

工业废渣建筑制品丛书

# 烧结粉煤灰砖

中国建筑工业出版社

V387  
J995

工业废渣建筑制品丛书

# 烧结粉煤灰砖

吉林市砖瓦厂

中国建筑工业出版社

本书介绍烧结粉煤灰砖工业的发展概况，叙述烧结粉煤灰砖的生产工艺，包括原料、成型、人工干燥、焙烧、生产控制和检验。

本书由吉林市基本建设局组织吉林市砖瓦厂技术科编写，姜海秋等执笔。

本书可供砖瓦厂工人、技术人员和环境保护部门的管理干部参考。

工业废渣建筑制品丛书  
**烧 结 粉 煤 灰 砖**  
吉林市砖瓦厂

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米1/32 印张：3 字数：65千字  
1979年8月第一版 1979年8月第一次印刷  
印数：1—11,610册 定价：0.26元  
统一书号：15040·3617

## 出版者的话

工业废渣是现代工业生产过程中的废弃物。其实废渣不废，只是当人们没有认识、利用它们的时候才被废弃；一旦人们认识并利用了它们，就会变废为宝，化害为利。所以正确处理、积极利用工业废渣，是综合利用的一项重要任务，也是保护环境，造福人民的重大措施。认真做好这项工作，对于发展生产，增加社会财富，保护广大人民群众和子孙后代的健康，巩固工农联盟和促进社会主义建设事业的发展，都具有很大的政治意义和经济意义。

解放后，在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国人民发挥了社会主义制度的巨大优越性，在利用工业废渣方面，取得了不少成效。各地区、各部门广泛发动群众，积极利用粉煤灰、冶金渣、煤矸石、煤渣等试制和生产各种砖瓦、砌块、墙板、陶粒、水泥等建筑材料和制品。这样既利用了废渣，又改善了环境，还节约了大量土地和燃料，增加了建筑材料品种，有力地支援了基本建设和工农业生产。事实证明，在优越的社会主义制度和正确的路线指引下，我们不仅可以消除“三废”污染，改善环境，保护人民健康，而且正在把这些废弃物转化为有用的工业原材料或建筑材料，为高速度地发展社会主义经济，提供了新的物质条件。

为了促进工业废渣的综合利用，总结和交流利用工业废渣生产各种建筑材料和制品的经验，进一步推动墙体材料和屋面材料的技术改革，我社将陆续出版“工业废渣建筑制品

丛书”，包括烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖、蒸养煤渣砖、蒸养冶金渣制品、蒸制粉煤灰砖、粉煤灰硅酸盐砌块、加气混凝土制品、水泥废渣瓦、粉煤灰水泥、粉煤灰陶粒、高炉重矿渣利用等。其主要内容是介绍这些建筑材料和制品的生产工艺、性能和应用，及时总结广大群众技术革新的经验，供建筑材料工业和其它工业厂矿中从事工业废渣综合利用的工人、技术人员和管理人员参考。

1975年2月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 概述 .....                   | 1  |
| 第二章 原料 .....                   | 5  |
| 第一节 粉煤灰的物理性能 .....             | 6  |
| 第二节 粉煤灰的化学成分 .....             | 10 |
| 第三节 粉煤灰自然含水率对工艺的影响及其脱水方法 ..... | 14 |
| 第三章 成型 .....                   | 16 |
| 第一节 原料配比 .....                 | 16 |
| 第二节 成型要求 .....                 | 20 |
| 第三节 成型机组主要设备 .....             | 23 |
| 第四章 人工干燥 .....                 | 31 |
| 第一节 人工干燥室及其操作方法 .....          | 32 |
| 第二节 裂纹产生的原因及其处理方法 .....        | 44 |
| 第三节 快速干燥基本方法 .....             | 50 |
| 第四节 热工测定 .....                 | 53 |
| 第五章 焙烧 .....                   | 64 |
| 第一节 码窑 .....                   | 67 |
| 第二节 轮窑 .....                   | 70 |
| 第三节 隧道窑 .....                  | 81 |
| 第四节 余热利用 .....                 | 86 |

# 第一章 概 述

烧结粉煤灰砖是以粉煤灰、粘土及其它工业废渣为原料，经成型、干燥、焙烧而成的一种墙体材料。

烧结粉煤灰砖的主要原料粉煤灰，系用煤作燃料的火力发电厂排出的废灰。一个发电量为五十万千瓦的电厂，每年约排放粉煤灰六十万吨左右。这些粉煤灰，若不处理，危害很大。首先是占用土地，影响农业。以每年排放粉煤灰六十万吨计算，一般需占用土地一百八十亩(深度以五米计算)，直接影响农业生产，并且还要大量投资建造储灰池。其次是污染水质，淤塞水道。这些粉煤灰若排入江河湖泊中，会污染水质，淤塞水道，破坏水产，影响航运，造成用水困难。再次是污染大气，影响环境。这些粉煤灰若不覆盖，就会到处飞扬，污染大气，使灰场附近农作物生长受到损害，使当地居民身体健康受到影响。因此，对粉煤灰进行综合利用，保护和改善环境，是一件刻不容缓的事。

几年来，建材部门和电力部门在粉煤灰综合利用方面做了大量工作，用粉煤灰烧砖，即是其中之一。

用粉煤灰烧砖有很多好处。首先是少占农田，支援农业。烧结粉煤灰砖的粘土耗用量约占百分之四十，每万块砖可少用粘土八立方米余(实方)，以年产一亿块计算，可减少粘土消耗八万立方米余，按一般土层三米计算，相等于少占农田四十亩。其次是化害为利，节约煤炭。焙烧外燃粘土砖(轮窑焙烧)，每万块耗标准煤0.7吨左右。而采用粉煤灰内燃烧结工艺，基本实现了焙烧不用煤(粉煤灰掺量50%，热值600千卡/公斤以上)，并能抽取焙烧余热进行人工干燥，按年产一亿块计算，

可节约标准煤五千吨，节省资金十二万多元。再次是减轻建筑荷重，降低劳动强度。每块烧结粉煤灰砖平均重为2.0公斤，比普通粘土砖轻0.5公斤，容重为1300~1400公斤/米<sup>3</sup>，冻融试验完全合格，导热系数为0.37~0.50，远远小于粘土砖。这就降低了工人劳动强度，提高了运输效率，减轻了建筑物荷重。第四是提高效率，降低成本。烧结粉煤灰砖干燥、焙烧周期均比粘土砖短。人工干燥周期为8~10小时，一般比普通粘土砖缩短二分之一（东北地区则缩短得更多），损失率也大大降低；目前成本比人工干燥粘土砖低10~15%。

由于粉煤灰自然含水率高，烧结粉煤灰砖成型较粘土砖为难，湿坯强度低，生产时必须在原有机组上增加筛选、粉碎、搅拌设备（且绞刀磨损较快），否则粉煤灰掺量不易提高。

利用粉煤灰烧砖，虽然历史很短，但是发展较快。

一九六四年冬，吉林市砖瓦厂成批地试生产烧结粉煤灰砖，取得了一定经验；一九六五年又正式投产。此后，吉林其它地区以及辽宁、黑龙江、江西、上海、天津等省、市也先后成功地生产了这种产品。仅吉林省吉林地区统计，烧结粉煤灰砖的年产量已达二亿六千万块。

烧结粉煤灰砖坯由于大量掺入粉煤灰，进一步适应了快速干燥工艺的要求。随着生产工艺逐步完善，机械化程度不断提高，劳动生产率和产品质量将进一步提高，生产成本将进一步降低，品种将进一步增加，使用范围也将不断扩大。

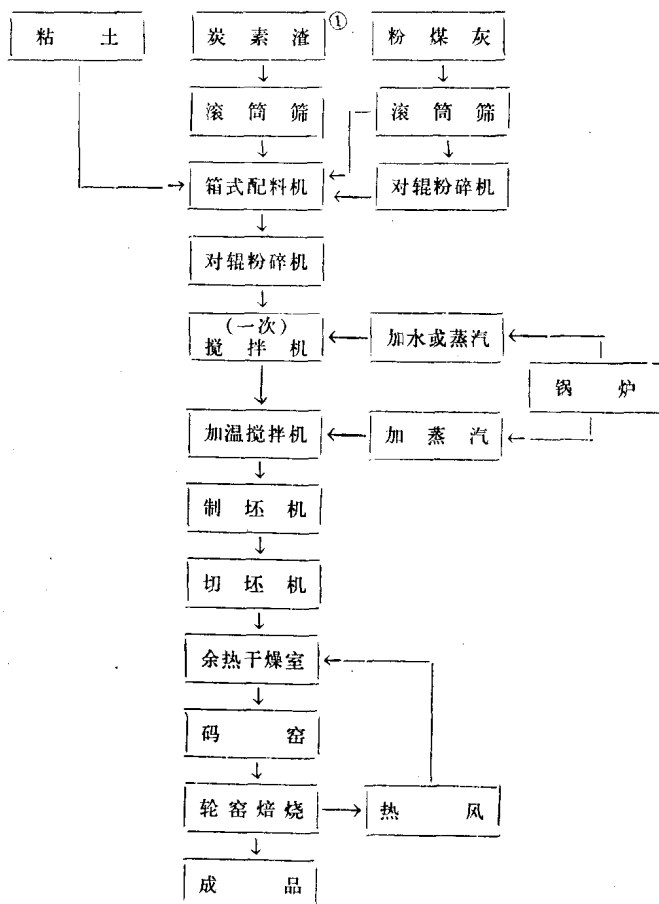
目前，国内生产烧结粉煤灰砖多采用塑性挤出成型和人工干燥；所用的窑型，主要是轮窑和隧道窑，但无论哪种窑型，只要符合工艺操作规程，都会得到合格的产品。现在，烧结粉煤灰砖除普通实心砖外，还有大块空心砖、普通空心砖、拱壳砖和挤出瓦等。近几年来，这些产品在工业厂房、



烟囱、水塔、住宅、剧院等处使用，情况良好。

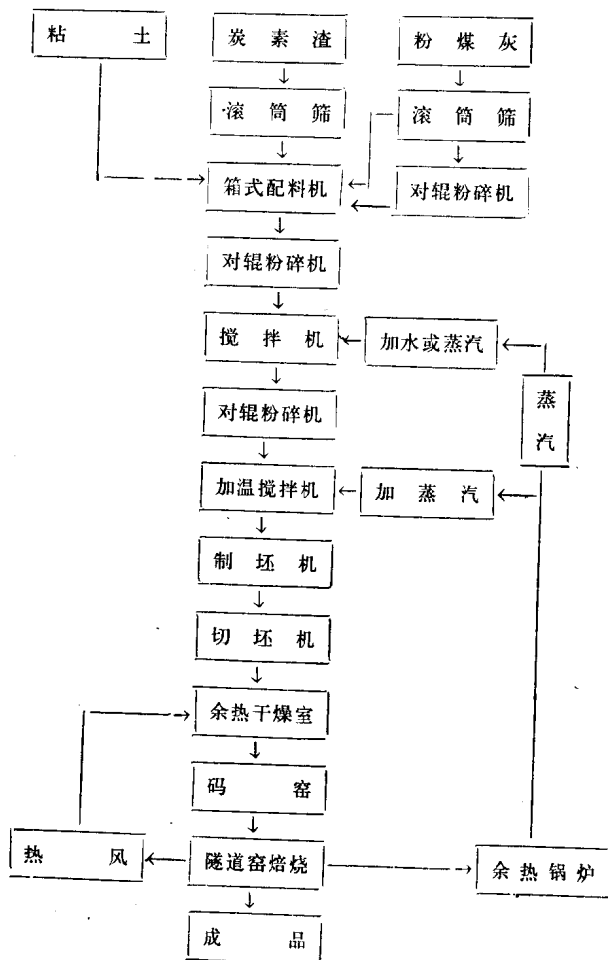
烧结粉煤灰砖工艺流程，是在粘土砖工艺流程基础上改进的。目前我厂采用的工艺流程如下。

人工干燥轮窑焙烧工艺流程



① 炭素渣为制造电极材料所剩废渣，含大量焦粉，通常热值为3300~4000千卡/公斤。

# 人工干燥隧道窑焙烧工艺流程



## 第二章 原 料

烧结粉煤灰砖的主要原料是粉煤灰。

粉煤灰是一种烧粘土质火山灰质材料。它主要为火力发电厂除尘器收集的烟道气体中的细灰，还包括炉底排出的少量烧结渣。

粉煤灰为细粉状，呈灰色或灰白色（含水时呈黑灰色）。粉煤灰颗粒为比表面积大的多孔结构，有许多玻璃质，对水的吸附能力很大，往往含水达30%仍呈松散状态。粉煤灰比重为2.0~2.4，松散干容重一般在550~650公斤/米<sup>3</sup>，高者达800公斤/米<sup>3</sup>以上，比表面积约为2150~3900厘米<sup>2</sup>/克，孔隙率为60~75%。

粉煤灰的物理化学性质取决于煤的品种、煤粉的磨细程度、燃烧方式和温度，以及粉煤灰的收集和排出方法。因此，粉煤灰的质量容易波动，用它作为制砖原料，最好使其质量稳定在一定范围内。

粉煤灰按排放方式分类，可分为湿排和干排两类。粉煤灰按颗粒组成分类，可分为大颗粒粉煤灰和小颗粒粉煤灰两类。

大颗粒粉煤灰系炉排锅炉烧粗粉原煤所剩的渣，使用时需破碎。

小颗粒粉煤灰系原煤研磨成煤粉燃烧后所剩的废渣。就吉林市使用情况看，可分粗颗粒、中颗粒和细颗粒三类。粗颗粒为4900孔/厘米<sup>2</sup>筛筛余量在40%以上，一般热值大于

1000千卡。中颗粒为4900孔/厘米<sup>2</sup>筛筛余量在20~40%，一般热值在400~1000千卡。细颗粒为4900孔/厘米<sup>2</sup>筛筛余量在20%以下，一般热值低于400千卡。

若生产超内燃砖，以粗颗粒为宜（掺量以体积比50%计算，下同）。全内燃以中颗粒为宜，亦可通过加大掺量来实现生产超内燃砖。细颗粒的，就其热值而言，则不适于生产超内燃砖；但加大掺量，对适应于快速干燥，降低混合料的干燥敏感性系数是有利的。

自生产烧结粉煤灰砖以来，由于对工艺不断改革，从半内燃砖发展到全内燃砖，到超内燃烧砖，前后使用的原料有粉煤灰、粘土、煤矸石等。其中前两者是主要的，有的地区由于电厂操作工艺不断改进，粉煤灰热值降为200千卡/公斤以下，不得不掺一部分热值较高的工业废渣，如造气煤渣<sup>①</sup>、炭素渣、焦粉和煤矸石等，以实现超内燃烧砖。

粉煤灰所以能烧制砖，主要取决于它的性能。由于各电厂耗用煤种、工艺设备、燃烧方式和燃烧温度不同，粉煤灰的成分和性能亦不尽相同，因此，必须根据其成分和性能来选定工艺技术、配比标准和成型机组。

下面，我们来介绍一下粉煤灰的物理性能、化学分析、粉煤灰的自然含水率对工艺的影响及其脱水方法。

## 第一节 粉煤灰的物理性能

粉煤灰的物理性能对烧结粉煤灰砖的生产影响很大，因此，对其应有所了解。

---

① 造气煤渣为利用粗粉原煤造气作氮肥原料所抛弃的废渣。

## 一、粉煤灰和粘土的可塑性

粉煤灰在煤粉燃烧时已失去化学结合水，且颗粒较粘土粗，所以塑性极低。因而生产烧结粉煤灰砖必须掺入粘合剂。目前一般为粘土。根据其可塑性的大小，决定粉煤灰掺量的高低。

粘土可塑性的大小是用塑性指数表示的。塑性指数大，则粘土的可塑范围也大，掺入的粉煤灰量亦高。粘土根据塑性指数大小，分为高可塑性粘土、中可塑性粘土和低可塑性粘土三种。高可塑性粘土塑性指数大于15，可掺入粉煤灰60%（体积比，成型机组同上述工艺流程者）。中可塑性粘土塑性指数8~15，可掺入粉煤灰30~50%。低可塑性粘土塑性指数小于7，一般掺入粉煤灰较为困难。烧结粉煤灰砖的混合料属于中低可塑性原料，塑性指数为7~8。

为了大量掺入粉煤灰，必须设法提高粘土的可塑性。使用前粘土要经过风化、冻融、困闷或机械处理，以增加可塑性，并尽量使混合料均匀一致。生产时，为充分发挥粘土的胶结作用，成型过程中要加强机械处理，最好是粉碎粘土；若湿粘土粉碎有困难，则必须加强混合料的粉碎和搅拌，以充分发挥粘土胶结作用，否则均匀的混合料中会夹杂粘土颗粒，对干燥、焙烧均会造成不良影响。此外，对混合料采用蒸汽加热的方法，可达到提高混合料可塑性的目的也是人工干燥必不可少的工艺要求。

## 二、粉煤灰的颗粒组成

粉煤灰的颗粒组成，对其物理性能影响很大。粉煤灰的颗粒组成，一般和粘土相同，可分为三级：粒径小于0.005毫米的；粒径由0.05~0.005毫米的；粒径大于0.05毫米的。

细颗粒粘土越多，粘土的塑性越高。肥粘土和粘土的混

粉煤灰、粘土、造气煤渣的颗粒组成

表 2-1

| 名 称   | 含<br>量 | 2.0<br>~1.0<br>(毫米) | 1.0<br>~0.5<br>(毫米) | 0.5<br>~0.25<br>(毫米) | 0.25<br>~0.1<br>(毫米) | 0.1<br>~0.05<br>(毫米) | 0.05<br>~0.01<br>(毫米) | 0.01~<br>0.005<br>(毫米) | <0.005<br>(毫米) |
|-------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| 粉 煤 灰 | %      |                     | 8.0                 | 3.6                  | 60.0                 | 28.4                 |                       |                        |                |
| 粉 煤 灰 | %      |                     |                     |                      | 28.5                 | 27.0                 | 34.5                  | 5.0                    | 5.0            |
| 粉 煤 灰 | %      |                     |                     |                      | 30.2                 | 21.8                 | 36.5                  | 6.0                    | 5.5            |
| 粉 煤 灰 | %      |                     |                     |                      | 56.9                 | 26.1                 | 15.2                  | 1.4                    | 0.4            |
| 粉 煤 灰 | %      |                     |                     |                      | 29.4                 | 35.3                 | 12.7                  | 12.7                   | 5.9            |
| 造气煤渣  | %      | 56.3                | 6.25                | 9.4                  | 21.8                 | 6.25                 |                       |                        |                |
| 粘 土   | %      |                     |                     | 2.5                  | 4.0                  | 7.0                  | 38.0                  | 6.5                    | 44.0           |
| 粘 土   | %      |                     |                     |                      |                      | 19.0                 | 43.5                  | 11.5                   | 26.0           |
| 粘 土   | %      |                     |                     |                      |                      | 21.4                 | 31.1                  | 14.5                   | 33.0           |

合料适于制瓦，砂质粘土和粘土的混合料适于制砖。若采用快速人工干燥工艺，混合料塑性相当于砂质粘土和砂土为好。粉煤灰、粘土、造气煤渣的颗粒组成见表2-1。

粉煤灰的粒度，对烧结粉煤灰砖坯的成型、干燥和焙烧都有直接影响。如果粉煤灰颗粒粗，掺量又高，则可塑性差，不易成型，同时使制坯机泥缸、螺旋及搅拌机刀叶磨损较快，这样的砖坯，虽然对快速干燥有利，但烧成温度高，不易掌握，同时吸水率高，砖的抗冻性能较差。

若粉煤灰颗粒较细，掺量又小，砖体密实程度虽然可以提高，但干燥又不适宜，可能发生裂纹，而影响制品的质量及工艺操作技术，导热系数增大，烧成热耗提高。

一般说来，粉煤灰的颗粒大小与掺量多少，以保证成型时泥条不在滚床上发生断裂，切出的坯体棱角完整，烧好的砖符合标准为宜。

### 三、混合料的烧结性与耐火度

混合料在加热时，从中排除了水分（掺合水和结合水）

及其他挥发性的组成部分，从而失掉了可塑性；气孔率、颜色、体积及硬度等也都发生了变化。

混合料加热后首先是脱水。在  $110^{\circ}\text{C}$  下可排除几乎所有的掺合水，到  $150^{\circ}\text{C}$  时开始排除部分化学结合水。在  $450\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，排除了绝大部分化学结合水。

化学反应为：



在进一步加热时，碳和硫便氧化，氧化亚铁（在氧化气氛中）变成氧化铁，这一时期是在温度为  $900^{\circ}\text{C}$  左右的时候终止的，如果含有大量易燃物，加热应稍许缓慢些，以便使全部掺合物得以燃尽。

再继续增高温度时，则进入烧结过程。

混合料烧至玻璃化以后（ $900^{\circ}\text{C}$  以上），坯体表面开始呈现光泽，部分颗粒熔融软化，坯体变得密实，气孔率降低，体积收缩，强度增高。这个过程即是混合料的烧结过程。这时的温度叫烧结温度。温度再升高时，坯体将极度软化，如用三角锥试验时，其锥顶弯到底板上，这时的温度叫做混合料的耐火度，通常这时混合料就开始熔融和膨胀，达到这个温度时，砖已焙烧过火。

原料的烧结温度到耐火度之间温度差数，叫做原料的烧结范围。

由于配比不同，各种坯体的烧结范围差别很大。烧结范围大，焙烧制品时容易控制，产品易于焙烧均匀；反之，焙烧时比较难于掌握。一般要求烧结范围应大于  $50^{\circ}\text{C}$ 。

我厂现行烧结范围为  $950\sim 1020^{\circ}\text{C}$ ，最佳烧结温度为  $980\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。

生产超内燃砖，关键的一环是掌握配比标准。只有配比

标准正确，才能实现烧砖不用煤或基本不用煤。要得出正确的配比标准，就必需事先对粉煤灰等进行工业分析。

## 第二节 粉煤灰的化学成分

粉煤灰的化学成分包括：二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁、氧化钙、氧化镁、氧化钾、氧化钠、二氧化钛、氧化锰、五氧化二磷、氮、碳、硫，以及微量的钼、硼、锌、钴等化学分析。通常只做与粘土相同的几项。即二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁、氧化钙、氧化镁和烧失量。由于其它化合物的数量极微或不常见，其影响也不大，因而一般可以忽略不作分析。我国部分地区电厂粉煤灰的化学成分（%）见表2-2。

我国部分地区电厂粉煤灰的化学成分（%） 表 2-2

| 粉煤灰<br>产 地 | 烧失量   | 二氧化硅<br>(SiO <sub>2</sub> ) | 三氧化二铝<br>(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 三氧化二铁<br>(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 氧化钙<br>(CaO) | 氧化镁<br>(MgO) | 三氧化硫<br>(SO <sub>3</sub> ) |
|------------|-------|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 上 海        | 3~5   | 46~54                       | 29~38                                      | 4~7                                        | 2~7          | 0.5~1.5      | 0.1~0.2                    |
| 淮 南        | 1~5   | 49~52                       | 30~38                                      | 5~12                                       | 3~6          | <1           | <1                         |
| 大 同        | 2~25  | 44~59                       | 14~17                                      | 9~17                                       | 2~4          | 1~2          | <1.5                       |
| 唐 山        | 7.73  | 42.71                       | 38.05                                      | 4.13                                       | 3.94         | 1.52         | 0.28                       |
| 兰 州        | 3.02  | 51.50                       | 24.96                                      | 7.63                                       | 6.00         | 3.57         | 0.22                       |
| 洛 阳        | 8.39  | 50.34                       | 23.55                                      | 7.68                                       | 5.27         | 2.59         | 0.38                       |
| 重 庆        | 17.31 | 38.26                       | 21.53                                      | 16.64                                      | 4.20         | 1.26         | 0.13                       |
| 郑 州        | 3.30  | 53.40                       | 24.40                                      | 10.30                                      | 7.10         | 2.40         | 0.70                       |
| 石景山        | 2.70  | 49.90                       | 23.50                                      | 9.70                                       | 9.40         | 2.60         | 1.20                       |
| 成 都        | 6.50  | 54.20                       | 14.10                                      | 5.40                                       | 3.60         | 2.20         | 0.10                       |
| 南 宁        | 5.10  | 46.90                       | 40.30                                      | 5.20                                       | 1.60         | 0.20         | 1.00                       |
| 开 远        | <5    | 20~25                       | 10~15                                      | 9~12                                       | 35~45        | 3~5          | 2~4                        |



各种化学成分对烧结粉煤灰砖的焙烧作用分述如下：

**二氧化硅** 二氧化硅常以结晶氧化物或与氧化铝的化合物存在于粉煤灰中。

在混合料中二氧化硅的粒径很重要，很细的颗粒将起助熔作用，较大颗粒将增加混合料的耐火度。因为混合料不是单一物质，所以没有一定的熔点，而在一定的温度范围内逐渐软化。一般来讲，耐火度高的坯体，其烧成温度也较高。随着粉煤灰掺量增加，烧成温度也相应提高。

当混合料中二氧化硅的含量超过 75% 时，塑性大大降低，制品的力学强度降低，尤其是抗折强度下降很多。二氧化硅含量的增多，将减少砖坯的干燥和烧成收缩，当其含量达到 80% 时，砖坯的收缩极小。

二氧化硅含量的增加，将加快砖坯的干燥速度，并提高成品的吸水率；同时它还将减少砖坯在干燥及焙烧时的变形和开裂。

**三氧化二铝** 三氧化二铝在粉煤灰中是以与二氧化硅化合的矿物形式存在的。

三氧化二铝含量高的粉煤灰，在大多数情况下可提高制品的力学强度。增加三氧化二铝含量，将提高制品的耐火度，同时也将提高制品的烧成温度。

碱金属矿物和其它助溶剂将降低制品的烧成温度，而三氧化二铝的作用却相反。

据实践经验，粉煤灰中的三氧化二铝一般不少于 15%。

**三氧化二铁** 三氧化二铁是烧结粉煤灰砖的重要着色剂，它能使砖体呈红色。

粉煤灰由于高温鼓氧燃烧，并不存在氧化亚铁和四氧化三铁，它们是在坯体内部，由于超内燃而造成的还原气氛中