

重型机械行业节能降碳行动方案

中国重型机械工业协会

2023年4月20日

目 录

1. 总体要求.....	1
(1) 指导思想.....	1
(2) 基本原则.....	1
(3) 主要目标.....	2
2. 重点任务.....	3
2.1 冶金机械、重型锻压机械和大型铸锻件.....	3
2.1.1 冶金机械、重型锻压机械.....	3
2.1.1.1 加快绿色低碳生产转型升级.....	3
2.1.1.2 加快先进高效的节能降碳重大技术和产品 推广应用.....	5
2.1.1.3 加强重点领域节能降碳技术研究开发.....	6
2.1.1.4 推进行业上下游、跨领域协同降碳.....	8
2.1.2 大型铸锻件.....	9
2.1.2.1 加快大型铸锻件先进节能降碳技术应用推广.....	9
2.1.2.2 加快大型铸锻件全流程制造工艺节能降碳 技术创新.....	10
2.1.2.3 推进大型铸锻件节能降碳技术升级改造.....	11
2.1.2.4 推进大型铸锻件全生命周期数字化智慧化转型.....	13
2.2 矿山机械.....	14
2.2.1 推进行业数字化转型.....	14
2.2.2 实施矿山机械绿色制造.....	16
2.2.3 开发和推广资源高效循环利用技术与装备.....	18
2.2.4 深入推进行业节能提效.....	19

2.2.5 推动矿山机械产品结构调整	20
2.2.6 加强高效节能矿山装备的开发	21
2.3 起重机械	26
2.3.1 推进绿色低碳转型升级	26
2.3.2 绿色低碳前沿基础技术的研究与布局	30
2.3.3 起重机械新产品、新技术和新工艺的推广应用	32
2.3.4 起重机械绿色低碳评价标准和认证体系的构建	33
2.4 连续输送机械	34
2.4.1 实施连续输送机械绿色制造	34
2.4.2 推进连续输送机械行业数字化转型	35
2.4.3 加强高效节能重大技术装备及系统的开发和应用	37
2.4.4 推动关键零部件节能改造、换代升级	39
2.4.5 推广资源高效循环利用技术与装备	41
2.4.6 连续输送机械绿色低碳技术研究和布局	41
3. 保障措施	45
(1) 加强统筹协调	45
(2) 完善标准体系	46
(3) 营造良好环境	46
(4) 加强专业人才培养	47
(5) 加强绿色国际合作	47

重型机械行业节能降碳行动方案

为深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和决策部署，切实做好重型机械行业节能降碳工作，根据工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部发布的《工业领域碳达峰实施方案》及相关部委发布的政策文件，制定本行动方案。

1. 总体要求

(1) 指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的二十大精神，深入贯彻习近平生态文明思想，立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，构建新发展格局，坚持企业主导、政策指导、协会引导、创新驱动、产业升级，以高端智能绿色发展为方向，以绿色低碳科技创新为驱动，以应用创新及示范推广为抓手，加快构建支撑节能降碳和绿色转型升级的技术、工艺和产品的供给体系，推动重型机械行业高质量发展，助力碳达峰目标顺利实现。

(2) 基本原则

坚持企业主导。企业是实现节能减碳的主体，肩负低碳发展的使命担当，顺应新时代变革的大方向，主动作为积极实施绿色转型。

坚持创新引领。发挥技术创新的支撑引领作用，加强产学研用协同创新，加快绿色低碳技术和产品的研发和产业

化，促进科技成果转化，为重型机械行业绿色低碳转型夯实基础、增强动力。

坚持统筹协调。加强重型机械产业链上下游企业及相关行业协会的沟通调协，增强产业链供应链协同联动，强化服务，保障有效供给，提升节能降碳发展整体合力。

坚持突出重点。聚焦行业重点节能降碳重大关键产品和技术绿色供给能力，紧盯能耗量大碳排放量大的主导产品、关键生产工艺环节，分类实施，带动全行业节能降碳水平提升。

(3) 主要目标

到2030年，通过实施节能降碳行动，行业主导产品、关键生产工艺环节能效水平明显提升，碳排放强度明显下降，重点产品能效达到国际先进水平，绿色低碳发展能力显著增强，助力工业领域二氧化碳排放在2030年前达峰。

服务高载能行业节能降碳的重大技术装备及工艺的能力显著提升，为钢铁、有色金属、煤炭、电力、石化、建材、交通、机械等基础工业实现节能降碳目标提供有力支撑。

制订、发布一批节能降碳、能效提升的标准，引领行业绿色低碳转型升级；研发、推广一批减排效果显著的低碳零碳负碳工艺、技术和产品，发布一批技术先进、高效节能降碳的重大技术装备和产品目录，发布低效率、高能耗、高污染产品和工艺的建议淘汰目录，筑牢行业领域碳达峰基础。

能尽其用、效率至上成为行业的共同理念和普遍要求，节能提效进一步成为绿色低碳的“第一能源”和降耗减碳的

首要举措。

2. 重点任务

2.1 冶金机械、重型锻压机械和大型铸锻件

2.1.1 冶金机械、重型锻压机械

2.1.1.1 加快绿色低碳生产转型升级

推进行业重点用能设备节能增效。全面推广冶金机械、重型锻压机械先进高效用能设备，严格执行能效标准，加强重点用能设备全链条能耗监管。加快淘汰行业落后低效用能设备，制定落后低效重点用能设备淘汰路线图。对标国际先进水平，加快完善行业装备能效标准，提升能效准入门槛。加快推进行业终端用能设备电气化、低碳化，扩大电气化终端用能设备使用比例，有序推进行业终端用能设备低碳化改造。

推动企业生产过程清洁化转型。围绕冶金机械、重型锻压机械生产过程及产品特点，强化企业生产源头减碳、生产过程控碳和生产末端降碳，大力推行全流程一体化系统降碳理念，高起点打造更清洁的生产方式，持续推动实施清洁生产技术改造，引导企业主动提升清洁生产水平，推动企业实现生产过程清洁化转型。针对高碳排放重点流程环节、重点产品，推广多元化技术升级和清洁化转型模式。

推行行业“工业互联网+绿色制造”。加快提高冶金机械、重型锻压机械行业互联网应用普及水平，提升行业生产过程工业互联网应用水平、能源利用水平、控碳降碳管理成效。面向节能降碳重点领域，加快培育具有普适性的标准化

“工业互联网+绿色制造”应用解决方案。推动能源管控中心普及应用，强化能源设备管理，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，通过能源管理数字化、网络化、智能化，提升整体能效水平。

提升行业高端装备在役制造水平。加快推进冶金机械、重型锻压机械行业高端装备在役制造装备转型升级，运用现代信息技术、智能技术及绿色制造，通过智能化综合提升，对在线运行装备实施装备优化改造，促进在役装备监控智慧化改造，推动高端装备在役制造水平提升。加快关键高端装备技术创新与产业化应用，助力行业装备升级改造。

提高行业固废及再生资源循环利用水平。推进冶金机械、重型锻压机械行业产废企业绿色转型，实现源头减量，实施固废绿色化改造，不断优化工艺流程，驱动工艺提升，改进技术装备，降低大宗固废产生强度。强化过程控制，利用新兴信息技术提升固废综合利用全流程管理水平，建立设备运行监控平台，严格落实全过程碳排放责任。提升固废处置规范水平，对接绿色低碳前沿技术，围绕统筹兼顾固废增量消纳和存量治理，助力行业固废及再生资源的循环利用。

专栏 1 行业绿色低碳转型升级

重点用能设备节能。推广装备用能的电能替代，扩大锅炉、窑炉、加热等电气化终端用能设备使用比例。实施余热余压利用、工业窑(炉)、供热系统、电机系统、照明等系统低碳化改造升级。

工业互联网赋能绿色制造。加快构建工业互联网生态圈，打通碳流通环节数字化建设，推动工业互联网数字技术赋能绿色制

造应场景建设，建立设备、系统、工厂三层级能效动态可视精细管控，实现核心设备能耗智能化管理、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。

高端装备在役再制造。研发能够代替铸锻生产强化工艺，增材制造和近净成形关键加工技术，基于激光熔覆、纳米涂层以及智能微铸锻等实现局部增材制造代替传统一体化铸锻成形的装备技术。

企业生产过程清洁化。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；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、三废综合利用等技术；有序发展短流程电炉炼钢，提高废钢使用量、铁水一罐到底、铸坯热送热装、副产煤气高参数机组发电等技术推广。

2.1.1.2 加快先进高效的节能降碳重大技术和产品推广应用

加快推进冶金机械、重型锻压机械领域前沿技术推广。支持基于材料强韧化实现产品设计节能降碳，鼓励通过生产流程优化促进产品制备能效提升，加快先进表面处理及增材制造技术在冶金机械、重型锻压机械生产环节的应用，推进余热利用效能提升技术及新型介质替代技术等高效绿色前沿技术的推广应用。

加快推广冶金机械、重型锻压机械产品全生命周期减碳技术。强化生产及产品全生命周期降碳理念，全方位全过程推行产品提质降碳，从产品设计、材料获取、能源获取、加工制造、生产控制、包装运输、产品销售、产品使用、再使用及报废处置等各个阶段进行减碳，加快推进生产全流程减碳技术发展。

促进装备-工艺-产品集成降碳技术应用。基于装备-工艺-产品全方位视角，推广应用一体化的集成降碳技术，通过装备轻量化、运维智能化、工艺短流程化实现提质增效。支持应用大数据和机理分析相结合的生产过程碳排放智慧预测与溯源，鼓励通过生产过程能源最优化设计，实现从源头节能降碳。加快形成冶金机械、重型锻压机械装备-工艺-产品集成降碳生产模式，通过重大耗能设备运行效率提升实现生产技术升级迭代。

加快行业资源循环低碳增效技术推广。围绕冶金机械、重型锻压机械行业能源利用及资源循环利用，推广行业资源循环和数字化智慧化，加快再回收应用技术的普及，有序推进再回收、再利用、再制造技术普及与应用，持续促进多源废物协同处理与应用。大力推广高端智能再制造，提升再制造产品使用规模，推进资源节约集约利用。

专栏 2 行业先进节能降碳技术应用推广

降碳增效重点技术。支持新一代高拉速方坯连铸技术、硅钢裁切片涂层机组工艺及关键技术应用，推进全热交换装置、重型燃气轮机、发电装备关键部件及冶金机械、重型锻压机械成套设备轻量化设计技术推广，推进新型高效耐火材料开发，促进高效加热炉设计优化及能效提升。

先进技术推广应用。加大压缩空气储能技术、飞轮储能相关技术推广力度，加快碳捕集利用与封存技术、各类低温烟气、冲渣水和循环冷却水等低品位余热回收技术普及。

2.1.1.3 加强重点领域节能降碳技术研究开发

加强设备或系统能量回收利用、可再生能源利用技术研

发。支持冶金机械、重型锻压机械产品生产过程低品位余热回收相关技术开发，鼓励清洁燃料替代技术及高效发电关键技术及装备研发。引导基于梯级综合利用的能量资源最大限度回收利用技术体系优化，支持钢铁生产过程气体、液体及固体高效回收技术及综合利用关键技术装备研发。鼓励通过高效燃烧技术及产品制备过程高效加热技术优化，促进行业产品生产流程降碳增效。

支持冶金锻造生产短流程装备技术发展。促进近净成形绿色低碳技术研究，支持开展面向短流程低能耗金属材料制备关键技术及核心装备的系统性技术研究，支持研发氢冶金革命性钢铁冶炼技术装备、轧前轧后高效节能新工艺等，支持研究锻造短流程技术，优化传统冶炼、锻造和热处理工艺。

加快冶金机械、重型锻压机械高端装备在役再制造技术研发。突破大型冶金锻压设备关键件再制造技术，鼓励应用新一代信息化技术实施再制造产品运行状态监控及远程诊断，加快再制造智能设计与分析、损伤检测与寿命评估、质量性能检测与运行监测，以及智能拆解、绿色清洗、智能再制造生产加工等技术装备研发和产业化应用。实施高端装备再制造示范工程，培育一批技术先进、管理创新的高端装备再制造领军企业，建设绿色再制造工厂，提升行业整体再制造水平。

鼓励废弃物循环利用与再制造。加快研发废弃物循环利用再制造与协同处理相关技术，鼓励相关企业研发应用关键技术，支持企业开展关键技术突破。推动再生资源利用创新

发展，支持全量化利用技术研发应用。因地制宜推动再生资源多产业、多品种协同利用，形成可复制、可推广的再生资源循环利用发展新模式，以绿色科学理念持续推动再生资源的高质量应用。

专栏 3 行业节能降碳前沿技术开发

短流程装备技术。开展短流程低能耗金属的材料关键制备技术及核心装备技术研究。支持以短流程近净成形技术逐步取代传统冶金工业中流程长、能耗高、组织生产复杂的生产工艺。支持薄带铸轧技术等新型短流程技术原型工艺开发，鼓励将铸造-开坯-热轧等多道工序合并，以“铸轧制”耦合方式制备出半成品坯或成品薄带板材，实现金属材料短流程低能耗制备。支持纳米微结构增强增韧轧辊复合材料制备技术开发。

热送热转余热利用效能提升工艺。引导新型淬火介质替代技术开发及应用。鼓励开展自主研发水基聚合物等新型淬火介质替代传统水、油、盐、碱多介质淬火剂，支持新型淬火介质向多元化、多功能、高效清洁、安全环保等方向发展。

资源循环低碳增效。加快推进钢渣颗粒透水型高强度沥青路面技术、钢渣固碳技术研发，有序推进废旧机电及电器电子产品拆解/回收再利用技术、废旧关键部件再制造技术研发，持续促进重型装备智能再制造技术应用。

2.1.1.4 推进行业上下游、跨领域协同降碳

构建上下游产业协同增效的绿色低碳产业生态链。促进冶金机械、重型锻压机械行业与上下游行业联合联产、一体化发展，互为供给、全流程协同，加快资源和工业废物的高

效综合利用，推动不同行业间融合创新和协同降碳。支持重点企业创建绿色供应链，实施绿色伙伴式供货商管理，促进上下游企业绿色协同发展。推进重点企业跨领域开展前沿技术集成创新，推进跨领域减碳增效技术突破及应用。支持行业重点企业搭建上下游企业协同降碳管理平台，引导重点企业开展跨领域协同基础设施建设。

2.1.2 大型铸锻件

2.1.2.1 加快大型铸锻件先进节能降碳技术应用推广

加快成熟技术推广普及，有序推动生产节能降碳。加大节能降碳技术推广力度，有序推广清洁能源利用，支持推广高效加热、节能动力、余热余压回收利用等大型铸锻件生产节能技术。加快大型铸锻件产品轻量化、模块化、集成化等绿色设计共性技术推广应用，有序推进企业节能降碳、降本增效，推动大型铸锻件领域能效提升。

加快先进技术应用示范，稳步实现产品提质增效。提升大型铸锻件工艺技术的先进性、绿色化的成熟度，有效解决质量稳定性问题，降低成本，减少材料消耗与废物排放。遴选减碳效果好、技术含量高、适用范围广的节能低碳技术，加快推进大型铸锻件先进技术应用示范，引领行业整体能源利用效率提升。重点支持先进冶炼技术、一体化近净成形技术、无污染绿色热处理技术在行业领域应用示范，稳步实现技术集成应用及产品提质增效。

加强节能降碳技术体系构建，规划新技术储备布局。组织制订大型铸锻件先进节能降碳技术和产品目录，完善具体

节能降碳技术指标要求，构建围绕绿色低碳核心的技术体系，规划布局具有先进性和引领性的节能降碳新技术。

专栏 4 大型铸锻件先进节能降碳技术推广布局

大型铸锻件制造过程节能降碳工艺。推广热送、热转等提高生产过程余热利用的工艺流程，替代传统的冷转、冷送工艺；采用大型结构件的整体化设计及数值模拟技术，提高工装使用量及设计能力，缩短制造周期。

大型铸锻件生产制备关键技术推广应用。推动 700-1000MW 水电机组铸锻件材料利用率和生产效率提升技术推广，推进全系列重型燃机关键核心铸锻件自主化制备技术的推广及应用。

2.1.2.2 加快大型铸锻件全流程制造工艺节能降碳技术创新

加强大型铸锻件材料基础理论研究，推进大型铸锻件技术迭代与颠覆性技术创新。充分发挥行业内国家重点实验室及企业国家工程中心的作用，发展大型铸锻件新材料和热处理新技术，突破原型钢种及合金的创新制造，加强金属形性协同控制、相变机理和热处理工艺研究。加强大型铸锻件化学物理冶金原理研究，突破大型铸锻件生产流程长、工序多、衔接紧、控制严格等环节技术障碍。

开发大型铸锻件制造过程节能降碳工艺。推动大型铸锻件生产制造向能源清洁化方向发展，开发基于清洁能源的大型铸锻件制造工艺，加快实现绿色低碳转型升级，推动高质量绿色发展。开发制造过程节能降碳先进工艺和技术，优化设计材料、铸锻件工艺，对标国际先进水平，提升能效准入门槛，淘汰落后装备和技术。开发大型铸锻件短流程近净成形制造工艺，提升材料利用率，减少材料损耗，降低产品制

造过程的废物排放。

专栏 5 大型铸锻件全流程制造工艺节能降碳

大型铸锻件新材料和热处理技术。研究纳米微结构增强增韧轧辊复合材料技术，通过微合金化、纳米结构等增强增韧方法增强材料性能、降低合金消耗。加强金属组织及相变机理、冶、铸、锻、热全工序链工艺研究，从成分设计到工艺方案与流程开展全过程优化，有效缩短工艺时间，减少能源消耗。

能源装备领域关键铸锻件提质增效与技术创新。支持清洁火电关键零部件国产化先进制造工艺开发及能效提升，加快推进620℃超超临界机组关键锻件的国产化稳定批量制造，布局630-650℃等级超参数超超临界机组关键铸锻件材料设计以及制造工艺技术的开发。重点支持面向国家需要的第三代、第四代核岛成套装备制造技术及主设备锻件材料制造技术研发应用。

2.1.2.3 推进大型铸锻件节能降碳技术升级改造

大型铸锻件设备工艺升级改造。逐步淘汰各类低效率设备，加强重点设备能效技改，加快节能降耗设备应用，加快绿色低碳技术改造，全面提升能效水平。铸锻件车间围绕降碳工艺布局和绿色制造需求，进行技术装备改造升级，达到降碳目标。开发高质循环利用的增材制造装备，实现以局部增材制造代替传统的一体化铸锻成形，解决资源、能源消耗大问题。

大型铸锻件原材料节约及循环利用。加强铸锻件金属材料再生产品、再制造产品推广应用，在绿色设计方面实现增材制造和近净成形关键加工技术，降低原材料消耗，持续优化热处理用水循环系统，提高水资源循环利用效率，以减少

能源及水资源消耗。

推进大型铸锻件高效生产。实施绿色低碳供应链管理，建立热加工工序精益作业计划，推行精益生产，减少设备空转、等待时间，提高设备利用率，实现精准计划、精益低碳生产，推动企业生产提质增效。

专栏 6 大型铸锻件节能降碳技术升级改造

设备及技术升级改造。实施蓄热式炉体改造、金属熔融炉改造、炼钢蒸汽真空泵改造；鼓励开展电弧炉与中频炉双联炼钢技术改造，支持开展炼钢系统集中智能控制系统升级改造，构建全自动智能铸造生产线；支持开展宝珠砂循环利用工艺技术升级，引导实施压机联动作业模式，推进全自动智能调质热处理生产线改造，支持基于先进闷渣工艺的钢渣处理技术装备改造升级。

先进复合制造工艺设备换代升级。大力支持离心复合、机械复合等节能降碳的复合制造工艺设备换代升级，加快推广高性能多元复合制造，鼓励全品类轧辊功能随形结构与多元复合制造相结合的生产设备改造。

原材料节约及循环利用。鼓励将企业生产过程中产生的料头、钢屑及外购废钢作为原材料进行二次冶炼循环利用，提升废钢材料利用率；完善大型铸锻件工序执行过程相关工艺设备水资源以及各类液压介质的循环利用，减少工业用水浪费及排污排放。健全热交换装置，利用热加工余热向职工厂区内用水加热，推动原材料节约及循环利用。

基于清洁能源的大型铸锻件制造工艺。热处理工艺采用电炉代替燃气炉，降低燃气消耗以及污染；系统开发激光增材制造工艺，代替铸锻工艺生产的强化工艺；扩大中频炉熔炼+炉外精炼冶炼工艺的应用范围，减少冶炼过程钢铁料损耗，降低废物排放。

2.1.2.4 推进大型铸锻件全生命周期数字化智慧化转型

数字化智慧化赋能大型铸锻件生产。推动数字技术赋能大型铸锻件生产，加快生产方式绿色化变革，逐步形成虚拟化创成式研发设计、智能化生产制造、数字化经营管理、网络化协同创新等大型铸锻件数字化智慧化生产模式，提升生产效率、产品质量和智能化水平，助力企业节能低碳发展。

大型铸锻件数字化智慧化解决方案。利用大型铸锻件生产全流程仿真技术、数据驱动技术等新兴信息技术替代传统的试生产，对工艺参数进行结构化、数字化管理，不断优化工艺参数，驱动工艺提升，降低试用废品损失和能源消耗；运用工业互联网，通过对设备智慧化改造，建立设备运行以及能耗数据采集平台，实现对设备维护和能耗智慧分析；建立能碳管理系统，对能源利用和碳排放进行数字化监测管控，提升能源、资源、环境管理能力；建立生产管控平台，实现监测预警，实现精准计划、精益低碳生产和可视化监管。

以数字化智能化提升大型铸锻件能源使用效率。加快推进大型铸锻件设计研发、生产运营、经营管理全生命周期的数字化智慧化升级改造，改善生产计划和生产组织合理性，实现大型铸锻件从设计、制造、运输、使用、回收的全生命周期数据追踪监测分析，实现按需供给、保质高效生产，降低碳排放，推动大型铸锻件全流程节能增效。鼓励重点企业构建数据共享及分析平台，打通上下游企业间的数据通道，实现数据共享、产能共享、要素共享，合理配置产业链上下游资源，提高资源利用效率，最小化碳排放。

专栏 7 大型铸锻件全生命周期数字化智慧化转型升级

大型铸锻件车间数字化智慧化升级改造。推广企业管理信息系统、生产执行系统 MES、物流系统、企业办公自动化系统等数字化管理系统，实现生产全过程的一体化产品与质量设计，统一计划与物流调度，统筹现场生产、质量、节能控制与管理。建设能源计量系统，实时全天候监测全厂能源消耗情况，优化节能管控决策。

自动化和智慧化生产线技术。增加智能化机械化工装设备在生产过程中产品转移、定位、物流运输等环节的比重，提高生产效率，保证工艺过程和产品质量的一致性与稳定性，装备柔性化生产线，提高工艺装备适用性，缩短工艺流程，物料传送合理快捷，材料更节约，降低工艺成本。

全流程热加工仿真技术。在热加工工艺研究中全面推广计算机仿真技术，增加仿真模拟在工艺开发中的比重，显著减少工艺开发中实物试制和验证工作量。

2.2 矿山机械

2.2.1 推进行业数字化转型

深化人工智能、物联网、云计算、数字孪生等技术在企业研发设计、生产制造、应用服役、回收利用等环节的应用，推动企业实现平台化设计、智能化制造、网络化协同、个性化定制，赋能行业数字化、智能化、绿色化的转型升级。

(1) 夯实企业数字化赋能基础。加大信息技术应用，推动企业关键生产设备数字化改造、网络化连接，实现信息技术和运营技术 (IT/OT) 融合互通，支持企业建设基于 5G 的工业互联网平台和绿色低碳基础设施，支撑企业数字化转

型。

(2) 推广企业智能制造解决方案。利用新一代信息技术，结合智能工厂软件架构及平台搭建，围绕行业绿色低碳和数字化转型需求，支持企业建立具有工艺流程优化、动态排产、能耗管理、质量优化等功能的智能生产系统，降低能源消耗、提高生产效率，形成高效、协同、柔性、绿色、低碳的智能制造新模式。

(3) 推动上下游企业协同发展。通过公共开发平台、场景构建等数字孪生服务平台、网络和信息，支撑在上下游产业之间的数据孪生体融合集成与交叉集成，实现各自孪生体的互联互通，即实现上下游企业间的数据集成和数据共享，也实现上下游企业间的产品协同开发、协同制造和协同运维等，从而以开放运营模式促进产业协同发展。

(4) 以数字化转型促进企业节能降碳。支持企业运用工业互联网、云计算、5G 等技术对碳排放在线监测，追踪重点产品全生命周期碳足迹。鼓励企业完善能源管理体系，建设能源管控中心，利用信息化、数字化和智能化技术加强能耗监控，提升能源精细化管理水平。

专栏 8 矿山机械行业数字化转型

开发新一代智能采矿和选矿成套装备。推进物联网、大数据、人工智能、5G、虚拟现实等技术在产品中的应用，建设全资源数字化管理、面向“矿石流”智能生产管控、全流程少人无人化生产、基于工业大数据智能决策于一体的绿色、安全、高效智慧矿山成套装备、井工生产装备，实现露天矿开采装备单机、新型半连续开采装备智能化和选矿厂无人化。

构建矿山装备远程运维智慧平台。应用 5G+互联网技术，边缘+云计算以及增强现实等技术，结合行业大数据及专家系统，打造绿色低碳、高效运营的矿山装备远程运维智慧工厂，实现“集中控制，集中调度，集中运营，协同管控，智能分析，管理决策”。

建立企业数字化碳管理平台。制定涵盖能源、资源、碳排放、污染物排放等数据信息的碳排放基础数据标准，建立产品全生命周期碳排放基础数据库，统筹低碳基础数据和工业大数据资源，建立数据共享机制，推动数据汇聚、共享和应用。基于平台数据，开展产品碳足迹分析评价。

2.2.2 实施矿山机械绿色制造

大力推行绿色设计，实施绿色制造，加快产品结构优化升级，积极推行清洁生产改造，提升绿色低碳技术、绿色产品、服务供给能力。完善绿色矿山机械制造体系，深入推进清洁生产，打造绿色低碳工厂、绿色低碳供应链，通过典型示范带动生产模式绿色转型。

(1) 深入推进绿色设计

强化产品全生命周期理念，全方位全过程推行产品绿色设计。创建矿山机械绿色设计示范企业，探索产品绿色设计路径，带动产业链、供应链绿色协同提升。构建基于大数据和云计算等技术的绿色设计平台，强化矿山机械绿色设计与绿色制造协同关键技术供给，加大绿色设计应用，完善标准采信机制，开展绿色设计评价。

(2) 打造绿色低碳工厂

加强绿色制造技术的创新及集成应用，采用能源资源综合利用生产模式，推进余压余热、废水废气废液资源化

利用，推动企业实施节能、节水、节材、减污、降碳等系统性清洁生产改造，鼓励编制绿色低碳年度发展报告。对先进企业形成的优秀典型经验和案例进行推广，促进企业的绿色低碳发展，增强绿色制造能力。

(3) 打造绿色低碳供应链

加快推进供应链全链条的绿色低碳发展。鼓励各供应链由骨干企业牵头，根据产品特点，制定适宜的低碳发展方案，完成对供应链的升级改造，发布相关碳减排成效报告。

专栏9 矿山机械绿色制造

推进企业清洁生产。持续推进矿山机械制造工艺绿色优化升级，实施绿色工艺材料制备，清洁铸造、精密锻造、绿色热处理、先进焊接、低碳减污表面工程、高效切削加工等工艺技术和装备改造。

开发绿色环保产品。开发新能源矿山装备、高效节能除尘产品、污染治理机器人、基于机器视觉的智能垃圾分选技术装备、干式厌氧有机废物处理技术装备、高效低耗难处理废水资源化技术装备、非电领域烟气多污染物协同深度治理技术装备、高效连续的挥发性有机物吸附-脱附、蓄热式热氧化/催化燃烧技术装备等。

推动高端矿山机械产品智能再制造。制订高端矿山机械产品再制造产品认定管理办法，建立自愿认证和自我声明相结合的产品合格评定制度，推动高技术含量、高附加值矿山机械产品的再制造。

完善绿色制造标准体系。修订矿山机械绿色设计产品评价技

术规范，完善矿山机械绿色制造系列标准。

2.2.3 开发和推广资源高效循环利用技术与装备

加强再生资源循环利用，创新废钢铁、废有色金属、尾矿、废纸、废塑料、废旧轮胎、废旧电池等再生资源回收利用技术与装备。强化工业固废综合利用，推广钢渣、尾矿、冶金渣、粉煤灰、煤矸石等工业固废规模化高值化利用技术，研发以高炉矿渣、粉煤灰等对产品性能无害的工业固体废弃物为主要原料的超细粉生产利用装备，通过资源高效循环利用降低工业领域碳排放。

专栏 10 资源高效循环利用技术和装备

钢渣回收装备。研发高耐磨等特殊条件下长寿命服役材料，优化大型立磨主机料辊盘与分级结构，匹配智能控制系统，形成大型系列钢渣立磨装备，实现钢渣粉体的超细、高效、节能、低碳、精细分级、高效安全制备；研发钢渣低碳回收及资源化利用技术与成套装备。

废金属回收装备。针对废金属回收效率低、材质鉴别难度大、成本高等问题，开发双轴剪切式破碎机，达到体积较大的废金属制品的高效破碎，减少破碎过程中金属与非金属的相互包裹，推广涡流分选机、磁选机、高压静电分选机、光电分选机等分选设备，促进金属与非金属的高效分离，提高废金属的回收率，缓解资源紧缺，实现废金属资源的高效回收利用。

纸张、塑料等固废回收装备。针对废纸张纤维再利用率低及加工过程碳排放高等问题，开发新型高效打包机，研究先进脱墨设备、废纸撕碎机等设备，提高废纸张中纤维原料的回收效率。针对废塑料资源化存在的回收技术落后、产品附加值低等问题，

开发新型空分机、塑料静电分选机，建立规模化的废塑料破碎分选改性造粒先进高效生产线，并对生活垃圾塑料进行无污染的资源化利用。

废旧电池回收装备。基于废旧电池的电芯结构特征、各组分物化性质和现代矿物加工与物质分离理论，完善电芯破碎分选理论与技术体系，建立废旧电池的全组分回收标准，开发并推广安全、高效、低碳、环保的电芯破碎分选预处理成套装备、有机物分离专用窑炉等大型装备，实现废旧电池拆解分选装备从电芯拆壳到分选各组分的全过程自动化，打造全过程安全、环保和碳排放整体解决方案。开发废旧电池回收专用重力分选机、气流分选机、涡电流分选机、高压静电分选机、电解液组分分离炉等分选设备，对废旧电池中的多元组分进行有效分离、纯化及再生利用。

煤矸石、粉煤灰、尾矿回收装备。以绿色、高效、高质、高值、规模化利用为重点，研发煤矸石、粉煤灰、尾矿、冶炼渣、工业副产石膏等大宗工业固废制备低碳生态材料、低碳清洁高值利用有价组分等技术与装备，不断提高资源综合利用产品附加值，形成条件温和、操作简单、清洁环保、成本低、全程闭环无污染物排放的新一代固废低碳绿色高值利用技术及装备。

2.2.4 深入推进行业节能提效

提升行业能源利用效率和重点产品能效水平，推进用能低碳化、智慧化、系统化。

(1) 提升能源利用效率和重点产品能效水平

提升企业能源利用效率及重点用能设备能效，引导企业有序推进对重点用能设备的节能提效改造与升级；鼓励企业加大投入，研发新型节能设备并进行推广，不断提升

用能设备的能效水平，力求达到能耗限额标准的国际先进水平。依法依规淘汰不符合节能低碳发展要求的落后工艺技术和生产设备，建立针对相关企业的信用信息共享平台。

(2) 推进用能低碳化、智慧化、系统化

开展使用天然气、电能等清洁能源对煤炭进行减量替代，推动企业用能电气化，拓宽电能替代领域，鼓励企业对可用电气设备完成相应功能的电气化改造，优化资源配置。鼓励企业进行多元储能、高效热泵、余热余压利用、智慧能源管控等一体化系统的开发运行，推进多能高效的互补利用。

2.2.5 推动矿山机械产品结构调整

围绕国家矿产资源安全战略，开展我国矿山开采工艺及装备的绿色低碳数字化转型升级和结构调整，淘汰落后生产工艺及产品，实现矿山装备数字化智能化转型，推动国家矿产资源加工高质量发展。

围绕矿产资源高效清洁利用，大力提高矿产资源开采回采率、选矿回收率和综合利用率，开展可靠高效、大型选矿装备关键技术的研究及应用。开发高效、节能、绿色低碳的千万吨级露天矿山半连续开采工艺及成套装备；开发适合地下金属矿山、非金属矿山的高效智能化掘、钻、锚、采、运、破碎等低污染的先进工艺及装备；优化和提升破、磨工艺及装备能效指标，开展适合多破少磨高效工艺的新型绿色智能装备。

生产率高、维护简便的大型高效破碎设备（站）逐渐取

代低效中小型设备，开发大型自移式破碎站。粉磨生产设备中，各种高效节能的碾压型磨机（立式辊磨、辊压机、高压辊磨等）的应用比例逐渐提高。在超细粉磨方面，搅拌磨（立式、卧式）逐步取代传统筒形球磨机。

矿山采、装、运、提设备仍将向大型高效化方向发展，对设备的可靠性和寿命提出更高的要求，通过产品结构调整，淘汰落后低效设备，实现矿山生产节能降耗。

专栏 11 矿山机械产品结构调整

淘汰高能耗磨矿装备。推广应用卧式高速搅拌磨，该设备通过高速旋转搅动和多段研磨、内部离心分级实现开路高效磨矿，具有绿色节能、产品粒度细和分布窄、占地面积小、噪声低、操作简单和维修简便等优点，其产品粒度 P_{80} 可达到 10 微米以下，已成为开发低品位、多金属共生、嵌布粒度粗细不均类型矿产资源的关键设备。在超细磨应用领域，该设备相对立式搅拌磨单位降耗至少 20%，基建投资减少至少 20%，降低选矿总成本，提高选矿厂的生产效率。

逐步淘汰筒摆式颚式破碎机、原国标 PXZ 系列旋回破碎机、西蒙斯弹簧圆锥破碎机、西蒙斯液压圆锥破碎机、水泥粉磨站 Φ 3.2m 及以下球磨机、单一球磨机钢渣、矿渣粉磨工艺。加快国产大型旋回破碎机、大型复摆式颚式破碎机、大型圆锥破碎机、大型筛分机的研发及在金属矿山领域的应用。

2.2.6 加强高效节能矿山装备的开发

发挥绿色低碳矿山装备在碳达峰、碳中和工作中的支撑作用，完善设计开发推广机制，为冶金、建材、化工、能源等领域提供高质量产品装备，打造绿色低碳产品供给体系，助力全社会碳达峰。

专栏 12 高效节能矿山装备开发

大型智能化矿用电铲。融合大数据、人工智能、图像识别、信号处理、大数据分析、5G 通讯等技术，攻克多场耦合环境下矿用电铲无人操作系统关键技术，开发大型高效、高可靠性、智能化矿用电铲，实现无人工作面电铲连续作业与无人运输常态化开采。

大型永磁直驱型矿用电铲。开发大型永磁直驱型矿用电铲，大幅降低设备电能消耗并减少碳排放，提升系统运行可靠性和设备可动率，减少设备维护工作，降低备件消耗，推动矿山绿色、高效开采，满足矿山用户节能减排需求，推动矿用电铲驱动技术革命。

大型智能化半连续开采成套装备。基于露天矿开采工艺特点，设计与之配套的挖掘、破碎、输送、排岩半连续开采成套装备，开发出基于多驱动源动态协调技术的能量管理系统，降低破碎-排岩等半连续作业流程总体能耗；建立基于 AI 视觉的半连续开采成套装备的智能感知和预测技术，基于数字孪生技术和云数据挖掘技术，实现挖-运-破-排多机协同无人化作业和远程运维，降低运维管理成本。

新能源矿用自卸车。开发混合动力及纯电动矿用自卸车，研发功率因数高、低温性能好的电池系统，适应国内复杂的露天矿山环境，实现高效制动能量回收再利用，减少制动热损耗和碳排放。开发纯电矿用自卸车，采用纯电驱动技术并搭载优化匹配的传动系统、高性能电池管理系统及电池热管理系统，具备制动能量回收功能，整车实现零排放，助力绿色矿山建设。

大型偏心辊式破碎机。偏心辊式破碎机具有结构紧凑、破碎粒度控制好、破碎效率高、节能效果明显等优点，与其他初级破碎机相比，偏心辊式破碎机高度低，便于运输或地下应用，节省投资，偏心辊式破碎机还能使精细物料不通过破碎腔便直接排出，降低了

功耗以及物料压实和机器过载的风险。通过偏心辊式破碎机的破碎机理、腔形优化设计、衬板磨损机理等关键技术攻关，开发大型偏心辊式破碎机，满足绿色矿山建设要求。

大型液压旋回式破碎机。液压旋回式破碎机利用破碎锥在壳体内锥腔中的旋回运动，对物料产生挤压、劈裂和弯曲作用，粗碎各种硬度的矿石或岩石，具有生产能力高、产品粒度均匀、工作平稳、性能可靠、能耗低等优点。研究液压旋回破碎机核心技术，建立旋回破碎机设计制造理论体系，开发新一代大型智能型液压旋回破碎机，满足智慧矿山建设需求。

大型智能单缸液压圆锥破碎机。液压圆锥破碎机通过采用粒间层压原理设计的特殊破碎腔及与之相匹配的转速，取代传统的单颗粒破碎原理，实现对物料的选择性破碎，显著提高产品细料比例，减少针片状物料，具有大破碎力、生产效率高、易损件消耗少、运转可靠、运行成本低、液压保护及液压清腔实现过载保护、排矿口自动调节、运行稳定等优点，开发大型中细碎智能单缸液压圆锥破碎机，服务绿色矿山建设，减少投资和节约土地资源。

大型高压辊磨机。高压辊磨机采用层压破碎机理，利用料层粉碎技术，完成物料的细碎、超细碎及粉磨处理，实现多碎少磨，达到降低系统能耗、金属磨耗的目的。通过耐磨辊面技术、长寿命轴承技术、边界效应控制技术、耐磨料层形成的技术攻关，解决制约辊压机大型化瓶颈。大型高压辊磨机的开发和应用，可解决我国矿石品位低、贫杂矿多、矿石难磨、选矿比大且粉磨能耗高，选矿工艺流程长、成本高的难题。

大型高效立式搅拌磨。通过研究粉磨原理和方法，开发新型节能粉磨工艺，研制节能高效搅拌式超细粉磨及分选装备，产品粒度由现在的 0.074mm 降到 0.03mm，降低磨矿能耗，取得资源低碳

高效利用新突破，为高精度选矿提供支持。

卧式高速搅拌磨。针对在开发低品位、多金属共生、嵌布粒度粗细不均类型矿产资源时，存在磨矿过程中能耗高、选别过程中金属分离较困难等行业难题，开发产品粒度 P_{80} 达到 $10\sim 40\mu\text{m}$ 的卧式高速搅拌磨，通过研究内部分级系统仿真分析、长寿命和高效率的搅拌盘结构、新型长寿命轴封系统等核心技术，保障设备整体安全、可靠、高效长期运行，提高精矿品位和回收率，降低基建投资和磨矿成本。

大型粗粒流态化浮选装备。通过研究流态化浮选过程气液固三相耦合作用机理和基于多相多尺度的粗粒流态化浮选分离理论，开发粗颗粒流态化浮选装备及工艺，将浮选粒度上限提高到 2.00mm ，实现低品位钨钼等矿产资源高效预分选抛尾，降低磨浮能耗，缩短选矿流程，减少生产成本。

微/超细粒矿物高效分选装备及过程强化技术。通过 PIV 技术和数值模拟方法，研究涡流场中矿物颗粒的运动规律，流体流动对浮选药剂传质作用机制，以及微/超细颗粒矿化过程的湍流强化机理等，开发旋流-静态微泡浮选柱高效管流矿化构件，实现微/超细粒矿物回收率大幅度提高。基于 PIV 技术、高精度流体动力学模拟计算和关键结构参数优化等，开发基于射流的气泡管流矿化构件，实现旋流-静态微泡浮选柱入浮粒度降低至 $10\mu\text{m}$ 以下，提高微/超细颗粒矿化效率和 $-10\mu\text{m}$ 粒级矿物回收率。

智能化筛分机。开发具有在线监测功能的大型智能化筛分机，振动强度大于 4g ，提高筛分机处理能力和筛分效率，提升筛分机运行可靠性，降低故障率，减少工程土建投资，实现高效、节能目的。

椭圆轨迹筛分机。研究自同步与强迫同步合成的椭圆运动轨迹

筛分，椭圆长轴实现对物料输送，短轴实现对物料翻滚，筛面结合等厚和弛张运动原理，开发椭圆轨迹筛分机，实现粘湿和细物料的高效率筛分。

高频细物料干法筛分机。新型高频筛分设备用于 0.5mm 以下细粒物料的湿式分级与固液分离，采用高频率液压驱动振动器对筛网进行振打，降低能耗和占地面积，提高筛分效率，降低能耗。

低温超导磁选机。将低温超导技术、闭式循环制冷技术应用用于矿物加工和微细粒功能材料分选领域。针对高岭土、萤石、稀土等矿物的除杂富集工艺复杂问题，研究高磁场、大口径低温超导磁选机，解决大型选矿厂分选需求，进一步提高单机处理能力及工作效率，提高分选指标，降低能耗及矿物分选成本。

特大型智能立环高梯度磁选机。开发特大型智能立环高梯度磁选机，采用线隙式油浸线圈、冷却系统实时监控，磁极、转环模块化组装，转环驱动齿轮不停机自动润滑，分选液位自动控制等技术，大幅度提高设备技术性能。实现远程运维、故障诊断和全生命周期管理，提高磁能利用率，减少磁选耗能，降低矿物处理成本。

周期式电磁浆料高梯度磁选机。针对高岭土、长石、石英砂黄金尾矿、锯泥、陶瓷土等非金属矿物的除铁提纯及金属矿、发电废水处理等浆料分选，研制大型周期式电磁浆料高梯度磁选机。进一步提高分选效率，降低分选成本。

大型化智能传感分选机。利用双能段 X 射线透射和图像识别技术，采用先进的 AI 算法，准确识别出目标物料，通过高压喷吹装置实现钨、锡、锑、铅、锌、铜、钼、金、磷等矿种以及煤炭、矸石的精准分选，实现全流程智能化运行，提高入磨品位，减少尾矿排放，提高矿物综合利用率。

高效提精降杂磁选机。采用大包角、多磁极、窄极距磁系结构，

结合多级漂洗水装置、顶部水帘装置和磁搅动装置，有效剔除铁精矿中的硅、硫、磷等杂质和合成，解决我国细粒级贫磁铁矿选矿工艺流程长、成本高、铁精粉指标不稳定的难题。

大型全自动智能电磁淘洗精选机。采用脉动磁场淘洗及控尾技术及智能传感监控技术，开发大型全自动智能电磁淘洗精选机，解决给矿条件不稳定造成的选矿指标波动大的难题，实现设备全自动智能化运行，实现精矿品位高、尾矿品位低、精矿回收率高的效果。

2.3 起重机械

2.3.1 推进绿色低碳转型升级

起重机械行业企业要以节能降碳为导向，全面梳理自身碳排放情况，科学研判排放趋势，结合产业布局、发展规划、企业战略定位等，制定符合实际和切实可行的绿色低碳转型发展目标和行动计划，并将该目标和具体行动计划融入企业日常运营管理中，共同推动起重机械行业产业结构优化和绿色低碳转型升级。

用能优化。鼓励起重机械行业企业加强用能系统优化，提升余热余压和可再生能源等的利用率，探索多样化能源供应，提高非化石能源消费比重。积极推广和应用高效制冷、先进通风、余热利用、智能化用能控制等技术，逐步实现全行业用能优化，提升起重机械行业整体能效水平。

布局优化。加强产业链跨地区协同布局优化，减少起重机械中间产品物流量和物流过程碳排放量，鼓励有条件的行业企业联合行业 and 上下游企业开展协同降碳行动，构建企业首尾相连、互为供需、互联互通的产业链，建设一批“产业协同”、“以化固碳”示范项目。

绿色制造。各起重机械行业企业要提出明确的降碳实施路径，通过制造流程降碳、制造工艺降碳和原材料替代等措施降低起重机械产品制造过程中的污染排放，强化生产制造过程中资源的高效利用、梯级利用和循环利用，降低固废产生强度，实现制造全过程降碳。

推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信等新技术与绿色低碳制造的深度融合，全面实施智能化、绿色化制造。

低碳工艺。围绕起重机械行业绿色低碳需求，聚焦关键工序和工艺流程，强化先进铸造、锻压、焊接与热处理等基础制造工艺与新技术的融合发展。加快推广增材制造、抗疲劳制造、轻量化制造等节能节材工艺，系统推进高致密性车轮近净成形、电动单梁起重机主梁一次焊接成型和起重机室内涂装等成熟的绿色低碳工艺的推广应用。进一步增加起重机械产品板材、型材等半成品材料的规模化定制比例，降低材料流转和加工成本。到 2025 年，一体化压铸成形、无模铸造、超高强钢热成形、精密冷锻、异质材料焊接和激光热处理等先进工艺技术实现产业化应用。到 2030 年，创新研发一批起重机械产品先进的绿色工艺和制造技术，大幅降低生产能耗。

低碳产品。大力开发和推广智能冶金起重机、智能港口装卸起重机等智能化起重机械产品，电动正面吊运起重机、电动集装箱堆高起重机、油改电轮胎式集装箱门式起重机等电驱动起重机械产品和港口连续装卸船机、太阳能起重机和

轻量化起重机等低碳起重机产品；协助用户开展传统高能耗起重机产品的节能降碳改造；加大低碳产品和技术的开发力度，研究制定起重机械低碳产品和技术的发展路线图，逐步实现我国起重机产品系统性绿色低碳化升级。

部件提效。以起重机械电机、发动机、液压泵、液压马达、减速器、车轮组、滑轮组、卷筒组、回转支承等主要部件为重点，开展模块化、标准化设计，全面提升起重机械主要动力和传动部件的能效水平。建立起重机械主要部件以能效为导向的激励和约束机制，拒绝使用能效指标不达标的落后低效部件产品。开展起重机械主要配套部件产品的节能审查和监管，强化起重机械关键部件全生命周期的绿色低碳提效管理。

低碳运输。以节能降碳为目标，推动起重机械产品运输方式和工艺的优化，降低空载率和不合理的货运周转量。内陆企业要合理进行起重机械大型结构件的分段设计，减少超限、超重运输件。全行业要加快推进“公转铁”、“公转水”，提高铁路、水运在起重机械产品运输中的承运比例。

协同创新。营造产学研用一体化协同创新生态，鼓励并推动行业企业积极开展起重机械前沿技术的开发和创新研究，采取“揭榜挂帅”等方式，推动行业创新平台和创新中心建设。

推动与钢铁行业合作开展起重机械高强度结构钢和以减重降碳为目标的高端材料开发研究。推动超强材料、耐候材料等新材料及其加工工艺在起重机械行业的应用。

强化 5G、工业互联网、人工智能等在起重机械行业的应用，推广以工业互联网为载体、以能效管理为对象的起重机械平台化设计、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理等融合创新模式，强化企业创新主体地位，增强创新发展动力，提升创新发展水平。

推动行业企业持续开展研发手段的提升和创新，通过绿色设计和三维数字化创新设计等手段提升产品设计水平、效率和质量。

推广应用。进一步加大起重机械领域前沿技术和创新成果的推广应用力度，发布起重机械重大低碳技术目录，组织制定技术推广方案，探索绿色低碳技术推广新机制，大力推广起重机械绿色低碳新技术、新工艺、新装备、新材料和新方法。协助开展规模化碳捕集利用与封存技术研发、示范和产业化推广应用，构建起重机械行业比较完善的绿色低碳技术评估体系和科技推广服务平台。

淘汰低端。坚决遏制技术含量低、耗电量大、能效低的起重机械产品盲目发展，逐步淘汰结构笨重、能耗高、效率低、作业成本高的起重机械产品，鼓励推广新一代轻型结构、自动化、智能化的起重机械产品。

对标国际。鼓励起重机械行业企业对标能耗限额国际同行业先进水平，开展起重机械产品设计、工艺、采购、制造、试验、运输、安装、维护、报废回收和处置利用全生命周期的绿色化关键技术研究，不断提升我国起重机械行业和产品综合能效水平。

安全保障。起重机械产品中一部分是国家安全监管的特种设备，安全是这类产品最基本的性能要求，也是实现该行业绿色低碳发展的根本保障，各行业企业要强化起重机械产品全生命周期的安全管理；

强化监管。完善耗能产品和落后工艺的监管体系和淘汰机制，全面提升起重机械产品的能效标准，推广先进高效产品，加快淘汰落后低效设备。探索建立超设计年限服役起重机械产品的监管和再利用评价机制。

零碳工厂。通过数字化转型和能源转型减少源头碳排放，建设零碳工厂。鼓励支持逐步淘汰落后、高碳排放加工设备及工艺，推动工厂绿色低碳转型。根据企业实际情况逐步开展工厂建筑、照明、供热等基础设施绿色节能升级改造，推动工厂综合能效提升，打造一批综合能效达到国际同行业先进水平的绿色制造企业和典型低碳、零碳工厂。

2.3.2 绿色低碳前沿基础技术的研究与布局

大力开展低碳零碳新技术、新工艺、新装备、新方法和流程再造等低碳前沿基础技术的研究与攻关，建设碳达峰、碳中和人才体系。

专栏 13 起重机械绿色低碳前沿基础技术研究与布局

起重机械绿色设计技术。绿色设计贯穿产品从概念设计到施工图设计、工艺设计、生产、运行、退市和回收利用等全过程，起重机械绿色设计建立在产品全生命周期环境属性分析和评估基础上。

绿色设计方法包括材料及其加工成型工艺的设计、制造与装配的设计、功能设计、安全使用寿命设计、经济寿命设计、安全可检

测性设计、面向资源环境的设计和事故安全对策设计等。

绿色设计前沿技术包括知识库数据推送系统、数字孪生技术、经济型全局分析与评价系统、全寿命与等寿命设计技术、安全检测与保障技术、能效评估技术和知识集成优化技术等。

起重机械轻量化设计技术。起重机械绿色化应首要从结构轻量化设计开始。结构轻量化设计技术主要包括先进的设计计算方法、主体结构最优化设计、轻型材料的选择应用、结构联接方式的优化、采用新型的构造形式等；机械轻量化主要通过主参数的最优化匹配、运动部件低惯量设计、传动部件高效率设计、主要部件模块化设计等方法实现。通过以上方法和技术可以有效降低起重机总重，从而大幅降低起重机总装机功率和能源消耗，具有显著节能降碳效果。

起重机械能量回收和存储技术。我国起重机械能量回收和存储技术的研究起步较早，但目前能量回收利用率和普及率与电动汽车同类指标对比还有一定差距，需要进一步加大起重机械产品位能负载能量回收、变频器能量回馈、机械飞轮储能、蓄电池储能、超级电容储能、混合储能等技术的开发和推广应用力度。

基础零部件关键技术。在国家工业强基政策引导和推进下，起重机械核心基础零部件的保障能力得到大幅度提升，起重机械关键技术和创新能力得到明显增强，取得了显著的工业强基效果。目前我国起重机械专用高效变频电机、液压泵、液压马达、永磁驱动核心部件和电液关键控制元器件等基础零部件和元器件产品依然有进一步提升的空间，值得重点关注并投入力量开展关键技术攻关。

油改电技术。目前港口轮胎式集装箱门式起重机、集装箱跨运车、集装箱正面吊运起重机、集装箱堆高起重机等集装箱装卸用起重机械产品多数以柴油发动机为动力，并采用液压驱动方式，油改电技术是解决这些产品高污染高排放问题的有效方法，油改电已成为绿色低碳背景下该产品改造和新产品开发的必然趋势。

起重机绿色低碳评价指标的研究。我国起重机械节能评判一般采用对各机构能效测试的方法，其中将电动机的能效作为主要考虑因素。欧洲物料搬运协会与德国慕尼黑大学研究了起重机全生命周期各阶段碳排放比例，其中钢铁冶炼占 40%、材料运输占 3%、制造阶段占 5%、使用阶段占 20%、回收再生占 30%、不可回收占 2%。我国应强化起重机绿色低碳评价指标的研究。

绿色材料应用研究。在保证结构与连接可靠性的前提下，加强绿色材料在起重机械产品中的应用研究，如选用低碳马氏体钢、非调质钢代替调质钢、减少 Cr 和 Ni 型合金钢的使用，用 35SiMn 替代 40Cr，采用具有绿色特性和高效吸附分离功能的纤维材料，提升空调或发动机冷却系统有效防蚀、防垢和防化学物污染性能等。

在线检测控制技术。大力开发并推广工艺参数在线检测、物性结构在线快速识别判定等感知技术以及过程控制软件、全流程智能控制系统、故障诊断与预测性维护等关键感知和控制技术。

2.3.3 起重机械新产品、新技术和新工艺的推广应用

起重机械行业近年在创新产品和技术上实现突破，相继开发了大型智能冶金起重装备、智能港口装卸设备、新一代高效穿越式双小车岸桥、超大吨位通用起重装备、第三代核电站环行起重装备、生物质发电厂燃料智能化储运装备、智

能抓斗桥式起重机、基于人工智能的绿色节能工业起重机、智能化仓储机械以及智能吊具等新产品和起重机智能化、轻量化、多源异构数据采集、远程运维智能协同等创新技术，同时在基于精益生产管理的起重机先进制造技术和电动单梁起重机主梁一次焊接成型等制造技术和工艺上也实现了创新突破，这些产品和技术已经过实际应用的验证，整体技术达到国内领先，部分产品和技术达到国际先进或领先水平，具有良好的节能降碳效果和推广应用价值。起重机械行业企业将对接国家重点行业需求，积极做好技术推广和供需对接，服务重点行业早日实现双碳目标。

2.3.4 起重机械绿色低碳评价标准和认证体系的构建

编制起重机械产品绿色低碳评价标准和规范，构建起重机械行业统一的绿色产品认证和标识体系，制定起重机械优化鼓励类、限制类、淘汰类产品目录，进一步规范和推进起重机械主要配套件的绿色认证，设定配套产品进入本行业的基本门槛，杜绝能耗高、效率低的配套件进入本行业。

围绕技术发展和市场需求，推进设计规范、安全规程等标准的修订，加快起重机械智能技术、信息技术、功能安全等先进技术标准制定，加快产品报废、能效限额、绿色评价等标准制修订，推进绿色、智能、安全、能效等技术标准化。

推动起重机械绿色低碳装备检测认证，组织制订起重机械重点领域碳排放核算方法，推动建立覆盖全面、算法科学的行业碳排放核算方法体系。建立绿色产品标准、认证与标识体系，探索建立绿色产品认证制度。

2.4 连续输送机械

2.4.1 实施连续输送机械绿色制造

扩大标准化、模块化零部件生产范围，提高生产效率。加快推进连续输送机械生产企业与新一代信息技术深度融合，通过数据采集分析、优化控制、数字孪生等技术提升能源资源综合利用效率，完善绿色制造体系，促进全链条生产工序的清洁化和低碳化，通过典型示范带动生产制造模式的绿色转型升级。

专栏 14 连续输送机械绿色制造

以数字孪生技术驱动绿色智能制造。面向连续输送机械产品的数字孪生应用，聚焦产品生产全过程优化，将物理设备的各种属性映射到虚拟空间中，形成一个可拆卸、可复制、可修改、可删除的实时数字图像，采用机器学习计算并总结出不可测量的指标，提高对机械设备和过程的理解、控制和预测。

面向车间的数字孪生应用，聚焦生产全过程管控，大幅推动产品在设计、生产、维护及维修等环节的变革。

推广建设绿色工厂。基于产品全生命周期绿色发展理念，强化轻量化、绿色化、集成化等手段，节能减排、降低能耗，减少实际生产运行过程中的耗损，有效节约生产成本。探索工厂用电与绿电结合技术；加强车、铣、刨、磨等生产工序中的全自动流水线装备融合制造，探索绿色工厂中线边物流体系构建。每年遴选公布一批节能低碳输送装备生产关键技术，到 2030 年累计推广超过 100 项。

推广柔性自动化生产线技术。推广柔性自动化生产线技术，

一方面要与计算机辅助设计和辅助制造系统相结合，利用原有产品系列的典型工艺资料，组合设计不同模块，构成各种不同形式的具有物料流和信息流的模块化柔性系统；另一方面要实现从产品决策、产品设计、生产到销售的整个生产过程自动化，特别是管理层次自动化的计算机集成制造系统，最大程度地降低固定资产的成本。

构建生产全流程领域 5G 网络全覆盖体系。推广建设数字化 5G 示范生产车间，配套架设通信 5G 专网；推广运行“5G+工业互联网生产平台”，目标生产问题处理时长降低 45%左右，设备效率提升 10%左右，节省各类统计人力 50%左右。

建立高效清洁生产体系。强化连续输送机械生产企业全生命周期绿色管理，大力推行绿色生产，建设绿色工厂，协同控制污染物排放和二氧化碳排放，构建绿色制造体系。推动制定“一行一策”清洁生产改造提升计划，全面开展清洁生产审核评价和认证，推动一批重点企业达到国际清洁生产领先水平。

完善连续输送机械绿色低碳标准体系。加快制修订连续输送机械行业节能减碳技术(超长距离带式输送机整机能效测试方法、带式输送机驱(传)动部件及系统能效测试方法、托辊能效检测及其评价方法和体系建设、永磁电机能效检测评价认证方法等)、碳核算、低碳评价、数字化赋能降碳等绿色低碳标准，加大行业绿色低碳标准供给，健全完善行业绿色低碳标准体系。

2.4.2 推进连续输送机械行业数字化转型

运用工业互联网、云计算、第五代移动通信(5G)等技术，强化连续输送装备及其系统现有工艺和设备的运行

维护，加强连续输送机械相关企业的全过程数字化精细化管理，减少非计划启停车，确保连续稳定高效运行。鼓励企业对碳排放在线实时监测，追踪重点产品全生命周期碳足迹，建立碳排放大数据中心，赋能连续输送机械行业数字化、智能化、绿色化的转型升级。

专栏 15 连续输送机械行业数字化转型

连续输送装备故障自诊断、自愈合与智能维护技术的研发。

在复杂的环境下，故障自诊断、自愈合与智能维护是输送装备可靠运行的关键，提高监控的实时性、自诊断的精确性、控制的稳定性和维护的主动性。

物料流视觉检测系统的研制。根据物料瞬时输送状态（物料瞬时流量、分布及其均匀性等）准确地调节执行设备的工作速率，提高系统能效。推广物料流量视觉检测方式，这种检测方式测量精度高、运行成本低，真实反映物料流状态（物料瞬时流量、分布情况、均匀性、速度等），适时调节运行速度，降低能耗。

推广数字孪生技术在连续输送机械行业中的应用。循序推进企业数字化升级，打通业务和管理层面的数据流，通过数字孪生技术的使用，大幅推动产品在设计、生产、维护及维修等环节的变革。

构建连续输送装备远程运维智慧平台。针对跨工厂、跨地域设备维护、远程定位等问题，在连续输送机械的关键部件上加装转速、温度、振动、噪声等传感器，通过加装 5G 物联网通信模块，将采集到的运行数据发送到云端，进行大数据分析，实现物流与机械装备的和谐共生，降低能耗。基于边缘计算、云端计算、数据分析，结合设备异常模型、专家知识模型、设备机理模型，对产品运行趋势分析后，形成产品体检报告，提出预测性维护与

维修建议，构建绿色低碳、高效运营的连续输送装备远程运维智慧平台。

2.4.3 加强高效节能重大技术装备及系统的开发和应用

推广 5G AGV、5G 输送机、5G 堆垛机、5G 边缘网关等设备在生产车间应用场景，搭建智慧化线边物流装备，构建生产全流程领域 5G 网络全覆盖体系。加快推进各类节能输送装备及系统的研发及应用，以满足各个应用领域的不同特点、各类输送对象的不同特性以及各应用场景的不同工况对节能降碳的需求。在连续输送机械的设计、制造以及使用过程中，以保护生态环境为目标，尽最大可能降低能量和能源的消耗，并且减少输送机械在工作时所产生的各种污染，打造绿色低碳产品供给体系，助力全社会碳达峰。

专栏 16 高效节能重大技术装备及系统的开发

1) 通用型重大节能输送装备及系统

长距离大运量带式输送机。针对港口、电力、采煤、采矿等领域中高产高效集约化生产的需求，推动长距离、高带速、大运量带式输送机的研发和应用。通过提高长距离大运量带式输送机的设计水平、提高关键零部件性能和可靠性、扩大功能（一机多用化，拓展运人、运料或双向输送等功能）等，提高输送效率，减少单位产量的碳排放值。

智能化绿色圆管带式输送机。挖掘圆管带式输送机节能降碳优势，着力在降低运行阻力，输送线路优化和环境友好等方面加强研究，实现智能化控制和运维，降低运营费用。

封闭式智能化仓储和装卸系统。针对在现代农业、矿业、建

材、化工、电力、物流、港口等诸多领域中散料的高效节能存储和装卸需求，研发环保、占地小、容量大、物料浪费少，且便于机械化作业的散料仓（如大型平底筒仓系统等），同时，加快推进螺旋驱动小车等在散料上进行智能化行走或作业装备的研发及应用。

2) 港口领域节能高效输送装备及系统

全封闭高效连续卸船装备。面向港口煤炭、矿石、散装水泥、粮食、木屑等大宗散料的快速、清洁装卸及输送需求，针对目前港口卸船能力不足等问题，推进针对不同物料特性的封闭式散料连续装卸设备（垂直螺旋卸船机、埋刮板卸船机、压带式卸船机等）、安全保障技术、清洁技术等技术和设备的研发和应用，以提高港口卸船能力，减少露天装卸引起的环境污染和浪费。

智慧港口产业链绿色成套装备的研制。“智慧港口”以现代化基础设施设备为基础，将港口运输业务与云计算、大数据、物联网、移动互联网、智能控制等新一代信息技术深度融合。港口物料装卸与输送作为其中重要的一环，装卸、调度、输送等设备都将趋于智能化、绿色化。

3) 采煤采矿领域节能高效输送装备及系统

绿色、高效带式输送机（各类机型）。为了适应矿业高产高效集约化生产的需要，同时为了改善作业环境多尘污染等问题，要加快推进绿色、高效带式输送机的研发及应用。针对不同输送需求、不同工况环境和不同的物料特性，推进长距离带式输送机、可伸缩带式输送机、大倾角大输送量输送机等具有不同适用性机型的环保节能关键技术研究，通过提高输送能力，促进带式输送机在煤矿开采等领域的低碳转型。

智能化刮板输送机、板式输送机、振动输送机、斗式提升机。针对大粒度物料的高效输送需求，结合作业环境的少人化、无人化

导向，应加快刮板输送机、板式输送机、振动输送机、斗式提升机等智能输送技术的研究，以提高散料的输送效率、提高生产质量、效率和安全性。

采煤工作面智能化建设改造。配合煤矿采煤工作面智能化建设改造，在输送装备层面，融合互联网、大数据、人工智能等先进信息技术，加快推进高精度数据采集、速度自适应调整及故障自诊断等技术的研发和应用，具备工况位置监测、切割路径记忆、煤岩自动识别、流程协同联动、远程集中控制、故障诊断停机、运行状态与环境变化关联分析及动态调整等功能，实现煤矿开采的少人化、无人化。

回填输送装备。本着坚持生态优先、绿色发展的原则，针对煤矿开采中采空区回填及沿空留巷等作业需求，加快推进环保型高效回填输送装备的研发和应用，促进矿区生态环境的改善。

离岸转载过驳缓冲仓平台高效装卸系统。针对物料的海上暂存和转载需求，进行过驳缓冲仓平台高效装卸系统的研究。通过装卸船、散料输送装备以及缓冲仓组成的高效系统，减少供应链环节，提高效率。

2.4.4 推动关键零部件节能改造、换代升级

连续输送机械的关键部件有输送带、托辊、驱动装置、滚筒及拉紧装置等，通过技术创新，逐步提高高技术含量、安全、节能、环保关键零部件的比重，降低高耗能、低附加值零部件的比重，淘汰落后低效零部件，助力连续输送机械的节能降耗。

专栏 17 零部件节能改造、换代升级

1) 输送带

输送带的节约利用。在设计输送机时，从驱动装置的合理布置

到有效抑制张力等方面，将最大张力控制在最小限度内，尽量降低输送带的带强。

低阻力轻量化高强度输送带的研发。选用输送带低阻力覆盖胶和新型带芯（如非金属带芯（芳纶）、复合材料带芯和功能带芯等，在保证输送带强度不变的情况下，降低输送带品质，提高运行质量，最终达到降低阻力的目的。

2) 托辊

研发高质量低噪音高速托辊，大幅度降低托辊旋转阻力，减小径向跳动等。优化长距离带式输送机托辊布置方式和间距，减少运行阻力，降低输送带强度和驱动功率。

在托辊制造中推广无焊接压装技术，减少或消除焊接带来的品质问题。

3) 螺旋叶片

研发高耐磨螺旋叶片材料。

推广根部厚外缘薄的梯形断面叶片，改善叶片受力状态，降低螺旋叶片重量。

4) 高速螺旋输送机中间支撑

推广叶片外缘支承的中间支撑方式。

研发小直径高耐磨中间支撑，最大程度避免螺旋机槽断面减小的同时，提高支撑使用寿命。

5) 驱动装置

应积极研发和推广高效软启动装置、高端限矩型和调速型液力耦合器；推广新型大功率永磁电动机、永磁高效直驱传动滚筒等高效智能化驱动装置，扩大在连续输送机械中的应用范围，达到节能降耗、降低成本的目的。

2.4.5 推广资源高效循环利用技术与装备

引导企业绿色生产，规划产能输出，加大企业闲置产能、僵尸产能处置力度。引导高耗能、低效率、高噪音、高运维成本的输送装备产品逐步有序退出市场。逐步替代棉织物和尼龙带芯的输送带、大阻力输送带、高噪低能托辊（如铸造轴承座的托辊）、低效驱动系统等，完善老旧设备及零部件的回收、处理及循环利用体系。

专栏 18 资源高效循环利用技术

下运带式输送机的势能反馈发电技术。推广下运带式输送机势能反馈发电技术应用，可以产生可观的电能，实现节能减排、降本增效、负碳运行、安全生产的目的，是向双碳目标迈进的典型举措。

带式输送机托辊的发电技术。推广长距离和煤矿井下带式输送机托辊发电技术应用，有效解决无线传感器的供电问题，保证传感器的持续供电，减少人员更换电池的时间，实现节能减排、安全生产的目的。

废旧输送带原材料再利用。加强对废旧输送带原材料再利用的研究。对废旧输送带进行分类、分级，一是降级使用，二是原材料回收资源化再利用，三是改造后用于其他用途。

废旧托辊的回收及再利用。托辊是大宗易损件，应积极倡导废旧托辊的回收再利用。

2.4.6 连续输送机械绿色低碳技术研究和布局

(1) 矿用带式输送机节能智能协同控制关键技术

研究矿用带式输送机的节能智能输送技术，根据输送散料的特性、分布状况、带式输送机运行状态、各部件的工作

状态等，推广输送机状态视觉检测装置，提高物料状态识别算法准确性；研发散料输送智能监控与安全防护系统、自适应调速能耗控制系统，用于输送机安全防护、速度节能控制，智能输送，降低系统能耗，以满足矿业现代化生产建设的稳定性与可持续性需求。

① 基于深度学习的带式输送机异常状态人工智能模型的研究；② 基于输送状态运行数据的协同能耗优化和智能排程排产；③ 带式输送机启制动及自学习节能调速控制策略研究。

推广带式输送机模块化设计与组合技术，各个模块按照用户不同需求快速重组，第一时间提供行之有效、符合使用条件的产品，极大地提高产品设计效率、缩短产品设计周期。

(2) 长距离大运量复杂线路带式输送机的节能设计关键技术

1) 长距离带式输送机的线路规划及钢结构设计与优化研究

① 结合实际项目工程数据（如散料性能参数、典型线路、关键部件选型等）建立带式输送机设计基础数据库，形成带式输送机设计专家系统的知识库，为其优化设计提供大数据支撑；② 针对长距离带式输送机线路的规划与设计时存在的线路规划约束多、协同困难等问题，研发针对长距离带式输送机线路规划的简便、高效、智能化的设计方法；③ 研发长距离带式输送机精确设计方法，进行钢结构的轻量化及优化理论与应用研究，得到符合工程实际的结构选型方

案，降低制造成本。

2) 长距离带式输送机的动态特性研究

① 构建能够有效解决线性粘弹性方程无法准确表达输送带特性的新型非线性粘弹性本构模型，对长距离带式输送机动态特性的后续诸多研究（如启制动冲击振动、应力波传递等）提供有力支撑；② 采用精确的检测方法和检测设备对各种复合材料或复杂结构的输送带特性进行检测与评定，获得影响输送机动态特性的输送带的各种性能参数。

3) 主要阻力的特性研究

① 进行输送带压陷滚动阻力的理论和试验研究，研制输送带压陷阻力测试系统，为低阻力轻量化输送带的定量化分析验证提供检测和评价手段；② 研制带式输送机综合模拟摩擦系数测试系统，针对带式输送机不同机型、不同牵引构件和不同支承形式（单托辊组、槽型托辊组、多边形托辊组；气垫；波状挡边；索道支承；水平转弯、空间转弯；等等）进行实际运行阻力测试，解决目前模拟摩擦系数从单托辊旋转阻力测试获得，不能反映实际情况的问题；③ 高速高性能托辊的研发；④ 高强度、高性能、轻质输送带结构材料的研究和应用。

4) 无人巡检及不停机托辊智能更换技术及装备研究

对不停机智能托辊更换技术进行研究，以保证输送机在不停机的前提下，在故障托辊位置处自动完成更换托辊。

① 无人巡检及不停机智能托辊更换自适应运行管控平台；② 开发与带式输送机智能化运行配套的智能运维管

理平台；③ 研发托辊拆装的智能机械臂，实现不同位置、不同直径、不同长度、不同槽角托辊的高精度有效识别与拆装。

5) 颠覆性低阻力输送方式的研究

研发新的机型、新的结构，重点是低阻力结构与输送机安全运行关键技术等。

(3) 高效螺旋卸船/输送机

研发卸船能力在 2000t/h-3500t/h 的螺旋卸船机，提高整机和主要零部件寿命，有效降低运营费用。研发用于散料封闭存储装卸领域的高效无机槽螺旋输送机。研发可精确定量供料的螺旋输送机。

① 基于极高密度气固两相 TCP 流稳定螺旋涡的高效螺旋输送机机理研究；② 螺旋输送机磨损机理研究；③ 基于气固两相 DEM 模型的相对旋转式喂料头的研究；④ 螺旋卸船机喂料头的运行路径规划研究；⑤ 高效水平螺旋输送机理及应用研究；⑥ 无机槽螺旋高效输送机理及应用研究等。

(4) 带式输送机设计计算及动态分析软件的开发与模块化设计

加强实用粘弹性动力学分析理论研究，鼓励并加强输送带和散状物料特性等相关的基础数据及其研究。加快开发带式输送机基础设计及动态分析软件。

(5) 新型永磁直驱系统技术的完善与应用

多相永磁直驱电动机可以实时调整驱动磁场适应负载变化，具有低速时稳定性、精确性和动态响应特性更好的特

点，是现有永磁直驱系统性能升级的方向。

① 新型多相永磁直驱电动机的本体设计优化及其复杂结构轻量化和 3D 打印技术研究；② 高性能永磁材料的研发；③ 提高永磁直驱系统转矩体积比（或转矩密度）和功率体积比；④ 新型多相永磁直驱系统转矩预测和无位置传感控制方法研究；⑤ 长距离带式输送机用多永磁直驱电机的高效协同控制策略研究。

(6) 散料转运粉尘抑制理论和技术

解决因设计不合理造成物料粘附、堵料、粉尘、噪声等问题，严重时还可能造成安全生产事故，确保输送机运行的稳定性和可靠性。

① 基于气固两相卸料流场的高效阻风抑尘机理研究。
② 空气幕+无动力负压引导装置结合的复合抑尘技术；③ 新型高效节能无动力抑尘技术。

3. 保障措施

(1) 加强统筹协调。充分发挥协会的桥梁纽带作用，加强与有关部委主管部门的沟通协调，做实、做好业务支撑，落实并做好工作部署。积极支持行业企业承担关键技术攻关和前沿技术突破任务，引导和鼓励企业加大智能制造、绿色制造、资源保障等方面的投入。

要充分依靠并发挥行业重点骨干企业、科研院所在节能降碳工作中的关键引导作用。行业重点骨干企业要强化低碳发展意识，结合自身实际明确企业碳达峰目标和路径，加大技术创新力度，逐年降低碳排放强度，加快低碳转型升级。

鼓励行业重点骨干企业要体现责任担当，发挥表率作用，明确碳达峰碳减排时间表和路线图，编制绿色低碳发展报告。

加强与产业上下游行业协会的对接，加强跨行业交流与合作，注重需求引导，围绕节能降碳及绿色低碳转型升级，推进绿色标准联合制订、产品绿色或能效联合认证，推进绿色低碳指标进入招投标。联合举办论坛、研讨会、交流会等，搭建跨行业交流平台，宣传、推广绿色低碳新技术、新产品、新工艺。

利用协会的平台作用，充分发挥会员单位的技术及制造优势，加强优势互补，强化产业协同，强化绿色降碳发展。加强主机与配套企业的互动，从源头提升绿色设计水平。积极推动行业高效节能关键零部件能效认证评价，推进行业绿色低碳产业链的构建。构建行业主导产品、重大关键设备产能过剩预警机制，倡导行业不盲目新增新上已过剩的产能，导致设备利用率低，增加能耗，加剧行业恶性竞争。

(2) 完善标准体系。发挥行业现有各专业标委会的标准制修订的主渠道作用，建立并完善行业绿色低碳标准体系，加快推进绿色低碳产品、评价、检测等标准制修订。充分发挥团体标准能够释放市场主体标准化活力的作用，以需求为导向，强化绿色低碳技术、新产品、高效节能关键零部件等方面的团标制订，鼓励绿色低碳、节能低碳企业标准上升为团体标准。

(3) 营造良好环境。整合行业重点骨干企业、科研院所、行业标准化技术委员会、检测机构等各方资源，探索建

设重机行业碳达峰碳减排公共服务平台，推动排放核算、测试评价、技术推广等绿色低碳公共服务。加强政策解读和宣贯，发挥行业期刊等舆论宣传渠道的引导作用，传播重机行业绿色低碳发展理念，利用协会会员代表大会及协会主办的论坛、专题交流会等，加大对行业节能降碳典型案例、优秀项目、先进个人等表彰、宣传力度，全面动员行业力量，广泛交流经验，形成重机行业绿色低碳发展合力。

(4) 加强专业人才培养。鼓励相关高校增加“碳排放”专业课程设置，培养一批具有识别、驾驭低碳发展关键性要素能力，从事低碳、零碳、负碳技术开发、应用、运维和推广的双碳工作人才。加快培养精通冷、热、电及数字化等业务的复合型人才，开展精细维护、设备提效、性能优化、技术创新等工作，持续提升创效增效能力。鼓励校企合作、产教融合，推动科研院所、高校、企业加强产学研用合作对接，培育专业技术+绿色低碳的跨领域复合型人才，推动先进适用绿色低碳技术、产品与服务推广应用。鼓励企业积极引进海外高层次人才。

(5) 加强绿色国际合作。加强与对口的国外专业协会在绿色制造领域的合作交流。鼓励行业制造业企业积极参与绿色“一带一路”建设，共建一批绿色工厂和绿色供应链。鼓励以绿色低碳技术装备为依托进行境外工程承包，推动行业先进高效绿色技术装备“走出去”和标准国际化。