

粉煤灰加工处理及其在建材行业中的综合利用

张金山¹, 刘菊²

(1. 内蒙古科技大学建工学院, 内蒙古 包头 014010;

2. 包头市政府采购办公室, 内蒙古 包头 014010)

摘要:针对高含碳量粉煤灰综合利用问题,介绍了粉煤灰脱碳和分级处理方法,以及粉煤灰在加工处理后的综合利用方向和有关试验结果。

关键词:粉煤灰;加工处理;粉煤灰混凝土;粉煤灰沥青混凝土

中图分类号:X784 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2004)05-0044-04

1 前言

粉煤灰作为火力发电厂的一种工业废料,它的堆存不仅占用了大量的耕地,而且也对环境造成一定的污染。因此,粉煤灰的开发利用早已为人们所关注。内蒙古地区作为我国的煤炭基地,近年来火电发展十分迅速,全区火力发电装机容量已超过 600 万 kW,每年排放粉煤灰 600 多万 t,历年堆存的粉煤灰更是达数千万 t 之多,而综合利用率不到 6%。包头市作为内蒙古地区的重要工业城市,目前有电厂四座,正在筹集或扩建的有 3 座,现年排粉煤灰达 120 万 t,远期年排灰量将超过 300 万 t。因此,对粉煤灰的研究开发和综合利用已势在必行。

在对包头地区粉煤灰物理和化学性质进行较为系统和全面分析的基础上,我们发现:包头地区粉煤灰含碳量较高(一般为 10%~19%),粒度较粗(0.074mm 方孔筛筛余量为 14%~26%),按国家标准进行划分,均属于三级粉煤灰。这些原状粉煤灰给实际应用带来了很大的困难,因此,如何对粉煤灰进行加工处理,使其由三级灰变成为一级灰,是粉煤

灰能否大量、高效综合利用的关键所在。

2 粉煤灰加工处理方法

本次试验采用包头钢铁公司热电厂的粉煤灰,经检测该灰含碳量为 14%,筛余量(0.080mm 方孔筛)为 19%。针对粉煤灰含碳量高的问题,目前国内外主要采用的脱碳处理方法有浮选脱碳和电选脱碳。而解决粉煤灰的细度问题,主要采用分级处理和磨细加工。采用什么样的分级、脱碳处理方法,在很大程度上取决于粉煤灰的物理特性、化学成分和该方法的经济实用程度。根据国内外粉煤灰处理的经验,电选脱碳和磨细加工多用于干灰的处理,而包头地区的粉煤灰均为湿灰,为此我们选择了特别适合于湿灰处理的浮选机分级、旋流器分级、高频振动筛分级和浮选脱碳的粉煤灰加工处理方法。

2.1 粉煤灰分级

粉煤灰分级是解决原状粉煤灰的细度问题,经过分级处理使其达到一级粉煤灰所要求的细度标准。在试验中,根据粉煤灰粒度分布情况将粉煤灰主要分为三类,并采用相应的分级方法进行处理。

收稿日期:2003-11-12

作者简介:张金山(1959—),男,教授,曾两次前往英国进修,已完成粉煤灰综合利用研究项目 10 多项。

万方数据

(1)粉煤灰所含粗颗粒多为碳粒时。试验证明:在此情况下,可采用浮选脱碳的方法,脱碳的同时也将粗颗粒选出,为了提高脱碳和分级效率,关键在于配制合适的浮选药剂和确定合理的浮选时间。

(2)粉煤灰所含细灰量较多时(接近二级灰细度标准)。在这种情况下,可选择旋流器分级方法。旋流器投资少、使用方便和维修保养简单,主要缺点是分级效率较低。但考虑到该类型粉煤灰中细灰含量较高,而旋流器的细灰产率也非常高,比较适合。

(3)粉煤灰所含粗灰量较多时(接近三级灰细度标准)。由于旋流器的分级效率较低,若使用旋流器分级,所得到的细灰量将受到影响。在试验中,我们选用了高频振动筛,并选择适当的灰水比可得到较为满意的分级效果。

2.2 粉煤灰浮选脱碳

浮选工艺是选矿生产中最常用而且成熟的工艺之一。粉煤灰浮选脱碳是将粉煤灰中

未燃尽的碳粒选出,使其达到一级粉煤灰对含碳量(或烧失量)的要求。为了提高粉煤灰脱碳效率和降低浮选脱碳费用,需要确定合适的浮选药剂,为此,我们选择了 10 多种浮选药剂进行浮选脱碳的对比试验,经过大量的试验和经济分析,最后确定采用 T 号浮选药剂。

3 粉煤灰加工处理后的综合利用

原状粉煤灰在分级、脱碳处理后,经检验为一级粉煤灰(以下称为成品粉煤灰),这种成品粉煤灰按国家建设部的有关标准可广泛地应用于混凝土、沥青混凝土、砂浆、水泥混合材等建筑材料。本次试验中,粉煤灰经分级、脱碳后含碳量为 1.78%,烧失量为 2.56%,细度(0.045mm 方孔筛筛余量)为 5.8%。

3.1 成品粉煤灰用于高强度混凝土

高强度混凝土指抗压强度在 35MPa 以上。试验结果见表 1 和表 2。

表 1 成品粉煤灰高强度混凝土配合比与抗压强度

试块号	试块成分/kg·m ⁻³				水	塌落度/cm	8h 蒸养强度/MPa	7d 标养强度/MPa	28d 标养强度/MPa
	水泥	成品粉煤灰	石子	砂子					
A—1	410	0	1280	590	240	2.9	25.5	31.7	42.3
D—1	410	50	1280	436	205	3.1	27.0	32.6	44.5
D—2	410	100	1280	281	210	2.5	30.3	29.8	40.1
D—3	410	150	1280	127	222	3.4	33.8	27.3	38.4

表 2 成品粉煤灰高强度混凝土取代水泥配合比与抗压强度

试块号	试块成分/kg·m ⁻³				水	塌落度/cm	8h 蒸养强度/MPa	7d 标养强度/MPa	28d 标养强度/MPa
	水泥	成品粉煤灰	石子	砂子					
A—1	410	0	1280	590	240	2.9	25.5	31.7	42.3
D—4	360	120	1280	305	205	3.5	29.4	28.1	41.3
D—5	310	120	1280	370	210	3.8	26.8	23.3	39.8
D—6	290	120	1280	395	200	2.2	23.5	21.0	36.7

从表 1 可以看出,在保持水泥掺量不变的情况下,混凝土中添加适量的成品粉煤灰后,混凝土蒸养强度可提高 32.5%左右(D—3 配方)。根据表 2 的试验结果,D—5 配方

的蒸养强度与基准配方 A—1 的蒸养强度基本相当,但每立方米混凝土少用水泥 100kg。

3.2 成品粉煤灰用于中强度混凝土

中强度混凝土是指抗压强度大于

表 3 成品粉煤灰中强度混凝土配合比与抗压强度

试块号	试块成分/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$				水	塌落度 /cm	8h 蒸养 强度 /MPa	7d 标养 强度 /MPa	28d 标养 强度 /MPa
	水泥	成品粉煤灰	石子	砂子					
B—1	285	0	1280	720	215	2.8	12.9	16.7	23.6
B—7	185	150	1280	415	215	2.5	18.6	11.4	20.0
B—8	165	150	1280	440	190	3.2	16.7	9.1	18.7
B—9	140	150	1280	472	172	2.9	15.5	6.0	13.3

20MPa 而小于 35MPa。试验结果见表 3。

从表 3 可以看出,B—9 配方的蒸养强度与基准配方 B—1 的蒸养强度相比提高 20%,并且 B—9 配方每立方米混凝土少用水泥 145kg,成品粉煤灰添加量为 150kg,水泥取代率为 51%。

成品粉煤灰混凝土的强度增长速度与养护方式有直接关系:在蒸养条件下,成品粉煤灰混凝土强度上升较快;在标养条件下,其强度(特别是早期强度)上升较慢。但大量的试验表明,成品粉煤灰混凝土的后期强度(60d 或 90d 强度)比普通混凝土的强度有较大的提高,因此应根据生产和工程条件,利用成品粉煤灰混凝土强度增长特点,设计出合理的粉煤灰混凝土配合比,以达到提高强度、节约水泥、降低成本的目的。

3.3 成品粉煤灰用于沥青混凝土

试验条件为:细粒式沥青混凝土 AC—10 I 型,级配采用规范中值,锤击次数两面各 75 次,油石比为 6%。

配方设计为:(1)全部采用成品粉煤灰代替矿粉;(2)成品粉煤灰取代矿粉 50%;(3)全部采用矿粉。

经实验室对每个配方进行试验,检测结果见表 4~6。

表 4 成品粉煤灰沥青混凝土试验结果

粉煤灰	密度	空隙率	饱和度	稳定度	流值
/%	/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	/%	/%	/kN	/ $\times 10^{-1}\text{mm}$
5	2410	1.09	88.24	13.16	27.17
6	2440	0.68	95.55	14.98	29.69
7	2450	0.66	99.60	12.50	33.53

万方数据

表 5 成品粉煤灰与矿粉沥青混凝土试验结果

粉煤灰	矿粉	密度	空隙率	饱和度	稳定度	流值
/%	/%	/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	/%	/%	/kN	/ $\times 10^{-1}\text{mm}$
2.5	2.5	2450	1.04	93.22	12.22	28.18
3.0	3.0	2460	0.67	95.61	11.76	30.05
3.5	3.5	2460	0.63	98.28	12.70	38.10

表 6 矿粉沥青混凝土试验结果

矿粉	密度	空隙率	饱和度	稳定度	流值
/%	/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	/%	/%	/kN	/ $\times 10^{-1}\text{mm}$
5	2440	1.87	89.00	12.28	24.59
6	2460	0.86	94.43	12.96	25.41
7	2470	0.72	95.31	12.58	25.94

由表 4 可以看出,随着成品粉煤灰掺量的增加,沥青混凝土密度增大,空隙率减小,流值增大。分析试验结果,我们认为:这主要与成品粉煤灰的物理特性有关,成品粉煤灰为 I 级特细灰,随着成品粉煤灰掺量的增加,沥青混凝土的级配更加合理,从而使得沥青混凝土更加密实,因此密度也随之提高。沥青混凝土的流值随成品粉煤灰掺量增加而增大,主要是由于粉煤灰中含有大量的球状微珠,这与成品粉煤灰用于混凝土后,混凝土塌落度增大有相同之处。

由表 4、表 5 和表 6 的对比分析可以看出:掺成品粉煤灰后,沥青混凝土的空隙率有所降低,而稳定度有所提高,与矿粉相比,成品粉煤灰对沥青混凝土的特性有一定的正面影响,各项试验参数均达到有关标准的规定,因此完全可以使用成品粉煤灰取代沥青混凝土中的矿粉。

自燃煤矸石在水泥基材料中的应用

张长森

(盐城工学院材料工程系, 江苏 盐城 224003)

摘要:检测和分析了自燃煤矸石的火山灰活性,考察了水泥熟料、石膏和激发剂不同掺入量对自燃煤矸石水泥力学性能的影响,并对其水化产物进行了分析。试验结果表明:当石膏和激发剂掺入量均为 7% 时,可制得自燃煤矸石掺量达 46% 的自燃煤矸石—外加剂—水泥基材料,其抗压强度达 50MPa 左右。

关键词:自燃煤矸石; 水泥基材料; 外加剂

中图分类号:X752 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2004)05-0047-05

煤矸石是采煤排放出的工业废渣,而煤炭是我国主要的能源,随着煤炭工业的发展,煤矸石的排放量与日俱增。据统计,煤矸石综合排放量占原煤产量的 15%~20%。我国每年除综合利用煤矸石约 6000 万 t 外,其余部分作为工业废渣堆积。目前全国累计堆

存煤矸石已达 30 多亿 t^[1],形成约 1500 座矸石山,占地 12 万 hm²;造成煤矿周边区域的环境问题,影响煤炭工业的可持续发展。如何治理和综合利用煤矸石,正越来越引起人们的重视。煤矸石煅烧后的灰渣化学组成,一般为 SiO₂ 40%~65%, Al₂O₃ 15%~35%,

4 结 语

粉煤灰的加工处理成本包括药剂费、电费、设备维修费、设备折旧费、人工费和其他不可预见费。经分析和计算,总成本费用为

每加工处理 1t 粉煤灰 45~55 元,而处理后的粉煤灰每吨售价为 85~100 元。因此粉煤灰的加工处理和综合利用不仅有显著的社会效益,而且也可以带来可观的经济效益。

The Fly -ash Processing and Its Comprehensive Utilization in Building Industry

ZHANG Jin-shan¹, LIU Ju²

(1. Neimonggu University of Science & Technology, Baotou, Neimonggu, China)

(2. The Purchasing Office of Baotou Municipal Government, Baotou, Neimonggu, China)

Abstract: To counter the problems of comprehensive utilization of fly-ash with much carbon, the fly-ash processing method of decarbonizing and grading was introduced in this paper. And it also involved the ways of comprehensive utilization of processed fly-ash and experimental results.

Key words: Fly-ash; Processing; Concrete with fly-ash; Bituminous concrete

收稿日期:2003-11-03

作者简介:张长森(1957—),男,副教授,高级工程师,主要从事无机非金属材料的研究。