

引用格式: 任鹏博,王军伟,黄文君,等.磷石膏在建筑材料领域标准体系优化与标准现状分析[J].标准科学,2026(1):57-65.
REN Pengbo, WANG Junwei, HUANG Wenjun, et al. Analysis of the Current Situation and Optimization of the Standards System for Phosphogypsum in the Field of Building Materials [J]. Standard Science, 2026 (1): 57-65.

磷石膏在建筑材料领域标准体系优化与标准现状分析

任鹏博¹ 王军伟¹ 黄文君^{2,3*} 肖梅玲¹ 毛雯婷^{2,3}

(1. 云南大学 建筑与规划学院; 2. 云南省建筑科学研究院有限公司; 3. 云南省建筑结构与新材料企业重点实验室)

摘要: 【目的】为实现我国磷石膏高效资源化利用, 通过分析我国磷石膏建材领域标准化建设, 得出该领域建设不完善等问题。【方法】针对此现状, 采用霍尔三维结构模型, 构建“逻辑维—时间维—知识维”协同的标准体系框架, 涵盖通用基础、生产技术、质量检测等六大子体系。【结果】通过研究, 提出需进一步优化磷石膏建材领域标准体系的建议。【结论】本研究结果可以为磷石膏建筑材料标准体系优化和标准升级迭代提供方向性的参考。

关键词: 磷石膏; 建筑材料; 标准体系; 霍尔三维结构

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2026.01.008

Analysis of the Current Situation and Optimization of the Standards System for Phosphogypsum in the Field of Building Materials

REN Pengbo¹ WANG Junwei¹ HUANG Wenjun^{2,3*} XIAO Meiling¹ MAO Wenting^{2,3}

(1. School of Architecture and Planning, Yunnan University; 2. Yunnan Institute of Building Research Co., Ltd.; 3. Yunnan Key Laboratory of Building Structural Safety and New Technology;)

Abstract: [Objective] By analyzing the standardization development in China's phosphorus gypsum building materials sector, this study identifies issues such as the current system's inadequacy and its failure to effectively guide the high-efficiency resource utilization of phosphorus gypsum. [Methods] The paper employs the Hall three-dimensional structure model to construct a coordinated standards system framework encompassing "logic dimension—time dimension—knowledge dimension". This framework comprises six major subsystems: general fundamentals, production technology, quality inspection, and others. [Results] Additionally, recommendations are proposed for further optimizing the standards system in the phosphorus gypsum building materials sector. [Results] The results of this research can provide directional guidance for optimizing the standards system and advancing the upgrading and iteration of standards for phosphorus gypsum building materials.

Keywords: phosphogypsum; building material; standards system; Hall Three-Dimensional Structure

基金项目: 本文受云南省产业创新人才专项支持项目“磷石膏基过硫酸盐胶凝体系路用材料环境性能研究评价和应用”(项目编号: yfgrc202428); 云南省科技厅社会发展专项项目“工业固废协同磷石膏制备高/超高性能土木工程材料关键技术研究与应用”(项目编号: 202303AC100005)资助。

作者简介: 任鹏博, 硕士研究生, 研究方向为建筑材料。

王军伟, 硕士研究生, 研究方向为建筑材料。

黄文君, 通信作者, 硕士, 正高级工程师, 研究方向为绿色建筑材料。

肖梅玲, 博士, 教授, 研究方向为地震工程及地震防护。

毛雯婷, 博士, 高级工程师, 研究方向为绿色建筑材料。

0 引言

我国磷石膏年排放量超8000万吨, 综合利用率不足50%, 大量堆存引发环境污染与安全隐患。2021年国家十部委发布的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》^[1]明确指出: “拓宽磷石膏利用途径, 继续推广磷石膏在生产水泥和新型建筑材料等领域的利用”。

当前, 我国正大力推进磷石膏标准化体系建设, 已形成政策合力: 一方面, 《磷石膏综合利用行动方案》^[2]明确提出加快制定建材、道路基层材料等领域技术标准, 推动制品应用标准研制; 另一方面, 工业和信息化部等八部门联合发布的《推进磷资源高效高值利用实施方案》作为“十四五”磷化工转型配套文件^[3], 进一步要求加强技术研发与标准化建设, 推动产业链协同发展。

为了确保磷石膏在建筑材料领域的大规模资源化利用, 本文分析了磷石膏建材领域标准体系的现状与缺陷, 并且基于霍尔三维结构模型提出针对性优化策略, 旨在构建科学完善的标准体系, 助力产业高质量发展, 加快磷石膏资源化进程, 最终为“双碳”目标下固废高效利用提供标准化支撑。

1 磷石膏建筑材料标准化现状及存在的问题

1.1 磷石膏建筑材料标准化现状

我国现行磷石膏建筑材料方面的标准共计38项, 其中包括国家标准4项, 行业标准5项, 团体标准13项, 地方标准16项, 详见表1。

由表1可知, 我国磷石膏建筑材料标准目前被划分为基础标准、资源利用标准两大类别。其中, 基础

表1 磷石膏建筑材料标准分类				
序号	级别	标准名称	备注	归口部门
1	国家标准	GB/T 23456—2018《磷石膏》	基础标准	全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会
2		GB/T 9776—2022《建筑石膏》	资源利用标准	全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会
3		GB/T 21371—2019《用于水泥中的工业副产石膏》	资源利用标准	全国水泥标准化技术委员会
4		GB/T 35162—2017《道路基层用缓凝硅酸盐水泥》	资源利用标准	全国水泥标准化技术委员会
5	行业标准	HJ/T 223—2005《环境标志产品技术要求 轻质墙体板材》	基础标准	生态环境部
6		HJ/T 211—2005《环境标志产品技术要求 化学石膏制品》	基础标准	生态环境部
7		JC/T 2073—2011《磷石膏中磷、氟的测定方法》	基础标准	全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会
8		NY/T 1060—2006《水泥生产用磷石膏》	资源利用标准	农业农村部
9		JC/T 2391—2017《制品用过硫磷石膏矿渣水泥混凝土》	资源利用标准	全国水泥标准化技术委员会
10		T/CSPSTC 69—2021《磷石膏预处理技术规范》	基础标准	中国标准化协会
11		T/CPFIA 0011—2024《磷石膏无害化处理指南》	基础标准	中国磷复肥工业协会
12		T/CCAS 023—2022《用于水泥中的改性球状磷石膏》	资源利用标准	中国水泥协会
13		T/CCPA 26—2021《公路路面基层用磷石膏矿渣水泥稳定材料应用技术规程》	资源利用标准	中国建筑材料联合会、中国混凝土与水泥制品协会
14		T/CECS G:D45—02—2022《道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规程》	资源利用标准	中国工程建设标准化协会公路分会

续表1

15	T/CBMF 149—2021/T/CCPA26—2021《公路路面基层用磷石膏矿渣水泥稳定材料应用技术规程》	资源利用标准	中国建筑材料联合会、中国混凝土与水泥制品协会
16	T/CPCIF 0298—2023; T/CPFIA 0010—2023《磷石膏公路基层材料技术规范》	资源利用标准	中国石油和化学工业联合会、中国磷复肥工业协会
17	T/CACE 0117—2024《道路基层用改性磷石膏混合料》	资源利用标准	中国循环经济协会
18	T/CACE 0118—2024《改性磷石膏混合料道路稳定基层应用技术规程》	资源利用标准	中国循环经济协会
19	T/CHTS 10100—2023《公路水泥稳定磷石膏基层施工技术规范》	资源利用标准	中国公路学会
20	T/CSUS 04—2020《装配式磷石膏隔墙体技术标准》	资源利用标准	中国城市科学研究会
21	T/GZHG 033—2023《磷石膏地下充填采矿水样监测规范》	资源利用标准	贵州省化工行业协会
22	T/KMSHJBHLHH001—2022《磷石膏无害化处理后用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》	资源利用标准	昆明市环境保护联合会
23	DB5117/T 75—2024《磷石膏无害化处理技术规范》	基础标准	达州市经济和信息化局
24	DB53/T 396—2012《改性磷石膏水泥缓凝剂》	资源利用标准	云南省质量技术监督局
25	DB42/T 1991—2023《公路磷石膏复合稳定基层材料应用技术规程》	资源利用标准	湖北省市场监督管理局
26	DB42/T 2307—2024《城镇道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规程（试行）》	资源利用标准	湖北省市场监督管理局
27	DB52/T 1179—2017《磷矿开采磷石膏充填采矿技术规范》	资源利用标准	贵州省市场监督管理局
28	DB 5117/T 77—2023《公路水泥稳定磷石膏基层应用技术规范》	资源利用标准	达州市交通运输局
29	DB52/T 1656—2022《磷石膏抹灰砂浆通用技术要求》	资源利用标准	贵州省工业和信息化厅
30	DB 4205—T63—2023《磷石膏及其综合利用产品质量标准》	资源利用标准	宜昌市市场监督管理局
31	DBJ52/T093—2019《磷石膏建筑材料应用统一技术规范》	资源利用标准	贵州省住房和城乡建设厅
32	DB53/T 1269—2024《改性磷石膏用于矿山废弃地生态修复回填技术规范》	资源利用标准	云南省市场监督管理局
33	DB5301/T 100—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复跟踪评估规范》	资源利用标准	昆明市生态环境局
34	DB5301/T 99—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复过程环境监管规范》	资源利用标准	昆明市生态环境局
35	DB5301/T 98—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复环境风险评估规范》	资源利用标准	昆明市生态环境局
36	DB53/T 641—2014《蒸压磷石膏砖》	资源利用标准	云南省建筑材料标准化技术委员会
37	DB52/T 1038—2015《磷石膏空心砌块》	资源利用标准	贵州省质量技术监督局
38	DB42/T 1711—2021《轻钢龙骨—混合相磷石膏喷筑墙体技术规范》	资源利用标准	湖北省市场监督管理局

标准7项,含国家标准1项、行业标准3项、团体标准2项、地方标准1项;资源利用标准31项,含国家标准3项、行业标准2项、团体标准11项、地方标准15项。可见,在我国磷石膏建材领域标准中,资源利用的标准居多,占比达81.58%,如图1所示。

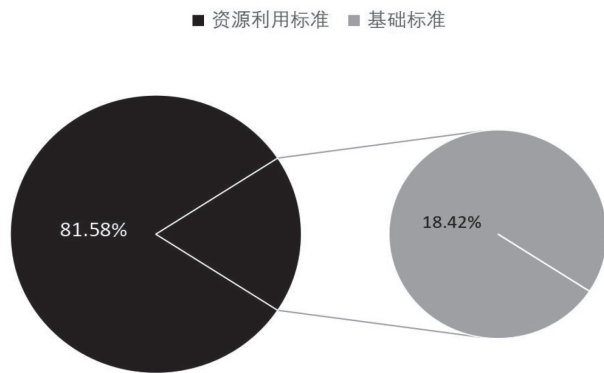


图1 各类标准占比

而在资源利用标准中,路用类标准有10项、水泥类标准5项、回填类标准7项、砌体类标准4项、综合标准4项和轻质复合墙板标准1项,如图2所示。其中轻质复合墙板等新型建材标准仅有1项,比例严重失衡。

从归口部门方面进行分析,38项标准由15个不同的归口部门管理,如图3所示。其中,农业农村部主管1项标准、生态环境部主管2项标准、全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会主管3项标准、全国水泥标准化技术委员会主管3项标准、行业协会主管13项标准、地方机构主管16项标准。层级

分散性显著,多个部门独立制定标准,可能会导致技术要求冲突。

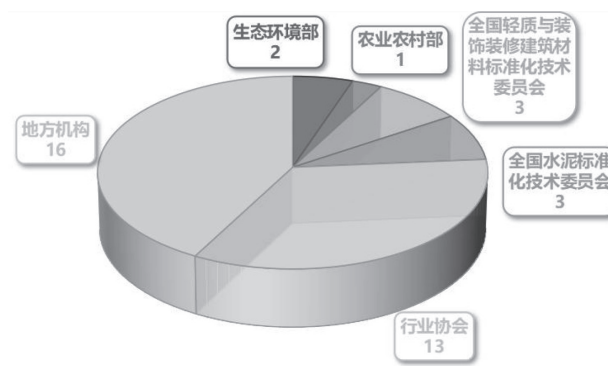


图3 归口部门分析情况

1.2 磷石膏建筑材料标准化存在的问题

从标准化现状分析来看,我国磷石膏建筑材料标准化在国家政策推动下已取得阶段性进展,但体系化建设仍明显滞后,主要表现为地方先行而国家滞后、归口部门分散化导致标准协同性不足、部分标准体系不完善和应用端规范缺失等问题。

1.2.1 地方先行、国家滞后

由表1可知,在我国现行的磷石膏建筑材料方面的标准中,国家标准仅有4项,而地方标准有16项,这反映出磷石膏建材领域标准体系存在一个较为突出的问题就是“地方先行、国家滞后”。例如,当使用磷石膏作为路用材料时,湖北省宜昌市制定15项市级标准,其中3项上升为地方标准;当使用磷石膏作为回填材料时,昆明市制定3项针对

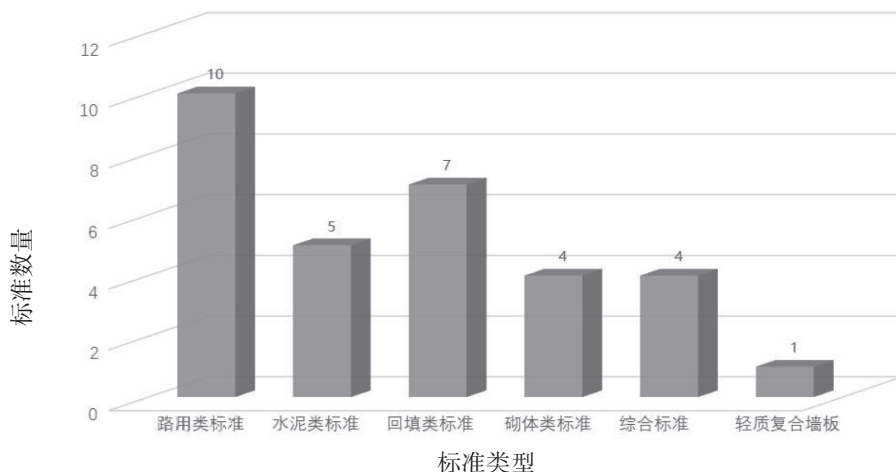


图2 资源利用标准中各类标准数量

矿山回填材料的地方标准,即DB5301/T 98—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复 环境风险评估规范》、DB5301/T 99—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复 过程环境监管规范》和DB5301/T 100—2023《改性磷石膏综合利用 矿山生态修复 跟踪评估规范》,做到了地方先行,但是国家层面只有像GB/T 23456—2018《磷石膏》这种较为基础的标准。

“地方先行、国家滞后”现象的形成存在多重深层原因:一方面,磷石膏不同于传统建材原料,其“工业副产属性”带来了相应的环境风险,并且各地磷石膏的性质并非统一,具有差异性,导致国家很难制定一个统一、完美的国家标准;另一方面,磷石膏综合利用技术处于尚未成熟的阶段,地方试点承担着探索技术路径、积累实践数据的重要使命,为国家标准制定提供实践基础,但是国家层面尚未建立有效机制,未能及时将地方实践验证的成熟经验转化为国家标准。此外,国家标准制定流程存在制度性时滞,从立项到发布平均耗时3~5年,而地方标准仅需1~2年即可完成,时效性差异客观上形成了地方标准先行优势。

1.2.2 归口部门分散化导致标准协同性不足

通过对表1的分析可以得出,我国磷石膏建材领域的38项标准由15个不同部门或机构分管,地方机构主导16项、行业协会主导13项,国家级技术委员会仅负责6项,这说明我国磷石膏建材标准的归口管理呈现显著“部门碎片化”特征,这种分散化管理导致跨部门标准冲突与重复建设问题突出。例如,在路用类标准中,共有10项标准但是归口部门多达7个。多主体制定技术规程会出现参数不统一的现象,同时会导致国家与地方标准衔接失效、各标准间协同性不足。

深层次原因可归结为3个方面:(1)标准管理体系的制度性矛盾。我国多层次标准体系(国标、行标、团标、地标)导致制定主体多元,各个部门更倾向于在权责范围内独立制定标准,缺乏跨部门统筹协调机制,必然加剧归口分散化。(2)磷石膏建材产业的跨领域特性。其产业链涵盖化

工(原料生产)、材料加工(预处理)、建筑/道路(应用)等多领域,单一部门难以兼顾全链条需求,各关联主体只能基于自身环节制定标准;且产业尚处发展期,技术更新快、地区应用差异大,促使各主体从自身技术认知出发制定标准,进一步加剧分散。(3)历史发展形成的路径依赖。行业早期缺乏顶层设计,各部门在无统一规划下按业务需求独立制定标准,形成“各自为战”格局。随着产业发展,早期标准形成路径依赖,加之新应用领域不断涌现催生更多分散标准,导致整合难度持续加大。

1.2.3 部分标准体系不完善

在“双碳”目标和《磷石膏综合利用行动方案》等国家政策的驱动下,我国虽然已经发布了30余项磷石膏建筑材料方面的标准,但是仍然存在部分标准体系不完善的问题。例如在磷石膏建材产品领域的标准中,新型建材的标准严重缺失、比例失衡,目前有17项用于传统制品,而轻质复合墙板等新型建材的标准仅有1项。

产生这一问题的主要原因还是传统建材历经了数十上百年的发展,已经形成了稳定的技术路径,具有成熟的产业生态,可以让标准在不断的实践中进行优化、更新,而新型建材发展时间较短,有些技术还处于实验室向产业化转化的阶段,只有实验而没有实践很难为制定标准提供有效的数据支撑;新型建材(酒店等地用到的轻质复合墙板)对材料的稳定性、环保性要求极高,但磷石膏是工业固废,含有磷、氟等杂质,需要无害化处理加大了材料成本,导致高端市场对其应用心存顾虑,在应用端推广效果不佳,因此各地对制定相关标准的热情骤减。

1.2.4 应用端规范缺失

磷石膏的综合利用目前执行GB/T 32326—2015《工业固体废物综合利用技术评价导则》、GB/T 32328—2015《工业固体废物综合利用产品环境与质量安全评价技术导则》。这2项标准是对一般工业固废的统一规定,但目前缺乏针对磷石膏建筑材料的综合应用技术标准,尤其在磷石膏建

材资源化利用过程中的污染防治、环境风险评价等方面,相关标准仍处于空白状态。

例如,我国在磷石膏基人造石产品及其应用方面的标准就存在空白,尚未建立针对磷石膏基人造石骨料及其制品的全生命周期环境风险评价体系,缺乏包括生产、设计和施工、验收等在内的详细技术要求及对重金属迁移、放射性物质限量等关键指标的系统性评价,这在一定程度上限制了该产品的技术推广和应用。

磷石膏应用端规范缺失主要原因是:一方面,磷石膏与一般工业固废存在本质差异,其放射性特征及重金属迁移风险显著区别于普通固废^[4-5],导致现行通用标准难以适用,因此需要建立磷石膏专属的技术规范,但标准制定涉及立项、调研、验证等多环节,程序复杂且周期漫长;另一方面,磷石膏建材应用尚处于技术探索阶段,工艺路线和产品性能尚未形成稳定体系,标准制定必须以成熟技术参数为基准,但行业技术快速迭代创新与标准固化所需的稳定性形成结构性矛盾,最终导致标准建设进度滞后于技术发展实践,产生应用端规范缺失的问题。

2 磷石膏建筑材料标准体系优化

通过前文剖析标准体系现状与问题发现,目前磷石膏建材标准体系存在国家滞后、部分标准体系不完善和应用端规范缺失等问题。这些问题严重制约了磷石膏在建筑材料领域的广泛应用,因此,需要对磷石膏建材标准体系进行优化。本节引入霍尔三维结构模型构建优化路径,为推动磷石膏建材高质量发展提供系统性解决方案。

2.1 结构模型构建

标准体系建立经过一段时期后,就会出现“系统性退化”,导致标准体系原设计的作用不能很好地发挥,需对其进行优化或重构^[6]。而磷石膏建筑材料标准体系的构建和优化是一项复杂而系统的工程。其复杂性主要体现在以下几个方面:一是磷石膏的资源化利用涉及多种技术路线,不同技术

路线对原料要求、生产工艺和产品质量的影响各不相同;二是标准存在交叉问题,国家标准、行业标准、团体标准和地方标准之间既相互补充又存在一定的矛盾和冲突;三是磷石膏作为工业副产物,在其建筑材料化利用过程中面临着严格的环保约束,需要确保其对环境 and 人体健康无害。

鉴于标准体系构建的复杂性与系统性,其过程需遵循系统论的科学指导原则。国内众多标准化研究学者采用的是霍尔三维结构建模方法^[7-8]。霍尔三维结构模型是一种系统工程方法论,由美国系统工程专家霍尔于1969年提出^[9]。该结构模型是一种基于“时间维、逻辑维和知识维”的三维立体空间结构,是一种被广泛应用于不同领域标准体系构建的成熟理论^[10-12]。这种方法能够对标准体系进行结构化分层解构,在解耦复杂系统层级关系的同时,实现标准要素在对象属性、效力层级及专业领域间的关联映射,并通过模块化建模揭示跨维度标准的协同与约束机制。因此,本文引入霍尔三维结构模型并结合磷石膏特性来构建磷石膏建材标准体系,三维结构如图4所示。

2.2 标准体系框架设计

基于霍尔三维结构模型构建的逻辑维、时间维和知识维,进一步设计磷石膏建筑材料标准体系框架。该框架包括通用基础标准、生产技术标准、质量检测标准、环保与安全标准、应用与施工标准和其他标准6个主要部分。所构建的磷石膏建筑材料标准体系框架如图5所示。

2.2.1 通用基础标准

通用基础标准作为磷石膏建筑材料标准体系内其他标准的基础,在整个体系中起到通用性、基础性的支撑作用。可将其分为4个部分:(1)标准化导则与指南。为制定磷石膏建材标准化文件和构建磷石膏建材标准体系提供指导性作用。(2)术语与符号标准。统一规范磷石膏建筑材料领域的专业术语和符号,并给出相应的定义,避免因术语不统一而导致的理解偏差和沟通障碍。(3)分类与代码标准。对磷石膏建筑材料及其相关产品进行科学分类,并赋予唯一的代码标识,便于产品的

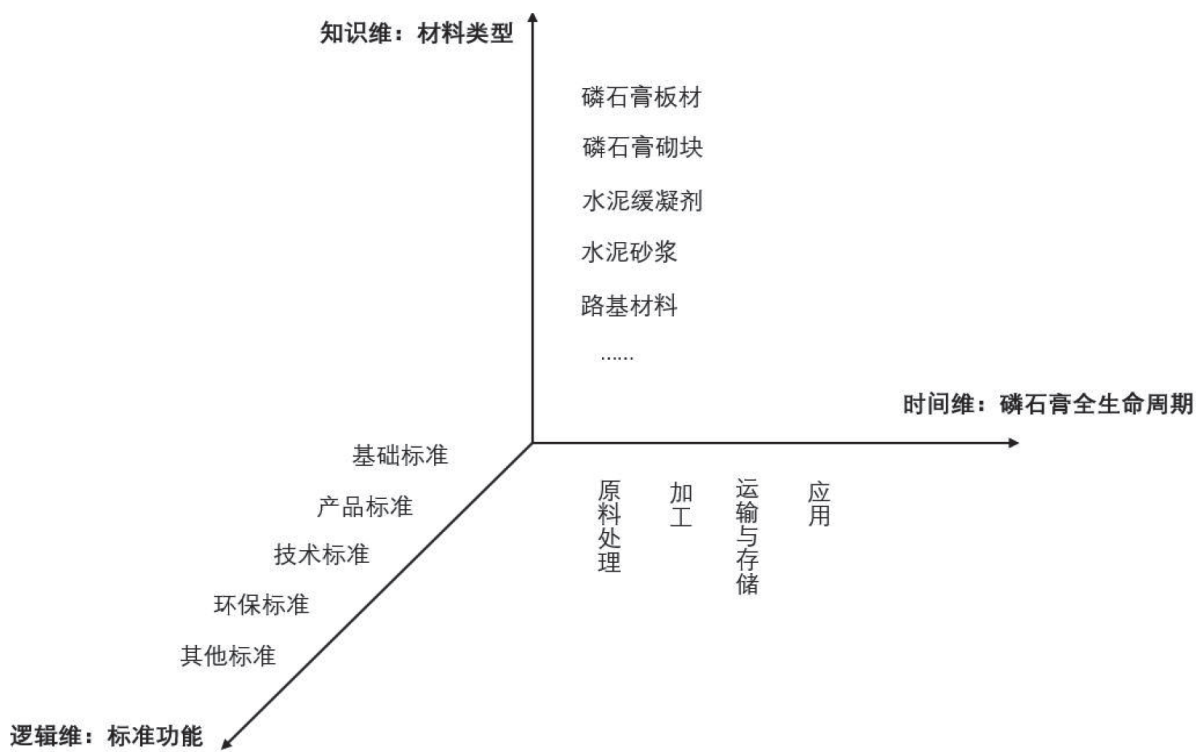


图4 霍尔三维结构模型

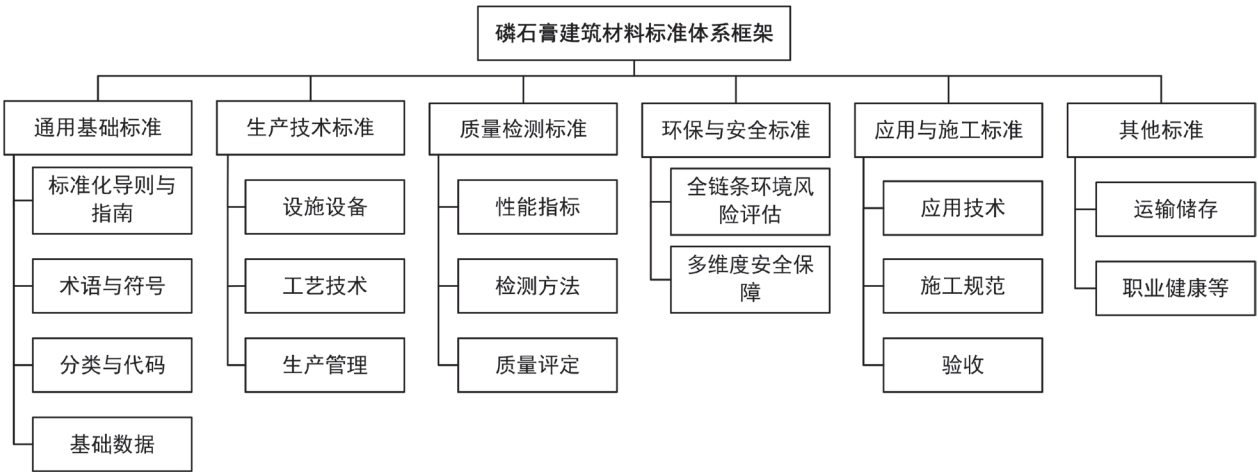


图5 磷石膏建筑材料标准体系框架

管理、统计和信息化追溯。例如，为不同类型的磷石膏砖制定统一的分类代码，方便在生产、销售和使用环节进行识别和管理。（4）基础数据标准。包含磷石膏的化学组成、物理性能基础数据等，为其他标准的制定提供数据支持。

2.2.2 生产技术标准

生产技术标准旨在规范磷石膏建筑材料的生产过程，确保产品质量的稳定性和一致性。可分为：（1）设施设备标准。设施标准适用于磷石膏建材在生产及应用过程中的各种设施。设备标准针

对生产过程中使用的各类设备,制定其选型原则、技术性能要求、操作规程及维护保养标准。(2) 工艺技术标准。详细规定了不同磷石膏建筑材料的生产工艺流程和关键技术参数。以磷石膏基胶凝材料为例,明确其在胶凝材料生产过程中的添加比例、混合方式、搅拌时间等关键技术参数。

(3) 生产管理标准。涵盖生产过程中的质量管理、成本管理、安全生产管理等方面的要求,确保生产过程的高效、安全和可持续。

2.2.3 质量检测标准

质量检测标准是磷石膏建材质量控制的技术基准。其可分为:(1) 性能指标标准。界定磷石膏基材料物理性能、化学稳定性及力学特性等核心参数指标。(2) 检测方法标准。针对各项性能指标,制定科学、准确的检测方法和试验操作规程,确保检测结果的可靠性和可比性。例如,规定磷石膏砌块抗压强度的检测方法,包括试件的制备、试验设备的要求、加载速度等具体操作步骤。(3) 质量评定标准。根据检测结果,制定产品质量的评定等级和判定规则,为产品质量的评价提供明确依据。

2.2.4 环保与安全标准

环保与安全标准是磷石膏建材全生命周期环境风险管控的核心技术约束,其体系架构包含两大模块:(1) 全链条环境风险评估标准:覆盖原料开采(如磷石膏放射性核素比活度监测)、生产加工(气态污染物排放浓度限值、含磷废水处理工艺参数)、运输储存(防扬尘密闭性要求)及废弃再生(浸出毒性鉴别阈值)等环节。(2) 多维度安全保障标准:针对生产端,规定回转窑防爆泄压装置设计强度、操作人员职业健康监护周期(参照GBZ 188—2014《职业健康监护技术规范》);针对应用端,建立磷石膏基墙体抗冲击性能分级及长期荷载下徐变系数限值,确保建筑结构服役安全。该标准体系通过量化环境负荷与安全风险边界,为磷石膏建材绿色认证与市场准入提供技术基准。

2.2.5 应用与施工标准

应用与施工标准体系旨在规范磷石膏建材在

建筑工程中的技术实施与质量管控。其可分为:

(1) 应用技术标准。界定磷石膏基材料的功能定位及适用场景,包括建筑部位适配性(如保温板在围护结构中的热工性能要求)、环境适应性(不同气候区施工参数阈值)及材料配伍规则(如胶凝体系与骨料配比优化)。(2) 施工规范标准。详细规定了磷石膏建筑材料在施工过程中的施工工艺、施工流程、质量控制要点等。例如,制定磷石膏砂浆的搅拌、运输、砌筑、抹灰等施工环节的操作规范。(3) 验收标准。建立基于性能导向的质量评价体系,涵盖强度测试、耐久性验证及环保合规性,并参照GB 50203—2011《砌体结构工程施工质量验收规范》制定缺陷分级与整改阈值,实现全环节闭环管理。

2.2.6 其他标准

制定与磷石膏在建筑材料领域资源化利用关联密切的其他标准,如产品运输与存储标准、职业健康标准等。以确保整个生产和应用过程的全面性和系统性。

2.3 优化框架的实施路径与预期成效

基于霍尔三维结构构建磷石膏建材标准框架,遵循“问题导向—区域实证—动态完善”的递进式实施路径。在问题导向阶段,基于对磷石膏建筑材料标准体系的分析,应聚焦痛点、协同推进。例如,针对应用端的新型建材标准缺失和全链条环保安全规范缺位,应设立专项工作组,联合科研机构、龙头企业、检测认证机构,基于成熟技术积累和工程验证数据,加速研制相应标准。特别是环保安全标准,应明确量化限值和监测方法,为企业环评、产品认证和市场准入提供清晰依据。在区域实证阶段,可以结合地方资源禀赋与产业需求,遴选湖北、云南等典型区域开展试点,重点探索道路基材、轻质墙板等领域的适配性工艺参数与应用场景,形成区域性技术标准(如DB42/T 2307—2024《城镇道路过硫磷石膏胶凝材料稳定基层技术规程》)。在动态完善阶段,可以建立动态反馈机制,依托行业协会与标准化委员会,对试点成果进行技术验证与效益评估,提炼共性参数并整合为补充性国

标或行标,构建地方创新—国家整合—全域推广的标准化闭环。

预期成效可体现为3个方面:其一,通过逻辑维的功能模块化(基础标准、产品标准等)与知识维的材料精细化(砌块、板材等),加速轻质复合墙板、磷石膏基人造石等新型建材的标准研制,解决现有标准覆盖度不足问题;其二,依托时间维的全流程管控(原料预处理→加工→施工验收),规范生产工艺关键节点(如胶凝材料配比、养护条件),提升制品性能一致性;其三,以环保维的全生命周期约束(如HJ/T 211—2005《环境标志产品技术要求 化学石膏制品》)为核心,明确磷石膏建材在开采、生产、废弃阶段的环境风险阈值,通过第三方认证机制增强市场认可度。上述路径可将理论模型转化为产业工具,为磷石膏建材的规模化工程应用与跨区域市场化流通提供系统性的理论参考。

3 结语

本文系统梳理了我国磷石膏建筑材料领域的标准体系现状及存在问题,同时阐述了优化磷石膏建筑材料标准体系的方法,得出如下结论。

(1)在磷石膏建材标准体系中,国家标准滞后、地方标准先行;标准体系覆盖不全、新型建材标准缺失、检测方法不统一、应用端规范断层等问题突出,制约了磷石膏在高端建筑领域的应用;环境风险管控与长期性能评价标准缺位,难以支撑磷石膏建材的规模化推广。

(2)基于霍尔三维结构模型提出的优化框架,从“逻辑维、时间维、知识维”三向协同切入,构建了覆盖基础通用、生产技术、质量检测、环保安全、应用施工等全链条的标准体系,为解决系统性缺失等问题提供了理论参考。

参考文献

- [1] 关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见[J].再生资源与循环经济,2021,14(4):1-3.
- [2] 磷石膏综合利用行动方案[J].磷肥与复肥,2024,39(4):3-5.
- [3] 推进磷资源高效高值利用实施方案[J].磷肥与复肥,2024,39(1):3-7.
- [4] 刘珊,吴丰辉,瞿广飞,等.磷石膏堆存过程中重金属的迁移转化及其生态效应[J].生态毒理学报,2022,17(4):302-314.
- [5] 刘雪,胡好,周金良,等.固体废物污染物浸出与运移评估方法研究[J].环境工程技术学报,2025,15(3):994-1003.
- [6] 麦绿波.标准体系优化的方法[J].中国标准化,2018(7):58-65.
- [7] 钟艾辛,彭茂锋,邓泽曦,等.我国冷链物流标准体系优化与标准现状分析[J].标准科学,2024(8):76-83.
- [8] 王绎强,解慧珉,白璐,等.基建项目竣工财务决算审计全过程质量控制研究:基于霍尔三维结构模型的实务应用[J].中国注册会计师,2024(10):120-123.
- [9] ARTHUR H. Three-Dimensional Morphology of Systems Engineering[J]. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 1969, 5(2): 156-160.
- [10] 任振,王成程,沈敏圣,等.基于改进霍尔三维结构的重大科研项目风险管理研究[J].技术与创新管理,2019,40(4):470-475.
- [11] 刘宇,张蕾,王伟,等.自动化集装箱码头标准体系构建与评价研究[J].交通运输研究,2023,9(2):91-99.
- [12] 张金梅.我国食品冷链物流标准现状分析与体系优化[J].标准科学,2023(12):44-53.