

# 晋城市生态环境局

晋市环函〔2023〕11号

## 晋城市生态环境局 关于转发生态环境部《关于印发〈国家清洁生产 先进技术目录（2022）〉的通知》的通知

各县（市、区）分局、开发区环保建设部、各相关企业：

现将《关于印发〈国家清洁生产先进技术目录（2022）〉的通知》的通知（环办科财函〔2023〕11号）转发给你们，请各县（市、区）及相关企业结合工作实际，强化先进生产技术的广泛应用，推动污染排放进一步减少，实现环保经济绿色发展。

附件：关于印发《国家清洁生产先进技术目录（2022）的通知》（环办科财函〔2023〕11号）



晋城市生态环境局

2023年2月10日

（此件公开）



# 山西省生态环境厅办公室

晋环办函〔2023〕5号

## 山西省生态环境厅办公室 关于转发《关于印发〈国家清洁生产先进技术目录 (2022)〉的通知》的通知

各市生态环境局：

现将《国家清洁生产先进技术目录（2022）》转发给你们，  
请结合实际推广应用。

附件：《关于印发〈国家清洁生产先进技术目录（2022）〉  
的通知》（环办科财函〔2023〕11号）



（此件主动公开）

附件

# 中华人民共和国生态环境部办公厅

环办科财函〔2023〕11号

## 关于印发《国家清洁生产 先进技术目录（2022）》的通知

各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团生态环境厅（局）、发展改革委、工业和信息化主管部门，生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部有关直属单位，各国家环境保护工程技术中心和重点实验室、国家工程研究中心、全国性行业组织及有关单位：

为深入贯彻党的二十大精神，积极落实《中华人民共和国清洁生产促进法》《“十四五”全国清洁生产推行方案》有关要求，充分发挥清洁生产在深入打好污染防治攻坚战和推动实现碳达峰碳中和目标中的重要作用，生态环境部会同国家发展改革委、工业和信息化部征集并筛选了一批清洁生产先进技术，编制形成《国家清洁生产先进技术目录（2022）》，

现印发给你们，请结合实际加大清洁生产先进技术的推广应用力度。



(此件社会公开)

# 国家清洁生产先进技术目录（2022）

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
1	多燃料循环流化床高洁燃烧技术	多燃料循环流化床锅炉由单级变为三级，并将一级灰循环变为两级灰循环，加大了锅炉膛的循环，可实现燃烧更充分，并可将流化床中低温灰分离，有利于降低灰中的碱金属氧化物、焦、积灰等问题。	燃料由料斗送入炉膛内，沿炉膛与物料进行混合，在主燃烧室循环上升进入副燃烧室，在副燃烧室底部分离一部分物料从一次物料循环入口返回主燃烧室形成第一级物料循环；另一部分物料从副燃烧室进入燃尽室，然后由分离器进行分离，并经料腿返回，形成二级物料循环。锅炉尾气经处理达标排放。	适用于生物物质、生物残渣、煤炭、煤矸石等多种固体燃料的高效清洁燃烧，可用于城镇、工业园区和企业集中供热等。	以生产1吨工业蒸汽为例，按1.25兆帕(MPa)最大年排放废水量约144吨，技术能耗为0.102吨标准煤，实际效率为88%-91%，根据《工业锅炉能效限定值及能效等级》(GB 24500-2020)，达到一级能效标准。	以生产1吨工业饱和蒸汽为例，按锅炉排污率最大2%计算，年排放废水量约144吨，技术排污率按最大2%计算，应用该技术至市政污水管网。应用该技术后，由于湿法脱硫系统补水量为57千克/吨蒸汽，年补水量需410吨左右，现锅炉排污水回收利用于脱硫补水，则年节约水量约为144吨。	/	/	采用该技术的锅炉每生产1吨蒸汽，相较于传统的工艺，节约标准煤0.0405吨，减少二氧化碳(CO <sub>2</sub> )排放量约0.1053吨。	该技术以生物物质整体替代燃煤工艺，以原燃煤锅炉生产1吨1.25MPa工业饱和蒸汽为例，需消耗标准煤0.1425吨，则生物物质完全替代后，每生产1吨蒸汽减少CO <sub>2</sub> 排放约0.3705吨。	

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
2	工业复热换热技术	采用“初级过滤-滤网-涤纶纤维工业滤布”三级过滤技术对高温废水进行处理，提高对废水中的绒毛、纤维、小颗粒等污染物的过滤效果，降低废水中污染物对换热系统的不利影响（贴敷、板结、堵塞等）；采用两级板式换热器与热泵技术相结合的双隔离多级换热技术回收印染高温废水中的余热，该技术可把工业废水从70~80℃降温至20~30℃排放，可回收废水中75%以上的热量，机组综合能效比达到15，回收热量可加热循环水至65~75℃供生产使用；同时产生的制冷量可以为生产车间降温，改善工作环境。	<p>工艺路线</p> <p>(1) 废水处理：收集热源，通过水泵将高温废水收集至污水箱。</p> <p>(2) 热量交换：清水通过板换先后与热泵机组产生的热量和污水的热量进行交换，加热后的热水进入水箱供生产使用。</p> <p>(3) 冷量利用：热泵机组产生的冷量通过板式换热器由污水带走，或者通过新风机组供车间夏季降温，用于改善工作环境。</p> <p>(4) 温度控制：清水的出水温度和污水的出水温度由可编程序控制器(PLC)控制电动调节阀的开度，调节出水量的达到设定的温度。</p>	适用于印染、食品、啤酒、硅加工等具有高温排放且用热量大的行业。主要用于高温废水进行回收及处理的领域。	以实施的工程项目为例，废水量300吨，工业废水温度由70℃降温至20℃，回收热量可用于生产70℃热水280吨/日，每天节约标准煤2.75吨，年节能量约为1000吨标准煤。	年节能量约1000吨标准煤，可减少二氧化硫(SO <sub>2</sub> )排放约8.5吨，减少氮氧化物(NO <sub>x</sub> )排放约7.4吨。	以年节能量约1000吨标准煤计，减少CO <sub>2</sub> 排放量约2600吨。				

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
3	大型二氧化碳热泵技术	采用大功率二氧化碳压缩机多机头并联技术,可实现2~13台压缩机并联运行,满足工业级大功率需求。单机采用大型80匹压缩机,制冷量200千瓦(kW)左右。采用大容量集中分离技术,实现常温分离,分油速度快,分离率90%以上。采用双级蒸发系统,组合调节减压,多组减压器组合节流装置,配合专用控制算法,实现对二氧化碳流量,实现对二氧化碳再热的高精度调节,以及制冷剂工作容量自动调节,油温智能控制。	(1)绝热压缩:电力驱动二氧化碳压缩机,将气态二氧化碳压缩升温至20℃左右,进入超临界状态,此时具有极高的热焓。 (2)等压冷却:超临界二氧化碳向需要加热的介质(如水、空气等其他热媒)快速放热,将介质加热的同时降低二氧化碳的温度,实现制热过程。 (3)绝热膨胀:二氧化碳快速减压、膨胀、液化,恢复吸热能力;等温膨胀蒸发,液态二氧化碳从需要冷却的介质中快速吸热,使介质快速降温,实现制冷。	适用于化工、制药、电子、矿山、材料等领域中低温干燥、环保制冷、制热等冷负荷需求的情况。	以某锂电池生产企业为例,单机改造前年耗电116.8万千瓦时,改造后年耗电55.8万千瓦时,节能61.0%。综合节电率52%。	循环冷却塔实际耗水率2%~5%。以功率2500kW,风量25000m <sup>3</sup> /h为例,年可节约标准煤约3.7万吨,相应可减少SO <sub>2</sub> 产排约315吨,减少NO <sub>x</sub> 产排约274吨。	以200台机组(功率2500kW,风量25000m <sup>3</sup> /h)为例,年可节约标准煤约3.7万吨,相应可减少CO <sub>2</sub> 排放量约9.62万吨。	/	/	/	/



序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
4	基于生物质气化热解过程的衍变特性研究，实现燃气和高品质生物质的联产，生物质原料进行高效转化，生物质热值大于4800千焦/标准立方米，固定碳转化率大于90%；实现生物质低热值燃气稳定燃烧效率大于99%，燃气高效清洁燃烧与燃气联产过程的耦合，系统热效率≥85%。生物质原料水分≤30%，热值≥3000千卡/千克(kcal/kg)，颗粒度≤8厘米(cm)。	生产的原辅料包括生物质原料、电力、水、柴油等。本技术将生物质中的挥发分析出成为热解气，部分热解气与空气(氧气)反应提供热量用于生物质热解，燃烧产生的烟气与热解气混合成为生物质燃气，挥发分析出后剩余的灰分和固定碳转化成生物质炭，从而获得生物质燃气和生物质炭。焦油随生物质燃气直接进入燃气燃烧系统燃烧，进行供热、供气、发电等，生物质炭可用于生产活性炭、机制炭、炭基肥等产品。	适用于农林废弃物综合利用，用于替代天然气、煤、天然气的能源供热、供气、发电。	单位蒸汽综合能耗0.08吨标准煤，单吨秸秆/稻壳综合能耗1.0吨标准煤。	/	稻壳炭生产率约28%。	/	/	/	以2台DBXG-3000下吸式固定床气化炉为例，年消耗稻壳等2.4万吨，年供蒸汽量6.0万吨，年产生生物质炭0.72万吨，年替代标准煤1.08万吨，减少CO <sub>2</sub> 排放量约2.81万吨。	

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
5	具有自主知识产权的纳米涂层热交换器	开发了纳米涂层专用的清洗煤气管道系统，在保障运行的基础上，取得了较为明显的节水、节能及环境效益。	除盐水经热除氧产生的104℃除氧水送至汽包，水在汽包与上升管换热器之间通过强制循环泵进行强制循环，并在上升管换热器内与炼焦生产过程中炭化室煤饼产生的高温荒煤气进行换热，所产生的水汽混合物通过管道引回到汽包内进行水汽分离。产生的0.6~4.0 MPa 饱和蒸汽，其中一路经减压后送往除氧器除氧，另一路输送厂区蒸汽管网。	适用于行业内新建焦化所有改造及固顶炉包焦炉和顶装焦炉。	一套系统降低能耗平均于10千焦/吨煤。	水资源消耗量与生产蒸汽量之比约1.05，若年产量在21.16万吨，节约冷却循环水量10~16吨/小时(t/h)，冷却水可以全部回用，除盐水量可以减少90%。	/	以年产焦炭170万吨荒煤气余热回收项目为例，年节约513吨标准煤，可分别减少SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、颗粒物的排放量(进行脱硫脱硝除尘前)10吨、6.6吨、4.7吨。	以年产焦炭170万吨荒煤气余热回收项目为例，一套余热回收系统产生0.6~0.8 MPa 饱和蒸汽124千焦/吨焦，相当于平均降低炼焦工序能耗12.13千焦/吨煤，减排31.54千焦二氧化碳/吨焦；该技术每年可减少氨水、循环水、制冷水的电力消耗约150万千瓦时，年节约457.5吨标准煤，折算减少CO <sub>2</sub> 排放量约1189.5吨。	/	

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
6	钢铁烧结内循环同碳协同技术	根据烧结风箱烟气排放特征(温度、氧含量、污染物浓度等)差异,选择特定风箱段的烟气循环回烧结于车表面,重新用于烧结。研发了烧结烟气内循环工艺体系,提出烧结过程多污染物协同减排,实现烧结烟气的总量减排,提高烧结废气余热利用率,降低烧结生产过程的固体燃料消耗,优化烟气分配器和密封罩内的流场分布,开发了烟气内循环装备。	选择特定风箱段的烟气由烧结机风箱引出,经除尘系统、烟气分配器后通过密封罩,引入烧结料层,重新参与烧结过程。	适用于钢铁行业带式烧结机的烟气综合治理。	通过高温废气循环利用,降低固体烧结体燃料消耗5%以上,烧结体燃料用量减少1.56千克标准煤/吨铁。	/	/	降低烧结烟气产生总量20%以上。	降低NO <sub>x</sub> 、一氧化碳(CO)等污染物排放量20%以上。	在烟气循环率25%时,节约2.5千克标准煤/吨烧结矿,减少CO <sub>2</sub> 排放6.50千克二氧化碳/吨烧结矿。外排总烟气量降低20%。后续环保设备运行电耗降低约为1.28千瓦时/吨烧结矿,折合吨烧结矿减少CO <sub>2</sub> 排放量约1.02千克。	/

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
7	亚硫酸法无氰镀金技术	采用亚硫酸盐镀金工艺体系，使用双配体辅助络合剂及具有协同效应的组合添加剂成分，大幅提高镀液的稳定性，改变镀金材料的晶粒结构，提升产品质量和应用范围，从源头上实现无毒、无害原料替代。镀液连续使用无金歧化析出，分散能力达7.5%，电流效率≥98%，镀金层硬度≤HV90，镀金层纯度约99.99%。	对镀件进行清洗、装挂、前处理、无氰镀金（以雷酸法制备亚硫酸金钠水作为镀液主料；使用辅助络合剂设计亚硫酸金钠镀液骨架型配方，稳定镀液；选择添加剂，调节镀液功能（性）、后处理、清洗成电镀。	适用于功能性软金电镀锌和装饰性镀金。	与含氰镀金工艺对比，能降耗约20%。	与含氰镀金对比，节水约80%。	黄金材料利用率达99.98%；无需氰化物处理设备及其辅料。	相比含氰镀金技术，单位产品减少CO <sub>2</sub> 排放20%。			

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
8	包装印刷剂加工应用技术	采用无溶剂的聚氨酯胶黏剂，通过双组分胶精密混胶装置在线混配，实现胶黏剂在高速下精密涂布和不同功能基材的高精度复合，再将复合材料进行低温工艺节能减排。最大材料宽度500~1300毫米，最高生产速度200~450米/分钟，涂胶量0.8~2.5克/平方米，涂胶精度±0.1度±1%，混胶比不低于98%。	<p>(1) 放卷：在一定的张力控制下，将待复合基材平稳地展开。</p> <p>(2) 上胶：在一定温度下，将双组分胶黏剂按照一定比例进行均匀混合。</p> <p>(3) 涂胶：按照复合膜结构和使用要求，将混合胶黏剂适量地涂覆在基材上。</p> <p>(4) 复合：在适当的均匀的压力下，将已涂胶的基材与另一基材进行粘合。</p> <p>(5) 收卷：将粘合的复合膜在适当张力下进行卷取。</p> <p>(6) 固化：在一定温度的环境中进行充分反应和固化。</p>	适用于不同类型的塑料薄膜、薄镀铝膜、铝箔和阴阳膜的高速复合。	使用标准剂复型无溶剂复合设备(即最大幅宽1300毫米，最高机械速度400米/分钟)，以年产能3600万平方米为例，全年可节约38万吨，可节约标准煤约115.9吨。	/	使用标准剂复型无溶剂复合设备(即最大幅宽1300毫米，最高机械速度400米/分钟)，以年产能3600万平方米为例，在复合环节可从源头上减少挥发性有机污染物(VOCs)产生量约149吨/年。	以全年节电38万度计算，可节省约115.9吨标准煤，年减少CO <sub>2</sub> 排放量约301.34吨。	以1吨VOCs减少CO <sub>2</sub> 3.7吨计算，年减少CO <sub>2</sub> 排放量约551.3吨。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
9	硫化剂 M 生产硫化氢回收循环利用技术	以苯胺、二硫化碳和硫磺为主要原料采用改进的溶剂法合成硫化促进剂 M，在合成工序采用高压反应釜，增加机械搅拌，升温测量系统，减少反应时间。萃取过程采用全封闭回收循环系统，与传统硫化工艺相比无废水产生。反应产生的硫化氢气体回收硫化促进剂 M 作为原料重新进入系统内，实现完整的硫循环。同时，硫回收装置副产中压蒸汽，可作为其他装置热源使用。	硫化促进剂 M 采取“无水溶剂法”，主要工艺包括高压合成、萃取离心、烘干包装。高压合成的硫化氢气体，采用克劳斯炉装置进行处埋，在催化剂的作用下生成硫磺与水，硫磺作为硫化促进剂 M 的原料进行回收再利用。尾气经深冷回收有效成分后进入克劳斯炉装置焚烧回收热量。	适用于橡胶促进剂生产，该剂为噻唑类母体用于矿物浮选、树脂载体、化学电镀、金属防腐以及医药等领域。	传统硫化促进剂生产工艺综合能耗为 580 千焦/吨，蒸汽消耗 645.98 千瓦时，天然气消耗 5.12 吉焦/吨 (GJ/t)，天然气消耗 83.81 立方米/吨，综合能耗 470.84 千焦/吨，产品降低能耗 109.16 千焦/吨。	与传统硫化促进剂生产工艺相比，吨产品节约用水 20 吨。	与传统的硫化促进剂生产工艺相比，吨产品可减少烧碱 1.3 吨，硫酸 0.65 吨，回收硫磺可满足生产需求，无需外购，溶剂甲苯除每吨产品 20~30 千克自然消耗外，全部回收利用，回收率达 99% 以上。	与传统的硫化促进剂生产工艺相比，吨产品可减少烧碱 1.3 吨，硫酸 0.65 吨，回收硫磺可满足生产需求，无需外购，溶剂甲苯除每吨产品 20~30 千克自然消耗外，全部回收利用，回收率达 99% 以上。	该技术与传统硫化促进剂生产工艺相比，吨产品降低能耗 109.16 千焦，可减少 CO <sub>2</sub> 排放量约 283.81 千克。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
10	联碱余热回收用于冷却装置 工业烧碱回用晶高能效技术装置	利用溴化锂装置制冷，通过热水泵送至溴化锂发生器，发生器的低温水再返回洗涤塔循环使用。溴化锂机组制冷冰槽，解决液氨制冷安全问题。回收煅烧系统余热，极大降低系统能耗。采用预冷析装置，将联碱法纯碱生产中氯化铵液降温至结晶析出临界点以下，降低结晶段氯化铵液冷冻负荷，同时解决母液堵塞换热器的问 题。	(1) 溴化锂制冷：利用洗涤塔回收煅烧热量，通过热水泵送至溴化锂发生器，发生器的低温水再返回洗涤塔循环使用。溴化锂机组制冷冰槽，解决液氨制冷安全问题。回收煅烧系统余热，极大降低系统能耗。采用预冷析装置，将联碱法纯碱生产中氯化铵液降温至结晶析出临界点以下，降低结晶段氯化铵液冷冻负荷，同时解决母液堵塞换热器的问 题。	适用于纯碱生产，应用于纯碱行业的余热回收利用节能项目。	技术后联碱产品别为214千瓦时/吨碱、166千瓦时/吨碱，电单耗下降48千瓦时/吨碱，以联碱年产60万吨纯碱为例，相比传统液氨压缩机液氨制冷工艺，本技术可减少换热器水洗，可节约新鲜水1000立方米/年。	以联碱年产60万吨纯碱为例，全年节电量约为2880万千瓦时，每年减少CO <sub>2</sub> 排放量约22838吨。	减少无组织排放，如排油水、氨系统及冰机系统放空等，可减少外排水1200吨/年。	采用溴化锂制冷技术来代替氨压缩制冷技术，不产生废气、有害气体和固体废物。	以联碱年产60万吨纯碱为例，全年节电量约为2880万千瓦时，每年减少CO <sub>2</sub> 排放量约22838吨。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
11	电石乙炔合成纳低蚀环技术	通过煤改气、煤改电升级节能技术，采用DCS（分布式控制系统）自动控制氯化汞合成过程，提高氯化汞品质；应用纳米汞技术装备，实现四氯汞钾（K <sub>2</sub> HgCl <sub>4</sub> ）覆膜负载技术及汞的精准活化；提高触媒活性，实现控制氧蒸馏，实现废触媒中汞的清洁回收。	对回收的废汞触媒进行预处理，反应合格后送至竖管蒸馏炉蒸馏，汞蒸气经冷凝回收绝大部汞，金属汞与氯气反应得到产品氯化汞，通过氯化汞与活性炭浸渍反应得到纳米型固定汞触媒，作为电石法生产聚氯乙炔的催化剂使用，失效后的废汞触媒再进行回收再利用，进一步提取汞。	适用于氯乙炔合成氯化汞领域。	经计算，纳米型煤折能合耗为0.994吨，普通低汞触媒单位标准耗为1.214吨，采用该技术的低汞触媒单位标准耗降低18.12%。	与传统的废触媒处理技术相比，在废汞触媒回收环节，纳米型生产环节，水资源消耗量降低4%。	处置1吨废汞触媒，可节约石灰0.1吨、片碱0.015吨、工业水0.3吨，节约氯气0.013吨，节约汞0.002吨。	氯化汞生产环节节水300吨/年，触媒生产环节节水96吨/年，在废汞触媒回收环节，减少废水量3507吨/年。	汞减排量约0.13千克/年，颗粒物减排量约0.35千克/年，SO <sub>2</sub> 减排量约5.0千克/年，NO <sub>x</sub> 减排量约16.0千克/年，氯气减排量约0.3千克/年。	单位产品综合能耗降低18.12%，降低值为0.22千克标准煤/吨，折合减少CO <sub>2</sub> 排放量约0.572吨。	



序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
12	活性染料萃取再生技术	针对活性染料染色度高、色深的问题，通过独立收集活性染料萃取液，基于络合萃取原理，通过三相分离原理，将萃取液分成水相（水）和油相（萃取剂），分离的高浓度盐水经精制调节后，可回用至印染工序；油相中的染料经反萃浓缩，萃取剂实现再生，可实现95%以上废染料分离和70%以上盐分回收利用，并减少废水有机物浓度和盐含量，降低处理难度。	染色液盐水平回用系统由调酸、萃取、反萃、油水分离、盐水精制、调盐和浓缩处理等7个子系统组成。染色三相液经独立收集并分离后，经流萃取装置和调节高浓度盐水经精制调节后，回用至染色工序；反萃后得到的废染料浓缩液经镁钙复配药剂沉定无害化处理。该装置运行温度需在10℃以上；萃取过程中pH值在2~3；三相旋流萃取装置气体压力为0.1~0.5 MPa；浓缩液沉淀物在复配沉淀剂中自然固化时间为0.2~1.5h。	适用于染色液再生，亦可直接用于染色液再生，亦可用于直接染色液再生，亦可用于染色液再生。	实施过程中所需能耗为7.2千瓦/吨废水，实现染色液零排放。无染色液接入综合废水处理，综合废水经生化、絮凝、沉淀、过滤、消毒等工序处理，出水回用率70%以上。	废水含盐量降低至2000mg/L，反渗透产水可循环使用，综合废水回用率70%以上。	可回收液中的盐进行再利用，盐的回用率在70%以上。	可减少10%~15%废水产生量，棉染混合废水浓度可从8000mg/L降低至2000mg/L以下。	废水全盐量排放降低70%以上，综合废水处理系统的污泥量可减少50%左右。	混合印染废水处理电耗约为2.0千瓦时/吨废水，可减少电耗12.8千瓦时，折合可减少CO <sub>2</sub> 排放量10.15千克；混合印染废水处理的药剂消耗量为吨聚合氯化铝400mg/L，聚丙烯酰胺2mg/L，脱色剂2mg/L，采用Gabi软性件计算以上三种化学品的碳足迹约23.10千克CO <sub>2</sub> 。合计减少CO <sub>2</sub> 排放量约33.25千克。	工艺降碳

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
13	中心节能环保烧石灰窑	以高炉煤气等低热值煤气为燃料，采用中心烧嘴从里向外与炉墙侧烧嘴从外向里对烧，提供了充足的中火火焰，布料排料均匀可调，解决了竖窑大型化和中风不足边风过剩的问题。废气系统采用高效换热器等余热回收利用装置，实现了能盘回收利用。低温低空焙烧系数数石灰焙烧理论，减少热型NO <sub>x</sub> 的生成条件，采用炉料运动“架桥理论”指导石灰窑的设计和生操作。	石灰窑工艺流程主要分为5大系统，即原料分级系统、上料系统、热工煅烧系统、成品运输储存系统、窑体供风系统。	适用于高炉、转炉煤气或发电炉烧石灰，还可应用于熔土、白云石、菱苦土等。	以4座150立方米立式180气烧竖窑改造为2座日产600吨的中心节能环保烧石灰窑为例，采用低热值高炉煤气、转炉煤气或发生炉煤气等，在满足石灰产量及质量的前提下，技术应用前热耗约6GJ/t灰，电耗约45千瓦时/吨灰，技术使用后公斤灰热耗3.7~4.4GJ/kg灰，降低28%~38%，窑本体平均吨灰电耗约40千瓦时，降低11%。	以日产600吨的中心节能环保烧石灰窑为例，仅灰窑冷却使用少量水，生产1吨石灰水耗水量0.72吨，属循环水的补充水，消耗量不高于0.01吨/吨灰。	以日产600吨的中心节能环保烧石灰窑为例，燃料同为高炉煤气，热值约为780千卡/标准立方米，节省高炉煤气580Nm <sup>3</sup> /t灰；日节省石灰石75吨左右的7%。占总原料量的7%。	以日产600吨的中心节能环保烧石灰窑为例，技术应用后废气排放量为：3648 Nm <sup>3</sup> /t灰，技术应用于前废气排放量为：2486 Nm <sup>3</sup> /t灰，减少排放量1162 Nm <sup>3</sup> /t灰，废气中SO <sub>2</sub> ≤50毫克/立方米(mg/m <sup>3</sup> )，NO <sub>x</sub> ≤100mg/m <sup>3</sup> （基准氧含量10%），除尘灰等固体废物回收利用，无外排。	以年产40万吨石灰窑为例，每年节约标准煤25248吨，年减少CO <sub>2</sub> 排放量约65644.8吨。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
14	真空耦合低温除尘技术	以三段式热管换热器及配套的封装技术，实现热管间工质互通的封装技术，应用基于状态在线监控系统的运行状态及修复原位在线制作技术，真空热管耦合技术，可确保长期高效运行，具有冷却水零泄漏及确保除尘达标排放等优点，可实现燃煤电厂高效节能及电除尘器安全可靠运行。	真空热管换热器一般设置在燃煤锅炉尾部的空预器与除尘器之间的烟道处。通过三段式热管换热器及配套的封装技术，将烟温从传统的130~160℃降低到85~110℃左右的低温状态，可降低粉尘比电阻和烟气处理量，有效提高电除尘器二次电压，充分发挥电除尘高压电与收尘效率，大幅度提高除尘效率。另外，低温状态下还可协同高效捕集三氧化硫(SO <sub>3</sub> )，从而避免因SO <sub>3</sub> 逃逸带来的下游设备腐蚀及烟囱蓝烟等问题。	适用于燃煤工业窑炉烟气余热回收利用低温除尘系统。	(1) 降温回收的烟气余热降低发电标准煤耗1~3克/千瓦时，一台660MW机组节约煤耗为2970~8910吨/年。 (2) 降温后除尘效率、降低烟气流量、电除尘器及引风机耗电也随之降低，一台660MW机组年节约电耗约为257.3万千瓦时。	以660MW机组为例，脱硫吸收塔入口烟温降至95℃，可实现每小时节约44吨的脱硫酸工艺降温耗电量，按一台发电机组运行时间4500小时，年节水约19.8万吨。	以660MW机组为例，回收的烟气余热利用可发电标准煤耗1~3克/千瓦时，节约煤耗为2970~8910吨/年。	降低颗粒物产生量，同时实现SO <sub>3</sub> 、汞(Hg)等多污染物的协同治理；减少检修冲洗所产生的废水；不产生固体废物。	以660MW机组为例，满负荷运行时，年可减排155吨颗粒物，降低脱硫废水的排放总量。	以660MW机组为例，降低标准煤耗量约1.64克/千瓦时，折算年节约标准煤量为4871吨，减少CO <sub>2</sub> 排放量约12664.6吨/年，降低引风机等耗电每年为348.5万千瓦时，相应减少CO <sub>2</sub> 排放量约2763.6吨/年，合计减少CO <sub>2</sub> 排放量约1.54万吨/年。	工艺降碳

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
15	大型燃煤锅炉节能关键技术	采用独立分区燃烧系统，依托区域循环化还原等煤焦循环催化还原等技术，实现协同减排、消减及氮迁移控制、源头控制、低氮燃烧、还原控制、NO <sub>x</sub> 削减效率25%~40%；结合集成烟气选择性气固分离颗粒搅拌多场均混关键技术，煤焦循环技术的氨工艺，以及中温制氨工艺，附加传热面温度调节技术的选择性催化还原法（SCR）脱硝工艺，实现层燃锅炉30%~100%宽负荷条件下NO <sub>x</sub> 排放浓度15~30 mg/m <sup>3</sup> （基准氧含量6%）的超低排放系统高效稳定运行。	在锅炉炉内采用独立分区燃烧技术，降低初始NO <sub>x</sub> 产生量，再结合SCR脱硝工艺实现超低排放。两个系统之间通过烟气选择性气固分离颗粒搅拌多场均混关键技术，通过均混传热的附加调节技术，控制进口向调节反应器的温度，实现催化剂允许范围、温度、浓度多场均匀功能。	适用于热、供汽大型燃煤锅炉NO <sub>x</sub> 超低排放技术集成，在大型燃煤锅炉NO <sub>x</sub> 超低排放改造。	与采用电厂锅炉脱硝工艺相比，可实现节能1.5%，提升能效折标煤622.08吨/年；采用SCR脱硝工艺，与采用电厂脱硝工艺相比，节能712.98吨/年，折合标准煤712.98吨/年。	以单台层燃锅炉70MW(100t/h)年运行180天，负荷率70%计，采用10%尿素溶液脱硝技术，消耗软化水626吨/年；采用电厂脱硝工艺，SCR脱硝工艺需要消耗软化水2168吨/年，目前北方地区大型热电厂锅炉采用SCR脱硝工艺的电厂节能1542吨/年。	以单台层燃锅炉70MW(100t/h)年运行180天，负荷率70%计，采用本技术，实现锅炉30%~100%宽负荷条件下NO <sub>x</sub> 排放浓度30mg/m <sup>3</sup> （基准氧含量6%），NO <sub>x</sub> 排放量不超过13.06吨/年，减排168.38吨/年。	以单台层燃锅炉70MW(100t/h)年运行180天，负荷率70%计，采用本技术与采用电厂煤粉锅炉SCR脱硝工艺相比，年节能折标煤712.98吨，年减少CO <sub>2</sub> 排放量约1853.75吨。			

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
16	典型重污相法化技 金属矿构源置 泥重资处术	基于细颗粒相矿化调 控分离重金属原理， 以“水热解离-定向结 晶-多级分离”的重金 属回收方法，研制了 污泥定向矿化反应器 和后处理工艺，建成 化工、冶炼、电镀等 多种污泥转晶解毒与 资源化处工程，处 理后有价元素铬、铜 等回收率大于98.4%， 砷等元素浸出毒性降 低99.8%。	工艺流程包括原渣水 化、水热矿化、洗涤和 脱水、废水脱铬四部分。 重金属污泥加水搅拌分 散均匀，再加入特定的 矿化剂。酸性矿化剂至晶 在水化分散后添加至晶 化反应釜；碱性矿化剂 在水化阶段加入搅拌罐 与污泥混合。产物采用 一体化连续分离装备分 离洗涤、循环洗涤。洗 涤产物采用离心机脱水 。含重金属的洗水直接 回用至生产工艺，不 可回用的废水采用还原 沉淀法去除重金属后， 进入废水处理系统。	适用于冶 炼、化工等 行业重金 属危险废 物的治理 与资源化， 尤其适用 于污泥、浸 渣、滤渣等 细颗粒、高 含水危废的处 理。	处理每 吨污泥 综合电 耗221 千瓦时， 常规范 窑处理 综合电 耗1067.4 千瓦时。 两者相 比，每 吨能降 铬盐约 79%。	处理每 吨重污 泥用水 6立方 米，其 中水回 用率为 75%， 实际处 理量达 2立方 米。与 传统湿 法还原 相比， 用水量 节约 44%。	平均处 理重污 泥消耗 约270 千克， 为传统 湿法处 理的 30%~ 50%。	每 吨重污 泥处理 产生的 废水量 不超过 12吨， 且75% 可回收 利用； 处理 后危险 废物变 为一般 工业固 废，重 金属危 险废物 产生量 减少 95%。	本技术 平均处 理每 吨重污 泥综合 电耗 221千 瓦时， 折算 标准煤 为67.41 千克， CO <sub>2</sub> 排 放量约 175.25 千克/ 吨；常 规处理 每 吨重污 泥综合 电耗 1067.4 千瓦 时，折 算标准 煤为325.56 千克， CO <sub>2</sub> 排 放量约 846.448 千克/ 吨。与 常 规处理 每 吨重污 泥相比， 处理 每 吨重污 泥CO <sub>2</sub> 排放量 约 671.20 千克。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
17	多元废物流化焚烧技术	炉膛气化室采取“变截面”设计，多尺寸、多流态的床层叠加，湍动流态化。分级给料、分级气化、分级燃烧、高温燃烧，满足系统对多元复杂有机废物同炉处理的适应性。气化室处于还原性气氛，中低温气化，有效降低NO <sub>x</sub> 、二噁英的初始生成量以及飞灰中碱金属含量，无需设置SCR系统即可实现污染物超低排放。系统燃烧效率高，能源利用能力覆盖50~500 t/d，同等规模和处理能力下，相比常规机械炉排炉焚烧技术，本系统投资低20%~30%，运行成本低10%~20%。	(1)可燃废弃物经过预处理满足入炉要求，通过分级给料设备送入湍动流化床气化焚烧炉内，采用“中低温热解气化+高温燃烧+热量回收”工艺。 (2)燃烧产生的高温烟气通过余热锅炉进行能量回收，软化水循环使用。 (3)焚烧后产生的炉渣进入渣循环系统，进行冷却筛分，筛分出来的粗渣外送处理，细渣回送至焚烧炉内循环使用。 (4)烟气净化系统采用“炉内干法脱酸+SNCR(选择性非催化还原)脱硝+粗除尘+半干法脱酸+活性炭吸附+布袋除尘”工艺。	适用于造纸有机废物处理与回收。	以造纸废弃物为燃料，综合按平均值2500kcal/kg计算，通过焚烧发电，每焚烧1吨造纸废渣可发电216千瓦时。	/	在满足排放标准的前提下，与常规炉排焚烧工艺相比，垃圾净化量比烟气治理设备运行节省了相应的能耗，电耗、水等能源消耗。	每焚烧1吨废弃物，本技术可比循环流化床焚烧炉减少70千克，比机械炉排焚烧炉减少10千克。	处理废弃物排放强度低于《生活垃圾焚烧污染排放标准》(GB 18485-2014)中规定的排放限值：CO降低38%，颗粒物降低50%，NO <sub>x</sub> 降低80%，SO <sub>2</sub> 降低56%，二噁英降低50%。	相比系统设备更少，用电功率更低，折算成吨蒸汽(1.3MPa)耗电量约为10千瓦时，相比其他炉型的吨蒸汽耗电量约为13千瓦时，每吨纸废少省电3千瓦时，折合标准煤约0.915千克，减少CO <sub>2</sub> 排放量约2.379千克。	本技术焚烧废弃物的造纸平均热值2500kcal/kg，低位发热量1045兆焦(MJ)，相当于0.357吨标准煤，每焚烧1吨造纸废物可减少因燃煤产生CO <sub>2</sub> 排放量约0.9282吨。

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
18	汽液微蒸汽回收技术	蒸汽经加热设备工艺换热后产生不同压力的冷凝水，经疏水阀后流至汽液分离器缓冲罐（微负压）内，进行汽液分离；分离后的冷凝水通过疏水阀泵加压送至闪蒸回收设备，闪蒸回收蒸汽则引射至闪蒸回收装置，吸收后进入冷凝水回收罐内，再经冷凝水回收设备加压泵送至锅炉房回用或其他用水用能点。	系统工作时，蒸汽通过用汽设备换热后变成冷凝水，进入冷凝水收集装置，该收集装置采用汽液分流方式将冷凝水和闪蒸汽分别输送至冷凝水回收设备，实现全封闭回收。为防止收集装置和回收设备的背压过高而影响设备疏水装置对冷凝水和回收设备进行压力恒定调节。	适用于钢铁、化工、烟草、电力、食品、医药、石化、电子、电镀等行业未被污染的蒸汽循环回收，可用于锅炉的补充用水。	以40t/h蒸汽锅炉为例，按每天运行24小时、年运行300天计，需回收冷凝水85%计算，节能率10.2%。冷凝水及闪蒸汽回收率95%，全年平均软化水按15℃计算，可回收的冷凝水32.3吨，冷凝水回收温度100℃，节能量为1.15×10 <sup>10</sup> 焦/小时，换算为标准煤392.2千克/小时，年节约标准煤2820吨。相比传统技术设备，节能效果提高约37%。	以40t/h蒸汽锅炉为例，冷凝汽回收率95%计，每小时可回收冷凝水23256吨。相比传统技术设备，冷凝水节水量提高11%。	以40t/h蒸汽锅炉为例，每年可减少软化水处理量232560吨，按每产1吨软化水消耗0.35千克计，每年可减少再生盐使用量100.8吨。	以40t/h蒸汽锅炉为例，年减少SO <sub>2</sub> 产排量68吨，年减少NO <sub>x</sub> 产排量21吨，年减少粉尘产排量564吨。	以40t/h蒸汽锅炉为例，年节约标准煤2820吨，减少CO <sub>2</sub> 排放量约7332吨。		

序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
19	管式节能及污染物脱除装置	采用柔性凝水导流、波形凝聚增效、放电冷凝换热耦合技术，提升管式冷凝器的综合冷凝换热效果，多污染物协同脱除效率高、收水效率。优化湿法脱硫-管式冷凝器、收水效率。一体化装置紧凑型和结构参数，创新工艺设计错位喷淋、壁流再分布、强化团聚捕捉，降低系统运行阻力。构架水平衡分级测算及智能协同控制系统，实现多行业排放不同组分高温高湿烟气热量高效梯级回收和优化收水控污系统的设计和运行。	(1) 高温高湿烟气进入管式冷凝装置与冷却水进行间接换热，烟气降温析出冷凝水，并与SO <sub>3</sub> 气溶胶、石膏液滴、可溶性盐、细颗粒物等多污染物进行碰撞、团聚，烟气降温后进行排放。 (2) 管式冷凝装置底部收集含多污染物的冷凝水，处理后的冷凝水可作为工艺用水循环利用。 (3) 冷凝烟气的冷却水可使用循环水或低温除盐水，可实现余热回收或通过冷却塔进行散热。	适用于燃煤、化工、水泥、电厂、转炉、高炉等领域。	以某4×750 t/d垃圾焚烧炉烟气冷凝除湿项目为例，单台年可回收44.2万GJ热量(全年运行)，折合标准煤1.2万吨/年。	以某2×1000 MW机组烟气冷凝除湿项目为例，应用本技术后烟气温度从52℃(夏)/50℃(冬)降低至48℃(夏)/46℃(冬)，可年回收102.4万吨低温水(两季分别运行4100小时和7100小时)。	/	以某2×1000 MW机组烟气冷凝除湿项目为例，可年减少PM <sub>2.5</sub> 约203.83吨、SO <sub>2</sub> 约328.39吨。	以4×750 t/d垃圾焚烧炉烟气冷凝除湿项目为例，单台年可回收热量44.2万GJ(全年运行)，折合标准煤1.2万吨/年，年减少CO <sub>2</sub> 排放量约3.12万吨。	/	



序号	技术名称	技术主要内容	工艺路线	适用范围	节能效果	节水效果	节材效果	减污效果		降碳效果	
								产生量	排放量	节能降碳	工艺降碳
	合成DMF废水高低温精馏两级压缩机节能耦合技术	采用两级蒸汽机械再压缩技术(MVR)压缩机串联与精馏工艺耦合技术,将含二甲胺基甲酰胺(DMF)废水经资源化处理后循环利用。含DMF废水浓度15%~30%,DMF回收率≥97.5%,外排水COD <sub>Cr</sub> ≤300mg/L,氨氮≤10mg/L,总氮≤50mg/L,臭味指数(无量纲)≤2000,VOCs≤126mg/m <sup>3</sup> 。	将含DMF废水送入进料汽化器进行气化,废水中的重组分与轻组分进行分离,重组分进入釜残蒸发器蒸发,形成含DMF蒸汽进入原式水罐。轻组分以气态形式通过脱水塔、DMF精制塔、脱酸塔后产出合格的DMF产品。去除重组分和轻组分的废水经汽提塔处理合格后回用至合成企业,系统产生的废气、固废(釜残)及废液(二甲胺液)送入“三废”综合治理系统,产生的蒸汽回用至精馏系统中。整个系统的热源来自两台串联的MVR系统,外界蒸汽作为补充。	适用于行业浓度高DMF分离与综合回收治理。	行业内的精馏系统主要消耗蒸汽和电力,吨水消耗蒸汽15吨,电力消耗0.596吨,综合能耗折标煤为81.19千克标准煤/吨水。相比之下,该技术主要消耗电力和蒸汽,综合能耗折标煤为51.61千克标准煤/吨水。	该技术回收DMF后的废水,含DMF可回用至合成生产线使用,按照DMF回收率20%计,能够返用至生产线的中水为处理水量的75%。	可根据DMF废水在园区集中处理装置,将釜残和尾气进行资源化利用,减少精馏系统的换热器、泵、管道等材料。	废水可直接回用至整个合成生产线,也可纳入管网用低温精馏、DMF分解产生的二甲胺废气进入危险废物综合处理系统。	传统技术将釜残(固体废弃物)交由专业第三方进行焚烧处理,残渣总量为所处理含DMF废水总量的0.35%。该技术将釜残送入精馏系统配套工艺无害化处理,产生的蒸汽还可以返送至精馏系统,最终的残渣为处理总水量的0.1%外送填埋,减量71.4%。	节能降碳	工艺降碳
	合成DMF废水高低温精馏两级压缩机节能耦合技术	采用两级蒸汽机械再压缩技术(MVR)压缩机串联与精馏工艺耦合技术,将含二甲胺基甲酰胺(DMF)废水经资源化处理后循环利用。含DMF废水浓度15%~30%,DMF回收率≥97.5%,外排水COD <sub>Cr</sub> ≤300mg/L,氨氮≤10mg/L,总氮≤50mg/L,臭味指数(无量纲)≤2000,VOCs≤126mg/m <sup>3</sup> 。	将含DMF废水送入进料汽化器进行气化,废水中的重组分与轻组分进行分离,重组分进入釜残蒸发器蒸发,形成含DMF蒸汽进入原式水罐。轻组分以气态形式通过脱水塔、DMF精制塔、脱酸塔后产出合格的DMF产品。去除重组分和轻组分的废水经汽提塔处理合格后回用至合成企业,系统产生的废气、固废(釜残)及废液(二甲胺液)送入“三废”综合治理系统,产生的蒸汽回用至精馏系统中。整个系统的热源来自两台串联的MVR系统,外界蒸汽作为补充。	适用于行业浓度高DMF分离与综合回收治理。	行业内的精馏系统主要消耗蒸汽和电力,吨水消耗蒸汽15吨,电力消耗0.596吨,综合能耗折标煤为81.19千克标准煤/吨水。相比之下,该技术主要消耗电力和蒸汽,综合能耗折标煤为51.61千克标准煤/吨水。	该技术回收DMF后的废水,含DMF可回用至合成生产线使用,按照DMF回收率20%计,能够返用至生产线的中水为处理水量的75%。	可根据DMF废水在园区集中处理装置,将釜残和尾气进行资源化利用,减少精馏系统的换热器、泵、管道等材料。	废水可直接回用至整个合成生产线,也可纳入管网用低温精馏、DMF分解产生的二甲胺废气进入危险废物综合处理系统。	传统技术将釜残(固体废弃物)交由专业第三方进行焚烧处理,残渣总量为所处理含DMF废水总量的0.35%。该技术将釜残送入精馏系统配套工艺无害化处理,产生的蒸汽还可以返送至精馏系统,最终的残渣为处理总水量的0.1%外送填埋,减量71.4%。	节能降碳	工艺降碳

20

注:

1. 消耗1千克(kg)标准煤二氧化碳碳排放按2.6千克计。
2. 电力(等价)折算标准煤系数按0.305千克标准煤/千瓦时(kgce/kWh)计。
3. 节能降碳为单位产品综合能耗、单机能耗等降低而减少的碳排放量,工艺降碳为工艺过程改进而减少的碳排放量。

抄 送：科技部办公厅。

部内抄送：水司、大气司、气候司、土壤司、固体司。

