工业喷砂与抛丸设备技术及应用白皮书

现代工业制造体系中，金属构件与装备的表面质量直接决定产品寿命、涂装附着力、结构强度及外观品质。喷砂与抛丸作为工业表面预处理的核心工艺，被广泛应用于机械重工、船舶制造、航空航天、轨道交通、钢结构、风电、核能等关键领域。

喷砂与抛丸设备通过高速磨料喷射或抛射，实现工件表面除锈、除氧化皮、去毛刺、消除内应力、增加表面粗糙度等功能，是提升涂装质量、延长防腐周期、强化结构强度的必备工序。随着环保要求、安全标准与生产效率的不断提升，传统开放式喷砂、简易抛丸设备逐步向密闭化、自动化、智能化、环保化方向升级。

本白皮书系统阐述喷砂与抛丸设备的工作原理、设备类型、结构特点、工艺选型、系统配置、环保配套、安装运维及典型行业应用，为企业设备选型、工艺规划、产线升级、环保改造提供完整、清晰、可落地的技术参考，助力企业实现高效生产、安全生产、绿色生产。

一、喷砂与抛丸工艺的价值与应用范围

喷砂与抛丸是工业表面处理领域应用最广、通用性最强的物理处理方式，区别于化学酸洗等工艺，具有无环境污染、处理效果均匀、适用材质广泛等优势。

经过喷砂或抛丸处理的工件，表面锈层、氧化皮、油污、型砂、焊渣等杂质可被彻底清除，形成均匀粗糙的表面，大幅提升油漆、喷涂、喷塑、镀锌等涂层的附着力，让防腐寿命成倍提升。同时，抛丸工艺可有效消除焊接、铸造、锻造产生的内应力，增强工件疲劳强度，提升结构件的整体可靠性。

这两类工艺几乎覆盖所有需要表面预处理的行业，包括各类钢结构件、船舶壳体、工程机械、汽车零部件、铸造件、锻件、集装箱、风电塔筒、法兰、管道、航空构件、轨道交通车辆等。无论是大型工件、小型配件、异形结构还是批量标准件，都可通过对应的喷砂或抛丸设备实现稳定处理。

在环保政策趋严的背景下，密闭式喷砂房、自动回收式喷砂系统、除尘一体化抛丸机成为行业主流，在提升处理质量的同时，实现粉尘集中收集、达标排放，改善作业环境，保障操作人员职业健康。

二、喷砂设备工作原理与类型特点

喷砂设备以压缩空气为动力，将磨料通过喷嘴高速喷射到工件表面，利用磨料的

冲击与切削作用，完成表面清理与强化。根据自动化程度、磨料回收方式、密闭形式，可分为开放式喷砂、压入式喷砂、机械回收式喷砂房、气力回收式喷砂房等。

开放式喷砂设备简单、投入低，但粉尘扩散严重，适用于临时、简易、非连续作业场景。工业规模化生产中普遍采用密闭式喷砂房，将工件置于密闭空间内作业，配合磨料自动回收、循环使用、粉尘集中净化，实现高效、环保、连续作业。

机械回收式喷砂房通过皮带、刮板等机械结构完成磨料收集、输送、筛分、提升、循环使用，处理效率高、运行稳定，适合中大型工件、重型工件的批量处理。气力回收式喷砂房依靠风力负压完成磨料回收，结构简洁、维护方便、投资适中，适合中小型工件与多品种、小批量生产场景。

喷砂系统通常由喷砂主机、压力罐、喷砂枪、喷嘴、密闭房体、磨料回收系统、筛分系统、除尘系统、照明与电控系统组成。房体采用钢结构框架，配合阻燃密封材料，保证结构稳固、密封性好、使用寿命长。内部配置照明、观察窗、防护板，保障操作安全与可视性。

喷砂工艺可根据需求选择不同磨料，如石英砂、金刚砂、钢砂、钢丸、玻璃珠、陶瓷砂等，不同磨料对应不同的表面粗糙度、处理效率与工件适用场景。合理的磨料选型与压力匹配，可在保证处理质量的同时，降低磨料消耗与设备磨损。

三、抛丸设备工作原理与类型特点

抛丸设备通过高速旋转的抛丸器，将钢丸、钢砂等磨料以极高速度抛射到工件表面，实现强力清理、除锈、除氧化皮、铸件清砂、表面强化等功能。抛丸处理效率远高于人工喷砂，适合大批量、连续化、自动化生产线使用。

抛丸器是设备的核心部件，由叶轮、分丸轮、定向套、护板等组成，高速旋转产生强大离心力，将磨料精准抛向工件表面。设备内部配备高耐磨护板，抵御磨料持续冲击，延长使用寿命。

根据工件形式与输送方式，工业常用抛丸设备可分为吊钩式、履带式、悬链式、辊道通过式、转台式等类型。吊钩式抛丸机适合吊装类工件、箱体件、焊接件、复杂结构件，可实现多角度均匀处理。履带式抛丸机适合小型铸件、锻件、标准件的批量清理，自动翻转、自动卸料、处理一致性好。

辊道通过式抛丸机专门用于钢板、型钢、钢结构件、板材、型材的连续表面处理，工件匀速通过，多抛丸器多角度同步作业，处理效率高、表面均匀。悬链式抛丸机适合流水线连续生产，可实现上下件与抛丸同步进行，适配汽车零部件、工程机械

配件等规模化制造。

抛丸设备均配套完善的除尘系统，磨料实现自动循环、筛分、净化，去除粉尘与破碎磨料，保证抛丸效果稳定。整体系统采用 PLC 控制，可实现自动启停、自动供料、故障报警、能耗监测，运行稳定、操作简单、维护便捷。

四、喷砂与抛丸设备系统组成与配置要点

工业喷砂与抛丸设备并非单一主机，而是集房体、输送、抛丸 / 喷砂、磨料循环、筛分、除尘、电控、照明、防护于一体的成套系统。合理的系统配置直接决定处理效率、产品质量、环保达标与运行成本。

房体结构采用高强度型钢焊接，密封性强、隔音防尘，内部铺设耐磨橡胶板或锰钢护板，抵御磨料冲击，延长设备寿命。观察窗、照明、检修门、安全联锁装置，保障操作安全。

输送与承载系统根据工件尺寸、重量、生产节拍设计，吊钩、链条、辊道、履带、台车等形式多样，保证工件进出顺畅、运行稳定、定位精准。

磨料循环系统负责收集、提升、输送、筛分、净化磨料，分离破碎颗粒与粉尘，保证进入喷砂或抛丸主机的磨料干净、均匀、粒度合格，提升处理质量并降低磨料损耗。

除尘系统是环保达标运行的关键，通常配套滤筒除尘器或布袋除尘器，对喷砂、抛丸过程中产生的粉尘进行集中收集、高效净化，保证车间无扬尘、排放达标。设备布局可将除尘器置于室内或室外，灵活适配现场空间。

电控系统采用 PLC + 触摸屏控制，具备自动运行、手动调试、故障诊断、安全保护、能耗监测等功能，可实现一键启动、自动循环、异常停机报警，提升设备智能化水平，降低人工操作强度。

五、设备选型依据与工艺规划原则

喷砂与抛丸设备的选型需要结合工件尺寸、重量、材质、形状、处理要求、生产效率、场地条件、环保标准等多方面因素综合确定。

工件大小直接决定设备内部有效空间，大型钢结构、船舶构件、风电部件需选用大尺寸喷砂房或通过式抛丸机；小型配件适合履带式、转台式或吊钩式设备。处理需求决定工艺方向，单纯除锈可选用常规参数，表面强化需提高抛丸速度与打击力度，精密件可选择温和喷砂工艺。

生产节拍与批量决定自动化程度，单件小批量可选用半自动设备，大批量流水线生产建议配置全自动、连续式设备，提升效率并降低人工成本。

环保与安全要求必须纳入规划，密闭式结构、高效除尘系统、防爆配置、噪声控制、安全联锁等，都是现代工业设备必备的基础配置，确保符合安全与环保规范。

现场空间、厂房高度、地面承重、电源气源条件，同样影响设备结构形式与安装方案，合理布局可减少改造投入，提升空间利用率。

六、环保与安全设计要点

喷砂与抛丸作业伴随粉尘与噪声，环保与安全设计是设备不可或缺的部分。密闭式结构从源头抑制粉尘扩散，配合高效除尘系统，实现车间洁净与排放达标。

除尘系统根据粉尘浓度、风量、工况选择滤筒或布袋形式，保证净化效率，同时具备自动清灰、集尘、卸灰功能，方便运维管理。设备运行噪声通过优化结构、减震、隔音处理，控制在合理范围，改善车间作业环境。

安全方面，设备配置安全门联锁、急停按钮、过载保护、限位装置，防止误操作带来风险。电气系统具备短路、过载、缺相、过热保护，保证长期稳定运行。针对易燃易爆粉尘环境，可配置防静电、防爆、火花探测与熄灭装置，提升安全等级。

磨料循环与筛分系统可减少磨料飞溅与浪费，降低运行成本，同时避免粉尘二次扩散。整体设计遵循环保、安全、节能理念，符合国家相关标准与行业规范。

七、安装调试与运行维护

设备安装需要规范的基础施工、定位固定、管道连接、电气接线，确保房体密封、输送平稳、除尘顺畅、运行无振动。调试阶段依次进行空载测试、磨料循环测试、除尘测试、抛丸或喷砂联动测试，逐步优化参数，使设备达到最佳处理状态。

日常维护重点关注抛丸器、护板、轴承、传动链条、滤筒、脉冲阀等易损部件，定期检查磨损情况并及时更换。磨料需定期补充与筛分，去除破碎磨料与杂质，保证处理效果稳定。

除尘系统需定期清理积尘、检查清灰机构，保证阻力正常、净化效率不衰减。电气与控制系统保持干燥清洁，避免粉尘进入造成故障。建立设备维护台账，定期保养、定期巡检，可大幅延长设备使用寿命，降低停机风险。

八、典型行业应用

在钢结构与建筑工程领域，喷砂房与辊道抛丸机可高效处理型钢、钢板、网架、支撑构件，去除锈层与氧化皮，提升防腐涂装质量。

船舶与海工装备行业，大型密闭喷砂房与通过式抛丸机适用于船体分段、舱口构件、甲板配件等大型工件，满足高标准表面预处理要求。

工程机械与汽车制造行业，吊钩式、履带式、悬链式抛丸机广泛应用于挖掘机构件、车架、箱体、铸锻件的批量清理与强化。

铸造行业通过抛丸设备实现铸件清砂、除锈、去毛刺，大幅提升后道加工与涂装效率。航空航天、风电、核能等高端装备领域，对表面质量与应力消除要求高，高精度喷砂与抛丸系统可满足严苛的工艺标准。

无论工件尺寸大小、产量高低、工艺要求如何，都可通过定制化喷砂或抛丸解决方案，实现稳定、高效、环保的表面处理。

九、技术发展趋势

未来工业喷砂与抛丸设备将向更高自动化、智能化、绿色化方向发展。自动化产线与机器人上下料结合，实现无人化作业，提升效率与稳定性。智能监控系统可实时监测抛丸器状态、磨料消耗、除尘阻力、处理质量，实现预测性维护。

节能化设计降低风机、抛丸电机能耗，优化气流与抛射角度，提升磨料利用率。环保性能持续升级，超低排放、噪声控制、粉尘零扩散成为标配。设备模块化、标准化程度提高，交付周期更短、安装更快捷、运维更简单。

结语

喷砂与抛丸设备是现代工业制造中不可或缺的表面预处理装备，直接影响产品质量、使用寿命、防腐能力与生产效率。随着工业升级与环保趋严，密闭化、自动化、智能化、环保化的成套设备已成为行业主流选择。

本白皮书提供全面的技术参考与应用指导，企业可结合自身工件特点、工艺需求、现场条件与环保标准，选择适配的喷砂或抛丸解决方案，实现提质、增效、降本、安全、环保的综合目标。