

张马屯铁矿尾矿制砖开发应用研究

郭秀岩¹, 吕晓舟², 贾承建²

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省物化探勘察院, 山东 济南 250013)

摘要:通过综合分析张马屯铁矿尾矿基本特性,对张马屯铁矿尾矿进行了铁尾矿砖生产试验研究。结果表明,利用张马屯铁矿尾矿,采用压制成型法,可以制备出 MU10 等级以上的建筑用砖,颜色一致性好,铁尾矿砖为灰色,抗冻性良好。认为利用尾矿制备建筑用砖是一条很好的尾矿利用途径,具有明显的经济效益和广泛的应用前景。

关键词:铁矿;尾矿;开发应用;建筑用砖;前景分析;张马屯铁矿

中图分类号:TD926.4

文献标识码:B

0 引言

尾矿是矿石经选出有用矿物后剩余的废渣,广义上冶金矿山的尾矿系选矿厂排出的工业废弃物。据资料统计,2006年,我国金属矿山储存的尾矿量约为70亿t,并且数量呈逐年增加的趋势^[1]。不仅堆放要占用大量的土地,而且造成污染环境、破坏生态平衡,甚至产生地质灾害。目前,我国铁矿尾矿的年排放量约1.5亿t^[2],铁尾矿堆存量已达几十亿吨,占金属矿山尾矿堆存总量的近1/3^[3]。随着矿产资源的大量开发和利用,矿石日渐贫化,资源日渐枯竭。尾矿作为二次资源已受到世界各国的重视,这对保护土地、改善生态环境和综合利用资源都有重要的意义。

张马屯铁矿自建矿以来,不断致力于尾矿的综合开发利用研究。通过与科研院所、高等院校紧密合作,在从铁尾矿中回收有价值金属、尾矿充填采空区、矿山废石利用等方面,取得了一些实用性成果。为提高矿山铁矿尾矿的开发利用,探索矿山企业经济效益开辟新的途径,并为同类矿山企业提供尾矿开发与利用示范,该文通过对张马屯铁矿尾矿的理化性质分析与研究,以张马屯铁矿尾矿为主要原料,探索制备建筑免烧砖的方法。

1 矿尾性质分析

1.1 铁矿尾矿化学分析

通过对20件样品测试分析,其铁矿尾矿化学成分为:SiO₂ 28.69%, CaO + MgO 27.40%, Fe₂O₃ 19.35%, Al₂O₃ 2.53%,呈碱性。与国内同类矿山相比,张马屯铁矿尾矿具有SiO₂含量低,而Fe₂O₃含量高的特点。

1.2 铁矿尾矿密度检测分析

通过取样分析可知,张马屯铁矿尾矿颗粒密度在3.126~3.27 g/cm³之间,平均值为3.175 g/cm³。

1.3 铁矿尾矿颗粒筛析

由10件铁矿尾矿样品检测数据得出,+0.45 mm(>40目)粒级占2.00%,粗粒级较少;-0.074 mm(<200目)粒级占63.71%,粒度较细,级配连续。

1.4 铁矿尾矿放射性分析

铁矿尾矿放射性分析结果,Ra²²⁶为17.3 Bq/kg,Th²³²为14.0 Bq/kg,K⁴⁰177.0 Bq/kg,满足《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2002)标准。

* 收稿日期:2010-04-12;修订日期:2010-05-28;编辑:陶卫卫

山东省矿山企业技改项目:济南钢铁矿业有限公司铁尾矿综合开发利用研究(鲁财建指[2007]65号)。

作者简介:郭秀岩(1964—),男,山东武城人,高级工程师,主要从事水工环地质研究工作;E-mail:wyclq@126.com。

2 制砖不利因素及解决方案

2.1 制砖的不利因素

张马屯铁矿尾矿制砖存在以下不利因素:①尾矿含水量偏高,实际水分在23%左右;②尾矿松散度较低,粘度大,易粘结;③尾矿粒度细、泥化严重。尾矿含有大量的矿泥,且矿泥以细粒、微细粒形式存在,对制砖的强度有不利影响。

2.2 制砖不利因素的解决

2.2.1 铁矿尾矿脱泥、浓缩试验

为解决铁矿尾矿松散度较低、粘度大、易粘结以及粒度细、泥化严重等不利因素,采用威海市海王旋流器有限公司生产的旋流器进行了尾矿浓缩、分级、脱泥试验研究。试验结果见表1。

表1 $\Phi 150$ 旋流器试验结果

沉沙口直径(mm)	给料压力(MPa)	形式	浓度(%)	产率(%)	细度(%)
$\Phi 20$	0.10	给矿	22.09		69.20
		溢流	11.90	43.42	98.80
		沉砂	64.42	56.58	48.00
$\Phi 24$	0.10	溢流	11.21	36.32	99.60
		沉砂	49.49	63.68	57.20

从试验结果可见,采用 $\Phi 150$ 旋流器进行铁矿尾矿的浓缩、分级、脱泥,当进料浓度为22%~30%、沉沙口直径为20mm时,旋流器的沉砂浓度为64.42%,产率为56.58%, -200 目含量为48%,达到了制砖用铁矿尾矿无泥化物、较松散的要求。

2.2.2 铁矿尾矿脱水试验

由于尾矿容易结块,采用自然沉降法脱水效果不好。该次使用了江苏凯盛德莱环保有限公司改进的TT-4陶瓷过滤机。不同类型下的脱水对比试验结果见表2。试验条件:尾矿浓度35%左右,滤板尺寸 0.03 m^2 。

根据表2可知:铁矿尾矿在含絮凝剂时无论铁矿尾矿浆呈酸性还是碱性,在同一试验条件下,滤饼水分都较大,大约在22.5%左右,并且手摸有粘度,烘干后板结,与其他制砖物料混合时搅拌不均匀,不符合制砖的要求。而铁矿尾矿在不含絮凝剂矿浆呈酸性时,滤饼水分较小,约为14.7%,并且手摸较松散,但是处理能力较低;铁矿尾矿在不含絮凝剂矿浆呈碱性(用石灰乳调整到pH约为8)时,滤饼水分

表2 铁矿尾矿脱水试验对比结果

试验序号	吸浆时间(s)	干燥时间(s)	真空度(MPa)	物料重量(g)	干物料重量(g)	含水量(%)
含絮凝剂 pH 为 5~6						
1	40	20	-0.9	251	193	23.0
2	40	20	-0.9	218	171	22.5
3	40	20	-0.9	232	179	22.8
平均值	40	20	-0.9	233.67	181	22.76
含絮凝剂 pH 为 8						
1	40	20	-0.9	224	173.0	22.8
2	40	20	-0.9	248	192.2	22.5
3	40	20	-0.9	256	199.0	22.3
平均值	40	20	-0.9	242.67	188.1	22.53
不含絮凝剂 pH 为 5~6						
1	40	20	-0.9	112	95	15.0
2	40	20	-0.9	125	107	14.4
3	40	20	-0.9	122	104	14.6
平均值	40	20	-0.9	119.67	102	14.7
不含絮凝剂 pH 为 8						
1	40	20	-0.9	268	230	14.2
2	40	20	-0.9	240	210	12.5
3	40	20	-0.9	258	224	13.2
平均值	40	20	-0.9	255.3	221.3	13.3

最小,约为13.3%,手摸较松散,处理能力较高,与其他制砖物料混合时能够搅拌均匀,达到了制砖的要求。

综上所述,将不含絮凝剂的铁矿尾矿浆采用水力旋流器预先脱泥、分级、浓缩后,再用石灰乳将铁矿尾矿浆的pH值调整到8,此时铁矿尾矿脱水、降粘度效果最好,能够满足铁矿尾矿制砖的工艺要求。

3 制砖试验

3.1 铁矿尾矿制备砖的原理

铁矿尾矿制砖属于胶结型尾矿建材,以铁矿尾矿为主要原料,添加水泥、骨料、添加剂,采用振动压制坯体,然后在自然(或适当)温度下养护。其中骨料配比合理时可用铁矿尾矿中粗粒砂代替。

免烧砖在常温条件下,通过胶结材料将铁矿尾矿颗粒结合成整体,而制成的有规则外形可以满足使用条件的建筑材料或制品。在这类材料中,铁矿尾矿主要起骨料作用,一般不参与材料形成的化学反应,主要依靠界面反应形成凝结体。但其本身的形态、颗粒分布、表面状态、机械强度、化学稳定等性质,却对铁矿尾矿砖的技术性能有重要的影响。参

与水化反应的主要是水、水泥、水渣等掺和料,形成水化硅酸钙 CSH、水化铝酸钙 CAH 等物质(C 为 CaO;S 为 SiO₂;A 为 Al₂O₃;F 为 Fe₂O₃),同时也是铁矿尾矿强度的主要来源。

水泥等水化反应产生的 Ca(OH)₂ 进一步与铁矿尾矿、水渣等材料中的活性 Al₂O₃、SiO₂ 反应,形成低碱性硅酸盐、铝酸盐水化物,促使砖坯结构致密、强度提高,并且具有良好的抗冻性、耐水性等优良特点^[4]。

3.2 制砖工艺试验

3.2.1 铁矿尾矿制砖工艺流程

首先将脱泥、脱水后的铁矿尾矿与水渣、水泥、石子、外加剂等原料经计量配料集中搅拌,搅拌均匀的原料通过砖成型机压制成型,然后将砖坯码跺、养护,即可成为产品。工艺试验流程图见图1。

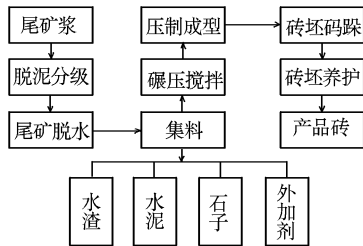


图1 铁矿尾矿制备砖工艺试验流程图

3.2.2 铁矿尾矿制集料的确定和制备

该次制砖选择的主要原料为尾矿、水渣、水泥、石子、水等。主要材料来源及技术要求:①铁矿尾矿:张马屯尾矿。②水渣:外购,粒化高炉水淬渣,符合 GB/T18046 要求。③水泥:外购,普硅 425 水泥,符合 GB1344-95 要求。④石子:自产,筛选粒径 1~5 mm,含泥量 <3%,符合 GB/T14684 要求。

集料需强制性搅拌机进行搅拌。要求定时均匀搅拌,应搅拌至各种集料混合均匀,颜色一致。

3.2.3 砖坯成型、码跺及养护

成型是制砖过程中的重要工序。该次采用压制成型方法,压制成型在 200 t 压力制砖机上进行,成型压力为 160~200 MPa。

选择平整开阔的场地,将砖坯进行人工码跺。砖坯需轻拿轻放,不得让砖坯掉角缺棱。码跺高度是 10 层砖(约 1.15 m),第一排横竖十字排列,以后按竖向靠在一起依次排列。每跺砖坯彼此间隔 20~50 cm。

采用自然养护法。砖坯按要求码跺后,在常温

下(20±5℃)静置 1~2 d。将码跺好砖坯用水淋漓,要求淋透,然后用塑料布或帆布进行覆盖。覆盖要密实,不允许将砖坯暴露在外。每隔 3 天重复以上工作。要避免雨水直接冲淋试件。砖坯在常温下养护 28 天后进行检验、使用。

3.3 配比试验

3.3.1 配比方案设计

综合考虑各种因素,既要最大限度地利用尾矿,又要使原料成本降低,拟定了 13 种配比方案(表 3)。

表3 铁矿尾矿制砖原料的配比方案

配比 编号	铁矿尾矿 (%)	水渣 (%)	水泥 (%)	石子 (%)	锅炉炉渣 (%)
1 [#]	50	30	10	10	0
2 [#]	46	25	9	20	0
3 [#]	45	36	9	10	0
4 [#]	40	45	5	10	0
5 [#]	45	40	5	10	0
6 [#]	50	35	5	10	0
7 [#]	45	30	5	20	0
8 [#]	43	38	4	15	0
9 [#]	45	37.5	7.5	15	0
10 [#]	35	40	5	20	0
11 [#]	40	42.5	7.5	10	0
12 [#]	35	45	5	15	0
13 [#]	50	20	10	0	20

3.3.2 砖性能指标初检

自然养护期满后,对铁矿尾矿砖按要求进行抽样,经济钢集团建设工程有限公司实验室初步检测,确定每一配比方案的物理性能参数。检测结果指标见表 4。

3.3.3 制砖配比方案筛选与优化

(1) 配比方案分析筛选: 配比方案筛选主要考虑砖的抗压强度、重量等因素。通过对各配比方案生产砖初步检测结果确定: 1[#], 2[#], 3[#] 配比方案比较合理, 为较优方案。

(2) 配比方案最优化: 按 1[#], 2[#], 3[#] 方案生产的砖, 经 28 天自然养护后, 送山东省建筑工程质量监督检验测试中心外检。根据外检结果和砖的稳定性、质量、成本、重量等因素, 最终确定 3[#] 方案为最优方案。3[#] 方案配方为: 铁矿尾矿: 水渣: 水泥: 石子 = 45: 36: 9: 10, 其检测结果: 抗冻性, 经 15 次冻融循环后, 强度平均值 9.2 MPa, 质量损失单块最大值 1.5%。抗压强度平均值 12.3 MPa, 单块最小值 11.3

MPa,抗折强度平均值 2.9 MPa,单块最小值 2.8 MPa。该产品从抗压强度、抗折强度、外观指标、抗冻性、颜色等均达到了国标 GB11945-1999 MU10 级别以上的标准。

表4 铁矿尾矿制砖试验结果

配方	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	抗压均值 (MPa)	砖块称重 (kg)
1 [#]	13.65	11.05	15.08	14.86	14.56	14.76	13.96	14.48	13.81	14.29	14.05	3.15
2 [#]	12.59	12.61	12.98	13.64	11.48	12.96	13.48	13.26	12.42	13.18	12.86	3.10
3 [#]	12.86	12.29	12.42	13.12	12.56	12.65	13.76	11.53	13.46	12.24	12.69	3.00
4 [#]	9.84	10.84	8.78	10.22	8.94	6.65	9.37	9.65	9.82	10.38	9.45	2.95
5 [#]	6.32	4.79	6.46	5.96	6.18	6.28	5.69	7.12	6.14	6.46	6.14	2.8
6 [#]	3.72	5.62	5.12	6.04	5.32	4.24	5.42	4.76	5.28	5.28	5.08	2.95
7 [#]	4.81	6.23	4.46	5.26	4.86	5.32	5.46	5.74	5.22	4.84	5.22	3.10
8 [#]	6.68	9.39	8.82	8.68	9.07	8.38	8.78	8.95	9.28	8.86	8.69	3.00
9 [#]	6.99	6.24	5.84	6.24	5.83	5.48	6.42	7.02	6.12	6.32	6.25	3.00
10 [#]	7.61	8.04	7.32	6.56	7.24	6.96	7.48	7.89	6.98	6.12	7.22	2.90
11 [#]	8.12	6.63	7.48	7.32	7.62	6.96	7.92	7.02	7.21	7.51	7.38	2.80
12 [#]	5.75	6.32	6.02	6.48	6.24	4.79	6.51	6.14	7.11	6.04	6.14	2.80
13 [#]	9.54	8.95	8.68	8.87	10.91	7.67	11.8	9.94	7.29	8.64	9.23	2.40

4 效益分析与前景

按目前科研阶段初步效益分析计算,如果建一个中小型砖厂,需投资 40 万元左右,按日产标砖 40 000 块,需人工 7~8 名,按每人 35 元/天计算,建设年利润可达 60 万元。由此可见,利用铁矿尾矿制砖具有明显的经济效益。并且具有工艺简单、项目投资小,成本低,见效快等优点。

铁尾矿制砖利用对矿山企业来说,变废为宝,减少环境污染,节能降耗,保护土地资源,具有显著的社会效益。

利用铁尾矿制砖,不需要焙烧不用建窑,节省原材料消耗、节约能源、保护生态环境、缓解资源开发与环境保护之间的矛盾,因此,具有重要的环境效益。

从市场前景来看,铁尾矿制砖符合国家产业政策(国家为了大力推广新墙材,对废渣利用,免烧尾矿砖厂可享受国家一系列优惠政策)可全免所得税。因此,利用铁尾矿制砖有着巨大的市场空间和市场潜力。

5 结语

(1)张马屯铁矿尾矿在化学组成、矿物组成、粒度、放射性等方面,经二次处理完全满足制砖的基本要求。

(2)通过张马屯铁矿尾矿制砖试验研究表明,利用张马屯铁矿尾矿,采用压制成型法,可以制备出 MU10 等级以上的建筑用砖,铁尾矿砖为灰色,颜色一致性好,试样合格、抗冻性好。

(3)利用铁尾矿制砖具有明显的经济效益和广泛的应用前景。特别是该研究为低硅铁尾矿的综合开发利用开辟了新的途径。

(4)利用铁尾矿制砖是可行的,尾矿利用率可达 40%~50%,这对尾矿的综合利用非常有利。

(5)该尾矿砖适用于非承重墙,宜用于防潮层以上,不宜于激冷激热或有酸性介质侵蚀的建筑部位,开发时应注意。

(6)尽管国标没有对建筑用砖的重量进行要求,但由于铁矿尾矿砖密度比一般黏土砖大。因此,建议今后改进铁矿尾矿砖密度,发展轻型墙体材料,如生产空心砖等。

参考文献:

- [1] 闫满志,白丽梅,张云鹏,等.我国铁尾矿综合利用现状问题及对策[J].矿业快报,2008,471(7):9-12.
- [2] 王纲,陈吉春.低硅铁尾矿的综合利用[J].矿产综合利用,2003,(3):45-47.
- [3] 尹洪峰,夏丽红,任耘,等.利用邯邢铁尾矿制备建筑用砖的研究[J].金属矿山,2006,(2):79-81.
- [4] 刘露,郑卫,李潘,等.铁尾矿制砖的研究与利用现状[J].矿业快报,2008,(10):14-17.

Study on Development and Application of Making Building Bricks by Using Tailings of Zhangmatun Iron Deposit

GUO Xiuyan¹, LV Xiaozhou², JIA Chengjian²

(1. Shangdong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shangdong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Through comprehensive analysis on the basic characteristics of the tailings of Zhangmatun iron deposit, experiments for brick making by using the tailings of Zhangmatun deposit are carried out. As showed by the results, by using pressing method, tailings of Zhangmatun iron deposit can be used to produce building bricks with the standard scale higher than MU10. These bricks have an uniformly distributed ashen color and good freezing resistivity. It is a good way to produce building bricks by using tailings of iron deposit with obvious economic benefits.

Key words: Iron deposit; tailings; exploration and utilization; building bricks; future analysis; Zhangmatun iron deposit