

河北省低碳技术推广目录技术简介

(2021 年)

2021 年 12 月

目录

一、 减碳类技术.....	1
(一) 节能提效类	
基于一体化冷凝燃气锅炉的非线性闭环智能供热技术.	1
浮选机专用永磁直驱电机智能驱动系统.....	5
基于三相采样与快速响应的电机节能技术.....	7
蓄热式加热炉自产煤烟爆喷反吹扫技术.....	10
动力伺服电机节能系统.....	13
(二) 原材料替代、减少类	
大掺量橡胶改性沥青技术.....	17
高延性冷轧带肋钢筋低碳节能技术.....	22
(三) 固体废物综合利用类	
基于冶金基固废胶凝材料的全固废高性能混凝土制备及应用技术.....	25
(四) 低碳生活类	
基于空气动力学原理的节能燃气炊具技术.....	30
(五) 非 CO ₂ 温室气体减排类	
六氟化硫废气回收、净化及再利用技术.....	34
二、 零碳类技术.....	39
基于物联网控制的储能式太阳能+多能互补大数据智能系统技术.....	39

一、减碳类技术

(一) 节能提效类

基于一体化冷凝燃气锅炉的非线性闭环智能供热技术

一、技术名称：基于一体化冷凝燃气锅炉的非线性闭环智能供热技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及使用范围：建筑行业，民用建筑采暖、工业供热。

四、该技术应用现状及产业化情况

目前该技术在北京、山西、山东等 20 余个供热项目中应用，累计供热面积约 800 万 m²。

五、技术内容

(一) 技术原理

新型燃气锅炉将锅炉与冷凝回收装置集于一体，减少了冷凝回收装置二次换热造成的能力损失。同时，采用智能化供热控制技术，使供热系统热量得到精准投放，实现了高效高质供热。

(二) 关键技术

1、一体式燃烧冷凝设计技术

新型燃气锅炉将锅炉与冷凝回收装置集于一体，减少了冷凝回收装置二次换热造成的能力损失，烟气换热面采用特

殊波纹结构设计，提升了换热效率；同时，烟气在两组波纹结构中高速流动时形成冲刷作用，使换热面持久清洁。

2、低氮炉体结构设计技术

采用单回程炉体结构设计，同样炉筒内，比传统三回程炉体可安装更大尺寸炉膛，减少了热力型氮氧化物生成。

3、智能供热控制技术

采用大数据方法，对供热系统负荷、三级管网供热平衡、实时室温、历史气象及实时用热需求进行分析，提出合理供热策略。同时，采用智能化云控能量阀技术，集成流量、温度、压力测量及无线通信远传功能，通过对换热站、管网、楼宇热负荷的自动调节，实现供热系统热量的精准投放。

(三) 工艺流程

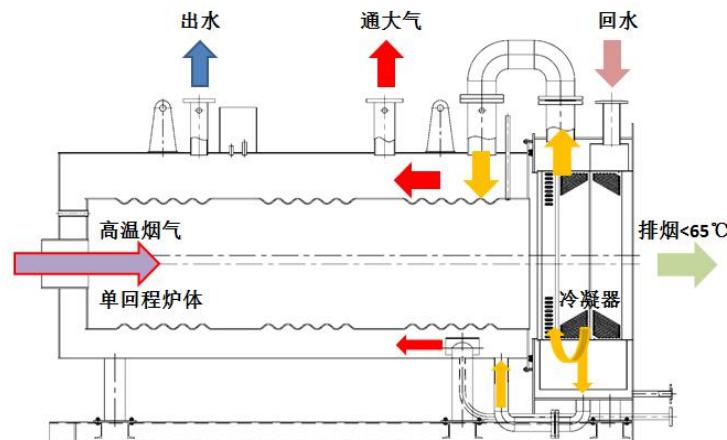


图 1-1 一体式冷凝燃气热水锅炉换热流程图

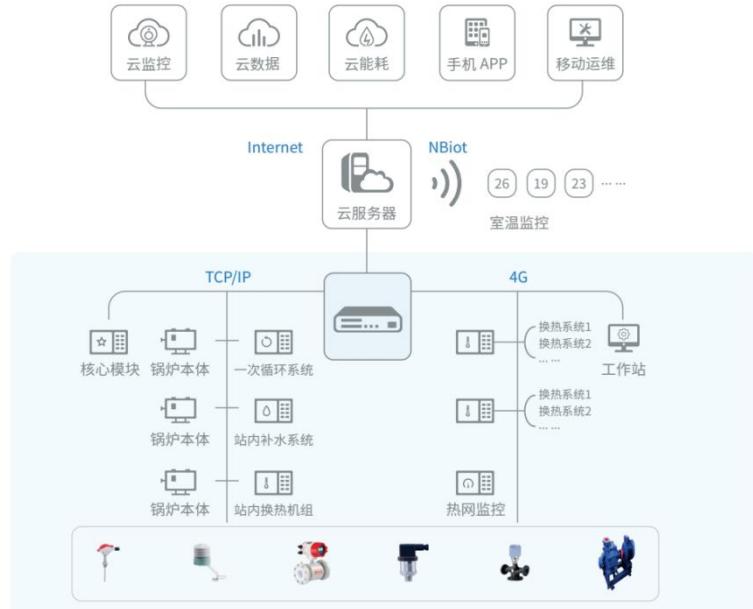


图 1-2 智能供热控制系统示意图

(四) 主要技术指标

30°C回水时，锅炉满负荷热效率 106.7%，最小负荷热效率 109.5%；

40°C回水时，锅炉满负荷热效率 102.2%，最小负荷热效率 105.1%；

50°C回水时，锅炉满负荷热效率 98.5%，最小负荷热效率 100.5%；

系统综合节能率约 32.7%；

供暖室温波动范围：±0.5°C；

住宅供暖单季耗气量：5~7Nm³/m²。

六、技术鉴定情况

该技术获得国家发明专利 8 项，实用新型专利 15 项，计算机软件著作权 3 项。

七、典型案例及投资效益

典型案例：北京于辛庄“煤改气”工程

建设规模：供暖面积 80 万平米。主要建设内容：管网敷设、锅炉安装、800kW 变压器安装、连续出水量每小时 70 立方米用水井建设、DN500 中压天然气管道铺设以及燃气调压箱安装及智能控制系统一套。主要设备：博墨 BW7000 一体化冷凝锅炉、管网优化设备、基于一体化冷凝燃气锅炉的非线性闭环智能供热技术。项目总投资 2200 万元，建设期 3 个月。项目年减排量约 4425.1tCO₂，碳减排单位成本为 199 元/tCO₂。

其他典型案例：北京泰达民族小区

八、推广前景和减排潜力

目前采用该技术的供暖面积近 2000 万平方米，技术推广比例不到 0.2%，2025 年预期推广比例达到 1%。2025 年，该技术预计总投资额约 56 亿元，碳减排约 80 万 tCO₂/a。

浮选机专用永磁直驱电机智能驱动系统

一、技术名称：浮选机专用永磁直驱电机智能驱动系统

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：机械制造，适用于浮选或搅拌类驱动系统。

四、该技术应用现状及产业化情况

该技术可应用于有色金属、黑色金属和非金属的粗选和精选。目前在河北、山东、河南、云南等省已投入使用。

五、技术内容

(一) 技术原理

通过合理设计电机的绕组型式、磁路结构和隔磁措施等参数，利用真分数槽集中绕组实现永磁电机多极低速直驱。

(二) 关键技术

1、在电机设计方面，采用非均匀极弧结构，在绕组方式、磁路结构设计、隔磁措施设计等方面具创新性。

2、在机械结构上，采用旋转接头连接中空轴等方式与浮选机连接，直接驱动浮选机叶轮。

(三) 工艺流程

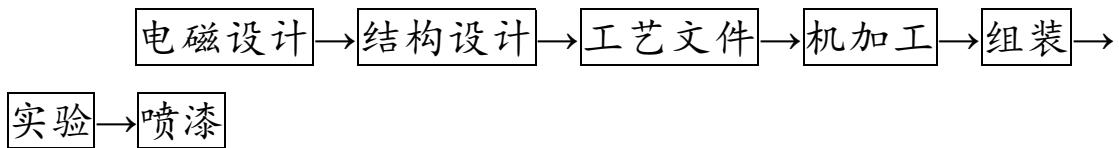


图 2-1 工艺流程图

(四) 主要技术指标

电机内电势波形畸变率低于 3.25%。

六、技术鉴定情况

该技术获得实用新型专利 3 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：丰宁鑫源矿业有限公司浮选机永磁直驱电机改造项目

建设规模：1 台 75kW 浮选机驱动系统改造。主要改造内容：将传统异步电机+皮带轮+轴承体+叶轮的驱动模式改造为永磁直驱电机直接驱动浮选机叶轮，取消中间传动环节，并采用变频驱动，叶轮转速可根据工艺需求实时调整。将永磁直驱电机放置于原轴承体固定位置，并将充气管路通过旋转接头引至电机的中空轴。项目总投资 10.5 万元，建设期 3 个月。项目年减排量约 91.6tCO₂，碳减排单位成本为 76.42 元/tCO₂。

其他典型案例：彝良驰宏矿业有限公司浮选机永磁直驱电机改造项目

八、推广前景和减排潜力

目前，该技术在河北省推广比例不到 1%，预计未来 5 年，预期推广比例将达到 10%，总投资约 30 亿元，可形成年碳减排能力约 298 万 tCO₂。

基于三相采样与快速响应的电机节能技术

一、技术名称：基于三相采样与快速响应的电机节能技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：机械行业，适用于钢厂、矿山（包括非金属矿山）水泥等高耗能产业。

四、该技术应用现状及产业化情况

目前，该技术在河北省内已有 5 个应用案例，省外有 10 余家应用案例。

五、技术内容

（一）技术原理

该技术基于电机降压降流节能原理，通过闭环反馈系统对电压电流进行调节，精确控制电机电压和电流；采用可调电阻网络三相采样、高频脉冲列触发可控硅和感应电压检测等技术，有效提高功率因数角检测电路精度和响应速度，使可控硅更精准、快速触发，保障电动机启动、运转平稳。

（二）关键技术

1、可调电阻网络三相采样技术

三相电源每一相提供独立的相位检测电路，即每个相线端和前端运放之间、每个电动机输入端和前端运放之间分别设置独立可调节的电阻网络。

2、高频脉冲列触发可控硅技术

高频脉冲列后沿固定、前沿可调，并设定每个脉冲间隔为 40 微秒，最大宽度等于 180° ，确保感性负载可靠地触发。

3、感应电压检测技术

通过检测可控硅关断期间电动机产生的感应电压，快速检测电动机负载突然变化，提高了电动机运行过程中负载突然变化时的响应速度。

(三) 工艺流程

控制系统通过采样测量功率因数角，经误差放大电路后与三角波比较，确定各相可控硅导通时序，通过脉冲列触发可控硅，实现电机端电压调节。控制系统通过调节输入电机功率值，使其与实际负载相适应。

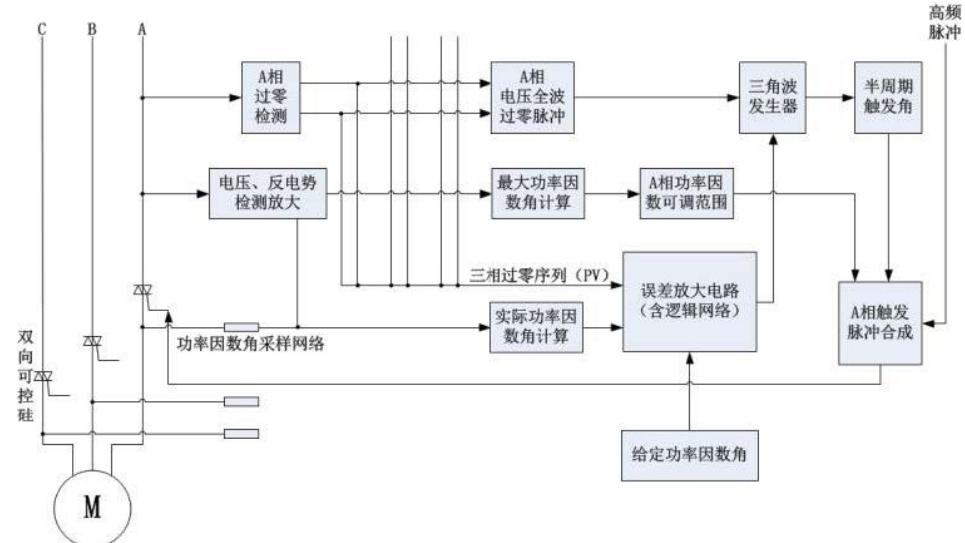


图 3-1 工艺流程图

(四) 主要技术指标

1、冲击负载工况：在电机负载变化较大的机械设备上，有功功率节电率为 $20\% \sim 40\%$ ；

2、渐变负载工况：在电机负载变化不大的机械设备上，

有功功率节电率为 15%~30%;

3、恒定中高负载工况：在电机负载较稳定的机械设备上，有功功率节电率为 5%~7%。

六、技术鉴定情况

该技术获得实用新型专利 3 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：承德丰宁顺达矿业集团有限公司电机节能改造项目

建设规模：替代低压三相交流异步电机。主要建设内容：用基于三相采样与快速响应的电机节电器替代低压三相交流异步电机配电系统及软启动设备。项目总投资 325 万元，建设期为 5 个月。项目年减排量约 1665.3tCO₂，碳减排单位成本约为 195 元/tCO₂。

其他典型案例：隆化金谷矿业集团有限公司电机节能改造项目

八、推广前景和减排潜力

目前，该技术在河北省推广比例不到 1%，预计未来 5 年，预期推广比例将达到 5%，总投资约为 30 亿元，可形成年碳减排能力 287.62 万 tCO₂。

蓄热式加热炉自产煤烟爆喷反吹扫技术

一、技术名称：蓄热式加热炉自产煤烟爆喷反吹扫技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：钢铁工业领域，适用于蓄热式轧钢加热炉。

四、该技术应用现状及产业化情况

目前，该项技术应用于蓄热式加热炉近 40 台（套），推广比例约 20%。

五、技术内容

（一）技术原理

蓄热式加热炉换向过程中，公共烟道残留煤气随排烟放散，本技术通过在换向前几秒，将自产煤烟烟气高速注入换向阀下部，公共烟道内残留煤气吹入炉膛燃烧一段时间后再进行燃烧换向，可消除蓄热式加热炉换向放散煤气缺陷。

（二）关键技术

1、加热炉自产煤烟爆喷反吹扫时序调控减排 CO 技术

选取煤烟作为吹扫气源，烟气量保持在 11720~17580 m³/h，吹扫时间设定 4~6s，CO 清除率 92%，单位能耗降低约 5%。

2、加热炉烟气反吹扫安全联锁与防爆技术

该技术匹配开发了八大安全联锁机制，形成了基于时序逻辑计算及多重联锁保护的智能安全防爆系统。

(三) 工艺流程

在蓄热式加热炉原燃烧换向系统上增加一套反吹系统，依次对换向煤气三通阀进行反吹扫。具体吹扫流程：从煤烟风机后取煤烟作为吹扫介质，随后加压、安全检测、工艺检测、工艺调节，最后在两通阀通断控制下对煤气三通阀后公共管道进行轮序爆喷吹扫，吹扫时间 3~8s。

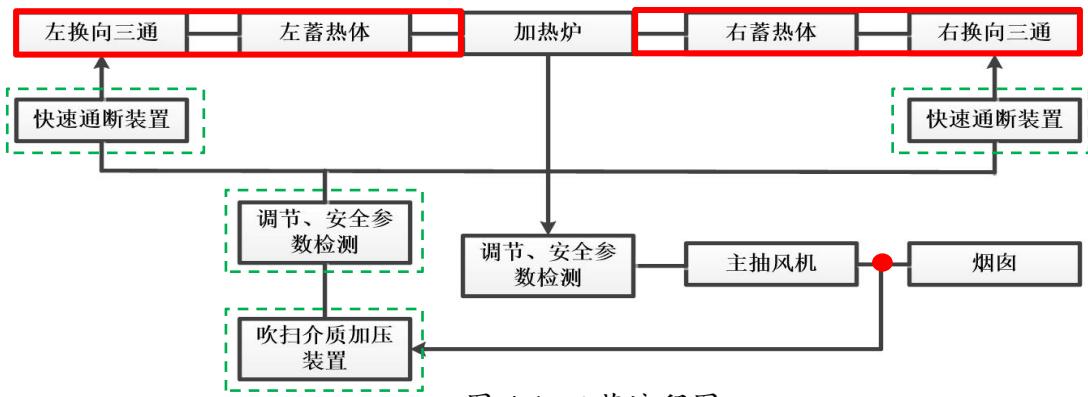


图 4-1 工艺流程图

(四) 主要技术指标

煤烟中 CO 含量低于 2500ppm。

六、技术鉴定情况

该技术获得发明专利 2 项，实用新型专利 1 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：唐山中厚板材有限公司 2021 年型钢部加热炉煤气换向反吹节能环保改造项目

建设规模：增加 1 套型钢部轧钢加热炉反吹系统。建设内容：整套反吹系统总体工艺设计；设备（含自动化控制）设计、施工、调试等。主要设备：反吹风机、安全阀组、泄压阀组、反吹管道、CO 分析仪、O₂ 分析仪、压力传感器、

流量计、二通阀、放散管道等。项目总投资 200 万元，建设期为 2 个月。项目年减排量约 7365tCO₂，碳减排单位成本为 27 元/tCO₂。

其他典型案例：迁安市九江线材有限公司轧钢厂二车间 5、6 线烟气反吹系统

八、推广前景和减排潜力

目前，该技术在河北省推广比例约为 20%，预计未来 5 年，预期推广比例将达到 100%，总投资约为 6 亿元，可形成年碳减排能力 119 万 tCO₂。

动力伺服电机节能系统

一、技术名称：动力伺服电机节能系统

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：机械行业，适用于各行业水泵、风机、多电机联动等电机动力源系统。

四、该技术应用现状及产业化情况

该技术目前已在广东、山东、湖北、黑龙江省造纸、钢铁、石油、化工等行业项目中应用，推广比例约 5%。

五、技术内容

(一) 技术原理

动力伺服电机转子由永磁体组成，永磁体产生的磁场与驱动器输出的 U/V/W 三相电形成的电磁场耦合，保障转子在最大磁场所力矩下转动；驱动器根据电机自带编码器反馈与目标值比较调整转动角度，实现高精准度控制。

动力伺服电机节能控制系统配合传感技术，根据实际工艺要求配置上位机控制系统，驱动器根据上位机发送指令自动调节转速，使系统能耗降低。

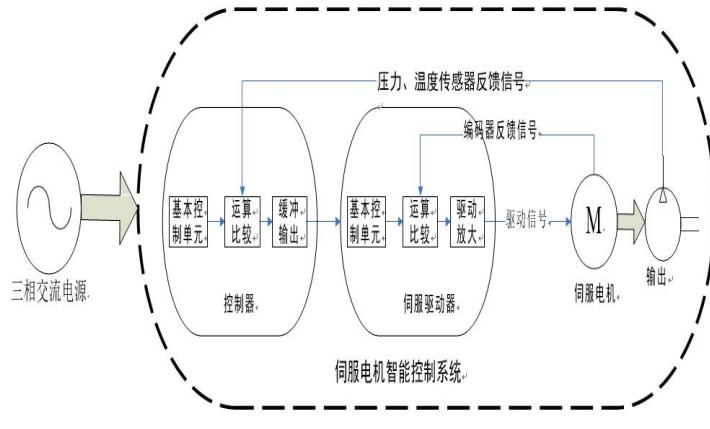


图 5-1 系统控制原理图

(二) 关键技术

1、降压软起启动技术

动力伺服电机节能系统的驱动器，将输入的三相电源整流成直流电，再通过 IGBT 逆变成电机实际需要的电压和频率，电机启动时，IGBT 根据电机实际需求转变输入频率和电压，避免电机启动对电网造成冲击。

2、闭环控制技术

动力伺服电机配置编码器，在电机运行过程中，驱动器采集编码器的电流值和角度位置，通过空间矢量控制技术对电机转速和位置进行精准控制。

3、电磁方案设计和控制解耦技术

动力伺服电机转子由永磁材料组成，设计保证了永磁体产生的磁力线和驱动器输出电流的磁力线达到正交角度，使电机持续保持在最佳力矩状态，同时也避免了永磁体失磁。

4、DCS 数字化控制技术

通过压力、流量、温度、速度、位置等工艺参数对动力

伺服电机进行控制。

(三) 工艺流程

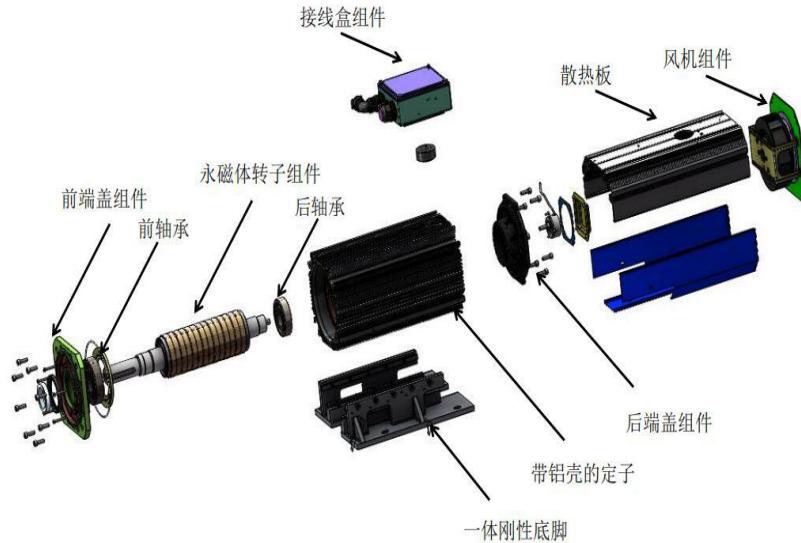


图 5-2 技术工艺流程

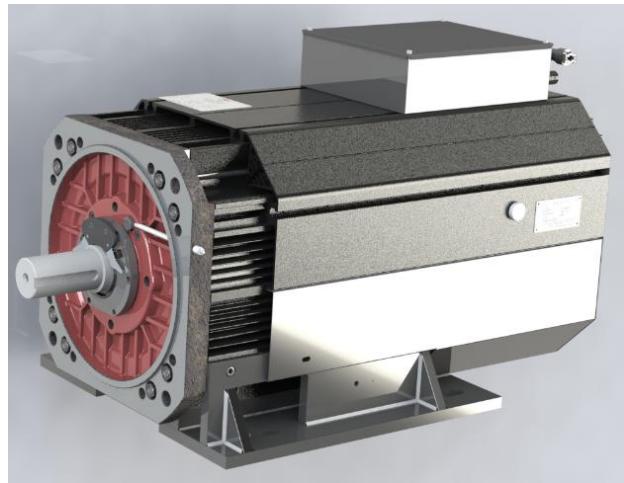


图 5-3 电机外观

(四) 主要技术指标

额定功率: 5.5kW~500 kW;

调速范围: 0~120%;

振动: ≤ 2.8mm/s;

稳速精度： $\pm 0.01\%$ (FVC) ； $\pm 0.1\%$ (SVC)

转矩控制：静态精度 $\pm 1\%$ ； 动态精度 $\pm 5\%$ 。

六、技术鉴定情况

该技术获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 4 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：江门明星纸业节能改造项目

建设规模：原有电机置换成动力伺服电机，同时配置伺服控制系统。主要设备：伺服电机及驱动器各 11 台，配套建设 PLC 控制柜 1 套等。该项目总投资 144.3 万元，建设周期 4 个月。年减排量约 860tCO₂，碳减排单位成本约为 167 元/tCO₂。

其他典型案例：东莞建晖纸业有限公司节能改造项目

八、推广前景和减排潜力

目前，动力伺服电机节能系统在国内其他省市推广比例约 5%，预计未来 5 年，河北省预期推广比例达到 5%，总投资约为 1.6 亿元，可形成年碳减排能力约 11.7 万 tCO₂。

(二) 原材料替代、减少类

大掺量橡胶改性沥青技术

- 一、技术名称：大掺量橡胶改性沥青技术
- 二、技术类别：减碳技术
- 三、所属领域及适用范围：交通运输领域，沥青路面修筑。
- 四、该技术应用现状及产业化情况

2018 年，大掺量橡胶改性沥青技术开始应用于高速公路新建工程，截至目前，大掺量橡胶改性沥青累计应用里程近 800 公里。

五、技术内容

(一) 技术原理

该技术使用部分废旧轮胎粉替代沥青，提升了路面使用寿命，减少罩面养护次数。技术原理主要包括三项内容：机械强剪切作用、预处理技术和稳定的配方体系。

该技术通过机械剪切、搅拌分散使废旧轮胎胶粉、沥青及多种助剂充分混熔、反应，使胶粉细化、且部分降解。

预处理胶粉技术通过热能、机械能、化学能将胶粉变为活化胶粉及橡胶小分子，改善了橡胶沥青的储存稳定性。该技术比原有胶粉改性沥青制备进一步降低了反应温度，缩短溶胀时间，提高了产品高温稳定性。

配方体系主要包含 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）和高效稳定剂。SBS 主要作用是通过本身的热塑性弹性体特性，对废旧轮胎胶粉改性沥青进行增强增韧。在沥青体系中形成局部线性网络结构，通过其网兜作用防止胶粉的沉降离析，提升胶粉改性沥青的稳定性；高效稳定剂主要作用是在一定程度上建立 SBS、胶粉、沥青三者之间的化学联系，整体提高改性沥青体系的稳定性、强度和韧性。

（二）关键技术

1、大掺量橡胶改性沥青的配方及工艺

影响橡胶改性沥青效果的因素包括改性剂种类、改性剂用量、改性剂添加顺序、搅拌时间、搅拌温度、发育时间、剪切温度、剪切时间、剪切频率及顺序等，通过正交实验设计，以沥青黏度、软化点、低温延度以及针入度等基本性能为评价指标，分别验证各种因素对不同类型大掺量（30%RA、40%RA、50%RA）橡胶改性沥青基本指标的影响作用及变化规律，确定各类型大掺量（30%RA、40%RA、50%RA）橡胶改性沥青最佳配方、制备工艺和流程参数控制。

2、胶粉预处理技术

基于双螺杆塑化工艺为关键的胶粉预处理技术，对胶粉实现定向可控脱硫，提高胶粉与沥青的界面粘合作用力和相容性，解决二者的过渡层问题，改善复合体系的动态与静态性能。胶粉脱硫程度分为表层塑化、深度脱硫、部分裂解等。

此技术实现了不同类型大掺量（30%RA、40%RA、50%RA）橡胶改性沥青的功能化需求，简化了生产工艺，降低溶胀温度，降低对高速剪切机的要求（由两轮剪切变为1轮剪切），缩短了生产周期；通过胶粉预处理技术，对废气集中收集处理，降低生产施工过程中废气排放。

3、橡胶改性沥青质量控制体系

分别针对胶粉原材料、预处理胶粉、橡胶改性沥青、橡胶改性沥青混合料性能指标以及实际路用性能制定相应技术指标，并实施多层次控制，优化完善大掺量橡胶改性沥青技术指标体系。

（三）工艺流程

- 1、添加70#基质沥青，同时间掺入拟定比例的SBS与增塑剂，并加热搅拌至190°C。
- 2、掺加胶粉与复合稳定剂并搅拌加热至185-190°C。
- 3、保持185-190°C下搅拌30分钟，使胶粉充分溶胀发育，同时确保助剂、胶粉与沥青分散均匀。
- 4、添加稳定剂，使SBS、胶粉及沥青进行充分反应。
- 5、进行剪切出料，成品可直接装车运输或置于成品罐留存备用。

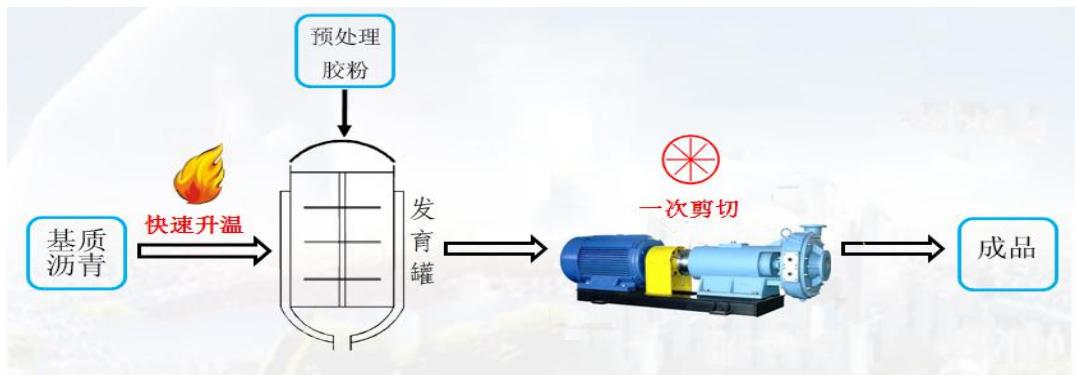


图 7-1 工艺流程图

(四) 主要技术指标

以京德高速项目为例：

1、大掺量橡胶改性沥青技术指标

京德高速项目	技术要求			试验方法
	30%RA	40%RA	50%RA	
180°C运动黏度 (Pa.s)	1.5~3.5			JTGE20-2011T0625
针入度 (25°C100g, 5s, 0.1mm)	40~60			JTGE20-2011T0604
延度 (5cm/min, 5°C, cm)	>15	>15	>10	JTGE20-2011T0605
软化点 (环球法, °C)	>75	>75	>60	JTGE20-2011T0606
离析, 软化点差 (°C)	≤5			JTGE20-2011T0661
25°C弹性恢复 (%)	>85	>85	>65	JTGE20-2011T0662
5°C测力延度最大力 (N)	>60	>60	>40	AASHTOT300
PG 等级	88-28	88-22	76-22	AASHTOT315
Jnr3.2/kPa-1	<2.0	<1.0	<2.0	AASHTOT350

2、大掺量橡胶改性沥青的混合料技术指标

京德高速项目	单位	层位		
		表面层 (30%RA) ARHM-13	中面层 (40%RA) ARHM-20	下面层 (50%RA) ARHM-25
渗水系数	mL/min	≤80	≤120	≤200
残留稳定度	%	≥90	≥85	≥85
冻融劈裂强度比	%	≥85	≥80	≥80
车辙试验动稳定度	次/mm	≥3000 (70°C)	≥5000(60°C)	≥3000 (60°C)

相对变形值	%	≤ 3 (70°C)	≤ 2 (60°C)	≤ 3 (60°C)
低温弯曲破坏应变	$\mu\epsilon$	≥ 2800 (-10°C)	≥ 2800 (-10°C)	≥ 2500 (-10°C)
	$\mu\epsilon$	≥ 1800 (-20°C)	≥ 1300 (-20°C)	-
疲劳寿命 (15°C, 10Hz, 400 $\mu\epsilon$)	次	≥ 15 万	≥ 40 万	≥ 40 万

六、技术鉴定情况

该技术获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 14 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：京德高速项目

建设规模：主线全长 87.256km，全线面层采用三层式沥青路面结构，均采用大掺量橡胶改性沥青作为沥青混合料的胶结料。其中，面层采用 30%掺量橡胶改性沥青，抗车辙、抗开裂；中面层采用 40%掺量橡胶改性沥青，抗车辙；下面层采用 50%掺量橡胶改性沥青，抗疲劳。项目总投资 2400 万元，建设期 18 个月，年碳减排量约 1.12 万 tCO₂。

其他典型案例：荣乌新线高速项目

八、推广前景和减排潜力

该技术目前推广比例约 20%，按 2025 年预计推广比例 50% 计算，项目总投资将达到 10 亿元，可形成年碳减排能力约为 4.2 万 tCO₂。

高延性冷轧带肋钢筋低碳节能技术

一、技术名称：高延性冷轧带肋钢筋低碳节能技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及使用范围：钢铁、建材行业。

四、该技术应用现状及产业化情况

该技术在河南省、河北省、山东省、湖南省建立了年产能 360 余万吨的生产基地，目前在河北省推广比例约 20%。

五、技术内容

(一) 技术原理

该技术基于冷轧+轧制力前馈的在线热处理工艺技术原理，以普碳钢 Q235 为原料，不添加任何微合金，通过独创高速无头轧制，使钢筋在塑性变形的同时增强位错交互作用、提高位错密度和增大变形抗力，提高金属强度，然后通过中频感应回火热处理促进轧制过程产生的位错和空位的运动，使冷轧作用下出现的亚晶得到恢复，内部残余应力被消除，钢筋塑性性能得到改善，实现了节材、节能、减碳。

(二) 关键技术

1、研发了冷塑性变形强化轧制及在线电磁感应热处理工艺。通过控制轧制变形率和热处理工艺制度，提升了产品强度、强屈比等。

2、研制了冷轧专用大轧制力零速大转矩带载启动高速轧机。解决了电机温升高、带负载启动时形成瞬间速降问题。

3、研制了高效大功率在线电磁感应热处理炉，可实现不同规格产品均匀热处理。

4、研制了低温小转角阿基米德螺旋渐开线吐丝机，可实现500°C以下低温稳定吐丝。

5、研制了低温集卷整形、分卷集卷站。保证无头轧制集卷、定重、分卷功能连续化、自动化，实现一体化自动控制。

(三) 工艺流程

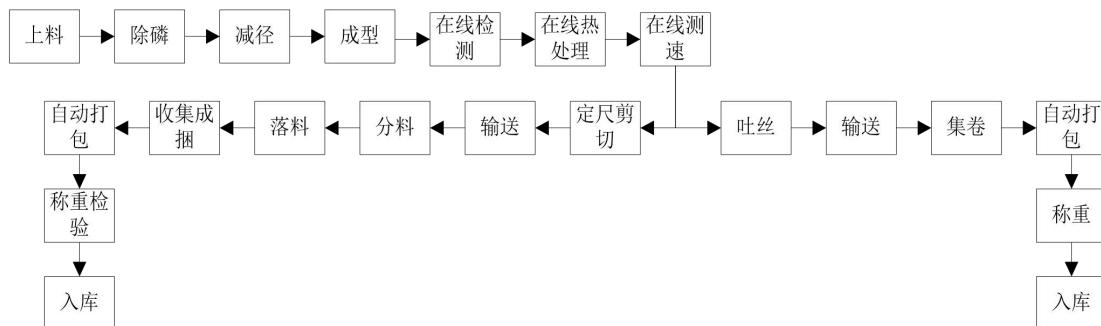


图 8-1 高延性新型冷轧带肋钢筋工艺流程

(四) 主要技术指标

轧制速度：

φ6 ≥1200 米/分；

φ8 ≥800 米/分；

φ10 ≥500 米/分；

产品综合成材率 99%；

生产综合作业率 92%。

六、技术鉴定情况

该技术获得发明专利 22 项，实用新型专利 53 项，计算

机软件著作权 4 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：安阳复星合力新材料股份有限公司年产 150 万吨项目

建设规模：年产 150 万吨高延性冷轧带肋钢筋。主要建设内容：8 条盘螺生产线、4 条直条生产线，焊网、绝缘钢筋深加工以及相应的配套设施。主要设备：上料系统 12 套，盘螺轧制系统 8 套，直条轧制系统 4 套，热处理系统 12 套，盘螺和直条收集、输送打包系统等。项目总投资 2.4 亿元；建设期 6 个月；项目年减排量：8.74 万 tCO₂，碳减排单位成本约 274 元/tCO₂。

其他典型案例：河北津西钢铁集团拟建年产 200 万吨项目

八、推广前景和减排潜力

该技术目前推广比例约 20%。2025 年，预期推广比例约 70%，预计总投资额约 5 亿元，年碳减排潜力约 17.47 万 tCO₂。

(三) 固体废物综合利用类

基于冶金基固废胶凝材料的全固废高性能混凝土制备 及应用技术

一、技术名称:基于冶金基固废胶凝材料的全固废高性能混凝土制备及应用技术

二、技术类别:减碳技术

三、所属领域及适用范围:建材行业,适用于水坝、城市道路、油田、高铁、机场、涵洞、桥梁等大型建筑,军工、水下、海防、核电工程领域。

四、该技术应用现状及产业化情况

通过钢渣、矿渣和脱硫石膏的协同作用,使大部分矿渣活性释放替代熟料。该技术目前已在河北省数十家混凝土搅拌站推广应用。

五、技术内容

(一) 技术原理

该技术原材料使用100%工业固体废弃物(铁尾矿、脱硫石膏、冶金渣等)。混凝土骨料100%采用铁尾矿(核实专业术语:铁尾矿还是尾铁矿)和废石,根据“粒级与活性的双重协同优化”原理,利用工业废渣整体胶凝材料,与高性能减水剂(或超塑化剂)优化配合,制备较低水化热、较高耐久性的全固废混凝土,完全替代水泥。

(二) 关键技术

1、工业废渣整体胶凝材料制备技术及产业化

由钢渣、金属尾矿、脱硫石膏、矿渣等工业固体废弃物制备形成，采用钢渣与脱硫石膏协同激发矿渣中硅（铝）氧四面体胶凝特性，使混凝土中熟料用量接近于零。

2、高品质尾矿砂石骨料制备技术及产业化

建立尾矿砂石数据库；开发出选矿与高品质砂石协同制备专项技术和装备，形成全工艺过程中无三废排放的清洁生产模式，提高了矿山资源利用效率。

3、全固废高性能混凝土制备及产业化技术

使用工业废渣整体胶凝材料与尾矿砂石制备混凝土，采用现代混凝土设计方法，不仅能够生产出 C60 以上的高性能混凝土，还能使 C30、C35 和 C40 等大用量混凝土真正实现高性能化。

4、尾矿细粉制备高品质掺合料技术及产业化

利用铁尾矿微粉在碱性环境中生成的硅铝酸盐相，明确了部分 Si-O 键中电子云向化学键中间移动的变化规律，提出尾矿微粉的这一断键重组的特殊行为，开发出系列尾矿微粉产品并产业化。

5、尾矿砂专用外加剂制备技术及产业化

发明了专用功能性外加剂，通过其产生的颗粒间强静电斥力和吸附络合作用，保证了高吸附性尾矿砂的高效使用。

(三) 工艺流程

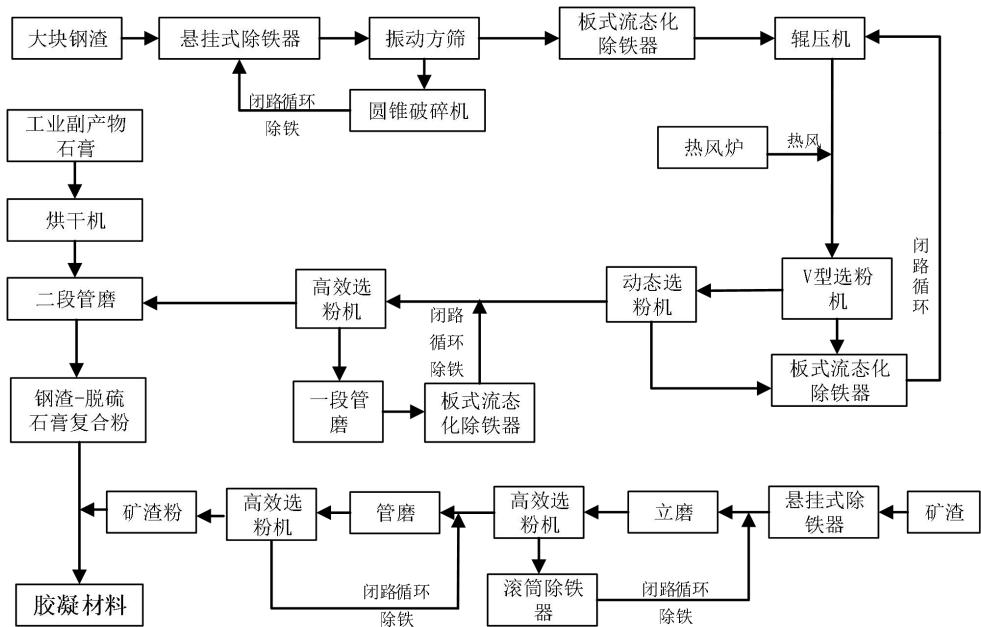


图 9-1 工业废渣整体胶凝材料工艺流程图

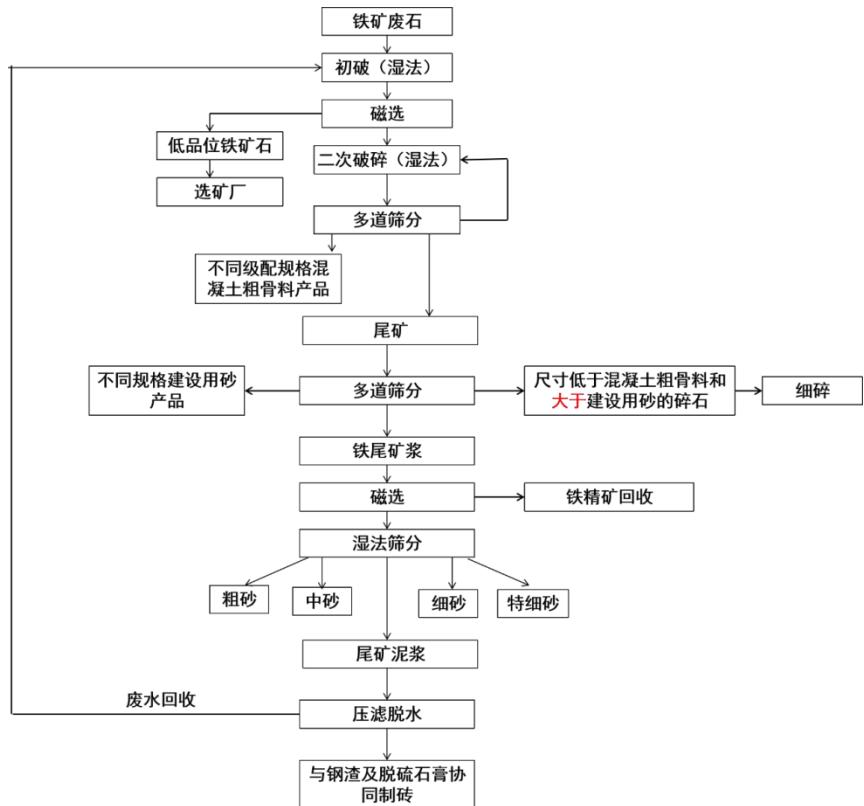


图 9-2 铁尾矿废石制备高品质砂石工艺流程图

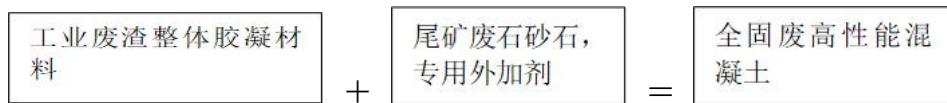


图 9-3 全固废混凝土制备工艺

(四) 主要技术指标

工业废渣整体胶凝材料技术指标要求符合 DB (J) /T8385-2020;

尾矿砂石质量及技术指标符合 DB(J)/T304-2019;

全固废混凝土技术指标符合 DB (J) /T8385-2020;

全固废混凝土结构工程施工质量验收符合 DB (J) /T307-2019。

六、技术鉴定情况

该技术获得国家发明专利 2 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：涉县清漳水泥制造有限公司 100 万吨胶凝材料改扩建项目

建设规模：改建一条 100 万吨胶凝材料生产线及全固废混凝土生产线。主要设备：立磨、选粉机、混凝土搅拌生产线。项目总投资 20000 万元，建设期为 24 个月。项目年减排量约 42.4tCO₂，碳减排单位成本为 90.9 元/tCO₂。

其他典型案例：广西大美光电科技股份有限公司 200 万吨胶凝材料改扩建项目

八、推广前景和减排潜力

目前，该技术在河北省推广比例不足 5%，预计未来 5

年，预期推广比例将达到 30%，总投资约为 100 亿元，可形成年碳减排能力 508.8 万 tCO₂。

(四) 低碳生活类

基于空气动力学原理的节能燃气炊具技术

一、技术名称：基于空气动力学原理的节能燃气炊具技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：餐饮业，适用商用及家庭燃气、煤气、沼气、生物质燃气、电炉等热源。

四、该技术应用现状及产业化情况

该技术在食品工厂、商用餐饮行业、企事业单位、部队、民用等均有应用，共计约 10 万台，推广比例不到 0.1%。

五、技术内容

(一) 技术原理

该技术基于空气动力学原理，在普通不锈钢锅（以下简称内锅）外围加置一个保温外罩（以下简称保温外锅）。加热时，火焰在内锅和保温外锅间环形缝隙加热内锅底部和周围，形成烟囱效应，提高了燃烧效率，减少了二氧化碳产生。

采用立体保温技术，在内锅外围设置的保温外锅、保温底座、保温外盖为双层不锈钢夹保温纤维，对内锅食物有持久保温的作用。

采用立体储热技术。在保温外锅底部开孔洞的圆环上选用吸热快、释放缓慢的金属材料设置一个聚热盘，明火加热

阶段，聚热盘快速吸热，结束加热后，聚热盘持续放热，食物在保温层和聚热盘的作用下持续烹煮并持久保温。

（二）关键技术

1、高效热循环空气动力学原理加热技术

内外双层锅体间环形缝隙形成有效烟囱效应，燃气节能装置底部间隙进口处热空气上升形成有氧扰动，强化天然气灶具的燃烧效率、烟气内锅壁面之间的高效热量传递，用火时间比传统炊具缩短约 60%~80%。

2、快速储能再释放技术

在保温外锅底部设置金属聚热盘，通过采用铸铁材质及其结构形状设计，提高了热传导效率。

3、长效保温防散热技术

在传统锅具外围加装保温外锅、外盖和底座，构成封闭热量保温环境，减少热量损失，延长关火后聚热盘烹煮时间，节能率约 50%~80%。

（三）工艺流程

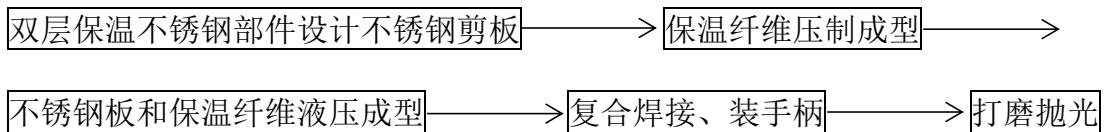




图 10-1 工艺流程图

(四) 主要技术指标

保温效率：商用款——2 小时后，水温 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ；

——6 小时后，水温 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ ；

——12 小时后，水温 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ ；

家用款——2 小时后，水温 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ；

——6 小时后，水温 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ ；

——12 小时后，水温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ；

节气率：商用款 $\geq 80\%$ ；

家用款 $\geq 50\%$ 。

六、技术鉴定情况

该技术已获得实用新型专利 1 项，并通过了重庆市计量质量检测研究院检测。

七、典型用户及投资效益

典型案例：重庆杨记隆府餐饮公司项目

建设规模：重庆杨记隆府餐饮公司 12 家中型连锁门店

更换为商用节能锅。主要设备：12 家门店使用商用节能锅具 36 台。该项目总投资 7.2 万元，建设周期 3 个月（中型以下商用节能锅具安装即用，中型以上商用节能锅具定制生产）。年减排量约 55tCO₂，投资回收期 1~2 月，碳减排单位成本 163 元/tCO₂。

其他典型案例：重庆市 10000 户家庭用户项目

八、推广前景和减排潜力

到 2025 年，预计该技术应用比例可达到 3%，预计总投资 1.5 亿元，年碳减排潜力 11.5 万 tCO₂/a。

(五) 非 CO₂ 温室气体减排类

六氟化硫废气回收、净化及再利用技术

一、技术名称：六氟化硫废气回收、净化及再利用技术

二、技术类别：减碳技术

三、所属领域及适用范围：电力行业，适用于发电企业和供电企业。

四、该技术应用现状及产业化情况

该技术已在国网河北省电力有限公司应用，目前在国网河北省电力公司推广率达到 5%。

五、技术内容

(一) 技术原理

六氟化硫废气中的水分、分解产物、粉尘等杂质通过吸附过滤方式滤除，其余杂质气体通过双塔精馏提纯技术净化分离。六氟化硫依次通过不同分子筛的过滤器，去除粉尘等机械杂质。在第一精馏塔内，以低温精馏液化法将空气和碳氟化物杂质在精馏塔上部排放除去，气相状态下的八氟丙烷与少量六氟化硫通过精馏塔中下部排气，至第二精馏塔再次精馏处理、降至设定温度后，第二精馏塔底部气体通过尾气处理排出八氟丙烷。

(二) 关键技术

1、六氟化硫废气现场快速回收技术

回收前期将六氟化硫气体直接通过低温液化和蒸发汽化的换热器，回收后期起动真空压缩机与压缩机联动运行进行负压回收，在不超过临界温度的情况下，使 SF₆ 气体快速液化并储存在压力容器中。

2、废气碱洗、吸附处理技术

六氟化硫废气碱洗、多级吸附处理技术主要去除水分、分解产物、有毒低氟化物絮状物粉尘等。六氟化硫废气通过一定浓度碱液去除酸性物质，再依次通过各类吸附剂（F-03 分子筛、活性氧化铝、5A 分子筛、活性硅胶组成混合净化剂）去除水分、机械类杂质等。上述吸附剂达到饱和状态后可通过解析再利用。

3、六氟化硫废气深冷双级纯化再生技术

采用低温精馏液化法将空气和低氟化物杂质去除，六氟化硫废气依次通过双级精馏塔，先经过第一级精馏塔进行精馏处理，第一级精馏塔中下部排气将气相中八氟丙烷与少量六氟化硫气体排至第二精馏塔内，第二精馏塔内再次进行精馏处理，降至设定温度后，使得六氟化硫与八氟丙烷重新分层，第二精馏塔底部气体主要为八氟丙烷，检测后通过尾气处理，排出八氟丙烷。

（三）工艺流程

该项目工艺主要分为三大部分，六氟化硫废气回收、吸附预处理和双塔精馏净化提存。

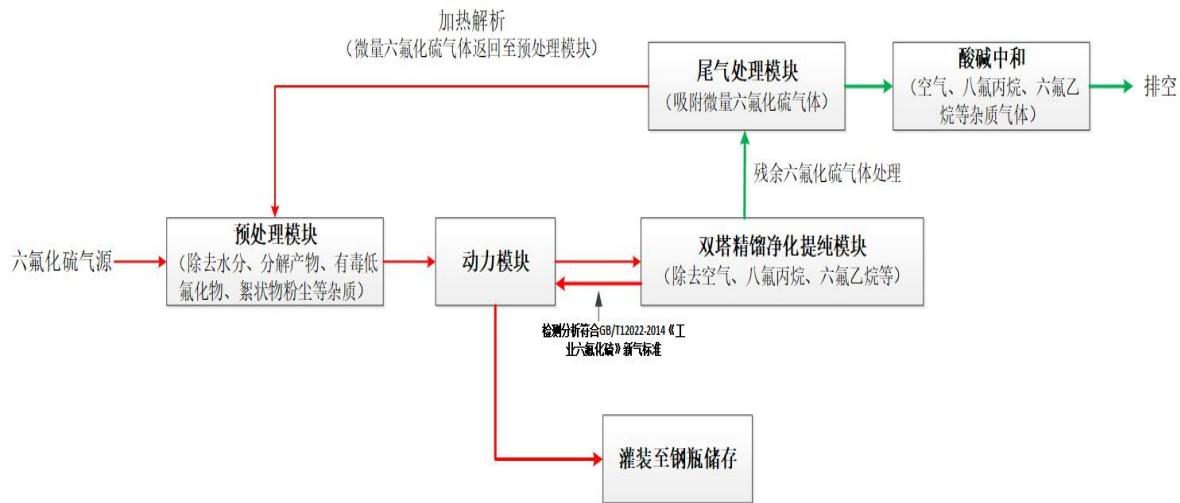


图 11-1 六氟化硫现场回收工艺流程图

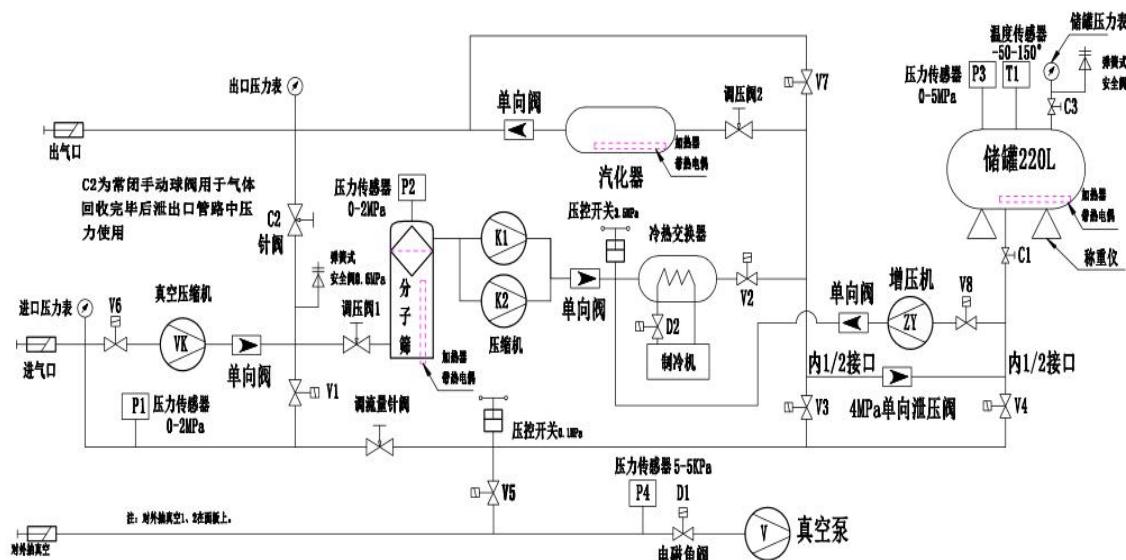


图 11-2 六氟化硫净化处理工艺流程图

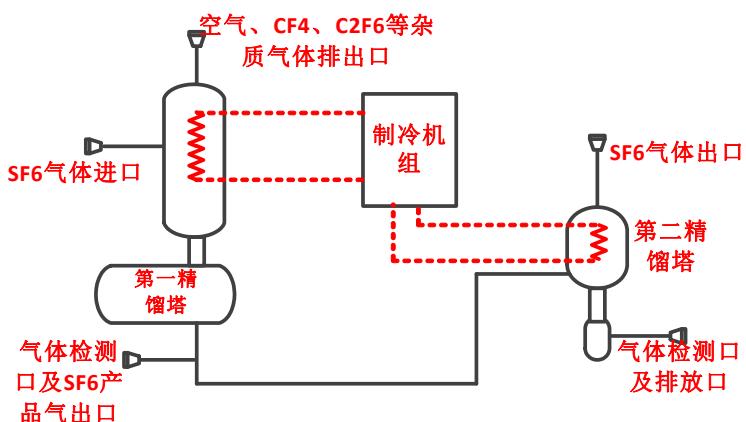


图 11-3 双塔精馏提纯工艺流程图

(四) 主要技术指标

回收率不小于 96.5%;

净化率不低于 98%;

净化处理能力不低于 300kg/h。

六、技术鉴定情况

该技术获得发明专利 1 项，实用新型专利 1 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：国网河北省电力有限公司检修分公司变电站设备中六氟化硫气体回收、净化及再利用示范工程

建设规模：在国网河北省电力有限公司检修分公司变电站设备中安装移动式六氟化硫废气回收、净化及再利用设备。

建设内容：六氟化硫回收、净化处理装备、六氟化硫质量检测装备，以及各类气体存放区等。主要设备：六氟化硫回收系统、吸附处理系统、净化处理系统、控制系统，以及质量检测装备等。项目总投资 300 万元，建设期为 8 个月。项目年减排量约 25 万 tCO₂，碳减排单位成本为 2.7 元/tCO₂。

其他典型案例：国网河北省电力有限公司石家庄供电公司变电站检修设备中六氟化硫气体回收、净化及再利用示范工程

八、推广前景和减排潜力

目前，该技术在河北省推广比例不足 5%，预计未来 5 年，预期推广比例将达到 100%，总投资约为 0.05 亿元，可

形成年碳减排能力 40 万 tCO₂。

二、零碳类技术

基于物联网控制的储能式太阳能+多能互补大数据智能 系统技术

一、技术名称：基于物联网控制的储能式太阳能+多能互补大数据智能系统技术

二、技术类别：零碳技术

三、所属领域及使用范围：新能源及可再生能源利用。
可应用于公共建筑、老旧小区、农宅、商用建筑以及工农业热利用等，以及加油站、营房哨所、服务区、园区等场景供暖及热水供应。

四、该技术应用现状及产业化情况

目前该技术在国内已应用于 50 余个项目，应用规模合计约 120 万平方米。

五、技术内容

(一) 技术原理

以太阳能光热利用为主，协同空气能、暖气换热、电能等辅助能源补充末端供热，通过在热水系统加装计量仪、智能传感器，配合远程大数据、物联网、云计算等技术，实现了数据在线采集、实时远程监测、数据自动分析等能源信息化管控等服务功能。

(二) 关键技术

1、全自动化 PLC 远程控制系统技术

集热、应急补水、温差循环、末端回水等实现全自动运行，系统与调度中心系统衔接，实现电脑监控及监管人员手机 APP 监控，具备水电能耗云端抄表、远程数据维护、故障预警等功能。

2、太阳能集热系统设计技术

根据项目各功能区用热需求和屋顶面积布置太阳能集热器阵列排列，实现本地化分布式设置太阳能集热系统。

3、辅助能源系统设计技术

(1) 超低温空气源热泵设计技术

冬季气温较低时采用暖气换热器辅助，保证热水供应最大化节能、降耗。

(2) 应急电辅热

配置应急电辅助加热器，在设备故障等紧急情况使用。

4、关键计量设备控制和实施策略

根据项目现场情况，结合当地气候条件确定改造系统方案及计量仪器仪表安装位置，同时安装智能传感器、数据采集、实时监测及大数据统计相关硬件设备及软件智能控制系统。

5、智能物联网大数据技术

可收集实时数据和历史数据。支持无人工干预定时自动获取及手动刷新获取数据，提供数据安全保障方案。

(三) 工艺流程

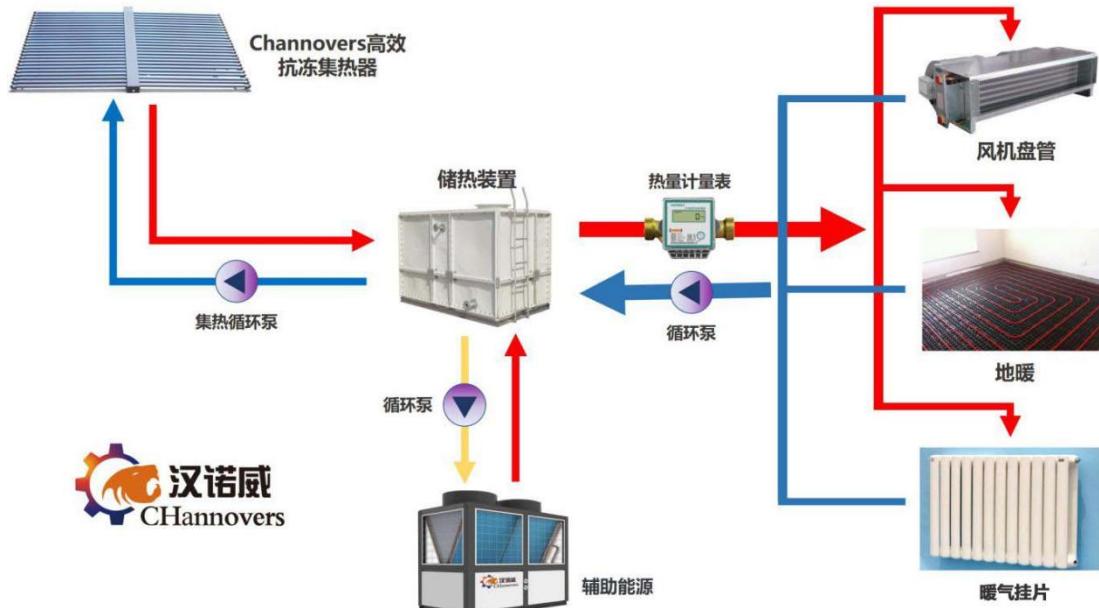


图 12-1 基于物联网控制的储能式太阳能+多能互补大数据智能系统技术

(四) 主要技术指标

1、供暖系统

(1) 太阳能资源最丰富 A 类区，太阳辐照量 20MJ/m^2 :

环境温度 $-30^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 7.0$ ；

环境温度 $-19^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 10.0$ ；

环境温度 $0^\circ\text{C} \sim 18^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 14.0$ 。

(2) 太阳能资源很丰富 B 类区，太阳辐照量 18.2MJ/m^2 :

环境温度 $-30^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 5.0$ ；

环境温度 $-19^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 8.0$ ；

环境温度 $0^\circ\text{C} \sim 18^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 12.0$ 。

(3) 太阳能资源丰富 C 类区，太阳辐照量 16MJ/m^2 :

环境温度 $-30^\circ\text{C} \sim -20^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 4.0$ ；

环境温度 $-19^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 6.0$ ；

环境温度 $0^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 时，系统综合能效比 $\text{COP} \geq 10.0$ 。

2、热水系统

(1) 太阳能资源最丰富 A 类区，太阳辐照量 20MJ/m^2 :
年系统综合能效比 $\text{COP} \geq 8.0$ 。

(2) 太阳能资源很丰富 B 类区，太阳辐照量 18.2MJ/m^2 :
年系统综合能效比 $\text{COP} \geq 6.0$ 。

(3) 太阳能资源丰富 C 类区，太阳辐照量 16MJ/m^2 :
年系统综合能效比 $\text{COP} \geq 4.0$ 。

六、技术鉴定情况

该技术获得发明专利 4 项，实用新型专利 15 项，计算机软件著作权登记 26 项。

七、典型用户及投资效益

典型案例：山西省阳曲县北小店乡政府供热改造工程
建设规模： 2100m^2 建筑面积供暖。主要建设内容：替代
0.7MW 电锅炉，采暖季室内温度保持 $18^{\circ}\text{C} \sim 24^{\circ}\text{C}$ 。主要设
备：HNW-50D58-1800°集热器、PLC 智控远程系统(包括传
感器系统)、组合式储能装置、超低温空气源热泵、应急备用
电锅炉、管路系统及附件等。项目总投资 115.5 万元，建设
期 1 个月。项目年减排量约 266.8tCO_2 ，碳减排单位成本约
为 216 元/ tCO_2 。

其他典型案例：神东煤炭石圪台煤矿 398 吨太阳能+热
泵多能互补系统热水工程

八、推广前景和减排潜力

目前在国内推广比例小于 3%，2025 年，预期推广比例为 10%，预计总投资约 37.9 亿元，年碳减排潜力约 133 万 tCO₂/a。