

工业和信息化部办公厅 国家发展改革委办公厅 教育部办公厅 生态环境部办公厅 市场监管总局办公厅关于印发《工业产品绿色设计指南（2026年版）》的通知

工信厅联节（2026）15号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门、发展改革委、教育厅（局）、生态环境厅（局）、市场监管局（厅、委），有关行业协会：

现将《工业产品绿色设计指南（2026年版）》印发给你们，请结合实际抓好贯彻落实。

工业和信息化部办公厅
国家发展改革委办公厅
教育部办公厅
生态环境部办公厅
市场监管总局办公厅
2026年4月1日

工业产品绿色设计指南（2026年版）

绿色设计也称生态设计，是面向可持续发展的设计理念和方 法，旨在从源头设计阶段减少或控制全生命周期的资源消耗和环境影响。为更好地指导工业产品绿色设计，推行绿色制造，协同推进降碳减污扩绿增长，实现绿色低碳发展，制定本指南。

一、总体要求

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和二十届历次全会精神，深入贯彻习近平生态文明思想，落实全国新型工业化推进大会部署和国务院办公厅《制造业绿色低碳发展行动方案（2025—2027年）》有关要求，按照产品全生命周期理论，在产品 设计开发阶段系统考虑原料选用、生产、流通、使用、回收利用和处理处置等各个环节对资源消耗、生态环境、气候变化的影响，力求在保证产品性能、质量和安全的前提下，最大限度降低或控制资源能源消耗，尽可能不用或少用含有毒有害物质的原料，减少污染物、温室气体的产生和排放，从而实现绿色低碳发展。

在实践中要求，针对产品全生命周期各环节特点，聚焦长寿命、无害化、轻量化、节能、节水、节材、降噪、节空间、易回收再生、可重复使用、零碳等绿色设计重点方向，结合重点行业需求，开发推广绿色设计解决方案，拓展典型应用场景，

构建完善工业产品绿色设计体系架构（见附件1），提升绿色产品供给能力，引领绿色消费，加快形成绿色生产生活方式，增强绿色发展动能。

二、绿色设计重点方向

（一）长寿命设计。针对产品耐用性、可靠性需求，采用材料性能优化、产品结构提升、表面处理与防护、易维护等设计方案，延长产品使用寿命，减少因产品过早失效或更换导致的资源消耗与废弃物排放。

（二）无害化设计。针对产品有害物质限制使用要求，在产品开发和生产过程中，采用无毒无害或低毒低害材料、有毒有害物质减量等设计方案，配套清洁生产工艺和装备，降低或消除产品中有毒有害物质含量，减少或消除生产过程中有毒有害物质排放。

（三）轻量化设计。针对产品减重需求，采用材料轻量化、结构轻量化、工艺轻量化等设计方案，尽可能减少产品重量，降低产品生产和使用过程中资源消耗和碳排放。

（四）节能设计。针对降低能源消耗的需求，采用耗能部件结构优化、传动系统优化、智能控制、变频调速、能量回收与管理等设计方案，提升产品生产和使用过程中用能效率。

（五）节水设计。针对减少水资源消耗的需求，采用少水无水工艺、串联用水、分质用水、循环用水、智能用水监控等设计方案，实现一水多用和梯级利用，提升产品生产和使用过

程中的用水效率。

（六）节材设计。针对减少材料消耗需求，采用高强度高性能材料、可再生材料、精简产品结构、减少加工余料等设计方案，减少产品材料用量，实现资源的高效利用。

（七）降噪设计。针对噪声污染控制要求，结合噪声源特性、应用场景和技术可行性，通过源头优化、路径隔离、末端防护等设计方案，降低噪声对产品性能、环境或人体健康的影响。

（八）节空间设计。针对提升空间利用效率需求，采用模块化折叠结构、智能空间布局、功能集成化、接口标准化等设计方案，提升仓储、使用及运输环节的空间利用率，降低碳排放。

（九）易回收再生设计。针对产品高效回收和资源化再生的需求，采用材料单一化、标识清晰化、可拆解、可再制造等设计方案，优先使用再生材料，提高产品材料或零部件的回收和资源化利用水平，减少固体废物排放。

（十）可重复使用设计。针对产品多次使用的需求，采用可替换、可兼容、标准化结构等设计方案，在产品首次使用周期后，无需或仅需简单处理，即可重新投入多个使用周期，最大化实现产品使用价值，降低资源、能源消耗及固体废物排放。

（十一）零碳设计。针对产品全生命周期碳减排需求，通过低碳零碳原料和能源替代、工艺减碳、循环降碳、末端固碳

等全流程优化设计方案，实现产品碳足迹最小化。

三、应用实施

（一）开发绿色设计解决方案。围绕汽车、工程机械、机床、轴承、风电装备、氢能装备、光伏、锂电池、家用电器、包装、洗涤用品、纺织、生物制造、甲醇、轮胎等行业，针对绿色设计重点方向，开发技术先进、经济可行、供需适配的绿色设计解决方案，形成一批可复制可推广的绿色设计解决方案典型示例（见附件2）。培育专业水平高、服务能力强的绿色设计解决方案供应商，构建“需求牵引—方案开发—产业应用”的良性生态。

（二）推进“人工智能+绿色设计”。鼓励企业运用三维建模、模拟仿真、数字孪生等技术，模拟产品在制造、使用、拆解等重点环节的资源能源利用及环境影响，建立产品全生命周期数据库和绿色设计知识库。通过数字化绿色设计工业软件及平台，持续优化产品性能、结构与工艺，提升产品绿色化水平。研发具备绿色设计适配能力与实用价值的行业智能体，实现工业产品绿色设计从经验驱动向智能驱动转型。

（三）制定绿色设计标准。强化标准引领，建立绿色设计“1+N”标准体系。修订发布国家标准《工业产品绿色设计通则》，引导产品设计开发人员开展绿色设计实践。结合不同行业特性和需求，细化行业绿色设计要求、重点方向及实施路径，研究制定产品绿色设计标准。积极参与绿色设计有关国际标准制修

订。

（四）推广绿色设计标志性产品。选择绿色设计亮点突出、市场认可度高、行业影响力大的产品，从资源节约、降碳减污、降本增效等方面评估产品绿色设计价值，形成一批具有行业共识的绿色设计标志性产品。推动将绿色设计标志性产品纳入绿色工厂、绿色采购、绿色消费、绿色贸易、绿色金融等政策支持范围，引导产品从绿色设计到绿色价值实现。

（五）加大绿色设计人才培养。支持开展绿色设计相关学科专业建设，构建专业化、系统化人才培养体系。依托制造业人才支持计划、国家卓越工程师实践基地、现代产业学院和高技能人才集群培养计划，培育绿色设计人才。依托世界职业院校技能大赛、全国行业职业技能竞赛等职业竞赛，培养一批重点领域具有创新应用能力的绿色设计人才。

（六）深化国际交流与合作。推动多双边国际交流合作，在中欧、中德、中法等现有国际合作机制下，围绕绿色设计政策、标准、人才、服务等，定期与欧盟、联合国工发组织等开展交流对接，共同提升绿色设计水平。

四、组织保障

各级工业和信息化、发展改革、教育、生态环境、市场监管主管部门结合本地区产业实际，加大对工业产品绿色设计解决方案、标准、标志性产品、人才等方面的支持力度，培育绿色设计专业化服务机构，引导企业开展绿色设计实践。有关行

业协会、高校、科研院所组织制定重点行业绿色设计标准，开展绿色设计专题交流、培训与职业竞赛，推广行业绿色设计标志性产品。工业企业要将绿色设计理念融入产品研发设计工作中，创新应用绿色设计方法、技术和工具，开发推广绿色产品，提升产品绿色竞争力。

附件 1

工业产品绿色设计体系架构图



附件 2

绿色设计解决方案典型示例

一、汽车行业	
无害化设计	<p>1.有害物质减量化。在设计车身涂层、电子元件、动力电池正极材料时，使用挥发性有机物（VOCs）含量低的胶粘剂、清洗剂等原辅材料，减少重金属及持久性有机污染物的使用比例；在汽车及零部件中禁止使用铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯、多溴联苯醚，减少甲醛、苯系物等 VOCs 的释放。</p> <p>2.无害化材料替代。在设计座椅面料、仪表板表皮等汽车内饰部件时，使用水性胶粘剂、植鞣真皮、环保催化剂等材料。</p> <p>3.绿色环保工艺使用。在设计车身面板、动力电池、轮胎轮毂等部件时，对于焊前焊后清洗、模具清洗等环节，优先采用激光清洗等绿色环保工艺，减少化学清洗工艺使用。</p> <p>4.制冷系统无害化。在设计汽车空调时，优先采用二氧化碳等自然工质制冷剂替代传统制冷剂，降低制冷剂泄漏带来的温室气体排放影响。</p>
轻量化设计	<p>1.高强度轻质材料替代。在车身框架、车身覆盖件、底盘结构件中选用高强度钢、铝合金、碳纤维等轻质材料替代普通钢材和铸铁。</p> <p>2.一体式成型和结构优化。在车身、底盘结构件中创新应用一体化压铸工艺，通过电池底盘一体化、集成化电驱系统等结构革新减少零部件。</p>
节能设计	<p>1.传统燃油车。应用高热效率发动机、48V 轻混及混合动力等技术，提升能源利用率，探索适配氢、甲醇、合成燃料的低碳内燃机技术。</p> <p>2.新能源汽车。设计三电系统时，应用高集成电驱、固态与半固体等电池技术，以及全速域能量回收与优化整车热管理系统，降低电能消耗。</p>
易回收再生设计	<p>1.易回收材料。在设计车身、底盘及内饰时，采用铝合金、低碳钢、热塑性塑料等可回收再生性优异的单一材料。</p> <p>2.可拆解结构。在电子电气系统、底盘系统中应用模块化设计，使用标准化卡扣、高性能螺栓等可逆连接工艺替代焊接和胶水固定。</p> <p>3.材料标识指引。在车身框架、电池包外壳、内饰等部件中，通过模具成型、烫印压印等途径，标注材料类型、可回收利用性等信息，便于回收企业快速分类处理。</p>

可重复使用设计	<p>1.核心部件再制造与轮胎翻新。在发动机、方向机、变速器、前后桥、车架等“五大总成”中通过专业化修复或升级改造等再制造，使其质量特性和安全环保性能不低于原型新品；在轮胎中通过打磨、修补、成型、硫化及检验等翻新工艺，使其可重新投入使用，减少原生部件消耗。</p> <p>2.模块化可替换易损部件设计。在汽车灯具、保险杠、后视镜、座椅面料等易损部件中采用模块化结构，损坏后可单独拆卸更换，无需整体更换总成；采用标准化接口与通用规格，提升部件通用性与重复装配率，延长整车使用周期。</p>
降噪设计	<p>1.多维度降噪。从动力电驱、传动、底盘、轮胎、车身模态等维度优化，通过动力激振抑制、传动修形直驱、悬架弹性隔振、结构模态规避，搭配进排气气动优化与电控平滑控制，从振源与传递路径降低整车振动噪声。</p>
二、工程机械行业	
长寿命设计	<p>1.耐久性材料选用。在车架、动臂、平台等主体承载结构选用低合金高强度钢、热成型超高强钢、耐磨钢板；轴、齿轮、销轴等关键运动部件选用高纯度合金钢并经渗碳、淬火等表面强化处理；斗齿、衬板等耐磨易损件选用抗冲击磨损的高锰钢、抗磨粒磨损的硬质合金复合材料等。以性能适配加梯度应用，适应不同部位的损伤机制，延长寿命。</p> <p>2.生产工艺优化。在臂架采用窄间隙焊接；箱梁采用激光—电弧复合焊；防护罩采用激光焊或电弧焊；铝合金与铝钢异种金属连接采用搅拌摩擦焊；复杂液压阀块采用熔模精密铸造；箱体类部件采用消失模铸造；轴齿类零件采用热/冷锻造成形；油缸筒采用旋压成形；车架异形管梁采用内高压成形，以此提升构件连接与成形质量，延长整机使用寿命。</p>
轻量化设计	<p>1.轻质材料替代。在车架、动臂、斗杆、履带架等核心承重部件采用高强度钢；驾驶室框架、油箱、液压油箱、覆盖件等非核心承重部件使用铝合金；臂架、防护罩等高端或特殊工况部件应用碳纤维复合材料；操纵杆壳体、传感器支架等小型结构件选用镁合金；耐磨部件则采用高锰钢或耐磨钢。通过部件工况精准选材，实现整体轻量化设计。</p> <p>2.产品结构优化。采用空心结构、镂空结构、薄壁结构等轻量化构型，并运用有限元分析、拓扑优化、参数优化、形状优化等结构优化方法，结合多功能集成与模块化设计策略，实现产品优化设计，有效降低材料用量与结构冗余。</p> <p>3.先进制造工艺。在挖掘机斗杆、起重机吊钩等复杂承力件采用热模锻工艺成形，臂架主管等管状结构件采用液压成形，车架、驾驶室底板、电池箱、框架等大型构件应用激光焊接、电子束焊接或搅拌摩擦焊等先进连接技术，异形流道液压阀块、传感器支架等结构复杂或小批量部件则通过增材制造实现精密成形，实现工程机械装备的整体减重。</p>

<p style="text-align: center;">节能设计</p>	<p>1.轻质材料替代。在车架、臂架及覆盖件主要采用高强度钢、铝合金及复合材料，以显著减轻自重；铰接点与摩擦副表面则选用钛合金或陶瓷涂层，增强耐磨性并降低摩擦损耗；散热器与驾驶室底板应用高导热合金和阻尼材料，分别提升热管理效率与运行平稳性；非结构件与内饰件优先使用可回收金属和生物基材料，以降低全生命周期环境负荷；液压集成块、轻量化支架等复杂构件则借助增材制造专用材料，实现结构优化与功能集成。通过这些针对性选材，系统降低了运行能耗，并有效提升了整机的能量利用效率。</p> <p>2.产品结构优化。在动力系统上，燃油机型采用高压共轨、涡轮增压等技术，配合可变排量机油泵与余热回收装置，实现动力按需输出；纯电系统以“大容量锂电池+高效永磁同步电机”为核心，并配备制动能量回收系统，提升能量循环效率；混合动力系统则依托发动机与电机的双动力协同控制，有效降低无效能耗。传动系统上，轮式机械采用液力机械变速箱及电控换挡结构，提升传动精度；履带式机械则应用静液压传动（HST），优化动力传递路径。液压系统通过负载敏感控制（LS）与集成阀组实现按需供油，采用低阻力管路并结合工作装置下放时的液压能量回收回路，进一步减少能量损失。此外，依托电控系统实现动臂、斗杆等多工作装置的协同作业，优化动作流程，从操作层面减少无效能耗。</p> <p>3.成形工艺创新。在传动齿轮采用高精度磨齿工艺，提升齿轮啮合精度，减少传动过程中的能量损耗，提高传动系统整体效率。</p>
<p style="text-align: center;">降噪设计</p>	<p>1.源头控制。在发动机采用平衡轴技术抵消惯性力，同时优化燃烧系统，并配置合金曲轴、合金活塞等高强度轻量化部件；选用低噪声永磁同步电机作为动力源或辅助动力，从源头削减动力振动与电磁噪声。在液压系统采用低脉动液压泵/马达，减少液压冲击；配置集成式液压阀组，结合“短路径、少弯头”的管路布局优化，降低液压油湍流噪声；增设液压缓冲装置，吸收系统压力波动。在传动系统齿轮采用修形设计，并用传动平稳性更优的斜齿轮代替直齿轮，减少啮合冲击噪声；通过液力变矩器缓冲动力传递过程中的冲击载荷，降低传动系统振动。在作业装置中对铲斗、破碎锤等进行结构刚度优化，增设机械缓冲机构；采用负载自适应控制技术，使作业负载平稳过渡，避免瞬时冲击引发的振动与噪声。</p> <p>2.传播路径阻断。机架与底盘采用“副车架+弹性悬置”设计，并优化机架刚度分布；驾驶室配备四点弹性悬置、悬浮式减振座椅等隔振装置；驾驶室与发动机罩采用“双层钢板+阻尼层+吸声棉”三明治结构，同时对缝隙进行密封处理，实现结构隔声；发动机舱内敷设耐热、阻燃吸声材料，进风口和排风口因地制宜设计迷宫式和阻抗复合式通风消声器，或采用声子晶体通风消声器（包括部分移动运输时可折叠收纳、定置作业时可张拉开启的通风消声器），在确保通风散热效果同时有效降低噪声的传播。对</p>

	<p>内燃机的排气消声器进行优化和升级改造，有效控制排气噪声。在适当位置增设高效阻尼减振器以及调谐质量阻尼器（TMD）动力吸振器，以此阻断空气声传播，大幅减少振动向机架、驾驶室及周边环境的传递。</p> <p>3.末端防护。在驾驶室内部地板及侧壁贴附阻尼涂层，加装内置多孔材料的吸声吊顶；整机外表面采用低辐射结构设计，风扇选用低噪声轴流型，以此提升降噪减振的舒适性与环保性。</p>
<p>易回收 再生 设计</p>	<p>1.轻质材料替代。在设计阶段优先为同一部件选用单一材料，结构件优先采用易冶炼、可多次循环利用的高强度钢、铝合金、铜合金等金属材料；非金属件则选用可降解塑料或可回收橡胶；发动机曲轴、液压油缸、传动齿轮等关键部件采用高强度材料制造。</p> <p>2.产品结构优化。采用易拆解设计思路，按功能划分动力模块、液压模块、传动模块、工作装置模块等，实施模块化设计；优先选用螺纹连接、卡扣连接、销钉连接的连接方式，且统一连接件规格，打造无损伤拆解结构，并预留拆解空间，降低拆解操作难度。</p> <p>3.成形工艺创新。斗齿、滤芯、密封件等易损件采用标准化、易更换设计，确保部件报废前可通过翻新重新投入使用，减少原生资源消耗。机架、动臂处预留机械切割槽，采用等离子冷切割工艺；蓄电池、液压油滤芯集中布置于独立舱室，既便于单独处理，又可防止泄漏污染。</p>
<p>三、机床行业</p>	
<p>轻量化 设计</p>	<p>1.轻质材料替代。在主轴头座、横梁等核心运动部件采用碳纤维复合材料替代；床身、立柱等承载结构选用铝合金，底座选用矿物铸件材料替代，以轻质材料分级应用实现整机减重。</p> <p>2.产品结构优化。在设计床身、立柱等承载结构件时，采用薄壁与空腹结构、仿生中空结构、树状异形筋板结构等结构优化设计，减轻整机重量。</p> <p>3.成形工艺创新。床身/立柱采用精密薄壁铸造，防护罩/框架采用激光—电弧复合焊，主轴箱/复杂结构件采用增材制造，复杂功能集成结构采用金属3D打印，横梁/运动部件采用复合材料成型，轻载支架采用超塑成形，操作面板/外壳采用微孔发泡技术，防护栏/支撑杆采用液压成形等先进工艺，实现机床减重。</p>

<p>节能设计</p>	<p>1.高效驱动装置。在设计驱动系统时，采用永磁同步电机、电主轴及直线电机等高效装置，并基于负载感知实现动力按需控制。</p> <p>2.传动与执行系统节能。在设计传动系统时，高精度滚动轴承替代滑动轴承、滚珠丝杠预紧优化、线性滚动导轨替代滑动导轨，均能大幅降低传动摩擦损耗；锂基长效润滑脂可提升润滑效果、减少摩擦阻力；高速钢涂层刀具或硬质合金刀具切削效率更高，能缩短加工时间以降低能耗；刀具寿命监测系统可避免刀具过度磨损导致的切削力增大、能耗上升问题。</p> <p>3.辅助系统优化。在辅助系统设计时，通过温度动态调节冷却流量；采用低功率变频冷却泵；用微量润滑（MQL）替代油雾润滑；在气动夹具加装压力传感器，降低非切削环节能耗。</p> <p>4.采用清洁低碳能源供热。回收生产过程余热余能，减少工业过程能耗和大气污染物排放。</p>
<p>四、轴承行业</p>	
<p>长寿命设计</p>	<p>1.高性能材料选用。在选用轴承基体材料和设计滚动体时，选用超高纯净轴承钢、高温轴承钢及陶瓷滚子、金属基复合材料等。</p> <p>2.仿真与结构设计。通过滚道拓扑优化、保持架抗冲击设计、滚动体布局创新、密封与防微动磨损、润滑结构升级等优化设计，优化载荷分布与应力控制，实现轴承长寿命。</p> <p>3.先进制造工艺应用。在内外圈锻造采用径向锻造加等温模锻，滚道加工采用五轴联动数控磨床，滚动体制造采用冷锻成型加无心磨工艺，实现轴承长寿命。</p>
<p>五、风电装备行业</p>	
<p>长寿命设计</p>	<p>1.表面工程强化工艺。在设计主轴、叶轮时，采用激光熔覆与超音速喷涂涂层，强化主轴、叶轮等金属部件，提升使用寿命。</p> <p>2.结构设计优化。预应力构架式钢管风塔通过施加预应力增强塔柱抗疲劳性能，延长产品寿命。</p> <p>3.智能监测与维护适配设计。在叶片、主轴、齿轮箱等关键部件加装振动传感器，实时监测运行状态；推行模块化设计，易损件采用标准化规格，预留维护通道与吊装接口，延长整机服役周期。</p>
<p>轻量化设计</p>	<p>1.轻量化材料替代。在设计叶片主梁结构时，采用比模量高的碳纤维材料；在设计机舱和轮毂时，选用超高强钢、铝合金和高强球铁等新材料、新工艺替代传统材料体系。</p> <p>2.结构优化与一体化设计。在叶片中采用结构仿生布局、长柔叶片弯扭耦合一体化结构设计、叶片结构阻尼调控设计，减少材料冗余；在机舱、轮毂中采用一体化成型工艺，零部件通过标准化模块化设计，简化装配结构，减少零部件数量；在塔架中采用桁架式、混凝土分段模块化等结构，通过拓扑优化降低非承重区域重量。</p> <p>3.先进成型工艺应用。叶片采用真空灌注、拉挤成型等工艺提升致密性与利用率，机舱复杂部件采用仿形铸锻、冷碾压、增材制造技术实现近净成形，塔架连接采用激光焊接工艺减少焊缝冗余重量。</p>

节能设计	<p>1.整机制造节能工艺优化。结合零部件的材料、结构尺寸、连接方式等优化制造工艺、装配工艺，优化或取消热处理、机加工、焊接、热装、冷装等耗能大、废料多、排放多的工艺过程。</p> <p>2.整机运行节能控制优化。优化机组启停控制逻辑，在节能设计方面，通过风力发电机效率优化，以及风光储等多能互补协同用电，实现机组节能。</p>
降噪设计	<p>1.优化机组叶片翼型结构。通过对叶片翼型和结构设计，及锯齿设计，降低风电机组的叶片噪声。</p> <p>2.冷却系统风扇隔音优化。通过对冷却系统风扇隔音设计，优化风力发电机与风电变流器一体化设计，降低系统音调噪声。</p> <p>3.传动链与驱动系统。优先选用直驱/半直驱方案取消高速齿轮箱，齿轮采用修形与高精度加工，配合低噪轴承与弹性悬置，削减齿轮啮合、电磁激励等机械噪声。</p> <p>4.机舱声学封装设计。机舱采用多层复合隔声罩，内壁敷设耐热阻燃吸声材料，关键接缝做声学密封，对高噪部件局部隔声包裹，阻断机械噪声向外辐射泄漏。</p> <p>5.结构振动与阻尼控制。在叶片、机舱、塔架布设调谐质量阻尼器，采用高阻尼复合材料与约束阻尼层，优化模态避开激振频率，抑制共振与结构声辐射。</p> <p>6.整机控制与风场布局。优化变桨速率与转速运行曲线，设置降噪运行模式，合理规划机位间距与排布，避免风机尾流干涉，从系统层面降低整机噪声。</p>
易回收再生设计	<p>1.可回收叶片材料应用。叶片选用热塑性树脂、可回收热固性树脂等材料制造，替代传统难回收树脂材料，提升叶片可回收性。</p> <p>2.叶片可拆解与模块化结构设计。采用模块化工艺制造叶片，优化叶片连接结构。</p> <p>3.退役叶片回收与再利用工艺创新。通过简易降解程序或定向解聚技术，实现树脂与纤维的分离回收。将退役叶片粉碎后用于3D打印、制备建筑骨料等，开发复合材料全组分回收技术，回收树脂、纤维等核心材料循环再造。</p>
六、氢能装备	
长寿命设计	<p>1.高性能材料选用。燃料电池催化剂采用Pt/La-Mo₂N等新型材料，电解槽电极采用多孔镍基材料，关键连接件选用高纯度不锈钢或镀覆抗腐蚀导电涂层材料。</p> <p>2.结构与密封优化设计。燃料电池电堆流场采用多点支撑扩散结构并优化密封设计，电解槽采用高稳定性复合隔膜技术增强环境适应性，高压管道连接采用金属波纹管 and 多重密封组合防松动防泄漏。</p> <p>3.智能监测与维护设计。储氢系统集成气瓶健康监测模块，燃料电池与电解槽配置多参数监测网络并通过人工智能算法预警性能衰减，供氢系统加装快速响应的氢泄漏检测装置，易损件采用模块化设计可单独更换。</p>

轻量化设计	<p>1.轻质高强材料替代。储氢瓶选用碳纤维/玻璃纤维增强复合材料（Type 4型），瓶组框架采用玄武岩纤维复合材料，液氢储罐采用超轻耐低温铝合金，实现各核心部件减重降耗。</p> <p>2.结构优化与一体化设计。储氢系统采用“瓶组+框架”集成设计，液氢供气系统采用低压直供架构减少增压设备，高压氢气阀件采用一体化设计，精简结构并减轻重量，在氢燃料电池汽车动力传输链中取消传动轴实现电机、变速箱与车桥一体化。</p> <p>3.先进制造工艺应用。储氢瓶采用干法缠绕工艺提升材料利用率，关键部件结合模块化设计与增材制造技术，减少施工量并优化成型效果。</p>
节能设计	<p>1.高效率材料应用。电解槽采用材料更薄、电阻更低、气密性更好的隔膜，采用过电势更低、活性更高的电极，优化电解液流道提升传质效率。燃料电池采用超薄金属双极板、高比表面积膜电极等高功率密度电堆设计，优化流道拓扑结构提升氢氧扩散均匀性。</p> <p>2.控制策略与系统设计优化。电解槽通过人工智能算法匹配绿电出力波动，动态调节电流密度与电解液循环速率，保障宽负荷高效低耗运行。燃料电池搭载智能能量管理系统匹配输出功率与负载需求，集成制动能量回收模块储存电能。供气系统采用可调式智能引射器，实现氢气流量和压力的瞬时精准匹配，减少供气能量损耗。</p>
七、光伏行业	
长寿命设计	<p>1.核心部件材料升级。在设计盖板玻璃时，采用双层减反射镀膜玻璃替代普通玻璃；在设计背板时，采用压花玻璃；在设计光伏边框时，优先选用高载荷设计。</p> <p>2.密封结构可靠性优化。在设计支架系统时，主材采用耐腐蚀的锌铝镁合金替代传统热镀锌钢，连接节点通过榫卯式扣接结构配合螺丝、压块双保险固定，延长光伏组件服役寿命。</p>
易回收再生设计	<p>1.易回收材料选型。优先选用单一材质或相容性好的组件材料、无氟太阳能背板、低回收成本的无毒无害组件，在玻璃、铝边框等部件中添加回收料。</p> <p>2.组件与支架可拆解结构设计。在边框、接线盒、背板等部件中优化组件连接方式，使其易分离；支架与基础采用螺栓等可逆连接，推行标准化、系列化设计提升通用性。</p>
八、锂电池行业	
长寿命设计	<p>1.电池管理系统优化。在设计锂电池正负极、电解液及管理系统时，采用正极钝化、负极低膨胀技术，使用功能添加剂优化电解液配方，设计精准的充放电策略。</p> <p>2.热管理设计。采用高效的液冷、相变材料等温控系统，确保电池始终工作在最佳温度窗口，减缓电池老化，提升循环寿命。</p>
节空间设计	<p>1.电池包集成设计。在设计电池包时，选用克容量高、压实密度高的正负极材料，采用电芯到电池包（CTP）技术，将电芯直接作为结构件，通过粘接、卡扣等方式固定在电池包的纵横梁上，省去或简化模组结构，设计集成式液冷板，减少额外空间占用。</p>

易回收再生设计	<p>1.模块化与标准化结构设计。采用螺栓连接替代胶粘、激光焊接，将电池包拆分为电芯、热管理、电控等独立模块，统一电池编码实现全生命周期追溯，提升拆解效率。</p> <p>2.绿色材料选用与标识规范。优先推广磷酸铁锂电池，采用可降解粘结剂减少剧毒电解液成分；在电池包外壳、电芯等部件标注材料类型、回收工艺，配备二维码“数字护照”。</p> <p>3.梯次利用与再生工艺应用。对剩余容量$\geq 80\%$的退役电池经无损检测后重组，应用于储能、通信基站等场景；采用湿法冶金、真空蒸馏、室温快速再生等技术，提升锂、钴、镍及电解液的回收率。</p>
九、家用电器行业	
无害化设计	<p>1.有害物质源头管控。在家电产品设计阶段，识别并严格管控全氟/多氟烷基物质（PFAS）、邻苯二甲酸酯类增塑剂等化学物质使用，优先选择更绿色安全的替代材料。</p> <p>2.外壳涂层与内饰面板无害化。在冰箱、洗衣机、空调、热水器、微波炉、吸油烟机等家电的外壳涂层与内饰面板中，使用粉末涂料与低VOCs无醛黏合剂，替代铅、汞、镉等重金属化合物作为颜料或稳定剂。</p> <p>3.电路板及背光模组无害化。在电视、空调、洗衣机、微波炉的电路板及背光模组中，采用无卤阻燃剂中磷—氮系膨胀型阻燃剂，替代多溴联苯、多溴二苯醚、短链和中链氯化石蜡等持久性有机污染物阻燃剂。</p> <p>4.制冷系统无害化。在设计空调、冰箱等家电制冷系统时，优先采用丙烷R290、异丁烷R600a等天然碳氢制冷剂替代传统制冷剂，降低制冷剂泄漏带来的温室气体排放影响。</p> <p>5.材料减量化设计及再生材料应用。在满足产品安全要求和性能要求的前提下，减少材料用量，提高再生材料的使用比例。</p>
节能设计	<p>1.高效隔热、保温材料。在设计冰箱、热水器等家用电器时，采用真空隔热板、真空保温技术，减少能源损耗。</p> <p>2.智能控制。在冰箱、空调、洗衣机等家用电器中，引入人工智能管理控制技术，实现按需耗能。</p> <p>3.低功耗触控屏。在冰箱、洗衣机、微波炉等使用触控屏的家电中采用低功耗有机发光二极管（OLED）触控屏替代传统液晶显示器（LCD）屏。</p>
节水设计	<p>1.智能传感与控制。在设计洗衣机、洗碗机时，采用智能水量传感与控制技术，以及配置高精度智能称重与水质传感系统，降低使用水耗。</p>

<p>降噪设计</p>	<p>1.核心动力部件优化。在设计冰箱、空调、洗衣机、吸油烟机等家用电器时，采用变频静音压缩机、无刷直流电机替代传统的定频压缩机与交流电机。</p> <p>2.隔音材料加装。通过加装高性能吸音棉、隔音毡或阻尼减震胶，以及风噪控制设计，减少噪音产生与传播，提升使用舒适度。</p> <p>3.风噪控制设计。在风扇等风冷类家电中，通过仿生学或计算流体动力学优化扇叶形态、角度与分布，减少涡流与湍流风噪，结合心理声学研究调整噪音频谱。吸油烟机中，通过优化风道曲线、加装进风静音导流板并选用静音电机降低噪音，依托心理声学技术优化噪声音质，减少听觉疲劳。</p> <p>4.电机驱动、传动机构、结构减振、水路流体及电控电磁等方面优化。采用低噪直驱电机与弹性隔振，简化传动链并提升运动部件精度；优化壳体模态与阻尼，搭配 TMD 抑制共振；规整水路消除水锤与减轻管振，优化电控策略降低电磁啸叫，从源头与传递路径管控振动噪声。</p>
<p>节空间设计</p>	<p>1.折叠/可伸缩结构设计。在电水壶、电动晾衣架等产品中采用折叠式结构，屏幕类产品采用折叠屏设计，通过结构变形缩减闲置状态体积；空调出风口、吸尘器伸缩杆等采用伸缩式设计，按需调节长度节省收纳空间。</p> <p>2.模块化堆叠组合设计。在智能音箱、路由器等产品中采用模块化堆叠结构，可按需增减功能模块且堆叠存放节省占地；在冰箱、储物柜等中采用模块化抽屉设计，支持叠加扩展容量；在小家电中采用组件嵌套堆叠，减少收纳时的空间占用。</p> <p>3.超薄/嵌入式结构优化。在电视机、显示器中采用超薄壁设计，压缩机身厚度适配壁挂安装；洗衣机、空调内机通过优化内部零部件布局实现超薄化；微波炉、烤箱、洗碗机等采用嵌入式设计，嵌入橱柜或墙体节省台面与地面空间。</p>
<p>易回收再生设计</p>	<p>1.单一材料选用。在设计家用电器外壳、内部结构件时，在满足功能与安全前提下，优先选用单一材质的塑料或金属，如 PP、ABS 等塑料或不锈钢、铝合金等金属材料，避免使用涂层、电镀等复合材料。</p> <p>2.模块化无损连接。在电路板、压缩机/电机、制冷系统等核心功能单元中通过模块化架构与无损连接技术，将其设计成独立、可快速分离的模块，提升产品可拆解性与部件、材料的回收利用率。</p> <p>3.材料标识指引。在塑料部件上推广部件材料标识系统，模压国际通用的材料识别代码；对含有相变材料、环保制冷剂等特殊材料或需特殊处理的部件，提供清晰的拆解指引或二维码“数字护照”。</p>

十、包装行业	
无害化设计	<p>1.包装印刷绿色化。使用低/无 VOCs 含量油墨等原辅材料，倡导减量减色化设计。</p> <p>2.辅材无害化。减少包装辅材用量以及使用低 VOCs 含量涂料、粘合剂、印刷油墨等辅材，降低对环境的影响，保障再生价值。</p>
节材设计	<p>1.改进或优选包装材料。通过改进包装材料的性能或选择低克重的包装材料，削减塑料、玻璃和金属包装容器的厚度或纸板的克重，减少包装材料用量。鼓励选用再生纸、再生塑料等再生材料，节约原生材料。</p> <p>2.优化包装结构。避免在包装中设置非功能性结构或部件以及复杂包装结构，减少包装空隙率，避免不必要的包装层数，采用功能至上、简洁实用的设计。</p>
节空间设计	<p>1.可折叠与可嵌套结构。在快递箱、周转箱等物流载具中，采用可折叠设计，使其在空箱返回或仓储状态下可被折叠堆放；对于箱、桶、盒等包装，采用可嵌套结构，使空置状态下可互相套叠。</p> <p>2.包装尺寸标准化。运输包装采用标准的包装模数尺寸，使其与集装托盘运输、集装箱运输以及有关运输工具和仓储空间尺寸匹配，有效利用运输和仓储空间，减少因尺寸不匹配导致的空间浪费。</p> <p>3.优化装箱方式。根据产品的实际尺寸和形状，设计和采用最节省空间、最匹配箱型的混合装箱方案，避免空间浪费。</p>
易回收再生设计	<p>1.单一化/兼容性和环境友好材料。在设计包装及辅助物时，采用纸质、金属、玻璃等单一材质及聚烯烃类等单一聚合物或相容性好的包装材料。</p> <p>2.可拆解易分离结构。采用不同材料的包装部件时，各部件使用扣式等可拆解易分离结构，或采用密度差异大、易于水洗浮选分离的材料，降低回收难度。</p>
可重复使用设计	<p>1.可替换包装结构。对于易损耗包装部件，设计可更换的结构，避免因小部件损坏导致整个包装报废，延长包装使用周期。</p> <p>2.可循环包装系统。对于快递、物流等场景，设计可重复使用的快递箱、周转箱、托盘等包装，减少一次性包装的使用。</p> <p>3.可重复填充模式。对于洗衣液、洗发水等特定产品，设计补充包装，实现包装容器的重复填充与使用。</p>
十一、洗涤用品行业	
节水设计	<p>1.产品配方优化。优化洗涤产品配方，减少产品使用时产生的冗余泡沫量并增强泡沫易破裂性。</p> <p>2.速溶渗透技术。创新高密度颗粒、片剂等物理形态和表面活性剂结构，减少洗涤用水量。</p>

<p>节材设计</p>	<p>1.产品浓缩化。在设计洗衣液、清洁剂等洗涤用品时，通过洗涤产品浓缩化，减少配方中水及填充料的添加量。</p> <p>2.产品形态创新。通过洗衣凝珠、洗衣片、洗衣块等产品形态设计创新，实现产品体积缩减。</p>
<p>十二、纺织行业</p>	
<p>节水设计</p>	<p>1.少水染整工艺应用。应用连续平幅前处理、超声波连续水洗、小浴比间歇式染色、涤纶织物少水连续轧染、高牢度涂料印花、数码喷墨印花等少水染色技术。</p> <p>2.水洗技术优化。采用短流程前处理技术以及用果胶酶、纤维素酶等生物酶制剂替代传统碱煮漂工艺，降低生产水耗。</p> <p>3.水资源循环利用。化纤行业污水处理环节推广使用新型高效脱盐技术、中水回用及废水零排放工艺，降低水耗。</p> <p>4.节水面料选用。在设计纺织服装产品时，采用先进适用易清洗的面料，减少使用过程中的洗涤用水量；或者使用生产耗水量低的面料制作纺织服装产品。</p>
<p>易回收再生设计</p>	<p>1.单一纤维面料。在设计面料、纺织品、服装时，采用棉、涤纶等单一纤维高占比的面料。</p> <p>2.辅料易分离设计。使用可降解缝线或与面料材质一致的缝纫线、无胶水粘合的可拆卸衬里、可回收树脂拉链等易分离辅料。</p> <p>3.材料标识指引。在纺织品标签上清晰标注纤维成分及回收处理方式，减少回收再生过程中的分拣障碍，提升回收利用效率。</p>
<p>十三、生物制造行业</p>	
<p>零碳设计</p>	<p>1.生物基原料与生物催化技术应用。在药物、化学品生产原料选择与转化路径设计中，选用可再生生物基原料替代化石原料，采用脂肪酶法、腈水解酶法等生物催化技术，替代高污染高能耗的传统化学合成路径。</p> <p>2.微生物细胞工厂构建。通过合成生物学技术重构代谢路径、平衡代谢通量，拓展大肠杆菌、谷氨酸棒状杆菌等微生物底盘，构建高效细胞工厂，实现维生素、氨基酸、化妆品原料等产品的高效生物合成制造。</p> <p>3.全流程低碳工艺集成。整合高效糖化、节水发酵、温和分离纯化、废弃物减量化等技术，优化生物反应器运行参数，回收生产过程余热余能，提升原料利用率，减少工业过程能耗与水、空气污染物排放。</p>
<p>无害化设计</p>	<p>1.工艺无害化。聚焦生产全流程无害化管控，推动生产工艺向连续化、密闭化、绿色化升级。</p> <p>2.溶剂无害化。优先采用低 VOCs 含量和低活性有机溶剂，大幅降低单位产品有机溶剂消耗量；建立高效的回收与处理系统。</p>

十四、甲醇行业	
零碳设计	<p>1.低碳原料替代。以可再生能源制氢和捕集的 CO₂ 为原料，通过催化合成工艺生产绿甲醇，替代传统煤炭、天然气等化石原料；或选用农林废弃物、工业有机废渣等生物基原料，通过气化或发酵制甲醇，从源头削减碳排放。</p> <p>2.生产工艺低碳优化。优化甲醇合成反应条件，采用高效催化剂技术提升转化效率，减少反应能耗；回收生产过程中的工艺余热、弛放气，用于发电或供热，实现能量梯级利用；配套光伏、风电等可再生能源供电，降低生产环节化石能源依赖。</p> <p>3.碳捕集、利用与封存技术（CCUS）集成与碳循环。在甲醇生产装置中集成 CCUS，捕获原料转化、燃料燃烧过程中产生的 CO₂，部分循环回合成系统作为原料，部分通过地质封存或化工利用，实现产品碳足迹降低。</p>
十五、轮胎行业	
降噪设计	<p>1.高性能原材料替代。在轮胎配方中，增加高阻尼橡胶、高分散性白炭黑、特定硅烷偶联剂、轻质高强材料如高韧性的芳纶纤维或新型高性能人造丝等原材料，有助于降低轮胎的固有振动频率和噪声辐射。</p> <p>2.工艺精准控制。在生产设备中采用激光和自动光学对中等系统，确保半部件的尺寸、角度和拼接位置精确无误；联动生产线，实时监控和反馈调节各部件的参数，确保其产品沿圆周方向分布高度均匀，部件尺寸与分布的高度均匀性；优化硫化模具的加热通道设计和工艺控制，确保胎坯在型腔中受热均匀，避免局部过硫或欠硫导致的硬度差异；全息均匀性检测、声学抽检等终检手段，减少因生产工艺带来的噪音偏差。</p> <p>3.多元设计优化。优化花纹设计、结构设计、系统集成与仿真驱动等技术手段，实现降噪策略的正向设计。</p>