

河北省建筑陶瓷行业环保绩效创 A 最优实用技术指南（第一批）

河北省重点行业环保绩效创 A 工作领导小组办公室

2023 年 6 月

前 言

为进一步提升河北省建筑陶瓷行业污染治理水平，通过创 A 补齐全省建筑陶瓷行业环保短板，引领全省建筑陶瓷行业高质量发展，开展实地调研，结合全省建筑陶瓷企业创 A 目标和工作实际，积极探索解决建筑陶瓷企业污染治理技术存在的问题，提出合理改进建议，并对建筑陶瓷企业创 A 的最优治理技术进行了梳理总结、规范提升，研究编制了《河北省建筑陶瓷行业环保绩效创 A 最优实用技术指南（第一批）》，对建筑陶瓷行业治理技术的原理、关键技术、治理效益和减排潜力进行了详细分析，为建筑陶瓷企业创 A 工作提供技术指导。

目 录

一、颗粒物治理技术	- 1 -
(一) 袋式除尘技术	- 1 -
(二) 脱硫后湿式电除尘技术	- 3 -
二、二氧化硫治理技术	- 6 -
(一) 石灰-石膏湿法脱硫技术	- 6 -
(二) 烟气循环流化床半干法脱硫技术	- 8 -
(三) 干法脱硫技术 (参考)	- 10 -
三、氮氧化物治理技术	- 12 -
(一) 低氮燃烧	- 12 -
(二) 选择性非催化还原 (SNCR) 技术	- 14 -
四、颗粒物无组织管控技术	- 16 -
(一) 封闭棚化喷淋抑尘技术	- 16 -
五、节能降碳技术	- 18 -
(一) 建筑陶瓷薄型化节能技术	- 18 -
(二) 建筑陶瓷制粉系统用能优化技术	- 20 -
(三) 新型多层干燥器与宽体辊道窑成套节能技术	- 23 -
(四) 陶瓷原料干法制粉技术 (参考)	- 25 -

一、颗粒物治理技术

(一) 袋式除尘技术

1.技术名称

袋式除尘技术。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

适用于陶瓷原料制备、干压成形、修坯和后加工等工序产生的颗粒物以及喷雾干燥塔烟气中颗粒物的捕集。河北省大多数建筑陶瓷企业采用普通袋式除尘器、覆膜袋式除尘器。

4.技术内容

(1) 技术原理

袋式除尘技术是利用纤维织物的拦截、惯性、扩散、重力等协同作用对含尘气体进行过滤的技术。当含尘气体进入袋式除尘器后，颗粒大、比重大的粉尘，由于重力的作用沉降下来，落入灰斗，烟气中含有较细小粉尘的气体在通过滤料时被阻留，使烟气得到净化，随着过滤的进行，阻力不断上升，需进行清灰再生。按清灰方式分为脉冲喷吹类、反吹风类及机械振打类袋式除尘器。

(2) 关键技术

①气流分配技术

除尘器对气流实行二次分配，即进风总管采用楔形管道，内设置导流板，实现进风总管与各单元进风口流量的一次分配；单

元灰斗上部设置交叠式导流板，进入到单元仓室内的烟气通过交叠式导流板实现单元进风口与过滤室流量的二次分配。同时袋底离进风口上口垂直距离有足够的净空间，滤袋保持合理间距，气流通过前部导流后，依靠阻力分配原理自然分布，达到整个过滤室内气流以及各空间阻力的分布均匀，最大限度地减少紊流、防止二次扬尘。

②脉冲式/反吹式清灰技术

脉冲式清灰需要压缩空气作为清灰动力，适用于针刺毡，清灰强度高，清灰时间短，应用范围广。

反吹式清灰利用反吹风机的反向气流使滤袋上颗粒物脱落，适用于玻纤机织物滤料。

③离线清灰/不停机检修技术

为保证清灰更为彻底有效，除尘器在每个单元仓室出风口设置气动提升阀，保证需要清灰的当前仓室单独切断。使清灰不受上升气流的干扰，加速粉尘降落。借助气动提升阀关闭和灰斗进风口手动调节风阀关闭，可以实现当前仓室换袋等检修维护工作，其它工作均在机外执行，可以实现不停机检修。

④滤料

袋式除尘器可针对不同工段与不同烟气性质选择不同的滤料，滤料选择应综合考虑耐高温性、耐腐蚀性、强度等方面，常用滤料主要有芳纶针刺毡、聚酰亚胺针刺毡、玻璃纤维机织布、涤纶针刺毡、丙烯腈均聚体针刺毡。

(3) 主要技术指标

除尘效率为 99.50%-99.99%。一般情况下，当颗粒物排放限值要求 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时，过滤风速 $0.8\text{m}/\text{min}$ 左右；要求 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时，过滤风速 $0.7\text{m}/\text{min}$ 左右。

5.典型案例

案例一：

河北佳豪陶瓷制品有限公司于 2019 年先后对压制工序、制粉工序、磨边工序的除尘设施超细纤维滤袋除尘器，更换为覆膜滤料袋式除尘器，除尘效率能够达到 99.9%。改造后设备运行稳定，除尘效果良好，颗粒物浓度能稳定控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

案例二：

河北领标科技发展有限公司除尘设施全部采用脉冲式覆膜布袋除尘器，除尘效率能够达到 99.9%，在 2021 年投产后收尘运行稳定，效果良好，颗粒物浓度能稳定控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

6.推广前景和减排潜力

该技术可以广泛应用于破碎机、喷雾干燥塔、成型、干燥窑（室）、施釉线、烧成窑等生产过程中有组织颗粒物排放治理，具有明显的减排效果。

(二) 脱硫后湿式电除尘技术

1.技术名称

湿式电除尘技术。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

主要用于湿法脱硫后的除尘。邯郸市永年区金缔陶瓷有限公司在喷雾干燥塔脱硫装置后采用湿式电除尘技术。

4.技术内容

(1) 技术原理

电除尘技术是在高压电场内，使悬浮于含尘气体中的粉尘或颗粒物受到气体电离的作用而荷电，荷电颗粒在电场力的作用下，向极性相反的电极运动，并吸附在电极上，通过振打、冲刷等使其从电极表面脱落，同时在重力的作用下落入灰斗，实现除尘的全过程。

依据电极表面灰的清除是否用水，分为干式电除尘和湿式电除尘。干式电除尘常被称作电除尘，湿式电除尘常被称作湿电，湿电仅用于湿法脱硫后的二次除尘（深度除尘）。

(2) 关键技术

电除尘技术适用于工况比电阻在 $10^4\Omega\cdot\text{cm}$ - $5\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ 范围内的粉尘去除，可在范围很宽的温度、压力和烟尘浓度条件下运行。湿式电除尘器内烟气平均流速宜为： 0.5m/s - 5.5m/s 。

影响电除尘器性能的主要因素有工况条件、电除尘器的技术状况和运行条件。其中，工况条件中煤、飞灰成分对电除尘器性能的影响最大。

(3) 主要技术指标

电除尘器除尘效率为 99.20%-99.85%，出口颗粒物排放浓度通常小于 10mg/m³。

5.典型案例

案例一：

邯郸市永年区金缔陶瓷有限公司喷雾干燥塔采用旋风除尘+喷淋除尘+脱硫塔组合技术对颗粒物和二氧化硫进行处理，2020年改造后在脱硫塔后增加湿电除尘器，除尘效率能够达到 99.90%，改造后收尘运行稳定，颗粒物浓度明显降低，稳定控制在 10mg/m³ 以下。

6.推广前景和减排潜力

该技术适用于建筑陶瓷企业湿法脱硫系统后的烟气深度治理，具有协同脱除 SO₂ 和气溶胶的作用。

二、二氧化硫治理技术

(一) 石灰-石膏湿法脱硫技术

1. 技术名称

石灰-石膏湿法脱硫技术。

2. 技术类别

减污降碳类。

3. 应用现状及适用范围

适用于建筑陶瓷企业喷雾干燥塔烟气和连续性生产的窑炉烟气 SO_2 治理。河北汇力瓷业有限公司（二厂）、河北聚祥泰陶瓷有限公司、河北泰恒陶瓷有限公司、河北新玻尔瓷业有限公司等均为 2022 年采用石灰-石膏法脱硫，有效降低 SO_2 排放浓度。

4. 技术内容

(1) 技术原理

以含石灰粉的浆液为吸收剂，吸收烟气中 SO_2 、HF 和 HCl 等酸性气体。在吸收塔内，烟气中 SO_2 与石灰反应形成亚硫酸钙，再鼓入空气强制氧化，最后生成石膏，从而达到脱除 SO_2 的目的，脱硫净烟气经除雾器除雾后排放。

脱硫系统主要包括吸收系统、烟气系统、吸收剂制备系统、石膏脱水及贮存系统、废水处理系统、除雾器系统、自动控制和在线监测系统。

(2) 关键技术

石灰-石膏湿法脱硫效率主要受浆液 pH 值、液气比、停留时

间、吸收剂品质及用量、塔内气流分布等多种因素的影响。通过调整塔内喷淋布置、烟气流场优化、加装提效组件等方法可提高脱硫效率。

石灰-石膏湿法脱硫工艺采用氢氧化钙作为脱硫剂，脱硫系统内循环浆液主要成分为氢氧化钙、硫酸钙、亚硫酸钙及粉尘等，脱硫系统运行过程中必须将浆液 pH 值控制在 5.8-6.5 范围区间。

(3) 主要技术指标

脱硫效率可达 98.50% 以上。当烟气在脱硫装置中的停留时间大于 4s，钙硫比（摩尔比）在 1.0-1.1、系统阻力小于 1200Pa 的条件下，脱硫效率通常不小于 95%，出口 SO₂ 浓度通常不超过 20mg/m³，对颗粒物、氯化物、氟化物和重金属及其化合物有协同治理效果，出口颗粒物浓度通常不超过 30mg/m³。

5. 典型案例

案例一：

河北汇力瓷业有限公司（二厂）2022 年脱硫系统采用石灰-石膏湿法脱硫工艺，进口 SO₂ 浓度 50mg/m³-80mg/m³，出口 SO₂ 排放浓度小于 20mg/m³，有效降低 SO₂ 排放浓度。

案例二：

河北聚祥泰陶瓷有限公司 2022 年采用石灰-石膏湿法脱硫工艺，采用价廉易得的石灰作为脱硫剂，改造后运行稳定，效果好，节约成本，二氧化硫稳定控制在 20mg/m³ 以内。

6.推广前景和减排潜力

该技术可以广泛应用于喷雾干燥塔、干燥窑（室）、烧成窑等生产过程中 SO₂ 排放治理，具有明显的减排效果。

（二）烟气循环流化床半干法脱硫技术

1.技术名称

烟气循环流化床半干法脱硫技术。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

适用于窑炉烟气和喷雾干燥塔烟气治理技术。河北汇力瓷业有限公司（2017 年开始使用）、河北浩锐陶瓷制品有限公司（2018 年开始使用）、河北鑫祥陶瓷制品有限公司（2019 年开始使用）、河北领标科技发展有限公司（2021 年开始使用）等采用半干法脱硫，有效降低 SO₂ 排放浓度。

4.技术内容

（1）技术原理

烟气循环流化床半干法脱硫工艺使床内达到一种激烈的湍流状态，从而加强了吸收剂对二氧化硫的吸收。高温烟气在湍流床内与石灰浆很好地混合，二氧化硫被吸收后转变成为钙的亚硫酸盐和少量硫酸盐，反应后的固体颗粒物从床中移走。强烈的湍流状态及高的颗粒循环比提供了连续的颗粒接触，颗粒之间的碰撞使得吸收剂表面的反应产物不断地磨损剥落。从而避免了孔堵

塞造成的吸收剂活性下降。新的石灰表面连续暴露在气体中，强化了床内的传质和传热。

（2）关键技术

主要控制参数有床料循环倍率、流化床床料浓度、烟气在反应器及旋风分离器中驻留时间、脱硫效率、钙硫比、反应器内操作温度。

（3）主要技术指标

脱硫效率可达 98% 以上。烟气循环流化床半干法脱硫系统应配置袋式除尘装置。陶瓷工业烟气循环流化床半干法脱硫技术的主要特点为：入口烟气温度一般控制在 160℃ 以下，当吸收塔内烟气流速在 4m/s-6m/s、袋式除尘器过滤风速小于 0.8m/min 的条件下，脱硫效率可达 80%-95%，出口 SO₂ 浓度通常不超过 20mg/m³，对氯化物、氟化物和重金属及其化合物有协同治理效果。

5. 典型案例

案例一：

河北浩锐陶瓷制品有限公司采用半干法脱硫系统配置袋式除尘装置，脱硫效率可达 98% 以上，2018 年将石灰-石膏法改造为半干法脱硫，改造后提升脱硫效果并消除脱硫废水影响，脱硫后产物全部回收利用，提高经济效益。同时对氯化物、氟化物和重金属及其化合物有协同治理效果。

案例二：

河北领标科技发展有限公司喷雾干燥塔和窑炉烟气治理采用半干法脱硫+脉冲式覆膜布袋除尘器一体化技术，脱硫效率可达 80%-95%，出口 SO₂ 浓度不超过 20mg/m³，对氯化物、氟化物和重金属及其化合物有协同治理效果。

6.推广前景和减排潜力

半干法是把脱硫过程和脱硫产物处理分别采用不同的状态反应，特别是在湿状态下脱硫、在干状态下处理脱硫产物，既有湿法脱硫工艺反应速度快、脱硫效率高的优点，又有干法脱硫工艺无废水废液排放、在干状态下处理脱硫产物的优势，是脱硫工艺重要发展方向之一。

（三）干法脱硫技术（参考）

1.技术名称

全自动控制循环硫化床干法脱硫技术。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

适用于建筑陶瓷喷雾干燥塔及窑炉烟气二氧化硫脱除。江西唯美陶瓷有限公司采用干法脱硫技术。

4.技术内容

（1）技术原理

烟气首先进入脱硫系统烟道，在烟道内喷入高比表面积活性氢氧化钙，氢氧化钙细粉与烟道内烟气中的 SO₂ 及其他酸性介质

充分接触发生化学反应，被吸收净化。脱硫后粉状颗粒脱硫副产物随气流进入布袋除尘器收集，净烟气排放。

（2）关键技术

脱硫剂与烟气接触的时间要充分，至少 1.5 秒；脱硫剂的粒径小于 35 μm （D90）；烟气的含硫量一般不高于 500 mg/m^3 ；最佳反应温度 85 $^{\circ}\text{C}$ -100 $^{\circ}\text{C}$ 。

（3）主要技术指标

脱硫效率可达 98%以上。

5.典型案例

案例一：

江西唯美陶瓷有限公司采用干法脱硫工艺，进口 SO_2 浓度 80 mg/m^3 -120 mg/m^3 ，出口 SO_2 排放浓度小于 20 mg/m^3 ，有效降低 SO_2 排放浓度。

6.推广前景和减排潜力

干法烟气脱硫技术为气固反应，相对于湿法脱硫系统来说，设备自动化控制程度高，占地面积小、投资和运行费用较低、操作方便、能耗低、生成物便于处置、无污水处理系统等。

三、氮氧化物治理技术

（一）低氮燃烧

1.技术名称

低氮燃烧技术。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

适用于大多数建筑陶瓷企业喷雾干燥塔和窑炉氮氧化物去除。目前应用于河北汇力瓷业有限公司（2015年开始使用）、高邑县福隆陶瓷有限责任公司（2019年开始使用）、河北领标科技发展有限公司（2021年开始使用）、河北汇力瓷业有限公司（二厂）（2022年开始使用）、河北鑫祥陶瓷制品有限公司（2023年开始使用）等。

4.技术内容

（1）技术原理

低氮燃烧技术是采用低氮燃烧器，合理控制火焰温度、尽量缩短火焰长度，减小助燃空气在高温区的停留时间，降低燃烧空气比，适当调节还原气氛，进而避免过高温度及较长反应时间条件下NO_x的大量形成，同时通过控制燃烧工况，防止过量的氧化反应。NO_x产生量可降低约5%-15%。

（2）关键技术

低氮燃烧首先是燃料的改质，这是改善燃烧性能，降低NO_x

排放的重要措施。改质可以提高燃料的热效率，降低燃料中氮的含量，改善燃烧状态，降低燃烧温度，减少 NO_x 的生成。其次，燃烧空气增温和调节，可以降低燃烧温度，减少 NO_x 的产生，可以减少燃料中氮的燃烧，减少 NO_x 的排放；此外，控制燃烧温度的技术，可以通过改变燃烧温度，控制火焰结构，减少燃烧温度，减少 NO_x 的排放。

控制排烟出口温度一般不超过 720℃ 条件下，燃煤热风炉低氮燃烧技术和燃气热风炉低氮燃烧技术，都可使 NO_x 初始排放浓度不超过 100mg/m³。

（3）主要技术指标

NO_x 减排率可达 20%-50%。

5. 典型案例

案例一：

高邑县福隆陶瓷有限责任公司喷雾干燥塔采用低氮燃烧+SNCR 组合技术，治理设施实施低氮燃烧改造后相关设施运行稳定，NO_x 减排率最高可达 50%，NO_x 治理效果良好，排放浓度能稳定控制在 70mg/m³ 以下。

案例二：

河北汇力瓷业有限公司（二厂）于 2022 年在喷雾干燥塔实施改造，氮氧化物治理设施增加低氮燃烧技术，采用低氮燃烧+SNCR 组合技术后，NO_x 排放浓度能稳定控制在 60mg/m³ 以下。

6.推广前景和减排潜力

低氮燃烧技术不仅可以提高能源利用率，提升经济效益，而且可有效降低 NO_x 排放量，实现绿色生产。

(二) 选择性非催化还原 (SNCR) 技术

1.技术名称

SNCR 脱硝（选择性非催化还原技术）。

2.技术类别

减污降碳类。

3.应用现状及适用范围

用于建筑陶瓷企业喷雾干燥塔和窑炉烟气氮氧化物脱除。该技术已广泛应用于河北省建筑陶瓷企业。

4.技术内容

(1) 技术原理

选择性非催化还原 (SNCR) 技术是通过向高温烟气 (850℃-1100℃) 中喷入还原剂 (常用液氨、氨水和尿素)，将烟气中的氮氧化物还原成氮气和水。

窑炉采用 SNCR 脱硝技术主要是在分解炉管道内布置氨水雾化喷射系统，将氨水直接喷入到合适的温度区域。

(2) 关键技术

SNCR 技术的脱硝效率取决于温度、O₂ 含量、CO 含量、停留时间以及烟道中 NO_x 和 NH₃ 的含量。

延长气体在反应区域内的停留时间，有助于反应物质扩散传

递和化学反应，提高脱硝效率。另一方面，反应温度窗口是应用 SNCR 技术的关键，当反应区域温度过低时，脱硝反应效率会降低，导致大量的氨逃逸；当反应区域温度过高时，还原剂会被氧化形成 NO_x，造成还原剂损失同时产生更多 NO_x。微量的 O₂ 有利于 SNCR 反应的进行，O₂ 浓度的上升使反应温度窗口向低温方向移动。反应区间 O₂ 浓度宜控制在 1.5%-2%。

可采用分层级安装能独立控制的喷枪组，利用智能实时优化控制系统对 NO_x 排放进行预测，对生产工况的变化实时跟踪，根据工况及时调整并分别控制氨水的喷射位置及喷射量，从而达到提高脱硝效率、减少氨水用量、降低氨逃逸的目的。窑炉使用氨水应配备蒸氨设备，才能使氨气均匀进入窑炉，提高脱硝效率，减少氨逃逸。

（3）主要技术指标

可以实现 50%-70% 的脱硝效率，降低氮氧化物的排放。

5. 典型案例

建筑陶瓷企业广泛应用，能有效降低 NO_x 排放浓度。

6. 推广前景和减排潜力

SNCR 脱硝系统的建设一次性投资小，运行成本低，脱硝不使用催化剂，具有较好的减排效果和应用前景。

四、颗粒物无组织管控技术

（一）封闭棚化喷淋抑尘技术

1. 技术名称

封闭棚化喷淋抑尘技术。

2. 技术类别

无组织管控治理。

3. 应用现状及适用范围

适用范围包括物料存储料棚、输送、装卸料等。广泛应用于河北省大部分建筑陶瓷企业。

4. 技术内容

（1）技术原理

干物料堆棚封闭棚化后加装喷淋治理无组织排放。

（2）关键技术

生产过程中干物料输送主要采用皮带输送机、提升机、气力输送装置等，需胶带机输送的物料尽量降低物料落差，并将胶带机输送廊道全部封闭，同时在物料运转落差点设置了集尘设施，基本控制了物料输送过程中的无组织排放。

（3）工艺流程

各种原、辅料等物料在厂区内的堆存均采取封闭措施，基本控制了厂区物料堆存过程中颗粒物的无组织排放。厂内备有洒水车，在干燥季节对堆存的物料和物料运输道路进行洒水降尘，控制无组织颗粒物的产生。

5.典型案例

案例一：

河北汇力瓷业有限公司在 2021 年 3 月建设原料料场、煤储存棚。储存棚四周使用水泥立墙，顶部使用彩钢瓦加透明瓦，保证了物料储存棚密闭性，有效减少车辆进出时灰尘外溢，料棚、煤棚、压机、叉车运输通道顶部安装自动喷雾装置，可以实现手动、自动和远程控制。

案例二：

河北新玻尔瓷业有限公司建设物料储存棚，四周使用水泥立墙，顶部使用彩钢瓦密闭。物料棚大门使用高密度布料材质，可减少粉尘外溢；大棚顶部加装喷淋雾化设备；喂料机处加装粉尘收集设施，确保所有物料装卸、运输全部在密闭空间操作，并有效抑尘。

6.推广前景和减排潜力

可广泛应用于物料存储料棚、输送、装卸料等方面，具有明显的减排效果。

五、节能降碳技术

（一）建筑陶瓷薄型化节能技术

1.技术名称

薄型建筑陶瓷（包含陶瓷薄板）生产技术。

2.技术类别

节能改造技术。

3.应用现状及适用范围

建筑陶瓷企业生产墙、地面装饰用薄型陶瓷板产品。该技术已应用于广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司、河北领标科技发展有限公司（2021年开始使用）、河北汇力瓷业有限公司（2021年开始使用）、河北汇力瓷业有限公司（二厂）（2022年开始使用）。

4.技术内容

（1）技术原理

采用新技术、新工艺、新方法实现陶瓷砖的薄型化生产，其厚度是传统陶瓷砖的 1/3-1/2, 实现了陶瓷生产过程节约原材料资源超过 50%，节约烧成能耗超过 40%，缩短烧成时间、提高窑产量 20%-30%，SO₂、CO₂ 等气体的排放减少 20%-30%。

（2）关键技术

陶瓷薄板布料技术、液压成型技术、烧结技术、深加工技术、包装技术。

(3) 主要技术指标

装备的主要技术性能指标：瓷板厚度 3mm-5.5mm 可调；年产量 ≥ 150 万 m^2 。

装备所生产的产品主要技术性能指标：平均吸水率 $\leq 0.5\%$ ；破坏强度 $\geq 800N$ （厚度 $\geq 4mm$ ），破坏强度 $\geq 400N$ （厚度 $< 4mm$ ）；平均断裂模数 $\geq 45MPa$ ；耐磨性 $\leq 150mm^3$ （地面用无釉陶瓷板）。

5. 典型案例及投资效益

案例一：

案例名称：广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司项目

建设规模：日产量 $3500m^2$ 。

建设条件：大中型规模的陶瓷墙地砖生产企业。

主要技改内容：生产线建设。使用的主要设备包括：墙地砖布料及模具系统；全自动液压压砖机；高效节能辊道窑；大规格陶瓷薄板抛光线；大规格陶瓷砖自动包装线，并配套相关的水电、能源、仓储、运输等条件。建设期 4 个月，年节能量 1962tce，年减排量 5180tCO₂。

案例二：

案例名称：河北汇力瓷业有限公司项目

建设规模：日产量 $30000m^2$

建设条件：大中型规模的陶瓷墙地砖生产企业。

主要技改内容：墙地砖布料及模具系统；全自动液压压砖机；高效节能辊道窑；窑后智能储砖系统，大规格陶瓷薄板抛光线；

大规格陶瓷砖自动包装线，并配套相关的水电、能源、仓储、运输等条件。建设期 4 个月，年节能量 1850tce，年减排量 4980tCO₂，投资回收期约 2-3 年。

6.推广前景和减排潜力

陶瓷薄板技术与装备的推广应用，将能一定幅度降低建筑陶瓷能源和资源消耗，实现环境友好，使建筑陶瓷行业得到良性的发展。以我国年产 90 亿 m² 陶瓷砖计算，预计未来 5 年，可在建筑陶瓷领域推广 10%，形成的年节能能力约 25 万 tce，形成年碳减排能力 66 万 tCO₂。

(二) 建筑陶瓷制粉系统用能优化技术

1.技术名称

建筑陶瓷制粉系统优化技术。

2.技术类别

节能改造技术。

3.应用现状及适用范围

陶瓷粉料生产制备。该技术已应用于淄博艾丽嘉陶瓷有限公司、河北领标科技发展有限公司（2021 年开始使用）。

4.技术内容

(1) 技术原理

该技术根据“以破代磨、分类粉碎、连续球磨；以干代湿、集中干燥”设计原理，对传统喷雾干燥方式进行系统性改造，优化集成串联式连续球磨机技术、大型节能喷雾干燥塔与微煤洁净

喷燃系统技术等，变间歇式球磨为连续式球磨，变水煤浆炉为洁净燃煤，对陶瓷粉料生产进行集中生产、管理和配送，可以实现陶瓷粉料标准化、系列化、规范化和精细化生产输送，有效提高制粉系统的能效。

（2）关键技术

①串联式连续球磨机及球磨工艺技术

串联式连续球磨机系统实现了陶瓷粉料的连续化生产，整套系统自动化程度高，球磨效率高、用人工少、占地面积少等，从进料到出浆只需要 1.5 小时。

②大型节能喷雾干燥塔与微煤洁净喷燃系统技术

通过煤块粉碎风送一体机把细煤研磨成圆形颗粒状微粉，同时用风机输送到燃烧塔内燃烧，煤粉燃烧时不容易结块，着火速度快，比湿煤浆燃烧更充分，燃烧率高达 98%以上；由于减少了蒸发水分环节，极大的减少了热损耗，显著提高了干燥效率。

（3）主要技术指标

陶瓷粉料球磨阶段与传统间歇式球磨机相比综合能耗降低 50%；喷雾干燥阶段煤炭消耗量降低 40%-50%；球磨阶段和喷雾干燥阶段综合节水 10%。

5.典型案例及投资效益

案例一：

案例名称：淄博艾丽嘉陶瓷有限公司陶瓷粉料集中制粉项目改造

建设规模：日产 1000t 陶瓷干粉料。

主要技改内容：陶瓷原料车间建设和改造，包括原料输送、串联式连续球磨机系统、除铁、微煤燃烧炉、节能喷雾干燥塔、布袋尘器、脱硫塔等建设，把传统歇式球磨改造为连续式球磨；把传统水煤浆炉改造为微煤洁净喷燃热风炉，对传统喷雾干燥方式进行系统性改造。主要设备为串联式连续球磨机、大型节能喷雾干燥塔、高效微煤洁净喷燃热风炉。建设期 6 个月，每年可节能 17651tce，减排 46600tCO₂。投资回收期约 2 年。

案例二：

案例名称：河北领标科技发展有限公司陶瓷粉料集中制粉项目

建设规模：日产 1000t 陶瓷干粉料。

主要建设内容：陶瓷原料车间建设，包括原料输送、串联式连续球磨机系统、除铁、天然气燃烧炉、节能喷雾干燥塔、大型布袋尘器、脱硫塔等，把传统间歇式球磨改造为串联式连续式球磨机；把传统水煤浆炉改造为天然气热风炉，对传统喷雾干燥方式进行系统性改造，大型粉料储存塔仓。主要设备为串联式连续球磨机、大型节能喷雾干燥塔、高效天然气热风炉。建设期 8 个月。

6.推广前景和减排潜力

据统计，2020 年度中国建筑陶瓷行业产能约 84.74 亿 m²，若按每平方米 18kg（墙砖、地砖平均值）计算，全国需要处理的

陶瓷粉料约 1.53 亿 t。考虑产品差异性前提下，预计未来 5 年，该技术在全国各大陶瓷产区、陶瓷企业的推广比例达 30%，形成的年节能能力达 310 万 tce，年碳减排能力 818 万 tCO₂。

(三)建筑陶瓷新型多层干燥器与宽体辊道窑成套节能技术

1.技术名称

建筑陶瓷新型多层干燥器与宽体辊道窑成套节能技术。

2.技术类别

节能改造技术。

3.应用现状及适用范围

适用于建筑陶瓷生产领域节能技术改造。该技术已应用于广东清远蒙娜丽莎建陶有限公司、河北汇力瓷业有限公司（2015 年开始使用）、河北领标科技发展有限公司（2021 年开始使用）、河北新玻尔瓷业有限公司（2021 年开始使用）、河北汇力瓷业有限公司二厂（2022 年开始使用）等。

4.技术内容

(1) 技术原理

开发内置式自循环干燥技术和接力回收窑炉冷却余热系统，实现了余热高效回收和循环利用，提高了热利用效率；优化多层干燥器和宽体辊道窑的耐火保温结构，提高了保温效果，降低了窑炉散热；通过风气精准比例控制技术、节能型蓄热式燃烧组合结构及五层自循环快干器与宽体辊道窑的有效组合，系统地增强了干燥和烧成温度场的稳定性，提高了干燥和烧成质量。

（2）关键技术

利用冷却余热高效接力回收系统、内置式自循环干燥、风/气比例精准控制、窑炉内分区精准燃烧控制、节能型蓄热式燃烧等技术，实现窑炉冷却余热和干燥器内部热量的高效回收、快速均化、自动控温及循环利用，提高热效率，节能环保效果明显。

（3）主要技术指标

干燥器内宽 ≥ 3.0 米，长度 ≥ 50 米；辊道窑内宽 ≥ 3.0 米，长度 ≥ 200 米；烧成温度 $\leq 1250^{\circ}\text{C}$ ；零压处面板与环境温度之差 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ ；干燥、烧成合格率 $\geq 99\%$ 。

5.典型案例及投资效益

案例一：

案例名称：广东清远蒙娜丽莎建陶有限公司抛釉地砖升级改造项目

建设规模：广东清远蒙娜丽莎建陶有限公司原干燥、烧成系统单位综合能耗为 2.1342 千克标准煤/平方米。实施内容及周期：建设全新干燥器和高温辊道窑。实施周期 4 个月。节能减排效果及投资回收期：改造后，干燥、烧成系统平均综合能耗下降为 1.8675 千克标准煤/平方米，该项目单线日产抛釉砖 12000 平方米，每年按照 330 个工作日计算，年节约标准煤 0.11 万吨，年减排 0.29 万 tCO₂。

案例二：

案例名称: 河北领标科技发展有限公司辊道窑与干燥窑余热综合利用项目

建设规模: 268.8 米高铁时代数字辊道窑炉 (装机功率约 500KW), 31.5 米窑前干燥窑 (装机功率约 42KW), 16.8 米 1 号釉线干燥窑(装机功率约 15KW), 10.5 米 2 号釉线干燥窑(装机功率约 15KW), 40.6 米七层快速干燥器 (装机功率约 400KW)。实施内容及周期: 268 米辊道窑炉开发内置式自循环干燥技术和接力回收窑炉冷却余热系统, 带动全长约 100 米的 4 座干燥窑, 实现了余热高效回收和循环利用, 提高了热利用效率; 优化多层干燥器和宽体辊道窑的耐火保温结构, 提高了保温效果, 降低了窑炉散热; 通过风气精准比例控制技术、节能型蓄热式燃烧组合结构及五层自循环快干器与宽体辊道窑的有效组合, 系统地增强了干燥和烧成温度场的稳定性, 提高了干燥和烧成质量, 建设周期为 8 个月。

6.推广前景和减排潜力

预计未来 3 年, 推广应用比例可达到 11.9%, 可形成年节约标准煤 11.51 万吨, 年减排 31.88 万 tCO₂。

(四) 陶瓷原料干法制粉技术 (参考)

1.技术名称

陶瓷原料干法制粉技术。

2.技术类别

节能降碳技术。

3.应用现状及适用范围

陶瓷原料制备。该技术已在河北金汇陶瓷有限公司（2018年开始使用）。

4.技术内容

（1）技术原理

传统陶瓷湿法制粉一般采用“球磨、喷雾干燥塔”进行的“干→湿→干”操作工艺，具有高能耗、高水耗、高排放等特点。而干法制粉技术采用“立式辊磨机、增湿造粒机”的“干→干”操作工艺，取消了造粒喷雾干燥塔环节，直接节约用水70%以上，有效降低蒸发水消耗的电量、燃料以及生产过程中的二氧化碳和污染物排放。同时，采用干法制粉成套装备，使生产工艺简单连续，其中主要设备采用集中式工业控制器，可精确控制陶瓷原料的加工参数，提升了原料的供给质量，从而实现陶瓷生产的高效节能。

（2）关键技术

①系统工艺方面

通过生产实践摸索及大胆革新，总结凝练了干法制粉新理论：“原料精准连续配料、原料粉磨后干粉均化、原料处理中多次除铁、粉磨后干粉精细除杂、悬浮态均匀过湿造粒、造粒后的粉料不陈腐”创新提出了适合于抛釉砖生产的系统工艺，解决了干法工艺的压坯粉料在生产抛釉砖时出现的压机堵料频繁、砖面缺陷多（鼓包、凹坑、黑点、裂纹）等生产难题，实现了采用干法工艺生产的压坯粉料可满足抛釉砖生产的要求，并成功应用于日产

31000m² 800mm×800mm 抛釉砖生产线。

②大型破碎研磨设备开发方面

开发了 80t/h 的立式辊磨，并在抛釉砖干法制粉生产线的成功应用，满足了 50000m²/天的生产线的的需求，是目前国内最大的陶瓷原料专用立式辊磨机。

③大型造粒设备开发方面

开发了 28t/h 的交叉流强化造粒机，单机能力满足 1 条 15000m²/天生产线的造粒需求；通过双流体雾化交换形成料核、三级强化滚圆等方式，大幅提高了干法过湿造粒粉料的强度和流动性，克服了干法工艺生产的压坯粉料不耐运输和储存的难题。

④大型除杂设备开发方面

开发了适合于陶瓷原料的除杂筛。在传统双平方筛的基础上开发了组合式筛网清理装置，解决了陶瓷原料中杂质易造成糊筛的难题，填补了干法制粉工艺的干粉除杂无专用设备的空白；与回转筛和高频复振筛等筛机相比，可大幅降低占地面积并提高筛网利用率和密闭性，从而满足了高品质瓷砖高目数的除杂要求。

⑤布料压制成型系统化装置方面

由于干法制粉粉料颗粒是以水为介质粘合众多细小颗粒形成，外壳不像湿法颗粒是一个光滑壳体，不易流动而易粉化和粘壁，为此需要特殊设计才能保证粉料的布料，本项目通过多次改进，得到有效解决。

(3) 主要技术指标

节约燃料 70%-80%; 节约水 66%-80%; 节约电能 10%-20%。

5. 典型案例及投资效益

案例一：

案例名称：河北金汇陶瓷有限公司抛釉砖干法制粉项目

建设规模：占地面积 5400 m²，设计产能 80t/h，满足 1 条单线 35000m²/d 800mm×800mm 抛釉砖生产线和一条 15000m²/d 800mm×800mm 抛釉砖，系统日耗粉量 1600t。建设条件为：原料制备车间全部采用天然气取代煤作为燃料，建设地紧邻高速出口的工业园区，场地地址为岩石及回填地质。主要建设内容：本场为退城入园项目，制粉车间为新建，新建内容包括喂料系统 1 套、立式辊磨机粉磨系统 1 套、干粉储存及均化系统 1 套、一级除杂系统 24 套、二级除杂系统 2 套、造粒系统 5 套、压机喂料系统 6 套。是国内首条采用干法制粉生产抛釉砖的项目，被中国建筑卫生陶瓷协会鉴定为世界先进水平，目前已列入工信部节能技术推广目录，日产 1600t 干法制粉车间，建设周期为 6 个月。冬季吨粉料消耗 6.72kgce，相对传统湿法制粉（吨粉料消耗 56.78kgce）节能量可达 50.06kgce/t 料粉，节能率 88.16%，除冬季外吨粉料消耗 5.71kgce，相对传统湿法制粉节能 51.07kgce/t，节能率 89.94%。投资回收期约为 1 年。年碳减排能力 37473.6tCO₂。

6. 推广前景和减排潜力

目前，陶瓷原料干法制粉技术在我国陶瓷行业的推广应用比

例仅为 1%，预计未来 5 年，考虑到产品特异性前提下，以该技术在行业内的推广比例将达到 20%测算，可形成的年碳减排能力约为 100 万 tCO₂。