

# Survey of the Quality of the Fly Ash from Coal-Fired Power Plant in Guangdong Province

Yong Li

Guangdong Yuedian Environmental Protection Co. Ltd., Guangzhou

Email: [liyong\\_yuedian@163.com](mailto:liyong_yuedian@163.com)

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2014; revised: Jul. 20<sup>th</sup>, 2014; accepted: Aug. 1<sup>st</sup>, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

According to the fly ash quality's requirements of the commercial concrete market, 17 coal-fired power plants have been traced and checked for coal ash quality. By analysis and research quality, suggestions of improving the efficiency of the existing resources and controlling the quality of the products have been put forward.

## Keywords

Fly Ash, Quality, Guangdong Province, Survey

---

# 广东省燃煤电厂粉煤灰质量调研

李 勇

广东粤电集团环保有限公司, 广州

Email: [liyong\\_yuedian@163.com](mailto:liyong_yuedian@163.com)

收稿日期: 2014年7月1日; 修回日期: 2014年7月20日; 录用日期: 2014年8月1日

---

## 摘 要

根据商品混凝土市场对粉煤灰质量方面的要求, 组织对17家燃煤电厂粉煤灰进行质量跟踪检测, 分析研

究其质量状况，就提高现有资源利用效益和控制产品质量提出意见建议。

## 关键词

粉煤灰，质量，广东省，调研

## 1. 引言

粉煤灰是燃煤发电厂煤粉在锅炉中燃烧时，从锅炉尾部收集下来的一种灰色或灰黑色的粉末状物体。煤中除了可燃成分以外，还有部分不可燃的灰分，当煤粉在炉膛中呈悬浮状态燃烧时，煤中的绝大部分可燃物都能在炉内燃尽，少量未燃尽的可燃物和煤粉中的不可燃的灰分混杂在一起，部分形成渣块掉落在炉底经除渣设备排出炉外，剩余的则在炉内，在高温烟气的作用下部分熔融，形成大量细小的球形颗粒，随着烟气向炉尾流动，经过除尘器的分离和收集，即为粉煤灰[1]。粉煤灰中含有较多的金属元素钾、钙、钠、镁、铁等以及硅、硼、硫等非金属元素和未燃尽的碳粒等[2]。

由于我国的电力格局是以燃煤发电为主的，近年来随着经济的发展，燃煤电厂粉煤灰的排放量急剧增加。粉煤灰是燃煤电厂发电的副产品，早期被当作固体废弃物处置，近些年，逐渐加重了对粉煤灰的综合利用。目前，粉煤灰综合利用的渠道主要集中在建筑工程、道路工程和农业用灰等方面[3]。在建筑工程方面，可以在混凝土中掺用一定比例的粉煤灰，以节约水泥，在水泥行业，粉煤灰也可以作为水泥生产的原料[4]。

广东省是个经济大省，也是个燃煤发电大省，广东省的燃煤发电厂每年生产出数量巨大的副产品--粉煤灰。广东省商品混凝土行业十分发达，每年粉煤灰商品混凝土产量超过 1 亿立方米，年应用粉煤灰达到 1500 万吨。

由于燃煤发电厂的生产任务是发电，粉煤灰只是其副产品，因此电厂生产系统的设计没有考虑控制粉煤灰质量的问题，电厂也缺少这方面的研究和手段，近年来，燃煤发电厂近年来为了降低锅炉氮氧化物排放，普遍对燃煤锅炉进行低氮燃烧改造，锅炉炉温有所降低，锅炉运行方式也有所改变。另外，燃煤市场变化大，许多电厂燃用煤种情况较为复杂，有时与设计煤种偏离很大，致使燃烧工况变差，粉煤灰质量受影响。粉煤灰是商品混凝土或水泥生产的重要原材料，粉煤灰混凝土对掺用粉煤灰的质量要求主要根据国家标准 GB/T1596-2005《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》，如表 1 所示。

粉煤灰主要质量指标包括细度、烧失量、需水比、三氧化硫含量、含水量、游离氧化钙含量等，其中细度、烧失量和需水比是主要的评价指标。

用 45 μm 方孔筛筛分粉煤灰，留在筛上的粗灰所占比例为粉煤灰细度，一般用百分数表示，比例越大表示粉煤灰越粗。

烧失量主要是粉煤灰中的可燃碳含量，测量方法是在马弗炉中将粉煤灰样灼烧至恒重，灼烧后减少的质量分数即为烧失量，一般用百分数表示。

需水比是指粉煤灰和水的混合物达到某一流动度下所需要的水量，依据 GB/T 1596-2005《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》，粉煤灰需水量比指试验胶砂(掺粉煤灰的水泥胶砂)和对比胶砂(未掺粉煤灰的水泥胶砂试件)，达到相同流动度时用水量之比。

为了解粉煤灰质量状况，寻找控制产品质量的途径，本文对多个电厂的粉煤灰质量进行了跟踪检测，对象包括广东省内 17 家燃煤电厂 46 台机组，共 1523 万千瓦装机容量，年产粉煤灰近 500 万吨。在 3 个月质量跟踪期内，按一定时间间隔，从电厂生产现场随机抽取共 138 份样品，对细度、烧失量、需水比

等三项主要且容易发生质量波动的指标进行跟踪检测。跟踪检测结果基本反映了目前广东主要燃煤电厂出产的粉煤灰质量状况，通过对相关数据的分析研究，找到了影响质量的主要因素，就控制质量和提高综合利用效益提出意见和建议。

## 2. 粉煤灰总体质量情况

从调研的总体统计数据来看，广东省内燃煤电厂生产的粉煤灰合格率接近 95%，质量主要属于二、三级灰级别，有 5% 的粉煤灰因为细度超标达不到等级灰的质量标准，主要集中在某个电厂的两台锅炉，具体数据见表 2 和表 3。细度超标的粉煤灰烧失量指标不高，表明该锅炉煤粉燃烧充分，因此建议在锅炉收灰环节采取措施将部分粗灰分开收集，特别是将省煤器冷灰斗的灰分开收集，以解决细度不合格问题。

## 3. 粉煤灰质量分项指标情况

### 3.1. 细度

调研得到的广东省燃煤电厂粉煤灰的细度分布见图 1。按照目前粉煤灰等级划分方法，各等级粉煤灰所占比例见表 4，可见绝大部分电厂粉煤灰的细度都能达到二、三级灰的要求。

根据粉煤灰市场反映情况，近几年粉煤灰的细度指标有所下降。粉煤灰的细度主要和煤粉细度和煤灰在炉膛中冷却速度有关。调研的结果显示，粉煤灰烧失量指标普遍较低，这表明各电厂煤粉细度都能

**Table 1. Requirements for the quality of fly ash in cement and concrete**  
表 1. 用于水泥和混凝土中的粉煤灰质量要求

项目	粉煤灰等级		
	1	2	3
细度(45 μm 方孔筛余量%)	≤12	≤25	≤45
烧失量%	≤5	≤8	≤15
需水比%	≤95	≤105	≤115
三氧化硫%	≤3	≤3	≤3
含水量%	≤1	≤1	≤1
游离氧化钙%	F 类粉煤灰 ≤ 1.0, C 类粉煤灰 ≤ 4.0		
安定性	C 类粉煤灰 ≤ 5.0		

**Table 2. Overall quality data of the fly ash**  
表 2. 粉煤灰总体质量数据

质量等级	I 级灰	II 级灰	III 级灰	不合格
样品份数	2	58	71	7
所占比例	1.45%	42.03%	51.45%	5.07%

**Table 3. Quality data of the unqualified fly ash**  
表 3. 不合格粉煤灰质量情况

质量指标	细度(45 μm 方孔筛余量%)	烧失量(%)	需水比(%)
检验结果	45.4~58.8	1~3.68	97~105

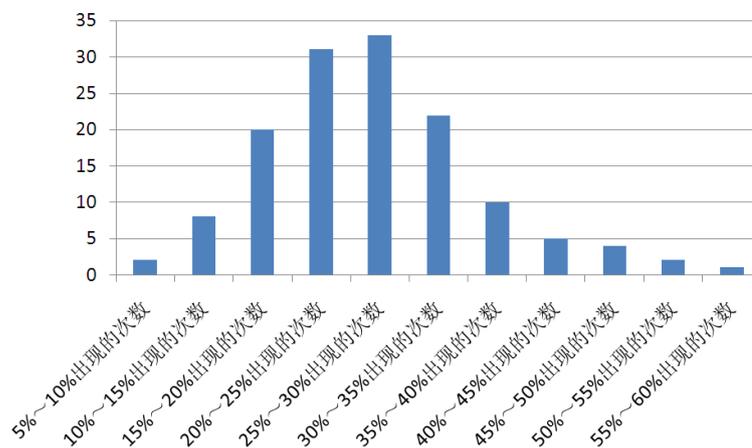


Figure 1. Numbers of each fineness appeared in the 138 findings

图 1. 调研所取 138 份样品中各细度样品数量

Table 4. The fineness distribution of the researched fly ash

表 4. 调研的粉煤灰细度分布情况

细度 A	A ≤ 12 I 级	12 < A ≤ 25 II 级	25 < A ≤ 45 III 级	45 < A 超标
样本数	2	59	70	7
百分比	1.45%	42.75%	50.73%	5.07%

达到基本燃尽的要求。而根据调研的电厂情况，近几年广东省许多燃煤电厂都进行了低氮燃烧改造，锅炉经低氮燃烧改造后，煤粉在炉膛内燃烧的时间有延长，煤粉如果快烧快冷，煤灰较细；如果燃烧和冷却时间延长，煤灰之间粘在一起的机率增加，煤灰变粗。我们跟踪检验发现某山区电厂两台锅炉未进行低氮燃烧改造，其粉煤灰细度明显比其他电厂细，45 μm 方孔筛余量都在 10%~30.2% 之间，有 2 次样品三项指标都达到一级灰标准。

因此锅炉低氮燃烧改造后，会对粉煤灰细度产生一定影响，但基本没有超出合格范围，个别电厂超出标准也可以通过分类收集的方法予以解决。

目前市场应用粉煤灰有二种方式：一种是直接应用；另一种是通过细度分选或磨细加工后再应用。其中分选加工成本较低，市场应用很广泛。因此粉煤灰细度问题，一般不影响最终综合利用。

### 3.2. 烧失量

粉煤灰烧失量在电厂通常称：飞灰含碳量。它主要影响粉煤灰活性和流动性，含碳量高的粉煤灰混凝土搅拌时面上会浮一层黑碳，影响混凝土质量。图 2 为本次调研的粉煤灰烧失量的数据，从图中可以看到，目前电厂的粉煤灰该项指标一般控制在 2% 以下，个别电厂在燃用不熟悉煤种或锅炉工况不好时烧失量在 2%~5% 之间，但都达到国家标准一级灰的要求。十年前，电厂该项指标通常在 5%~15% 的范围内，所以十年前制订的《GB/T1596-2005》和我们电厂的实际情况相吻合的。近十年来我们电厂设备水平已经有了质的提高，现在基本上都是亚临界以上的大机组，超临界、超超临界机组逐渐成为主力，同时电厂管理水平也不断提高，相当部分电厂烧失量指标控制在 2% 以下。从质量跟踪中发现，这种低烧失量粉煤灰流动性好，潜在价值高。

### 3.3. 需水比

需水比是粉煤灰的流动性指标。粉煤灰被应用于混凝土其主要特性之一是改善了新拌混凝土的流动

性，所以流动性是粉煤灰重要质量指标。粉煤灰流动性与其化学成分、微观形貌、细度、烧失量等有关。

目前市场特别看重粉煤灰流动性，高流动性的粉煤灰可以用在高标号商品混凝土，可以减少水泥用量，降低成本，可以满足超高层建筑泵送混凝土的要求。近年来，市场反映粉煤灰流动性变差了，调研过程中，我们通过显微镜对样品微观形貌分析发现，经过低氮燃烧改造后锅炉与没有改造的锅炉其粉煤灰中玻璃体含量有明显差别，前者粉煤灰中玻璃体含量明显比后者少，而玻璃体含量减少会使粉煤灰流动性变差。除了微观形貌以外，粒度、烧失量对流动性也有直接的影响。粒度越细、烧失量越低流动性就越好。

图 3 为本次调研得到的粉煤灰需水比的数据。从图 3 中可知，绝大部分电厂的粉煤灰需水比指标达到二级灰质量标准要求，少量电厂达到一级灰需水比要求。这表面，虽然粉煤灰的微观形貌受锅炉低氮燃烧的影响变差，造成流动性变差，但烧失量大幅降低从某种程度上抵消了这个影响。

### 3.4. 粉煤灰质量提高潜力

从调研结果中发现许多电厂粉煤灰产品的共同特点，如表 5 所示。根据表 5 可知，这些电厂的粉煤灰产品烧失量指标很低，都在 2% 以下，相当部分在 1% 以下，其需水比指标达到或接近一级灰标准要求，这些灰经过简单的分选以后，粒度可以变细，需水比也会进一步降低，从而达到一级灰标准要求。因此，

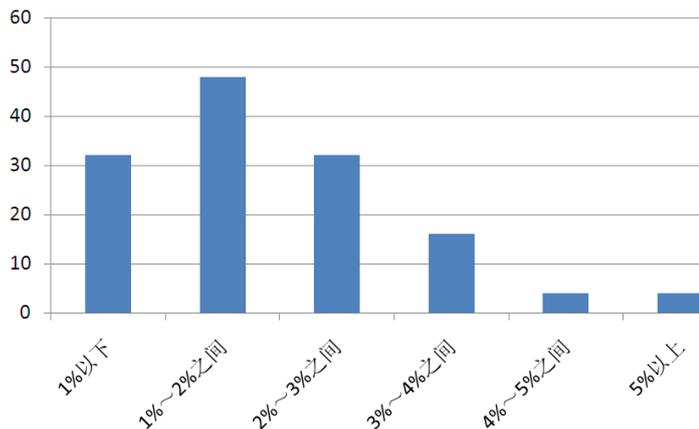


Figure 2. Numbers of each ignition loss appeared in the 138 findings  
图 2. 调研所取 138 份样品中不同烧失量的份数分布

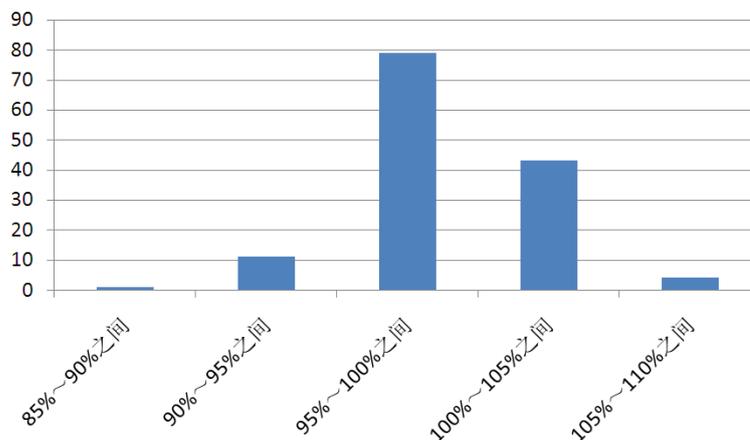


Figure 3. Numbers of each water demand ratio appeared in the 138 findings  
图 3. 调研所取 138 份样品中不同需水比的份数分布

**Table 5. Quality standards of the fly ash in part of power plants**  
**表 5. 部分电厂粉煤灰质量标准**

序号	细度	烧失量	需水比
1 号样品	28.8	0.2	91
2 号样品	19.6	0.7	92
3 号样品	19.4	0.4	95
4 号样品	12.8	0.6	95
5 号样品	16.2	0.71	97
6 号样品	22.1	0.98	97
7 号样品	25.6	1.44	96
8 号样品	23.2	1.36	90
9 号样品	18.8	1.2	98
10 号样品	21.9	1.88	98
11 号样品	28.7	0.24	95
12 号样品	23	0.8	94
13 号样品	38.4	0.3	97
14 号样品	17.4	1.38	92
15 号样品	10	0.94	94
16 号样品	16.8	1.15	96
17 号样品	25.2	0.8	97
18 号样品	22.8	0.87	96
19 号样品	28.8	0.33	92
20 号样品	28.5	1.8	97
21 号样品	23.6	0.42	92

广东省燃煤电厂现有大量一级粉煤灰的原料资源。

一级粉煤灰是高标号混凝土的掺用材料，市场价格是普通粉煤灰的一倍以上，资源也十分紧缺。如果组织对以上电厂优质粉煤灰资源进行简单的分选加工，就能大幅提高资源利用价值，创造很好的经济效益。

#### 4. 结论与展望

从调研结果来看，广东省燃煤电厂拥有大量的一级粉煤灰的原料资源，但其质量指标还需进一步提高。

在粉煤灰最主要的质量指标中，细度指标要求可以通过分类收集方式处理，其中粗灰可以通过再加工达到细度要求。

需水比是与微观形貌、粒度、烧失度都有关系的粉煤灰内在综合性能指标。在相关影响因素中，电厂对粉煤灰微观形貌缺少有效控制手段，但可以通过控制烧失量来改善需水比，检测证明这是一种有效的方式。控制烧失量也与电厂节能降耗的管理目标一致，电厂有许多好的经验和措施。从检测情况来看，凡是烧失量能控制在 2% 以下的粉煤灰，其需水比就低。因此，电厂今后应该把控制烧失量作为控制粉煤

灰质量的重点。

### 参考文献 (References)

- [1] 朱静, 李天祥 (2009) 粉煤灰的改性及其在工业污水处理中的应用. *贵州化工*, **34**, 36-38.
- [2] 赵亚娟, 刘转年, 赵西成 (2007) 粉煤灰吸附剂的研究进展. *材料导报*, **21**, 88-90.
- [3] 王福元, 吴正严 (2004) 粉煤灰利用手册. 中国电力出版社, 北京.
- [4] 马宗庆 (2001) 燃煤电厂粉煤灰综合利用高技术产业的发展思路. *电力建设*, **22**, 43-50.