

Comprehensive Utilization of Pumice

Yuyuan Hu¹, Xiaofeng Wang¹, Yaowu Dai¹, Xingjun Lv²

¹Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian

²Department of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian

Email: yuan93@foxmail.com, 931525081@qq.com, 873606222@qq.com, lxingjun@163.com

Received: Jan. 5th, 2014; revised: Jan. 29th, 2014; accepted: Feb. 9th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Pumice is one of the resource-rich natural nonmetallic minerals. We have studied its development and utilization since 1980s and got some results in the industry and agriculture. This article lists the researches on natural pumice stone in building materials, chemical, pharmaceutical and other aspects, and summarizes its utilization in various fields.

Keywords

Pumice; Utilization

浮石的综合利用

胡彧元¹, 王晓峰¹, 代耀武¹, 吕兴军²

¹大连理工大学建设工程学部, 大连

²大连理工大学土木工程系, 大连

Email: yuan93@foxmail.com, 931525081@qq.com, 873606222@qq.com, lxingjun@163.com

收稿日期: 2014年1月5日; 修回日期: 2014年1月29日; 录用日期: 2014年2月9日

摘要

浮石是一种我国储量比较丰富的天然非金属矿产, 我国从80年代开始研究开发利用, 已经在工农业方面取得了一些应用。本文通过综述浮石在各领域的相关研究成果, 展望了浮石未来的综合利用方向。

关键词

浮石；综合利用

1. 引言

浮石[1][2]是以二氧化硅和氧化铝为主要成分的酸性火山喷出岩，是一种天然多孔的矿物材料，在我国资源量较大且分布较广，产地包括东北三省、内蒙、山西、新疆、云南、海南等省区。浮石是由熔融的岩浆因火山喷发迅速冷却而成的玻璃质熔岩。因为其密度小于水，可以漂浮在水上而得名。

1.1. 浮石的物理性质

浮石属于粒状和块状矿石，常见为灰白色，兼有较少的黄色、黑褐色，具有丝绢般光泽。浮石内部多流动感构造的气孔，气孔大小很不均匀，多为开放性气孔，但不贯通。孔径 0.1~10 mm，多呈椭圆粒状，拉长定向排列而形成流动构造，浮石微观结构如图 1[3]，局部现珍珠裂纹，玻璃质、凝灰质结构。取长白山浮石加工成试块[1]测得容重 520 Kg/m³，抗压强度 4.4 MPa。利用压汞仪对长白山浮石进行孔分析[1]，并与其他地区浮石的孔分析结果进行对比，如表 1 所示，图 2 为浮石气孔孔径测试结果，浮石因

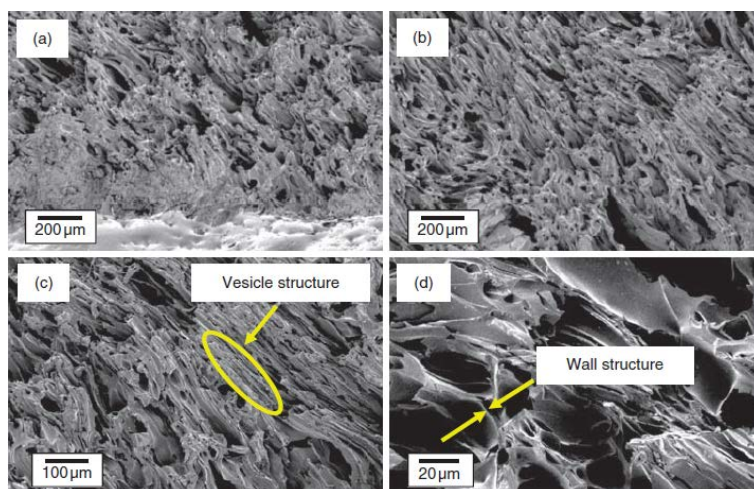


Figure 1. Pumice microstructure

图 1. 浮石微观结构

Table 1. Pumice stomatal aperture test results (mercury pore assay)

表 1. 浮石气孔孔径测试结果(汞孔隙测定法)

ID	Sample name	producing area	Density (g/cm ³)	specific surface area (m ² /g)	Hole Diameter & distribution (μm)		
					large	Middle	small
1	craignurite	USA	0.91	8.47	234~110	37~10.5	3.05~1.10
2	rhyoandesite	Thera Quarry	0.81	0.79	173~60	28.1~7.8	4.9~3.02
3	trachyte	Italy	0.62	8.04	202~64	27.9~6.6	4.17~1.45
4	rhyolite	Nicaragua	1.03	0.54	202~71	28.8~6.3	3.98~1.80
5	rhyolite	Japan	0.69	5.57	245~119	34.7~10.2	2.91~1.17
6*	rhyolite	China (Changbai Mountain)	0.78	0.245		9.25~17.2	

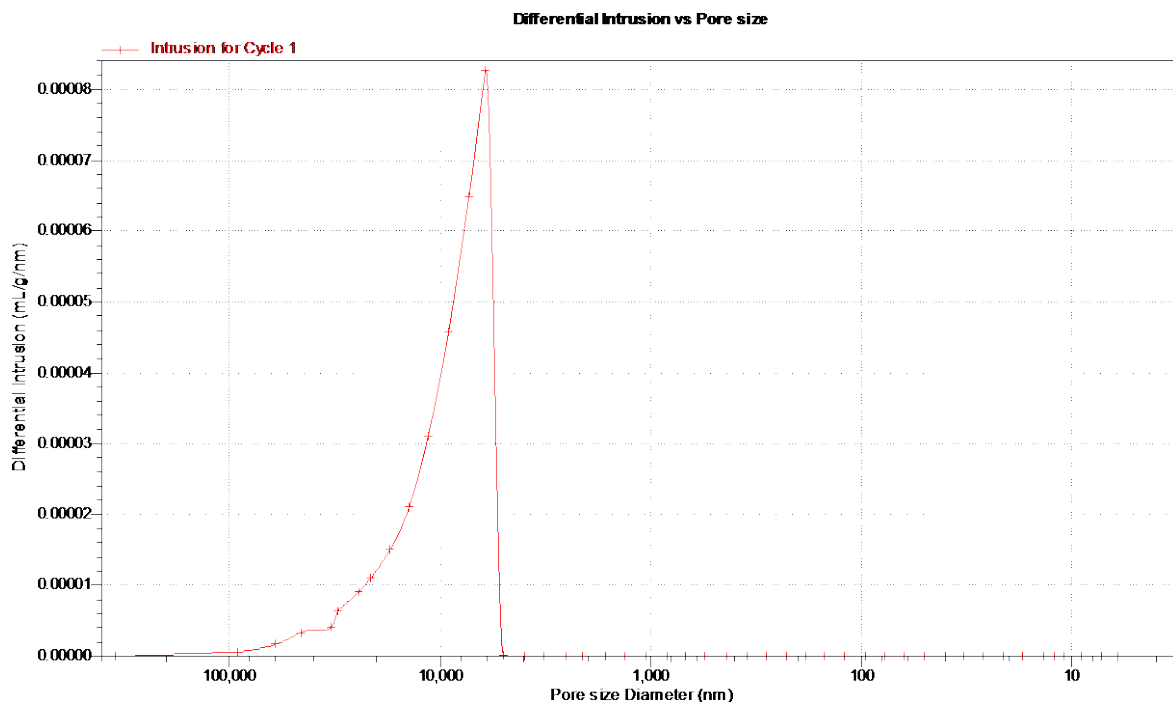


Figure 2. Pumice stomatal aperture test results (measured by mercury)

图 2. 浮石气孔孔径测试结果(压汞仪测定)

其内部存在大量开口孔使其吸水率较大。

1.2. 浮石的化学性质

浮石是一种密布气孔的火山玻璃质喷出岩，据 SiO_2 质量分数可以划分为三类[2] [4]：流纹质酸性浮石、安山岩中性浮石、玄武质基性浮石。以长白山浮石为代表化学成分组成见表 2[1]。按照 GB/T15927-2005《用于水泥混合材的工业废渣活性试验方法》对长白山浮石进行试验[1]结果表明浮石的火山灰性不高，图 3 为氧化钙含量为纵坐标，总碱度为横坐标的火山灰活性图。

1.3. 小结

浮石质轻易碎、硬度适中、孔隙率高、吸水率大、导热系数小等特性，已被广泛应用于工农业、医疗等诸多领域。随着非金属矿市场的发展，在全世界浮石得到了越来越广泛的应用。

2. 浮石的综合利用

2.1. 浮石在建筑材料中的应用

浮石作天然轻骨料，在建筑中的应用主要是生产空心砌块、屋面隔热层等。随着有关浮石的研究的深入，目前浮石利用在建材中应用更加注重了浮石的物理性能利用，例如保温吸音、防虫防霉等建材产品[2]。

关家庆等人利用吉林当地的浮石资源对浮石混凝土砌块做了探索性研究[5]。利用水泥作为胶结材料制作了浮石混凝土试件，试件抗压强度为 $100\sim 110 \text{ kg/cm}^2$ ，容重为 1130 kg/m^3 ，导热系数为 $0.2 \text{ 千卡/米} \cdot \text{小时} \cdot \text{摄氏度}$ 。并于 1979 年 9 月利用长白山天然浮石、火山渣、火山砂作骨料、水泥作胶结材料制成了墙体小型砌块、空心楼板、过梁、柱等建筑基本构件，用这些构件建造了一栋两层浮石混凝土砌块建筑。

Table 2. Chemical composition of pumice

表 2. 浮石的化学组成

氧化物	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	SrO ₂	SO ₂
百分比	64.7	12.9	7.15	2.16	0.23	6.15	5.53	0.49	0.17	0.12	0.076

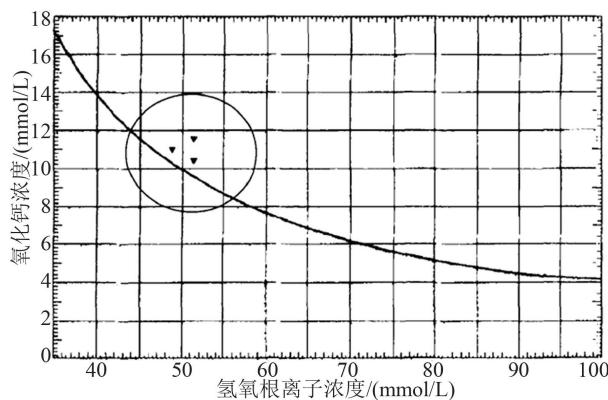


Figure 3. Pozzolanic feature of pumice

图 3. 浮石的火山灰性

经过三个月的居住观测保温性能良好，当室外的气温变化很大的情况下(-24℃~+3℃)，可以保持室内温度变化很小。

马宏雷对博瑞克建筑材料有限公司的新型浮石保温砖的热工性能进行了研究[6]。通过搭建满足 GB/T8484-2002 标准的窗(墙体)热工性能试验台，采用标定热箱法对浮石保温砖进行热工测量，240 毫米厚墙体平均导热系数 $\lambda = 0.3 \text{ W/m}\cdot\text{℃}$ 。

周运灿、郑延侠等人对浮石次轻混凝土小型空心砌块的热工性能进行了实测分析[7]。在试点建筑和实验室测得砌块密度等级 1100，强度 MU7.5 级的浮石混凝土空心砌块的传热系数为 $0.46\sim 0.57 \text{ W/m}\cdot\text{℃}$ 。

白润山、麻建锁等人对硬壳浮石轻骨料混凝土的性能及其硬壳浮石混凝土空心砌块的设计进行了研究[8] [9]。在制备浮石混凝土之前利用水泥和外加剂对浮石进行包裹制备成硬壳浮石。利用硬壳浮石作粗骨料制备混凝土可以一定程度上改善浮石混凝土的性能。并对硬壳浮石混凝土砌块进行了优化，创新的双排椭圆孔可以改善砌块的性能。

瑞尔森大学 K.M.A.Hossain 针对不同产地的浮石混凝土性能进行了试验研究[10]。研究表明：浮石可以作为混凝土的骨料，制备的浮石混凝土有足够的强度和适宜的密度，试件密度在 $1850\sim 2150 \text{ Kg/m}^3$ ，抗压强度均大于 15 MPa，最大抗压强度达 40 MPa 以上。

吕兴军等人对浮石混凝土的性能、耐久性和保温性能进行了试验研究[11]。利用长白山浮石制备的浮石混凝土，测得抗压强度为 20 MPa，抗冻耐久性超过 100 次冻融循环，热传导系数为 $0.318 \text{ W/m}\cdot\text{℃}$ 。

刘学慧等人利用天然浮石为原料制得了泡沫玻璃[12]。通过在浮石中添加一些碱金属或碱金属氧化物，把浮石粉软化点从原来的 1100℃ 降到了 850℃，而且热膨胀系数比玻璃粉小得多，产量比用玻璃粉制造泡沫玻璃提高了 10 倍以上。

2.2. 浮石在化工中的应用

近年来，光催化氧化作为一种新型氧化技术，受到国内外学者的关注。悬浮光催化剂 TiO₂ 在水中易凝聚，易失活，且使光的穿透力受阻，处理后的光催化剂的回收与分离也比较困难。郑勋超等人采用溶胶-凝胶法，在浮石上负载 TiO₂，并对其处理污水的性能进行了相关研究[13]。利用负载 TiO₂ 的浮石光

催化剂, 低压汞灯照射 2 h 有机物降解率可以达到 50%, 灭菌效率达到 100%。负载在服饰表面的 TiO_2 薄膜经过 10 次的光催化循环之后并无明显破损。传秀云、INAGAKI Michio[14]利用水热合成法制备的 TiO_2 /浮石复合材料在紫外光照射分解甲基蓝溶液, 48 h 后甲基蓝完全分解。

利用浮石的高机械强度和化学稳定性, 袁磊等[15]对浮石催化水中臭氧分解进行了相关研究。结果表明浮石促进水中臭氧一级分解速率常数提高了 37.4%, 利用叔丁醇捕获生成的羟基自由基后, 臭氧分解速率常数降低了 45.2%, 浮石表面金属氧化物羟基是分解水中臭氧的活性中心, 表面羟基密度与水中臭氧分解率呈正相关。

姚文博、冯迎春利用浮石为主要原料, 成功的进行了深褐色系列釉的研制[16], 以浮石为主要原料, 不添加任何化工原料, 按一般陶瓷釉加工方法处理, 在 $1180^\circ\text{C}\sim 1250^\circ\text{C}$ 范围内氧化气氛下烧成, 适当保温、合理快速冷却后得到了釉面平整、光亮、浑厚纯正、呈色稳定的深褐色釉。

传秀云等[17]金为群等[18]先后利用吉林长白山天然浮石为原料, 成功地合成了 NaP 型和 13X 型分子筛, 并对其合成路线反应条件进行了研究。研究表明利用天然浮石制备分子筛具有原料来源广、工艺简单等优势。

2.3. 浮石在医药中的应用

浮石在中药中又被称为海浮石[1], 郝春来、李宪洲等人对浮石的药用价值, 尤其是长白山地区药用浮石进行了相关研究[19] [20]。研究表明浮石含有 18 种化学元素, 具有软坚通淋的作用, 特别在清肺、止咳、化痰、消疮、软坚散结等方面有着特殊的功效, 并得出了炮制浮石的最佳方案。同时浮石还可以用来制作美容砭具, 利用浮石与人体摩擦产生的超声波可以达到增加皮肤弹性、舒缓皱纹的用[21]。

2.4. 浮石在其他方面的应用

在生活中利用浮石多孔的性质还可用做 KMnO_4 的载体作保鲜剂[22], 可以用较低的成本在一定程度上进行蔬果的保鲜。浮石在农业生产中作为基质用于无土栽培[23] [24]具有较好的通气性和保水性, 且阳离子代换吸收容量也较高, 是较好的无土栽培基质。另外浮石还可以用作橡胶、塑料。牙膏肥皂等化工用品的填料; 光学玻璃、水洗布的磨料等等[1]。

3. 总结与展望

浮石由于其丰富的矿藏和特殊的物理化学性质, 已经在建筑材料、化工工业、医药以及农业方面的到了广泛应用, 但是还是存在利用率低, 利用科技含量低的问题。目前我国很多不可再生资源都面临枯竭, 对于浮石的综合利用也应当遵循绿色化、低能耗、可循环利用。未来浮石的综合利用应着重在以下几个方面进行研究和应用:

- 充分利用浮石多孔性, 制备多功能复合型建筑材料;
- 改性浮石粉作为混凝土掺合料;
- 浮石栽培技术。

基金项目

国家大学生创新实验计划项目资助(201310141725); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(DUT12JN08)。

参考文献 (References)

- [1] 吕兴军 (2013) 浮石混凝土技术试验研究. 硕士论文, 大连理工大学, 大连.

- [2] 钱壮志 (1998) 浮石及其开发利用研究进展. *矿物岩石*, **2**, 111-115.
- [3] Fleischer, C.A., & Marc, Z.P. (2010) Mechanical performance of pumice-reinforced epoxy composites. *Journal of Composite Materials*, **44**, 2679-2696.
- [4] 钱觉世 (1993) 工业矿产资源开发利用手册. 武汉工业大学出版社, 武汉.
- [5] 关家庆 (1980) 浮石混凝土在建筑工程中的应用. *建筑技术*, **7**, 25-26.
- [6] 马宏雷 (2010) 浮石保温砖热工性能测试及建筑能耗分析. 硕士论文, 华北电力大学, 保定.
- [7] 周运灿, 郑延侠, 江守恒, 温玉东, 夏云 (2005) 浮石次轻混凝土小型空心砌块节能墙体建筑热工实测分析. *建筑砌块与砌块建筑*, **1**, 27-30.
- [8] 麻建锁, 白润山, 蔡焕琴, 张煜 (2007) 硬壳浮石混凝土空心砌块的块型设计及其制备技术. *河北建筑工程学院学报*, **1**, 1-2.
- [9] 白润山, 麻建锁, 张煜, 蔡焕琴 (2007) 硬壳浮石轻骨料混凝土的制备及其力学性能研究. *河北建筑工程学院学报*, **1**, 3-4.
- [10] Hossain, K.M.A. (2004) Development of volcanic pumice based cement and lightweight concrete. *Magazine of Concrete Research*, **56**, 99-109.
- [11] Lv, X.J., Cao, M.L., Li, Y., & Li, Y. (2012) Experimental study on the pumice aggregate concrete. In: 中国材料研究学会, Ed., *绿色建筑材料论文集*. 中国材料研究学会, 5.
- [12] 刘学慧, 董长山, 刘利锋 (1996) 利用浮石生产泡沫玻璃. *油田地面工程*, **2**, 70-72, 79.
- [13] 郑勋超, 赵玲, 尹平河, 黄凤 (2009) 负载 TiO₂ 浮石对污水处理厂二沉池出水的矿化与灭菌研究. *环境工程学报*, **1**, 62-66.
- [14] 传秀云, INAGAKI Michio (2005) TiO₂ 浮石复合材料降解有机污染物亚甲基蓝的实验研究. *矿物岩石地球化学通报*, **2**, 110-113.
- [15] 袁磊, 沈吉敏, 陈忠林 (2012) 浮石催化水中臭氧分解研究. *哈尔滨工业大学学报*, **10**, 33-37.
- [16] 姚文博, 冯迎春 (1992) 浮石深褐色系列釉的研制. *非金属矿*, **3**, 30-32, 47.
- [17] 传秀云, 黄克隆, 兰心俨 (1992) 流纹质浮石合成钠型分子筛试验研究. *非金属矿*, **3**, 26-29.
- [18] 金为群, 权新军, 蒋引珊, 张军 (1997) 利用浮石合成 13X 型分子筛最佳工艺条件的研究. *长春地质学院学报*, **2**, 236-239.
- [19] 李宪洲, 郝春来, 刘丽华, 宁维坤, 杨贺亭, 郑燕玲 (2007) 长白山药用浮石开发可行性评价. *吉林大学学报(地球科学版)*, **S1**, 239-242.
- [20] 郝春来 (2006) 长白山药用浮石的评价. 硕士论文, 吉林大学, 长春.
- [21] 田宇瑛 (2004) 浅谈砭石美容. In: 中国针灸学会砭石分会(筹), Ed., *第二届全国砭石疗法学术研讨会论文集*. 中国针灸学会砭石分会(筹), 2.
- [22] 传秀云 (1992) 浮石在蔬菜保鲜方面的应用研究. *矿产保护与利用*, **4**, 37-38.
- [23] 杨恒 (2012) 北京地区植被屋面植物材料和栽培基质的筛选研究. 硕士论文, 北京林业大学, 北京.
- [24] 张礼俊, 赵晖, 乐冬明, 周娟, 胡志海, 黄冬萌, 邵静 (2007) 浮石光催化剂的制备及其在印染废水处理中的应用. *江西化工*, **2**, 67-69.