

Comprehensive Benefit Evaluation and Analysis of Phosphogypsum Building Products

Qiong Tang

Qujing Normal University, Qujing, Yunnan, 655011, China

Abstract

Phosphogypsum, as a by-product of the phosphate fertilizer industry, has always been a pollution problem that troubles the industry. This article comprehensively analyzes the benefits of phosphogypsum building materials from various aspects in order to effectively utilize phosphogypsum. This article uses qualitative and quantitative analysis methods, combined with expert and questionnaire surveys, to study the maturity, economy, environmental friendliness, social evaluation and other performance aspects of phosphogypsum building materials. Through data analysis, the results are obtained.

Keywords

phosphogypsum; Building products; Comprehensive benefits; Resource utilization; Sustainable development

磷石膏建筑制品综合效益评估分析

唐琼

曲靖师范学院, 中国·云南 曲靖 655011

摘要

磷石膏作为磷肥工业副产物,一直是困扰行业的污染问题,本文为有效利用磷石膏,对磷石膏建材从各个方面综合分析了它的效益。本文采用定性与定量的分析方法,结合专家和问卷调查等方法,研究了磷石膏建材的成熟度、经济性、环保性、社会评价等方面性能,通过数据分析得到:磷石膏建材符合作为建筑产品使用的相关标准,能够达到节能减排与绿色工艺的要求,但在造价、普及率、评价等方面仍有待提升。针对上述问题,提出在生产技术、标准规范、政策支持等角度进行创新,推进磷石膏建材的快速发展,为绿色建筑开辟新渠道。

关键词

磷石膏; 建筑制品; 综合效益; 资源化利用; 可持续发展

1 引言

磷石膏作为磷肥行业或磷化工行业排出的固体废物,大量堆积占用资源,易造成环境影响,如何有效处理磷石膏,一直是科研人员和行业工作者研究的方向之一。随着国家倡导绿色发展、循环经济,对磷石膏资源的处理越发得到重视。对于磷石膏建筑建材的应用,可以有效解决磷石膏固废堆放问题,能够作为建筑材料应用,有利于双碳目标的实现。但对于使用磷石膏建筑建材仍限于技术、成本、政策等,对磷石膏多效益综合评价仍存在较大意义。对磷石膏建筑建材进行多效益综合评价具有重要意义,经济效益方面,磷石膏成本低、市场需求量大,有利于建材行业的发展;环境效益方面,磷石膏建筑建材的大量应用,可以减少对磷石膏固废处

理带来的危害,对环境有积极作用,有利于减少碳排放,减少高能耗建筑材料的使用;社会效益方面,磷石膏建筑建材的应用,可以提供就业岗位,促进建材行业的发展,符合我国的循环经济理念。本研究通过构建科学合理的评价指标体系有利于磷石膏建材生产的发展,为建筑行业绿色发展和废弃物治理提供政策支撑。

近几年对于磷石膏资源化利用的研究我国研究较多,主要研究的是预处理、建材制品、资源化利用。国内已有研究证明磷石膏资源化的技术取得突破性成果,在建材领域有着丰富的实践研究经验,学者对磷石膏净化、改良、强化等关键技术进行了研究开发,部分研究成果已应用到实际生产中^[1]。但是目前磷石膏建材仍存在着抗渗性能差,耐久性低,推广不广等突出问题;对于政府的政策扶持依赖性过高,缺乏良好的市场化运营环境,企业参与的积极性不高,在今后研究过程中应注意材料性能、体系研究、推广应用等几方面的问题,进一步推动磷石膏资源化利用技术。

国外研究热点主要集中在磷石膏的处理、磷石膏高值

【作者简介】唐琼(1983-),女,中国广西桂林人,硕士,副教授,从事新型建筑材料、工程项目管理、高等教育研究。

化利用、磷石膏在建筑工程领域的应用，李纯等人认为国外发达国家磷石膏经济模式比较成熟，磷石膏在路面材料、土壤改良剂等领域的应用已经成功；高育欣等利用磷石膏添加剂，提高了砂浆的抗水性能，丰富了磷石膏的装饰用途。刘榴燕等人运用知识图谱对国内外研究趋势进行了分析后认为，欧美国家的研究考虑环境影响，亚洲国家考虑磷石膏建筑领域的应用研究。王磊等通过对比分析国内外的技术现状，总结了国外石膏板、新型墙材等发展技术成熟的技术。李明等认为西方国家的立法限制和经济激励政策手段相结合，对企业层面的行为资源化促进有积极影响。周武等通过总结国外经验，得出了我国在标准建设、关键技术研发、市场培育等方面应该从其经验借鉴，以加强磷石膏建材的技术能力。

国际上发达国家磷石膏应用领域已较为成熟，并制定了较成熟的磷石膏应用规范。国外发达国家在磷石膏的应用方面已经将磷石膏应用于道路填料、土壤改良等方面，并制定了相对成熟的制度政策以及监管制度。同时，磷石膏产业已经实现市场化程度高，产品标准相对成熟，技术相对成熟，同时产品的耐久性、环保性能等也相对成熟。国际上对于磷石膏的应用在建材开发新产品等方面研究较少，研究主要集中在环境影响以及政策监管等方面。

2 综合效益评价体系构建

进行了针对磷石膏建筑业的产品综合效益的问卷调查，调查内容主要为使用磷石膏建筑产品情况以及对经济和环境

方面影响等情况，有效问卷61份，调查对象为来自建筑行业、环保行业专家、政策制定者、研究人员等相关人群针对建筑产品使用情况、产品成本对比、市场推广困难、环境影响等方面进行信息收集，通过以上数据来了解磷石膏建筑产品使用情况及未来发展趋势，为制定相关政策和行业的发展提供参考。通过调研了解都爱，目前磷石膏建筑制品的应用逐渐增多，但在标准化生产、环保达标、市场竞争等方面仍存在一些问題。社会对磷石膏制品的认知和接受度有待提高，同时，相关的政策支持和市场宣传力度不足^[2]。

为了对磷石膏建筑制品综合效益进行科学的计量，依据社会问卷调查的结果构建了以技术效益（J）、经济效益（E）、环境效益（En）、社会效益（S）等4个一级指标和十二个二级指标的综合评价指标体系。采用专家咨询法进行指标权重值的确定。通过专家问卷得出成对比较矩阵，一致性检验后得出权重如表1。

3 专家打分法分析

专家打分表设计：邀请5-10位专家（涵盖建材、环保、经济等领域），按1-5分对各项指标评分（1=差，5=优），并赋予权重。

综合得分计算：单项得分：各指标取专家打分的平均值。

加权总分：综合得分 = $\sum$ （单项得分 × 权重）。

加权分析表（见表1）：计算了每项指标的平均分、权重及加权得分，最后汇总了每位专家的加权总分。

表 1 指标权重及加权分析表

一级指标	权重	二级指标	权重	单项得分	加权平均分
技术效益 J	0.30	设备兼容性	0.090	3.375	0.30375
		工艺成熟度	0.105	4	0.42
		产品性能达标率	0.105	4	0.42
经济效益 E	0.40	生产成本	0.160	3.5	0.56
		市场售价竞争力	0.120	3.375	0.405
		投资回报周期	0.120	3.5	0.42
环境效益 En	0.20	磷石膏利用率	0.070	3.875	0.27125
		碳排放减少量	0.060	3.5	0.21
		生产能耗	0.070	3.5	0.245
社会效益 S	0.10	政策支持度	0.035	3.75	0.13125
		就业带动效应	0.045	3.375	0.151875
		公众接受度	0.020	2.875	0.0575

表 2 专家加权得分汇总表

	专家一	专家二	专家三	专家四	专家五	专家六	专家七	专家八
加权分	3.58	3.6	2.955	3.89	3.45	4.1	3	4.19

3.1 关键发现

总分排名：专家八（4.19分）表现最优，其次是专家六（4.1分）；专家三（2.955分）表现最差。

高分指标：工艺成熟度和产品性能达标率：均分4分（满

分5），权重均为10.5%，对总分贡献显著（各0.42分）。

磷石膏利用率：均分3.875分，权重7%，贡献0.271分。

低分指标：公众接受度：均分2.875分（最低），权重仅2%，影响较小（0.0575分）。

就业带动效应：均分 3.375 分，但专家五评分仅 1 分，拉低整体表现。

争议指标：投资回报周期：专家七评分 1 分（极低），专家八评分 5 分（极高），差异显著。

碳排放减少量：专家二评分 1 分，专家五至八评分 4-5 分，显示专家意见分化。

3.2 权重影响

高权重指标（>10%）：生产成本（16%）、市场售价竞争力（12%）、投资回报周期（12%）、工艺成熟度（10.5%）、产品性能达标率（10.5%）。这些指标对总分影响最大，需优先优化。

低权重指标（<5%）：政策支持度（3.5%）、就业带动效应（4.5%）、公众接受度（2%）影响较小。

3.3 专家表现

专家八：总分最高（4.19 分），在投资回报周期、磷石膏利用率等指标上评分积极。

专家三：总分最低（2.955 分），对多项指标（如就业带动效应、公众接受度）评分保守。

专家七：总分较低（3 分），尤其在投资回报周期上评分极低（1 分），显著拉低其总分。

根据专家打分分析结果，有以下建议：改进高权重低分项：市场售价（均分 3.375 分，权重 12%），改进空间较大。关注分歧指标：如投资回报周期，需进一步分析差异原因。弱项改进：公众接受度（均分最低）可通过宣传或产品优化提升。专家协同：综合高分专家与低分专家的意见，平衡评估偏差。

项目总加权均值为 3.596 分，属于中等水平。长处：工艺成熟，产品性能稳定，成本控制较好，但需进一步提高产品性价比，增强市场竞争力，提高群众认知度。专家意见不一致提示应加强评价要求或沟通交流。

4 促进磷石膏建筑制品发展的对策建议

4.1 政策支持与产业发展

要达到发展磷石膏建筑制品的目标，需要政府实施鼓励政策，降低企业的生产和研发成本，如政府可以通过补贴、税收优惠等政策，加大对于磷石膏再利用系统建设，做到产业化。鼓励和提倡绿色化生产，加大监督与保护力度，提倡和发展节能、低碳型建筑材料，政府应建立绿色建筑认证标准和绿色建筑标准，以提高磷石膏建筑制品的质量和竞争力^[3]。

4.2 技术创新与研发投入

为确保磷石膏建筑制品的发展，企业要提升技术创新开发。尤其是提升磷石膏材料性能水平，开发出新的磷石膏

建筑材料，提升其抗压性、抗湿性、耐寒性、耐火性及性能，使其能够在建筑领域中推广应用。开发出智能化生产技术，提升生产力度，减少成本投入力度。要积极与科研院校、专家等进行沟通，使科研与生产相结合，使磷石膏建筑材料技术创新优化。

4.3 市场推广与应用扩展

为了推广磷石膏建筑制品，企业应该进行宣传和扩大市场的应用。利用论坛、展览和行业技术大会，提高磷石膏制品的知名度和美誉度。积极推广绿色建筑项目，推进磷石膏制品在高层建筑、工业厂房、房屋等领域的广泛应用。根据不同需求推出个性化产品，满足不同项目的环境保护要求。通过推广政策和行业标准的制定，提高磷石膏建筑制品的市场份额，促进磷石膏制品在世界各地的应用。

4.4 标准化建设与质量控制

为保证磷石膏建筑制品质量与行业竞争力，需要磷石膏行业加强标准化与质量控制，推动行业和国家建立健全与磷石膏建筑制品相关的标准，实现不同地区磷石膏建筑产品的质量一致性和跟踪性，企业需建立严格的质量体系，从原料采购、生产、运输、销售等环节进行把控，保证产品的质量稳定性。鼓励和支持企业使用先进的技术、生产设备自动化，提升生产效率和质量。加强标准化与质量控制，提升磷石膏建筑制品的竞争力，促进其得到更广泛的应用。

5 结语

本研究基于磷石膏建材综合利用效益的磷石膏建筑产品技术效益、经济效益、环境效益和社会效益进行研究。首先通过采集社会问卷调查数据（61 份有效数据）和专家问卷调查数据（8 份有效数据）构建磷石膏建筑制品综合效益评价体系，然后采用专家打分法让七位专家进行打分，最后通过定性与定量的分析结果提出发展磷石膏建筑制品的对策建议，主要是政策扶持、技术研究、市场营销和标准制定。总之，磷石膏建筑制品作为绿色建筑节能减排的可行建筑制品，在今后应注重技术研究和市场营销，为推动实现大规模资源化利用做出贡献。

参考文献

- [1] 宋博辉,黄政华,王家辉.新型无梁楼盖磷石膏复合空腔层模盒保温隔热性能试验研究[J].贵州大学学报(自然科学版),2021,38(03):110-116.
- [2] 李纯,薛鹏丽,张文静等.我国磷石膏处置现状及绿色发展对策[J].化工环保,2021,41(01):102-106.
- [3] 高育欣,麻鹏飞,康升荣等.改性磷石膏抹灰砂浆性能研究[J].金属矿山,2022(01):14-20.