等待汽压和负荷稳定。

4) 以8-10MW/min设定变负荷率，在400MW-500MW负荷段进行小幅度(20MW)的升降负荷变动试验，反复试验，细调参数至最佳。

5) 确认机组协调控制调节品质达到最佳后，在EWS上准备好下列参数的趋势记录：机组实际功率、机组负荷指令、主蒸汽压力设定值、主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度、锅炉给水流量、中间点过热度、烟气含氧量、炉膛压力、总风量、总燃料量、除氧器水位。

6) 以10-12MW/min速率，在400MW-500MW以下负荷段进行幅度为30MW的升降负荷变动试验，观察并记录相关曲线。

7) 计算各被调参数动态偏差并记录。

3. 低负荷段一次调频能力测试

本次试验要求负荷在400MW，对机组一次调频能力进行测试，具体步骤如下：

1) 机组400MW负荷稳定运行，系统各运行参数正常。确认频差信号通道正常，DEH与DCS侧各参数设置正确。

2) 机组运行方式：AGC撤出，CCS协调投入，DCS侧一次调频投入，DEH侧一次调频投入，维持机组稳定运行。

3) 运行人员密切监视高压调节汽门的动作情况，关注相应EH油系统管路的振动情况；CRT专人关注汽轮机各轴承振动变化情况。在工程师站上准备好机组负荷、主汽压力/温度、调节级压力、频差信号、汽轮机转速、汽轮机高压调节汽门开度、机组振动、EH油压力等相关信号曲线。

4) 在DEH侧一次调频回路中，通过强制手动改变汽轮机转速值为2996r/min，观察系统响应情况。待负荷稳定后手动恢复汽轮机转速值为3000r/min，观察系统响应情况。参照上述步骤，依次改变汽轮机转速值为2994r/min并恢复，观察系统响应情况。待负荷稳定后手动恢复汽轮机转速值为3000r/min，观察系统响应情况。

5) 试验结束，数据和记录汇总。

4. 最低负荷摸底性试验

机组于400MW稳定运行，开始机组变负荷能力低限的试探性试验。在协调控制方式下，变负荷速率设置为5MW/min，以5MW的幅度逐步下探，当协调控制方式下

给水流量超调至 860t/h 的低限时停止降负荷，终止试验。

在本次项目研究当中，本人承担了试验过程中运行调整及数据记录统计分析的工作，各项研究任务均已完成，研究目标达成。研究表明机组在 400MW 至 500MW 负荷区间具备在协调控制方式下负荷变动的能力，各主重要参数稳定，初步具备深度调峰能力，能够满足日后 40%~100%Pe 之间投 AGC 的要求。但是在 400MW 至 500MW 负荷段的燃料量与水量的基准线设计值并未经过试验修正，特别是给水的基准线，与机组实际运行情况存在一定偏差，使得机组实际变负荷速率偏慢，在变负荷过程中，450MW 负荷以上的负荷响应能力明显快于 450MW 以下负荷。试验中根据机组实际运行情况对煤量和水量的基准线进行了初步修正，但仍需对 500MW 以下负荷段的煤水基准线重新进行整定以及运行逻辑优化后才能满足低负荷下变负荷能力的相关要求。另外，在协调控制方式下，由于给水量已经接近低限，负荷底限探至 370MW，继续降负荷是否会转湿态以及机组运行的安全性仍需进一步验证。

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）

通过六横电厂1030MW超超临界火电机组深度调峰对燃煤锅炉影响的项目实践，本人在知识掌握、能力提升和素养养成等方面均取得了一定的进步。

在知识掌握方面，在专业实践训练中，遇到新的问题就需要系统性学习相关理论知识，通过查阅文献和资料，不断丰富了对专业知识的了解，对学位论文工作的开展起到了很好的指导作用。比如通过查阅文献学习到锅炉在进行深度调峰低负荷运行时，电厂的低负荷受限主要取决于锅炉侧，而锅炉的低负荷现值又是主要取决于低负荷稳燃和水动力运行可靠性，因此会对锅炉侧包括经济性、安全性和环保性等方面产生影响。另外，强化了自己从定性到定量的转变，使自己各项研究更加的深入，比如在之前工作中自己只知道排烟温度低脱硝系统容易产生硫酸氢氨，但没有定量的概念，通过查找文献自己认识到当烟气温度低于硫酸氢氨形成的初始温度 25℃时，硫酸氢氨形成反应可完成 95%，极大提高了空预器冷端结露腐蚀和硫酸氢氨堵塞风险。此外，本人还深入学习了实践过程中涉及到的《火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程》及《火电机组启动验收性能试验导则》等，为后续的学习和工作奠定了良好的基础。

在能力提升方面，培养了我从事科研工作和独立担负专门技术工作的能力，通过本次专业实践训练既检验了所积累的理论知识，也促进了知识的转化和扩展。身处项目的情景之中，能够身临其境了解现实情况，从中发现困惑和问题，产生解决问题的动力。另外在专业实践训练过程中多学科多专业的交叉交流，直接感受到各种思维方式碰撞所产生的新思维、新思路，这一方面使得自身深化对现实和自我的认识，增强了责任感，另一方面很大的提升了自己的实践能力。

在素养养成方面，在专业实践过程中，严格遵守电厂安全和职业健康规定，试验时严格执行工作票制度和操作票制度，制定详细的试验方案并严格执行，对参试人员做好安全交底工作，确保实践工作安全开展。我始终坚持求真务实、持之以恒和爱岗敬业的工作态度，由于电厂工作的特殊性，很多工作常常需要加班才能完成，我主动放弃休息时间，坚守在自己的岗位，做到尽职尽责。专业实践训练活动是本人在研究生学习期间一个重要的个人能力锻炼环节，深知机会的来之不易，通过参与实践，锻炼了自己的分析问题和动手实践能力，提高了人际交往和工作技能。在与同事相处过程中，我始终坚持互帮互助、共同提高，与身边同事建立了良好的关系，这些都使我获益匪浅。

(二) 取得成效

为应对全球气候变化问题，我国在联合国大会上郑重承诺在 2030 年前碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和的目标。为了实现这一目标，未来新能源将会保持快速发展势头，有研究预计 2030 年风电和太阳能发电装机总量将达 12 亿 kW 以上。由于新能源发电具有随机性和波动性，为了降低电网弃风率和弃光率，燃煤火电机组将扮演越来越重要的调峰和深度调峰的角色。本项目通过一系列深度调峰试验，充分验证了机组 37%额定负荷不转湿态深度调峰的可行性，为后续机组深度调峰操作避免不安全事件积累经验。

从试验结果看，六横机组在 400MW 至 500MW 负荷段运行平稳，各项参数运行正常，一次调频能力正常，脱硝系统投运正常，初步具备投入深度调峰运行的能力，能够满足日后 40%~100%Pe 之间投 AGC 的要求。但是在 400MW 至 500MW 负荷段的燃料量与水量的基准线设计值并未经过试验修正，特别是给水的基准线，与机组实际运行情况存在一定偏差，使得机组实际变负荷速率偏慢，在变负荷过程中，450MW 负荷以上的负荷响应能力明显快于 450MW 以下负荷。试验中根据机组实际运行情况对煤量和水量的基准线进行了初步修正，但仍需对 500MW 以下负荷段的煤水基准线重新进行整定以及运行逻辑优化后才能满足低负荷下变负荷能力的相关要求。在协调控制方式下，由于给水量已经接近低限，负荷底限探至 370MW，继续降负荷是否会转态以及机组运行的安全性仍需进一步验证。另外六横机组具备在 400MW 负荷段投入一次调频运行的能力，主要参数稳定，实际/理论积分电量面积满足 60%要求，试验中在 DEH 侧控制逻辑中适当加大了低汽压段调频响应幅度增加了低负荷段一次调频的响应能力。

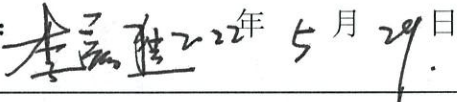

在实践项目中，还给出了调整一次风压及偏差、煤粉细度、配风方式、燃烧器旋流强度、磨煤机搭配方式等提高锅炉低负荷稳燃能力的措施，并且针对深度调峰过程中常见共性问题，如锅炉受热面超温、蒸汽参数严重偏低、磨煤机振动和风机喘振、空预器堵塞和低温腐蚀、脱硝系统入口烟温低等提出解决思路，为同类型机组深度挖掘锅炉最低稳燃能力，同时找出限制机组深度调峰的瓶颈，以及进行深度调峰改造提供经验。


拟写的学位论文为《基于含多种耦合单元的区域综合能源系统中火电厂负荷分配优化研究》，其中涉及到深度调峰期间负荷分配问题，该项目研究可为学位论文撰写提供一定的数据支持，并且试验方案思路及数据处理方法对学位论文工作的开展有很大的启发。

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、	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
------	-------------------------------------	---------------	----------------	----------	-------------

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 style="text-align: center;">该生同学理论知识扎实，积极参与科研 和技改项目，工作认真负责，项目研究顺利完成。 具有良好职业素养，团队协作能力好，该项 目课题，成效显著，对解决工程实际问题有指导意义。</p> <p style="text-align: right;">校外合作导师（或现场导师）签字： 2022年 5月 29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 style="text-align: center;">该生专业实践训练期间认真负责，学习目标明确，积极巩固理论知识和专业知识，并能灵活应用到具体的工作中去，保质保量完成了实践训练任务。通过实践，提高了独立思考问题、主动解决问题的学习的能力，在实际工作当中，该生具有很强的责任心，表现出较好的团队合作精神和敬业精神，希望今后能再接再厉，继续进步！</p> <p style="text-align: right;">校内导师签字： 2022年 5月 30日</p>

实践单位 过程考核 意见	实际实践开始时间:2022年 8月 15日 实际实践结束时间:2022年 5月 10日 专业实践训练累计天数268 其中项目研究天数:180 实践单位过程考核结果: <input type="checkbox"/> 优秀 <input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 审核签字并盖公章:  2022年 5月 31日
最终考核 结果审核 备案	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 教学管理部(或相关分院)审核签字(公章): _____ 年 月 日

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）。