

◆新质生产力与产业态势◆

# 我国磷石膏综合利用现状及“十五五” 发展思考和建议

崔荣政, 修学峰, 王 臣

(中国磷复肥工业协会, 北京 100013)

**[摘要]** 作为全球最大的磷石膏产生国, 我国在“双碳”目标与循环经济战略的双重驱动下, 正加速破解这一制约磷化工行业绿色转型的“世界级难题”。2024年我国磷石膏产生量约8 600万t, 综合利用量约5 300万t, 同比增长了17.8%, 综合利用率达到了61.6%, 同比增长了6个百分点。当前我国磷石膏综合利用存在产生量大、技术瓶颈制约、经济性差、市场接受度低、协同不足等问题, “十五五”时期要从国家、行业、企业、社会4个层面着手推动磷石膏综合利用工作。

**[关键词]** 磷石膏; 综合利用; 现状; 问题; “十五五”; 建议

**[中图分类号]** TQ177.3; TQ126.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2025) 11-0001-06

## Current situation of comprehensive utilization of phosphogypsum in China and thoughts and suggestions for its development during the “15th Five-Year Plan” period

CUI Rongzheng, XIU Xuefeng, WANG Chen

(China Phosphate and Compound Fertilizer Industry Association, Beijing 100013, China)

**Abstract:** As the world's largest producer of phosphogypsum, China is accelerating the resolution of this “world-class problem” that restricts the green transformation of the phosphorus chemical industry under the dual drive of the “dual carbon” goals and the circular economy strategy. The production of phosphogypsum in China is approximately 86 million tons in 2024, and the comprehensive utilization volume is about 53 million tons, increasing by 17.8% year-on-year. The comprehensive utilization rate reaches 61.6%, up by 6 percentage points year-on-year. At present, the comprehensive utilization of phosphogypsum in China is confronted with problems such as large production volume, technical bottlenecks, poor economic efficiency, low market acceptance and insufficient coordination. During the “15th Five-Year Plan” period, efforts should be made to promote the comprehensive utilization of phosphogypsum from four levels: the state, industries, enterprises and society.

**Key words:** phosphogypsum; comprehensive utilization; current situation; problem; the “15th Five-Year Plan”; suggestion

2024年, 我国磷石膏综合利用进程迈入政策赋能与技术突破深度耦合的新阶段。作为全球最大的磷石膏产生国, 我国在“双碳”目标与循环经济战略的双重驱动下, 正加速破解这一制约磷化工行业绿色转型的“世界级难题”。工业和信息化部等七部门联合印发的《磷石膏综合利用行动方案》, 犹如一剂强效催化剂, 推动全行业形成“源头减量-无害化处置-高值化利用”的立体化治理体系。多个百万吨级示范项目的落地, 也昭示着产业链正从“消纳困境”向“资源金矿”的历史性跨越。在这场绿色变革中, 磷石膏不仅成为检验磷化工企业可持续发展能力的试金石, 更悄然催生着建材、新

能源、现代农业等领域的业态重构, 其资源化路径已突破单纯环保治理的范畴, 演变为驱动区域经济发展高质量发展的新质生产力增长极。

### 1 磷石膏综合利用现状

#### 1.1 磷石膏产生情况

后疫情时代叠加地缘冲突持续的影响, 粮食安全上升到前所未有的高度, 我国种植面积自2020年起连续扩大, 且通过开展科技攻关提高单产, 有效提振了肥料需求。据中国磷复肥工业协会(以下

**[收稿日期]** 2025-10-27

**[作者简介]** 崔荣政(1992-), 男, 山东临沂人, 工程师, 主要从事磷肥及磷石膏行业研究工作。

简称协会)统计,2024年我国磷肥总产能达到 $P_2O_5$  2 200万t,同比增长1.4%;总产量达到 $P_2O_5$  1 782.3万t,同比增长10.4%,其中,高浓度磷肥产量 $P_2O_5$  1 715.8万t,同比增长9.9%,占磷肥总产量的96.3%,低浓度磷肥产量 $P_2O_5$  66.5万t,同比增长22.4%,占磷肥总产量的3.7%<sup>[1]</sup>。2015—2024年我国磷肥产能、产量变化情况见图1。受磷肥生产

影响,2024年我国磷石膏产生量约8 600万t,较上年增长了约500万t,同比增长约6.2%。

从磷石膏产生分布看,我国磷石膏重点产生省份依次为湖北、云南、贵州、四川、安徽5省,分别约占全国总产生量的40%、25%、15%、6%和4%,此外,内蒙古、广西、重庆、福建、甘肃、河北等地也有部分磷石膏产生。

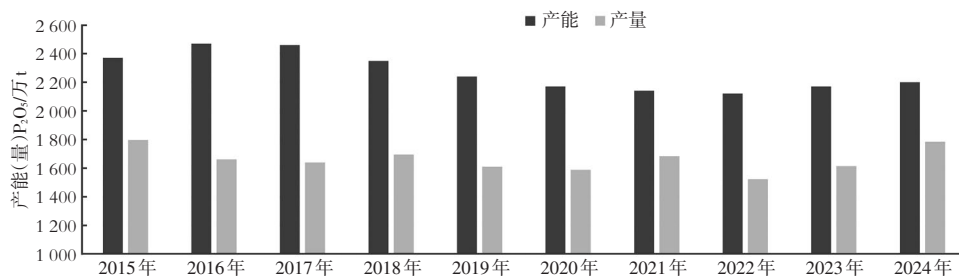


图1 2015—2024年我国磷肥产能、产量情况

Fig. 1 The production capacity and output of phosphate fertilizer in China from 2015 to 2024

注:数据来源于中国磷复肥工业协会,下同。

### 1.2 磷石膏利用情况

据协会统计,2024年我国磷石膏资源综合利用量约5 300万t,较上年增长了约800万t,综合利

用率达61.6%,同比提高了6个百分点。2015—2024年我国磷石膏产生利用情况见图2。

2024年我国磷石膏综合利用途径占比情况见

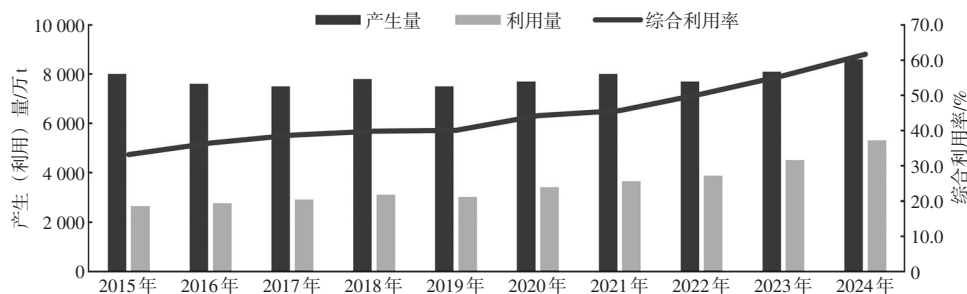


图2 2015—2024年我国磷石膏产生量、利用量情况

Fig. 2 The generation and utilization of phosphogypsum in China from 2015 to 2024

图3。从磷石膏综合利用途径看,我国磷石膏综合利用已经基本形成“多条腿”走路的多元化发展格局,其中水泥缓凝剂、石膏建材仍是磷石膏综合利用的主要途径,分别约占磷石膏总利用量的31%和28%;磷石膏经处理后用于生态修复得到了进一步发展,综合利用量约占总利用量的22%;并矿充填利用量约占总利用量的8%;将磷石膏用于筑路材料也有比较大的发展,利用量占比达到了约5%,较上年增加了近100万t;随着贵州磷化(集团)有限责任公司“1468”项目的建成投产,以磷石膏为原料分解制硫酸联产水泥/水泥熟料也有了一定的发展,占比达到了1%左右,较上年增加了近30万t。2015—2024年我国磷石膏综合利用途径情况见图4。

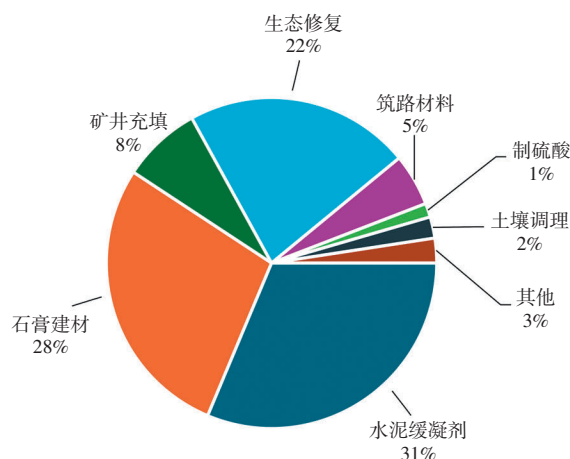


图3 2024年我国磷石膏综合利用途径占比情况

Fig. 3 The proportion of comprehensive utilization pathways of phosphogypsum in China in 2024

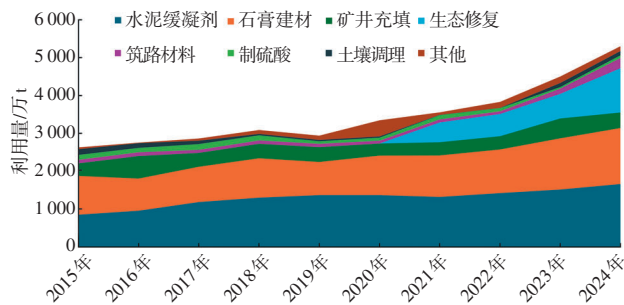


图4 2015—2024年我国磷石膏综合利用途径情况

Fig. 4 The comprehensive utilization pathways of phosphogypsum in China from 2015 to 2024

从各磷石膏主要产生省来看，各省依照自身市场、交通、环境、技术等实际情况，磷石膏综合利用侧重点各有不同。湖北省依托“磷石膏无害化处理+产业化应用”政策，重点推进石膏建材（占比约为75%，其中水泥缓凝剂约占3/5，石膏板占比约为1/5）、路基材料（占比约为15%）等；云南省以生态修复（占比约60%）为主，石膏建材（占比约30%，其中水泥缓凝剂占比约2/3，建筑石膏粉占比约1/3）也占有一定的市场份额，但受运输成本限制；贵州省以矿井充填（占比约40%）、石膏建材（占比约30%）为主，生态修复（占比约20%）发展较快，其建设的140万t/a磷石膏分解制硫酸项目2024年消纳磷石膏近60万t，为全行业探索磷石膏资源循环利用奠定了一定的基础；四川省以石膏建材（占比约85%，其中水泥缓凝剂占50%以上，其余为石膏粉和石膏板）为主。

我国磷石膏综合利用虽然取得了一定的成绩，但仍存在产量大且区域分布集中、大规模低成本技术不足、经济性不足、市场接受度低以及产业间区域间协同不足等问题，制约行业的健康发展<sup>[2]</sup>。

## 2 2024年所做的工作及变化情况

### 2.1 政策指导更加精准

政策的制定越来越重视行业运行发展的基本规律，准确把握磷石膏综合利用过程中存在问题的本质和关键，注重细节和可执行性。2024年3月25日，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部等7部门联合印发《磷石膏综合利用行动方案》<sup>[3]</sup>，专门针对磷石膏综合利用作出系统性要求和指导，提出到2026年实现综合利用率65%、综合消纳量与产生量动态平衡的核心目标，并通过从源头减量到高值利用、从资金支持到标准规范、从示范工程到区域协同、从智能监测到循环模式等关键举措推动落地。这一系统性政策设计，对于破解

磷石膏综合利用的“卡脖子”难题，推动我国磷化工产业从资源依赖向循环经济的根本性转变提供了指导。

为配合《磷石膏综合利用行动方案》，湖北、云南、贵州、四川等磷化工大省结合自身产业特点和资源禀赋，出台了一系列针对性配套政策，形成“技术攻关+资金激励+标准规范+产业协同”的立体化政策体系。湖北省实行差异化补贴与全流程监管并重，襄阳市出台《关于进一步加强襄阳磷石膏综合利用的若干措施》<sup>[4]</sup>，构建“使用奖补+煅烧补贴+运输补贴”三级激励机制，依托湖北省磷石膏信息化监管平台，实现从磷矿开采到产品应用的全流程追溯；云南省生态修复与建材应用双轮驱动，印发《云南省全面推进磷石膏综合利用工作方案》<sup>[5]</sup>，实施生态修复、建材推广、路基应用三大工程，昆明市发布改性磷石膏矿山生态修复系列地方标准，从环境风险评估、过程监管到跟踪评估全链条规范，填补国内空白；贵州省标准引领与产业升级同步推进，发布《关于全面加强磷石膏综合利用推动磷化工产业绿色发展的意见》<sup>[6]</sup>，构建“源头减量—过程控制—终端利用”闭环；四川省数字化赋能与区域协同结合，发布《四川省磷石膏综合利用实施方案》<sup>[7]</sup>，打造年消纳超百万吨的产业集群，依托成渝双城经济圈建立跨区域技术协作平台，推动磷石膏基充填材料在凉山州露天矿坑治理中的规模化应用。这些政策通过“一省一策”精准发力，形成技术创新、资金激励、标准约束、产业集聚的协同效应，为全国磷石膏综合利用提供了差异化解决方案。

### 2.2 标准体系不断完善

各地方、行业协会以及有关企业积极开展磷石膏综合利用相关标准规范的研究和制定，以标准规范和引领行业发展。2024年，《磷石膏的处理处置规范》（GB/T 32124）国家标准完成修订并发布实施，《磷石膏》（GB/T 23456）国家标准正在修订，《路用改性磷石膏》（JT/T 1551—2025）行业标准制定并发布，《磷石膏轻集料》国家标准正在起草当中，《磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范》环境行业标准已发布实施；湖北省发布了《城镇道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规范（试行）》《磷建筑石膏泡沫混凝土隔墙及填筑料应用技术规程》两项地方标准，四川省发布了《公路水泥稳定磷石膏基层应用技术规范》《磷石膏应用技术规范》《磷石膏流态固化土应用技术规范》《磷石

膏无害化处理技术规范》四项地方标准,中国磷复肥工业协会制定并发布了《磷石膏无害化处理指南(试行)》(T/CPFIA 0011—2024)团体标准,此外,多家社会团体制定并发布了约17项团体标准。这些标准的制修订,通过技术规范统一、市场准入引导、环境安全保障、产业链协同和技术创新驱动的多维协同,构建了覆盖磷石膏全生命周期的技术规范体系,推动行业从无序探索转向标准化、规模化发展,扭转了磷石膏综合利用领域标准缺失、应用受限、效益低下的被动局面。

### 2.3 利用路径多维创新

随着磷石膏综合利用水平不断提高,磷石膏在新领域的创新探索和应用实践也逐步增多。

1) 新技术拓展利用边界与价值空间。贵州省建成全球首条2.5万t/a无水石膏母粒及包装箱生产线,通过煅烧技术将磷石膏转化为防水、可降解的包装材料,打破了磷石膏仅能用于低端建材的局限,成功切入环保包装等高附加值领域<sup>[8]</sup>。“磷石膏汽水热液转化绿色高值利用成套技术”实现多维度突破:其一,创新“转晶-双固”工艺,可一步完成磷石膏无害处理与资源利用,实现水溶性磷、共晶磷、水溶性氟的完全固化,产品品质与天然石膏持平;其二,研发II型无水石膏粉低温生产工艺,能耗较传统煅烧法降低40%,且建成年处理10万t磷石膏的“一线两产品”生产线,产品可广泛应用于塑料橡胶填充剂、矿山充填等场景<sup>[9]</sup>。湖北省大悟县在京港澳高速改扩建工程中,首次采用90%大掺量磷石膏混合料替代传统材料铺设路基,该技术不仅在抗冻融性、耐水性上优于传统材料,每千米还能消纳磷石膏2万t,为磷石膏大规模、低成本消纳提供了可复制的工程应用范式<sup>[10]</sup>。新技术的突破,一定程度上解决了磷石膏利用难、附加值低的问题,破解了磷石膏利用的场景限制,推动其从低端消纳向高端转化跨越,实现环境效益与经济效益双赢,为企业提供可持续的盈利模式。

2) 新装备为技术规模化推广提供了硬件支撑。湖北省多家单位联合的“磷石膏高值高效利用关键成套装备攻关”项目通过评审,成套装备集成预处理-反应-分离全流程,通过智能监测系统实时调控参数,处理合格率高,能耗低,示范装置已建成并投产,推动无害化处理从间歇式向连续化转型;云南省通过“智能改性成套装备”,创新性采用破碎-药剂投加-混合分体设计,可根据地形灵活组合部署,解决传统设备地形适应性差的难题,通

过搭载多源数据融合控制系统,能实时匹配磷石膏深度特性调整运行参数,降低改性成本,提升改性后石膏活性,已在矿山修复项目中规模化应用;“动态固相萃取装备”在磷石膏氟磷分离领域取得突破性进展,装备集成精密吸附材料与自动化分离系统,可精准吸附溶液中磷、氟元素,出水磷含量远低于国家排放标准限值,实现净化-萃取-制备一体化,目前已完成中试并进入工业化验证阶段。新装备的研发与应用,解决了磷石膏处理效率低、自动化程度差的痛点,改变了过去磷石膏处理依赖小型分散设备的现状,实现从间歇式处理向连续化生产的转变,大幅度提升处理效率,降低技术推广门槛,推动行业整体处理水平提升。

3) 大规模装置落地构建起产业化应用核心载体。贵州省140万t/a磷石膏分解制硫酸装置采用富氧燃烧耦合低温催化分解技术,突破传统回转窑分解能耗高、硫回收率低的瓶颈,实现“磷-硫-钙”元素循环;湖北省25万t/a磷石膏分解制硫酸三代技术示范装置集成预烘干-梯度分解-智能控温核心工艺,进一步降低能耗,配套尾气深度净化系统可实现有害物质零排放,推动分解技术向高效低耗迭代;安徽省10万t/aII型无水石膏粉建材高值利用生产线采用低温煅烧-复合改性一体化工艺,攻克II型无水石膏凝结慢、强度不足难题,产品抗压强度高,可用于高端石膏板、特种砂浆等产品,生产线配备全自动配料-成型-检测系统,生产效率显著提升,实现磷石膏从低端处置到高端建材的价值升级。大规模装置的建成投产,标志着磷石膏综合利用从试点示范进入产业化落地阶段,形成企业内部消纳+跨行业协同+区域集中处置多元格局,实现了磷石膏综合利用的量效双升,同步解决了堆存压力与经济效益问题,不仅可以推动产业跨界融合,更能形成区域辐射效应,单个基地可辐射周边数十千米的磷石膏产生源,为区域协同目标提供实体支撑。

### 2.4 无害化处理筑牢综合利用基础

磷石膏无害化处理在技术突破与规模化应用层面取得关键进展,不仅从源头化解了环境风险,改变了公众对磷石膏的认知,更彻底重塑了磷石膏的资源属性定位,为全产业链综合利用提供了核心支撑。一方面,无害化技术实现从单点突破到全面普及的跨越。通过固化稳定(如针对水溶性磷、共晶磷、氟化物的定向固化工艺)、改性调理等成熟技术的规模化应用,磷石膏中潜在的有害成分得到彻底管控,从根本上消除了堆存污染与应用风险。这

一突破一定程度上扭转了公众对磷石膏高危固废的传统认知,使其二次资源的属性得到行业与社会共识,为后续高值化、规模化利用扫清了认知障碍。另一方面,无害化处理显著提升了磷石膏的原料稳定性,为下游应用保驾护航。经无害化处理后的磷石膏,在成分均匀性、物理化学性能稳定性上实现标准化提升,有效解决了此前因原料品质波动导致的下游产品质量不稳定、应用场景受限等问题——无论是作为建材原料(如石膏板、胶凝材料),还是用于矿山充填、路基铺设等工程场景,均能满足技术标准,成为衔接产生端与利用端的关键纽带。目前,磷石膏无害化处理已被多省纳入磷化工产业绿色转型的硬性要求,明确“至2025年实现磷石膏全量无害化处理”的目标。这一目标的推进,将彻底破解长期制约行业发展的“堆存压力大、利用风险高”双重瓶颈,为磷石膏从被动消纳向主动利用的转变筑牢根基,成为推动磷化工产业循环经济落地的核心基石。

### 3 “十五五”磷石膏综合利用的思考和建议

磷石膏作为硫酸法湿法磷酸生产过程中所产生的副产品,在一定条件下,其既具有资源属性,又具有固废属性。磷石膏主要成分为二水硫酸钙,经过处理后的磷石膏组分接近甚至部分优于天然石膏,完全可以作为替代天然石膏的资源用于相关领域,但其组分相对复杂,杂质分离难度较大,批次成分不稳定,且产地集中,产生量大,在现阶段形势下,仍需部分堆存。“十四五”期间,我国磷石膏综合利用取得系统性突破,成功推动磷化工产业从“固废治理”向“资源增值”转型,为全球大宗固废治理提供“中国方案”:资源化率显著提升,年综合利用量从“十三五”末的3400万t增至2024年的5300万t,利用率从44.2%升至61.6%;无害化理念落地为制度实践,建成超3000万t/a处理装置,实现“被动堆存”到“安全处置”转变;技术创新加速,涌现汽水热液转化等国际领先技术,高值产品覆盖高分子材料、土壤调理剂领域,循环工艺实现硫钙资源闭环;构建“政策引导+市场激励”生态,形成国家-地方-行业三级政策标准体系;应用场景从绿色建材跨域延伸至农业生态修复、工业协同等领域;环境与经济效益双赢,既减少资源开采、贡献碳减排、节约土地并降低环境风险,又推动产业链规模突破千亿元,带动就业转型,为“双碳”目标与绿色经济发展夯实基础。

协会正在开展“磷肥行业‘十五五’发展思

路”的编制工作,基于对磷肥行业发展方向的整体研判,“十五五”期间磷石膏综合利用工作应从以下几个方面重点考虑。

#### 3.1 国家层面:强化顶层设计,完善政策体系

1) 明确目标与责任机制 明确磷石膏综合利用“十五五”发展目标,从政策层面打开磷石膏综合利用途径与场景,建立风险可控的磷石膏贮存场地,推动全面实现磷石膏无害化处理。建立动态管控机制,明确磷石膏综合利用与治理责任。

2) 健全政策支持体系 扩大中央财政专项资金规模,对磷石膏无害化处理、高值化利用项目给予投资补贴;延续和落实增值税即征即退70%、所得税减计收入90%等税收优惠政策,对磷石膏综合利用产品运输进行补贴或运费减免,探索对磷石膏建材产品实施消费税减免。推广“科创积分贷”“绿色债券”等金融产品,为磷石膏综合利用企业提供纯信用贷款。加快制定国家级磷石膏综合利用相关标准,完善从原料到产品的全链条标准体系,统一产品质量标准(如水泥缓凝剂、石膏建材)和技术规范,消除地方与行业标准冲突;将磷石膏建材纳入绿色建材认证目录,强制政府投资项目优先采购。

3) 优化区域协同与国际合作 建设国家级磷石膏综合利用产业基地,推动“磷化工-建材-农业”跨产业耦合发展。充分利用长江中下游市场和长江经济带水运、铁路等交通优势,优化运输结构,推进多式联运,扩大磷石膏及其制品销售半径,促进磷石膏跨地区协同利用。有条件的地区由政府统筹规划区域磷石膏综合利用园区和装置建设,形成区域集群效应,实现量效齐增。加强国际技术交流,借鉴国际先进经验,联合开展磷石膏资源化技术研发与示范工程,推动中国技术标准国际化。

4) 加强矿产资源保护 针对我国磷矿资源“丰”而不“富”、开采强度大(储采比不足世界平均水平的1/10)、全球产量贡献最大的资源现状,国家应合理统筹磷矿资源的开采规划,减轻资源压力。同时减少天然石膏等矿产资源的开采,逐步推广磷石膏等工业副产石膏资源替代,为磷石膏资源综合利用提供市场空间。

#### 3.2 行业层面:构建产业生态,突破技术瓶颈

1) 完善产业协同机制 建立磷石膏“产生-预处理-利用”全链条协同平台,加强磷化工、建材、交通、农业等行业间的协同合作,形成“资

源-产品-废弃物-二次资源”循环发展模式,推动上下游企业签订长期供需协议。鼓励成立行业联盟,汇聚产学研用资源优势,统筹技术研发、市场推广和标准制定。支持建设磷石膏综合利用实验室和研究中心,攻关关键技术与装备,推动研发一批工艺水平高、经济性好、可推广性强的新技术、新设备、新产品。

2) 完善市场机制 引导企业根据市场需求合理开发磷石膏综合利用产品,避免同质化低价竞争。强化标准宣贯和试点示范,通过举办产品推介会、应用现场会等形式,加强磷石膏产品的市场推广,提高市场接受度。

### 3.3 企业层面:创新驱动转型,提升竞争力

1) 加强技术创新与工艺改造 企业应加大研发投入,积极开发和应用先进技术,推动磷石膏源头减量和品质提升。有条件的企业可适度发展硝酸、盐酸或混酸分解磷矿,以及中低品位磷矿直接生产磷肥或复合肥等新工艺,从源头上减少磷石膏产生量。同时,推动工业互联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术与磷酸生产深度融合,提高生产过程智能化管控水平,实现绿色生产。

2) 建立全生命周期质量管理体系 建立磷石膏全生命周期环境监测体系,对堆场渗滤液、产品重金属含量等进行实时监控。与综合利用企业建立磷石膏及其制品的全生命周期质量控制机制,做好关键节点质量检测,提高磷石膏制品质量一致性。从磷矿选矿、磷酸生产到磷石膏无害化处理各个环节,严格把控磷石膏品质,为后续资源化利用奠定基础。同时,加强品牌建设,总结推广优秀品牌案例,打造一批行业知名品牌,通过高质量产品改变市场对磷石膏制品的传统认知。

3) 差异化战略与分类发展 不同类型和规模的企业应根据自身及区域市场选择差异化发展路径。如大型磷化工企业应建设或合作建设磷石膏综合利用一体化项目,实现磷石膏的规模化、高值化利用;中小型企业可专注于做好高质量磷石膏原料的供应,进而开发一些适应当地市场的专精特新产品,成为磷石膏综合利用领域的配套专家。对于专业磷石膏综合利用企业,应专注于技术开发和产品优化,做精做深,形成核心竞争力。

### 3.4 社会层面:深化公众认知,促进共治共享

1) 加强舆论引导 通过媒体宣传磷石膏资源化案例,重点宣传其无害化处理技术、高值化利用成果及环保效益,消除公众对磷石膏污染风险的误

解,增强社会认知;总结磷石膏综合利用的成功应用案例,通过现场观摩会、成果发布会等形式展示实际效果,增强社会信任,提升公众对磷石膏综合利用的认知度。

2) 推动公众参与与监督 强化企业环境责任,将磷石膏综合利用纳入社会责任(ESG)评价体系;建立信息公开与监督平台,实时公开磷石膏产生、处理、利用等全流程数据,鼓励公众通过举报渠道监督企业环保行为。系统性提升公众对磷石膏资源化利用的认知度与参与度,形成政府引导、企业主导、社会协同的磷石膏综合利用格局。

### [参考文献]

- [1] 李博,方俊文,王莹,等.2024年中国磷复肥行业年报[R].北京:中国磷复肥工业协会,2025:1-27.
- [2] 崔荣政,王臣,修学峰.2023年我国磷石膏综合利用情况及产业发展现状分析[J].生态产业科学与磷氟工程,2024,39(11):1-6.
- [3] CUI R Z, WANG C, XIU X F. Alalysis of comprehensive utilization and industrial development status of phosphogypsum in China in 2023[J].Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering,2024,39(11):1-6.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部.七部门关于印发磷石膏综合利用行动方案的通知[EB/OL].(2024-04-12)[2025-10-15].[https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2024/art\\_2bd9ebff0b0b4cffa20bedc5d7ec15d9.html](https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2024/art_2bd9ebff0b0b4cffa20bedc5d7ec15d9.html).
- [5] 襄阳市人民政府办公室.市人民政府关于印发《关于进一步加强襄阳磷石膏综合利用的若干措施》的通知[EB/OL].(2024-09-25)[2025-10-15].[http://www.xiangyang.gov.cn/sz/zfxxgk/fdzdgnr/gysyjs/hjbh/hjbhzcscshgh/202410/t20241016\\_3688752.shtml](http://www.xiangyang.gov.cn/sz/zfxxgk/fdzdgnr/gysyjs/hjbh/hjbhzcscshgh/202410/t20241016_3688752.shtml).
- [6] 云南省工业和信息化厅.关于印发云南省全面推进磷石膏综合利用工作方案的通知[EB/OL].(2023-12-25)[2025-10-15].[https://gxt.yn.gov.cn/zwgk/fdzdgnr/jlm2ynsgxw/tzgggszdhzjcsx2ynsgxw/tbsx2ynsgxw/content\\_31954](https://gxt.yn.gov.cn/zwgk/fdzdgnr/jlm2ynsgxw/tzgggszdhzjcsx2ynsgxw/tbsx2ynsgxw/content_31954).
- [7] 贵州省人民政府.省人民政府关于全面加强磷石膏综合利用推动磷化工产业绿色发展的意见[EB/OL].(2024-05-15)[2025-10-15].[https://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zcf/szfwj/wjxgfzqk/xgfzqk/202405/t20240515\\_84639158.html](https://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zcf/szfwj/wjxgfzqk/xgfzqk/202405/t20240515_84639158.html).
- [8] 四川省经济和信息化厅.四川省经济和信息化厅等11部门关于印发《四川省磷石膏综合利用实施方案》的通知[EB/OL].(2024-12-05)[2025-10-15].<https://jxt.sc.gov.cn/scjxt/qtwj/2024/12/5/139b8199ea9b4d12a2561bc89814122e.shtml>.
- [9] 管云.引领材料革新!贵州磷化集团首创年产2.5万吨无水石膏母粒及环保包装箱中试装置投产[EB/OL].(2024-03-29)[2025-10-15].<https://finance.sina.com.cn/jjxw/2024-03-29/doc-inapzekq0277449.shtml>.
- [10] 佚名.磷石膏汽液法绿色高值利用成套技术及应用研究取得重要进展[EB/OL].(2025-01-26)[2025-10-15].<https://news.wit.edu.cn/info/1251/350041.htm>.
- [11] 易荣波,李怡,李新.高速公路改造用上磷石膏 磷石膏无害化和综合利用在大悟实现新突破[EB/OL].(2024-11-23)[2025-10-15].<http://www.xgrb.cn/zixunzhongxin/xiaoganxianshiqu/2024-11-23/375423.html>.