

附件：

# 国家重点节能技术推广目录 (第二批)

国家发展和改革委员会

**2009年12月**

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
1	煤炭储运减损抑尘技术	煤炭等行业粉料运输及露天堆放	通过喷洒减损抑尘剂,使煤炭或粉状物料表面形成固化层,以达到降低损耗、防治扬尘的目的。	煤炭运输量 1000 万 t/a 以上	300 万元	70t 煤炭 / 万 t 煤炭运输量	50000tce/a	14%左右 (铁路煤炭运输部分)	>50% (铁路煤炭运输) 20%~30% (公路煤炭运输)	35000	500
2	电除尘器节能提效控制技术	电力、冶金、建材等行业电除尘器改造	通过采用优化控制的高频脉冲供电波形,提高设备的电能利用效率,大幅度降低设备运行电耗,减少粉尘污染物排放,达到节能减排目的。	1 台 300MW 发电机组用大型电除尘器	270 万元	电除尘器节电 70% 以上	1400tce/a	<1%	25%	90000	50
3	纯凝汽轮机改造实现热电联产技术	电力行业 125~600MW 纯凝汽轮机	纯凝汽轮机组的导汽管打孔抽汽,实现热电联产。	2 台 200MW 三缸三排汽纯凝机组,抽汽参数可调	1600 万元	改造后每供 1GJ 热能节能 28 kgce	14000tce/a (按 1 个采暖期供热 500000GJ)	<10%	20%	160000	400
4	电站锅炉空气预热器柔性接触式密封技术	电力行业火力发电锅炉空气预热器	采用柔性金属密封组件,直接与空预热器的密封板进行接触,从而降低运行电耗,提高除尘效率。	2 台 1000MW 火力发电机组,采用回转式空气预热器	600 万元	漏风率减少 2%	15700tce/a	<5%	20%	37500	80

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
5	锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术	电力、钢铁、化工等行业工业锅炉	在锅炉各受热面污染在线监测的基础上,实现系统开环运行操作指导与闭环反馈监测控制相结合的智能吹灰运行模式,从而减少吹灰蒸汽用量,降低排烟温度,提高锅炉效率。	电厂大型锅炉机组	150~200万元	降低发电煤耗 0.5~1.5 g/kWh	5000~15000tce/a	8%左右	30%	67500	350
6	电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术	电力行业	采用蒸汽替代燃油和燃煤对锅炉进行整体预加热,使锅炉在点火时已处于一个“热炉、热风”的热环境。从而大大降低燃油点火强度,大幅缩短燃油时间,使锅炉启动耗油量下降一个数量级。	2×1000MW 直流锅炉机组的冷态启动	200万元	启动用油量节省 90%	调试阶段:约13000tce 商业运行阶段:2600tce/a	<2%	10%	8000	10

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
7	脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术	电力行业	取消脱硫系统传统的GGH, 通过在吸收塔前加装烟气冷却器, 利用烟气热量加热机组给水; 在两台并联的增压风机基础上增加一条增压风机旁路烟道, 通过优化风机的运行方式, 实现在低负荷工况下以单引风机运行代替双引风机+双增压风机运行。	2 × 1000MW 机组石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统	4370 万元	供电煤耗下降 2.71 g/kWh	29000tce/a	<2%	10%	150000	90
8	高炉鼓风除湿节能技术	钢铁行业	采用冷凝方式将空气降温, 使之低于露点除去饱和水, 降低炼铁焦比。	空气含湿量高的季节或区域	3000 万元 (2 台高炉鼓风机组改造)	6~10 kgce/t Fe	14000tce/a	<5%	10%	150000	75

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
9	铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术	有色金属行业电解铝企业	1)通过改变现行铝电解槽的阴极和内衬结构,提高阴极铝液面的稳定性和电解槽的保温性能,降低槽电压,实现节能; 2)采用二段焙烧技术,提高焙烧质量,缩短焙烧周期,使电解槽快速转入正常生产。	适用于 160 kA 及以上铝电解系列实现技术升级改造	依铝电解槽系列电流强度和配套技术完善情况不同而有所差异,吨铝改造投资 2000 ~ 3000 元	500~800 kWh/T-Al	1) 10 万 t 电解铝厂, 20000tce/a 以上; 2) 20 万 t 电解铝厂, 40000tce/a 以上; 3) 50 万 t 电解铝厂, 80000tce/a	3%左右	>50%	2500000	210
10	流态化焙烧高效节能炉窑技术	有色金属等行业的焙烧工序	通过优化炉衬结构设计、优化施工、烘炉、初投运等技术,实现节能、减排、降耗、高产的焙烧目标。	1) 适用于国内 30~145m <sup>2</sup> 流态化焙烧炉; 2) 适用于新建窑炉和大修技改工程; 3) 整体窑炉技术推广应用	40 万 t Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (1400t/d) 气态悬浮焙烧炉改造, 480 万元	Al(OH) <sub>3</sub> 稀相流态化焙烧环节 TA0 能耗降低 25% ~ 30%, 约 38 kgce; 吨精锌节能 10%, 约 200kgce	焙烧环节 15000tce/a	<10%	30% (氧化铝企业) 20% (有色重、贵金属行业流态化焙烧企业)	12000	40

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年			
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)	
11	精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术	有色金属行业、化工行业的精滤工序	利用高位槽与过滤器壳体的液位差，高效自清洁反冲卸饼，滤后精液反向清洗滤布，水耗为零，并有效降低蒸发工序负荷。	有色金属生产工艺中的精滤操作单元，年产 80 万 t 氧化铝规模	2000 万元	2160tce/台·年	26000tce/a	已推广 200 余台	25% (约 1500 万 t 氧化铝产能)	37000	45	
12	先进煤气化节能技术	化工行业煤制合成气	粉煤加压气化技术	采用常压固定床间歇式气化技术、	18000 万元 (气化岛)	0.22tce/t 合成氨	44000tce/a	已推广 8 套	30% (共推广 1800 万 t 总氨能力规模)	1600000	390	
				20 万 t 总氨能力的化工企业	非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术	16000 万元 (气化岛)	0.22tce/t 合成氨	44000tce/a				已推广 8 套
				多喷嘴对置式水煤浆气化技术	18500 万元 (气化岛)	0.22tce/t 合成氨	44000tce/a	已推广 35 套				
13	新型高效节能膜极距离子膜电解技术	化工行业氯碱生产	通过减小极间距达到降低电耗的目的，关键技术为电解槽设计制造和电极制造技术。	20 万 t/a 隔膜法烧碱装置改造 (电解工艺部分)	13000 万元	0.23tce/t 碱	46000tce/a	<1%	50% (指替代隔膜法烧碱装置，共推广 400 万 t/a 规模)	260000	90	

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
14	全预混燃气燃烧技术	通用于工业燃烧加热工序	通过将燃料与空气在进入燃烧室喷嘴前进行完全混合，提高燃烧效率。同时采用自动化预混控制技术，保证混合比例精确，同时保证工作安全，不会产生回火现象。	7 万 t/a 大锅法固体烧碱生产企业	500 万元	25m <sup>3</sup> 天然气/t碱	2100tce/a	<1%	50% (仅按化工烧碱企业测算)	12000	6
15	稳流行进式水泥熟料冷却技术	建材行业水泥熟料生产	通过自动调节冷却风量，步进式冷却方式，对高温颗粒物进行冷却的技术，主要用于对热熟料进行冷却和输送。	5500 t/d 水泥新型干法生产线	1000 万元	节电 1.5kWh/t 熟料节约热能 5.27kJ/kg 熟料	5330tce/a	2%左右	42%~45%	170000	90
16	四通道喷煤燃烧节能技术	建材、冶金、有色行业回转窑	大速差、大推力燃烧技术，四通道、周向均匀分布的小孔结构，周向均匀分布的旋流风和高速轴流风技术。	5500t/d 水泥生产线	60 万元	21kJ/kg 熟料	1218tce/a	1%	25%~30%	18000	35

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
17	高效节能选粉技术	建材行业水泥粉磨生产线、化工行业干法粉体制备以及工业废渣综合利用	利用空气动力学原理，采用目前最先进的第三代笼型转子高效选粉分级技术，对分选物料进行充分分散和多次分级分选，达到高精度、高效率分选。	5000t/d 熟料生产线 配套 200 万 t/a 水泥粉磨生产线 闭路粉磨系统 (2-φ 4.2 × 13 米球磨机)	200 万元	系统电耗降低 5kWh/t 水泥	3500tce/a	35%左右	75%	50000	160
18	频谱谐波时效技术	机械行业	采用频谱谐波时效方式取代热时效方式消除金属工件残余应力，减少热能损耗。	铸造、锻造、焊接等热时效工艺	400 万元	改造后能耗为 1kWh/t 铸件	9310tce/a	<6%	15%	57000	130
19	动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术	煤炭、电力、钢铁、有色金属、石油化工、化工、建材、机械、纺织等行业	针对负载需要，动态抑制各次谐波、补偿无功功率，使得电源侧电流谐波含量降低，调节三相不平衡，提高用户的电能质量，降低线路损耗。	谐波治理和无功补偿装置 (1600kVar)	160 万元	每补偿 1kVar 节能 394kWh/a	255tce/a	1%	15%	30000	5

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
20	控制气氛渗氮工艺节能技术	机械行业热处理工艺	采用硅酸铝纤维炉衬，减少蓄热量，缩短升温时间，降低能耗；调节渗氮气氛，加快渗氮速度；改进冷却系统，加快冷却速度，提高工效。	装机容量 800kW，年氮化处理量约 1.2 万吨	500 万元	蓄热节电 52%，保温节电 10%，升温节电 20%，催渗节电 30%	284tce/a	5%左右	50%	150000	25
21	螺杆膨胀动力驱动节能技术	工业低位余热资源回收利用	利用工业中的蒸汽、热水、热液或汽液两相流体等动力源，将热能转换为动力，驱动发电机发电或直接驱动机械设备。	蒸汽压力 0.1~3.5 MPa 蒸汽温度 < 300℃ 热水温度 > 60℃ 烟气温度 > 150℃	5000~10000 元/kW	350gce/kWh	相应于 100~1500kW/台的动力机功率；节能 250~3750tce/a	<1% (仅按钢铁、石化行业测算)	80% (仅按钢铁、石化行业测算)	375000	200
22	大型高参数板壳式换热技术	石化行业	在重整、芳烃、乙烯等装置中，高温反应出料与低温反应进料在进料换热器中换热，从而达到回收大量反应热及节能的目的。与管壳式换热器相比具有传热效率高、占地面积小、污垢系数低等优点。	设计压力 ≤ 32MPa；操作压差 ≤ 1.6MPa；操作温度 ≤ 550℃；单台面积 50~10000m <sup>2</sup>	1150 万元 (换热面积 5000m <sup>2</sup> 的板壳式换热器)	节油 2036t/a	2900tce/a	<2%	40%	300000	75

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
23	高效节能电动机用铸铜转子技术	通用于 30kW 以下中小型电动机系统	以铸铜转子代替目前广泛使用的铸铝转子，降低电动机损耗，提高效率，提高电动机寿命。	改造 100 台各种规格电机	30 万元	1837kWh/台·年	64tce/a	<1%	10% (按 100 万台铸铜转子测算)	50000	65
24	稀土永磁盘式无铁芯电机技术	通用于小型电动机及发电机系统	因不使用硅钢片作定/转子铁芯材料，消除了传统永磁电机无法克服的磁阻尼及铁损问题，可降低驱动功率，减少铁损发热源，降低电机运行温升，提高永磁电机的效率和可靠性。	用稀土永磁盘式无铁芯电机替代传统永磁电机	1500 元/kW	0.2592 tce/kW·a	63250 tce/a (25 万 kW)	<1%	5% (125 万 kW)	180000	30
25	汽车混合动力技术	汽车行业混合动力汽车	再生制动能量回收技术；消除怠速工况技术；高效率混合动力专用发动机技术；整车集成和整车控制策略优化匹配技术等。	100 辆混合动力系列车	单台混合动力汽车平均增加投资 5 万元	0.71tce/车·年	71tce/a	<1%	20% (按 2015 年乘用车产量测算)	15000000 (300 万辆)	210

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
26	纯电动汽车动力总成系统技术	汽车行业纯电动汽车	通过高效电驱动系统取代传统内燃机动力系统,有车载储能元件提供能量,从电网补充能量,取代汽油、柴油。关键技术为电驱动技术、动力电池技术、电池成组应用技术以及动力系统集成与匹配技术。	5 万辆纯电动汽车	单台纯电动汽车平均增加投资 10 万元	1.43tce/台·年(替代燃油)	71500tce/a	<1%	10% (按 2015 年乘用车产量测算)	15000000 (150 万辆)	210 (替代燃油)
27	温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术	交通行业沥青路面的建设和养护	通过在沥青混合料的拌和过程中加入温拌添加剂等技术手段降低沥青结合料的粘度,从而实现沥青混合料在较低温度 (110~130℃) 下进行拌和并压实,实现节能并减少有害气体排放。	应用于沥青混合料搅拌设备	20 万元	减少约 20% 加热燃料损耗	2.4kgce/t 沥青混合料	3% (主要在北京、上海)	60%	5000	35

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目		节能量		目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
28	基于吸收式换热的热电联产集中供热技术	供热行业	1) 设置于热力站的吸收式换热机组代替常规水水换热器, 降低一次网回水温度 2) 在热电厂供热首站内设置电厂余热回收专用热泵机组代替常规的汽水换热器, 提高换热效率, 增大热网扩容能力。	20 万 m <sup>2</sup> 的集中供热系统	450 万元	103tce/万 m <sup>2</sup> a	2056tce/a	一个示范项目	20% (新增供暖面积)	45000	20
29	供热系统智能控制节能改造技术	供热行业	1) 智能温控平衡技术 2) 智能变频技术。 3) 无线传感技术, 该技术为智能变频和能效分析提供了基础。 4) EAOC 技术, 确保了系统实现管理上的节能。	14 万 m <sup>2</sup> 的集中供热系统	90 万元	10W/m <sup>2</sup>	800tce/年·套	<1%	10% (新增供暖面积)	7000	6
30	夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术	建筑行业新建建筑 (六层及六层以下)	集结构与保温于一体的新型剪力墙结构体系。	年产 60 万 m <sup>2</sup> 复合轻型网架板, 可建设 100 万 m <sup>2</sup> 节能型住宅	4800 万元	10kgce/m <sup>2</sup> a	10000tce/a	<1%	1%	240000	100

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
31	炭黑生产过程中余热利用和尾气发电 (供热) 技术	化工行业炭黑生产	使用专用尾气燃烧器 (新) 和尾气锅炉燃烧尾气产生的蒸汽发电, 所产电力回用炭黑装置, 达到节能目的。	6000kW 炭黑尾气发电装置	2900 万元	2660kJ/N m <sup>3</sup>	16800tce/a	15%左右	50%	102000	85
32	谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术	轻工、化工等行业	1)采用高热蒸汽冷凝水替代蒸汽为溴化锂制冷机组提供动能; 2)改造结晶罐加热系统, 增大加热面积, 充分利用蒸汽余热; 3)利用冷凝水热能替代蒸汽烘干谷氨酸钠; 4、淀粉乳二次液化闪蒸余热再利用。	年产 8 万 t 味精	4300 万元	0.53tce/t 味精	42400tce/a	<8%	80%	80000	80
33	聚酯化纤酯化工余热制冷技术	纺织行业化纤生产	利用化纤行业酯化工艺中产生的多组分酯化蒸汽作为驱动热源, 通过余热制冷技术制取冷水, 满足抽丝生产工艺制冷需求。	年产 30 万 t 涤纶短纤	300 万元	节蒸汽 24000t/a	3000tce/a	<2%	60%	120000	120

国家重点节能技术推广目录（第二批）

序号	节能技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计 2015 年		
				技术条件	投资额	单位节能量	项目节能量		该技术在行业能推广到的比例 (%)	总投入 (万元)	节能能力 (万 tce)
34	乏汽与凝结水闭式全热能回收技术	使用蒸汽进行间接加热的热交换系统	将凝结水密闭在封闭管道中，采用电动离心泵加压或高压蒸汽加压方式回收并输送至二次换热设备/锅炉，其中包含汽水分离、消除汽蚀、多路共网、自力增压、自动感应、数字控制等多项技术。将乏汽换热成凝结水后按凝结水进行回收利用，节水节能。	压力不大于 2.0 MPa; 回收凝结水温度不高于 170℃	800 万元 (6 套凝结水回收装置)	16.13 kgce/t 凝结水	13000tce	10%左右 (仅按石化、化工行业测算)	50% (仅按石化、化工行业测算)	290000	90
35	纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术	通用于油气储存设备、运输设备、生产设备等	纳米陶瓷多孔微粒绝热技术、附加复合防腐性能设计、水性环保涂料施工工艺、超长耐老化及使用年限，具有耐高温性能及防静电设计等。	超过 8 万 m <sup>2</sup> 储罐及设备绝热改造	233 元/m <sup>2</sup>	0.056 tce/m <sup>2</sup> a	4484tce/a	<2%	40% (仅按油气储罐测算)	40000	10

附件

重点推广节能技术报告  
(第二批)

## 目 录

煤炭储运减损抑尘技术 .....	1
电除尘器节能提效控制技术 .....	4
纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术 .....	7
电站锅炉空气预热器柔性接触式密封技术 .....	10
锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术 .....	12
电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术 .....	15
脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术 .....	18
高炉鼓风除湿节能技术 .....	21
铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术 .....	23
流态化焙烧高效节能炉窑技术 .....	26
精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术 .....	28
先进煤气化节能技术（一） .....	31
先进煤气化节能技术（二） .....	33
先进煤气化节能技术（三） .....	35
新型高效节能膜极距离子膜电解技术 .....	38
全预混燃气燃烧技术 .....	40
稳流行进式水泥熟料冷却技术 .....	42
四通道喷煤燃烧节能技术 .....	44
高效节能选粉技术 .....	46
频谱谐波时效技术 .....	48
动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术 .....	52
控制气氛渗氮工艺节能技术 .....	54
螺杆膨胀动力驱动节能技术 .....	56
大型高参数板壳式换热技术 .....	59
高效节能电动机用铸铜转子技术 .....	62
稀土永磁无铁芯电机节能技术 .....	64
汽车混合动力技术 .....	66
纯电动汽车动力总成系统技术 .....	68
温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术 .....	71
基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术 .....	74
供热系统智能控制节能改造技术 .....	76
夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术 .....	79
炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术 .....	82
谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术 .....	84
聚酯化纤维酯化工艺余热制冷技术 .....	87
乏汽与凝结水闭式全热能回收技术 .....	89
纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术 .....	91

# 煤炭储运减损抑尘技术

**一、技术名称：**煤炭储运减损抑尘技术

**二、适用范围：**煤炭等行业粉料运输及露天堆放

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

## 1. 煤炭铁路运输

煤炭在铁路敞车运输过程中的损失为：运距在 500km 以内的原煤运输损耗为 0.8%~1.2%，500~1000km 时原煤损耗为 1.2%~2.5%；洗精煤的运输损耗为 2%~4%。煤炭铁路运输的损失率平均为 1.2%，最小为 0.8%。

## 2. 煤炭公路运输

煤炭公路运输损耗一般为 80kg/100km 左右，公路煤炭运输距离平均在 100~500km 之间。以运输距离 300km、每车运输煤炭 25t 进行计算，煤炭损耗为 240kg，即煤炭汽车运输损耗为 0.96% 以上（包括使用篷布）。

## 3. 储煤场

储煤场的煤炭损失率受地理、气候条件影响较大，很难估算。一般海拔越高、风速越大的煤炭损失率也越高。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

通过设备将减损抑尘剂喷洒到煤炭或粉状物料表面后，形成固化层，以达到降低损耗、防治扬尘的目的。

## 2. 关键技术

减损抑尘剂具有无毒、无味、无腐蚀等特点，通过对煤层自动喷洒系统将其喷洒于煤层表面后，能形成具有一定强度和韧性的固化层，有效地防止扬尘。使用减损抑尘剂与使用其他手段抑尘相比具有成本低廉，使用方便，减损抑尘效果好的特点。

## 3. 工艺流程

在煤炭运输车辆的煤炭表面、露天堆放的煤炭表面喷洒抑尘剂，形成固化层以达到抑制煤尘产生和减少运输和天气损耗的作用。具体工艺流程见图 1、图 2。

**五、主要技术指标：**

## 1) 减损抑尘剂溶液

减损抑尘剂为透明—半透明液体，无外来可见机械杂质，密度为  $1.00\sim 1.10\text{g}/\text{cm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$ )，粘度  $\geq 5\text{ mpa}\cdot\text{s}$  ( $20^\circ\text{C}$ )，pH 值为  $6\sim 8$ ，在  $-10\sim 40^\circ\text{C}$  范围内使用。

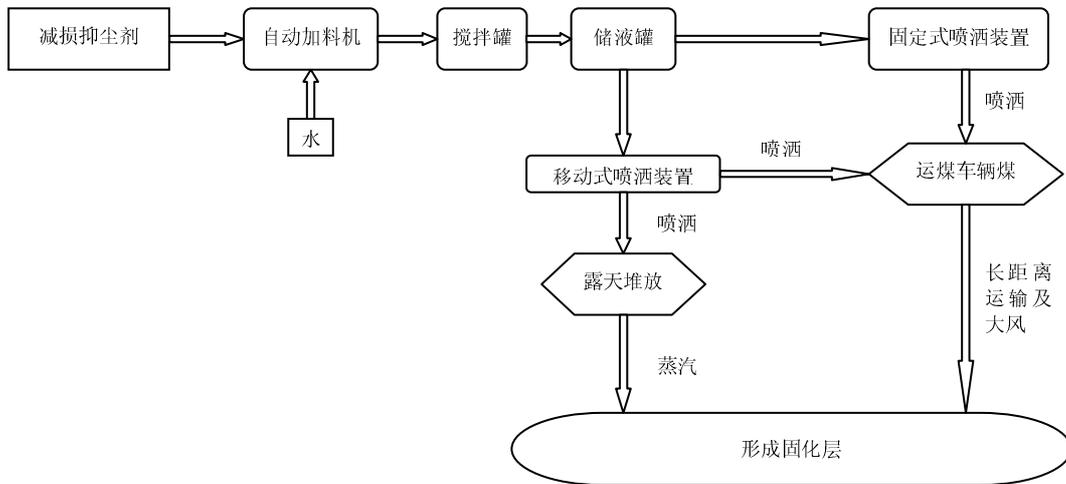


图 1 减损抑尘剂使用流程图

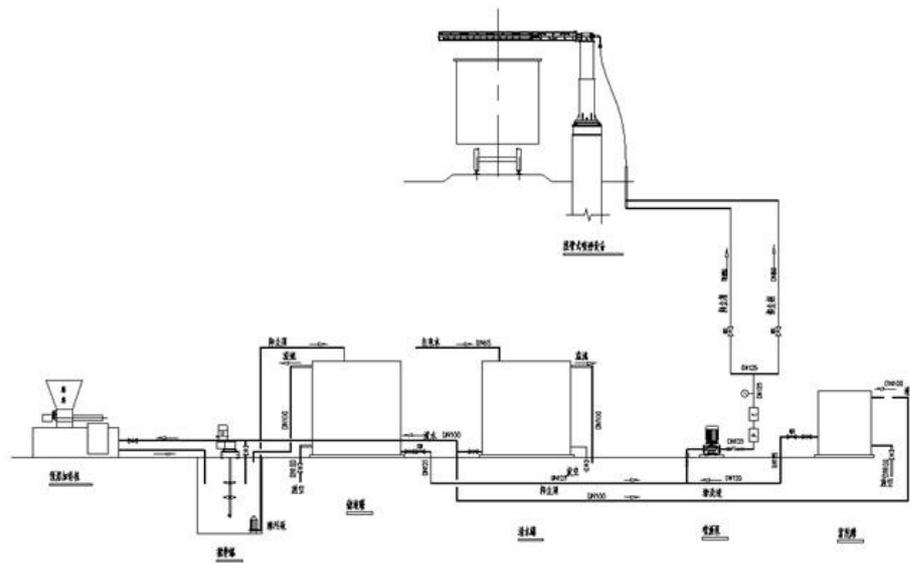


图 2 减损抑尘剂喷洒工艺流程图

## 2) 减损抑尘效果

固化层厚度：10mm；

风蚀率小于 1.0%。

## 六、技术应用情况：

该技术通过经铁道部、山西省科学技术厅和甘肃省科技厅的鉴定，已在神华集团神东分公司、沈阳铁路局、呼和浩特铁路局投入使用，即将在乌鲁木齐铁路局、兰州铁路局投入使用。

煤炭铁路运输抑尘技术最早于 2007 年开始应用，部分喷洒站已经工业化运行了两年多的时间，抑尘剂技术的应用已经较为成熟。从 2009 年开始，全国铁路范围内建设抑尘喷洒站的步伐明显加快，目前已建成喷洒站 32 个，在建或处于设计阶段的喷洒站 25 个，还有 12~15 台的移动式喷洒设备已经订货。全国已建成的固定式喷洒站可实现喷洒运量 2.0~2.2 亿 t，占全国铁路煤炭运输量的 14%左右；在建或处于设计阶段的固定式喷洒站可实现喷洒运量 1.7~2.0 亿 t。

## **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：霍林河减损抑尘喷洒站，榆家梁减损抑尘喷洒站

1) 霍林河减损抑尘喷洒站。建设规模：煤炭运量 4000 万 t/a，主要技改内容为：在霍林郭勒煤炭出运线路上建设抑尘剂喷洒站，对霍林郭勒煤矿外运煤炭进行抑尘剂喷洒。主要设备为对喷式喷洒设备，搅拌及储液设备，控制及监控设备。节能技改投资额 400 万元，建设期 4 个月。每年可节约 21.6 万 tce，年节能经济效益 17280 万元，投资回收期 0.5 年。

2) 榆家梁减损抑尘喷洒站。建设规模：煤炭运量 1000 万 t/a，主要技改内容为：在煤矿筒仓装车点后建立喷洒点，主要设备包括龙门式喷洒设备、搅拌及储液设备、控制及监控设备，以及喷洒站建筑 100~150m<sup>2</sup>。节能技改投资额 300 万元，建设期 3 个月，每年可节约 5.4 万 tce，取得节能经济效益 4320 万元，投资回收期 0.75 年。

## **八、推广前景和节能潜力：**

此技术可推广到煤矿、煤炭运输企业、热电厂、钢厂等。目前大约每 1000 万 t 运量需要建设一个固定式喷洒站，每个喷洒站的投资在 250 万元左右，每个喷洒站建成之后可以实现 70t 煤炭/万 t 煤炭运输量的年节能量，到 2015 年节能能力可达约 500 万 tce/a。该技术亦可在煤炭公路运输及储煤场、散堆煤场使用。

# 电除尘器节能提效控制技术

一、**技术名称：**电除尘器节能提效控制技术

二、**适用范围：**电力、冶金、建材等行业电除尘器改造

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

我国目前火电机组装机容量约 6 亿 kW，机组绝大多数配置电除尘器。目前，这些除尘器基本都采用工频除尘器电源，按电除尘器工频电源耗电功率占机组发电功率的 0.25% 计算，电除尘器耗电功率约 150 万 kW，年耗能约 75 亿 kWh。

四、**技术内容：**

## 1. 技术原理

采用电力电子技术，将工频交流电转换为电压 70kV 以上、电流峰值 4~6A、时间宽度为 20  $\mu$ s 以下的脉冲电流给电除尘器供电。通过对电流脉冲采取一定的控制模式，增加电除尘器内烟尘带电荷量，增加带电烟尘收集移动速度，并减少无效的能量供给，达到提高电除尘器除尘效率，大幅度减少供电电能的效果。

## 2. 关键技术

- 1) 大功率高频高压电除尘器电源制造技术；
- 2) 适合不同工况的提高电除尘器除尘效率、大幅度节约电能的运行控制技术。

## 3. 工艺流程

三相工频交流电整流滤波形成直流电→通过逆变电路形成高频电流脉冲→对电流脉冲的周期进行优化控制→电流脉冲通过高频变压器进行升压→对高压电流脉冲进行整流→送电除尘器电场。工艺流程见图 1、图 2。

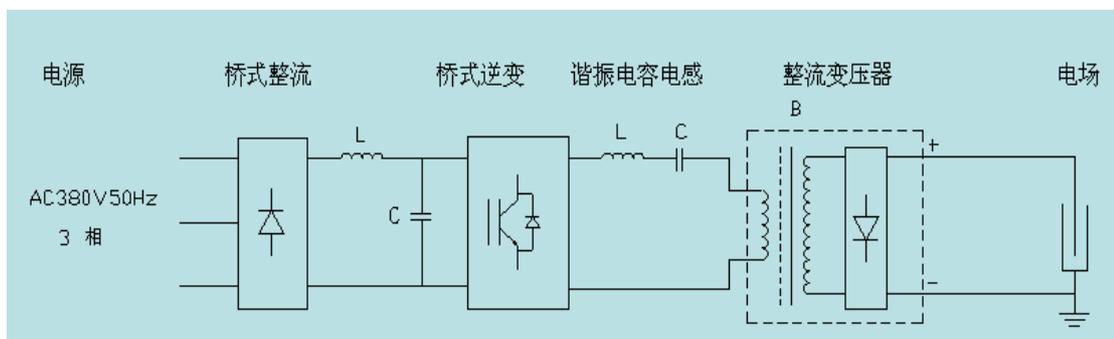


图 1 高频高压电除尘器电源技术原理图



图 2 高频高压电除尘器电源图

## 五、主要技术指标：

- 1) 高频电源设备额定输出电压：72kV以上，额定输出电流达到1.6A以上，额定输出功率达到115kW；
- 2) 减少烟尘排放：40%以上；
- 3) 节电率：70%以上。以 1 台 300MW 锅炉为例，年节约电能 360 万 kWh 以上。

## 六、技术应用情况：

已通过中国电机工程学会组织的两项科技成果鉴定，技术达到国际先进水平。已在华电、大唐、华润、国电、神华等大型发电集团的 125~1000MW 机组上投运控制装置 3000 余套，在越南广宁电厂、泰国 JS 电厂等工程中出口控制装置 100 余套，取得了显著的经济和环保效益。该技术还在以中天钢铁股份有限公司为代表的冶金行业投入使用。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：华电望亭电厂、国电安顺电厂、国电泰州电厂、华润常熟电厂

1) 国电安顺电厂。建设规模：300MW 机组电除尘器电源及控制系统节能改造。主要技改内容为：将原有电除尘器电源控制系统更换为节能提效型电除尘器电源及控制系统。节能技改投资额 270 万元，建设期 14 天。年节约电能 4GWh，折合 1400tce，年节约运行电费 144 万元（电价按 0.36 元/kWh 计），投资回收期 2 年。

2) 国电泰州电厂。建设规模：1000MW 机组电除尘器电源及控制系统节能改造。主要技改内容：将原有电除尘器电源控制系统更换为节能提效型电除尘器电源及控制系统。节能技改投资额 480 万元，建设期 20 天。年节约电能 5.74GWh，折合 2009tce，年节约运行电费 206 万元（电价按 0.36 元/kWh 计），投资回收期 2.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

我国目前火电机组装机容量约 6 亿 kW，机组绝大多数配置电除尘器。如果全部改用高频电源，按节电 70% 计算，每年可节约 50 亿 kWh 的电能，折合 170 万 tce，产生 18 亿元的节能效益，改造总投入约 35 亿元。到 2015 年，预计推广到 25%，总投入 9 亿元，节能能力可达 50 万 tce/a。

# 纯凝汽轮机改造实现热电联产技术

一、技术名称：纯凝汽轮机改造实现热电联产技术

二、适用范围：电力行业 125-200MW 纯凝汽轮机

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：

200MW 三缸三排汽纯凝汽轮机平均能耗约为 355g/kWh，集中锅炉房平均供热能耗约为 52kg/GJ。

四、技术内容：

1. 技术原理

对纯凝汽轮机进行打孔抽汽，使纯凝汽轮机具备纯凝发电和供热两用功能。

2. 关键技术

1) 纯凝汽轮机本体不作改动，通过在两根中低压连通管打孔抽汽，同侧合并，利用调节阀和主调门控制抽汽参数，使纯凝发电机组具备热电联产和纯凝发电两用功能。

2) 在两用功能中，纯凝方式运行保持原来运行方式不变；热电联产方式运行时，在安全性能不变的基础上，能实现供热流量 150 t/h 及以上的供热能力，实现热电比>50%，热效率>45%的热电联产基本指标要求。

3) 改造后采暖供热抽汽参数符合常规供热的要求。

3. 工艺流程

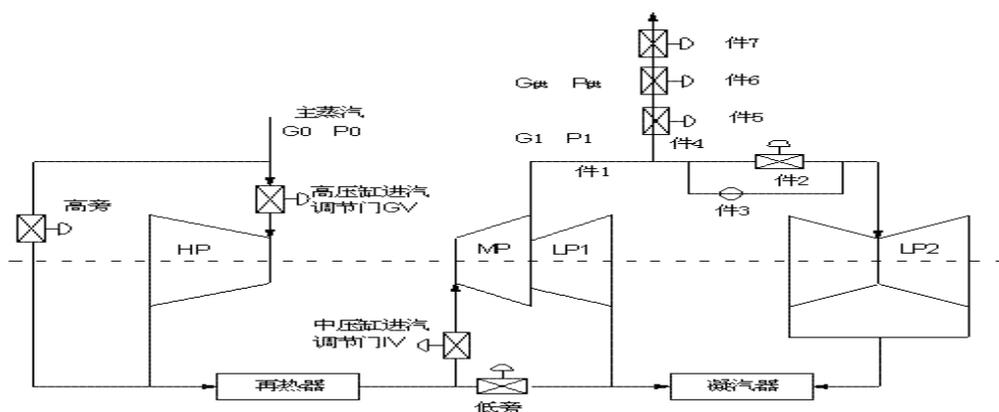


图 1 纯凝汽轮机改造热电联产示意图

说明：

件 2 为 A 调节阀，件 7 为 B 调节阀；

G0 和 P0 为主蒸汽的流量和压力；

G1 和 P1 为 B 调节阀前的流量和压力；

G 供和 P 供为 B 调节阀后的流量和压力；

$P_1 \geq P_{\text{供}}$ ，而  $G_1 > G_{\text{供}}$ ；

供热抽汽热工控制方法如下：

为保证双流低缸的安全，应维持 A 调节阀后的低压缸一定的进汽量；A 阀的开度设有一定的上限和下限限值，正常调节时应在上下限值之间进行；

机组在供热期间的考核方式为只对供热量（G 供和 P 供）进行考核，而不对发电功率进行考核，即以热定电。但在主汽流量不大于 670t/h 条件下，可根据电网调度要求，在以热定电基础上增加电负荷；

三排汽机组供热调节方式

A、提高 G 供保持 P 供不变，使系统达到新的稳态值 G 供' 和 P 供

控制过程：

在 A 阀未关至最小开度之前，关小 A 阀开度，增大 B 阀开度，通过二者之间的配合即可达到提高 G 供的目的。在 A 阀不断调节已到达最小开度后如果还想提高 G 供，则需适当增大 GV 开度并配合调节 A、B 阀开度，增加进入汽缸的进汽量而使系统达到新的稳定点 G 供' 和 P 供；

B、提高 P 供保持 G 供不变，使系统达到新的稳态值 G 供和 P 供'

控制过程：

由于中压缸后连接有一个低压缸，此时关小 A 阀压力  $G_1$  不会提高，而应适当增大 GV 开度，增加  $P_1$  后再通过 A、B 阀间的配合调节达到新的稳定点 G 供和 P 供'。

## 五、主要技术指标：

抽汽压力为 0.22~0.245MPa，能够实现供热流量 150 t/h 及以上的供热能力，实现热电比>50%，热效率>45%的热电联产基本指标要求。

## 六、技术应用情况：

2008 年通过由天津市科学技术委员会组织的专家评审，结论为：该项成果具有实用性强、节能环保效益好、投资小、见效快的特点，综合技术达到国际先进水平。已在天津军粮城发电有限公司、国电大同第二热电厂等企业改造完成。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：天津军粮城发电有限公司

建设规模：#7、#8 两台 200MW 三缸三排汽机组供热技术改造。主要技改内容：对 #7、#8 汽轮机本体采用连通管打孔抽汽加蝶阀的方式；在汽轮机高低压间连通管上与蝶阀并联设置安全阀，以保证汽轮机组的安全；在汽轮机中低缸间连通管的抽汽供热管

上设置抽汽逆止门、快关阀、调节阀，防止热网蒸汽回流，保证汽轮机组的安全。节能技改投资额 1600 万元，建设期 55 天(一个大修期)。改造后，每供 1GJ 热可节能 28kgce，2007 年采暖期供热 250000GJ，节约 7000tce，取得节能经济效益 371 万元。如果每个采暖期供热 500000GJ，则三年内投资可全部回收。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

该技术对国内现存的 125~600MW 纯凝发电机组的节能改造具有重大意义。预计到 2015 年可改造现有老机组中的 20%（约 200 台），实现总节能能力约 400 万 tce/a。

# 电站锅炉空气预热器柔性接触式密封技术

一、**技术名称：**电站锅炉空气预热器柔性接触式密封技术

二、**适用范围：**电力行业火力发电锅炉空气预热器

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

在发电行业，传统空气预热器是采用刚性有间隙密封技术，在动静间保持一个最小间隙，达到漏风最小。由于空气预热器存在蘑菇状变形问题，而且变形随负荷环境温度不断发生变化，很难达到最佳的动静之间的间隙值，漏风率一般在10%左右。

四、**技术内容：**

1.技术原理

将空气预热器扇形板调节在某一合理位置，柔性接触式密封组件安装在空气预热器转子径向隔仓板上，在未进入扇形板时，接触式密封滑块高出扇形板 8mm 。当柔性接触式密封滑块运动到扇形板下面时，合页式弹簧发生形变。密封滑块与扇形板接触，形成严密无间隙的密封系统。当该密封滑块离开扇形板后，合页式弹簧将密封滑块自动弹起，以此循环进行。运行原理图如下：

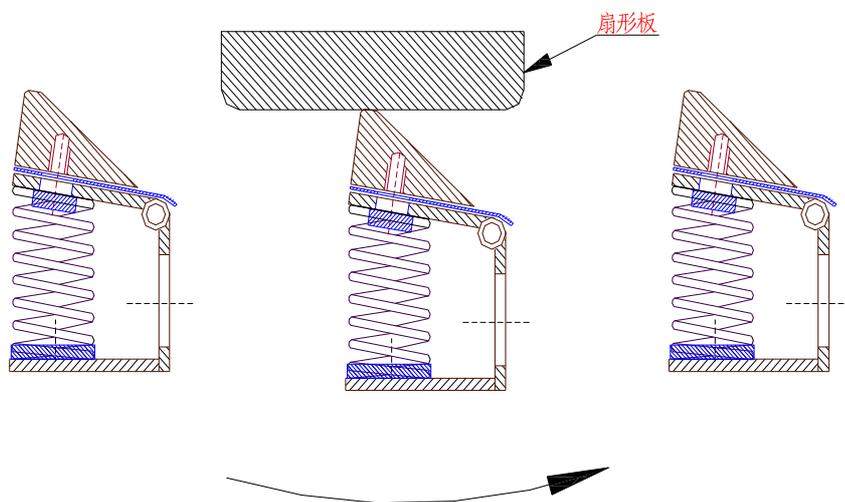


图1 柔性密封组件运行示意图

2.关键技术

柔性接触式密封技术利用的是迷宫密封的原理，将运动部件和静止部件之间的间隙完全覆盖。新型的密封结构具有良好的弹性和柔性，可以根据不同负荷下密封间隙的变化改变变形量，并向四周散开，阻止空气向各个方向渗漏，实现了在轴向、径向和环向上的全方位密封，将空预器在各个方向的漏风降到最低。

全新密封结构具有极大的灵活性，可适用于不同大小、不同结构的回转式空预器。可以根据现场位置和漏风情况安装在空预器轴向、径向、环向任一方向，或者是在三个方向同时安装，安装后的空预器漏风率得到大幅减小，且结构简单，投资小。

### 3. 工艺流程

柔性接触式密封系统采用工厂化生产，车间组装成单个密封元件，对原有转子的椭圆度、两端面的平行度、平面度、转子转动跳动量要求降低，大大简化了现场安装的工艺程序，工期短、效果好。

## 五、主要技术指标：

运行一年内漏风率 $\leq 6\%$ ；一个大修期（5年）内漏风率 $\leq 8\%$ 。

## 六、技术应用情况：

通过中电联科学技术成果鉴定，已在全国火力发电企业应用近 100 台（套）。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：大唐陕西韩城发电有限公司、上海外高桥第三发电有限责任公司

1) 大唐陕西韩城发电有限公司。建设规模为 600MW 机组 A、B 侧空气预热器。主要技改内容：600MW 机组 A、B 侧空气预热器密封改造。节能技改投资额 360 万元，建设期 20 天。年节能量 11880tce，取得节能经济效益 713 万元，投资回收期不到 1 年。

2) 上海外高桥第三发电有限责任公司。建设规模：2×1000MW 机组，4 台回转式空气预热器的密封改造。主要技改内容：根据空气预热器的密封结构和现场改造空间，在径向、横向和环向上增加新型柔性接触式密封簇。节能技改投资额 600 万元，建设期 7 个月。改造后厂用电率下降至 2.7%（不带脱硫），全年节约厂用电量 4497 万 kWh，折合 15740tce，投资回收期半年。

## 八、推广前景和节能潜力：

华能、华电、大唐、国电、中电投五大发电公司近 600 多家火力发电电站锅炉空气预热器，已进行柔性接触式密封改造的不到 5%。预计到 2015 年可改造 20%（约 200 台），总节能能力达到 80 万 tce/a。

# 锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术

**一、技术名称：**锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统技术

**二、适用范围：**电力、钢铁、化工等行业工业锅炉

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

在电站及工业锅炉运行中，锅炉结渣、积灰是个长期存在的问题。由于缺乏科学的监测方法指导锅炉水冷壁、再热器、过热器、省煤器“四管”及省煤器后部烟道空预器进行吹灰，导致吹灰频次不合理，“四管”局部污染和磨损严重及结焦，从而造成吹灰汽源浪费、锅炉效率降低，并给锅炉的安全和可靠运行带来很大隐患。锅炉结渣、积灰不但增加了锅炉受热面的传热阻力，使受热面传热恶化、煤耗增加，降低锅炉的热经济性，还可能造成烟气通道的堵塞，影响锅炉的安全运行，严重时会发生设备损坏、人身伤害事故，对锅炉运行危害严重。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

将锅炉水冷壁、过热器、再热器、省煤器“四管”及省煤器后尾部烟道、空预器污染程度进行量化处理和图像转换，显示实时参考画面和污染数据，并根据临界污染因子及机组运行状况提出吹灰优化策略，实现污染监测与智能吹灰优化闭环反馈监测控制相结合，并具有锁气清灰和煤质在线调整功能。同时在此基础上，采用有限元法研究膜式水冷壁特点，根据热力系统状态空间原理和主导因素原理，建立锅炉、主要辅助系统及设备的运行模型，开发炉膛结焦预警系统、高温区金属超温预警系统，建立结焦预警、超温预警控制数据库和锅炉炉膛及高温区结焦动态模型，可视化地在线显示炉内状态和结焦过程。

## 2. 关键技术

在锅炉各受热面污染在线监测的基础上，实现系统开环运行操作指导与闭环反馈监测控制相结合的智能吹灰运行模式，降低排烟温度，提高锅炉效率；

采用有限元法研究膜式水冷壁特点，建立锅炉、主要辅助系统及设备的运行模型，开发炉膛结焦预警系统、高温区金属超温预警系统，建立结焦预警、超温预警控制数据库和锅炉炉膛及高温区结焦动态模型，可视化地展示炉内状态和结焦过程；

配合建立燃料管理系统、制粉优化监测系统、燃烧优化系统和锅炉运行防结焦经验管理模型。

### 3.工艺流程

(1) 配置系统专用服务器 ⇨ (2) 确定和安装新增测点 ⇨ (3) 安装调试“四管”污染监测系统软件和基础平台 ⇨ (4) 建立基于膜式水冷壁背面温度测量的结焦预警模块 ⇨ (5) 建立调试积灰污染洁净因子计算相关模块 ⇨ (6) 建立调试锅炉性能监测和预警监测相关模块 ⇨ (7) 建立调试在线调整煤种功能模块 ⇨ (8) 锅炉“四管”吹灰敏感性试验 ⇨ (9) 炉膛积灰积渣特性试验 ⇨ (10) 进行吹灰蒸汽压力对吹灰性能的影响试验 ⇨ (11) 积灰特性试验和吹灰强度及频次试验 ⇨ (12) 搭建炉膛结焦预警画面 ⇨ (13) 制定吹灰优化和结焦预警、超温预警策略 ⇨ (14) 闭环运行试验和预警试验 ⇨ (15) 与 SIS 系统对接。

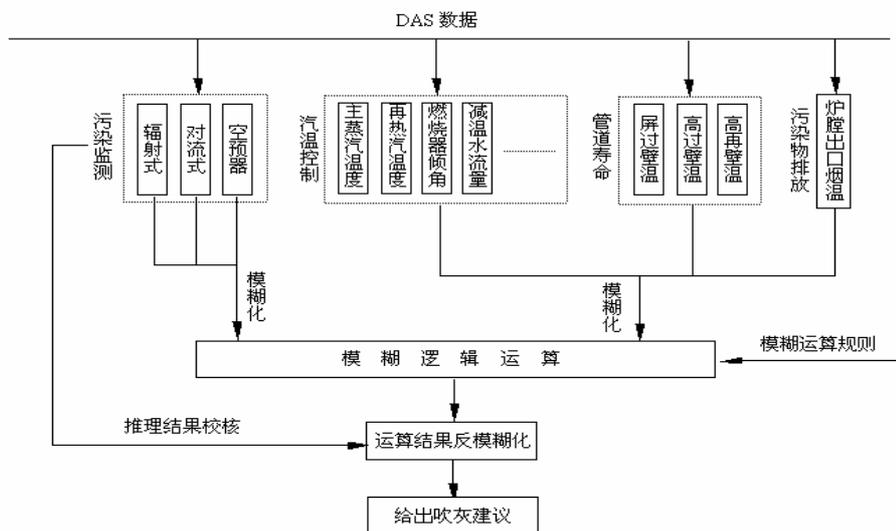


图 1 电站锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统流程图

### 五、主要技术指标：

可使电站锅炉排烟温度下降 3~6℃，锅炉效率提高 0.2%~0.5%。按需吹灰比定时吹灰可减少吹灰频次 1/2~2/3，预计每年可减少结焦次数 3~5 次，发电煤耗降低 0.5~1.5g/kWh。同时，再热气温度得到有效控制，降低锅炉循环倍率，提高再热器温度或避免再热器超温，避免因结焦严重塌焦灭事故的发生。

### 六、技术应用情况：

2008 年通过山东省科学技术厅组织的科学技术成果鉴定，鉴定结论为“本项目在电站锅炉智能吹灰优化研究与应用效果方面达到国内领先水平”。该技术目前已在华电、国电、大唐、华能、中电投、国投、河北省投等电力集团近百台机组实施了节能改造，其中 300MW 以上机组 40 多台，占目前国内火电机组总量的近 8%。

### 七、典型用户及投资效益：

典型用户：华电邹县发电有限公司，内蒙古大唐托克托发电有限责任公司

1) 华电邹县发电有限公司。建设规模：1000MW 机组#7 锅炉“锅炉智能吹灰优化与结焦预警系统”节能技术改造。主要技改内容：新增测点 24 个，新增 1 套采集器、1 台套服务器、1 台工控机和 1 套显示器，建立数据采集和传输系统，建立优化吹灰优化和结焦预警系统。节能技改投资额约 180 万元，建设期 8 个月。年综合节能量 13600tce，年综合经济效益 1000 余万元，投资回收期 4 个月。

2) 内蒙古大唐托克托发电有限责任公司。建设规模：600MW 机组#6 锅炉“智能吹灰优化与在线结焦预警系统”节能技术改造。主要技改内容：新增 1 套采集器、1 台套服务器、1 台工控机和 1 套显示器，并建立数据采集和传输系统，建立吹灰优化和结焦预警系统。节能技改投资额 150 万元，建设期 9 个月。年综合节能量 7000tce，年综合经济效益 560 余万元，投资回收期 4 个月。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

目前需要实施本项目改造的锅炉约有 1000 多套，预计到 2015 年可改造其中的 30%（约 350 套），达到 350 万 tce/a 的节能能力。

# 电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术

**一、技术名称：**电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术

**二、适用范围：**电力行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

现有直流锅炉的启动方式一般有两种：疏水扩容式和带炉水循环泵式。疏水扩容式启动方式存在大量的工质和热量浪费，而带炉水循环泵的启动方式虽能节约部分工质和热量，但却存在系统复杂和初投资较高的缺点。从点火方式上来看，等离子点火技术和小油枪点火都属于冷炉冷风点火，在点火阶段有 50%左右的煤因为不能燃烬而浪费，且未燃烬的煤粉对锅炉来说是一种巨大隐患。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

该技术的主要思路是采用蒸汽替代燃油和燃煤，对锅炉进行整体预加热，使锅炉在点火时已处于一个“热炉、热风”的热环境。该启动方法的系统简单，实施容易，所增加的费用远低于等离子点火等其他省油方法。

采用这种启动方式后，锅炉在启动过程所需的燃油强度大为降低，燃油过程大大缩短，从而使总体耗油量下降一个数量级以上。目前，每次锅炉启动的点火用油仅为 20t；同时还可以大大减少厂用电及燃煤量，显著降低整个启动过程所消耗的能源总量和启动总成本。

另外，该技术不仅将锅炉由原来的冷态启动转为热态启动，并且使烟风系统的运行条件更优于热态启动，极大改善了锅炉的点火和稳燃条件，显著提高了锅炉的启动安全性。

该启动方式还可带来其他一系列的附加效益。如，因加热蒸汽取自相邻汽轮机已经发过电的抽汽，可显著提高该机组的发电效率；点火阶段良好的热环境，可极大提高该阶段的燃油和燃煤的燃烧率，彻底消除燃油的黑烟现象，防止油烟粘结在空预器等尾部受热面而危及锅炉安全，电除尘可及早投入，显著改善该阶段的环保；由于显著提高启动阶段的排烟温度，可极大降低空预器结露和堵灰的概率，提高锅炉运行经济性和安全性。对于配有 SCR 脱硝系统的锅炉，可杜绝其在启动阶段可能出现的低温结露、堵灰、催化剂中毒以及未燃尽烟灰的粘附甚至二次燃烧的威胁等等。

## 2. 关键技术

该技术的总体思路是采用蒸汽替代燃油和燃煤，对锅炉进行整体预加热，使锅炉在

点火时已处于一个“热炉、热风”的热环境。

### 3. 工艺流程

锅炉上水完成后，启动锅炉给水泵，开始小流量向锅炉提供给水（给水流量维持在500~600t/h左右），同时打开加热蒸汽管道的电动阀门，利用邻炉冷再热蒸汽加热高压加热器给水（蒸汽参数300℃，60bar），此时的给水可根据品质和清洗效果选择排入凝汽器或直接进入除氧器，小流量给水在锅炉内不断循环的过程中逐渐升温，直至达到给水加热极限，此时给水温度约为250℃，启动风烟系统，锅炉开始点火。此时的炉膛已均匀受热，喷入炉膛内的柴油能充分燃烧，燃烧效率比冷炉膛时要高，由于给水在暖炉时加热了省煤器，拥有巨大表面积的省煤器成了巨大的“暖风机”，炉膛内的冷风经过省煤器受热并通过空气预热器加热了一次风和二次风，在极短的时间内就能满足投粉条件，大大缩短了锅炉启动的投油时间，进一步减少了锅炉启动点火的燃油量，同时由于投油时间缩短，可以尽快投入电除尘器，更好地满足电厂环保要求。工艺流程图如下：

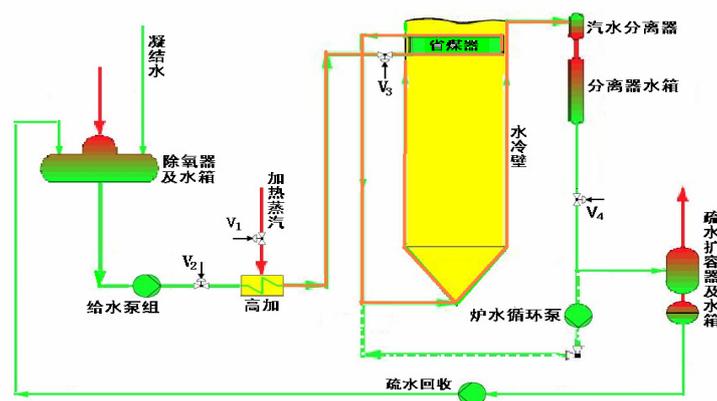


图1 直流锅炉用邻机蒸汽加热启动技术流程图

## 五、主要技术指标：

典型用户正常情况下的每次启动耗油约20t，最低为12t/次。

分两个阶段：

1) 基建阶段：2×1000MW超临界机组在整个调试期间共耗油1030t，为常规调试期耗油量（21000t）的二十分之一。

基建阶段按计划每台机组平均启动25次，每次耗油200t，两台机组计划耗油10000t，采用该技术后可节油8970t，折合13070tce。

2) 生产阶段：

典型用户每次机组启动耗油20t，计划用油200t，每次启动节油180t。采用该技术后，每年每台按照5次机组启停，两台机组每年可节能2622tce。

电站锅炉用邻机蒸汽加热给水启动技术使用的蒸汽来自邻机的冷再热蒸汽，蒸汽量与采用该方法机组启动时免启锅炉辅机的厂用电能耗平衡。

## **六、技术应用情况：**

该项技术自 2007 年 11 月在上海外高桥第三发电有限责任公司两台 1000MW 机组上第一次应用，至 168 小时考核结束，共消耗燃油 1014t，仅为百万千瓦等级机组调试用油定额的 10%。系统简单，改造投资仅 200 万元，远低于小油枪点火或等离子点火方式的投资。

## **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：上海外高桥第三发电有限责任公司

建设规模：2×1000MW 超超临界火力发电机组。主要技改内容：安装邻机冷再热至本机的高压加热器蒸汽管道及阀门。节能技改投资额 200 万元，建设周期 3 个月。若不考虑新建机组基建阶段，仅考虑机组投运后的生产阶段，两台机组每年可节约 2622tce，年节能经济效益 210 万元，投资回收期为 1 年。

## **八、推广前景和节能潜力：**

本项目属于系统优化改造类项目，节能效果明显，投资低，简单易行且安全性高，推广潜力巨大。预计到 2015 年可在电力行业推广至 10%，形成 10 万 tce/a 的节能能力。

# 脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术

**一、技术名称：**脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术

**二、适用范围：**电力行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前成熟的脱硫技术如石灰石(石灰)-石膏湿法脱硫等虽取得了明显成效,但是投入成本高达亿元,成为目前制约火电厂配套脱硫设备的主要瓶颈。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

取消脱硫系统传统的 GGH (气气换热系统),通过在吸收塔前加装烟气冷却器,其水侧与汽轮机的低压加热器系统连接,利用锅炉排烟余热加热部分或者全部凝结水,凝结水吸热升温后接入到下一级低压加热器,从而减少回热系统对低压缸的抽汽,在机组运行条件不变的情况下有更多的蒸汽进入低压缸做功,达到充分利用锅炉排烟余热的目的。同时,由于进入吸收塔的烟气温度降低,减少了吸收塔工业冷却水耗用量。

## 2. 关键技术

1) 排烟余热利用:取消脱硫系统传统的 GGH,通过在吸收塔前加装烟气冷却器,充分利用锅炉的排烟余热,提高汽轮机的运行效率;同时,由于进入吸收塔的烟气温度降低,减少了吸收塔工业冷却水耗用量。

2) 风机运行优化:在两台并联的增压风机基础上增加一条增压风机旁路烟道,并适当提高引风机的压头,通过优化风机的运行方式,实现在 30%~60%BMCr 的低负荷工况下以单引风机运行代替双引风机+双增压风机运行,从而提高风机运行效率。

## 3. 工艺流程

1) 排烟余热利用:在排烟余热利用方面,取消脱硫系统传统的 GGH,改在吸收塔前加装烟气冷却器,其水侧并联在回热系统第二级低压加热器上,从 2 号低加进口引出部分或全部冷凝水,送往烟气冷却器。烟气从锅炉出来后,依次通过空气预热器、电除尘器和引风机,通过开启的脱硫入口挡板进入到脱硫区域内,烟气经增压风机增压后进入到烟气冷却器内。从 2 号低加进口引出的部分或者全部凝结水在烟气冷却器内吸收排烟热量,降低排烟温度,而自身却被加热、升高温度后再返回低压加热器系统,在 2 号低加出口与剩下的凝结水汇集后进入到 3 号低加。烟气在烟气冷却器中降温后进入到脱硫吸收塔中进行脱硫,而后经脱硫出口挡板至烟囱排放。同样,烟气也可不经过脱硫系统而直接通过脱硫旁路挡板进入烟囱后

排放。

2) 风机综合优化运行: 在风机优化运行方面, 为了实现在较低负荷下的风机高效运行, 必须增加一个增压风机的旁路烟道, 在一定负荷条件下, 烟气可以通过此旁路烟道绕过增压风机直接进入烟气冷却器中冷却。在正常运行情况下从引风机 A 和引风机 B 出来的烟气分别进入增压风机 A 和增压风机 B 进行增压, 此时增压风机 A 和 B 的入口挡板打开, 关闭增压风机旁路挡板。烟气通过增压风机增压后再进入烟气冷却器冷却, 冷却至 85℃左右进入吸收塔进行脱硫, 而后经过除雾器和出口挡板至烟囱排放。在低负荷运行工况时, 关闭两台引风机 A, B 的其中一台和两台增压风机, 仅维持一台引风机运行, 关闭增压风机 A 的入口挡板和出口挡板, 打开增压风机 B 入口挡板和旁路挡板, 让烟气从增压风机旁路烟道中通过。考虑到在增压风机 B 停运的情况下, 增压风机 B 的入口挡板长期处于开启状态会对风机叶片和机座等产生腐蚀, 因此要求在单风机运行的情况下, 始终保持增压风机 B 的出口挡板处于较小的开启状态, 给增压风机 B 一定的烟气通流能力, 防止腐蚀。这样, 旁路烟道中的烟气和少量增压风机 B 通道中流通的烟气汇合后进入烟气冷却器, 冷却、脱硫后经烟囱排向大气。系统工艺流程图如下:

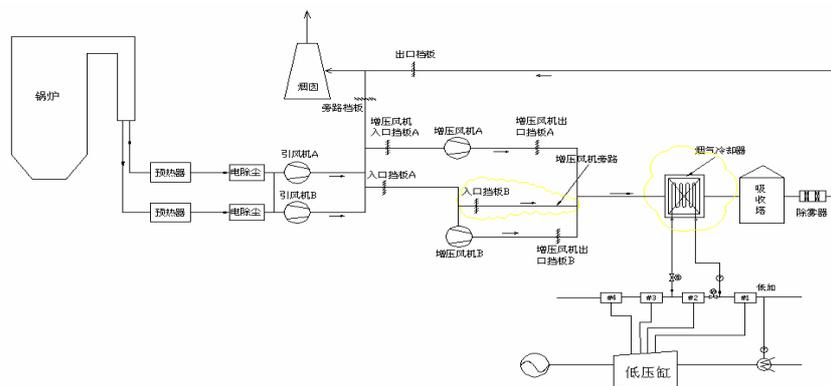


图 1 脱硫系统优化后的工艺流程图

## 五、主要技术指标:

以 2×1000MW 发电机组为例, 采用本技术可使每台机组供电煤耗下降 2.71g/kWh, 年节电 198 万 kWh, 年节水 26 万 t, 取得综合经济效益 2375 万元。

## 六、技术应用情况:

2009 年 5 月在上海外高桥第三发电有限责任公司 2×1000MW 机组上首次应用成功。

## 七、典型用户及投资效益:

典型用户: 上海外高桥第三发电有限责任公司

建设规模: 2×1000MW 机组。主要技改内容: 烟气冷却器本体基础施工, 烟气冷却

器安装，凝结水管道和支吊架安装，烟道施工和风机改造（如有需要）。节能技改投资额 4370 万元，建设期 12 个月。按机组年利用 5500h 测算，每年可节能 29810tce，取得经济效益 2276 万元，投资回收期 2 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

预计该技术到 2015 年可推广 10%，总投资约 15 亿元，实现约 90 万 tce/a 的节能能力。

# 高炉鼓风除湿节能技术

**一、技术名称：**炼铁高炉鼓风除湿节能技术

**二、适用范围：**钢铁行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

炼铁工序是我国钢铁工业节能的重要环节，重点钢铁企业入炉焦比低于 390kg/tFe，但一些中小钢铁企业入炉焦比较高，有的甚至达到 488kg/tFe，燃料比在 560kg/tFe 左右。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

采用冷凝法除湿，入热风炉的空气采用脱湿技术工艺，将进入鼓风机之前的湿空气先行预冷，接着将预冷后的湿空气通过表冷器冷却，使其温度降低到空气含湿量对应的饱和温度以下，湿空气中的多余饱和量的水份凝结析出，再经过除水器排出，使空气中含水量降低。

2. 关键技术

采用冷凝方式在热交换器中将空气降温，使之低于露点，除去饱和水。其特点为：

1) 采用制冷剂直接蒸发冷却空气，效率高，可增加鼓风质量流量 5%~15%，或保持不变（13.8%），减少鼓风机轴功率 5%~15%；

2) 脱湿装置双层布置，设备紧凑，管道短，占地少；

3) 完全清除吸入空气中残存灰尘，解决了风机叶片、叶轮磨损问题，出口气体含尘量 1 mg/m<sup>3</sup>。

3. 工艺流程

高炉鼓风除湿系统工艺流程见图 1。

**五、主要技术指标：**

高炉鼓风含湿量每降低 1g/m<sup>3</sup>，综合焦比降低 0.7kg/tFe，折合 0.68kgce/tFe；高炉鼓风含湿量每降低 1g/m<sup>3</sup>，增加喷煤 2.23kg/tFe；高炉鼓风含湿量每降低 1g/m<sup>3</sup>，由于高炉顺行增加产能约 0.1%~0.5%。

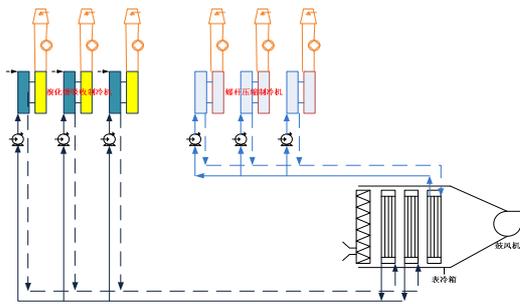


图 1 高炉鼓风除湿系统工艺流程图

## 六、技术应用情况：

该技术在首钢首秦金属材料有限公司以 EMC 模式成功实施。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：秦皇岛首秦金属材料有限公司、江苏永联钢铁集团有限公司

1) 秦皇岛首秦金属材料有限公司。主要技改内容：对 2#、3#高炉鼓风机组进行改造，安装高炉鼓风除湿设备，对高炉鼓风进行制冷除湿。节能技改投资额 3000 万元，建设期 6 个月。年节能 14000tce，取得节能经济效益 1500~2000 万元，投资回收期 2 年。

2) 江苏永联钢铁集团有限公司。主要技改内容：对 1~7#高炉鼓风机组进行改造，安装高炉鼓风除湿设备，对高炉鼓风进行制冷除湿。节能技改投资额 6000 万元，建设期 12 个月。年节能 60000tce，取得节能经济效益 3000~4000 万元，投资回收期 2 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

华南、华东地区以及沿海湿度绝对值较大地区的钢铁企业对炼铁高炉鼓风除湿技术的的市场需求很大。北方地区随着气候的变化，空气含湿量的季节波动和昼夜波动也较大，大型高炉也可考虑采用鼓风除湿技术。

预计到 2015 年可在钢铁行业内推广至 20%，总投入约 15 亿元，节能能力可达 75 万 tce/a。

# 铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

一、**技术名称：**铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

二、**适用范围：**有色金属行业电解铝企业

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前铝电解直流电耗 13000~13500kWh/T-Al，相当于 4.55~4.73tce/T-Al。2007 年，全国铝电解耗能占有色金属行业的 86%，占整个工业耗电的 5.56%。

四、**技术内容：**

## 1. 技术原理

电解铝生产采用熔盐电解法，即将氧化铝、冰晶石、氟化铝等加入电解槽中，在直流电作用下，电解质在电解槽内发生电化学反应，在阴极上析出铝液，阳极上析出  $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$ ，铝液用真空抬包抽出铸造成铝锭，阳极逐渐消耗定期更换。采用铝电解槽新型阴极技术，将现行电解槽的阴极结构改变为新型的电解槽阴极结构和内衬结构，达到减少铝液波动，提高阴极铝液面稳定性，提高电流效率，降低槽电压和节能的目的。

应用国际上通用的以电解槽阴极表面温度分布和垂直分布情况判定电解槽焙烧质量的方法，以电解槽阴极和电解质温度为控制中心，对电解槽进行合理焙烧，焙烧时间短，焙烧期间控制阳极电流分布均匀，尽量降低焙烧过程对电解槽的热冲击；启动过程中，以电解槽的稳定性为判定依据，控制电解槽的电压变化，使电解槽快速转入正常生产，提高电解槽槽寿命。

## 2. 关键技术

1) 通过改变现行铝电解槽的阴极和内衬结构，提高阴极铝液面的稳定性和电解槽的保温性能，降低槽电压，实现节能。

2) 采用二段焙烧技术，提高焙烧质量，缩短焙烧周期，使电解槽快速转入正常生产。

## 3. 工艺流程

新型结构 阴极碳块 制作加工	设计构筑保温 型新型阴极结 构电解槽	实施新型铝电解 槽焙烧启动技术 启动电解槽	采用适合新型阴极结构电解槽的低槽电压低铝水平的 铝电解工艺新技术进行生产，实现槽电压降低大于 0.3V，电流效率提高>0.5%，电耗降低>1100kWh/T-Al
----------------------	--------------------------	-----------------------------	---

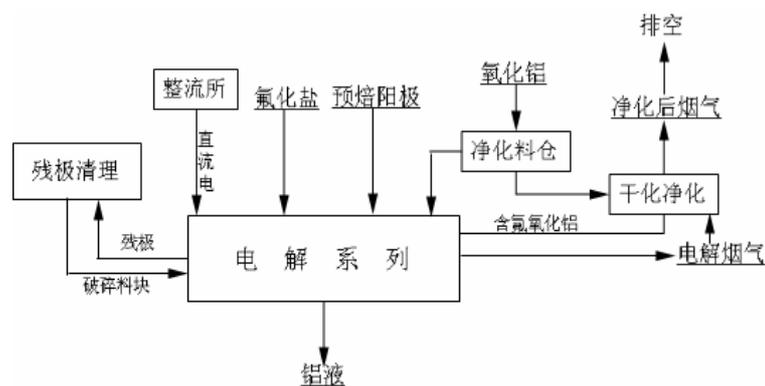


图 1 铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制流程图

## 五、主要技术指标：

槽电压降低大于 0.3V，电流效率提高大于 0.5%，电耗降低大于 1100kWh/T-Al。

## 六、技术应用情况：

1) 新型阴极结构铝电解槽技术：首先在重庆天泰铝业公司 168kA 铝电解槽系列上进行工业试验，运行一年多以来，槽电压与对比电解槽相比降低 0.3V，达到 3.78V，电流效率平均提高 1.3%，吨铝节电 1100kWh/t-Al，节能效果十分显著。该技术在浙江华东铝业首批 63 台 200kA 铝电解槽的应用表明，吨铝节电达到 1100kWh/t-Al。目前天泰铝业已改造 30 多台电解槽，华东铝业已改造 94 台电解槽，并正在河南浙川铝业、湖南创元铝业、宁夏青铜峡铝业公司等企业推广应用。

2) 新型湿法焙烧启动技术：首先应用于中国铝业兰州分公司 350kA 电解系列，首批试验槽于 2008 年 5 月通电，至今共有 80 台 350kA 电解槽使用此技术。运行结果表明：电解槽焙烧时间由原来的 72~96h 缩短到 48h，电解槽工作电压由原来的 3~4 周转入正常缩短到现在的 1 周左右。电解槽在焙烧期间阴极升温速度快且平稳，阳极、阴极电流分布均匀，电解槽启动后运行平稳，节省了能源和人力成本。该技术还应用于华鹭铝业、遵义铝业、华泽铝业等企业，效果良好。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：中国铝业兰州分公司、重庆天泰铝业公司、青铜峡铝业集团有限公司 350kA 系列、浙江华东铝业股份有限公司、河南浙川铝业（集团）有限公司、河南神火集团有限公司、湖南创元铝业公司

1) 中国铝业兰州分公司。主要技改内容：采用新型湿法焙烧启动技术改造 80 台 350kA 电解槽。相对于传统的焙烧启动技术，每台电解槽平均可节电 8 万 kWh，折合 28tce，全系列启动一次节能 6384tce。每台 350kA 电解槽在焙烧启动期间可创造节能经济效益 5.2 万元，对于一个标准的 288 台 350kA 电解槽系列来说，可创造节能经济效益 1500

万元。

2) 重庆天泰铝业公司。建设规模：年产 6 万吨 170kA 新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：①新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；②阴极结构改造；③电解槽内衬结构改造；④焙烧方法的技术升级；⑤电解槽工艺与操作技术的改造；⑥电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额 11300 万元，建设期 6 个月，按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 6600 万 kWh，折合 2.31 万 tce/a；节煤 3000t/a。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 3000 万元，投资回收期 3.8 年。

3) 浙江华东铝业。建设规模：年产 15 万吨新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：在原 200kA、240kA 电解系列上进行新型阴极结构高效节能铝电解槽技术改造。①新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；②阴极结构改造；③电解槽内衬结构改造；④焙烧方法的技术升级；⑤电解槽工艺与操作技术的改造；⑥电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额 40000 万元，建设期 6 个月。按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 16500 万 kWh，折合 5.78 万 tce。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 7425 万元，投资回收期 5.4 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

该技术可在全国铝厂推广应用。预计到 2015 年可在全国 50% 以上的铝电解系列推广使用该技术，按照铝产量 1000 万 t/a，吨铝节电 500~800kWh /T-Al 计，可节电 60 亿 kWh/a，折合 210 万 tce/a。

# 流态化焙烧高效节能炉窑技术

一、**技术名称：**流态化焙烧高效节能炉窑技术

二、**适用范围：**有色金属等行业的焙烧工序

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前氧化铝工业焙烧 80%以上产量采用 GSC 炉及相关技术，世界水平为 TA0 能耗 3.1~3.3GJ。国内一般能耗水平在 3.5GJ 左右，能耗水平偏高、炉衬磨损严重， $Al_2O_3$  质量受到影响。

四、**技术内容：**

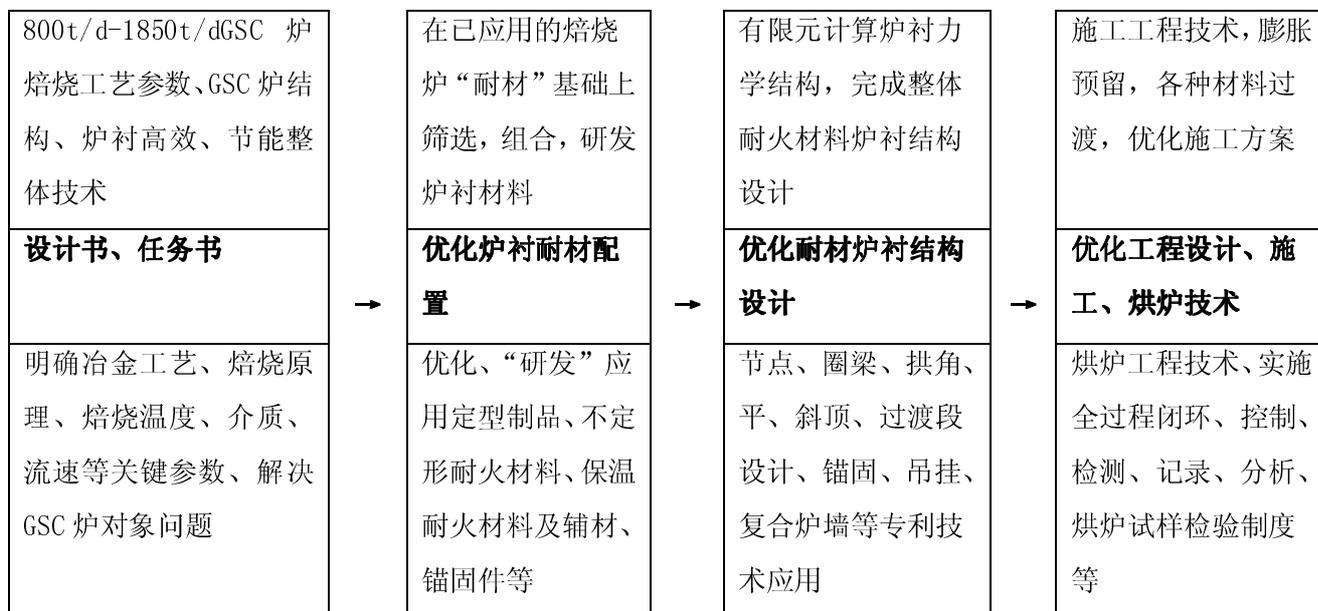
1. 技术原理

GSC 炉衬从原料选用到制造全部国产化。以热能工程学理论优化和改造焙烧炉耐火炉衬材料及结构设置，优化和完善现有施工技术、烘炉技术、初投运技术。

2. 关键技术

通过优化炉衬结构设计、优化施工、烘炉、初投运工程化技术及炉衬维护修理技术，实现节能、减排、降耗、高产的焙烧目标。

3. 工艺流程



五、**主要技术指标：**

GSC 炉用新型耐磨耐火浇注料系列，热震稳定性>40(次)(1100℃水冷)，耐磨性 2.98cm<sup>3</sup>，烧后线变化率 0%~-0.2%。烘干、烧后耐压强度>100MPa，烘干、烧后抗折

强度 10~15MPa，各项理化指标均超过进口浇注料。最突出的特色是导热率 $<1.26\text{W/mk}$ 。

## 六、技术应用情况：

该技术通过中国有色金属工业协会鉴定，已先后在我国最大的 1850t/d 及 1400t/d、1300t/d、180t/d 等不同类型的 GSC 炉推广。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：中国铝业河南分公司、洛阳香江万基铝业公司、“中铝”中州分公司、广西分公司、贵州黄果树铝业有限公司等。

### 1) 中铝河南分公司

建设规模：年产 65 万吨  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1850t/d) 气态悬浮焙烧炉。主要改造内容：①国产化 GSC 炉耐火材料设置（定型、不定形、保温耐火材料）；②GSC 炉炉衬耐火材料结构设计③优化工程施工、烘炉、初投运、维护工程技术及标准化。节能技改投资额约 740 万元，建设期约 2 个月。项目年节能 22162tce，取得节能经济效益 2550 万元，提高产能 11 万吨  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，增加产值 4.18 亿元（07 年不变价），投资回收期约 4 个月。

2) 建设规模：40 万吨  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1400t/d) 气态悬浮焙烧炉。主要改造内容：①国产化 GSC 炉耐火材料设置（定型、不定形、保温耐火材料）；②GSC 炉炉衬耐火材料结构设计、优化工程施工、烘炉、初投运、维护工程技术及标准化。节能技改投资额约 480 万元，建设期约 2 个月。年节能 13638tce，取得节能经济效益 1568 万元，提高 10 万吨  $\text{Al}_2\text{O}_3$  产能，增加产值 38000 万元（07 年不变价），投资回收期约 1 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

预计 2015 年该技术能推广到 30% 的氧化铝企业，年节能 27 万 tce；在有色重、贵金属行业可推广至 20%，年节能 16 万 tce，合计可形成约 40 万 tce/a 的节能能力。

# 精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术

**一、技术名称：**精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术

**二、适用范围：**有色金属行业、化工行业的精滤工序

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前在氧化铝厂精滤工序通常在过滤工序使用凯利叶滤机（双筒叶滤机），每年刷车进入流程中的水量约 60000m<sup>3</sup>，消耗蒸汽约 24000t，水及蒸汽的耗量大，滤布寿命短，同时操作不方便，运行费用高。不仅浪费能源，而且影响经济效益。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

利用高位槽与过滤机壳体的液位差，高效自清洁反冲卸饼，滤后精液反向清洗滤布，水耗为零，有效降低蒸发工序负荷。

2. 关键技术

1) 采用先进的控制技术，设备全自动运行，降低劳动强度，操作更方便。独有三重机内压力过载保护，确保安全可靠；

2) 工作周期短，辅助工作时间仅 1~2 分钟，设备效率高；

3) 配备隔离阀，各滤片能单独控制，发现异常立即隔离；

4) 针对不同工序，气动阀门适合氧化铝物料高粘度易结疤的特性，保证长期可靠运行。

3. 工艺流程

赤泥沉降槽的溢流通过叶滤机，将浮游物控制在 <15 mg/L 后进入分解工序，然后卸下滤饼返回赤泥沉降槽。该技术全过程由计算机自动控制，每一循环包括：进料阶段、挂泥阶段、正常过滤阶段、卸压排泥阶段、液面调整阶段。

全自动自清洁过滤技术工艺流程见图 1。

**五、主要技术指标：**

1) 铝酸钠粗液精制工序：

- 设计产能： 1.2-2.0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h
- 精液浮游物： ≤10 mg/L
- 滤布寿命： 约 90 天
- 工作压力： 0.39 MPa（叶滤机壳顶压力）

## 2) 种分母液回收工序:

- 设计产能: 2.0-3.0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h
- 精液浮游物: ≤15 mg/L
- 滤布寿命: 约 90 天
- 工作压力: 0.39 MPa (叶滤机壳顶压力)

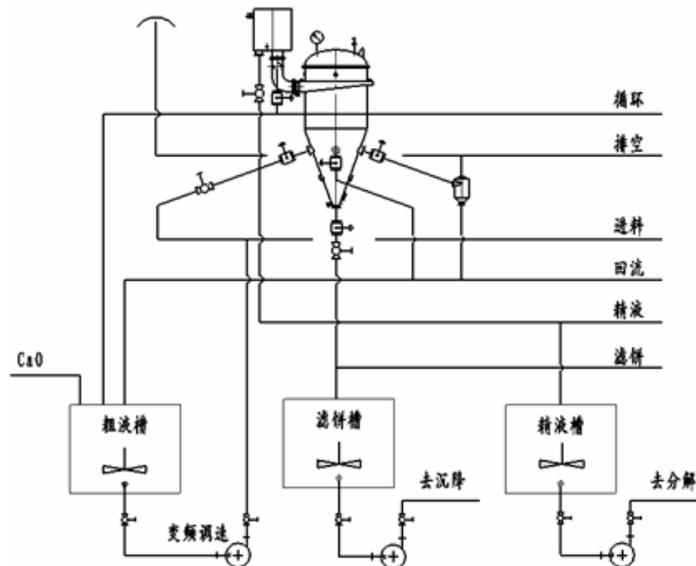


图 1 全自动自清洁过滤技术工艺流程图

## 六、技术应用情况:

该技术已通过中国有色金属工业协会组织的科学技术成果鉴定,并荣获中国有色金属工业科学技术二等奖。截止 2008 年 12 月底,该技术已在国内几十家氧化铝厂应用,总台数近 200 台,还远销到台湾某氧化铝厂。目前已投运的设备均运行良好,节能降耗高质提产效果突出,每台立式叶滤机每年比原有老式凯利叶滤机平均节约费用近 200 万元。其中,中铝山东分公司 80 万吨拜尔法氧化铝生产已采用 10 台 226m<sup>2</sup>和 3 台 150m<sup>2</sup>全自动自清洁立式叶滤机,综合效益约 3500 万元(其中经济效益 2800 万元,投资效益 700 万元);中铝山东分公司还在母液浮游物回收、微粉氢铝母/洗液浮游物回收、沸石、分子筛生产线等方面采用了该技术,取得良好节能效果。

## 七、典型用户及投资效益:

典型用户:中铝山东分公司、中铝中州分公司、贵州分公司、平果分公司、中州分公司、河南分公司、山西分公司

1) 中铝山东分公司。建设规模:80 万吨拜尔法氧化铝生产。主要改造内容:拆除原凯利叶滤机,改造厂房,安装全自动立式叶滤机及其控制系统。节能技改投资额 2000 万元,建设期 6 个月。每年立式叶滤机工序总节能约 2.6 万 tce,节能经济效益 2800

万元，投资回收期 1 年。

2) 中铝山东分公司化学品氧化铝厂。建设规模：10 万吨 4A 沸石生产线/2 万 t 微粉氢铝生产线。主要改造内容：采用新型立式叶滤机节能系统，以实现低能、高效和全自动化操作，10 万吨 4A 沸石生产线安装 2 台 306m<sup>2</sup> 立式叶滤机，2 万 t 微粉氢铝生产线安装 2 台 60m<sup>2</sup> 全不锈钢立式叶滤机。节能技改投资额 600 万元，建设期 6 个月。每年在立式叶滤机工序总节能约 12000tce，取得节能经济效益 800 万元（不含投资节约效益），投资回收期 1 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

该技术可用于湿法冶金中固液分离后的精滤处理及化工生产中的精过滤处理，有较大的推广市场，节能潜力巨大。单就氧化铝生产而言，预计到 2015 年可推广至 1500 万 t 产能，形成 45 万 tce/a 的节能能力。

# 先进煤气化节能技术（一）

## 粉煤加压气化技术

**一、技术名称：**粉煤加压气化技术

**二、适用范围：**化肥行业、电力行业（IGCC）、城市煤气等

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗  $380 \text{ Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；有效气成分  $\text{CO}+\text{H}_2$  含量 60%~70%；碳转化率 78%；年消耗 71 万 tce。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

固体煤炭粉碎后输送到气化炉，粉煤在有水蒸汽的条件下与纯氧发生反应，生产一氧化碳和氢气的混合气体。

2. 关键技术

将干粉煤转换成合成气（氢气和一氧化碳混合气体），生产过程中能有效减少污染物排放并提高碳转化率。

3. 工艺流程

固体煤炭—粉煤—加压输送至气化炉— $\text{CO}+\text{H}_2$  混合气。

**五、主要技术指标：**

比氧耗：  $330\sim 360 \text{ Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；

有效气成分  $\text{CO}+\text{H}_2$  含量： 89%~92%；

碳转化率： >99%；

冷煤气效率： 80%~83%；

煤气化热效率： 95%。

**六、技术应用情况：**

获国家发明专利，已在河南濮阳龙宇化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目、安徽临泉化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目开车成功，正在实施山东瑞星化工 90 万 t/a 合成氨原料路线技改等项目。

**七、典型用户及投资效益：**

典型用户：山东瑞星化工 90 万 t/a 合成氨项目、河南濮阳龙宇化工 20 万 t/a 甲醇

工业示范项目、安徽临泉化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目

1) 山东瑞星化工有限公司。建设规模：90 万 t/a 合成氨一期 30 万 t 项目。主要改造内容：采用先进的粉煤加压气化技术改造原有的常压固定床煤气化装置。节能技改投资额 1.6 亿元，建设期 3 年。年节能 6.5 万 tce，取得节能效益 7800 万元，投资回收期 2 年。

2) 河南濮阳龙宇化工有限公司。建设规模：20 万 t/a 甲醇工业示范项目。主要改造内容：采用先进的粉煤加压气化技术改造原常压固定床煤气化装置。节能技改投资额 1.6 亿元，建设期 2 年。年节能 4.2 万 tce，取得节能效益 6000 万元，投资回收期 3 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

2008 年我国合成氨产量约 5000 万 t，甲醇产量约 1100 万 t，两者折合总氨产品产量已超过 6000 万 t，消耗能源 1.1~1.2 亿 tce。总氨产品产量中约 75% 以煤气化为源头，其中约 50% 采用常压固定床煤气化技术。预计到 2015 年可通过技术改造，使先进煤气化技术推广率达到本行业的 30%（共推广 1800 万 t/a 总氨能力规模）。如果其中 1/3 采用粉煤加压气化技术，则届时可形成 130 万 tce/a 的节能能力。

## 先进煤气化节能技术（二）

### 非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术

**一、技术名称：**非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术

**二、适用范围：**化工行业煤制合成气

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗  $380 \text{ Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；有效气成分  $\text{CO}+\text{H}_2$  含量 60%~70%；碳转化率 78%；年消耗 71 万 tce。

**四、技术内容：**

#### 1. 技术原理

制浆用级配技术，使煤浆浓度比现有技术提高 3%~5%；气化采用非熔渣—熔渣分级气化技术；洗气塔内件改造以减小系统压差；黑水闪蒸系统蒸汽综合利用。

#### 2. 关键技术

把一次给氧的连续气化过程分解为两次或多次给氧的气化过程，可改善炉内温度场分布和气化反应条件，提高煤种的适应性；进行全系统技术优化集成，在操作稳定性和装置投资经济性上都具有明显竞争优势。

#### 3. 工艺流程

原料通过给料机和燃料喷嘴进入气化炉的第一段，采用纯氧作为气化剂，采用其它气体（如与氧气以任意比混合的二氧化碳，氮气，水蒸汽等）作为预混气体，调节控制第一段氧气的加入比例，使第一段的温度保证在灰熔点以下；在第二段再补充部分氧气，使第二段的温度达到煤的灰熔点以上，并完成全部气化过程。

该技术的要点是：1) 氧气的分级供给，气化炉主烧嘴和侧壁氧气喷嘴分别加氧，使气化炉主烧嘴的氧气量可脱离炉内部分氧化反应所需的炭和氧的化学当量比约束；2) 由于氧气分级供给，可以采用氧含量从 0%~100%的不同气体作为主烧嘴预混气体，调整火焰中心的温度和火焰中心的距离，降低气化炉主烧嘴端部的温度。

具体工艺流程见图 1。

**五、主要技术指标：**

比氧耗： $361 \text{ Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；

比煤耗： $548 \text{ Nm}^3\text{煤}/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；

碳转化率 $\geq 97.5\%$ ；

$1\text{Nm}^3$  ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) 能耗降至 13MJ 以下。

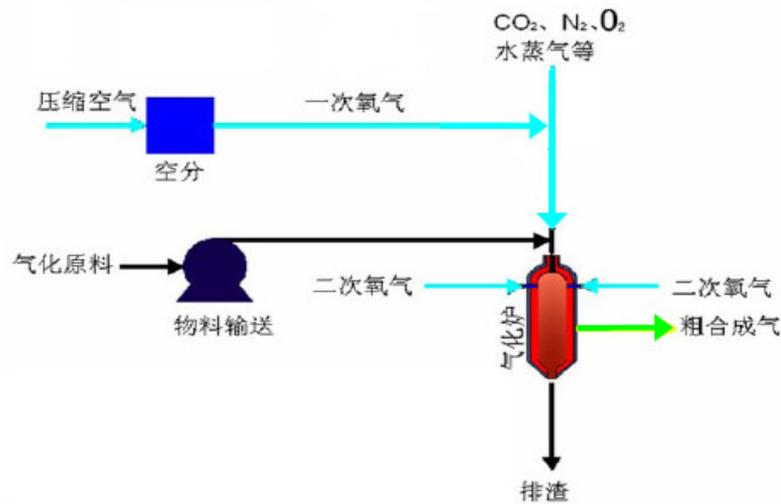


图 1 非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术工艺流程图

## 六、技术应用情况：

2007 年 12 月，该技术通过中国石油和化学工业协会组织的技术鉴定，已在山西喜丰肥业集团公司 10 万 t/a 甲醇生产线上应用，取得良好节能效果。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：山西阳煤丰喜肥业（集团）股份有限公司

1) 建设规模：20 万 t/a 甲醇气化装置。主要改造内容：采用级配磨煤技术、水煤浆分级气化和高压闪蒸蒸汽综合利用。节能技改投资额 1.5 亿元，建设期 2 年。年节能 6 万 tce，与固定床相比年增节能效益 6000 万元，投资回收期 3 年。

2) 建设规模：18 万 t/a 合成氨装置。主要改造内容：采用级配磨煤技术、水煤浆分级气化和高压闪蒸蒸汽综合利用。节能技改投资额 1.5 亿元，建设期 2 年。年节能 5.7 万 tce，与固定床相比年增节能效益 5400 万元，投资回收期 3.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

2008 年我国合成氨产量约 5000 万 t，甲醇产量约 1100 万 t，两者折合总氨产品产量已超过 6000 万 t，消耗能源 1.1~1.2 亿 tce。在这些总氨产品产量中，约 75% 的产量以煤气化为源头，其中约 50% 采用常压固定床煤气化技术。预计到 2015 年可通过技术改造，使先进煤气化技术推广率达到本行业的 30%（共推广 1800 万 t/a 总氨能力规模）。如果其中 1/3 采用非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术，则届时可形成 130 万 tce/a 的节能能力。

## 先进煤气化节能技术（三）

### 多喷嘴对置式水煤浆气化技术

一、**技术名称：**多喷嘴对置式水煤浆气化技术

二、**适用范围：**化工行业煤制合成气

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗  $380 \text{ Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3(\text{CO}+\text{H}_2)$ ；有效气成分  $\text{CO}+\text{H}_2$  含量 60%~70%；碳转化率 78%；年消耗 71 万 tce。

四、**技术内容：**

#### 1. 技术原理

水煤浆、氧气进入气化室后，相继进行雾化、传热、蒸发、脱挥发分、燃烧、气化等 6 个物理和化学过程，煤浆颗粒在气化炉内经过湍流弥散、振荡运动、对流加热、辐射加热、煤浆蒸发与挥发份的析出和气相反应等，最终形成以  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  为主的煤气及灰渣。产生的合成气经分级净化达到后序工段的要求，同时采用直接换热式渣水处理系统。

#### 2. 关键技术

多喷嘴对置式水煤浆气化技术采用四喷嘴撞击流、预膜式喷嘴，加强混合，强化热质传递。关键技术设备包括：

- 1) 由喷淋床与鼓泡床组成的复合床高温煤气洗涤冷却设备；
- 2) 合成气“分级”净化。由混合器、分离器、水洗塔组成的高效节能型煤气初步净化系统；
- 3) 直接换热式含渣水处理系统；
- 4) 预膜式长寿命高效气化喷嘴；
- 5) 结构新颖的交叉流式洗涤水分布器；
- 6) 国内首次成功实施停运气化烧嘴在线带压投料的操作技术。

#### 3. 工艺流程

通过喷嘴对置、优化炉型结构及尺寸，在炉内形成撞击流，以强化混合和热质传递过程，并形成炉内合理的流场结构。主要包括煤浆制备、输送单元，多喷嘴对置式水煤浆气化单元，煤气初步净化单元和含渣水处理单元，其中关键单元为气化、煤气初步净化和含渣水热回收。具体工艺流程见图 1。

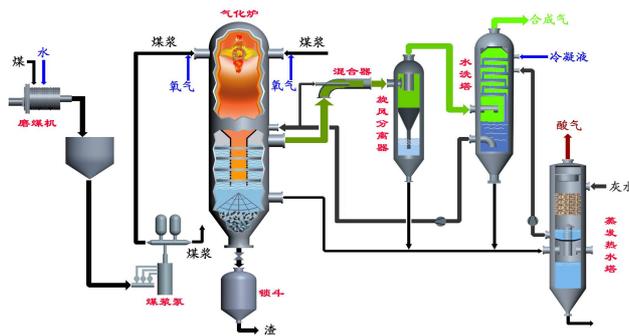


图 1 多喷嘴对置式水煤浆气化工流程图

## 五、主要技术指标：

与引进的水煤浆气化技术相比，采用该技术可使比氧耗降低 7.9%，比煤耗降低 2.2%。

以北宿煤为原料，合成气有效气成分(CO+H<sub>2</sub>)含量 84.9%，比氧耗 309Nm<sup>3</sup>O<sub>2</sub>/1000Nm<sup>3</sup>(CO+H<sub>2</sub>)，降低 7.9%；比煤耗 535kg/1000Nm<sup>3</sup>(CO+H<sub>2</sub>)，降低 2.2%；碳转化率 98.8%，提高 2~3 个百分点；产气率 2.20 Nm<sup>3</sup>/kg；有效气成分提高 2~3 个百分点；CO<sub>2</sub>含量降低 2~3 个百分点。

## 六、技术应用情况：

2005 年通过中国石油和化学工业协会组织的工业示范装置现场 168 小时连续满负荷运行考核，2007 年获国家科技进步二等奖，并拥有多项专利，具有完全自主知识产权。目前已推广至国内 13 家企业，共 35 台气化炉。与引进的气化技术相比，氧耗节约 7%，煤耗节约 2.2%，有效气成分提高 2~3 百分点。2008 年 7 月与美国 Valero 公司签订技术许可合同，实现了国产化煤气化技术的首次技术输出。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：兖矿国泰、兖矿鲁化、华鲁恒升、神华宁煤、江苏索普、江苏灵谷、安徽华谊、滕州凤凰等。

1) 兖矿国泰化工有限公司。建设规模：两台日处理 1150t 煤多喷嘴对置式水煤浆气化炉。主要改造内容：配套新建 24 万 t/a 甲醇的煤气制备，节能技改投资额 25000 万元，建设期 2 年。年节能 5.3 万 tce，年节氧、节煤经济效益约 5900 万元，投资回收期 4 年。

2) 兖矿鲁南化肥厂。建设规模：一台日处理 1150t 煤多喷嘴对置式气化炉。主要改造内容：配套新建 24 万 t/a 合成氨的煤气制备。节能技改投资额 12000 万元，建设

期 2.5 年。年节能 2.4 万 tce，年节氧、节煤经济效益约 3200 万元，投资回收期 4 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

2008 年我国合成氨产量约 5000 万 t，甲醇产量约 1100 万 t，两者折合总氨产品产量已超过 6000 万 t，消耗能源 1.1~1.2 亿 tce。在这些总氨产品产量中，约 75% 的产量以煤气化为源头，其中约 50% 采用常压固定床煤气化技术。预计到 2015 年可通过技术改造，使先进煤气化技术推广率达到本行业的 30%（共推广 1800 万 t/a 总氨能力规模）。如果其中 1/3 采用多喷嘴对置式水煤浆气化技术，则届时可形成 130 万 tce/a 的节能能力。

# 新型高效节能膜极距离子膜电解技术

**一、技术名称：**新型高效节能膜极距离子膜电解技术

**二、适用范围：**化工行业氯碱生产

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

2008 年我国烧碱产量（折 100%，下同）为 1852 万 t，居世界第一位。我国烧碱消费以轻工、化工、纺织行业为主，预计今后几年，我国烧碱市场需求将保持继续增长的态势。目前我国烧碱生产工艺主要有两类：离子膜法工艺和隔膜法工艺。其中，单位产品隔膜法烧碱的电和蒸汽消耗量要高于离子膜法烧碱。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

离子交换膜法制氢氧化钠和氯气、氢气的电解原理：电解反应方程式： $2\text{NaCl}+2\text{H}_2\text{O}\rightarrow 2\text{NaOH}+\text{Cl}_2\uparrow +\text{H}_2\uparrow$

2. 关键技术

离子膜法制烧碱技术经历了从普通强制循环到高电流密度自然循环两个阶段。为了进一步降低电耗，目前国内外均已研发出的膜极距离子膜电解槽技术，通过减小极间距达到降低电耗的目的。关键技术为电解槽设计制造技术、电极制造技术。

3. 工艺流程

离子交换膜法制烧碱的工艺流程主要包括 3 个工序：①二次盐水精制工序；②电解工序(电解和电解液循环)；③淡盐水脱氯工序。

**五、主要技术指标：**

设计电流密度 (kA/m<sup>2</sup>): 6.0;

运行电流密度 (kA/m<sup>2</sup>): 5.5;

单元槽电压 (V) 2.98;

直流电耗 (DC-kWh/MT): 2080;

烧碱浓度 (Wt%): 32。

**六、技术应用情况：**

2008 年，该技术通过中国石油和化学工业协会组织的行业专家评定。引进的膜极距离子膜电解装置在国内部分氯碱企业已投入运行，利用国内自主开发技术新建或改造现有装置的一些企业正在开展项目前期工作。江苏安邦电化有限公司 20 万 t/a 新型膜

极距离子膜法替代原隔膜法烧碱节能改造项目已获中国化工集团批准立项。巴陵石油化工有限公司、上海天原华胜化工有限、浙江善高化工有限公司、河南焦作宇航化工有限公司均在开展试验工作。

### **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：江苏安邦电化有限公司、河北冀衡化学股份有限公司、宁波东港电化有限责任公司、河北黄骅氯碱责任有限公司

建设规模：20 万 t/a 新型膜极距离子膜法替代原隔膜法烧碱节能改造项目。主要改造内容：对原有 16 万 t/a 隔膜法烧碱生产装置改造成膜极距离子膜烧碱装置，具体改造内容包括：整流、盐水精制及电解、氯氢处理、氯气液化及包装、合成盐酸、蒸发固碱、卤水脱硝、变配电及配套公用工程。节能技改投资额 50270 万元，建设期 2 年。与隔膜法烧碱相比，每年可节能 6.8 万 tce，取得节能经济效益 8046 万元，投资回收期 5.4 年。

### **八、推广前景和节能潜力：**

目前国内隔膜法烧碱产能约为 800 万 t/a，如果 2015 年新型高效节能膜极距离子膜电解技术在替代隔膜法烧碱产能方面推广至 50%（推广 400 万 t/a 规模），则可形成约 90 万 tce/a 的节能能力。

# 全预混燃气燃烧技术

一、**技术名称：**全预混燃气燃烧技术

二、**适用范围：**通用于工业燃烧加热工序

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

素烧窑流量改造前天然气平均流量为 2516 m<sup>3</sup> /h。

四、**技术内容：**

## 1. 技术原理

燃烧效率取决于可燃物与助燃物的混合状态。当前，燃烧装置普遍采用各种调节阀或装置控制燃料与空气达成一定比例的供量，然后在燃烧室进行混合及燃烧，这种方式受到空间（扩散混合需要足够空间）及时间（燃烧速度与扩散速度匹配）的限制。

而预混式技术是将燃料与空气在进入燃烧室喷嘴前进行完全混合，经过预混腔将气体分子充分搅散混合，使得混合更完整，从而使燃烧速度不再受限于气体扩散速度等物理条件，燃烧速度更快、效率更高。

## 2. 关键技术

自动化预混控制技术，保证混合比例精确，同时保证工作安全，不会产生回火现象。

## 3. 工艺流程

以调节阀控制燃气流量作为火力调节，同时考虑实际使用状况的压力波动，在气路配置压力传感器，综合流量、压力讯号后自动匹配调整变频风机送风量，保证进气比例精确。

燃气及空气进入预混腔体进行预混，有效提升混合效果，同时将燃气及空气的压力、流速经预混腔达成一致，避免出口速度不等的情况发生。

经分流火孔喷出后燃烧，由于已完成精确比例混合，燃烧完全，燃烧速度快，火焰温度高。

原理图和工艺流程见图 1、图 2。

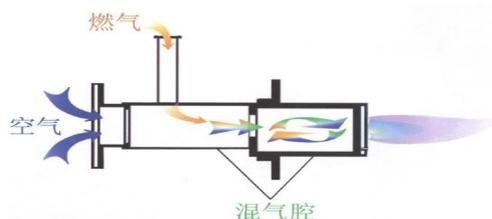


图 1 预混式燃烧原理图

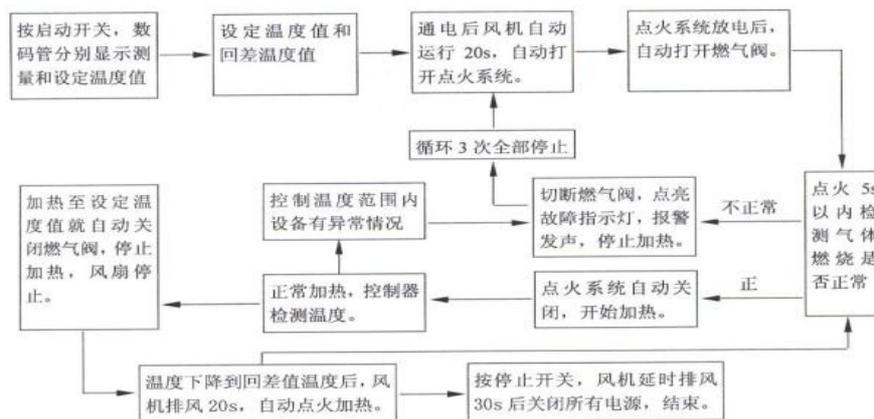


图 2 预混式燃烧工艺流程图

## 五、主要技术指标：

- 1) 排烟温度为 167~172℃，比国外同类产品低 27%；
- 2) 排烟处过剩氧容积百分比可达 2%~2.7%，是国外技术的 26%（国外为 9.2%~9.4%）；
- 3) 热效率为 88.1%（国外为 83.5%），可节气 6%。

## 六、技术应用情况：

2005 年通过江苏省节能技术中心检测和苏州市科学技术成果鉴定，达到国内先进水平，节能效果明显。2006 年纳入江苏省火炬计划项目。目前该技术已应用于多条陶瓷窑炉、熔铝炉、固碱炉等燃烧加热设备。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：广东佛山新明珠集团、元泰有色金属(苏州)有限公司

广东佛山新明珠集团。建设规模：7 万吨/年大锅法固体烧碱。主要改造内容：将后混式烧嘴改造更换为预混式燃烧器。节能技改投资额 500 万元，建设期 2 年。年节能 2100tce，取得节能经济效益 252 万元，投资回收期 2 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

预混燃烧技术相较于传统扩散式或大气式等后混燃烧方式而言，燃烧速度快、效率高、燃烧完全、废弃物少。全预混式燃气燃烧技术应用在有色金属熔化工艺，可节能 17.6%，效率提升 27.2%；应用在陶瓷烧制工艺，可节能 26.82%；应用在化工固碱提炼工艺，可节能 11.38%，效率提升 14.26%，产量增加 17.44%。

相比于工程浩大的余热回收系统、隔热保温系统等，利用预混燃烧系统进行改造，项目投资较小，节能效益更显著。预计到 2015 年可在化工烧碱行业推广至 50%，形成节能能力约 6 万 tce/a。

# 稳流行进式水泥熟料冷却技术

一、技术名称：稳流行进式水泥熟料冷却技术

二、适用范围：建材行业水泥熟料生产

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：

目前一般的产品冷却机冷却风量为  $2.0 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ ，电耗  $6\sim 7 \text{ kWh/t}$  熟料，冷却机设备热回收效率  $65\%\sim 70\%$ 。与本产品相比热回收效率低  $5\%$ ，电耗高  $1\sim 2\text{kWh/t}$  熟料。

四、技术内容：

1. 技术原理

该产品是一种对高温颗粒物料进行冷却的设备，主要用于对热熟料进行冷却和输送，可将  $1400^\circ\text{C}$  左右的水泥熟料冷却到  $100^\circ\text{C}$  以下，以保证熟料的性质和进行下一道工序。冷却形式为风冷，利用冷风和热熟料进行热交换，同时设备可将熟料所含热量回收，用于辅助上一工序的熟料煅烧，以达到节能减排的目的。

2. 关键技术

主要包括：①冷却风流量自动控制调节阀；②冷却设备篦床的运动支撑装置；③标准化模块设计；④步进式行走篦床；⑤一种冷却设备篦床的在线检修装置；⑥颗粒物料均匀卸料装置。

3. 工艺流程

冷却机工艺流程图及设备简图见图 1、图 2。

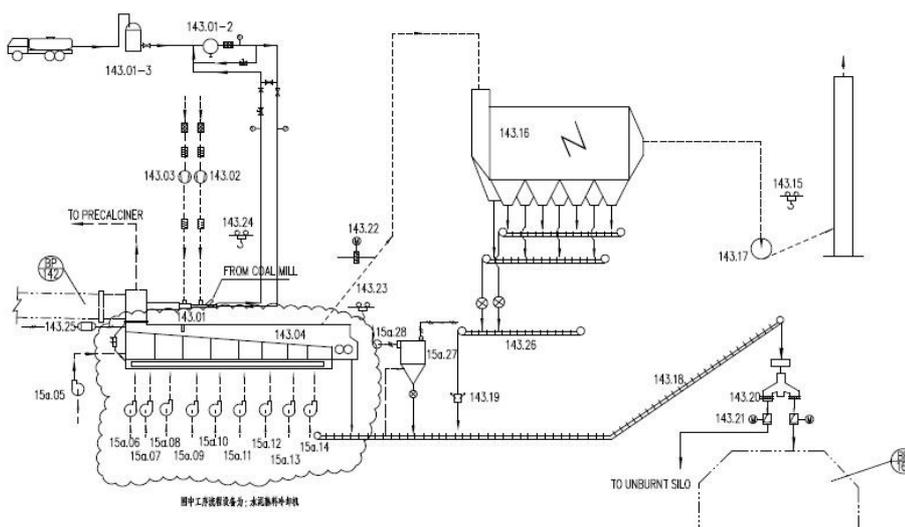


图 1 水泥窑熟料冷却机工艺流程图

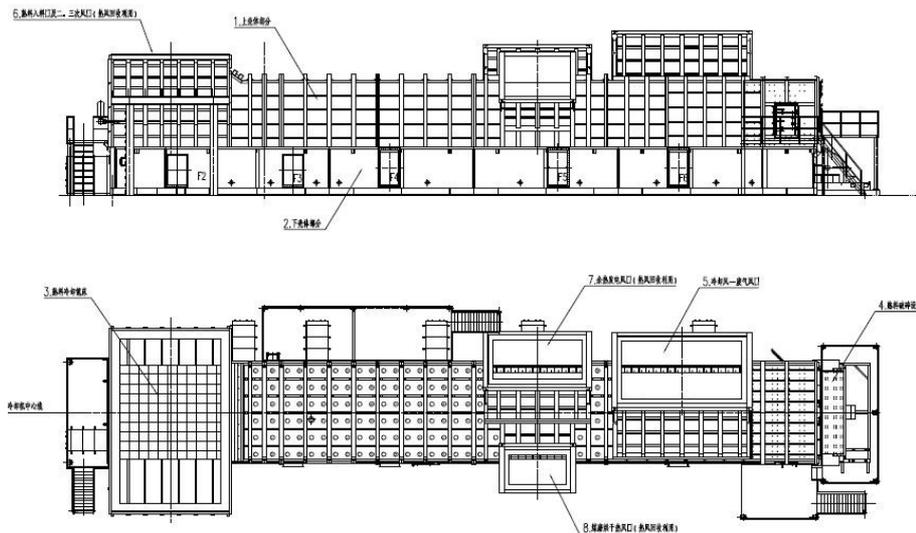


图 2 稳流行进式冷却机设备简图

### 五、主要技术指标：

单位面积产量 44~46t/m<sup>2</sup>d；单位冷却风量 1.7~1.9Nm<sup>3</sup>/kgcl；热效率≥75%，电耗≦5kWh/t 熟料。

### 六、技术应用情况：

四台稳流行进式冷却机已投入工业生产，另有数台在建设中。

### 七、典型用户及投资效益：

典型用户：江西圣塔实业集团 3000t/d 生产线、河北燕赵水泥有限公司 5500t/d 水泥生产线。

1) 建设规模：3000t/d 水泥生产线。主要技改内容：稳流行进式冷却机。节能技改投资额约 800 万元，建设期 3 个月。年节能 3390tce，年节能经济效益约 237 万元，投资回收期 3.5 年。

2) 建设规模：5500t/d 水泥生产线。主要技改内容：稳流行进式冷却机。节能技改投资额约 1000 万元，建设期 3 个月。年节能 5330tce，年节能经济效益约 370 万元，投资回收期 3 年。

### 八、推广前景和节能潜力：

该产品可用于新建厂和老厂的设备改造，其主要性能指标已达到国际先进水平，较之第三代篦冷机有明显进步，可使水泥熟料的热耗下降 10%~18%，电耗降低 20%，土建投资节省 25%，维修费用节省 70%~80%，节能效益显著。预计 2015 年可在行业推广到 42%~45%，形成约 90tce/a 的节能能力。

## 四通道喷煤燃烧节能技术

**一、技术名称：**四通道喷煤燃烧节能技术

**二、适用范围：**建材、冶金、有色行业回转窑

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

现代水泥工业已进入以预分解技术为标志的新型干法回转窑发展阶段，而与窑系统相对应的燃烧器一直是关键的配套设备之一。燃烧器也由单通道燃烧器发展为多通道燃烧器，但目前在水泥熟料的生产过程中，原料及燃料的变化导致燃烧器的效率低下，同时导致结皮堵塞现象时有发生，降低了生产效率，浪费了大量能源。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

该产品是一种煤粉燃烧设备，通过控制燃烧器不同通道内的风速，使燃烧所使用的煤粉及助燃所使用的空气达到合理配置。该产品具有用风量比例低、燃烧推力大的显著技术特点，其高速的出口射流，大大强化了煤粉气流和二次热风的混合，最大限度消除了不完全燃烧，减少了不必要的热损失，有利于降低热耗和利用低、劣质燃料；火焰形状可调，随时满足窑内工况变化的需要，有利于建立合理的煅烧制度，提高回转窑的煅烧能力，充分发掘设备的潜在能力以增加产量。

2. 关键技术

通过减少一次风使用量以及控制良好的火焰形状达到节煤降耗的效果。

①采用高压风机（96kPa）后，燃烧器可以使用较少的一次风量来获得更大的动能，窑头一次风使用量降低4%，从而减少能耗。

②通过采用周向均匀分布的小孔结构，获得周向均匀分布的旋流风和高速轴流风，使煤的燃烧更加充分，提高火焰的形状和强度，节约用煤。

③同时降低了NO<sub>x</sub>的排放，满足国家环保要求。

3. 工艺流程

新型煤粉燃烧器的设备简图见下图。

**五、主要技术指标：**

窑头一次风使用量约减少4%，能耗降低5kcal/kg熟料，推力大，可达24kPa以上，NO<sub>x</sub>排放量降低41%。

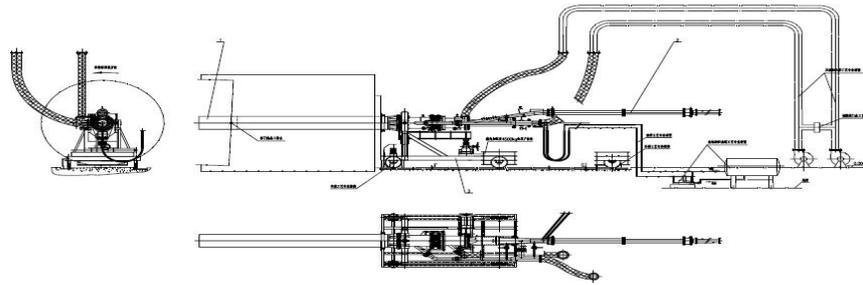


图 1 新型煤粉燃烧器设备简图

## 六、技术应用情况：

该技术已通过技术鉴定，结构属国内首创，主要技术经济指标处于国内领先水平。目前已推广应用 300 台（套）。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：湖南印山台水泥有限公司 2500t/d 水泥熟料、首钢球团厂 300 万吨/年球团生产线、宁夏青铜峡水泥厂 2500t/d 生产线、河北三河燕新建材公司 1800t/d 生产线。

1) 湖南印山台水泥有限公司。建设规模：2500t/d 水泥熟料。主要技改内容：更换燃烧器，调整风机。节能技改投资额 50 万元，建设期 3 天。年节能量 553tce，节能经济效益约 44 万元，投资回收期约 1.1 年。

2) 宁夏青铜峡水泥厂。建设规模：2500t/d 水泥生产线。主要技改内容：窑头燃烧器更换。节能技改投资额约 60 万元，建设期 1 个月。年节能 580 吨 tce，年节能经济效益约 47 万元，投资回收期 1.2 年。

3) 河北燕赵水泥有限公司。建设规模：5500 t/d 水泥生产线。主要技改内容：窑头燃烧器更换。节能技改投资额约 60 万元，建设期 3 天。年节能 1218tce，年节能经济效益约 83 万元，投资回收期 9 个月。

## 八、推广前景和节能潜力：

该产品可用于新建厂和老厂的设备改造，其总体性能达到国际多通道煤粉燃烧器水平。使用四通道喷煤燃烧节能技术后，在不改变原有工艺条件和原、燃材料的前提下，产量可大幅度提高，增幅约 10%~18%，煤耗下降 10%~15%，熟料质量明显改善，熟料标号提高 3~5MPa (ISO 新标准)；同时还可提高窑的运转率，延长耐火砖的使用寿命。鉴于我国水泥行业还存在大量老旧设备需要改造，该技术的市场前景非常广阔。预计该技术到 2015 年可在水泥行业推广至 30%左右，形成 35 万 tce/a 的节能能力。

# 高效节能选粉技术

一、**技术名称：**高效节能选粉技术

二、**适用范围：**建材行业水泥粉磨生产线、化工行业干法粉体制备以及工业废渣综合利用

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

现有一些粉磨系统采取开路生产或利用老式分级机，造成产品质量低下和系统耗能高（40kWh/t），且系统粉尘污染得不到很好控制。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

利用空气动力学原理，采用目前最先进的第三代笼型转子高效选粉分级技术，对分选物料进行充分分散和多次分级分选，达到高精度、高效率分选。

2. 关键技术

- 1) 物料均匀分散；
- 2) 强制无紊流稳定流场；
- 3) 高精度、高效率、低阻力分级转子；
- 4) 多次分选。

3. 工艺流程

高效选粉技术工艺流程见图 1。

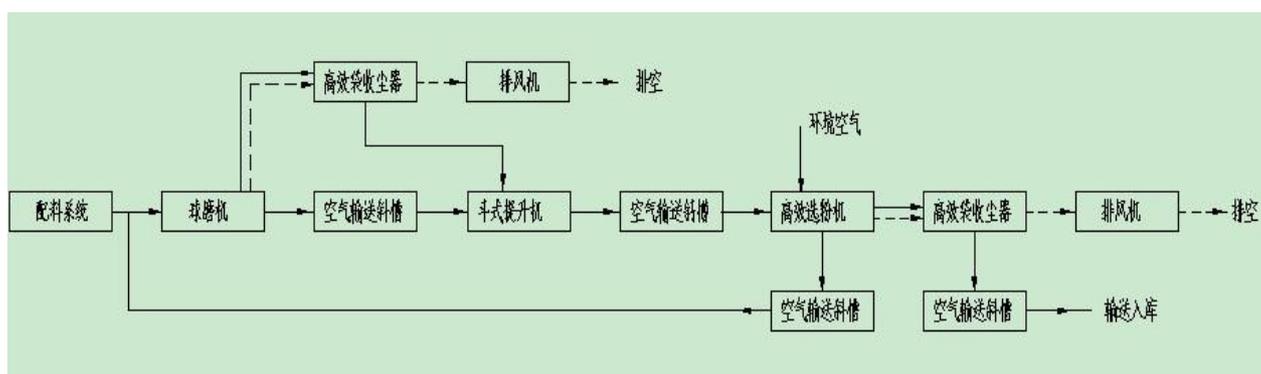


图 1 高效选粉技术生产工艺流程图

五、**主要技术指标：**

- 1) 选粉效率达到 80% 以上；
- 2) 改善水泥质量，较传统选粉机或开流磨可提高水泥强度 2MPa；
- 3) 系统电耗降低 5kWh/t 水泥。

## 六、技术应用情况：

该技术已通过江苏省科技厅组织的专家鉴定。目前已推广 700 余台套，市场占有率 40%，并远销沙特、越南、苏丹、印度尼西亚、巴基斯坦、孟加拉国、埃塞俄比亚、智利等国。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：拉法基公司、烟台三菱公司、海螺集团、中联水泥、三狮水泥、天瑞水泥、冀东水泥、秦岭水泥、山水水泥、亚太水泥、天山水泥等国内知名水泥企业，以及邯郸电厂、大唐国际、齐鲁石化等其他行业用户。

1) 浙江虎山集团有限公司。建设规模：5000t/d 水泥熟料生产线配套年产 200 万 t 水泥粉磨生产线闭路粉磨系统。主要改造内容：新建高效选粉机系统。节能技改投资额 200 万元，建设期 3 个月。由于新系统单产电耗 $\leq 31\text{kWh/t}$ ，而老系统的单产电耗约  $36\text{kWh/t}$ ，按年产 200 万 t 水泥计算，年节约用电量 1000 万 kWh，折合 3500tce，投资回收期不到 1 年。

2) 淮海中联水泥有限公司。建设规模：3700t/d 水泥熟料生产线水泥粉磨系统改造。主要改造内容：应用高效节能选粉技术对现有两台  $\Phi 4.2 \times 13.12\text{m}$  闭路水泥磨系统进行节能技术改造。节能技改投资额 240 万元，建设期 1 个月。年节电 420 万 kWh，折合 1470tce。自投产运行以来，系统运行平稳，水泥产量提高 10% 以上，系统电耗降低  $2 \sim 3\text{kWh/t}$ ，混合材掺加量增加 5%~10%，水泥成品质量较以前有所提高，彻底解决粉尘超标排放问题，投资回收期 1 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

预计到 2015 年，推广比例可从目前的 35% 提高到 75%（包括 5000t/d、2500t/d 熟料生产线配套水泥粉磨生产线以及水泥粉磨站），形成节能能力约 160 万 tce/a。

# 频谱谐波时效技术

**一、技术名称：**频谱谐波时效技术

**二、适用范围：**机械行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

金属工件在铸造、锻压、焊接和切削加工及使用过程中，由于内部产生残余应力，使工件在使用中尺寸精度得不到保证，为此通常采用热时效和自然时效消除残余应力。但自然时效周期长，热时效耗能高，费用高，污染环境。经粗略统计，目前全国机械制造业采用热时效方法消除应力的工艺环节，年耗能 800~1000 万 tce，费用在 100 亿元以上。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

通过傅立叶分析寻找低次谐波，施加合适的能量在多个谐波频率振动，引起高次谐波累积振动产生多方向动应力，与多维分布的残余应力叠加，造成塑性变形，从而降低峰值残余应力，同时使残余应力分布均化。

2. 关键技术

将先进、成熟的电子测量技术、计算机技术和自动控制技术等结合在一起，实现机电一体化。关键技术包括：加速度的测量与数据采集、FFT 频谱分析，直流电机的 PWM 控制和电机转速的稳频等。

1) 控制器驱动激振器进行振动，通过加速度传感器，在 1000~5000rpm 的转速范围内采集进行傅立叶分析的数据，获取工件的固有频率及其谐振频率分布。

2) 对获取的频率自动进行分类、排序和选取的判据原则是：①多振型原则；②最大能量吸收原则；③频谱分析只选取范围在 16.7~200Hz 以内的频率，处理的激振频率选取范围在 16.7~167.7Hz 以内。

3) 自动选取要处理的频率个数为 3 个或 3 个以上。自动选取要处理的频率个数最佳为 5 个。

4) 以最佳疲劳载荷加载原则为判据来确定所选取频率需要处理的时间。

5) 顺序处理选取的频率时，若有共振频率，则自动跳开共振频率去处理下一个频率。

6) 专家系统软件作为工艺设备核心，要求具备高可靠性、操作便捷性，因此分别

选择在成熟稳定的 MSDOS 平台和 WINDOSXP 下采用 TurboC2.0 语言编写，以达到内存节约、系统稳定的需求。

### 3. 工艺流程

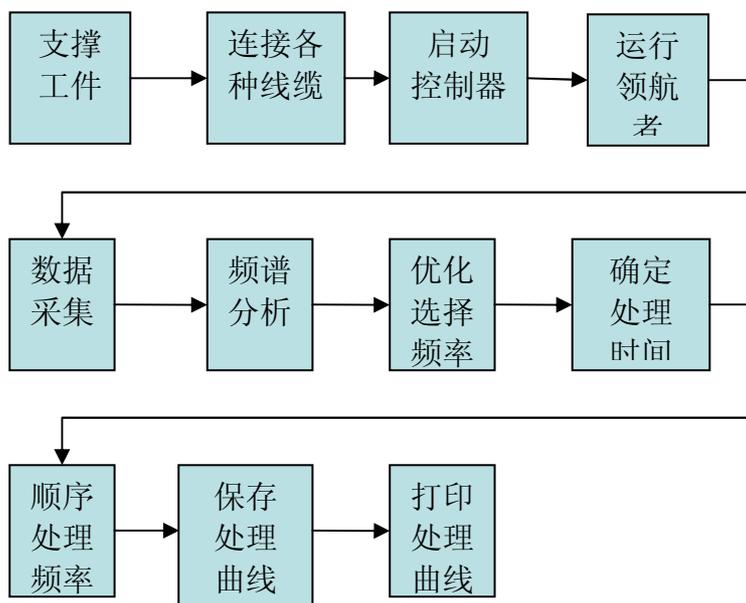
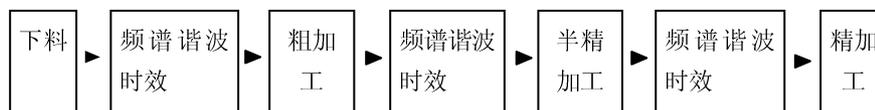


图 1 频谱谐波时效技术流程图

在毛坯状态下、粗加工之后、半精加之后用频谱谐波时效的方式取代原来的热时效，以消除材料和加工之后产生的残余应力，提高尺寸精度稳定性，防止变形开裂。



## 五、主要技术指标：

### 1. 功能指标：

- 1) 最大激振力可达 80kN；
- 2) 对工件进行傅里叶频谱分析，找出 5 个谐振频率，2 个备用谐振频率；
- 3) 循环选择频率，同时具备加速度延时保护功能和亚共振频率自动过峰功能；
- 4) 振动参数除激振力调节保证有两个最大振动加速度  $30\sim 70\text{m/s}^2$  值外，其余参数选择由振动设备自动完成；
- 5) 振动频率为 6000rpm 以下，噪音低；
- 6) 设备的软件操作系统：Windows XP。

### 2. 硬件技术指标

- 1) 高速、多通道的 A/D 转换，保证了数据的高速采集和实时处理；

2) 高效、严格的数字信号处理, 无需电机从 1000 转到 10000 转进行全程扫描, 通过频谱分析即可得到相应的峰值, 并可自动确定最佳的振动频率组;

3) 采用高速微处理器作为下位机, 对电机具有高精度的控制能力, 电机稳频精度为:  $\pm 1\text{rpm}$ ;

4) 采用先进稳波控制技术, 电流输出平稳、无电气噪音, 温升大幅度降低, 电机持续运行可靠性和寿命高;

5) 在大偏心、转速通过亚共振峰时, 可以抗击瞬间超过 30A 的过载大电流;

6) 采用电磁屏蔽结构, 防止信号由于外界电磁干扰造成波动、失真的现象;

7) 加速度值由符合国家标准的振动测量仪在  $30\sim 70\text{m/s}^2$  范围内进行校订, 保证振动强度符合国军标《WJ2969-2008》;

双保险: 加装电源滤波器和自主设计的吸收电路模块, 防止工作电源受干扰波动时, 设备造成损伤。

## 六、技术应用情况:

该技术通过包头市产品质量计量检测所的检验。2005 年 6 月, 中国兵器工业集团公司和科技部联合发文(兵科材函【2005】019 号)把频谱谐波时效技术列入集团重点推广项目。2008 年, 国家发展和改革委员会中小企业司、资源节约和环境保护司共同下发“关于开展频谱谐波振动时效技术推广活动”的文件, 支持频谱谐波时效技术的推广应用。

该技术目前已在航空、航天、兵器、船舶、机床、工程机械等一些重要机械制造领域应用, 成为解决国防工业一些制约产品制造难题的关键技术。如: 首都航天机械公司, 成功解决了该公司设计的被称为“中华第一圈”的高强度铝合金圆环件(其直径 5m)机械加工过程中容易产生变形而引起工件精度的超差问题, 攻克了高强度、大直径铝合金构件圆度精度差、尺寸不稳定的技术难题。北京卫星制造厂, 将该技术应用于卫星、飞船等航天器大型铸造镁合金、铝合金零件, 大大提高产品精度的稳定性, 延长产品的贮存周期。

## 七、典型用户及投资效益:

典型用户: 北京卫星制造厂、中国运载火箭研究院 211 厂、北京航空材料研究院、中国兵器集团下属十多个工厂、齐齐哈尔第二机床厂、宝钢集团苏州冶金厂、重庆齿轮箱有限责任公司、阿特拉斯工程机械有限公司、成都普瑞斯数控机床有限公司、天津一机机械有限公司、沈阳诚伟机械制造有限公司、中国人民解放军第 7410 工厂、北京航星机器制造公司、太原矿山机器集团有限公司冶金成套设备分公司、重庆通用工业(集

团) 有限责任公司、长安汽车(集团) 有限责任公司

重庆齿轮箱有限责任公司。建设规模: 热时效的工作量焊接件、铸件共计 35000t。主要改造内容: 新增频谱谐波时效设备 10 台套, 替换原有亚共振设备及退火热时效设备。节能技改投资额 400 万元, 建设期 6 个月。年节电 2660 万 kWh, 折合 9310tce, 年节能经济效益约 1600 万元, 投资回收期 6 个月。

#### **八、推广前景和节能潜力:**

频谱谐波时效技术可广泛应用于各行业的机械制造领域, 节能空间广阔。目前, 我国机械加工行业热时效工件总量约为 3.2 亿 t, 如果采用频谱谐波时效方式替代传统热时效方式, 每年只需消耗 5 万 tce, 使用费用不到 1 亿元。预计 2015 年该技术能推广到 15%, 形成节能能力约 130 万 tce/a。

# 动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术

一、**技术名称：**动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术

二、**适用范围：**煤炭、电力、钢铁、有色金属、石油石化、化工、建材、机械、纺织等行业

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

低压配电网普遍存在功率因数低的问题，而电容器无法对动态无功功率进行补偿，造成电网损耗量大。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

检测采用 FBD 法，控制算法为无差拍电流控制，针对负载需要进行单补无功功率、抑制全部谐波、补偿无功和抑制谐波、抑制某些次谐波、补偿三相不平衡。实时检测电网无功和谐波电流，并输出反向电流以抵消无功和谐波电流。

2. 关键技术

参考电流实时检测技术、逆变器控制技术、可靠性设计。

3. 工艺流程

使用高速 32 位 DSP 作为主控制元件，以新型大功率电力电子开关器件 IGBT 作为 VSI 逆变主电路，采用改进型 FBD 电流检测法、无差拍控制法等先进算法，以及安全、可靠的 IGBT 驱动与保护模块，实现高速、连续的补偿负载所需的无功、谐波、三相不平衡电流，优化输入电网电能的质量。

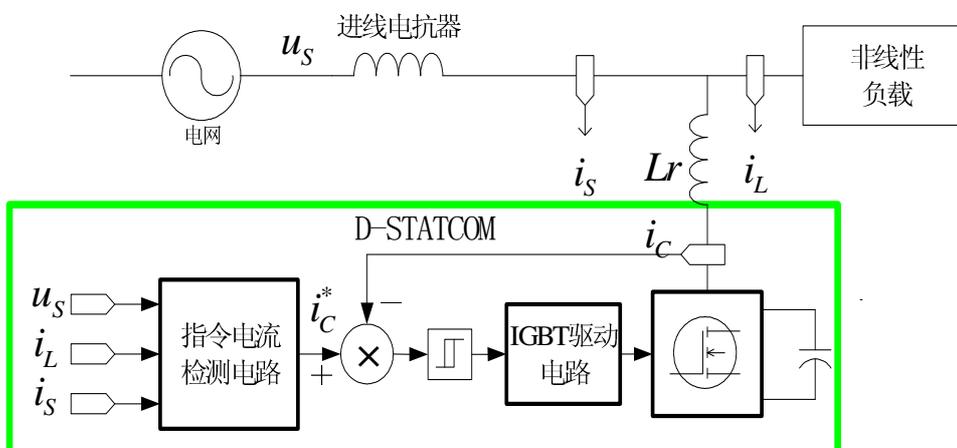


图 1 动态谐波抑制及无功补偿系统工作原理图

## 五、主要技术指标：

在额定范围内功率因数（补偿后）可达 0.96 以上，在额定范围内总谐波畸变率可控制在 6% 以下。

## 六、技术应用情况：

该技术 2009 年已通过湖南省科委、湖南省经委、湖南机械行业管理办公室组织的鉴定。经电力工业、电力设备及仪表质量检测中心检测，符合国家标准要求，达到国内领先水平。该技术已在湖南、广西等省应用。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：广西省钦州市巨龙港务有限公司、广西省钦州市金联达选矿厂、广西省钦州市中南矿业有限公司、广西柳州五菱柳机动力公司、吉林通化供电公司、湖南省长沙市威重化机有限公司

1) 建设规模：3000kVA 变压器 安装 4 台动态谐波抑制及无功补偿设备。主要改造内容：针对中频炉导致的无功和谐波问题，采用动态谐波抑制及无功补偿设备来抑制谐波并提高功率因数。节能技改投资额 160 万元，建设期 1 个月。年节能 255tce，年节能经济效益 29 万元，投资回收期 6 年。

2) 建设规模：630kVA 变压器，安装 1 台动态谐波抑制及无功补偿设备。主要改造内容：针对港口吊装设备导致的动态冲击无功功率，采用动态谐波抑制及无功补偿设备来提高功率因数。节能技改投资额 43 万元，建设期 2 个月。年节能 68tce，年节能经济效益 20 万元，投资回收期 2.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

动态谐波抑制及无功补偿是一种代表未来发展趋势的电能质量综合治理设备，在电力系统、工业企业、市政设施中均可应用，应用领域广阔。动态谐波抑制及无功补偿设备的大规模应用能够在很大程度上解决配网的无功、谐波、三相不平衡等问题，更好避免无功功率造成的配网线损，提高用电效率，节约电能，降低电力公司的营销成本，提高利润水平。预计该技术到 2015 年时能推广到 15%，形成节能能力 5 万 tce/a。

# 控制气氛渗氮工艺节能技术

一、**技术名称：**控制气氛渗氮工艺节能技术

二、**适用范围：**机械行业热处理工艺

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

- 1) 老式氮化炉为耐火砖砌筑，耗电量大，升温速度慢；
- 2) 冷却采用直通，速度慢，时间长；
- 3) 仅输入氨气一种气体，工艺时间长。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

炉膛采用硅酸铝纤维炉衬结构，减少蓄热量，缩短升温时间，降低能耗；向炉内通入其他气体或液体（包括催渗剂），加快渗氮速度，缩短工艺时间；改进冷却系统设计，加快冷却速度，提高工效。

2. 关键技术

- 1) 全纤维炉膛中加热器的固定方法及固定的可靠性；
- 2) 气体或液体输入量和炉罐内工件氮化的气氛可调整性；
- 3) 催渗剂的正确使用；
- 4) 布设进风冷却环形通道，冷却速度可调节。

3. 工艺流程

- 1) 改用硅酸铝纤维炉衬；
- 2) 加热元件的固定；
- 3) 旧炉改造拆除原炉衬；
- 4) 炉内布设进风环形通道；
- 5) 改造氨柜，添置供多种原料输入的供气装置；
- 6) 增加排气点火装置，改善工作环境。

五、**主要技术指标：**

炉温均匀性： $\leq \pm 5^{\circ}\text{C}$

炉温稳定度： $\pm 1^{\circ}\text{C}$

额定工作温度： $650^{\circ}\text{C}$

氮势均匀度： $\leq \pm 0.05\%N_p$

氮势控制精度： $\leq \pm 0.02\%N_p$

渗氮层深范围：0.1-1.2mm

氮化层偏差：≤±8%

## 六、技术应用情况：

该设备经省级专业检测单位检测定为国家级优等品，获两项国家专利。已投入使用的近 1000 多台设备均处于正常运转状态，技术功能齐全，性能先进。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：南京升斗机械工程有限公司、宁波海曙氮化厂、山东时风农用车集团、哈尔滨鑫强实业有限公司、西飞铝业有限公司、合肥锻压集团有限公司、北京人民电器厂

1) 风电行业用齿轮长轴件渗氮及碳氮共渗系统。建设规模：装机容量 800kW，年氮化处理量约 1.2 万 t。主要改造内容：新增 5 台采用该技术的设备，①设备采用硅酸铝纤维炉衬结构；②工艺原料气体或液体经计量输入罐内，气氛由氢探头精确控制，加快渗氮速度；③计算机控制，能完成氮化、软氮化等多种热处理工艺的快速转换。节能技改投资额 500 万元，建设期 4 个月。年节电 81 万 kWh，折合 284tce，综合节能经济效益约 100 万元，投资回收期约 5 个月。

2) 大型曲轴氮化处理系统。建设规模：装机总容量 1200kW，年处理量约为 1 万 t。主要改造内容：新增设备 4 台，改造设备 8 台。其中，增设新型供气系统及氮控系统、拆除原设备炉衬，采用全纤维结构、排气口设置燃烧装置，防止残气直排。节能技改投资额 400 万元，建设期 4 个月。年节电 98 万 kWh，折合 343tce，综合节能经济效益约 115 万元，投资回收期约 3.5 个月。

## 八、推广前景和节能潜力：

该技术是机械行业热处理的必要设备之一。据中国热处理行业协会统计，全国每年约有 150 万 t 需要渗氮处理的零件，需 100kW 的渗氮炉 1.5 万台，目前已采用该技术的渗氮设备占在用设备的 10%左右。以 100kW 设备每年开炉 100 次计算，单台设备可在蓄热，保温，升温环节节能 51100kWh/a，催渗环节节能 48000kWh/a，约折合 34tce/a。按 2015 年推广到 50%测算，形成 25 万 tce/a 的节能能力。

# 螺杆膨胀动力驱动节能技术

**一、技术名称：**螺杆膨胀动力驱动节能技术

**二、适用范围：**工业低品位余热资源回收利用

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

由于我国能源结构的特点，能源没有充分达到梯级利用，能源总体利用率很低，余热资源量大而分布广泛，主要表现在：

1) 现有 50 万台工业锅炉，其中相当部分 6~10t/h 锅炉的额定蒸汽压力为 1.3MPa，由于生产工艺方面的原因，需减温减压运行，造成大量浪费。

2) 大量工业炉窑消耗了大量能源，尤其像水泥行业，企业平均熟料能耗为国外先进水平的 2 倍以上，余热回收率仅为 2%，大量低品位热量被浪费。

3) 石油和化工行业生产工艺中产生的低温低压废热资源得不到合适应用，被白白浪费。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

该技术是一种新型的低品质能源动力机。热流体（蒸汽、热液或汽液两相流体）进入螺杆齿槽，热流体能量推动螺杆转动旋转，齿槽容积增加，流体降压膨胀做功，最后排出，实现能量转换。其功率从主轴阳螺杆输出，驱动发电机发电或驱动负载节电。

2. 关键技术

1) 对做功热介质适应性强，无特殊要求。该技术可同时适用于过热蒸汽、饱和蒸汽、汽液两相和较高温度热水；也适合于高盐分和结垢的介质状态。

2) 对负荷变化和进排汽参数变化，适应性很强。即：允许负荷和参数在大范围内波动变化，而驱动工作效率降幅很小，与设计值接近，并能维持稳定的高效率，运转平稳、安全、可靠。

3. 工艺流程

设备结构如图 1：

工艺流程见图 2：

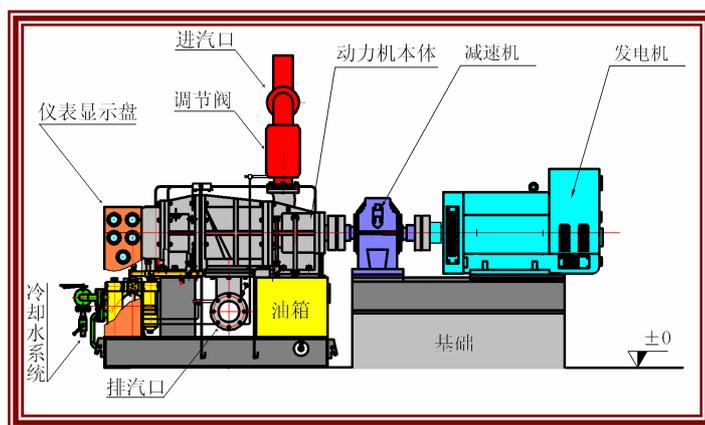


图 1 螺杆膨胀动力机结构简图

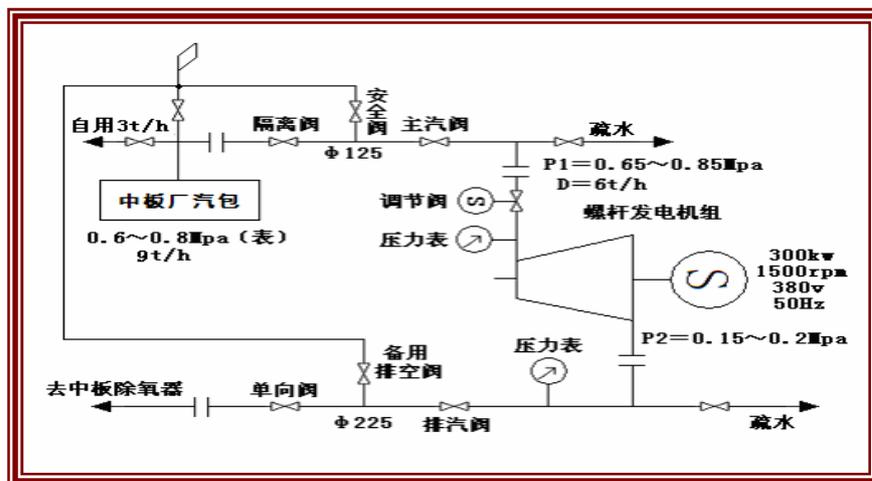


图 2 应用螺杆膨胀机的系统工艺流程图

## 五、主要技术指标：

动力机内功率：65%~80%；

运行功率范围：30%~100%；

进口介质压力：0.3~3.0 MPa；

进口介质温度：120~300℃；

做功介质类型：过热蒸汽、饱和蒸汽、湿蒸汽、热水、含盐污染热源介质和其他化工物质；

机组转速：1000~3000 rpm；

拖动负载：发电机直接发电、其他转动设备，如水泵等；

冷却水要求：流量 $\geq 2$  t/h，无杂质和腐蚀的工业水。

## 六、技术应用情况：

螺杆膨胀动力机已通过了一系列国家级、部委级的技术评审和鉴定，主要包括：

- 1) 国家“八五”科技攻关大试；

- 2) 获江西省科学技术厅“江西省重点新产品技术鉴定证书”;
- 3) 获江西省机械厅“新产品新技术鉴定验收证书”;
- 4) 获第八届中国国际高新技术成果交易会自主知识产权证书;
- 5) 获联合国工业发展机构 2006 年“蓝天奖”提名奖第一名;
- 6) 获国家知识产权局颁发的发明专利证书。

目前, 螺杆膨胀动力机已广泛应用于电力、化工、石油、冶金、轻工、建材、纺织等工业领域, 国内市场产品销售已达 230 多台。

### **七、典型用户及投资效益:**

典型用户: 西藏羊八井、新余钢铁厂、九江电厂、中石油银川炼化厂、广东造纸厂、华能北京、山东胜利发电厂、江苏南通唐闸热电厂、沙湖纸业、江苏天生港发电厂

1) 新钢厚板厂。建设规模: 装机 300kW 加热炉放散蒸汽发电。主要改造内容: 安装 1 台螺杆膨胀动力机, 直接从放散口将蒸汽引入动力机, 蒸汽做功发电。节能技改投资额 260 万元, 建设期 3 个月。年发电 150 万 kWh, 相当于年节能 525tce, 投资回收期 4 年。

2) 国电九江电厂。建设规模: 装机 300kW 锅炉排污水发电项目。主要改造内容: 将排污水经调压后引入动力机, 排污水做功发电后加热冷水利用。节能技改投资额 260 万元, 建设期 3 个月。年发电 170 万 kWh, 供热水 18 万吨, 相当于年节能 2066tce, 投资回收期 1.5 年。

### **八、推广前景和节能潜力:**

目前该技术在各行业都有应用, 但推广比例还较小, 基本在 1% 以下, 预计近几年将得到广泛推广。以钢铁和石化行业为例, 预计到 2015 年可在其余热废热利用中推广到 70%~80%, 形成节能能力约 200 万 tce/a 。

# 大型高参数板壳式换热技术

一、**技术名称：**大型高参数板壳式换热技术

二、**适用范围：**石化行业

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前，以波纹板片作为传热元件的热交换设备代表了换热设备的发展主流方向，愈来愈多的管壳式换热器将被板式换热器或板壳式换热器所替代。现有的板壳式换热器，其板束中截面较大的结构件与较薄的波纹板片传热件之间存在较大的热容差，温度响应速度不一致，由于温度波动大，将产生较大的热膨胀差，因此，在操作时升降温速度必须严格限制。如果非正常开停车，极易造成设备损坏，这种缺陷影响了热交换与热回收设备运行的可靠性，限制了板壳式换热器的使用范围。以80万t/a连续重整装置进料换热器为例：单台设备回收热负荷达 $3.29 \times 10^7 \text{kcal/h}$ ，传统管壳式换热技术已无法胜任。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

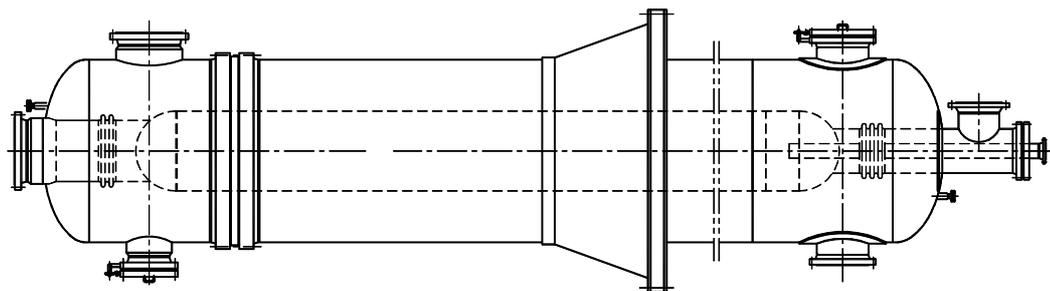
采用波纹板片作为传热元件，全焊接式板束装于压力壳内。波纹板片能在较低的雷诺数下形成湍流，且污垢系数低，传热效率为管壳式换热器的2~3倍。

2. 关键技术

专用板型；板束进料分配器；大尺寸板片成型；板束焊接；热膨胀结构。

3. 工艺流程

在重整、芳烃、乙烯等装置中，高温反应出料与低温反应进料在进料换热器中换热，从而达到回收大量反应热及节能的目的。



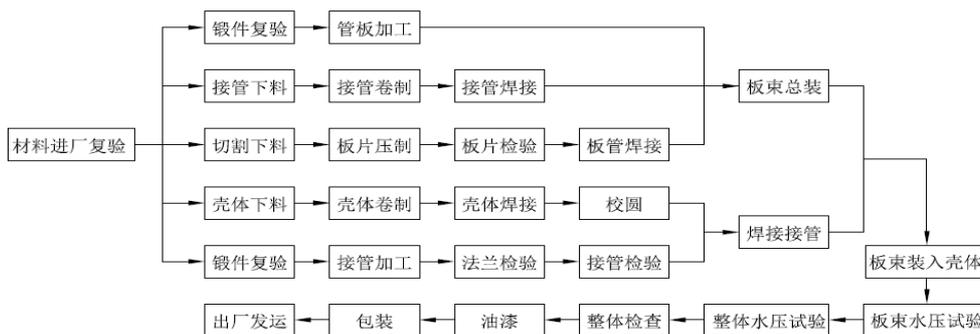


图 2 板壳式换热器工艺流程图

## 五、主要技术指标：

操作压差 $\leq 1.6\text{MPa}$ , 设备总压降 $\leq 71\text{kPa}$ ; 操作温度 $\leq 550^\circ\text{C}$ ; 单台面积  $50\sim 10000\text{m}^2$ 。

## 六、技术应用情况：

$3000\text{m}^2$ 大型板壳式换热器于 2003 年通过专家技术鉴定，鉴定结论达到国际先进水平。 $5000\text{m}^2$ 以上级的超大型板壳式换热器计划于 2009 年通过鉴定。板壳式换热器已应用于乌鲁木齐石化、华北石化、抚顺石化、锦西石化、金陵石化、福建炼化、上海石化、和邦化学有限责任公司等多家石化企业，并外销国际市场。目前已累计实现产量  $15\text{万 m}^2$ 。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：乌鲁木齐石化公司、上海高桥石化公司。

1) 建设规模：40 万 t/a 催化重整装置。主要改造内容：以大型板壳式换热器替代原管壳式换热器。节能技改投资 440 万元，建设期 3 个月。按换热器热负荷  $1.85 \times 10^7\text{kcal/h}$  时计算，每年可节能 21208tce。与同工位管壳式换热器相比，年均可节约燃料油 688t、加热炉操作费用 34 万元、后端空冷器用电量 52.6MWh，折合 1000tce，投资回收期约 2.5 年。

2) 建设规模：80 万 t/a 连续重整装置。主要改造内容：以超大型板壳式换热器替代原管壳式换热器。节能技改投资额 1150 万元，建设期 3 个月。与同工况管壳式换热器相比，年均可节约燃料油 2036t，折合 2900tce，投资回收期约 2 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

近年来，随着国家节能减排政策的日趋严格，迫切需要推出新型高效换热器以满足节能增效及装置大型化的要求。在炼油化工中乙烯、重整、芳烃等装置上，传统管式换热器已无法满足要求，须全部采用板式进出料换热器。与管壳式换热器相比，该技术可将传热效率提高 2~3 倍，多回收 3%~5% 的热量，节省操作费用 30%~50%。应用该

技术生产的国产板壳式换热器可摆脱同工位换热器对进口的依赖。板壳式换热器还可广泛应用于冶金、电力、航天、轻工食品、交通运输、城市建设等领域的热交换场合，市场前景巨大。预计到 2015 年可形成节能能力 75 万 tce/a。

# 高效节能电动机用铸铜转子技术

一、**技术名称：**高效节能电动机用铸铜转子节能技术

二、**适用范围：**通用于 30kW 以下中小型电动机系统

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前我国运行的电动机功率等级主要集中在 0.55~100kW，其中占总运行台数 95% 以上的电动机平均效率为 89.3%。国内电动机能效值比欧美普遍偏低，高效电机尚未普及。而按照国家标准（GB18613），2011 年我国电动机的最低能效标准应提高一个等级，目前电机很难达到这个水平。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

以铸铜转子代替目前广泛使用的铸铝电动机转子，利用铜优异的导电性能，降低电动机损耗，提高效率。

2. 关键技术

纯铜压铸工艺、纯铜压铸模设计、纯铜压铸模具材料。

3. 工艺流程

铜转子模具制造工序、铜及合金熔化工序、铁芯迭片工序、压铸准备工序、压铸成形工序、铸件清理检验工序。

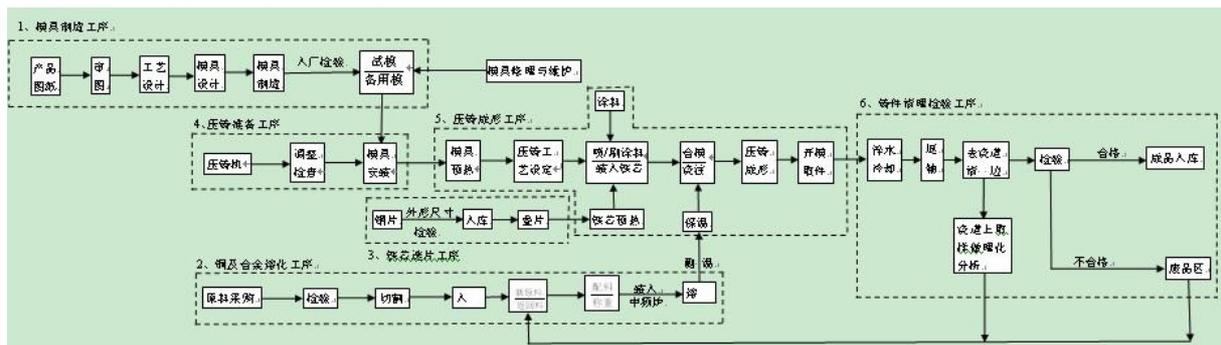


图 1 压铸厂的生产工艺流程图



图 2 各种类型的高效节能铜转子简图

## 五、主要技术指标：

使电动机效率提高 2 个百分点以上。

## 六、技术应用情况：

该产品通过国际 NVLAP 专项测试，能效值达到高效、超高效水平。已与 20 多家电机制造企业及电动机相关企业合作进行小批量试制，并在工业、家电、航空、航海、军事、混合动力汽车等领域的样机试制取得成功。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：CRANE（克瑞）航空、CDA（美国）、NORD（诺德）传动、西门子电机、KINGDOM（高崎）电机（台湾）、TECO（东元）电机（台湾）、佳木斯电机、南阳防爆电机、湘潭电机、河北电机、上海日立（HITACHI）、总装备部（军工）。

1) 建设规模：改造 100 台各种规格电机。节能技改投资额 30 万元，建设期 40 天。每台电机每年可节电 1837kWh，100 台电机每年总节电量 18.37 万 kWh，折合 64tce。电价按 0.68 元/kWh 计算，每年可节约电费 12.5 万元，投资回收期 3 年。

2) 建设规模：年产 40000 台采用新型铸铜转子空调压缩机，主要改造内容：500W 空调压缩机转子部分，用铸铜转子替换原来的铸铝转子，提高效率 4~5 个百分点，将所配套空调能效值从 4 级提高到 1 级。节能技改投资额 2420 万元，建设期半年。铸铜转子空调比铸铝转子空调节电 19%，每台空调每年可节约用电 150kWh，则 40000 台空调每年可节约电量 600 万 kWh，折合 2100tce。电价按 0.68 元/kWh 计算，每年可节约电费 408 万元，投资回收期 6 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

目前已研发生产了 40 个规格的铸铜转子，使电动机效率提高 2~7 个百分点。计划在“十一五”期间建成年产 100 万台铸铜转子的生产线，如果届时所有产品都投入使用，则每年可节电 18.37 亿 kWh，形成节能能力约 65 万 tce/a。

# 稀土永磁无铁芯电机节能技术

**一、技术名称：**稀土永磁无铁芯电机节能技术

**二、适用范围：**通用于中小型电动机及发电机系统

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

正在服役的各类中、小型电动机所消耗的电能占我国电网总供电量的 60%~70%，是第一耗电大户。传统电机在低负载时效率和功率因数很低，实际使用中大马拉小车现象非常严重，电机大多数处于低负荷状态，系统运行效率比国外低 20%~30%，电力浪费惊人。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

转子上安装永磁体磁极形成磁场，没有励磁绕组，无需励磁电流，励磁损耗为零，节约铜材；电枢绕组用高分子材料精密压铸成型工艺固定在定子上，实现电机无铁芯化，铁损为零，提高效率，节约硅钢片；采用轴向磁场结构，磁场垂直分布度好，通电的电枢绕组切割永磁材料形成的磁力线产生力矩，使电机旋转，实现电能和机械能的转换。比传统电机的径向磁通结构磁能利用率好，单位功率密度高；采用智能变频技术，配备新型智能逆变器，可以实现从零到额定转速的高效、无级调速，调速范围宽，精度高。

2. 关键技术

采用轴向磁场结构设计，大幅度提高功率密度和转矩体积比；采用新型绕制工艺和高分子复合材料高压精密压铸成型工艺，有效降低绕组铜损；不使用硅钢片作为定、转子铁芯材料，减少了磁阻尼，降低了驱动功率，减少了铁损发热源。结合自主研发的电子智能变频技术，使电机系统在宽负载范围效率大大提高。

3. 工艺流程

永磁无铁芯电机的生产工艺流程见图 1。

**五、主要技术指标：**

功率：1.1~11kW，转速 1500r/min、3000r/min、6000r/min 等

效率：30%以上额定负载不低于 75%，50%以上额定负载不低于 85%，额定点不低于传统高效节能电机

功率因数：30%以上额定负载不低于 0.85，50%以上额定负载不低于 0.95。

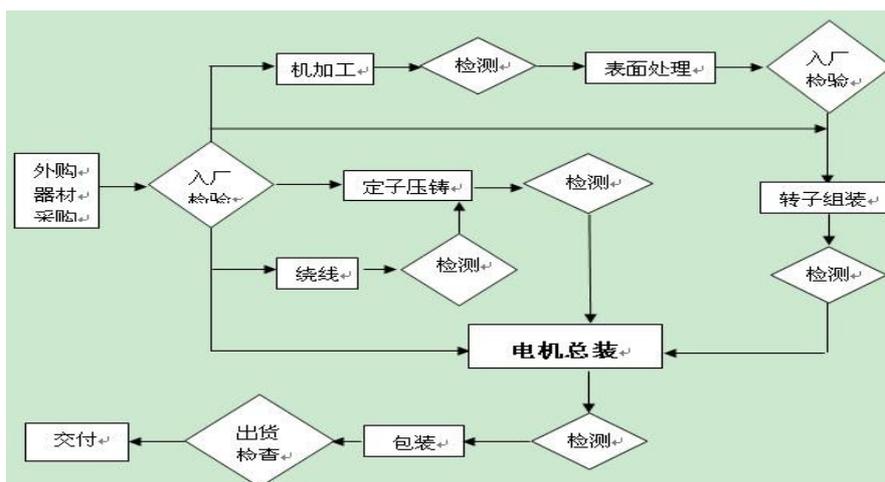


图 1 稀土永磁无铁芯电机生产流程图

## 六、技术应用情况：

2009 年，国家中小电机质量监督检验中心对该设备进行了性能检验；同年，通过国家发展和改革委员会组织的专家鉴定论证。

工业锯床应用表明，与异步电机加齿轮箱系统相比，系统节能 30%~80%以上；工业精密铣床对比表明系统节能 30%以上；工业台钻表明系统节能 50%以上。采用稀土永磁无铁芯电机的柴油电站，同等输出功率条件下，油耗降低约 40%。与传统电机系统相比还可节约钢材 50%左右，节约 100%硅钢片，节约铜材 50%。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：解放军后勤总部、浙江晨雕机械有限公司

建设规模：工业锯床用稀土永磁无铁芯电机。主要改造内容：永磁无铁芯电机和智能驱动器替代原有减速箱、皮带轮等。每台锯床技改投资约 6000 元，建设期 1 年。每台年节能 1.7tce，投资回收期约 4.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

预计 2015 年该技术可推广至 5%，形成约 30 万 tce/a 的节能能力。

# 汽车混合动力技术

**一、技术名称：**汽车混合动力技术

**二、适用范围：**汽车行业混合动力汽车

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

我国汽车每百公里平均油耗比发达国家高 20% 以上，其中轿车油耗比日本高 20%~25%，比欧洲高 10%~15%，比美国高 5%~20%。我国目前的汽车保有量已超过 3000 万辆，且增长迅速，由此造成的能源消耗和环境污染日益严重。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

1) 再生制动能量回收：汽车制动时电动机工作处于发电机模式，将车辆的行驶动能转换成电能储存于电池中，将传统机械制动器消耗掉的部分能量进行回收；

2) 消除怠速工况：电动机作为起动电机，使发动机可以在停车期间和减速滑行期间关闭，消除了怠速工况，节省了燃油；

3) 减小发动机排量：由于电动机的助力作用，在保证同样动力性的情况下，可以减小发动机的排量；

4) 对发动机本体进行重新优化设计，针对混合动力的工作特性对发动机进、排气系统进行优化，设计开发出具有高效率的混合动力专用发动机；

5) 通过整车控制策略的优化匹配设计，使发动机运行在高效率低排放的区域。

## 2. 关键技术

多能源动力总成控制技术、专用发动机及其控制技术、ISG 电机及其控制技术、电池组及能量管理系统技术、混合动力变速器技术、CAN 总线通讯技术等。

## 3. 工艺流程

与传统发动机相比，发动机的装配工艺流程增加了 ISG 电机的装配环节。

具体见图 1。

整车焊接及涂装与传统车基本相近。与传统车相比，总装生产线增加了电池、IPU、DCDC 及散热系统安装，动力线束安装，混动系统自检查等工序。

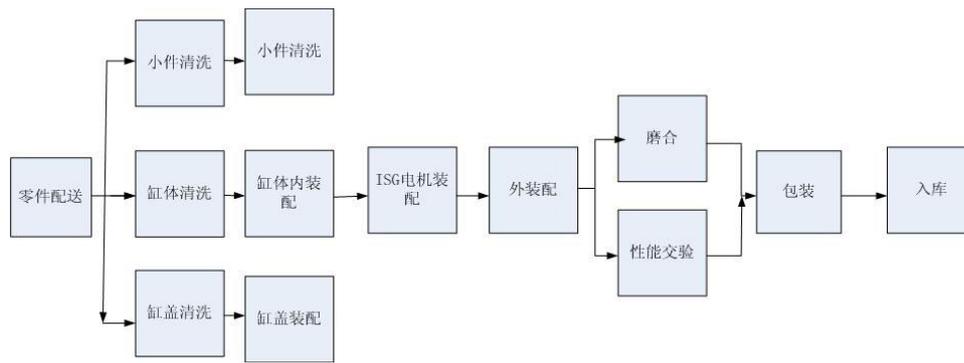


图 1 混合动力汽车发动机的装配工艺流程

## 五、主要技术指标：

动力性：最高车速大于 160km/h；

经济性：弱混合动力节油 5%以上，中混合动力节油 20%以上，强混合动力节油 35%以上；

排放：达到国IV排放标准。

## 六、技术应用情况：

通过国家公告认证，目前已应用在长安汽车、奇瑞汽车和一汽汽车等。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：长安汽车、奇瑞汽车、一汽汽车

长安汽车股份有限公司。建设规模：形成年产 30000 台长安混合动力系列车能力。主要技改内容：建设混合动力汽车生产线，建立混合动力系列车的配套体系。节能技改投资额 9485 万元，建设期 2 年期。按年产 3 万辆，每辆车每年运行 3 万公里，百公里节油 20%（即 1.7 升）计算，每辆车每年节油 510 升，折合 0.71tce/车·年，每年可节约费用 3570 元/车。按年销售 1 万辆，每辆车利润 0.3 万元计算，投资回收期 3.16 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

2010 年，我国混合动力汽车的产量将超过 4.5 万辆，其中混合动力轿车 4 万辆，产值超过 60 亿元；混合动力客车 5000 辆，产值 25 亿元。混合动力汽车的潜在客户包括公务用车、出租车、私人用户等。到 2015 年，预计混合动力汽车可推广至 300 万辆，形成节能能力 210 万 tce/a。

# 纯电动汽车动力总成系统技术

一、**技术名称：**纯电动汽车动力总成系统技术

二、**适用范围：**汽车行业纯电动汽车

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

纯电动汽车主要应用于城市交通系统，目前我国城市的能源消耗有 1/3 左右用于交通系统，而城市工况是汽车能耗最高的工况。传统 1.6L 排量汽车的百公里城市油耗在 8~12L 左右，公交车的百公里能耗更是高达 50L 以上。全国汽车能量消耗原油超过 8000 万 t，其中约一半消耗在城市交通系统。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

通过高效电驱动系统取代传统内燃机动力系统，有车载储能元件提供能量，从电网补充能量替代汽油、柴油。

2. 关键技术

电驱动动力系统开发技术、储能元件及其组件应用技术、整车动力总成匹配技术。

3. 工艺流程

动力总成系统关键工艺流程包括电池制造工艺过程、动力总成制造工艺过程以及整车制造工艺过程。分别描述如下：

1) 锂离子动力电池制造工艺过程见图 1。

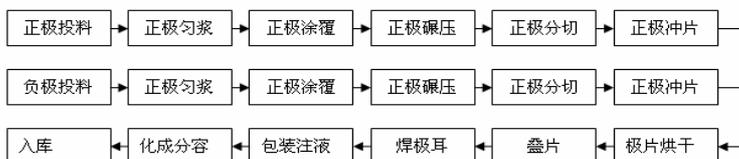


图 1 锂离子动力电池制造工艺流程图

2) 纯电动动力总成系统装配工艺过程见图 2。

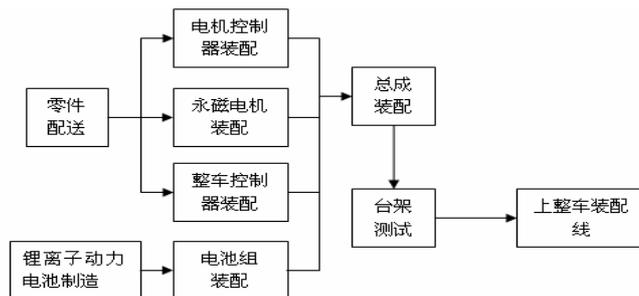


图 2 纯电动动力总成系统装配工艺流程图

3) 纯电动汽车制造工艺过程见图 3。

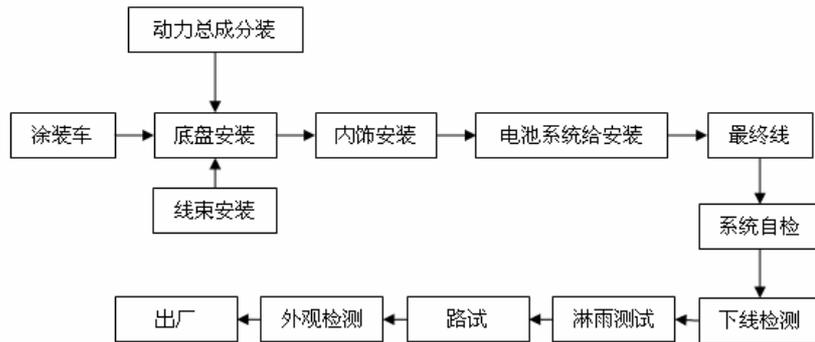


图 3 纯电动汽车制造工艺流程图

## 五、主要技术指标：

百公里能耗（城市工况） $< 12\text{kWh}$ ；

车辆最高车速  $> 80 \text{ km/h}$ ；

平均故障里程  $> 5000 \text{ km}$ ； 使用寿命  $> 10$  年。

## 六、技术应用情况：

该技术通过国家科技部组织的验收和成果鉴定。863 计划设计电动汽车专项、节能与新能源汽车重大项目设立纯电动汽车动力总成系统专项近 30 项。

目前，国内累计有近 500 余辆纯电动轿车和公交车在运行。科技部等四部委组织的“十城千辆”项目包含 10000 辆左右的纯电动汽车应用计划。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：国家电网累计 30 多个城市电力局，如杭州、天津、济南、常州、南京等。北京市公交公司、杭州公交公司、上海公交公司。

1) 国家电网内部用车。建设规模：1972 辆（计划）纯电动巡检车和服务车。主要技改内容：更换发动机系统、燃油系统和车辆辅助系统（空调、转向以及制动）为电驱动系统。每辆车改造投资费 10 万元，投资总额 19720 万元，建设期 2 年。以每辆车年均行驶 2 万公里核算，1972 辆车每年可节约 2816tce，每年汽油总消耗 473.28 万 L，费用 3171 万元，除去 10% 左右的用电费用，年节能经济效益达到 2895 万元，投资回收期 6.8 年。

2) 杭州公交公司。建设规模：100 辆纯电动公交车。主要技改内容：更换发动机系统、燃油系统和车辆辅助系统（空调、转向以及制动）为电驱动系统。节能技改投资额 4000 万元，建设期 1 年。以每辆车年均行驶 6 万公里核算，100 辆车每年节约 143tce，

年节能经济效益 1567 万元，投资回收期 2.55 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

“纯电驱动”技术已成为汽车产业发展转型的重要措施，推广应用前景良好。全国近 20 万辆公交车、80 万辆城市出租车以及绝大部分轿车市场均可被纯电动轿车占领。预计到 2015 年，可推广到当年乘用车产量的 10%，形成节能能力 210 万 tce/a。

# 温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术

一、**技术名称：**温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术

二、**适用范围：**交通行业沥青路面的建设和养护

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前用于沥青路面建设和维修养护的材料中 95% 以上为热拌沥青混合料，施工时热拌沥青混合料的温度一般在 160~180℃ 以上，不仅需要消耗大量的加热燃油（每 t 沥青混合料需消耗 7~8kg 燃油），而且会产生大量的温室气体（二氧化碳、二氧化硫、氧化氮等）和沥青烟等有害、有毒气体。

近几年，我国每年热拌沥青混合料的用量约为 2.5 亿 t，每年消耗燃料油 175~200 万 t，折合 237~270 万 tce。

四、**技术内容：**

## 1. 技术原理

通过在沥青混合料的拌和过程中加入温拌添加剂等技术手段降低沥青结合料的粘度，从而实现沥青混合料在较低的温度（110~130℃）下进行拌和并压实成型。目前，基于表面活性剂的温拌沥青技术是最常用的一种温拌方式，由于表面活性剂型的温拌添加剂的加入，在温拌沥青内部形成许多细小的液态微粒，这些液态微粒起到润滑作用，从而降低了沥青混合料的粘滞度，提高了沥青混合料的和易性及可压实性能。与热拌沥青混合料相比，在不降低沥青混合料性能的前提下，温拌沥青混合料的拌和温度一般可降低 40~60℃，从而降低拌和过程中的燃料油消耗，一般可节能燃料油 20%~30%；降低拌和、运输和摊铺过程中有害、有毒气体排放的减少，二氧化碳和沥青烟的排放可分别下降 50% 和 80% 以上。

## 2. 关键技术

温拌沥青混合料设计技术，温拌沥青混合料施工技术，温拌添加剂技术。

## 3. 工艺流程

表面活性剂法温拌沥青混合料生产工艺流程：用温拌表面活性剂配制一定浓度的水溶液，然后在沥青和集料拌和过程中喷入该溶液，经充分搅拌后生产出温拌混合料。以出料温度为 120℃ 的温拌沥青混合料为例，其拌和工艺为：①在拌和锅中将约 135℃ 的热集料干拌，②在 130℃ 左右的沥青开始喷出后随即喷出 50℃ 左右的表面活性剂水溶

液，③充分拌和生产出 120℃左右的温拌混合料。

工艺流程见图 1，温拌表面活性剂溶液添加设备示意图见图 2。

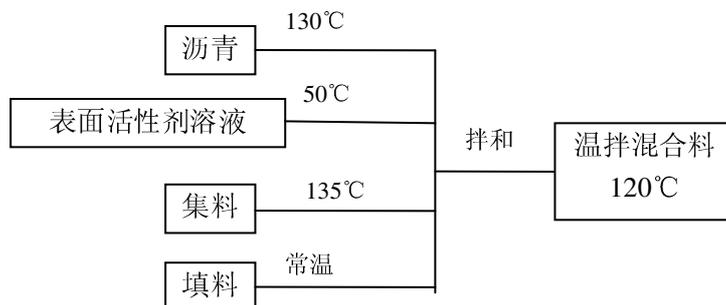


图 1 温拌沥青混合料工艺流程

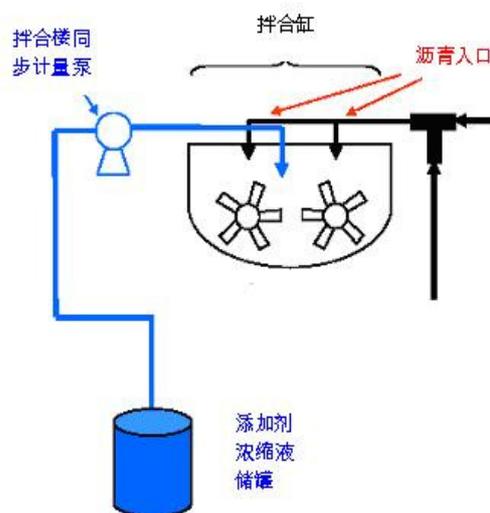


图 2 表面活性剂溶液添加设备示意图

## 五、主要技术指标：

在保持同类型热拌沥青混合料良好性能的前提下，温拌沥青技术可降低施工温度 40~60℃，节省加热燃油 20%~30%（每 t 沥青节省 1.5~2.0kg 混合料），减少温室气体（二氧化碳等）排放 50%以上，减少沥青烟等有毒气体排放 80%以上。

## 六、技术应用情况：

温拌沥青技术是由多家单位依托交通部西部科技项目，共同研究开发的高节能、低排放的低碳铺路技术，是路面铺筑技术的重大创新。温拌沥青技术已在北京、上海、河北、江苏、青海等多个省市的 60 多条包括高速公路及城市快速路在内的道路上得到应用。继在 2008 北京奥运工程成功应用后，温拌沥青技术再次在六十周年大庆的长安街路面大修工程中得到应用。上海崇明岛越江隧道工程、世博工程等重大项目中也应用了

温拌沥青技术。

## **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：北京市公联公司、首发高速公路公司，上海场道建设公司

1) 北京市公联公司、首发高速公路公司等。建设规模：2009 年使用温拌沥青混合料近 20 万 t，工程包括：六十周年大庆长安街路面大修工程、八达岭高速大修罩面工程、京沈高速大修罩面工程、京承高速隧道道面铺装工程、京包高速隧道道面铺装工程等。主要技改内容：沥青混合料搅拌设备安装温拌添加剂喷淋装置。节能技改总投资额约 20 万元，节约 350~400t 加热燃料油，相当于节煤 473~541tce。如果每 t 燃料油按 4500 元计，节能经济效益约 158~180 万元。

2) 上海场道建设公司。建设规模：2009 年使用温拌沥青混合料 10 多万 t，工程包括：高架路罩面工程、崇明岛越江隧道工程、世博工程。主要技改内容：沥青混合料搅拌设备安装温拌添加剂喷淋装置。节能技改投资额约 10 万元，节约加热燃料油 175~200t，相当于节煤 237~270tce。如果每 t 燃料油按 4500 元计，节能经济效益达 79~90 万元。

## **八、推广前景和节能潜力：**

预计到 2015 年，可在公路、隧道、桥梁的沥青搅拌工序推广约 60%，每年节约 23~30 万 t 加热燃料油，折合 30~40 万 t 标准煤。

# 基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术

**一、技术名称：**基于吸收式换热的新型热电联产集中供热技术

**二、适用范围：**供热行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前全国北方地区总采暖供热建筑面积约 80 亿  $m^2$ ，每年能耗 1.8 亿 tce，占全国总能耗的 7%，占全国城市建筑能耗的 40%。其中，热电联产集中供热面积超过 45 亿  $m^2$ ，热电联产供热量约占北方集中供热量的一半以上。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

基于吸收式换热的新型热电联产集中供热系统主要由 4 个环节构成。第 1 个环节即吸收式换热环节是放热过程，实现了一次热网的低温回水；第 2、3 环节分步回收汽轮机排汽余热；同时，使回水加热过程实现了梯级升温。根据不同集中供热系统运行参数的差异，循环中第 2、3 环节也可以只保留其中之一。第 4 环节，在对热负荷进行调峰的同时，可保证吸收式换热环节必要的热网供水温度。

## 2. 关键技术

- 1) 设置于热力站的吸收式换热机组，代替常规水水换热器，实现一次网低温回水。
- 2) 在热电厂内设置电厂余热回收专用吸收式热泵机组，代替常规的汽水换热器，回收凝汽器乏汽余热。

## 3. 工艺流程

基于吸收式换热的新型热电联产集中供热系统整体工艺流程如图 1 所示。

设置于各小区热力站的吸收式换热机组与设置于热电厂供热首站的电厂余热回收专用热泵机组通过一次供热管网连接，一次网供水经各小区热力站的吸收式换热机组后降低至 20℃左右返回电厂首站，再被电厂余热回收专用热泵机组梯级加热至 130℃后供出，如此循环，同时消耗汽轮机采暖抽汽热量，回收汽轮机凝汽器乏汽余热。

**五、主要技术指标：**

- 1) 充分回收电厂余热，提高热电厂供热能力 30%以上；
- 2) 大幅降低热电联产热源综合供热能耗 40%；
- 3) 可将既有管网输送能力 80%，降低新建管网投资 30%以上；（在城市核心区域，

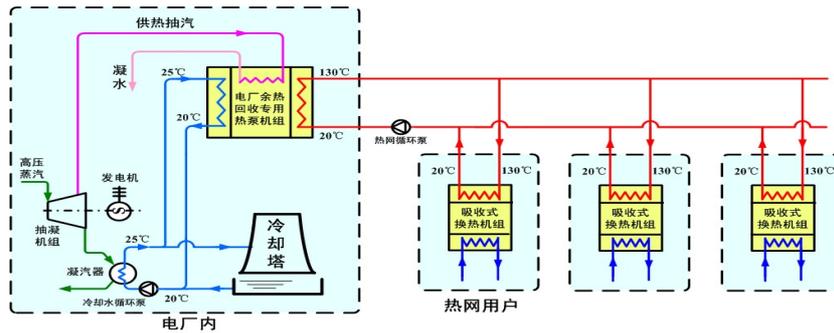


图 1 基于吸收式换热的新型热电联产集中供热系统工艺流程图

热负荷快速增长的同时，地下空间资源基本用尽，供回水大温差运行避免破路施工，成为管网扩容唯一解决方案)

4. 用户二次网运行参数不变，热力站工程改造量小，利于快速大规模推广。

## 六、技术应用情况：

2009 年通过内蒙古自治区科学技术厅组织的鉴定。鉴定意见认为该技术是我国热电联产集中供热领域的一项重大原始创新，项目成果总体达到了国际领先水平。目前，该技术已在内蒙赤峰市、山东嘉祥县和河北保定市等地实施了示范工程。示范工程运行结果表明，设备及系统的运行参数均达到设计要求。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：北京市热力集团、北京京能热电股份有限公司、北京京能太阳宫燃气热电股份有限公司、北京市郑常庄燃气热电厂、赤峰富龙热电股份有限公司、大唐保定热电厂、大唐保定热力公司

建设规模：供热面积 20 万  $m^2$ 。主要改造内容：安装电厂余热回收专用热泵机组一套；改造热力站一座，安装吸收式换热机组 2 台；建设热电厂至热力站热力供回水管线一条。节能技改投资额 450 万元，建设期 5 个月。每年可节能 2056tce，取得节能经济效益 165 万元，投资回收期 3 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

本技术不仅可以大幅度降低现有供热系统能耗和运行成本，还能有效推动热电联产集中供热系统的进一步普及，并为未来核电站实现远距离供热创造条件。预计到 2015 年该技术能推广到 20%（新增供暖面积），形成 20 万 tce/a 的节能能力。

# 供热系统智能控制节能改造技术

**一、技术名称：**供热系统智能控制节能改造技术

**二、适用范围：**供热行业

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

目前全国北方地区总采暖供热建筑面积约 80 亿  $m^2$ ，每年能耗 1.8 亿 tce，占全国总能耗的 7%，占全国城市建筑能耗的 40%。其中，热电联产集中供热面积超过 45 亿  $m^2$ ，热电联产供热量约占北方集中供热量的一半以上。随着人们生活水平的提高，我国集中供暖区域正在逐渐南移，每年新增供暖面积超过 1 亿  $m^2$ 。目前，我国供热能耗普遍较高，技术比较落后。供热系统中普遍采用静态平衡阀来实现供热管网的水力平衡，但实际运行状况和设计状况出入很大，造成部分区域水力调节失调。为了保证最不利端用户的供热要求，普遍采取“大流量、小温差”的办法，增大热网管径，增大循环泵流量，在系统末端加装增压泵，从而导致热能和电能的大量浪费。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

该技术主要针对目前供热领域中普通存在的水力失调问题，设计一套智能阀门，以有效解耦复杂的供热网管系统，某个阀门的调节不会影响其它阀门，使得每个阀门控制的支路按用户需求输送合适的热量，通过确保管路的热量平衡达到节能目的。在确保各管路的流量按需分配之后，为进一步节能，还集成了列入智能变频技术，保证水泵的频率跟随管路阻力的变化而变化，彻底摆脱传统的顶压供水变频技术。在此基础上，该技术还整合了物联网和 EAOC（能效分析与运行优化控制）技术，把智能阀门打造成一个通用的物联网结点，把阀门控制的建筑所消耗的能量数据以及管道内的流动数据发送到控制中心，帮助管理人员分析系统的节能量。

## 2. 关键技术

该技术属于跨学科的集成技术。关键技术为智能温控平衡技术、智能变频技术、无线传感技术和 EAOC 技术。

## 3. 工艺流程

供热系统智能控制的工艺流程见图 1、图 2。

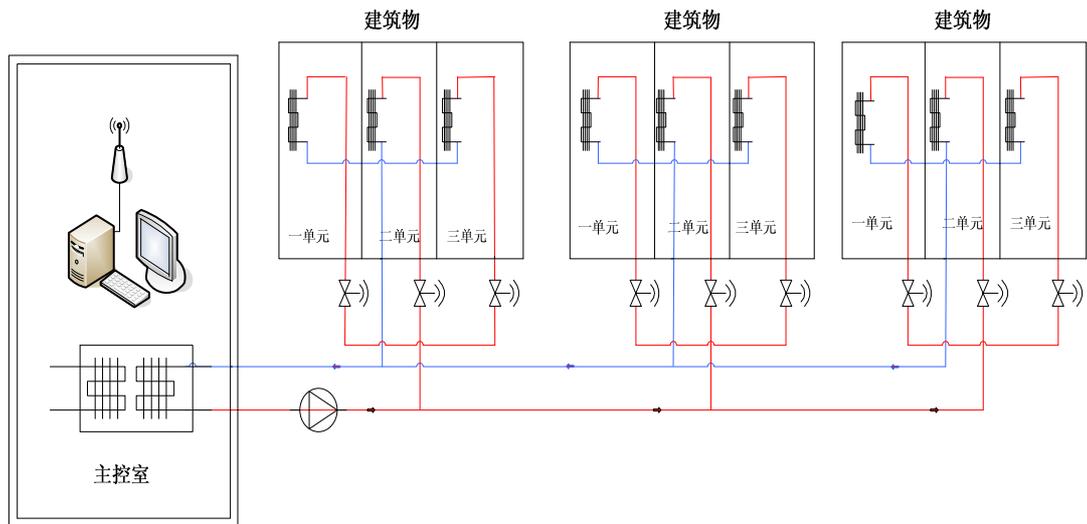


图 1 供热系统智能控制技术工艺流程图

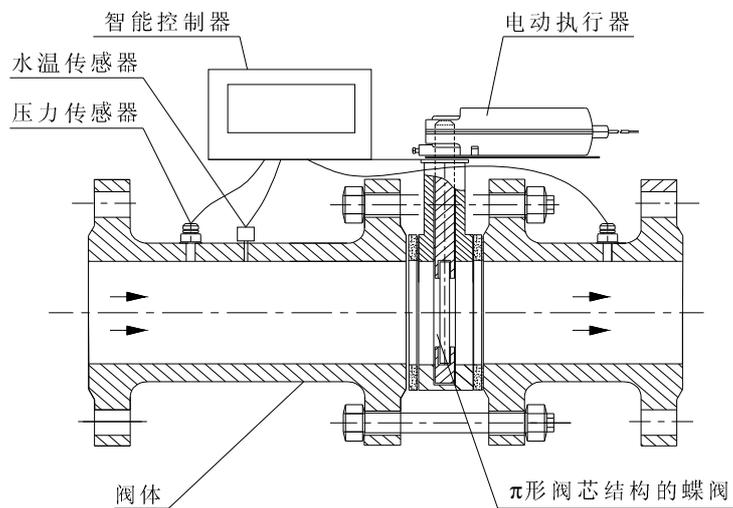


图 2 智能型动态平衡控制阀结构示意图

### 五、主要技术指标：

- 1) 与典型供热系统相比，节热量可达 10%~30%（与现有建筑的供热技术有关）；
- 2) 与典型供热系统相比，节电量可达 20%~50%（与循环水泵现有的变频策略有关）；
- 3) 从运行角度讲，可以彻底消除集中供热管网内的水力失调现象。

### 六、技术应用情况：

该技术是浙江省重大科技专项成果，已成功进行了产业化，先后用于新疆昌吉、新疆克拉玛依、陕西西安以及内蒙古呼伦贝尔等大型供热项目。

由于中央空调系统与集中供热系统有极大相似性，该技术在中央空调领域也进行了

推广，如武广铁路线的 13 个沿线站点（包括武汉站和广州站）都采用了该技术或其中的关键设备。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：

1) 集中供热：新疆昌吉供热、新疆克拉玛依供热、陕西西安供热以及内蒙古呼伦贝尔供热；

2) 中央空调：武广铁路线的 13 个沿线站点、杭州大剧院、合肥中心医院、泉州行政中心、杭州海关、宁波卷烟厂等

陕西西安某小区供热。建设规模：小区 42 栋建筑，总供热面积为 13.8 万  $m^2$ ，总设计供热量为 8394kW。主要改造内容：小区采用供热智能系统。节能技改投资额 90 万元。按照供热季 120 天，改造后的节能量为 10% 计算，一个供热季可节能 800tce，取得节能经济效益 65 万元，投资回收期 1.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

目前全国北方地区总采暖供热建筑面积约 80 亿  $m^2$ ，其中热电联产集中供热面积超过 45 亿  $m^2$ ，每年新增的供暖面积超过 1 亿  $m^2$ 。此外，我国目前还有 53 亿  $m^2$  的公共建筑，50% 以上都安装了中央空调系统，该技术也可用于中央空调系统的节能，技术推广应用的前景广阔。

通常，我国北方集中供热的能耗在 60~120kWh/( $m^2$  a)，公共建筑的中央空调能耗在 10~50kWh/( $m^2$  a)。按 2015 年推广到 10% 计算（新增供暖面积），节能能力可达 6 万 tce/a。

# 夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术

**一、技术名称：**夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术

**二、适用范围：**建筑行业新建建筑（六层及六层以下）

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

我国建筑建造和使用中能源消耗高，污染严重，单位建筑面积能耗比气候条件相近的发达国家高 2~3 倍，由建筑供暖造成的空气污染高 2~5 倍。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

将聚苯泡沫板两侧用钢丝网固定，形成网架板，在工厂预制成型，作为结构受力骨架夹在墙体中间，施工中两侧浇注混凝土形成剪力墙。该体系可基本实现结构与保温体系同寿命。

2. 关键技术

夹芯复合混凝土剪力墙是集结构与保温于一体的新型剪力墙结构体系，适用于六层和六层以下的住宅建筑。其中低层住宅建设结合喷射混凝土施工技术，具有施工速度快、抗震性能好、节能效果明显及保温层维护维修期长等特点，特别适用于新农村建设。

3. 工艺流程

见下图。

**五、主要技术指标：**

体系保温隔热达到 65% 以上，抗震性能比砖混结构提高 2~3 个抗震等级，室内实际使用面积较砖混结构住宅增加 5%~8%。

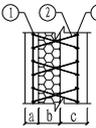
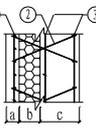
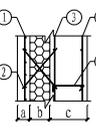
**六、技术应用情况：**

该技术已通过建设部鉴定，鉴定意见为“综合技术达国际先进水平”。此外，该技术还被列入“国家康居示范工程选用部品”、“全国建设行业科技成果推广项目”；荣获科技部颁发的“金桥奖”、河北省科学技术发明奖等多项荣誉奖项；获得 19 项国家专利。该技术已在全国 15 个省市推广应用，完成 200 多万 m<sup>2</sup> 建筑面积的工程，在建和正在设计的工程建筑面积超过 400 万 m<sup>2</sup>。

**七、典型用户及投资效益：**

典型用户：泰安奥林匹克花园、淄博天府名城小区、淄博临淄方正太公苑

夹芯复合轻型墙板构造详表

型 号	I 型夹芯复合墙板	II 型夹芯复合墙板	III 型夹芯复合墙板	
主要适用范围	多层	36m 以下小高层	36m 以上高层	
	夹芯复合建筑结构体系		夹芯复合保温技术	
简 图				
构 造 说 明	混凝土层 a (mm)	现浇时 50 mm 厚，预制或喷射时 40 mm 厚		
	保温板 b (mm)	EPS、XPS、聚氨酯板等，厚度根据节能标准确定		
	现浇混凝土层 c (mm)	100	$140 \leq c \leq 160$	$c > 160$
	钢筋焊接网 ①	双向 $\phi 3@50$ (外保护层为 30 mm)		
	斜向焊接腹筋 ②	$\phi 3$ , 200 个/m <sup>2</sup>	$\phi 3.5$ , 100 个/m <sup>2</sup>	根据焊网规格确定
	钢筋焊接网 ③	双向 $\phi 4@50$ (外保护层为 35 mm)	双层双向 $\phi 5@100$ (保护层均为 25 mm)	双向 $\phi 8@150/200$ (保护层为 25 mm)
	钢筋焊接网 ④	无		双向 $\phi 8@150/200$ (外保护层为 25 mm)
	绑扎水平拉筋 ⑤			设计确定
CL 网架板生产	完全工厂化生产		钢筋 ④ ⑤ 现场安装	

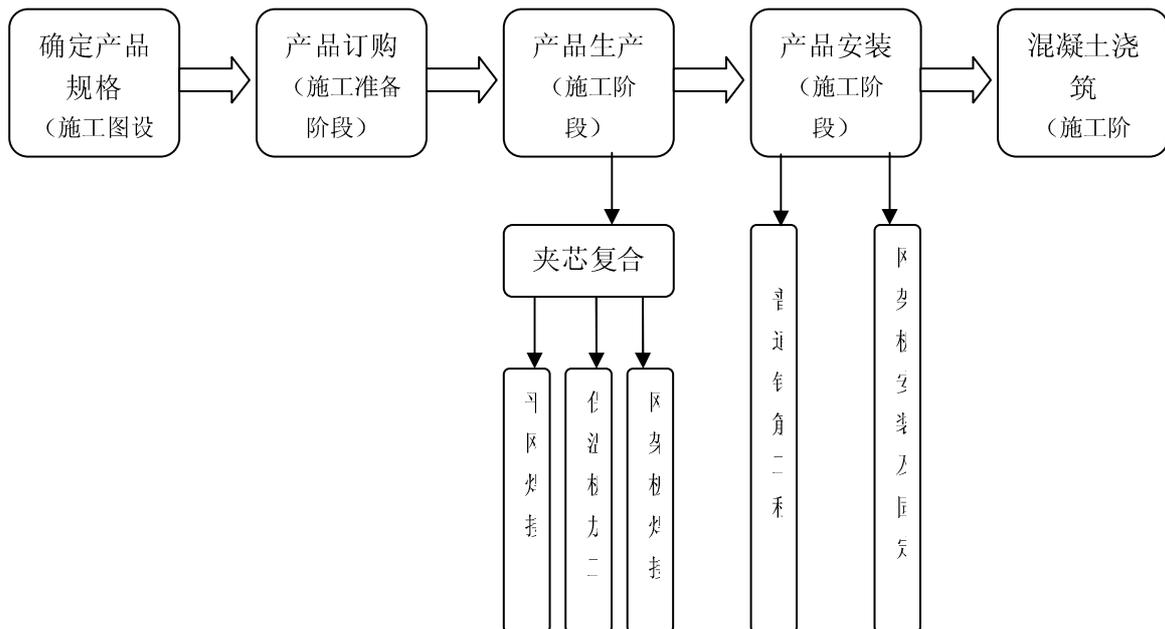


图 2 夹芯复合轻型结构体系工艺流程

建设规模：年产 60 万 m<sup>2</sup>夹芯复合轻型网架板基地，可建设 100 万 m<sup>2</sup>节能省地型住宅。项目总投资 4800 万元，建设期 12 个月。年节能 10000tce，投资回收期 6 年。

#### **八、推广前景和节能潜力：**

由于夹芯复合轻型建筑体系将节能技术措施融于建筑物主体结构之中，并使其与建筑物同寿命且造价偏低，解决了采用外墙粘贴、外挂产生的裂缝、渗漏、空鼓、脱落等隐患和寿命短的问题，并集保温、抗震、环保、施工周期短、造价低等优点于一身，是替代砖混结构的最佳体系，具有很大的推广潜力。预计到 2015 年，可形成约 100 万 tce/a 的节能能力。

# 炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

**一、技术名称：**炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

**二、适用范围：**化工行业炭黑生产

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

炭黑生成反应后的烟气温度的约 1050℃，而炭黑收集滤袋的可承受温度约为 280℃，烟气余热利用的空间较大。原有炭黑生产过程采用 650℃空气预热器，回收 750~530℃区间烟气余热以加热助燃空气，而 1050~750℃和 530~350℃温度区间则采用喷水降温，不仅余热未得到充分利用，而且浪费了大量宝贵的水资源，同时加大了后部设备负荷和酸雾腐蚀，降低了炭黑尾气热值，不利于其综合利用。

**四、技术内容：**

## 1. 技术原理

采用 850℃空气预热器回收高温烟气余热，回收烟气温度的区间为 950~630℃。因空气预热器烟气出口温度较高，同时配套余热锅炉回收中温烟气余热，回收烟气温度的区间为 600~350℃，可使有效余热利用率从 33.8%提高到 87.6%。提高助燃空气温度可减少燃料消耗，提高装置产能，增设余热锅炉所产蒸汽可满足炭黑装置用汽需求，减少燃煤消耗。

## 2. 关键技术

炭黑烟气的特点是，生成反应终止后的烟气温度仍高达 1000℃，烟气中含有 H<sub>2</sub>、CO 等可燃气体，烟气中的炭黑含量约为 100~150g/m<sup>3</sup>，因此，余热回收设备要安全可靠运行，必须解决冷热介质间温差大造成的热应力问题，防止烟气泄漏燃烧的密封问题，以及炭黑易附壁沉积造成堵管等问题。

850℃空气预热器的关键技术是：新型热膨胀应力补偿和密封结构、阻燃气体隔断空气泄漏以及换热管单管填料密封等创新技术。

在线余热锅炉的关键技术是：新型弧形薄管板结构；管口防冲刷结构；脉冲防堵系统；液位稳定检测系统等创新技术。

## 3. 工艺流程

炭黑反应系统→空气预热器→在线余热锅炉→炭黑收集系统→造粒和包装系统。经空气预热器与高温烟气换热、温度达到 850℃的助燃空气，进入炭黑反应系统与燃料完全燃烧，提供原料油裂解生成炭黑的高温（1700~1900℃）气体；余热锅炉进一步回收

热能产生蒸汽（回用于炭黑生产装置）；之后，通常采用原料油预热器在回收低温热能的同时，满足后部收集滤袋的使用温度要求。

### **五、主要技术指标：**

850℃空气预热器：烟气入口温度 950℃，空气预热温度 850℃，空气压力 80kPa。

余热锅炉：设计压力 1.75MPa，烟气入口温度 600℃，烟气出口温度 350℃。

### **六、技术应用情况：**

该技术获 3 项实用新型专利。余热利用设备已形成系列产品，可满足 1.5~4 万 t 规模的炭黑装置，已在业内推广 16 套（其中在建 6 套）。

### **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：中橡集团炭黑工业研究设计院、山西焦化集团有限公司、山西远征化工有限公司、山西宏特煤化工有限公司、云南曲靖众一煤化公司、上海立事化工公司、河北龙星化工集团有限责任公司、河北大光明实业集团有限公司、茂名永业（集团）股份有限公司等。

1) 中橡集团炭黑工业研究设计院生产基地。建设规模：3000kW 炭黑尾气发电装置。主要改造内容：炭黑尾气集输系统，炭黑尾气专用锅炉。节能技改投资额 1500 万元，建设期 1 年。年节能 8400tce，取得节能经济效益 675 万元，投资回收期 2.5 年。

2) 河北龙星化工集团有限责任公司炭黑厂。建设规模：6000kW 炭黑尾气发电装置。主要改造内容：炭黑尾气集输系统，炭黑尾气专用锅炉。节能技改投资额 2900 万元，建设期 1 年。年节能 16800tce，节能经济效益 1485 万元/年，投资回收期 2.5 年。

### **八、推广前景和节能潜力：**

2008 年，我国炭黑产能约 340 万 t，已连续四年居世界第一，其中万吨级炭黑装置约占炭黑总产能的 75%以上。即使不考虑新建炭黑装置，仅为已有万吨级生产装置配套就有百余套的市场容量。按目前平均每年新建配套电站 5 套、改扩建 4 套的推广速度计算，预计到 2015 年，可推广到 50 套左右，形成节能能力约 85 万 tce/a。此外，该技术还可用于其他化工行业含尘气体的热能回收利用。

# 谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术

一、**技术名称：**谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术

二、**适用范围：**轻工、化工等行业

三、**与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

- 1) 蒸汽型溴化锂制冷机组工序平均吨味精消耗蒸汽 0.36t；
- 2) 味精结晶工序平均吨味精消耗蒸汽 2.0t；
- 3) 味精烘干工序平均吨味精消耗蒸汽 70kg；
- 4) 三效降膜蒸发器浓缩工序（包括糖液、谷氨酸溶液、谷氨酸尾液浓缩）平均吨味精消耗蒸汽 9.7t。

四、**技术内容：**

1. 技术原理

利用蒸汽冷凝水的热能替代蒸汽作用于物料反应。

2. 关键技术

- 1) 采用蒸汽冷凝水替代蒸汽为溴化锂制冷机组提供热能；
- 2) 改造结晶罐加热系统，增大加热面积，充分利用蒸汽余热；
- 3) 利用冷凝水热能替代蒸汽烘干谷氨酸钠；
- 4) 淀粉乳二次液化闪蒸余热再利用。

3. 工艺流程

溴化锂制冷机组、味精结晶工序加热系统改造、味精烘干技术改造、淀粉乳二次液化闪蒸余热再利用。工艺流程见图 1、图 2、图 3。

1) 溴化锂制冷机组工艺流程：

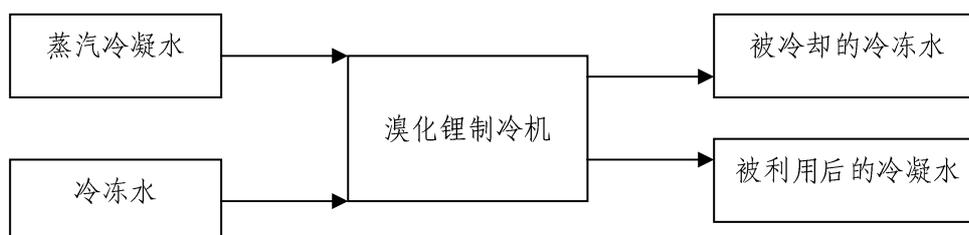


图 1 溴化锂制冷机组工艺流程

2) 精制结晶罐改造前后：

### 精制结晶罐技改示意图

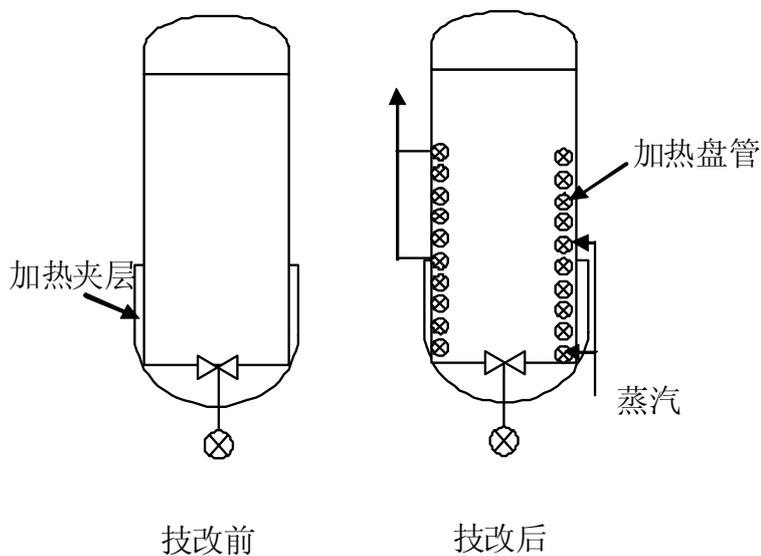


图 2 精制结晶罐改造前后示意图

3) 味精烘干技术改造流程:

### 精制冷凝水替代蒸汽技改示意图

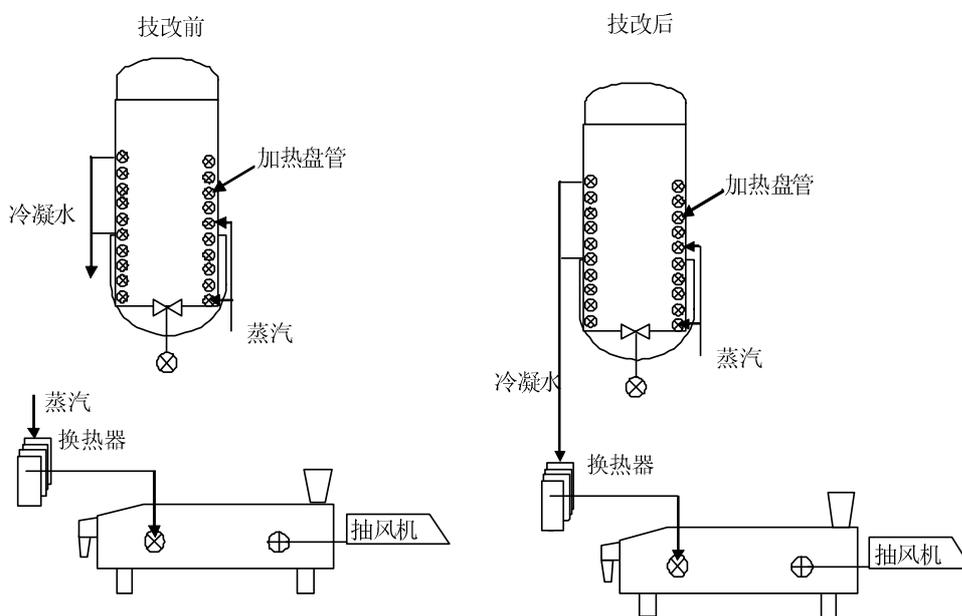


图 3 味精烘干技术改造流程

4) 淀粉乳二次液化闪蒸流程

把液化后 120℃的液化料液通过闪蒸释放出去的余热，通过管道与四效的一效气液分离器相连，在气液分离器里的负压作用下，完成闪蒸过程。

## 五、主要技术指标：

- 1) 溴化锂制冷机组工序技改后，吨味精可节约 2.85t 蒸汽；
- 2) 味精结晶工序技改后，吨味精可节约 1.65t 蒸汽；
- 3) 味精烘干工序技改后；吨味精可节约 0.1t 蒸汽；
- 4) 三效降膜蒸发器浓缩工序技改后，吨味精可节约 0.7t 蒸汽。吨味精共节约 5.3t 蒸汽。

## 六、技术应用情况：

谷氨酸生产过程蒸汽余热梯度利用技术、低温干燥谷氨酸钠技术已通过河南省科学技术厅成果鉴定，认为达到国内先进水平。该技术已经在河南莲花天安食业有限公司生产使用，效果良好。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：河南莲花天安食业有限公司

建设规模：年产 8 万 t 味精生产线改造。主要技改内容：对现有蒸汽型溴化锂制冷机组内部再生器、蒸发器进行改造，使其达到符合热水替代蒸汽的效果；在结晶罐内增加加热盘管；采用流化床烘干机替代蒸汽型震动烘干机；采用淀粉乳二次液化闪蒸改造。节能技改投资额 4300 万元，建设期 1 年。生产吨味精可节约 5.3t 蒸汽，每年节约蒸汽总量 42.4 万 t，折合约 4.2 万 tce，取得节能经济效益 2544 万元，投资回收期 3 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

我国年产味精 190 万 t，如果该技术能推广到 80%，则每年可节约 806 万 t 蒸汽，折煤约 80 万 tce。该技术可广泛在味精、淀粉糖等轻工、化工行业推广，有较大节能潜力。

# 聚酯化纤酯化工艺余热制冷技术

一、技术名称：聚酯化纤酯化工艺余热制冷技术

二、适用范围：纺织行业化纤生产

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：

目前化纤企业多组分酯化蒸汽采用水直接冷却，浪费了大量能源；而与此同时，抽丝生产过程又需要大量的冷水进行冷却，要消耗高品位能源制取冷水。

四、技术内容：

1. 技术原理

利用化纤行业酯化工艺中产生的多组分酯化蒸汽作为驱动热源，通过余热制冷技术制取冷水，满足抽丝生产工艺制冷需求。

2. 关键技术

①余热利用技术；②优化设计技术；③高效节能技术；④带排气装置的淋激式发生器技术；⑤调节冷却水量控制制冷量技术；⑥智能控制技术

3. 工艺流程

聚酯化纤酯化工艺余热制冷技术工艺流程见图 1。

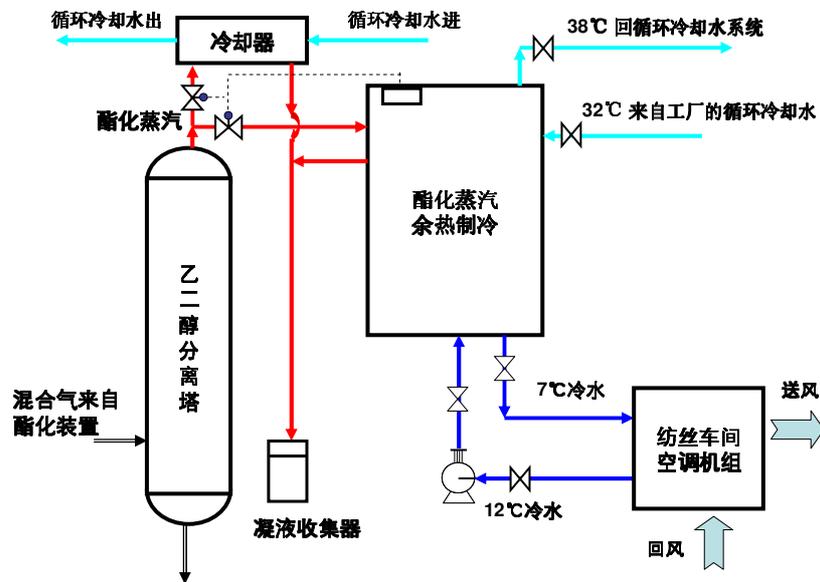


图 1 聚酯化纤酯化工艺余热制冷技术工艺流程图

五、主要技术指标：

性能系数（COP）达到 0.75 以上。

## **六、技术应用情况：**

通过无锡市科学技术局组织的科学技术成果鉴定，目前在全国已推广近十家，节能效果显著。

## **七、典型用户及投资效益：**

典型用户：江苏新苏化纤有限公司、浙江恒盛化纤有限公司、绍兴亿丰化纤有限公司、福建百宏聚合纤维实业有限公司、上海聚友化工有限公司

建设规模：年产 30 万 t 涤纶短纤。主要改造内容：增设余热制冷设备、机房。节能技改投资额 300 万元，建设期 10 个月。年节能 3000tce，节能经济效益 255 万元/年，投资回收期 1.5 年。

## **八、推广前景和节能潜力：**

我国化纤行业有 400 多条聚酯纤维生产线，目前大量多组分酯化蒸汽采用冷却水直接冷却，能源大量浪费，因此该技术的市场推广空间很大。预计到 2015 年，该技术可在行业内推广到 40%，节能能力达到 120 万 tce/a 。

# 乏汽与凝结水闭式全热能回收技术

一、技术名称：乏汽与凝结水闭式全热能回收技术

二、适用范围：使用蒸汽进行间接加热的热交换系统

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：

目前我国 60% 的乏汽与凝结水未被回收，每年被作为废汽/水排放的乏汽与凝结水总量约为 4.5 亿 t。

四、技术内容：

## 1. 技术原理

将蒸汽放热后形成的凝结水收集至集水罐进行汽水分离后, 采用由 PLC 控制的离心泵以全密闭方式自动加压输送至规定位置, 对其余热余压进行回收再利用。产品由多路共网器、集水罐、离心泵、自控柜、PLC 控制器及通用阀门等构成。

## 2. 关键技术

凝结水回收过程中汽水分离、消除汽蚀、多路共网、自力增压、自动感应、数字控制技术；乏汽回收热交换过程中乏汽瞬时液化连续控制技术。

## 3. 工艺流程

蒸汽凝结水闭式回收装置主要由闪蒸罐、多路共网器、自力增强器、喷吸器、集水罐、管道元件、电动泵、电控等组成。具体见图1、图2。

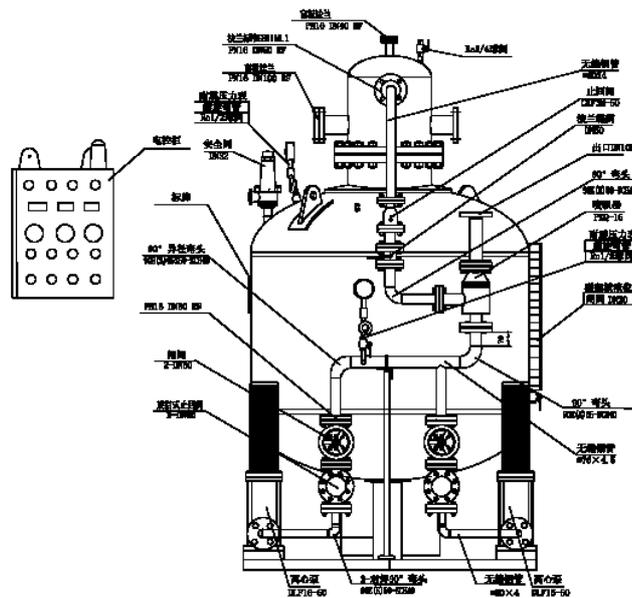


图1 凝结水闭式全热能回收装置设备结构简图

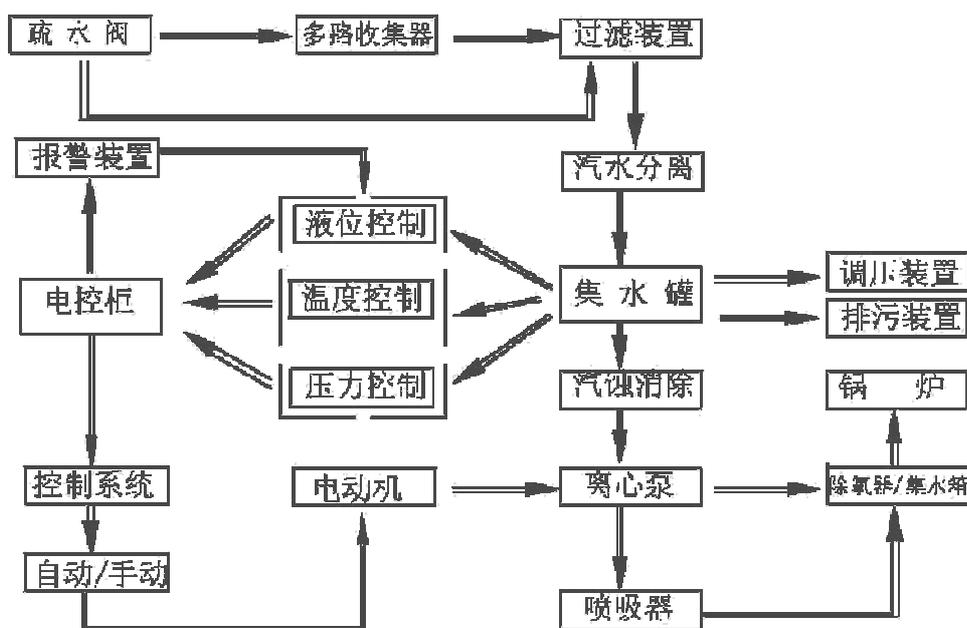


图 2 凝结水回收过程工艺流程图

## 五、主要技术指标：

最大回收量 5~300 t/h，最高工作压力 1.6MP，最高回收凝结水温度 170℃。

## 六、技术应用情况：

该技术经甘肃省科技厅组织的科技成果鉴定，认为达到国内领先水平。该技术已应用于内蒙古天野化工(集团)有限责任公司甲醇车间凝结水回收系统改造、吉林石化公司丙烯腈厂第一、二套丙烯腈装置改造等项目。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：吉化、广州石化。

1) 吉林石化公司丙烯腈厂。主要技改内容：四套凝结水回收装置。节能技改投资额 600 万元，建设期 6 个月。年节能量 8847tce，节能经济效益 708 万元，投资回收期 1 年。

2) 广州石化。建设规模：500 万 t 炼油。主要技改内容：裂解装置安装 6 套凝结水回收装置。节能技改投资额 800 万元，建设期 4 个月。年节能 13000tce，节能经济效益 1040 万元，投资回收期 1 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

以石化和化工行业为例，预计到 2015 年，我国石化行业年消耗蒸汽将达到 3 亿 t，化工行业年消耗蒸汽将达到 2.3 亿 t，合计 5.3 亿 t。如果该技术在这两个行业推广到 50%，则每年可回收 5600 万 t 凝结水，折合 90 万 tce。

# 纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术

**一、技术名称：**纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术

**二、适用范围：**通用于油气储存设备、运输设备、生产设备等

**三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状：**

油品储存温度愈高，且罐内温差愈大时，油料蒸发愈严重。在相同温度和密封条件下储存同一种汽油，装油量为油罐容积 20% 时的蒸发损失比装油量为油罐容积 95% 时大 8 倍；油罐的密封程度对蒸发损耗也有影响，一座 5000m<sup>3</sup> 油罐，因孔盖不严密引起自然通风，一个月内可损失汽油 53×10<sup>3</sup>kg，损失原油 28×10<sup>3</sup>kg；储油罐大小呼吸损耗，大呼吸次数愈多，油料蒸发损耗愈大。在蒸发损耗中，小呼吸损失约占 10%。有关资料表明：一座 10000m<sup>3</sup> 地上金属罐储存汽油，每年小呼吸损失可达 117 吨，损失率为 1.7 %。

**四、技术内容：**

1. 技术原理

采用纳米级的多空陶瓷微粒为主要原料，该产品具有低导热系数 ( $k=0.0159$ ) 及高辐射率 (88%)、高反射率 (97%) 等特点。将该产品喷涂到设备表面，使设备表面热辐射及红外温度迅速反射及辐射掉，不会或减低形成温度场。

2. 关键技术

纳米陶瓷多空微粒绝热技术、附加复合防腐性能设计、水性环保涂料工艺、超长耐老化及使用年限、具有耐高温性能及防静电设计等。

3. 工艺流程

设备表面处理清洁后，直接将该产品按 0.25mm 厚度用无空气喷涂机按序喷涂，喷涂两遍后喷涂保护面漆，使得设备表面长时间洁净，降低表面温度。

**五、主要技术指标：**

导热系数：0.110W/mk，耐酸性 (53% HCl 溶液)：168 小时无异常；耐碱性 (20% NaOH)：300 小时无异常；防水性：(0.3MPa, 0.5h)：不透水；环保：不含可溶性铅、镉、铬、汞等重金属，不含苯，游离甲醛含量低于指标要求；抗老化：有超常使用年限。

**六、技术应用情况：**

该技术通过国家建筑科学院建筑材料鉴定中心的全项检测，已在我国塔里木油田、吐哈油田野营房和储油罐、中东地区 80% 的油罐及相关油田设备上得到推广应用。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：塔里木油田、吐哈油田油气储罐及野营房

1) 吐哈油田油库、甲醇厂、采油厂等油气储罐、野营房。建设规模：超过 8 万 m<sup>2</sup> 储罐及设施绝热改造。主要改造内容：95 套原油、成品油等储罐及设施采用 0.6mm 厚的涂料涂层，将环境中的大部分日照热量反射或辐射出去，降低罐体表面温度，减少“呼吸”现象所逸出的油气。节能技改投资额 1865 万元，建设期 4 个月。节能量：1 万 m<sup>2</sup> 原油储罐（环境温度 31.5℃时）减少损耗 0.113t/d，500 m<sup>2</sup> 溶剂油储罐（环境温度 21℃时）减少损耗 0.015t/d，2000 m<sup>2</sup> 石脑油储罐（环境温度 20.7℃时）减少损耗 0.15t/d，250 m<sup>2</sup> 柴油储罐（环境温度 21℃时）减少损耗 0.0005t/d。每年总计可减少 2596t 原油、52t 凝析油、434t 汽油和 46t 溶剂油的损耗，折合 4484tce，取得节能经济效益 708 万元，投资回收期 2.5 年。

2) 建设规模：8 套、264 间野营房绝热改造。主要改造内容：对钻井队的 8 套共 264 间生活营房喷涂绝热保温涂料以降低夏季室内温度。节能技改投资额 500 万元，建设期 3 个月。全年可节电 370 万 kWh，折合 1235tce，取得节能经济效益 220 万元，投资回收期 2.5 年。

## 八、推广前景和节能潜力：

该技术在石油石化工业、海上采油设备的绝热、防腐、防盐雾等方面的应用可取得显著节能效果，油田装备、野营房、石油/天然气管道、铁路/公路油料运输车，采油场温度敏感设备器材等均是该产品的潜在市场，应用领域广泛。预计到 2015 年，该技术可推广到 40%，形成 10 万 tce/a 的节能能力。