

# 攀钢高炉渣在建筑行业中的应用

周文波, 柯昌明, 张芹, 章柯宁, 杜淑芳  
(武汉科技大学, 湖北 武汉 430081)

**摘要:**攀钢高炉渣的大量堆积,不仅浪费了资源,而且污染了环境。为此,本文对攀钢高炉渣在建筑行业中的各种应用进行了详细的介绍,以期对攀钢高炉渣的综合利用提供依据。

**关键词:**高炉渣; 建材; 钛; 综合利用

**中图分类号:**X757 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2007)03-0035-03

## 1 前言

攀钢两个渣场已堆存 6000 多万吨高炉渣,目前还在以近 300 万 t/a 的速度增加,其中西渣场已于 1993 年堆满而停止使用,攀钢投入大量资金修建的巴关河渣场离炼铁厂较远,每年运输高炉渣的费用达 2000 多万元,吨渣运输成本达 8 元左右。即使这样,用不了多久,巴关河渣场也会堆满,形势十分严峻。大量的炉渣堆积如山,既浪费了资源,又污染了环境。因此,研究含钛高炉渣的综合利用问题具有重要的经济意义和社会效益。本文主要叙述了攀钢高炉渣在建筑行业中的应用。

## 2 攀钢高炉渣在建筑行业中的应用

攀钢高炉渣大多是自然缓冷产生的重矿渣,仅有很少一部分是采用水池浸泡处理所得的水淬渣,类似膨胀矿渣。

### 2.1 作混凝土粗骨料

攀钢高钛型重矿渣的力学性能研究结果表明:攀钢特有的高钛型重矿渣的力学性能较好,渣中不含  $C_2S$ ,不会出现硅酸盐分解,不含游离  $CaO$ ,多次蒸压无粉化、不胀裂,稳定性好,含硫量低,没有铁锰分解趋向,而且长期堆存在露天渣场的高钛重矿渣十分稳定,没有破裂粉化或其他分解现象,具有 2~3 级石料的力学强度,耐磨性不亚于石灰岩<sup>[1]</sup>。用西渣场的重矿渣生产碎石和渣砂,大量用于攀枝花各项工程建设,既盘活了西渣场,又减少了采伐天然

石材所带来的环境破坏。

### 2.2 水淬渣砂配制混凝土砂浆

攀钢高钛型高炉渣的  $TiO_2$  含量高,渣中  $CaO$  基本上与  $TiO_2$  结合,所以无论冷却方式如何都不能生成  $C_2S$ ,渣的活性极低,不存在  $\beta-C_2S$  多晶型矿物,也不存在由  $\beta-C_2S$  转变为  $\gamma-C_2S$  的硅酸盐分解现象,是非常稳定的矿渣,这是攀钢高炉水淬渣区别于普通高炉水淬渣的特性,利用这个特性,可以用于替代天然砂用作混凝土的细骨料。1984 年,攀钢建安公司对攀钢高炉高钛水淬渣代替天然砂配制混凝土和砂浆技术性能进行了试验研究和应用,实验证明是成功的,配制的各种标号混凝土和砂浆与普通混凝土和普通砂浆相比具有容重轻、强度高、隔热性好、抗裂纹收缩等优点,对建筑结构自重减轻效果显著,同时降低了工程成本。攀钢高炉渣用作混凝土的粗、细骨料,是除水泥行业以外能够大量应用的一个领域。

### 2.3 作水泥混合材

在原冶金部、四川省科委、四川省冶金厅的领导及支持下,重庆大学、攀钢、建材院水泥所和重庆水泥厂对钛矿渣和钛矿渣硅酸盐水泥进行了全面深入系统的研究,结果表明:攀钢含钛高炉渣的活性很低,但可以用作非活性混合材烧制水泥,并掺 30%~40% 的钛矿渣试生产了 800 余 t 钛矿渣硅酸盐水泥,在工民用建筑工程中的应用表明,水泥性能、混凝土和钢筋混凝土均符合国家要求。工程应用实践证实,钛矿渣作水泥混合材料无毒、无害,对水泥性

收稿日期:2006-09-11

作者简介:周文波(1973-),男,博士研究生,讲师,主要从事矿物加工工程的教学和科研工作。

能无有害影响,可作为非活性材料使用。由于水泥是关系到人民生命、国家财产的大事,必须有国家标准方能合法生产,经过大量的研究工作,1991年11月中国颁布了“用于水泥中的粒化高炉钛矿渣”的中华人民共和国行业标准(JC418-91),该标准适用于 $TiO_2 < 25\%$ 的钛矿渣。同时,国家又颁布了“复合硅酸盐”国标,该标准指出可使用非活性混合材,如钛矿渣等,其掺入量在15%以内,从而恢复了钛矿渣作水泥混合材料的合法生产地位,开拓了钛矿渣在水泥工业中应用的前景。由于钛矿渣中的主要矿物为钙钛矿,而普通高炉渣中的主要矿物为黄长石,在水泥生产的磨矿工艺中,能耗较普通矿渣高。这一技术经济问题,只要从冶金和建材两方面采用适当措施,结合技术政策,企业效益仍可接近普通高炉渣的水平。

研究表明,钛矿渣、钢渣与普通高炉水淬渣及水泥熟料按一定比例配合磨细后可生产强度等级达525#的复合水泥<sup>[2]</sup>。攀钢高炉渣采用普通的外加剂难以激发其活性,但如果采用特殊的外加剂仍可以激发出一定的活性,用于配制高性能混凝土。含钛矿渣还可用于生产道路水泥和大坝水泥。

道路水泥除要具有一般硅酸盐水泥的物理力学性能外,而且还要适于道路特点的特殊性能,即:抗折强度高、脆性系数小、胀缩性小、耐磨、抗冻和抗冲击等。要求水泥中熟料及混合材具有耐磨特性,并含有一定的铁氧化物。钛矿渣中的钙钛矿正好具有这一特性,渣中亦含有较多的铁氧化物,是生产道路水泥的良好原料。重庆大学从1991年起,在小型规模上进行了用含 $TiO_2 24\%$ 钛矿渣生产道路水泥的系统研究。试验结果表明,采用适宜的工艺技术和配方,水泥中保持较高 $C_3S$ 含量,严格限制 $C_3A$ 的数量,适当增加 $C_4AF$ 含量,在钛矿渣掺量20%时,28d抗折强度为7.1MPa,抗压强度为51.1MPa,干缩率小于0.10%,耐磨性为磨损量小于 $3.6\text{kg}/\text{m}^3$ ,达到道路水泥国家标准要求,并达到或超过国外道路水泥标准。国家道路硅酸盐水泥标准规定,活性混合材掺量为0~10%。当使用钛矿渣时掺量可提高一倍多,充分显示了钛矿渣作道路水泥混合材的优点。

大坝水泥主要用于水库大坝混凝土工程,要求水泥的水化热低,钾钠含量低,水泥中矿物组分要控制适当,而用矿渣作混合材就有低水化热的特性,适

于大体积混凝土工程和永久性处于水下的工程。国内已有用矿渣水泥作大坝水泥的实践和标准。钛矿渣具有水化热低,钾钠含量低和矿物在水化过程中十分稳定的特点,作为大坝水泥混合材是比较适宜的。重庆大学掺用钛矿渣30%~40%试制大坝水泥,28d抗折强度为7.0~7.65MPa,抗压强度为44.0~51.0MPa,3d水化热为230kJ/kg,7d水化热为259kJ/kg, $SO_3 < 2.5\%$ ,抗蚀系数为0.60,达到国内大坝水泥要求。对钛矿渣大坝水泥来说,更重要的是其混凝土性能。重庆大学对钛矿渣混凝土的抗拉、抗折、抗压、弹性模量、混凝土与钢筋粘结力、钢筋锈蚀、抗渗透水深度、抗冻碳化等特性均进行了系统测定,结果同普通矿渣水泥相似,均符合要求。这就证实了钛矿渣作水泥混合材生产大坝水泥,在技术上是可行的。

#### 2.4 制作混凝土砌块或彩瓦

攀钢以高钛型高炉水淬渣为主要原料,粉煤灰、石灰为胶凝材料,研制出了强度等级为MU10的建筑免烧砖,可用于一般工业与民用建筑的墙体和基础<sup>[3]</sup>。还建成1条彩色路面砖生产线,有西班牙纹、枫叶形、扇形、波浪形等红、黄、蓝、绿、灰和白等各形各色产品,规格为 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 50\text{mm}$ 、 $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 50\text{mm}$ ,烧成的路面砖吸水率较大,是水泥预制块的2倍,使用后可减少路面上的积水,对提高城市环境水平有利。其彩面平整光亮,色彩丰富自然,各项技术指标均符合或超过JC446-91要求。产品已在攀枝花市区的人行道、公园、住宅小区广泛应用,深受用户的好评。

西南科技大学用钛矿渣取代砂、石和部分水泥,生产出性能满足GB8239-1997《普通混凝土小型空心砌块》要求的混凝土空心砌块,所开发的砌块强度达到MU10等级<sup>[4]</sup>。另外,还开发出MU15等级以上的钛矿渣实心砖制品,已投入实际应用<sup>[5-6]</sup>。

有资料介绍了用普通高炉重矿渣生产彩色混凝土瓦的技术<sup>[7-8]</sup>,这种技术完全可以用于攀钢高炉渣,因为攀钢高炉渣的活性虽然较低,但采用适当的外加剂即可激发其活性,能够用来生产混凝土瓦。

#### 2.5 制作各种陶瓷砖、路面砖

重庆市硅酸盐研究所、四川省轻工业研究所、攀钢研究院等单位开展了利用攀钢高炉渣研制陶瓷墙、地砖的试验,所制作的釉面砖达到或超过了普通陶瓷釉面砖的质量。攀钢研究院以含钛高炉渣为原

料(加入 30% ~ 40%),配加适量的粘土及添加剂,改变了传统陶瓷原料的组成,增加了原料中金属氧化物的组分,采用传统陶瓷生产工艺,研制出了米黄色、棕色、玫瑰紫色等系列色彩的抛光彩瓷板。该产品具有热稳定性好、强度高、耐磨性好、耐酸碱、色泽均匀等优点,其理化性能指标达到或超过花岗岩。

### 3 结束语

在利用含钛高炉渣制作建筑材料方面的研究,取得了一定的进展,缓解了攀钢渣场的压力,但未能回收渣中的 TiO<sub>2</sub>,造成钛资源浪费。

而各种提钛技术的目标也不仅仅局限于将高炉渣中的钛提取出来,而应将从高炉渣中提钛与降低渣中钛含量两者结合起来,使提钛后的残渣或尾矿具有与普通水淬粒状高炉渣相似的性质。

### 参考文献:

[1]王杰,赵碧建,等. 高钛渣系列建材产品的开发及应用

[J]. 建筑石膏与胶凝材料,2002(2):35~36.  
 [2]方荣利,金成昌,等. 利用攀钢钛矿渣生产复合水泥的试验[J]. 水泥技术. 1994(5):21~25.  
 [3]孙希文,张建涛,等. 高钛型建筑矿渣砖的研制[J]. 新型墙体材料与施工,2003(3):5~7.  
 [4]周芝林,谭克锋,等. 利用攀钢钛矿渣生产混凝土空心砌块的试验研究[J]. 西南科技大学学报,2003,18(3):43~46.  
 [5]潘宝凤,戴亚堂. 钛矿渣实心砖的制备[J]. 四川建筑,2003,23(5):87~88.  
 [6]戴亚堂,谭克锋,等. 钛矿渣微观结构及其实心砖的开发[J]. 西南科技大学学报,2003,18(3):39~42.  
 [7]田兰凤,吕振华. 利用高炉重矿渣、收尘灰及粉煤灰生产高性能混凝土彩瓦[J]. 建材产品与应用,2002(5):44~45.  
 [8]周志宏,陈勋,等. 利用高炉重矿渣及粉煤灰生产彩色混凝土瓦[J]. 辽宁建材,2003(1):17~22.

## Application of Pangang Blast-furnace Slag in Construction Industry

ZHOU Wen-bo, KE Chang-ming, ZHANG Qin, ZHANG Ke-ning, DU Shu-fang

(Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, China)

**Abstract:** At the present time, a large tonnage of Pangang blast-furnace slags are dumped in two slag fields. If the problem of rational utilization of this kind of blast-furnace slag is not solved, it will not only waste resources, but also pollute natural environment. This article detailed introduces various applications of Pangang blast-furnace slags in the construction industry. The purpose of this research work is provide some fundamental criteria for comprehensive utilization of Pangang blast-furnace slags.

**Key words:** Blast-furnace slag; Construction material; Titanium; Comprehensive utilization

.....

(上接 34 页)

程获得了磷精矿产率 75.75%、品位 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 29.14%、磷回收率 88.34% 的选矿指标。

3. 工艺矿物学研究表明,该矿石中铁主要以黄铁矿的形式存在,且分布范围极广。水云母中的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为本矿石中的主要有害组分,其粒径特别细小,选矿工艺中需要超细磨才能单体解离,这与最终磷精矿中 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量略高相吻合。

### 参考文献:

[1]骆兆军,王文潜,钱鑫. 磷矿浮选进展[J]. 化工矿物与加工,1999(7):1~3.  
 [2]罗惠华,钟康年,魏以和. 增效作用对磷灰石浮选的影响[J]. 化工矿物与加工,2000(5):8~10.  
 [3]彭儒,罗廉明编著. 磷矿选矿[M]. 武汉:武汉测绘科学出版社,1992.

## Experimental Research on the Reverse Flotation Technology for a Phosphorus Ore in Sichuan

XIONG Wen-liang, HUANG Yun-jie

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** The reverse flotation technology was adopted to beneficiate a phosphorus ore in Sichuan province. Based on apatite concentrating and iron removal, the concentrate of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 29.14% was obtained with recovery of 88.34%.

**Key words:** Apatite; Reverse flotation; Iron removal