

附件 1

炼油行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

炼油行业是石油化学工业的龙头，关系到经济命脉和能源安全。炼油能耗主要由燃料气消耗、催化焦化、蒸汽消耗和电力消耗组成。行业规模化水平差异较大，先进产能与落后产能并存。用能主要存在中小装置规模占比较大、加热炉热效率偏低、能量系统优化不足、耗电设备能耗偏大等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，炼油能效标杆水平为 7.5 千克标准油/（吨·能量因数）、基准水平为 8.5 千克标准油/（吨·能量因数）。截至 2020 年底，我国炼油行业能效优于标杆水平的产能约占 25%，能效低于基准水平的产能约占 20%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

推动渣油浆态床加氢等劣质重油原料加工、先进分离、组分炼油及分子炼油、低成本增产烯烃和芳烃、原油直接裂解等深度炼化技术开发应用。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色工艺技术。采用智能优化技术，实现能效优化；采用先进控制技术，实现卡边控制。采用 CO 燃烧控制技术提高加热炉热效率，合理采用变频调速、液力耦合调速、永磁调速等机泵调速技术提高系统效率，采用冷再生剂循环催化裂化技术提高催化裂化反应选择性，降低能耗、催化剂消耗，采用压缩机控制优化与调节技术降低不必要压缩功消耗和不必要停车，采用保温强化节能技术降低散热损失。

2.重大节能装备。加快节能设备推广应用。采用高效空气预热器，回收烟气余热，降低排烟温度，提高加热炉热效率。开展高效换热器推广应用，通过对不同类型换热器的节能降碳效果及经济效益的分析诊断，合理评估换热设备的替代/应用效果及必要性，针对实际生产需求，合理选型高效换热器，加大沸腾传热，提高传热效率。开展高效换热器推广应用，加大沸腾传热。推动采用高效烟机，高效回收催化裂化装置再生烟气的热能和压力能等。推广加氢装置原料泵液力透平应用，回收介质压力能。

3.能量系统优化。采用装置能量综合优化和热集成方式，减少低温热产生。推动低温热综合利用技术应用，采用低温热制冷、低温热发电和热泵技术实现升级利用。推进蒸汽动力系统诊断与优化，开展考虑炼厂实际情况的蒸汽平衡配置优化，推动蒸汽动力系统、换热网络、低温热利用协同优化，减少减温减压，降低输送损耗。推进精馏系统优化及改造，采用智能优化控制系统、先进隔板精馏塔、热泵精馏、自回热精馏等技术，优化塔进料温

度、塔间热集成等，提高精馏系统能源利用效率。优化循环水系统流程，采取管道泵等方式降低循环水系统压力。新建炼厂应采用最新节能技术、工艺和装备，确保热集成、换热网络和换热效率最优。

4.氢气系统优化。加强装置间物料直供。推进炼厂氢气网络系统集成优化。采用氢夹点分析技术和数学规划法对炼厂氢气网络系统进行严格模拟、诊断与优化，推进氢气网络与用氢装置协同优化，耦合供氢单元优化、加氢装置用氢管理和氢气轻烃综合回收技术，开展氢气资源的精细管理与综合利用，提高氢气利用效率，降低氢耗、系统能耗和二氧化碳排放。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，依法依规淘汰 200 万吨/年及以下常减压装置、采用明火高温加热方式生产油品的釜式蒸馏装置等。对能效水平在基准值以下，且无法通过改造升级达到基准值以上的炼油产能，按照等量或减量置换的要求，通过上优汰劣、上大压小等方式加快退出。

三、工作目标

到 2025 年，炼油领域能效标杆水平以上产能比例达到 30%，能效基准水平以下产能加快退出，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

附件 2

乙烯行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

乙烯是石油化学工业最重要的基础原料，其发展水平是衡量国家石油化学工业发展质量的重要标志。乙烯生产工艺路线主要包括蒸汽裂解、煤/甲醇制烯烃、催化裂解等，本实施指南所指乙烯行业主要为采用蒸汽裂解工艺生产乙烯的相关装置。蒸汽裂解制乙烯主要包括裂解、急冷、压缩、分离等工序，能耗主要由燃料气消耗、蒸汽消耗和电力消耗组成。用能主要存在装置规模化水平差距较大、能效水平参差不齐、原料结构有待优化等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，乙烯能效标杆水平为 590 千克标准油/吨、基准水平为 640 千克标准油/吨。截至 2020 年底，我国蒸汽裂解制乙烯能效优于标杆水平的产能约占 20%，能效低于基准水平的产能约占总产能 30%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

推动原油直接裂解技术、电裂解炉技术开发应用。加强装备电气化与绿色能源耦合利用技术应用。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色工艺技术。采用热泵流程，将烯烃精馏塔和制冷压缩相结合，提高精馏过程热效率。采用裂解炉在线烧焦技术，推广先进减粘塔减粘技术，提高超高压蒸汽产量，减少汽提蒸汽用量。

2.重大节能装备。采用分凝分馏塔，增加气液分离效率。采用扭曲片管等裂解炉管和新型强制通风型烧嘴，降低过剩空气率，提高裂解炉热效率。采用可塑性耐火材料衬里、陶瓷纤维衬里、高温隔热漆等优质保温材料，降低热损失。采用高效吹灰器，清除对流段炉管积灰。采用裂解气压缩机段间低压力降水冷器，降低裂解气压缩机段间冷却压力降，减少压缩机功耗。选用高效转子、冷箱、换热器。推广余热利用热泵集成技术。裂解炉实施节能改造提高热效率，加强应用绿电的裂解炉装备及配套技术开发应用。

3.能量系统优化。采用先进优化控制技术，推进优化装置换热网络，提高装置整体换热效率。采用急冷油塔中间回流技术，回收急冷油塔的中间热量。采用炉管强化传热技术，提高热效率。增设空气预热器，利用乙烯等装置余热预热助燃空气，减少燃料消耗，合理回收烟道气、急冷水、蒸汽凝液等热源热量。采用低温乙烷、丙烷、液化天然气（LNG）冷能利用技术，降低装置能耗。

4.公辅设施改造。通过采取对蒸汽动力锅炉、汽轮机和空压机、鼓风机运行参数等蒸汽动力系统，以及循环水泵扬程、凝结

水回收系统进行优化改造，对氢气压缩机等动设备进行运行优化，解决低压蒸汽过剩排空、电力消耗大等问题。回收利用蒸汽凝液，集成利用低温热，采取新型材料改进保温、保冷效果。

5.原料优化调整。采用低碳、轻质、优质裂解原料，提高乙烯产品收率，降低能耗和碳排放强度。推动区域优质裂解原料资源集约集聚和优化利用，提高资源利用效率。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，加快30万吨/年以下乙烯装置淘汰退出。对能效水平在基准值以下，且无法通过节能改造达到基准值以上的乙烯装置，加快淘汰退出。

三、工作目标

到2025年，乙烯行业规模化水平大幅提升，原料结构轻质化、低碳化、优质化趋势更加明显，乙烯行业标杆产能比例达到30%以上，能效基准水平以下产能有序开展改造提升，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

附件 3

对二甲苯行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

对二甲苯是石油化学工业的重要组成部分，是连接上游石化产业与下游聚酯化纤产业的关键枢纽。对二甲苯生产装置包括预加氢、催化重整、芳烃抽提、歧化及烷基转移、二甲苯异构化、二甲苯分馏、芳烃提纯等工艺过程，能耗主要由燃料气消耗、蒸汽消耗和电力消耗组成。用能主要存在加热炉热效率低、余热利用不足、分馏塔分离效率偏低、塔顶低温热利用率低、耗电设备能效偏低等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，对二甲苯能效标杆水平为 380 千克标准油/吨、基准水平为 550 千克标准油/吨。截至 2020 年底，我国对二甲苯能效优于标杆水平的产能约占 23%，能效低于基准水平的产能约占 18%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

加强国产模拟移动床吸附分离成套（SorPX）技术，以及吸附塔格栅、模拟移动床控制系统、大型化二甲苯塔及二甲苯重沸炉等技术装置的开发应用，提高运行效率，降低装置能耗和排放。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。加强重整、歧化、异构化、对二甲苯分离等先进工艺技术的开发应用，优化提升吸附分离工艺并加强新型高效吸附剂研发，加快二甲苯液相异构化技术开发应用。加大两段重浆化结晶工艺技术和络合结晶分离技术研发应用。

2.重大节能装备。推动重整“四合一”、二甲苯再沸等加热炉及歧化、异构化反应炉优化改造，降低烟气和炉表温度。重整、歧化、异构化进出料换热器采用缠绕管换热器，重沸器和蒸汽发生器采用高通量管换热管等。采用新型高效塔板提高精馏塔分离效率，加大分（间）壁塔技术推广应用，合理选用高效空冷设备。

3.能量系统优化。优化分馏及精馏工艺参数，开展工艺物流热联合，合理设置精馏塔塔顶蒸汽发生器，塔顶物流用于加热塔底重沸器。利用夹点技术优化装置换热流程，提高能量利用率。

4.公辅设施改造。采用高效机泵，合理配置变频电机及功率。用蒸汽发生器代替空冷器，发生蒸汽供汽轮机或加热设备使用。用热媒水换热器代替空冷器，将热量供给加热设备使用或作为采暖热源。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，加快推动单系列 60 万吨/年以下规模对二甲苯装置淘汰退出。对能效水平在基准值以下，且无法通过节能改造达到基准值以上的对二甲苯装置，加快淘汰退

出。

三、工作目标

到 2025 年，对二甲苯行业装置规模化水平明显提升，能效标杆水平以上产能比例达到 50%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

附件 4

现代煤化工行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

现代煤化工是推动煤炭清洁高效利用的有效途径，对拓展化工原料来源具有积极作用，已成为石油化工行业的重要补充。本实施指南所指现代煤化工行业包括煤制甲醇、煤制烯烃和煤制乙二醇。现代煤化工行业先进与落后产能并存，企业能效差异显著。用能主要存在余热利用不足、过程热集成水平偏低、耗汽 / 耗电设备能效偏低等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，以褐煤为原料的煤制甲醇能效标杆水平为 1550 千克标准煤/吨，基准水平为 2000 千克标准煤/吨；以烟煤为原料的煤制甲醇能效标杆水平为 1400 千克标准煤/吨，基准水平为 1800 千克标准煤/吨；以无烟煤为原料的煤制甲醇能效标杆水平为 1250 千克标准煤/吨，基准水平为 1600 千克标准煤/吨。煤制烯烃（MTO 路线）能效标杆水平为 2800 千克标准煤/吨，基准水平为 3300 千克标准煤/吨。煤制乙二醇能效标杆水平为 1000 千克标准煤/吨，基准水平为 1350 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国煤制甲醇行业能效优于标杆水平的产能约占 15%，能效低于基准水平的产能约占 25%。煤制烯烃行业能效优于标杆水平的产能约占 48%，且全部产能高

于基准水平。煤制乙二醇行业能效优于标杆水平的产能约占20%，能效低于基准水平的产能约占40%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

加快研发高性能复合新型催化剂。推动自主化成套大型空分、大型空压增压机、大型煤气化炉示范应用。推动合成气一步法制烯烃、绿氢与煤化工项目耦合等前沿技术开发应用。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。加快大型先进煤气化、半/全废锅流程气化、合成气联产联供、高效合成气净化、高效甲醇合成、节能型甲醇精馏、新一代甲醇制烯烃、高效草酸酯合成及乙二醇加氢等技术开发应用。推动一氧化碳等温变换技术应用。

2.重大节能装备。加快高效煤气化炉、合成反应器、高效精馏系统、智能控制系统、高效降膜蒸发技术等装备研发应用。采用高效压缩机、变压器等高效节能设备进行设备更新改造。

3.能量系统优化。采用热泵、热夹点、热联合等技术，优化全厂热能供需匹配，实现能量梯级利用。

4.余热余压利用。根据工艺余热品位的不同，在满足工艺装置要求的前提下，分别用于副产蒸汽、加热锅炉给水或预热脱盐水和补充水、有机朗肯循环发电，使能量供需和品位相匹配。

5.公辅设施改造。根据适用场合选用各种新型、高效、低压降换热器，提高换热效率。选用高效机泵和高效节能电机，提高设

备效率。

6.废物综合利用。依托项目周边二氧化碳利用和封存条件，因地制宜开展变换等重点工艺环节高浓度二氧化碳捕集、利用及封存试点。推动二氧化碳生产甲醇、可降解塑料、碳酸二甲酯等产品。加强灰、渣资源化综合利用。

7.全过程精细化管理。强化现有工艺和设备运行维护，加强煤化工企业全过程精细化管理，减少非计划启停车，确保连续稳定高效运行。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，对能效水平在基准值以下，且无法通过节能改造达到基准值以上的煤化工产能，加快淘汰退出。

三、工作目标

到 2025 年，煤制甲醇、煤制烯烃、煤制乙二醇行业达到能效标杆水平以上产能比例分别达到 30%、50%、30%，基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

附件 5

合成氨行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

合成氨用途较为广泛，除用于生产氮肥和复合肥料以外，还是无机和有机化学工业的重要基础原料。不同原料的合成氨工艺路线有差异，主要包括原料气制备、原料气净化、CO 变换、氨合成、尾气回收等工序。能耗主要由原料气消耗、燃料气消耗、煤炭消耗、蒸汽消耗和电力消耗组成。合成氨行业规模化水平差异较大，不同企业能效差异显著。用能主要存在能量转换效率偏低、余热利用不足等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，以优质无烟块煤为原料的合成氨能效标杆水平为 1100 千克标准煤/吨，基准水平为 1350 千克标准煤/吨；以非优质无烟块煤、型煤为原料的合成氨能效标杆水平为 1200 千克标准煤/吨，基准水平为 1520 千克标准煤/吨；以粉煤为原料的合成氨能效标杆水平为 1350 千克标煤/吨，基准水平为 1550 千克标煤/吨；以天然气为原料的合成氨能效标杆水平为 1000 千克标煤/吨，基准水平为 1200 千克标煤/吨。截至 2020 年底，我国合成氨行业能效优于标杆水平的产能约占 7%，能效低于基准水平的产能约占 19%。

二、工作方向

（一）加强前沿引领技术开发应用，培育标杆示范企业。

开展绿色低碳能源制合成氨技术研究和示范。示范 6.5 兆帕及以上的干煤粉气化技术，提高装置气化效率；示范、优化并适时推广废锅或半废锅流程回收高温煤气余热副产蒸汽，替代全激冷流程煤气降温技术，提升煤气化装置热效率。

（二）加快成熟工艺装备普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。优化合成氨原料结构，增加绿氢原料比例。选择大型化空分技术和先进流程，配套先进控制系统，降低动力能耗。加大可再生能源生产氨技术研究，降低合成氨生产过程碳排放。

2.重大节能装备。提高传质传热和能量转换效率，提高一氧化碳变换，用等温变换炉取代绝热变换炉。涂刷反辐射和吸热涂料，提高一段炉的热利用率。采用大型高效压缩机，如空分空压机及增压机、合成气压缩机等，采用蒸汽透平直接驱动，推广采用电驱动，提高压缩效率，避免能量转换损失。

3.能量系统优化。优化气化炉设计，增设高温煤气余热废热锅炉副产蒸汽系统。优化二氧化碳气提尿素工艺设计，增设中压系统。

4.余热余压利用。在满足工艺装置要求的前提下，根据工艺余热品位不同，分别用于副产蒸汽、加热锅炉给水或预热脱盐水和补充水、有机朗肯循环发电，实现能量供需和品位相匹配。

5.公辅设施改造。根据适用场合选用各种新型、高效、低压降

换热器，提高换热效率。选用高效机泵和高效节能电机，提高设备效率。采用性能好的隔热、保冷材料加强设备和管道保温。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，加快淘汰高温煤气洗涤水在开式冷却塔中与空气直接接触冷却工艺技术，大幅减少含酚氰氨大气污染物排放。

三、工作目标

到 2025 年，合成氨行业能效标杆水平以上产能比例达到 15%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

附件 6

电石行业节能降碳改造升级实施指南

一、行业能效基本情况

电石是重要的基础化工原料，主要用于聚氯乙烯、1,4-丁二醇、醋酸乙烯、氰氨化钙、氯丁橡胶等领域。电石能耗主要由炭材（焦炭、兰炭）消耗和电力消耗组成。用能主要存在炭材使用量较大、电石炉电耗偏高、资源综合利用水平较低、余热利用不足等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，电石能效标杆水平为 805 千克标准煤/吨、基准水平为 940 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国电石行业能效优于标杆水平的产能约占 3%，能效低于基准水平的产能约占 25%。

二、节能降碳的工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

加强电石显热回收及高效利用技术研发和推广应用，降低单位电石产品综合能耗。加快氧热法、电磁法等电石生产新工艺开发，适时建设中试及工业化装置。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。促进热解球团生产电石新工艺推广应用，降低电石冶炼的单位产品工艺电耗和综合能耗。加强电石显热回收

利用技术研发应用，加强氧热法、电磁法等电石生产新工艺开发应用。推进电石炉采用高效保温材料，有效减少电石炉体热损失，降低电炉电耗。

2.资源综合利用。采用化学合成法制乙二醇、甲醇等技术工艺，推动电石炉气资源综合利用改造。推动电石显热资源利用技术。

3.余热余压利用。推广先进余热回收技术，使用热管技术回收电石炉气余热用于发电。回收利用石灰窑废气余热作为炭材烘干装置热源，回收电石炉净化灰作为炭材烘干装置补充燃料，提高余热利用水平。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，淘汰内燃式电石炉，引导长期停产的无效电石产能主动退出。对能效水平在基准值以下，且无法通过节能改造达到基准值以上的生产装置，加快淘汰退出。

三、工作目标

到 2025 年，电石领域能效标杆水平以上产能比例达到 30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

附件 7

烧碱行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

烧碱广泛应用于石油化工、医药、轻工、纺织、建材、冶金等领域。烧碱能耗主要为电力消耗。用能主要体现在管理运行方面，存在装备水平和原料电耗相似但用能存在较大差异、余热利用不足等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，离子膜法液碱（ $\geq 30\%$ ）能效标杆水平为 315 千克标准煤/吨，基准水平为 350 千克标准煤/吨；离子膜法液碱（ $\geq 45\%$ ）能效标杆水平为 420 千克标准煤/吨，基准水平为 470 千克标准煤/吨；离子膜法固碱（ $\geq 98\%$ ）能效标杆水平为 620 千克标准煤/吨，基准水平为 685 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国烧碱行业能效优于标杆水平的产能约占 15%，能效低于基准水平的产能约占 25%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

加强储氢燃料电池发电集成装置研发和应用，探索氯碱—氢能—绿电自用新模式。加强烧碱蒸发和固碱加工先进技术研发应用。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。开展膜极距技术改造升级。推动离子膜法烧碱装置进行膜极距离子膜电解槽改造升级。推动以高浓度烧碱和固片碱为主要产品的烧碱企业实施多效蒸发节能改造升级。

2.资源优化利用。促进可再生能源与氯碱用能相结合，推动副产氢气高值利用技术改造。在满足氯碱生产过程中碱、氯、氢平衡的基础上，采用先进制氢和氢处理技术，优化副产氢气下游产品类别。

3.余热余压利用。开展氯化氢合成炉升级改造，提高氯化氢合成余热利用水平。开展工艺优化和精细化管理，提升水、电、汽管控水平，提高资源利用效率。

4.公辅设施改造。开展针对蒸汽系统、循环水系统、制冷制暖系统、空压系统、电机系统、输配电系统等公用工程系统能效提升改造，提升用能效率。

三、工作目标

到 2025 年，烧碱领域能效标杆水平以上产能比例达到 40%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

附件 8

纯碱行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

纯碱是重要的基础化工原料，主要用于玻璃、无机盐、洗涤用品、冶金和轻工食品等领域。纯碱用能主要存在原料结构有待优化、节能装备有待更新、余热利用不足等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，氨碱法（轻质）纯碱能效标杆水平为 320 千克标准煤/吨，基准水平为 370 千克标准煤/吨；联碱法（轻质）纯碱能效标杆水平为 160 千克标准煤/吨，基准水平为 245 千克标准煤/吨；氨碱法（重质）纯碱能效标杆水平为 390 千克标准煤/吨，基准水平为 420 千克标准煤/吨；联碱法（重质）纯碱能效标杆水平为 210 千克标准煤/吨，基准水平为 295 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国纯碱行业能效优于标杆水平的产能约占 36%，能效低于基准水平的产能约占 10%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

加强一步法重灰技术、重碱离心机过滤技术、重碱加压过滤技术、回转干铵炉技术等开发应用。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。加大热法联碱工艺、湿分解小苏打工艺、井下循环制碱工艺、氯化铵干燥气循环技术、重碱二次分离技术等推广应用。

2.重大节能装备。采用带式过滤机替代转鼓过滤机，推广粉体流凉碱设备、大型碳化塔、水平带式过滤机、大型冷盐析结晶器、大型煅烧炉、高效尾气吸收塔等设备，推动老旧装置开展节能降碳改造升级。

3.余热余压利用。采用煅烧炉气余热、蒸汽冷凝水余热利用等节能技术进行改造。推动具备条件的联碱企业采用副产蒸汽的大型水煤浆气化炉进行改造，副产蒸汽用于纯碱生产。

4.原料优化利用。开展原料优化改造升级，加大天然碱矿藏开发利用，提高天然碱产能占比，降低产品能耗。

三、工作目标

到 2025 年，纯碱领域能效标杆水平以上产能比例达到 50%，基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强，

附件 9

磷铵行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

磷铵是现代农业的重要支撑，对保障国家粮食生产、食品安全等具有重要作用。磷铵能耗主要由燃料气消耗、蒸汽消耗和电力消耗组成。用能主要存在生产工艺落后、余热利用不足、过程热集成水平偏低、耗电设备能耗偏大等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《关于发布〈高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）〉的通知》，采用传统法（粒状）的磷酸一铵能效标杆水平为 255 千克标准煤/吨，基准水平为 275 千克标准煤/吨；采用传统法（粉状）的磷酸一铵能效标杆水平为 240 千克标准煤/吨，基准水平为 260 千克标准煤/吨；采用料浆法（粒状）的磷酸一铵能效标杆水平为 170 千克标准煤/吨，基准水平为 190 千克标准煤/吨；采用料浆法（粉状）磷酸一铵能效标杆水平为 165 千克标准煤/吨，基准水平为 185 千克标准煤/吨；采用传统法（粒状）的磷酸二铵能效标杆水平为 250 千克标准煤/吨，基准水平为 275 千克标准煤/吨；采用料浆法（粒状）的磷酸二铵能效标杆水平为 185 千克标准煤/吨，基准水平为 200 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国磷铵行业能效优于标杆水平的产能约占 20%，能

效低于基准水平的产能约占 55%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

开发硝酸法磷肥、工业磷酸一铵及联产净化磷酸技术，节约硫资源，不产生磷石膏。开发利用中低品位磷矿生产农用聚磷酸铵及其复合肥料技术。开发尾矿和渣酸综合利用技术，制备聚磷酸钙镁、聚磷酸铵钙镁等产品。推动磷肥工艺与废弃生物质资源化利用技术耦合，生产新型有机磷铵产品。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。加强磷铵先进工艺技术的开发和应用。采用半水-二水法/半水法湿法磷酸工艺改造现有二水法湿法磷酸生产装置，推进单（双）管式反应器生产工艺改造。开发新型综合选矿技术、选矿工艺及技术装备，研制使用选择性高、专属性强、环境友好的高效浮选药剂。开发新型磷矿酸解工艺，提高磷得率。发展含中微量元素水溶性磷酸一铵、有机无机复合磷酸一铵等新型磷铵产品。

2.能量系统优化。提升磷酸选矿、萃取、过滤工艺水平，强化过程控制，优化工艺流程和设备配置，降低磷铵单位产品能耗。采用磷铵料浆三效蒸发浓缩工艺改造现有两效蒸发浓缩工艺，提高磷酸浓缩、磷铵料浆浓缩效率，降低蒸汽消耗。

3.余热余压利用。采用能源回收技术，建设低温位热能回收装置，余热用于副产蒸汽、加热锅炉给水或预热脱盐水和补充水、

有机朗肯循环发电。

4.公辅设施改造。根据不同适用场合选用各种新型、高效、低压降换热器，提高换热效率。选用高效机泵和高效节能电机，提高设备效率。采用性能好的隔热材料加强设备和管道保温。

三、工作目标

到 2025 年，本领域能效标杆水平以上产能比例达到 30%，能效基准水平以下产能低于 30%，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

黄磷行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

黄磷是磷化工产业（不含磷肥）重要基础产品，主要用于生产磷酸、三氯化磷等磷化物。黄磷能耗主要由电力消耗和焦炭消耗组成。用能主要存在原料品位低导致电耗升高、尾气综合利用不足、热能利用不充分等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，黄磷能效标杆水平为 2300 千克标准煤/吨，基准水平 2800 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国黄磷行业能效优于标杆水平的产能约占 25%，能效低于基准水平的产能约占 30%。

二、工作方向

（一）加强前沿技术开发应用，培育标杆示范企业。

推动磷化工制黄磷与煤气化耦合创新，对还原反应炉、燃烧器等关键技术装备进行工业化验证，提高中低品位磷矿资源利用率，通过磷-煤联产加快产业创新升级。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。加快推广黄磷尾气烧结中低品位磷矿及粉矿技术，提升入炉原料品位，降低耗电量。加快磷炉气干法除尘及其泥磷连续回收技术应用。推广催化氧化法和变温变压吸附法净

化、提纯磷炉尾气，用于生产化工产品。

2.能量系统优化。采用高绝热性材料优化黄磷炉炉体，减少热量损失。

3.余热余压利用。磷炉尾气用于原料干燥与泥磷回收，回收尾气燃烧热用于产生蒸汽及发电。

三、工作目标

到 2025 年，黄磷领域能效标杆水平以上产能比例达到 30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

水泥行业节能降碳改造升级实施制指南

一、基本情况

水泥行业是我国国民经济发展的重要基础原材料产业，其产品广泛应用于土木建筑、水利、国防等工程，为改善民生、促进国家经济建设和国防安全起到了重要作用。水泥生产过程中需要消耗电、煤炭等能源。我国水泥生产企业数量众多，因不同水泥企业发展阶段不一样，生产能耗水平和碳排放水平差异较大，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，水泥熟料能效标杆水平为 100 千克标准煤/吨，基准水平 117 千克标准煤/吨。按照电热当量计算法，截至 2020 年底，水泥行业能效优于标杆水平的产能约占 5%，能效低于基准水平的产能约占 24%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

积极开展水泥行业节能低碳技术发展路线研究，加快研发超低能耗标杆示范新技术、绿色氢能煅烧水泥熟料关键技术、新型固碳胶凝材料制备及窑炉尾气二氧化碳利用关键技术、水泥窑炉烟气二氧化碳捕集与纯化催化转化利用关键技术等重大关键性节

能低碳技术，加大技术攻关力度，加快先进适用节能低碳技术产业化应用，促进水泥行业进一步提升能源利用效率。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.推广节能技术应用。推动采用低阻高效预热预分解系统、第四代篦冷机、模块化节能或多层复合窑衬、气凝胶、窑炉专家优化智能控制系统等技术，进一步提升烧成系统能源利用效率。推广大比例替代燃料技术，利用生活垃圾、固体废弃物和生物质燃料等替代煤炭，减少化石燃料的消耗量，提高水泥窑协同处置生产线比例。推广分级分别高效粉磨、立磨/辊压机高效料床终粉磨、立磨煤磨等制备系统改造，降低粉磨系统单位产品电耗。推广水泥碳化活性熟料开发及产业化应用技术，推动水泥厂高效节能风机/电机、自动化、信息化、智能化系统技术改造，提高生产效率和生产管理水平。

2.加强清洁能源原燃料替代。建立替代原燃材料供应支撑体系，加大清洁能源使用比例，支持鼓励水泥企业利用自有设施、场地实施余热余压利用、替代燃料、分布式发电等，努力提升企业能源“自给”能力，减少对化石能源及外部电力依赖。

3.合理降低单位水泥熟料用量。推动以高炉矿渣、粉煤灰等工业固体废物为主要原料的超细粉替代普通混合材，提高水泥粉磨过程中固废资源替代熟料比重，降低水泥产品中熟料系数，减少水泥熟料消耗量，提升固废利用水平。合理推动高贝特水泥、石灰石煅烧黏土低碳水泥等产品的应用。

4.合理压减水泥工厂排放。推广先进过滤材料、低氮分级分区燃烧和成熟稳定高效的脱硫、脱硝、除尘技术及装备，推动水泥行业全流程、全环节超低排放。

三、工作目标

到 2025 年，水泥行业能效标杆水平以上的熟料产能比例达到 30%，能效基准水平以下熟料产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

平板玻璃行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

玻璃行业是我国国民经济发展的重要基础原材料产业。玻璃生产过程中需要消耗燃料油、煤炭、天然气等能源。我国不同平板玻璃企业生产能耗水平和碳排放水平差异较大，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，平板玻璃（生产能力>800 吨/天）能效标杆水平为 8 千克标准煤/重量箱，基准水平 12 千克标准煤/重量箱，平板玻璃（ $500 \leq \text{生产能力} \leq 800$ 吨/天）能效标杆水平为 9.5 千克标准煤/重量箱，基准水平 13.5 千克标准煤/重量箱。截至 2020 年底，平板玻璃行业能效优于标杆水平的产能占比小于 5%，能效低于基准水平的产能约占 8%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

研究玻璃行业节能降碳技术发展方向，加快研发玻璃熔窑利用氢能成套技术及装备、浮法玻璃工艺流程再造技术、玻璃熔窑窑外预热工艺及成套技术与装备、大型玻璃熔窑大功率“火-电”复合熔化技术、玻璃窑炉烟气二氧化碳捕集提纯技术、浮法玻璃

低温熔化技术等，加大技术攻关力度，加快先进适用节能低碳技术产业化应用，进一步提升玻璃行业能源使用效率。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.推广节能技术应用。采用玻璃熔窑全保温、熔窑用红外高辐射节能涂料等技术，提高玻璃熔窑能源利用效率，提升窑炉的节能效果，减少燃料消耗。采用玻璃熔窑全氧燃烧、纯氧助燃工艺技术及装备，优化玻璃窑炉、锡槽、退火窑结构和燃烧控制技术，提高热效率，节能降耗。采用配合料块化、粒化和预热技术，调整配合料配方，控制配合料的气体率，调整玻璃体氧化物组成，开发低熔化温度的料方，减少玻璃原料中碳酸盐组成，降低熔化温度，减少燃料的用量，降低二氧化碳排放。推广自动化配料、熔窑、锡槽、退火窑三大热工智能化控制，熔化成形数字仿真，冷端优化控制、在线缺陷检测、自动堆垛铺纸、自动切割分片、智能仓储等数字化、智能化技术，推动玻璃生产全流程智能化升级。

2.加强清洁能源原燃料替代。建立替代原燃材料供应支撑体系，支持有条件的平板玻璃企业实施天然气、电气化改造提升，推动平板玻璃行业能源消费逐步转向清洁能源为主。大力推进能源的节约利用，不断提高能源精益化管理水平。加大绿色能源使用比例，鼓励平板玻璃企业利用自有设施、场地实施余热余压利用、分布式发电等，提升企业能源“自给”能力，减少对化石能源及外部电力依赖。

3.合理压减终端排放。研发玻璃生产超低排放工艺及装备，探索推动玻璃行业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物全过程达到超低排放。

三、工作目标

到 2025 年，玻璃行业能效标杆水平以上产能比例达到 20%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

建筑、卫生陶瓷行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

建筑、卫生陶瓷行业是我国国民经济的重要组成部分，是改善民生、满足人民日益增长的美好生活需要不可或缺的基础制造业。建筑、卫生陶瓷生产过程中需要消耗煤、天然气、电力等能源。我国不同建筑、卫生陶瓷企业生产能耗水平和碳排放水平差异较大，单位产品综合能耗差距较大、能源管控水平参差不齐，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，吸水率 $\leq 0.5\%$ 的陶瓷砖能效标杆水平为 4 千克标准煤/平方米，基准水平为 7 千克标准煤/平方米； $0.5\% < \text{吸水率} \leq 10\%$ 的陶瓷砖能效标杆水平为 3.7 千克标准煤/平方米，基准水平为 4.6 千克标准煤/平方米；吸水率 $> 10\%$ 的陶瓷砖能效标杆水平为 3.5 千克标准煤/平方米，基准水平为 4.5 千克标准煤/平方米；卫生陶瓷能效标杆水平为 300 千克标准煤/吨，基准水平为 630 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，建筑、卫生陶瓷行业能效优于标杆水平的产能占比小于 5%，能效低于基准水平的产能占比小于 5%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

研究建筑、卫生陶瓷应用电能、氢能、富氧燃烧等新型烧成技术及装备，能耗智能监测和节能控制技术及装备。建筑陶瓷研发电烧辊道窑、氢燃料辊道窑烧成技术与装备，微波干燥技术及装备。卫生陶瓷研发 3D 打印母模开发技术和装备。加大技术攻关力度，加快先进适用节能低碳技术产业化应用，促进陶瓷行业进一步提升能源利用效率，减少碳排放。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.推广节能技术应用。建筑陶瓷推广干法制粉工艺技术，连续球磨工艺技术，薄型建筑陶瓷（包含陶瓷薄板）制造技术，原料标准化管理与制备技术，陶瓷砖（板）低温快烧工艺技术，节能窑炉及高效烧成技术，低能及余热的高效利用技术等绿色低碳功能化建筑陶瓷制备技术。卫生陶瓷推广压力注浆成形技术与装备，智能釉料喷涂技术与装备，高强石膏模具制造技术、高强度微孔塑料模具材料及制作技术，高效节能烧成和微波干燥、少空气干燥技术，窑炉余热综合规划管理应用技术等卫生陶瓷制造关键技术。

2.加强清洁能源原燃料替代。建立替代原燃材料供应支撑体系，推动建筑、卫生陶瓷行业能源消费结构逐步转向使用天然气等清洁能源，加大绿色能源使用比例，支持鼓励建筑、卫生陶瓷企业利用自有设施、场地实施太阳能利用、余热余压利用、分布式发电等，努力提升企业能源自给能力，减少对化石能源及外部电力依赖。

3.合理压减终端排放。通过多污染物协同治理技术、低温余热循环回收利用技术等，实现颗粒物、二氧化硫、氮氧化物减排；通过低品位原料、固体废弃物资源化利用技术与环保设备的改造升级，实现与相关产业协同碳减排的目的。

三、工作目标

到 2025 年，建筑、卫生陶瓷行业能效标杆水平以上的产能比例均达到 30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅增强。

钢铁行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

钢铁工业是我国国民经济发展不可替代的基础原材料产业，是建设现代化强国不可或缺的重要支撑。我国钢铁工业以高炉-转炉长流程生产为主，一次能源消耗结构主要为煤炭，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，高炉工序能效标杆水平为 361 千克标准煤/吨、基准水平为 435 千克标准煤/吨；转炉工序能效标杆水平为-30 千克标准煤/吨、基准水平为-10 千克标准煤/吨；电弧炉冶炼（30 吨<公称容量<50 吨）能效标杆水平为 67 千克标准煤/吨、基准水平为 86 千克标准煤/吨，电弧炉冶炼（公称容量≥50 吨）能效标杆水平为 61 千克标准煤/吨、基准水平为 72 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国钢铁行业高炉工序能效优于标杆水平的产能约占 4%，能效低于基准水平的产能约占 30%；转炉工序能效优于标杆水平的产能约占 6%，能效低于基准水平的产能约占 30%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

重点围绕副产焦炉煤气或天然气直接还原炼铁、高炉大富氧

或富氢冶炼、熔融还原、氢冶炼等低碳前沿技术，加大废钢资源回收利用，加强技术源头整体性的基础理论研究和产业创新发展，开展产业化试点示范。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。推广烧结烟气内循环、高炉炉顶均压煤气回收、转炉烟一次烟气干法除尘等技术改造。推广铁水一罐到底、薄带铸轧、铸坯热装热送、在线热处理等技术，打通、突破钢铁生产流程工序界面技术，推进冶金工艺紧凑化、连续化。加大熔剂性球团生产、高炉大比例球团矿冶炼等应用推广力度。开展绿色化、智能化、高效化电炉短流程炼钢示范，推广废钢高效回收加工、废钢余热回收、节能型电炉、智能化炼钢等技术。推动能效低、清洁生产水平低、污染物排放强度大的步进式烧结机、球团竖炉等装备逐步改造升级为先进工艺装备，研究推动独立烧结（球团）和独立热轧等逐步退出。

2.余热余能梯级综合利用。进一步加大余热余能的回收利用，重点推动各类低温烟气、冲渣水和循环冷却水等低品位余热回收，推广电炉烟气余热、高参数发电机组提升、低温余热有机朗肯循环（ORC）发电、低温余热多联供等先进技术，通过梯级综合利用实现余热余能资源最大限度回收利用。加大技术创新，鼓励支持电炉、转炉等复杂条件下中高温烟气余热、冶金渣余热高效回收及综合利用工艺技术装备研发应用。

3.能量系统优化。研究应用加热炉、烘烤钢包、钢水钢坯厂内

运输等数字化、智能化管控措施，推动钢铁生产过程的大物流、大能量流协同优化。全面普及应用能源管控中心，强化能源设备的管理，加强能源计量器具配备和使用，推动企业能源管理数字化、智能化改造。推进各类能源介质系统优化、多流耦合微型分布式能源系统、区域能源利用自平衡等技术研究应用。

4.能效管理智能化。进一步推进 5G、大数据、人工智能、云计算、互联网等新一代信息技术在能源管理的创新应用，鼓励研究开发能效机理和数据驱动模型，建立设备、系统、工厂三层级能效诊断系统，通过动态可视精细管控实现核心用能设备的智能化管控、生产工艺智能耦合节能降碳、全局层面智能调度优化及管控、能源与环保协同管控，推动能源管理数字化、网络化、智能化发展，提升整体能效水平。

5.通用公辅设施改造。推广应用高效节能电机、水泵、风机产品，提高使用比例。合理配置电机功率，实现系统节电。提升企业机械化自动化水平。开展压缩空气集中群控智慧节能、液压系统伺服控制节能、势能回收等先进技术研究应用。鼓励企业充分利用大面积优质屋顶资源，以自建或租赁方式投资建设分布式光伏发电项目，提升企业绿电使用比例。

6.循环经济低碳改造。重点推广钢渣微粉生产应用以及含铁含锌尘泥的综合利用，提升资源化利用水平。鼓励开展钢渣微粉、钢铁渣复合粉技术研发与应用，提高水泥熟料替代率，加大钢渣颗粒透水型高强度沥青路面技术、钢渣固碳技术研发与应用力

度，提高钢渣循环经济价值。推动钢化联产，依托钢铁企业副产煤气富含的大量氢气和一氧化碳资源，生产高附加值化工产品。开展工业炉窑烟气回收及利用二氧化碳技术的示范性应用，推动产业化应用。

三、工作目标

到 2025 年，钢铁行业炼铁、炼钢工序能效标杆水平以上产能比例达到 30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

焦化行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

焦化行业在我国经济建设中不可或缺，其产品焦炭是长流程高炉炼铁必不可少的燃料和还原剂。焦化工序是能源转化工序，消耗的能源主要有洗净煤、高炉煤气、焦炉煤气等。焦化行业面临着能耗高、污染大等问题，节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，顶装焦炉工序能效标杆水平为 110 千克标准煤/吨、基准水平为 135 千克标准煤/吨；捣固焦炉工序能效标杆水平为 110 千克标准煤/吨、基准水平为 140 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，焦化行业能效优于标杆水平的产能约占 2%，能效低于基准水平的产能约占 40%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

发挥焦炉煤气富氢特性，有序推进氢能发展利用，研究开展焦炉煤气重整直接还原炼铁工程示范应用，实现与现代煤化工、冶金、石化等行业的深度产业融合，减少终端排放，促进全产业链节能降碳。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.绿色技术工艺。重点推动高效蒸馏、热泵等先进节能工艺技术应用。加快推进焦炉精准加热自动控制技术普及应用，实现焦炉加热燃烧过程温度优化控制，降低加热用煤气消耗。加大煤调湿技术研究应用力度，降低对生产工艺影响。

2.余热余能回收。进一步加大余热余能的回收利用，推广应用干熄焦、上升管余热回收、循环氨水及初冷器余热回收、烟道气余热回收等先进适用技术，研究焦化系统多余热耦合优化。

3.能量系统优化。研究开发焦化工艺流程信息化、智能化技术，建立智能配煤系统，完善能源管控体系，建设能源管控中心，加大自动化、信息化、智能化管控技术在生产组织、能源管理、经营管理中的应用。

4.循环经济改造。推广焦炉煤气脱硫废液提盐、制酸等高效资源化利用技术，解决废弃物污染问题。利用现有炼焦装备和产能，研究加强焦炉煤气高效综合利用，延伸焦炉煤气利用产业链条，开拓焦炉煤气应用新领域。

5.公辅设施改造。提高节能型水泵、永磁电机、永磁调速、开关磁阻电机等高效节能产品使用比例，合理配置电机功率，系统节约电能。鼓励利用焦化行业的低品质热源用于周边城镇供暖。

三、工作目标

到 2025 年，焦化行业能效标杆水平以上产能比例超过 30%，能效基准水平以下产能基本清零，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

铁合金行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

铁合金行业是我国冶金工业的重要组成部分。铁合金消耗的主要能源为电力、焦炭，铁合金行业总体能耗量较大、企业间能效水平差距较大，行业节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，硅铁铁合金单位产品能效标杆水平为 1770 千克标准煤/吨、基准水平为 1900 千克标准煤/吨；锰硅铁合金单位产品能效标杆水平为 860 千克标准煤/吨、基准水平为 950 千克标准煤/吨；高碳铬铁铁合金单位产品能效标杆水平为 710 千克标准煤/吨、基准水平为 800 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，我国铁合金行业能效优于标杆水平的产能约占 4%，能效低于基准水平的产能约占 30%。

二、工作方向

（一）加强先进技术攻关，培育标杆示范企业。

加大新技术的推广应用，鼓励采用炉料预处理、原料精料入炉，提高炉料热熔性能，减少熔渣能源消耗。推广煤气干法除尘、组合式把持器、无功补偿及电压优化、变频调速等先进适用技术。研究开发熔融还原、等离子炉冶炼、连铸连破等新技术，

提升生产效率、降低能耗。

（二）加快成熟工艺普及推广，有序推动改造升级。

1.工艺技术装备升级。加快推进工艺技术装备升级，新（改、扩）建硅铁、工业硅矿热炉须采用矮烟罩半封闭型，锰硅合金、高碳锰铁、高碳铬铁、镍铁矿热炉采用全封闭型，容量 ≥ 25000 千伏安，同步配套余热发电和煤气综合利用设施。支持产能集中的地区制定更严格的淘汰落后标准，研究对 25000 千伏安以下的普通铁合金电炉以及不符合安全环保生产标准的半封闭电炉实施升级改造，提高技术装备水平。加强能源管理中心建设，实施电力负荷管理，加大技术改造推进电炉封闭化、自动化、智能化，提升生产、能源智能管控一体化水平。

2.节能减排新技术。以节能降耗、综合利用为重点，重点推广应用回转窑窑尾烟气余热发电等技术，推进液态热熔渣直接制备矿渣棉示范应用，实现废渣的余热回收和综合利用。逐步推广冶金工业尾气制燃料乙醇、饲料蛋白技术，实现二氧化碳捕捉利用。开展炉渣、硅微粉生产高附加值产品的综合利用新技术研发。

三、工作目标

到 2025 年，铁合金行业能效标杆水平以上产能比例达到 30%，硅铁、锰硅合金能效基准水平以下产能基本清零，高碳铬铁节能降碳升级改造取得显著成效，行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。

有色金属冶炼行业节能降碳改造升级实施指南

一、基本情况

有色金属工业是国民经济的重要基础产业，是实现制造强国的重要支撑。随着节能降碳技术的推广应用，有色金属行业清洁生产水平和能源利用效率不断提升，但仍然存在不少突出问题。如企业间单位产品综合能耗差距较大、能源管控水平参差不齐、通用设备能效水平差距明显，行业节能降碳改造升级潜力较大。

根据《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》，铜冶炼工艺（铜精矿-阴极铜）能效标杆水平为 260 千克标准煤/吨，基准水平为 380 千克标准煤/吨。电解铝铝液交流电耗标杆水平为 13000 千瓦时/吨，基准水平为 13350 千瓦时/吨。铅冶炼粗铅工艺能效标杆水平为 230 千克标准煤/吨，基准水平为 300 千克标准煤/吨。锌冶炼湿法炼锌工艺电镀锌锭（有浸出渣火法处理工艺）（精矿-电镀锌锭）能效标杆水平为 1100 千克标准煤/吨，基准水平为 1280 千克标准煤/吨。截至 2020 年底，铜冶炼行业能效优于标杆水平产能约占 40%，能效低于基准水平的产能约占 10%。电解铝能效优于标杆水平产能约占 10%，能效低于基准水平的产能约占 20%。铅冶炼行业能效优于标杆水平产能约占 40%，能效低于基准水平的产能约占 10%。锌冶炼行业能效优于

标杆水平产能约占 30%，能效低于基准水平的产能约占 15%。

二、工作方向

（一）加强先进技术开发，培育标杆示范企业。

针对铜、铝、铅、锌等重点品种的关键领域和环节，开展高质量阳极技术、电解槽综合能源优化、数字化智能电解槽、铜冶炼多金属回收及能源高效利用、铅冶炼能源系统优化、锌湿法冶金多金属回收、浸出渣资源化利用新技术等一批共性关键技术的研发应用。探索一批铝电解惰性阳极、新型火法炼锌技术等低碳零碳颠覆性技术，建设一批示范性工程，培育打造一批行业认同、模式先进、技术领先、带动力强的标杆企业，引领行业绿色低碳发展。

（二）稳妥推进改造升级，提升行业能效水平。

1.推广应用先进适用技术。电解铝领域重点推动电解铝新型稳流保温铝电解槽节能改造、铝电解槽大型化、电解槽结构优化与智能控制、铝电解槽能量流优化及余热回收等节能低碳技术改造，鼓励电解铝企业提升清洁能源消纳能力。铜、铅、锌冶炼领域重点推动短流程冶炼、旋浮炼铜、铜阳极纯氧燃烧、液态高铅渣直接还原、高效湿法锌冶炼技术、锌精矿大型化焙烧技术、赤铁矿法除铁炼锌工艺、多孔介质燃烧技术、侧吹还原熔炼粉煤浸没喷吹技术等节能低碳技术改造。建设一批企业能源系统优化控制中心，实现能源合理调度、梯级利用，减少能源浪费；淘汰能耗高的风机、水泵、电机等用能设备，推进通用设备升级换代。

2.合理压减终端排放。结合电解铝和铜铅锌冶炼工艺特点、实施节能降碳和污染物治理协同控制。围绕赤泥、尾矿，以及铝灰、大修渣、白烟尘、砷滤饼、酸泥等固体废物，积极开展无害化处置利用技术开发和推广。推动实施铝灰资源化、赤泥制备陶粒、锌浸出渣无害化处置、赤泥生产复合材料、赤泥高性能掺合料、电解铝大修渣资源化及无害化处置等先进适用技术改造，提高固废处置利用规模和能力。

3.创新工艺流程再造。加快推进跨行业的工艺、技术和流程协同发展，形成更多创新低碳制造工艺和流程再造，实现绿色低碳发展。鼓励有色、钢铁和建材等企业间区域流程优化整合，实现流程再造，推进跨行业相融发展，形成跨行业协调降碳新模式。

（三）严格政策约束，淘汰落后低效产能。

严格执行节能、环保、质量、安全技术等相关法律法规和《产业结构调整指导目录》等政策，坚决淘汰落后生产工艺、技术、设备。

三、工作目标

到 2025 年，通过实施节能降碳技术改造，铜、铝、铅、锌等重点产品能效水平进一步提升。电解铝能效标杆水平以上产能比例达到 30%，铜、铅、锌冶炼能效标杆水平以上产能比例达到 50%，4 个行业能效基准水平以下产能基本清零，各行业节能降碳效果显著，绿色低碳发展能力大幅提高。