

战略性非金属矿产

我国珍珠岩矿产综合利用及其发展战略^{*}

于永生^{1,2,3}, 葛灵¹, 武珂¹, 井强山¹, 李珍^{2,3}, 王进双¹

1. 豫南非金属矿资源高效利用河南省重点实验室, 信阳师范学院, 河南 信阳 464000;
2. 纳米矿物材料及应用教育部工程研究中心, 材料与化学学院, 湖北 武汉 430074;
3. 中国地质大学 材料与化学学院, 湖北 武汉 430074

中图分类号: TD973; TB34 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2019)06-0159-05
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.06.021

摘要 珍珠岩是无定形硅酸铝火山玻璃, 主要成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 , 因其含有结晶水而具有高膨胀性, 主要用于制备膨胀珍珠岩, 其应用领域广泛。本文介绍了珍珠岩的结构性质、资源现状及其在战略新兴产业领域的应用, 总结了国内外珍珠岩行业发展差距, 并展望了我国珍珠岩行业发展战略。

关键词 珍珠岩; 膨胀珍珠岩; 综合利用

1 引言

珍珠岩是由火山喷发的酸性熔岩经急剧冷却而成的玻璃质岩石, 因其具有典型的珍珠裂隙结构而得名。珍珠岩中无定形 SiO_2 和 Al_2O_3 含量在 80% 以上, 碱金属氧化物含量高, 具有很好的熔融性, 与其他物质互溶性较好, 也能为下游制品提供 Si 和 Al 元素; 此外, 因高玻璃质及含结晶水而特有膨胀性, 膨胀倍数高达 25 倍, 利用这一膨胀特性而制备膨胀珍珠岩及其制品, 其内多孔性, 孔形态主要为开孔、闭孔和中空孔, 具有化学稳定性好、质轻、吸音性能好、隔热保温、吸湿(开孔)或防水(闭孔)、防火无毒无味等优良性能^[1,2], 广泛应用于建筑行业的保温、土壤改善及保湿、助滤剂等诸多领域^[3,4]。

我国珍珠岩储量丰富, 且高品位矿较多, 已探明产地有 40 余处, 其中信阳上天梯为亚洲第一、世界第二大珍珠岩矿床, 储量为 1.27 亿 t, 属高品位矿。珍珠岩原矿在开采和破碎过程中会产生大量尾矿粉(120 目以下, 约 20%), 被丢弃堆积, 侵占土地资源, 且易引起粉尘污染, 严重影响生态环境和危害人身健康。因此, 对珍珠岩矿环保型、综合性开发, 既要注重

珍珠岩矿的直接利用, 也要顾及其尾矿的回收利用, 这是对珍珠岩行业战略发展的考验。

2 珍珠岩的结构及性质

珍珠岩是酸性岩浆喷出时因与环境温度相差悬殊, 炽热岩浆骤冷导致体积收缩, 形成具有特殊珍珠裂隙结构的玻璃质体。组成矿石的酸性火山玻璃有性脆、裂隙较为发育、化学性质不稳定等特点。镜下观察, 基质部分有极明显的圆弧形裂开, 构成珍珠结构, 并具有流纹构造^[5]。

珍珠岩主要由酸性火山玻璃组成, 95% 是玻璃相, 其中 68% ~ 74% 为无定形 SiO_2 , 碱金属氧化物含量 6% ~ 8%, 含水量 2% ~ 6%。矿石中还含有不等量的透长石、石英斑晶、微晶及各种形态的雏晶, 还含有隐晶质矿物(角闪石、刚玉、叶蜡石、黑云母、赤铁矿等)。矿石因含有不同的色素离子, 原矿呈黄白、灰白、肉红、淡绿、暗绿、褐、棕、黑灰等色, 其中以灰白-浅灰为主。断口参差状、贝壳状、裂片状、条痕白色, 碎片及薄的边缘部分透明或半透明。莫氏硬度 5 ~ 7 级, 比重为 2.2 ~ 2.4 g/cm^3 , 熔点为 1 280 ~ 1 360 $^{\circ}\text{C}$, 折光率为 1.483 ~ 1.506。

^{*} 收稿日期: 2019-10-19

基金项目: 河南省科技计划项目(172102210088); 河南省高等学校重点科研项目(15A430038); 纳米矿物材料及应用教育部工程研究中心(NGM2018KF009); 信阳市创新应用专项(20180008); 国家自然科学基金(51902279)

作者简介: 于永生(1979-), 男, 博士, 讲师, 主要从事功能陶瓷和储能材料方面研究。

通信作者: 李珍, 博导, 教授, Email: zhenli@cug.edu.cn; 井强山, 硕导, 教授, Email: 9jqshan@163.com。

珍珠岩矿的主要特性是能在瞬时高温条件下膨胀,膨胀倍数为 4~25 倍,当其高含水量、低含铁量、高玻璃质纯净度时,其膨胀倍数较大。

3 我国珍珠岩资源现状及供需形势

我国珍珠岩矿多产生在中生代的侏罗纪和白垩纪地层中,矿带北起黑龙江,南至南海海滨和海南岛,长约 3 000 km,宽约 300~800 km。此矿带进一步划分为三个亚带:一是大兴安岭和燕山亚带;二是东北北部和山东亚带;三是东南沿海亚带。中国已在辽宁、吉林、黑龙江、河北、河南、山东、山西、江西、内蒙古、浙江、江苏、广东、广西、安徽、福建、湖北及新疆等 17 个省(自治区)发现矿床,共 40 余处矿区,查明储量约 4 亿 t,主要集中地区见表 1。其中河南信阳上天梯储量为首位,约 1.27 亿 t。对河南省信阳市上天梯区某矿区珍珠岩的化学组成进行分析,结果见表 2。

表 2 信阳上天梯珍珠岩原矿化学组成
Table 2 Chemical composition of perlite mineral in Xinyang Shangtianti

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂
Content/%	72.93	12.31	4.67	3.29	0.54	1.00	0.14	0.06	0.04	0.09

据美国 USGS 统计,世界珍珠岩储量约为 7.7 亿 t。2007—2018 年国外珍珠岩矿产量变化趋势见图 1,可知国外对珍珠岩的开采量呈逐年递增趋势。珍珠岩矿储量较丰富的国家有中国、希腊、美国、土耳其、日本、匈牙利及墨西哥等,而主要消费国有美国、日本、韩国、德国、意大利、西班牙、比利时等。中国所开采的珍珠岩矿主要用于国内消费,如 2017 年国内珍珠岩原矿产量达到 328 万 t,需求量为 341 万 t;而珍珠岩产品产量达到 327.50 万 t,需求量为 310.34 万 t,基本满足自产自销。

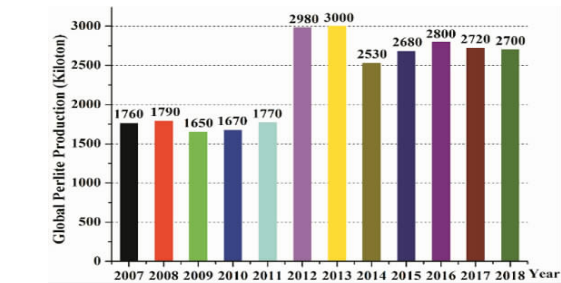


图 1 2007—2018 年全球珍珠岩产量走势图(不含中国;资料来源:USGS)
Fig. 1 Trend diagram of global perlite production from 2007 to 2018 (except China; data from: USGS)

4 珍珠岩及其制品利用现状

珍珠岩原矿的直接应用较少,主要用作建筑领域

表 1 我国珍珠岩资源分布
Table 1 Distribution of perlite resource in China

省区	地点
河南	上天梯、罗山、泌河区(游河)
湖北	鄂州沼山乡
浙江	缙云、天台九里坪、宁海(松脂岩)、牛台、白水洋、金华、鄞县
安徽	宣州
山西	灵丘、库源、阳文
内蒙古	赤峰、固阳、多伦、太仆寺旗、正兰旗、中后旗、呼和浩特市榆林乡
吉林	九台
黑龙江	穆林木兰、嫩江县门鲁河
山东	潍坊、涌泉庄、莱西
江西	广丰、抚州市金溪县
河北	宽城、平泉以及张家口、围场、沽源
辽宁	凌源井杖子、建平金沟一双庙、法库、建平、锦州、锦西尖山子、义县、黑山
江苏	溧阳
福建	香炉山、霞浦、
广东	紫金、梅县、丰顺、和平(黑曜岩)、平远
广西	梧州
新疆	牙克石

的混合料及钢铁工业的炉渣凝结剂;它最主要用途是制备膨胀珍珠岩,并利用膨胀珍珠岩的多孔及保温性来制备下游产品,被广泛用于建筑、助滤剂、填料、农林园艺、机械、冶金、水电、轻工业等领域。

4.1 珍珠岩在传统建筑领域的应用

珍珠岩水泥基混合材料作为一种新型建筑材料备受关注。珍珠岩矿在建筑领域属于轻质材料,与水泥基材料(如水泥浆、砂浆等)混合使用可减轻自重并能提高强度,用珍珠岩水泥砂浆对建筑墙体抹灰,建筑物的主要承重构件及基础的固定载荷至少可减轻 100 kg/m²^[6],珍珠岩的掺入能降低水泥石的孔隙率、减小孔径和孔表面,且能改善和优化后期水泥石的孔结构,提高水泥基材料的力学强度和耐久性,当珍珠岩破碎至粒径≤5 mm 且其掺入量≤20% 时,水泥强度等级可达 42.5 级^[7,8]。此外,信阳科美新型材料有限公司以珍珠岩、炉渣等无机材料经 1 200 ℃ 高温烧结膨胀制备轻质石材保温板,质轻(密度 270 kg/m³)且抗压(抗压强度 3.5 MPa),吸水率极低(≤0.5%),防火 A1 级,与建筑物同寿命,导热系数低至 0.07 W/m·K。该板材为保温装饰一体化板材,全球首条生产线,改变了传统保温层与装饰层分别制备分别施工的工序,采用水泥基聚合物黏结砂浆湿贴即可,施工工艺简便。

膨胀珍珠岩在建筑领域的传统应用主要有^[9-13]:

做墙体、屋面、吊顶等围护结构的隔热材料;配制轻骨料混凝土,预制各种轻质混凝土构件;膨胀珍珠岩隔热保温制品,如水玻璃膨胀珍珠岩、水泥膨胀珍珠岩、沥青膨胀珍珠岩、憎水膨胀珍珠岩、磷酸盐膨胀珍珠岩、石膏珍珠岩、菱镁珍珠岩等制品,已应用到各建筑体系。

4.2 珍珠岩在战略性新兴产业领域的应用

制备膨胀珍珠岩其投入原料和产出产品量较大,且价格较低,因此,搞好产品深加工,开发附加值高的新产品,开拓新的市场是企业生存和发展的关键。随着技术的进步和使用要求的提高,珍珠岩在节能环保、生物、新材料等战略新兴产业领域有了新的应用。

(1)在建筑领域,为加强节能环保,开发出了一系列新材料:①无机保温隔热砂浆,可替代传统硅酸盐水泥砂浆作墙面抹灰材料;②轻质、保温、隔热吸音板^[14],防火A级;③防火涂料;④珍珠岩防火门芯板,可替代硅酸铝棉、岩棉等产品;⑤膨胀珍珠岩相变储能材料^[15-18];⑥耐火材料中用球型闭孔膨胀珍珠岩代替漂珠生产轻质耐火材料;⑦将导热系数较小的气凝胶与膨胀珍珠岩结合,进一步降低膨胀珍珠复合保温材料的导热系数,可制备轻质混凝土和保温板,其保温节能效果良好^[19];⑧环氧树脂/珍珠岩复合材料制备轻质隔热的辐射防护板^[20]。

(2)在助滤剂领域,利用膨胀珍珠岩的多孔性作为吸附剂,可吸附溶液中重金属离子^[21]、去除水面浮油^[22,23]。膨胀珍珠岩负载纳米 TiO_2 可以有效解决纳米 TiO_2 颗粒的团聚问题,为 TiO_2 晶体提供更多的负载点,是 TiO_2 光催化治理废水的一个重要研究方向^[24-26]。新莱特公司利用膨胀珍珠岩为原料制备改性助滤剂,在污水处理、食用油中的五脱等方面有着明显的特效,可替代活性炭、活白土,制备工艺简单且成本较低。膨胀珍珠岩的离子交换能力很低,日本Kasai M通过水热合成法在膨胀珍珠岩表面合成LTA分子筛制备具有化学吸附能力的助滤剂,可吸附Zn等重金属^[27]。

(3)在农林园艺领域,膨胀珍珠岩负载 $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ 可以很好地降解水和土壤中的苯酚,在农林园艺领域对改良土壤、环境保护有很好地发展前景^[28]。西班牙José M Cámara-Zapata评价了无土栽培番茄在中低盐度水条件下的成本效益,得出膨胀珍珠岩基质能有效降低培养成本^[29]。

(4)在生物制药领域,利用膨胀珍珠岩负载药物,可极大提高其附加值。膨胀珍珠岩吸附甲基丙烯酸作为5-氨基水杨酸(结肠特定药物)载体,发现药物

释放的速率随珍珠岩含量的增加而增大,随偶联剂用量的增加而减小,通过调节无机填料和偶联剂的含量可控复合体系的释药速率^[30]。德国Erl等用纤连蛋白表面修饰 TiO_2 /膨胀珍珠岩多孔复合材料可用作骨引导材料,能促进骨细胞的扩散和生长^[31]。

其他领域中,膨胀珍珠岩复合材料可用于矿井隔温处理进而消除矿井热害^[32];膨胀珍珠岩代替漂珠作为水泥浆减剂可节省固井成本^[33];容重小于 60 kg/m^3 的膨胀珍珠岩(珠光砂)可代替聚氨酯用于深冷保冷领域;用膨胀珍珠岩负载 BiCl_3 作为催化剂合成杂环化合物的效果良好^[34];聚苯乙烯/膨胀珍珠岩复合材料的制备过程中,在双螺杆挤出机中添加珍珠岩细粉可降低体系黏度,进而增加体系的润滑效果^[35]。

珍珠岩原矿在开采和破碎过程中会产生大量尾矿粉。2010年前,60目以下珍珠岩矿砂被定义为尾矿,但经实验研究,将60~120目的珍珠岩矿砂制备成闭孔膨胀珍珠岩(玻化微珠),因其表面为闭孔而拥有较低的吸水率,保温及抗压性能更好,已广泛应用于建筑领域。目前,珍珠岩行业将120目以下的珍珠岩矿砂定义为尾矿,占比约20%。对珍珠岩尾矿的研究开发主要是将其制备成陶粒和陶砂、烧结砖、引入釉料、地板砖、玻璃锦砖、多孔硅酸钙质陶瓷材料、轻质陶瓷砖、发泡材料及发泡陶瓷、抛光磨料、玻璃马赛克及墙地砖等^[36]制品,但大部分还处于研究阶段。而以珍珠岩或其尾矿为原料制备 α -堇青石微晶玻璃,作为功能陶瓷用于微电子技术领域,其性能完全满足低温共烧陶瓷基板材料的要求,这极大地提高了珍珠岩矿的附加值,为珍珠岩矿的综合利用开辟了新的领域^[37]。

5 国内珍珠岩行业发展与国外的差距

中国珍珠岩矿产资源丰富,但相比煤矿、铁矿、油田等大型矿产资源仍是稀缺资源,而早期不合理开采已造成部分资源浪费。目前,对珍珠岩矿深加工产品与利益未达到最大的利用率和利用价值^[38],整个行业发展与发达国家存在不少差距。

(1)国外珍珠岩行业结构及企业布局合理,产能集中度较高,生产企业本身注重环保问题。国外珍珠岩矿开采及膨胀珍珠岩生产大多集中于大型公司,如美国的哈鲍莱特和迪卡波尔公司,希腊的银矿石与重晶石矿石采矿公司和奥他维海拉斯矿业公司,土耳其的埃蒂邦可和埃奇珍珠岩公司等,这样有利于企业产品质量把控和品牌提升,有实力根据用户需求对所供产品进行精加工和新开发,注重产品应用市场的多元化发展。而国内低水平重复建设严重,产业结构不合

理,小微企业数量偏多,资源综合利用率不高,生产企业的能耗指标有待降低,环保措施有待加强。

(2)拥有先进的研究测试设备,科研开发的资金投入相对较高。研究重点不仅在于珍珠岩矿物和产品本身的表现和微观结构及性能,同时非常重视下游用户产业的应用研究。而国内珍珠岩产品自主研发能力薄弱,科研投入较少,创新能力不强;大部分企业偏重于生产能力的扩充,在新产品研发和科技人才的培养方面欠缺。

(3)国内珍珠岩行业标准体系不完善,难以全面反映行业技术水平和产品质量,标准滞后影响到引领企业进步和规范市场行为。

(4)国内珍珠岩及其制品应用领域中高端产品较少,应加强高端产品的研发,如生物制药领域作为载体并对药物释放速率可控,无土栽培中负载营养液并控制基液的释放速率,助滤剂中对膨胀珍珠岩表面进行修饰改性以提高其吸附能力及针对性,这将极大程度提升珍珠岩矿的附加值。

把丰富的矿产资源优势转变成更高效益的经济优势,必须依靠科学技术充分合理地开发、利用、保护矿产资源,如制定更加健全的矿产资源管理体系与制度;政府部门加大监管,禁止乱挖滥采、随意贩卖、恶意竞争等行为;动员社会力量筹措资金对珍珠岩矿高效利用与高附加值产品技术的研究,使产品应用市场多元化发展。

6 珍珠岩行业发展展望

近年来,我国对珍珠岩的加工工艺与综合利用虽取得了一系列的进步发展,高附加值产品的利用研究也不断深入,但其产业化进程较慢。因此,在对珍珠岩深加工理论与高附加值产品研究时,应高度关注利用新技术开展工业化试验,开发符合市场需求的优质产品。

(1)开发球型多孔膨胀珍珠岩(开孔或闭孔),颗粒大小、孔径均一,增加其表面强度,减少运输中破碎率。

(2)加强对珍珠岩尾矿或微粉的研发,减少其堆积污染;加快珍珠岩矿制备高附加值的微晶玻璃并技术转化用于微电子技术领域;拓展膨胀珍珠岩在生物制药方面的应用。

(3)利用膨胀珍珠岩多孔吸附性能制备复合相变储能材料,解决相变材料泄露瓶颈,研制更适合人类居住的相变储能材料。

(4)利用膨胀珍珠岩制备基站辐射防护板材,为珍珠岩矿的拓展应用开辟新领域。

总之,以实用、绿色、有效为切入点开发创新型、高能型、环保型的珍珠岩制品将是科研工作的重心。

参考文献:

- [1] 张富新,谢海泉.珍珠岩尾砂资源化利用的技术条件分析[J].矿产综合利用,2004(3):31-33.
- [2] 李博威.珍珠岩的深加工技术方法及应用[J].矿产综合利用,1992(2):33-40.
- [3] 严育通,贾宝剑,周红升,等.珍珠岩矿床地质背景研究进展[J].信阳师范学院学报,2016,29(4):645-649.
- [4] 张宪圆,林克辉,谢红波.国内外珍珠岩概述及其在建筑领域的应用分析[J].广东建材,2012(2):19-21.
- [5] 耿谦.珍珠岩成矿及在陶瓷中的应用与成瓷机理[J].陶瓷,2004(3):28-29,47.
- [6] 夏振洲.用珍珠岩水泥砂浆解救某“烂尾楼”工程[J].建筑工人,2006(1):39.
- [7] 喻乐华,段庆普.珍珠岩掺合料水泥浆体的微孔结构[J].硅酸盐学报,2006,34(7):894-898.
- [8] 喻乐华.混凝土集料界面与强度关系的界面理论分析[J].华东交通大学学报,1999(4):14-19.
- [9] 赵韧.掺珍珠岩水泥水化机理研究与膨胀珍珠岩对水泥基材料的增强效应讨论[D].南京:南京大学,2004.
- [10] 蒋元海,许志云.预处理珍珠岩废料在水泥中的应用[J].矿产综合利用,1994(2):40-43.
- [11] 徐峰,祁根德.珍珠岩尾砂在水泥和混凝土中的应用研究[J].混凝土,1992(1):51-55.
- [12] 佟继先.新型膨胀珍珠岩外墙外保温系统的应用与探讨[J].中国建材,2005(12):38-40.
- [13] 张家兵,蔡维全.信阳市珍珠岩制品在建筑节能领域的应用现状与前景[J].建筑节能,2010(3):39-41.
- [14] Tian Y S, Tang Y T, Li S Y, et al. Voigt-based swelling water model for super water absorbency of expanded perlite and sodium polyacrylate resin composite materials[J]. E-Polymers, 2019, 19(1): 365-368.
- [15] 赵鹏.有机酸/多孔基体复合储能相变材料的制备与性能研究[D].西安:西安建筑科技大学,2008.
- [16] 于永生.珍珠岩复合相变储能材料制备与应用研究[D].信阳:信阳师范学院,2011.
- [17] 许淘淘.基于膨胀珍珠岩相变建筑调温材料的制备及其传热特性研究[D].徐州:中国矿业大学,2019.
- [18] Liu C Z, Luo C Y, Xu T T, et al. Experimental study on the thermal performance of capric acid-myristyl alcohol/expanded perlite composite phase change materials for thermal energy storage[J]. Solar Energy, 2019, 191: 585-595.
- [19] 王亮.气凝胶膨胀珍珠岩保温材料的研究及其建筑能耗分析[D].太原:太原理工大学,2019.
- [20] 陈伟鹏,郝万军,何楠,等.4G基站辐射防护板材设计及其电磁污染控制特性[J].材料科学与工程学报,2019,37(4):595-598.
- [21] Sari A, Sahinoglu G, Tuzen M. Antimony(III) adsorption from aqueous solution using raw perlite and Mn-modified perlite: Equilibrium, thermodynamic, and kinetic studies[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2012, 51(19): 6877-6886.
- [22] Alihosseini A, Taghikhani V, Safekordi A A, et al. Equilibrium sorption of crude oil by expanded perlite using different adsorption iso-

- therms at 298.15 K[J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2010, 7(3): 591–598.
- [23] 林娜. 膨胀珍珠岩的改性及应急处置溢油污染技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [24] 徐春宏, 郑水林, 张广心, 等. 均匀沉淀法制备纳米 TiO_2 /膨胀珍珠岩复合材料[J]. 人工晶体学报, 2014, 43(8): 1991–1997.
- [25] Habibi M H, Zendehe M. Synthesis and characterization of titanium nanoparticles on the surface of microporous perlite using sol-gel method: Influence of titania precursor on characteristics[J]. Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, 2011, 21(3): 634–639.
- [26] 方林霞, 张晓燕. 膨胀珍珠岩负载 Fe 、 Tb 共掺杂 TiO_2 光催化剂的制备及光催化性能研究[J]. 化工新型材料, 2015, 43(8): 128–130.
- [27] Kasai M, Kobayashi Y, Togo M, et al. Synthesis of zeolite-surface-modified perlite and their heavy metal adsorption capability[J]. Materials Today: Proceedings, 2019, 16: 232–238.
- [28] 薛红波, 吴继阳, 刘姝彤, 等. $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ 负载膨胀珍珠岩降解水和土壤中苯酚的研究[J]. 环境工程, 2016(7): 71–75, 81.
- [29] Cúmara-Zapata J M, Brotons-Martínez J M, Simón-Grao S, et al. Cost-benefit analysis of tomato in soilless culture systems with saline water under greenhouse conditions[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(13): 5842–5851.
- [30] Mahkam M, Vakhshouri L. Colon-specific drug delivery behavior of pH-responsive PMAA/perlite composite[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2010, 11: 1546–1556.
- [31] Erli H J, Ruger M, Ragoss C, et al. The effect of surface modification of a porous TiO_2 /perlite composite on the ingrowth of bone tissue in vivo[J]. Biomaterials, 2006, 27(8): 1270–1276.
- [32] 唐宗明. 膨胀珍珠岩复合材料在矿井热害治理中的应用[J]. 煤炭技术, 2016, 35(10): 214–216.
- [33] 张伟, 王志刚, 余建. 膨胀珍珠岩复合漂珠低密度水泥浆体系的应用研究[J]. 石油化工应用, 2019, 38(5): 88–91.
- [34] Brindha K, Amutha P, Krishnakumar B, et al. BiCl_3 -modified perlite as an effective catalyst for selective organic transformations: a green protocol[J]. Research on Chemical Intermediates, 2019, 45(9): 4367–4381.
- [35] Oliveira A G, Jr C J, Rocha E B D, et al. Evaluation of expanded perlite behavior in PS/perlite composites[J]. Applied Clay Science, 2019, 181: 105–223.
- [36] 刘新海, 沈上越, 李一波. 珍珠岩尾矿综合利用深加工及其产业化[J]. 非金属矿, 2003(6): 26–27.
- [37] Yu Y S, Hao X F, Song L X, et al. Synthesis and characterization of single phase and low temperature co-fired cordierite glass-ceramics from perlite[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2016, 448: 36–42.
- [38] 王怀宇. 珍珠岩生产消费与国际贸易[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2011(2): 58–59.

Comprehensive Utilization and Development Strategy of Perlite Mineral Resources in China

YU Yongsheng^{1,2,3}, GE Ling¹, WU Ke¹, JING Qiangshan¹, Li Zhen^{2,3}, WANG Jinshuang¹

1. Henan Key Laboratory of Utilization of Non-metallic Mineral in the South of Henan, Xinyang Normal University, Xinyang 64000, China;
2. Engineering Research Center of Nano-Geomaterials of Ministry of Education, Wuhan 430074, China;
3. Faculty of Materials Science and Chemistry, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Perlite is volcanic glass of amorphous aluminum silicate, mainly composed SiO_2 and Al_2O_3 , and has high expansibility due to its inclusion of crystalline water. Perlite is mainly used to prepare expanded perlite with a wide application field. The structural properties, resources status and application in strategic emerging industry of perlite were introduced, and the development gap of perlite industry at home and abroad was summarized. The development strategy of perlite industry in China was forecasted.

Key words: perlite; expanded perlite; comprehensive utilization

引用格式: 于永生, 葛灵, 井强山, 李珍, 王进双. 我国珍珠岩矿产综合利用及其发展战略[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(6): 159–163.

Yu YS, Ge L, Wu K, Jing QS, Li Z and Wang JS. Comprehensive utilization and development strategy of perlite mineral resources in China[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(6): 159–163.

官方网站: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn