

doi:10.3969/j.issn.1005-3158.2014.02.010

油泥砂制备加气混凝土砌块试验研究

李文浩 任京成

(山东理工大学资源与环境工程学院)

摘 要 对山东某油田油泥砂物理性质及组成进行分析,通过制备加气混凝土砌块试验达到油泥砂资源化利用的目的。试验结果表明:以经过预处理后的油泥砂作为硅质材料制备成的加气混凝土砌块,其外观性能可达到 GB/T 11968—2006《蒸压加气混凝土砌块》标准中密度等级 B06,强度等级 A5.0 的要求。

关键词 油泥砂; 预处理; 硅质材料; 蒸压加气混凝土砌块

文章编号: 1005-3158(2014)02-0030-04

0 引 言

油泥砂是在油田生产活动中产生的,主要来源于原油集输及处理过程的各个环节,被原油及其他有机物污染了的泥、砂、水的混合物^[1]。由于其所含的烃类物质对环境危害较大,被列入《国家危险废物名录》中的危险废物(HW08项),如果不加以处理直接排放,会对周围土壤、水体、空气造成严重污染和危害^[2]。油泥砂的处理技术虽然已有大量的研究实践,但都局限于油泥砂的无害化处理,目前仍没有经济有效的资源化利用油泥砂的方法^[3]。

油泥砂作为一种含高硅、高铝的硅质材料,理论上可以制备加气混凝土砌块,但由于粒度较大、含烃类油包裹于颗粒表面,阻碍颗粒与钙质材料的水化反应,从而影响制品质量,所以必须加以处理才能用于制备加气混凝土砌块。本文拟通过试验研究粒度、烃类油对制备加气混凝土砌块质量的影响,实现油泥砂的资源化利用。

1 油泥砂性质及组成

1.1 油泥砂的一般物理性质

试验用油泥砂取自山东某油田,经油、泥、水、砂四项分离后外观呈深褐色,自然含水率为 1.3%,含油率约为 0.8%,测试方法参照 GB/T 16488—1996《水质 石油类和动植物的测定 红外光度法》进行,其中烃类油约为 0.65%。

1.2 油泥砂的粒度组成

将油泥砂样品在鼓风干燥箱 105℃ 进行干燥处理后,选取代表性矿样进行筛分分析,结果见图 1。

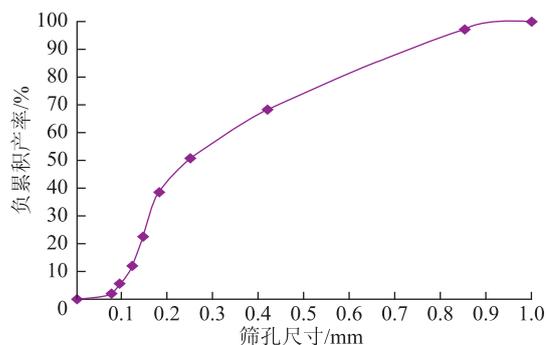


图 1 累积粒度特性曲线

筛析结果表明油泥砂平均粒度 d_{50} 约为 0.25 mm, 200 目筛下产物含量约为 1.74%。20 目筛上产物大多数为大颗粒油团,其含油率为 6.8%,筛除后样品含油率约为 0.80%,含油率显著降低,故先进行预先筛分后再作试验使用。

1.3 油泥砂的矿物组成

通过对油泥砂的 XRD 测试及岩矿分析,测得主要矿物组成为石英石,其次为长石和红金石等,油泥砂的 XRD 见图 2。

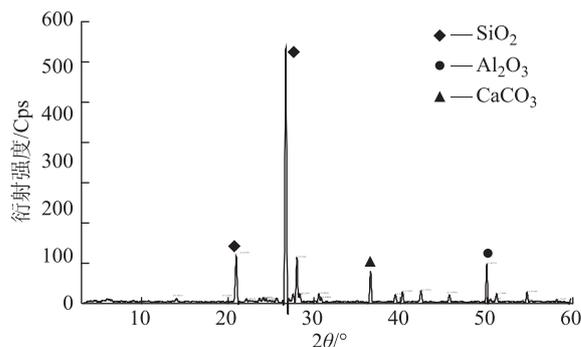


图 2 油泥砂 XRD

1.4 油泥砂的化学组成

对油泥砂的化学组成进行分析,结果见表1。

表1 油泥砂的化学组成

成分	含量/%
Na ₂ O	2.06
K ₂ O	2.27
Al ₂ O ₃	9.80
Fe ₂ O ₃	0.43
MgO	0.43
CaO	0.89
SiO ₂	82.49
TiO ₂	0.20
烧失量	1.55

从化学成分上分析,该原料含有较高的 SiO₂ 和 Al₂O₃,是较为理想的硅质材料,满足制备加气混凝土对硅、铝成分的要求。

2 试验

2.1 试验材料

油泥砂:取自山东某油田,已经过油、泥、水、砂四项分离处理。

水泥:采用山东铝业水泥厂的 42.5 R 级硅酸盐水泥。

石灰:采用淄博产中活性生石灰,含活性 CaO 约为 80%,消化时间为 13 min,消化温度为 90℃ 左右。

石膏:采用二水磷石膏。

发气材料:铝粉膏作为发气材料,符合 JC/T 407—2008《加气混凝土用铝粉膏》的技术要求。

2.2 油泥砂预处理

2.2.1 油泥砂脱泥去油处理

油泥砂在污泥砂池内经泥砂泵进入洗砂器,经洗砂器离心分离后,砂子排放至洗砂罐,洗砂器溢流的污水、污油和污泥回污泥砂池进行回收。洗砂罐内加入联合站采油污水混合,开启搅拌器边冲洗边搅拌,混合后的砂水液提升至浓缩器进行二次清洗浓缩,浓缩器溢流液回流污泥砂池。浓缩罐内积砂定期排放至振动筛进行砂水分离^[4]。

2.2.2 油泥砂二次处理

试验中发现,油泥砂中含有部分大颗粒,含量在 2% 左右,其主要为油团聚油泥砂颗粒,含油率为

6.8%,所以用 1 mm 筛子对其进行筛除,另作能源物质资源利用,然后对筛下产品用快速磨进行粉磨。

2.3 制备工艺流程

油泥砂加气混凝土砌块的制备工艺流程见图 3。

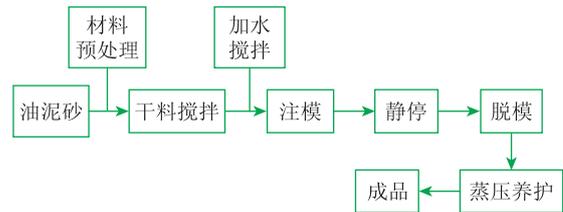


图3 油泥砂加气混凝土砌块制备工艺流程

2.4 配合比设计

在加气混凝土中,主要由 CaO, SiO₂ 和 H₂O 进行化学反应,其次为 CaSO₃, Al₂O₃, CaO 和 H₂O 的反应。生石灰是体系中主要的钙质材料提供者,生石灰消化发热提供的碱性环境为发气提供条件,并促进料浆稠化;石膏可以调节凝结速度抑制水化消化,在生产加气混凝土中,料浆稠化速度必须和铝粉的发气速度相协调,反应生成硫铝酸钙。工业上一般石灰与石膏掺量为 10:1;适当的加入水泥可以提高坯体的早期强度,减少干燥收缩^[5]。

根据油泥砂中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 的含量和含水率以及生石灰、水泥中活性 CaO 的含量。结合工业实践初步确定油泥砂添加量(质量比)为 66.9%,水泥 10%,生石灰 20%,石膏 3%,铝粉膏 0.1%,水料比为 0.6。

3 结果讨论

3.1 油泥砂粉磨时间与制品影响

所用尾矿分别用快速磨粉磨 0, 10, 20, 30, 40 min,即粒度在 200 目以下分别占 1.7%, 21.3%, 40.2%, 72.8%, 88.4% 的油泥砂。根据试验数据绘制油泥砂粉磨时间与抗压强度关系曲线,见图 4。

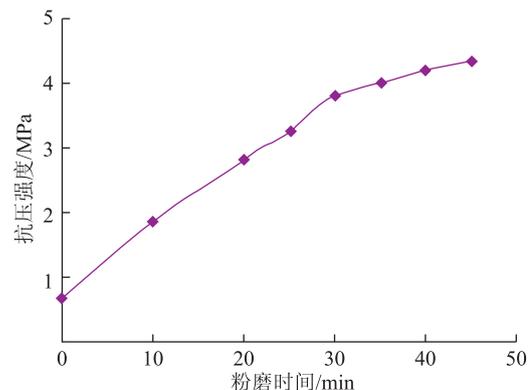


图4 粉磨时间与抗压强度关系曲线

由图 4 可知,在相同的条件下,经过粉磨后的油泥砂符合制备加气混凝土的条件,粉磨时间越长,粒度越小,制品强度越高,成本也越高。在粉磨时间为 30 min,即粒度在 200 目以下占 72.8%时,其试块抗压强度超过 3.5 MPa,已达到 GB/T 11968—2006《蒸压加气混凝土砌块》B06、A3.5 的基本要求。

3.2 优化水料比试验

在水泥添加量为 10%,生石灰 20%,石膏 3%,铝粉膏 0.1% 配比下,加入不同比例的水,混合、搅拌、注模、养护、蒸压并测定制品强度性能。结果见表 2。

水料比直接影响料浆稠度,从而影响气泡大小和

气泡间隔数,同时对孔壁强度产生影响^[6]。由表 2 可以看出,随着水料比的增加,砌块的干密度随之降低,当水料比增加到一定程度时干密度又会上升。水料比过小时,出现“憋气”现象,发气不充分,砌块中的气泡不是圆形,而是与其他兼并成长条,形成裂缝^[7]。当水料比过大时,发气速度大于胶凝速度,有气泡溢出。综合以上分析,最佳水料比为 0.55。

3.3 优化生石灰、石膏添加量试验

料浆浇注初期时,铝粉开始发气,为保证发气顺利,要求料浆稠化缓慢;后期发气结束时,为生成稳定的孔结构需要料浆迅速稠化。石灰和石膏的添加量对铝粉发气和稠化速度有直接影响,详见表 3。

表 2 水料比对试验的影响

水料比	静停时间/min	干密度/(kg/m ³)	抗压强度/MPa	发气过程	制品外观
0.40	100	812	2.89	发气不充分	有较大裂纹
0.45	120	723	3.82	正常	有少量细小裂纹
0.50	120	621	4.15	正常	完好
0.55	120	613	4.59	正常	完好
0.60	120	691	3.86	有少量气泡冒出	完好
0.65	150	825	3.27	中途有气泡冒出	有较多细小裂纹

表 3 生石灰、石膏添加量对制品的影响

编号	油泥砂/g	石灰/g	水泥/g	石膏/g	水/g	密度/(kg/m ³)	抗压强度/MPa
1	570	300	100	30	550	812	2.55
2	600	273	100	27	550	678	5.12
3	620	255	100	25	550	615	4.93
4	640	237	100	23	550	603	4.76
5	660	219	100	21	550	593	4.57
6	680	200	100	20	550	601	4.52

由表 3 可知,当石灰和石膏掺量分别为 255 g 和 25 g,即为总掺量的 28%时,油泥砂加气混凝土砌块性能最佳,该制品外观性能达到 GB/T 11968—2006《蒸压加气混凝土砌块》标准中密度等级为 B06,强度等级为 A5.0 的要求。但当石灰和石膏掺量过大时,消化速度快,导致发气不充分,表面有细小裂纹影响制品强度。

3.4 油泥砂加气混凝土砌块浸出液分析

选取五组满足抗压强度要求的不同配合比的砌块,放入 25℃水中做浸泡试验,分别测定 1,2,3,4,5 d 后浸出液的含油量,试验结果见表 4。

表 4 砌块浸出液含油量与浸泡时间的关系 mg/L

浸泡时间/d	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组
1	0.95	1.32	0.85	0.67	0.51
2	1.52	1.98	1.49	1.03	1.06
3	2.47	3.24	2.64	1.99	2.06
4	3.04	3.56	3.10	2.87	2.98
5	3.08	3.61	3.18	2.95	3.01

从表 4 可看出,经过 5 d 的浸泡,砌块浸出液的含油量已经基本稳定,浓度符合 GB 8978—1996《污

水综合排放标准》中石油类 10 mg/L 的标准。这是由于油泥砂加气混凝土砌块内部的水热合成反应,形成的水化产物结构致密,对油类物质起密封作用,使得其浸出性能差。同时,也解决了砌块的环境污染问题。

3.5 样品形貌及结构分析

对密度 615 kg/m^3 , 抗压强度 4.93 MPa 的样品扫描电镜结果,见图 5。

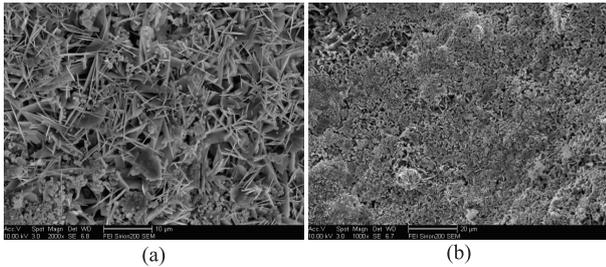


图 5 样品的 SEM 图谱

从图 5(a)中可看出,样品中有叶片状的托勃莫来石和针棒状的钙矾石生成。图 5(b)中可看出,样品表面已经充分水化,水化产物以叶片状的托勃莫来石和针棒状的钙矾石为主,伴随着有堆状的水化石榴子石及 C-S-H 胶凝。其水化产物相互交叉,结构致密。

3.6 强度机理分析

对密度 615 kg/m^3 , 抗压强度 4.93 MPa 的样品进行 XRD 分析结果见图 6。

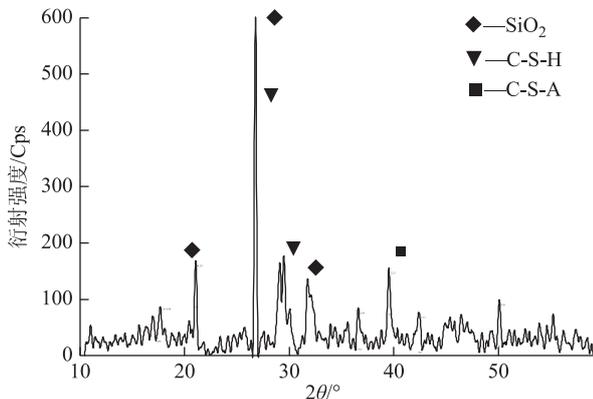


图 6 样品 XRD 图谱

石灰和水泥水化后的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 SiO_2 反应,生成少量的水化硅酸钙,水化物溶解度低,很容易析出水化硅酸钙晶粒。这些微小的晶体通过分子力使水分子膜彼此连接形成最初的初凝状态,此时制品形成一定强度。在高温高压下,随着晶体体积增长,晶体和

晶体之间的连接点增多形成晶体连生体^[8],使制品强度达到较高水平。由图 6 可看出,制品经过一系列成型反应和蒸压养护的水热合成反应后,生成了大量水化硅酸钙(C-S-H)、水化铝酸钙(C-S-A)。

4 结论

◆ 油泥砂中 SiO_2 和 Al_2O_3 含量高,可制备符合条件的蒸压加气混凝土砌块。

◆ 制备油泥砂加气混凝土砌块最佳水料比为 0.55。

◆ 油泥砂颗粒偏大,其含有烃类油会阻碍水化反应,同时也会污染环境。经粉磨处理后,油泥砂制备的加气混凝土砌块,其性能可达到 GB/T 11968—2006《蒸压加气混凝土砌块》标准中密度等级为 B06,强度等级为 A5.0 的要求。

◆ 油泥砂加气混凝土砌块添加油泥砂在 50% 以上,且砌块浸出液含油量符合 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中石油类 10 mg/L 的要求。既可以解决企业负担、减少环境污染,又可以创造经济效益,变废为宝,解决了油泥砂资源化利用的问题。

参考文献

- [1] 唐景春,袁倩,林大明,等. 油田油泥(砂)废弃物排放状况及处理技术[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(8): 25-29.
- [2] 张雪松,俞然刚,唐红. 油区含油泥砂固化修筑路基基层技术研究[J]. 粉煤灰综合利用, 2010(4): 20-22.
- [3] 张刚,李留仁,郝瑞芳,等. 含油泥砂资源化处理方法研究及存在的问题[J]. 石油地质与工程, 2008, 22(1): 104-106.
- [4] Soon-Ching Ng, Kaw-Sai Low, Ngee-Heng Tioh. Potential Use of Clayey Soil in Aerated Lightweight Concrete [J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2012, 16(5): 809-815.
- [5] 杨伟军,李炜. 蒸压粉煤灰加气混凝土砌块生产及应用技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2011.
- [6] 王海燕,岳涛. 赤泥-粉煤灰加气混凝土制备研究[J]. 新型建筑材料, 2011, 38(6): 31-34.
- [7] 陈友志,李方贤,付天全,等. 含泥硅质石屑-石灰加气混凝土试验研究[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(3): 27-29.
- [8] 李杰. 磷尾矿加气混凝土的制备及其性能分析[D]. 湖北:武汉理工大学, 2011.

(收稿日期 2013-11-27)

(编辑 王蕊)