

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	宁夏神耀科技有限责任公司	
实践单位地点	宁夏银川市金凤区北京中路德宁国际中心 10 楼	
实践岗位名称	气化开发部研发员	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 10 月 13 日开始 至 2022 年 06 月 17 日结束
		专业实践训练累计 247 天（单位考核前），其中项目研究天数 140 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>一、实践单位简介：</p> <p>宁夏神耀科技有限责任公司于 2017 年 5 月 18 日成立，注册资本 5000 万元，四家法人股东分别为国家能源集团下属神华宁夏煤业集团（持股比例 35%）、中船重工集团下属上海齐耀科技集团（持股比例 25%）、中国化学工程集团下属中国五环工程公司（持股比例 10%）、中科合成油公司（民营，持股比例 10%），员工持股占比 20%。是国务院国资委批准成立的首批“国有控股员工持股试点”的企业。神耀科技的主要业务为煤气化技术及相关配套技术的研发、转让许可、工艺设计、技术服务、咨询与培训、专有设备加工与供货、安装调试、开车服务；燃烧设备的设计开发、节能环保技术及其装置的研发、销售等。</p> <p>煤炭清洁高效利用始终是各煤气化技术供应商追求的目标。近年来，国内煤化工产业日趋成熟，各煤气化技术供应商纷纷投入更节能环保的“半废锅半激冷流程”气化技术的开发。该技术在生产合成气的同时回收高温显热，使煤炭热值回收率从~80%提高到~88%，节能效果显著。该气化技术开发和示范是神耀科技创新驱动发展的命脉，因此干煤粉气流床气化炉+辐射废锅气化技术的开发是神耀科技的重点工作。2017 年，宁夏神耀科技有限责任公司申报并获批宁夏回族自治区东西部合作项目：500t/d 干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术开发及建设，该课题目前已到结题阶段。2019 年，宁夏神耀科技有限责任公司申报并获批宁夏回族自治区重大研发项目：4000t/d 级大型干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术开发及建设，目前该课题气化系统研究内容已全部完成，即将进行落地示范。</p> <p>二、实习实践内容：</p> <p>本人主要从事宁夏神耀科技有限责任公司干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术中，辐</p>		

射废锅部分的设计工作。

首先，我根据在德仕古全废锅流程装置的工作经验，撰写《德仕古全废锅流程气化装置运行报告》总结这辐射废锅装置从原设计、工艺变更、试车、结构改造以及系统优化的整个经历和各个阶段的参数，对辐射废锅开发具有一定的指导意义。

第二，我在实践单位从事辐射废锅开发过程中的设备设计、废锅热量平衡计算、水动力计算方面的工作。

第三，我熟悉 Ansys Workbench 结构力学的计算。撰写力学方面的论文《压力容器分析设计中等效应力的研究与探讨》已通过压力容器杂志社专家评审。根据辐射废锅开发特性，编制《气化和辐射废锅计算表格》、《合成气温度—焓值表》、《辐射换热计算》、《神耀炉设计法则》等内部设计资料。

在实践过程中阅读了较多的气化技术和辐射废锅研究相关文献、可研报告、项目报告等，具有扎实的理论和实践基础。

(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)

一、项目名称：500t/d 投煤量干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术开发与建设

二、项目来源：2017 年宁夏回族自治区东西部合作项目

三、项目经费：630 万元

四、主要研究目标：

本项目主要开发 500t/d 投煤量干煤粉下行废锅气化技术的成套技术和装备，以及长周期稳定运行的配套技术。主要解决影响气化炉膜式水冷壁挂渣及稳定运行的因素；开展气化烧嘴结构、辐射废锅结构及气化烧嘴结构与气化炉匹配的研究；建立干煤粉气化炉辐射废锅积灰防控新方法及关键技术；开发煤粉密相输送稳定运行技术、高压条件下含灰合成气高效气固分离技术。

通过本项目的研究，完成 500t/d 级干煤粉下行废锅气化炉成套技术开发，编制工艺包；建成世界首套 500t/d 级干煤粉下行废锅气化炉中试示范工程，投入示范运行；完成气化炉、组合式烧嘴、辐射废锅等核心技术开发和装备制造；形成粉煤加压气化炉水动力计算技术及软件包；完成专利 3 项，发表论文 5 篇。

本项目研究可全面提升我国煤转化共性技术—煤气化技术研发、装备制造及工业应用水平；有效提升煤气化领域装备、材料、平台的自主制造能力；推动煤炭清洁高效利用技术发展，提高煤转化综合技术能力；减少煤转化过程污染物的排放，降低能耗、水耗；降低生产运营成本，提高煤转化经济效益。

五、技术难点：

难点 1：开发干煤粉下行废锅流程气化成套技术。

开发干煤粉下行废锅流程气化工艺、装备、控制等成套技术，完成工业化中试示范运行，形成自主知识产权成套气化技术。

难点 2：首次开发出干煤粉气化高温辐射废锅一体化技术。

将高温辐射废热锅炉与气化炉实施装备一体化，采用“三位一体高效防积灰结渣除

灰”技术，防止辐射废锅积灰结渣，解决高温高压下气固分离的难点，同时回收粗煤气显热，实现高温余热回收利用。

难点 3：开发新型嵌套组合式气化烧嘴。

开发粉煤气化炉多级嵌套组合式气化烧嘴，采用耐高温、抗氧化、耐腐蚀材料、向火面热障涂层设计、高效换热冷却等技术，实现气化烧嘴与气化炉的有效匹配，既保证气化炉膜式水冷壁的稳定挂渣，又保证气化炉高的碳转化率（99%）和有效气成份（CO+H₂大于91%）。同时，嵌套组合式气化烧嘴运行可靠，能够实现长周期稳定运行。

（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。）

一、研究内容：

1、干煤粉气化工工艺整体概念设计。

2、气化炉高压液态熔渣流动和辐射特性的实验研究。

3、干煤粉气化炉气化反应动力场、换热面渣膜形成研究。

研究还原性气氛条件下不同煤种的粘温特性和流变特性，气化炉运行过程中的颗粒附壁沉积和渣膜形成特性。研发干煤粉气化炉气化反应、渣膜形成的全尺度高精度模拟方法，实现炉内流场特性，均相和异相气化反应动力学，煤粉颗粒热解和气化反应，颗粒附壁沉积、渣层传热、液渣流动过程，以及炉内水冷壁渣膜形成等的准确预测及优化；为研究不同工况下最佳烧嘴布置型式、渣膜控制技术提供理论基础，并为大规模气化炉的设计提供指导性意见。

4、废锅底部气液固三相流动特性与热质双传机理研究。

5、烧嘴与气化炉结构的匹配性研究。

6、工艺包开发。

7、气化反应室、辐射废锅水动力特性研究。

研究干煤粉气化炉水冷壁内水、以及辐射废锅内水汽两相混合物的流动传热及阻力特性，分析高热负荷条件下气化炉及辐射废锅水冷壁管内传热恶化的发生条件、预测方法及应对措施。

8、气化炉反应室、辐射废锅的结构设计。

二、方案及技术路线

1、气化炉反应室与组合式烧嘴的匹配形式是 500t/d 投煤量气化炉保证高碳转化率、高的有效合成气组份的关键；拟定采用两套方案对比分析，一是采用嵌套式组合式烧嘴顶置方式，二是采用烧嘴顶置+烧嘴侧置相结合的方式；通过计算机仿真模拟计算的方法，优化烧嘴与气化炉的匹配方式和结构。合理设计辐射废锅，采用“三位一体高效气固分离”方法吹灰，使高温粗煤气和熔渣在辐射废锅高效冷却换热，提高气化炉整体热效率的关键。

2、气化炉高压条件下，不同煤种、气化温度、还原性气氛、合成气组份、灰的组分等对熔渣流动和辐射特性的影响规律及控制技术，熔渣流动特性与粘温特性和灰熔点

间的关系。

3、采用湍流模型、辐射模型、多相流模型、熔渣凝结相变模型等数学模型进行新型干煤粉气化炉废锅内气、液、固三相流动传热机理研究，以及由此引起的液态熔渣相变过程、废锅中下部灰渣弥散状态。优化计算干煤粉气化炉废锅接口直管、滴水檐、废锅炉体、出口锥度等结构参数，重点研究气化炉与废锅接口区域，并给出不同煤种、变负荷运行等情况对优化运行指导的意见。

4、建立废锅底部下降管内气、液、固多相流动与相变传热传质数学模型，分析各工况参数变化影响，研究合成气、冷却水、灰渣等多相速度分布、温度分布、灰渣颗粒浓度分布、气液相界面分布变化规律。优化废锅底部下降管结构，预测负荷变化性能预测。基于实验与模拟验证，优化废锅底部主要结构参数，预测优化废锅底部结构下的负荷变化性能。

5、优化组合式气化烧嘴与气化炉布置形式，使气化炉流场结构布局合理；优化气化炉关键结构尺寸，如炉膛直径、高径比、渣口大小、烧嘴位置和喷射角度等，确保煤粉和纯氧在气化炉内能达到高的湍流混合强度、高的反应速率、长的停留时间，从而有高的碳转化率和有效气产率、高的渣灰比，以及气化炉能长周期安全温度运行。

6、针对气化炉及辐射废锅设计的结构，开展水汽动力校核计算，验证设计结构的水动力特性，指导并优化气化炉及辐射废锅结构设计。

7、基于气化炉、辐射废锅反应流气、固、液质量、动量和能量守恒方程及其边界条件，建立相似准则关系；基于 2000t/d 气化炉反应室结构尺寸、运行技术参数，用准则关系式完成 500t/d 气化炉反应室的概念设计；在此基础上进行仿真计算，获得详细的流场、温度场和浓度场信息、颗粒停留时间、挂渣效果等，并与现场实测数据和实验数据对比分析，修改设计，并完成反应室详细结构设计。基于全废锅流程气化炉辐射废锅结构尺寸、运行技术参数完成 500t/d 气化炉辐射废锅的概念设计；在此基础上进行仿真计算，获得详细的流场、温度场和浓度场信息、灰渣弥散效果等，并与现场实测数据和实验数据对比分析，修改设计，并完成辐射废锅详细结构设计。

三、团队分工及本人承担任务完成情况

本人主要从事宁夏神耀科技有限责任公司干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术中，辐射废锅部分的设计工作。

首先，我根据在德仕古全废锅流程装置的工作经验，撰写《德仕古全废锅流程气化装置运行报告》总结这辐射废锅装置从原设计、工艺变更、试车、结构改造以及系统优化的整个经历和各个阶段的参数，对辐射废锅开发具有一定的指导意义。

第二，我在实践单位从事辐射废锅开发过程中的设备设计、废锅热量平衡计算、水动力计算方面的工作，目前已完成详图设计、水动力计算报告。

第三，我熟悉 Ansys Workbench 结构力学的计算。撰写力学方面的论文《压力容器分析设计中等效应力的研究与探讨》已通过压力容器杂志社专家评审。根据辐射废锅开发特性，编制《气化和辐射废锅计算表格》、《合成气温度—焓值表》、《辐射换热计算》、《神耀炉设计法则》等内部设计资料。

在实践过程中阅读了较多的气化技术和辐射废锅研究相关文献、可研报告、项目报告

等，具有扎实的理论和实践基础。

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）

一、知识掌握

在宁夏神耀科技有限责任公司实践的过程中，根据我自身的实践内容，我掌握了以下知识：

1、压力容器设计相关知识：1) 熟悉了固定式压力容器安全监察规程、GB150、GB151、JB4732 等基本压力容器标准规范；2) 掌握了容器的设计知识。在满足工艺需求的前提下必须满足：结构必须合理、安全可靠、技术经济指标高，产品总成本低；3) 实践以来共完成了各类型图纸 20 余张，设计说明书若干份；4) 实践以来撰写《压力容器分析设计中等效应力的研究与探讨》论文，对压力容器分析设计中等效应力线性化可能出现的一些问题进行说明和修正。

2、化工热力学计算相关知识：1) 熟悉了热力学定律和有关理论知识，初步掌握化工设计与研究中求取热量平衡数据的几种方法，可以解决工业过程中热力学性质的计算和预测；2) 掌握了辐射废锅设计中传热模型和热力学计算相关知识，可以根据辐射废锅内实际情况选择合理的数学模型；3) 实践以来撰写《气化和辐射废锅计算表格》、《合成气温度—焓值表》、《辐射换热计算》等热力学相关的内部设计资料。

3、流体力学相关知识：1) 熟悉了湍流模型基本控制方程 N-S 方程和雷诺方程的含义及计算；2) 初步掌握了竖直方法求解湍流流场的几种数学模型，并能根据实际情况选择合适的数学模型；3) 实践以来与合作单位开发干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术水/汽系统水动力计算软件，成功应用该软件进行气化炉燃烧室和辐射废锅的水动力计算并出具报告。

二、能力提升

在宁夏神耀科技有限责任公司实践的过程中，我已初步具备了以下能力：

- 1、文献查阅和分析能力；
- 2、科研独立设计能力；
- 3、统计学分析及统计学软件使用能力；
- 4、综述与论文撰写能力；
- 5、课题和项目申报能力；
- 6、捕捉社会发展趋势和相关政策的能力；
- 7、商业策划与运作能力。

三、素质养成

在宁夏神耀科技有限责任公司实践的过程中，我主要从事辐射废锅设备研发方面的实践工作，这个工作要求我在工作中，必须具有丰富的知识和扎实的知识结构，实事求是和严谨的工作态度，朴实而坚毅的工作作风。同时，我一直保持规律而高效生活节奏，以饱满的热情投入到研发工作，以对辐射废锅研发浓厚的兴趣和健康乐观的心态完成研发任务。

(二) 取得成效

1. 通过技术应用创新、成果转化、解决企业工程实际问题等取得的经济和社会效益

目前的煤气化技术按照合成器冷却方式分为激冷流程和废锅流程。激冷流程将 1500℃（大约是煤低位发热量的 20%）直接冷却至 250℃ 以下，这个过程中入炉煤低位发热总量 17% 的显热被激冷室吸收并损失。但激冷技术因技术成熟、造价低，是目前主流技术。

而废锅流程气化炉通过辐射废热锅炉吸收高温合成气和熔渣的显热（合成气及灰渣从 1500℃ 到约 800℃ 的显热）并产生高压蒸汽。与激冷流程相比，废锅流程可以多利用煤炭低位发热量 4%~5% 的能量用来产生高压蒸汽，具有降低煤化工碳排放强度的优势显著，符合当前政策背景下煤气化技术的发展方向。

2022 年 2 月 11 日，国家发改委发布《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南（2022 年版）》，推动各有关方面科学做好重点领域节能降碳改造升级。在附件 4《现代煤化工行业节能降碳改造升级实施指南》中，指出现代煤化工行业存在余热利用不足等问题，指南主要对能效在标杆水平特别是基准水平以下的企业进行技术攻关、改造升级引导，重点工作方向是加强大型先进煤气化、半/全废锅流程气化等技术开发应用和设备更新改造。神耀科技的 500t/d 干煤粉半废锅流程气化技术，是指南重点引导方向。

据测算，1 台 2000t/d 级干煤粉半废锅流程气化炉较相同规模的干煤粉激冷流程气化炉，副产 80t/h 左右高压饱和蒸汽，相当于节省动力锅炉标煤消耗 7.88 万吨/年（折合减排 CO₂ 约 19.66 万吨/年），节能减排效果十分明显。若企业采用该技术，可以为企业自身发展争取到更多用煤指标和排碳指标，用来发展后续的煤化工项目，或者获取碳交易收益的额外收益。

2. 与学位论文撰写的相关程度（原则上研究生学位论文选题及内容应来源于项目研究内容）

我在宁夏神耀科技有限责任公司 500t/d 干煤粉下行辐射废锅气流床气化技术中，从事辐射废锅设备开发工作，我在浙江大学工程师学院化工与材料专业研究生论文开题报告题目为《2000t/d 投煤量干煤粉气化炉辐射废锅内多相流场、温度场和灰渣行为研究》，实践工作和学位论文撰写完全相关。

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

一种回收余热的对流废锅	实用新型	2018-07-27	CN207659406 U	5/12	
一种废锅除灰一体式干煤粉气化装置	实用新型	2018-11-02	CN208038388 U	5/12	
一种废锅除灰一体式煤气化炉	实用新型	2019-02-22	CN208532707 U	7/12	
一种多级燃烧可掺烧废液的组合式燃烧器	实用新型	2020-02-07	CN210030597 U	5/12	
一种气流床气化设备	实用新型	2020-05-12	CN210506234 U	4/11	

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

<p>校外合作 导师(或现 场导师)</p> <p>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>该生积极应对工程实际问题，利用丰富扎实的 知识基础，本着科学严谨的工程作风，发 挥自身的创新能力，团结协作，实现所学与所用 的转化，为装置的安全运行提供有效支持。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字： 匡建平 年 6月 7日</p>
<p>校内导师</p> <p>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>该生基础知识扎实，实践经验丰富， 科学素养较高，结合自身工作将所学理论 知识加以应用。对具体问题在清晰分析 基础上制定了合理方案，取得了显著成果， 当前研究内容与学位论文一致，后续研究 工作按计划进行。</p> <p>校内导师签字： 钱超 年 6月 7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13日 实际实践结束时间:2022年6月17日 专业实践训练累计天数:247 其中项目研究天数:140 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 审核签字并盖公章: 王建平 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): 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</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）。