

硅灰增密-解密方法的研究

汪发红¹, 钱觉时², 李 宁³

(1. 青海建筑职业技术学院, 青海 西宁 810002; 2. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400045;
3. 中国科学院 青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要: 进行硅灰增密-解密的方法的研究。研究确定机械加压方法进行硅灰增密是成本最低,效果最好的一种增密方法。硅灰的体积密度随着加压荷载的增加而增加,但是当硅灰加压荷载达到 p_1 时体积密度随着加压荷载的增加增长值逐渐减缓。确定加压荷载 p_2 作为硅灰的增密参数,其混凝土各龄期强度最佳。以混凝土工程中应用为主的增密硅灰,确定水浸泡法作为增密硅灰的解密方法。

关键词: 增密硅灰; 解密硅灰; 混凝土; 抗压强度

中图分类号: TU528.041 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-3550(2010)09-0052-03

Techniques of condensed-decomposed silica fume

WANG Fa-hong¹, QIAN Jue-shi², LI Ning³

(1. Qinghai Construction Vocation Technical College, Xining 810012, China; 2. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 3. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: The techniques of condensed-decomposed silica fume are researched. As the result of studying: machinery compression method is simple and convenient. the volume density of silica fume increases dramatically with compression, but there is a slight growth when compression reaches p_1 ; The compressive strength of different days were optimum, when the machinery compression reaches p_2 ; the water infusion method is not only simple but also serviceability, it can disperse condensed silica fume.

Key words: condensed silica fume; decomposed silica fume; concrete; compressive strength

0 引言

硅灰是指在硅铁合金厂和硅金属厂冶炼金属时,极细的粉末随气体从烟道排出,通过收尘装置收集的粉末。硅灰粒度细、比表面积大,具有很高的火山灰活性,可以从多方面改善混凝土性能:可以提高混凝土强度、节约水泥用量^[1-3];改善混凝土的耐久性;改善混凝土抗磨蚀能力^[4]。

硅灰在运输、储存和使用方面存在很大的困难。一方面,硅灰具有较小的体积密度(疏松、体积大)给运输、储存带来很大不便;另一方面,大部分硅灰颗粒小于 $1\mu\text{m}$,平均粒径约为 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$,容易造成大气中的粉尘污染。

针对以上情况,为了提高硅灰的运输效率,国外一些厂商采取硅灰制粒、造球、水化制浆、微硅灰增密方法增大硅灰的体积密度。我国1989年兰州铁道院与青海轻工所合作,首先研制成功了一项硅灰的增密技术。采用一种硅灰增密添加剂和一定的工艺处理,使原状硅灰在不降低明显活性的前提下体积密度由原来的 200kg/m^3 左右增至 600kg/m^3 。

但是,国内外对硅灰通过增密在一定程度上解决了运输、储存困难,但存在很多不足,其原因:一方面国外的硅灰制粒、造球,主要应用到用于回炉作为冶金原料;水化制浆在运输中增加了水的质量,需要运输罐运输,适用于短途运输;另一方面国外及我国研制的硅灰增密技术增密成本高,效果不理想,使体

积密度最大增至 700kg/m^3 ,降低的运输、储存费用幅度不大,在增密过程中还得引入一种增密添加剂,无形中增加了成本。虽然目前一些地区,已经应用到了增密的硅灰,但是由于以上两种情况,当前硅灰运输还是以原状灰纤维袋包装运输为主。

因此,对硅灰活性无明显降低的前提下,通过一种新的增密-解密方法,降低增密成本,进一步增大硅灰的体积密度,彻底解决硅灰运输、储存困难,降低运输和储存成本,减少环境污染的十分必要。

1 硅灰增密-解密机理

物质的聚集取决于材料实体具体的存在条件,并取决于在这些条件下,物质是否经受了聚缩过程而变化。聚缩和分散是材料运动的基本形式。一方面,物质的聚集状态取决于微粒(电子、离子、原子、分子等,它们相互间呈现引力)间的键能;另一方面,取决于这些离子的能量,包括其热运动的能量。物质的能量状态是物质缩聚和分散最通常的原因之一,对于缩聚将理解为由分散系统合成固体,对于分散将理解为由固体形成分散系统。向固体导入能量,固体可以转变为液体和气体,然后转化为低温和高温的等离子体状态。物质状态的变化与其能量变化相关,能量变化的粒子的缩聚,伴随有动能的减少,而分散则伴随有动能的增加^[5]。

物质缩聚与分散是伴随着能量的变化进行的,然而硅灰增密、解密同样是能量变化的过程。给散粒状硅灰施加外力,由于

粒子间的黏合力(或相互吸引力)使其紧密堆积,从而增大体积密度。给增密的硅灰导入能量,增密硅灰就可以分散成散粒状材料。本研究硅灰增密-解密方法的研究就是遵从物质缩聚-分散原理展开的。

2 试验原料与试验方法

2.1 试验原料

试验所采用的两种硅灰中 SF1 硅灰比表面积为 21 200 m²/kg, SF2 硅灰比表面积为 21 400 m²/kg, 体积密度均为 185 kg/m³, 主要化学成分见表 1。

表 1 硅灰的化学成分 %

硅灰	产地	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Loss
SF1	山川铁合金厂	91.16	0.94	1.97	0.81	1.08	0.82	0.96
SF2	大通铁合金厂	93.12	0.97	2.01	0.86	1.14	0.54	0.94

水泥采用互助西威水泥有限公司的 P·O 42.5 级水泥。试验所用粗骨料为青海省清水河砂石厂, 碎石, 粒径 5~25 mm, 堆积密度 1 450 kg/m³, 表观密度 2 710 kg/m³, 颗粒级配见表 2。

表 2 试验用碎石粒级

筛孔尺/mm	筛余质量/g	分计筛余/%	累计筛余/%
31.50	0	0	0
26.50	190	3.8	3.8
19.00	-	-	-
16.00	3 275	65.5	69.3
9.50	-	-	-
4.75	1 420	28.4	97.7
2.36	105	2.1	99.8

试验所用细骨料为青海省清水河砂石厂; 中砂, 细度模数为 2.92, 物理性能和颗粒级配见表 3、4。试验用水为自来水, 符合 JGJ 63—1989《混凝土拌合用水标准》。RT-1 高效减水剂, 推荐掺量 0.2%~1.0%, 减水率 15%~30%。

表 3 砂的物理性能

表观密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)		孔隙率/%		含泥量/%	有机物含量
	松散	紧密	松散	紧密		
2 660	1 495	-	43.8	-	1.1	合格

表 4 砂的颗粒级配

筛孔尺寸/mm	分计筛余/%	累计筛余/%
4.75	9.80	9.8
2.36	13.20	23
1.18	23.00	46
0.60	17.00	63
0.30	19.00	82
0.15	16.00	98
细度模数	2.92	

2.2 试验测试方法

2.2.1 硅灰体积密度测试方法

用小勺将硅灰从容器口上方 5 cm 的高度均匀倒入, 让试样自由落下, 装满后使容器口上部分试样成锥体, 然后用直尺沿容器边缘从中心向两边刮平, 称重后计算。对于增密硅灰, 通过直接测定外观尺寸后, 称重计算。

2.2.2 混凝土配合比设计及试件成型

混凝土配合比设计依据 JGJ 55—2000《混凝土配合比设计规程》的规定, 按质量法设计。混凝土搅拌成型按照下面步骤进

行: 机器拌制, 先干拌 30 s, 再加水搅拌 2 min, 将装有新拌混凝土的铁模置于机器上振动 15 s 成型。试件为 100 mm×100 mm×100 mm 立方体试件, 配合比成型以 7、14、28 d 三个龄期为主。

3 硅灰增密-解密方法与结果

3.1 硅灰增密方法与结果

3.1.1 硅灰增密方法

由于硅灰是很疏松的颗粒状材料, 硅灰之间的分散度极大, 如果将硅灰在没有改变自身颗粒形状的前提下, 排除颗粒之间的空气, 使其紧密的堆积在一起, 就能够在很大程度上解决了硅灰在运输、储存和使用过程中存在的问题。

增密方法有以下 3 种方法: 方法一, 采用加水搅拌成浆料, 但是发现制备浆料过程中增加了水的质量和运输专用设备, 在运输过程中增加了成本; 方法二, 采用在硅灰中加入一定量的(水剂)减水剂后, 搅拌成型为具有一定形状的块体材料, 发现成型后的块体材料在混凝土中使用时, 必须经过粉磨, 并且由于成型的块体材料硬度高, 很难粉磨成原状颗粒细度。这个方案在硅灰中增加了外加剂的量, 无形中提高了材料成本; 方法三, 采用机械加压法, 通过排除硅灰松散颗粒之间的空气, 使其达到紧密堆积的目的。这种方法即减少了水的加入又不添加外加剂, 还能达到硅灰增密的效果。从而降低了硅灰的运输、储存成本、减少环境污染。通过对以上 3 种方法的定性分析, 确定机械加压法进行硅灰增密。如图 1 所示。

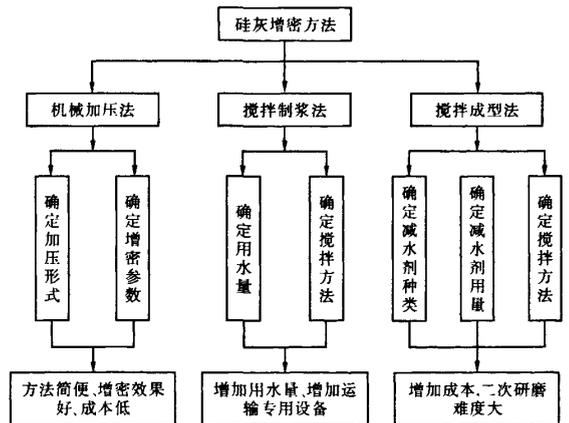


图 1 硅灰增密方法

先将散粒状硅灰装入到特制的增密模具中, 装到规定高度后, 进行加压, 加压至设计值, 卸压, 取出。采用机械加压法, 通过排除硅灰松散颗粒之间的空气, 使其达到紧密堆积的目的。

3.1.2 硅灰增密原理

给散粒状硅灰施加外力, 通过外力将硅灰之间的空气排除, 由于颗粒之间的引力使其紧密堆积在一起, 形成块体材料。

3.1.3 硅灰增密结果

采用机械加压法能够使硅灰体积密度得到很大程度的提高, 如表 5、图 2 所示, 硅灰的体积密度随着加压荷载的增大而增加, 当加压荷载达到 p_4 时, 开始随着加压荷载的增加, 体积密度变化逐渐减缓。

由图 3 可以看出, 将不同增密程度的增密硅灰采用水浸泡法掺入到混凝土中, 混凝土 3、7 d 的抗压强度均低于掺入原状硅灰拌制的基准混凝土抗压强度, 其中掺入体积密度为 1 100 kg/m³

表5 增密硅灰体积密度

加压荷载 /kN	体积密度/(kg/m ³)	
	SF1	SF2
p ₁	860	840
p ₂	1 010	1 030
p ₃	1 100	1 080
p ₄	1 160	1 150
p ₅	1 180	1 170
p ₆	1 190	1 190

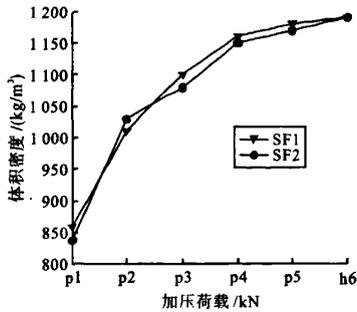


图2 加压荷载与硅灰体积密度的关系

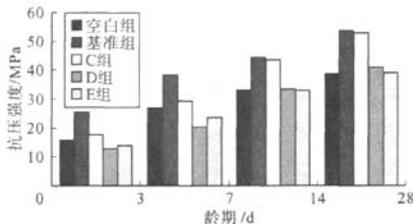


图3 硅灰加压荷载与混凝土抗压强度的关系

和1 160 kg/m³增密硅灰的D组混凝土和E组混凝土抗压强度均低于空白组混凝土的抗压强度。随着养护龄期的延长,到14、28 d时,发现只有掺入体积密度为1 010 kg/m³增密硅灰的C组混凝土抗压强度逐渐接近于掺入原状硅灰的B组混凝土抗压强度,说明只有在这种增密程度下的增密硅灰,掺入到混凝土中对混凝土后期抗压强度影响不大。因此,可以认为硅灰采用机械加压法增密时,当加压荷载达到p₂时硅灰体积密度达到1 010 kg/m³,p₂作为硅灰的增密参数。

3.2 硅灰解密方法与结果

3.2.1 硅灰解密方法

将增密硅灰采用粉磨和用水浸泡两种方法进行解密后掺入到混凝土中,通过混凝土抗压强度对比分析,选定硅灰解密方法。

3.2.2 硅灰解密原理

增密硅灰通过水浸泡,因水的渗透压力使其分散,待水分分散的硅灰再次加入到混凝土中搅拌时,由于搅拌叶片与骨料之间的剪切作用使增密硅灰产生二次分散。

3.2.3 硅灰解密结果

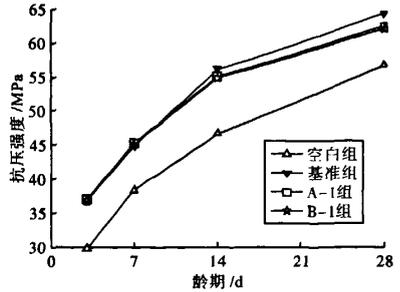


图4 增密硅灰解密方法与混凝土抗压强度的关系

从图4中可以看出,增密硅灰通过粉磨掺入到混凝土中后,所得A-1组混凝土抗压强度随着混凝土养护龄期的延长逐渐接近于用水浸泡后掺入混凝土中的B-1组混凝土抗压强度,并且这两种混凝土抗压强度在不同养护龄期均接近于掺入原状硅灰的基准组混凝土抗压强度。这两种方法均可以作为增密硅灰的解密方法。从这两种解密方法的解密过程看,采用粉磨法不但粉磨时间长而且需要专门的粉磨设备,从而增加了增密硅灰的使用成本;而用水浸泡法可以将增密硅灰直接用混凝土拌和用水浸泡后掺入,既方便又实用。确定水浸泡法作为增密硅灰的解密方法。

4 结论

- (1)确定机械加压方法进行硅灰增密是成本最低、效果最好的一种增密方法。
- (2)硅灰的体积密度随着加压荷载的增加而增加,但是当硅灰加压荷载达到p₄时体积密度随着加压荷载的增加增长值逐渐减缓。
- (3)确定加压荷载p₂作为硅灰的增密参数,其混凝土各龄期强度最佳。
- (4)以混凝土工程中应用为主的增密硅灰,确定水浸泡法作为增密硅灰的解密方法。

参考文献:

- [1] 姜德民.硅灰对高性能混凝土的作用机理研究[J].建筑技术开发,2001(4):44-46.
- [2] 茹望民.硅灰在混凝土中的应用前景可观[J].山西建材,1995(3):19-22.
- [3] 泰伦斯·c·赫兰.关于硅灰和高性能混凝土的一些思考[J].混凝土,2004(9):10-13.
- [4] 姜仁豪,戚诚华,于桓飞.硅灰混凝土性能的试验与应用现状[J].浙江水利科技,1994(2):53-58.
- [5] 接触硬化胶凝材料及复合材料[M].蒲心诚,译.重庆:重庆建筑大学出版社,2004.

作者简介:汪发红(1975),男,硕士,讲师,从事教学与检测工作。

单位地址:青海省西宁市南川西路96号(810012)

联系电话:13209714568

行业资讯

建设部关于发布国家标准《混凝土强度检验评定标准》的公告

现批准《混凝土强度检验评定标准》为国家标准,编号为GB/T 50107—2010,自2010年12月1日起实施。原GBJ 107—87《混凝土强度检验评定标准》同时废止。

本标准由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
二〇一〇年五月三十一日