

附件

国家工业资源综合利用先进适用工艺设备目录 (2023年版) 供需对接指南之七 工业副产石膏综合利用工艺设备

(一) 发酵工业副产石膏资源化综合利用成套技术及装备

1. 适用范围

副产石膏综合利用。

2. 技术原理及工艺

技术原理:

发酵工业副产石膏含有有机酸、细菌及其代谢产物，导致加工成的石膏产品在潮湿炎热的环境下易发生发霉发臭现象，需对原料进行预处理。本工艺利用臭氧破坏细菌的代谢和繁殖过程，起到除味、脱色、杀菌，去除酚、氰、铁、锰和降低 COD、BOD 等效果。

技术工艺:

发酵石膏通过调浆后，进行固液分离阶段，母液水进行综合利用。固体经二次调浆至 10~20%后进入高效预处理装置进行分解有机物、消灭微生物及其孢子，以及分解微生物代谢新产物，直观上降低浆液中 COD 含量，通过放料、增稠、固液分离、调浆、配浆、洗涤等工艺，得到合格的石膏原料。

3. 技术指标

(1) 高效原料预处理;

(2) α 型高强石膏: 2小时抗折强度大于 7.0MPa, 干抗压强度大于 59MPa。性能指标达到 JC/T 2038-2010 中 α 50 等级;

(3) β 石膏粉: 初凝 19min, 终凝 26min, 2h 抗折 3.5MPa, 性能指标达到 GB/T 9776-2008 中 3.0 等级。

4. 技术功能特性

(1) 预处理工艺及设备可对发酵石膏中含有的有害杂质进行处理, 实现发酵副产石膏循环利用。

(2) 适于发酵石膏制备 α 型高强石膏的高效无污染的转晶剂, 以及含有转晶剂的高温母液水回用工艺。

5. 应用案例

技术提供单位为一夫科技股份有限公司。2019 年至今, 该技术及装备已在河南金丹环保新材料有限公司、山东洁盾环保科技有限公司、莱芜泰禾生化有限公司、江苏国信协联能源有限公司等应用。

6. 未来推广前景

该技术装备以发酵石膏作为原料, 进过高效预处理后得到合格的二水石膏原料, 再通过动态水热法加工成 α 型高强石膏, 通过空心桨叶+流态化煅烧两步法加工成 β 石膏, 进行固体废弃物再利用, 具有一定推广价值。

（二）磷石膏空心砌块半干法连续生产工艺技术

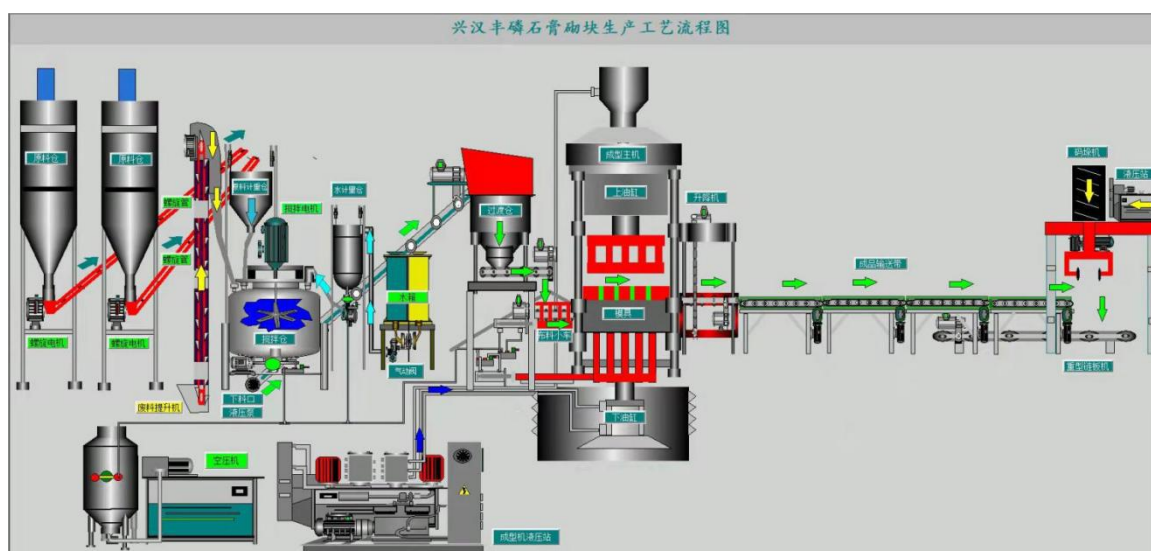
1. 适用范围

磷石膏、脱硫石膏等工业副产石膏生产石膏空心砌块。

2. 技术原理及工艺

本工艺技术设备生产全过程采用自动化智能控制，以磷建筑石膏粉为主要原料，通过混合料制备、搅拌、静压成型、脱模、生产线上自然养护、码垛、打包等工序制成磷石膏空心砌块。采用自主研发的自制外加剂和二水石膏促凝技术、高速剪切混合搅拌等技术，将石膏粉添加 30% 左右的水制成搅拌均匀的混合料，通过快速双面加压成型，利用半水石膏水化热在生产线上进行自然养护，精准的控制石膏的水化时间和水化程度，从而保证石膏砌块的质量。

生产工艺流程如下：自制外加剂→水→磷建筑石膏粉→聚丙烯纤维→搅拌→静压成型→脱模→线上自然养护→码垛→打包→成品。



工艺流程图

3. 技术指标

掺水量为煅烧磷石膏重量的 30%，成型时间为 25-30 秒，产品含水率 $\leq 20\%$ ，单套装置年产能 10-12 万平方米。

4. 技术功能特性

(1) 生产的石膏砌块不需要烘干或晾晒即可打包出厂。加水量较浇注法减少 40-60%。能够实现石膏砌块的规模化、连续化、工业化的全自动批量生产。

(2) 更换模具即可生产不同规格尺寸的石膏砌块产品。

5. 应用案例

该工艺技术设备由遵义汉丰装饰材料有限责任公司提供，在该公司和贵州天辰三江建材有限公司、贵州捷众森建材有限公司、贵州吉泉新材料有限公司、贵州众鑫富顺建材集团有限公司等企业应用。

6. 未来推广前景

该技术可用于磷石膏、脱硫石膏等工业副产石膏生产石膏空心砌块，具有一定推广价值。

(三) 磷石膏无害化处理关键技术

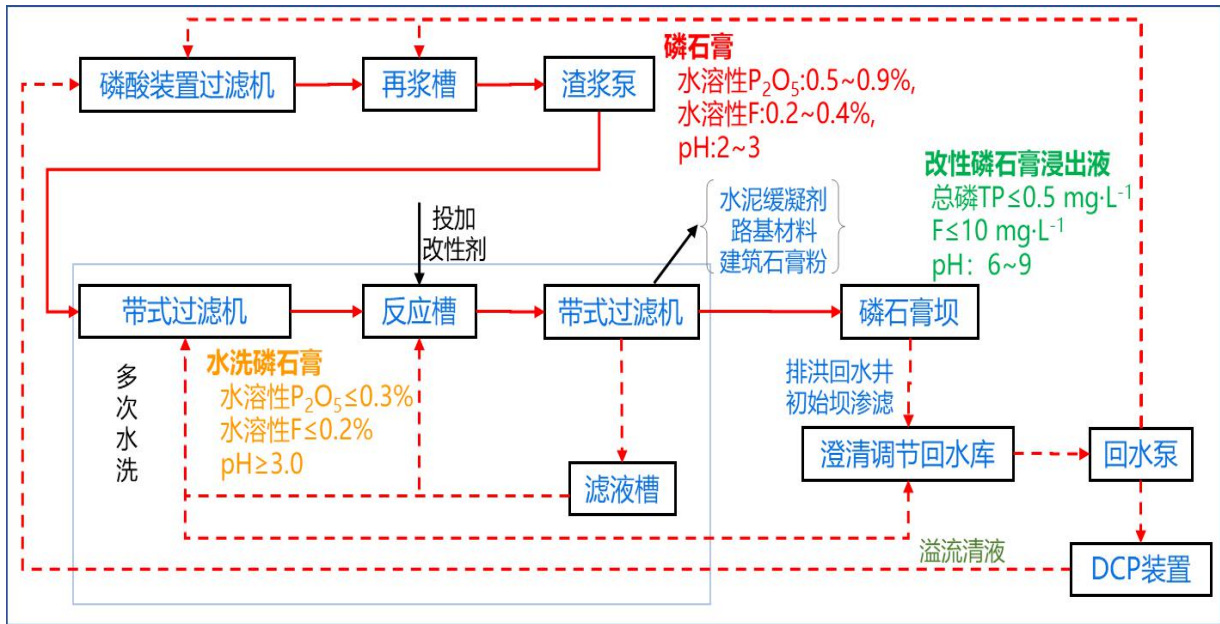
1. 适用范围

工业副产磷石膏无害化处理。

2. 技术原理及工艺

该工艺技术包含磷石膏浮选和净化处理等工序。浮选可有效脱除磷石膏中的有机质与含硅杂质，得到纯度较高的磷

石膏，水洗后送至改性槽，将磷石膏中水溶性的磷、氟化物固化，得到无害化石膏。经无害化处理后的石膏既可用于生产建材、路基材料等产品，实现资源化利用，也可达到相应环保标准安全堆存。



工艺技术流程图

3. 技术指标

(1) 磷石膏经无害化处理，达到 I 类或接近 I 类固废的水平，其浸出液的 P、F、NH₃-N 浓度及 pH 值均符合《GB 8978-1996 污水综合排放标准》中的一级标准。

(2) 磷石膏再浆回水制备 DCP 后的二级溢流液氟化物可以达到《磷肥工业水污染物排放标准》(GB15580-2011) 特别排放限值，但总磷不能满足排放要求，可作为酸性循环水补水或磷铵装置尾气洗涤用水，尾气中氟化物排放标准达到 5mg/Nm³。

4. 技术功能特性

该技术可用于净化磷石膏中的有害化学物质，保护生态环境。

5. 应用案例

该技术由中国五环工程有限公司提供，已在多个项目应用。

序号	项目名称	项目规模	承担工作	合同日期
1	宜昌邦普宜化环保科技有限公司邦普一体化电池材料产业园 400 万吨/年磷石膏综合利用项目	4 × 100 万吨/年磷石膏综合利用项目, 包括建筑石膏粉、水泥缓凝剂、路基材料等	项目总体设计及磷石膏无害化装置详细设计	2022
2	松滋史丹利宜化新材料科技有限公司新能源材料前驱体磷酸铁及配套项目	200 万吨/年磷石膏水洗净化及无害化处理项目	总体设计+初步设计+详细设计	2022
3	湖北祥云 500 万吨/年磷石膏综合利用项目	500 万吨/年磷石膏综合利用项目	总体设计+初步设计+详细设计	2021
4	云南祥丰 200 万吨/年磷石膏综合利用项目	200 万吨/年磷石膏综合利用项目	详细设计	2020

6. 未来推广前景

该技术可用于工业副产磷石膏的无害化处理，有助于减少磷石膏中的环境污染物，助力磷化工行业绿色发展，具有一定推广前景。

(四) 磷石膏高效净化处理技术应用

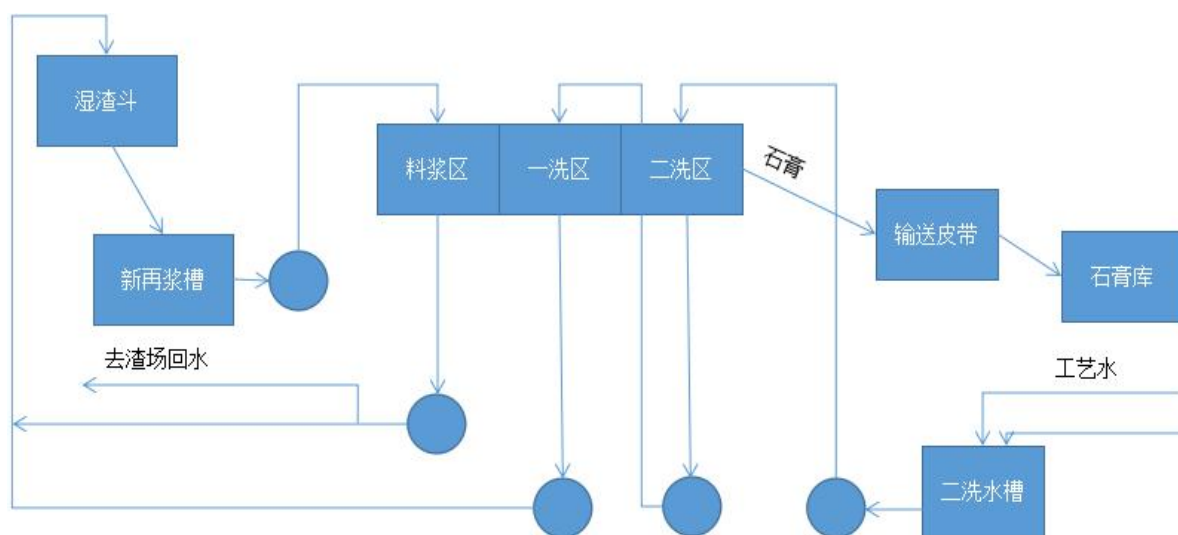
1. 适用范围

磷石膏分级及净化。

2. 技术原理及工艺

该技术通过将石膏料浆分级和真空过滤洗涤，得到品质

优良的净化石膏。旋流分级机利用强力的离心力来实现混合物在高速旋转下的分离，真空带式过滤系统以真空负压为推动力实现固液分离。经旋流分级及净化处理后的磷石膏 SiO_2 含量降低， CaSO_4 含量升高，白度提升，所生产的建筑石膏 $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 含量 $>70\%$ ，初凝时间延长 ($>4.5\text{min}$)，抗折强度大于 3MPa ，产品质量达到建筑石膏最高级 P3.0 级。



工艺流程图

3. 技术指标

净化磷石膏：游离水 $\leq 25\%$ ；水溶性 $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 0.1\%$ ；水溶性 $\text{F} \leq 0.1\%$ ； pH 值 ≥ 5.0 。

4. 技术功能特性

(1) 磷石膏净化采用“1+2”水洗净化技术，提高了制酸系统的磷利用率。

(2) 经旋流分级得到的磷石膏 SiO_2 含量降低， CaSO_4

含量升高，石膏品质提高，水洗后的磷石膏水份比没有分级工艺时下降 2 - 3%。水洗后磷石膏水溶磷 $\leq 0.1\%$ ，水溶性氟 $\leq 0.1\%$ ， $\text{pH} \geq 5$ ，含水量 ≤ 25 ，不需堆存熟化即可直接用于生产建筑材料。

5. 应用案例

该技术由云南磷化集团有限公司提供，该公司 50 万吨/年磷石膏“1+2”逆流洗涤净化装置于 2020 年 3 月投入生产使用，水洗后磷石膏品质得到大幅提升，与原磷石膏相比，游离水降低了 9.01%；磷石膏白度提升了 10.59%；

6. 未来推广前景

磷石膏是湿法磷酸生产过程中排出的以二水硫酸钙为主要成分的沉淀物，是磷化工生产中最主要的工业副产品。该技术可用于磷石膏分级和净化，有助于解决磷石膏的二次污染问题，具有一定推广应用前景。

（五）大型流态化焙烧磷石膏制备高附加值材料关键技术

1. 适用范围

工业副产石膏综合利用。

2. 技术原理及工艺

磷石膏利用热烟气作为流态化动力，进入文丘里干燥机进行预热干燥，依次通过两级旋风预热器、流化床煅烧炉进行焙烧和换热，焙烧后物料经过旋风冷却器和流化床冷却器冷却，最终成为合格的建筑石膏粉或无水 II 型石膏粉产品。

该技术有效利用系统整体热能，达到了降低单位产品能耗的目的。

3. 技术指标

以二水石膏生产每吨建筑石膏粉的热耗 $\leq 360000\text{kcal}$ （折标煤 $\leq 53\text{kg}$ ），比传统炒制法降低 15%以上。

4. 技术功能特性

该技术采用粉体流态化焙烧原理，利用一套装置就可以实现生产建筑石膏粉和无水 II 型石膏粉两种产品。

5. 应用案例

该技术由云南云天化环保科技有限公司提供，在云南云天化环保科技有限公司安宁片区 90 万吨/年磷石膏综合利用示范项目（一期）上已成功实现产业化应用。

6. 未来推广前景

该技术可用于制备建筑石膏粉或无水 II 型石膏粉产品，具有一定推广应用潜力。

（六）脱硫石膏用于建筑楼板保温隔声系统的工艺技术及设备

1. 适用范围

脱硫石膏制造保温隔声材料。

2. 技术原理及工艺

该技术主要是对脱硫石膏进行脱水、化学反应及增大比表面积的处理，得到化学成分稳定、强度高的脱硫石膏，可

替代传统的水泥作为胶凝材料，制备具有保温隔声性能的地坪材料。

(1) 脱硫石膏煅烧/改性的技术原理和设备。

(2) 轻质保温隔声砂浆的制备原理及工艺(微沫工艺)。

(3) 轻质保温隔声砂浆、高抗裂混凝土(石膏基自流平)和建筑楼板保温隔热系统的施工工艺和泵送设备。

3. 技术指标

三相、低标稠、高强度的建筑石膏，满足 GB/T9776 建筑石膏中 S4.0 的要求；脱硫石膏比表面积 $\geq 450\text{m}^2/\text{kg}$ ，可替代水泥作为胶凝材料。

4. 技术功能特性

(1) 在楼板保温隔声系统中，可 90%替代水泥作为胶凝材料。

(2) 材料流动度大，可实现泵送，强度发展快，2h 可上人，无需覆膜或洒水养护。

5. 应用案例

技术提供单位为上海复培新材料科技有限公司。2019 至 2023 年间已分别在望江县、宝山区、上海青浦、张江部分项目中应用。

6. 未来推广前景

该技术可用于脱硫石膏制备建筑楼板，有助于解决传统保温隔声地坪平整度低、空鼓、开裂的问题，具有一定推广价值。