

发电厂粉煤灰在 建筑材料工业中的应用

中国科学院土木建筑研究所水泥矽酸盐组编

水利电力出版社

內 容 提 要

本書主要介紹利用粉煤灰制作矽酸鹽、泡沫矽酸鹽制品、防水層和配製低標號無熟料水泥等的方法，這些經驗都是比較成熟的，作起來也比較簡單，對促進粉煤灰的廣泛應用有一定的作用。

書內文字通俗、內容淺顯，可供發電廠、大型企業鍋爐房和建築材料企業的領導人員和技術人員閱讀。

發電廠粉煤灰在建築材料工業中的應用

中國科學院土木建築研究所水泥矽酸鹽組編

*

1386R291

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里路）

北京市書刊出版業營業許可證出字第100號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * $\frac{1}{2}$ 印張 * 11千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷（0001—10,100冊）

統一書號：T15143·236 定價（第9類）0.06元



我国现在正以一日千里的速度进行大规模的社会主义工业建设,不管是水利电力建设,交通建设以及其他各方面的基本建设,都需要大量的不同种类的建筑材料。目前如果单是依靠现有的水泥企业的生产是远远不能满足客观的要求的。因此,如何考虑随着各项工业建设的高度发展,在其生产过程中取得大量的副产品或废渣加以利用,这对加速国家工业建设来说,是具有很大的经济意义的。

粉煤灰是火力发电厂或大型企业锅炉房在燃烧粉煤以后的一种“废料”。这种所谓废料过去在大多数的工厂中都是用水冲走,今天看来,这是很可惜的。如果我们能够采用有效的技术措施,在不妨碍工厂正常生产的条件下把它接取过来,加以利用,它就成为用以节约水泥和其他较为贵重的材料的良好物质了。这不仅为生产厂解决了对煤渣的处理上的困难,而且也能达到物尽其用,为国家增加了更多的有利于工业建设的物质财富。

从1953年起,许多科技部门对燃料灰渣的活性、性能以及它在建筑材料上的应用,都进行过较为详细的研究,并且得到了很好的效果。试验证明,粉煤灰可以利用为生产矽酸盐(石灰——粉煤灰)制品的原料,作为沥青混凝土和玻璃砖的填充料,配制低标号无熟料水泥,配制低标号混凝土以及保温层或隔音层的铺撒料等。

我所自1956年起,曾利用粉煤灰制作矽酸盐、泡沫矽酸盐制品、防水层和配制低标号无熟料水泥,这些都取得了良好的效果。现在仅就试制情况,作一简要的介绍,希望对促进这方面经验的交流和进一步把粉煤灰广泛地应用到建筑材料工业中去能够有所帮助。

目 錄

一、煤渣和粉煤渣.....	3
二、粉煤灰的活性作用.....	4
三、影响粉煤灰活性的因素.....	5
四、粉煤灰渣在建筑材料工业中的应用.....	7

一、煤渣和粉煤灰

在未談煤渣和粉煤灰之前，首先有必要介紹一下“粉煤灰”这一名称。現在各方面对这个名称用得很不統一，曾經有过下列名称：“粉煤渣”、“煤灰”、“烟灰”、“飞灰”、“爐灰”等。目前采用“粉煤灰”这个名称較多，实际上这个名称也較合理。因为它是粉煤燃燒以后的餘燼。粉煤燃燒以后大約分成三个部分：一部分成为渣狀，剩餘爐底；一部分成为青灰色的粉煤灰；还有一部分成为白烟，通过烟囱而放逸出去。所以，称作“粉煤灰”是比較通俗而恰当的。当然，正式的命名还有待于国家最后的决定。

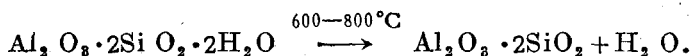
煤渣是礦物質固体燃料煤經燃燒后所餘下的灰燼的通称。如按其来源来看，就可分为无烟煤渣、褐煤渣、烟煤渣、泥炭渣和可燃頁岩渣等；如按燃燒方法來說，它是依据火电厂的鍋爐形式而定，一般有鍊条炉与粉煤炉兩種类型。鍊条炉是以碎煤为燃料，在炉排上經燃燒以后，随着炉排的轉动而排出煤渣。粉煤炉用煤是預先將煤磨細成煤粉，經鼓风机随空气吹送入炉內。煤粉燃燒以后的煤灰，一部分沉降于炉底，即叫粉煤渣；此外，大部分煤灰是随着廢气排出积于吸尘器中，这就称为“飞灰”。由于粉煤燃燒比較完全，殘留的碳質也少，一般都是成为灰白色的粉末；此外，还可分为原渣和燒岩渣，凡在炉中燃燒而得的統称为“原渣”，在地层或矿井中自然而成的則称为“燒岩渣”等。以上所談及的各种名称的煤渣，其实質都是一样，是由固体燃料煤經燃燒后所得的灰燼。它們都具有火山灰活性酸性的混合材料性質，所不同的，只是燃燒后所表現出来的形狀不一样而已。

二、粉煤灰的活性作用

粉煤灰是一种人工的火山灰物质，其中含有大量的酸性二氧化矽和氧化铝。火山灰物质本身虽无胶凝作用，但是在平常温度下，它在水中能与石灰结成不溶解的具有水硬性的化合物。由于它具有这样的性质，可以归纳于活性混合材料的一类。

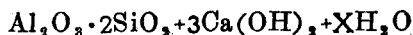
根据多种煤的化学分析，我们知道了煤的主要矿物成分为硫化铁、高岭土和碳酸钙，而高岭土的含量约佔全部矿物成分的90~95%。

高岭土是属于黏土矿物的一种，一般认为在黏土中矽酸有三种状态存在：1. 结晶质石英颗粒；2. 高岭土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和蒙脱石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$)等；3. 非结晶质含水矽酸的胶质粒子。黏土中的 Al_2O_3 绝大部分是与矽酸成化合状态存在的，其余部分为胶质不安定状态的含水物。矽酸和氧化铝的非晶质含水物，很容易与石灰起反应，生成含水矽酸钙与含水铝酸钙。这样，就使属于烧粘土类型的物质与石灰发生硬化。如果高岭土用高温处理时，其中结合水蒸发，会使高岭土变为无水偏高岭土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)，反应如下：

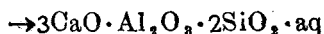


甚至使其分解为氧化铝及无定形氧化矽，增加粘土的活性。活性氧化矽能和水泥产生水化作用而生成的游离氧化钙结合生成不溶于水的矽酸钙($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$)；活性氧化铝和氧化钙溶液作用，生成水化铝酸钙($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{aq}$)；此水化铝酸钙在氢氧化钙和硫酸钙的溶液中，可以生成含水硫铝酸钙。这些化合物很难溶解于水，具有硬化和抗水性。硬化过程一般按下

列反应表示:



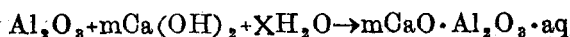
无水偏高岭土 消石灰 水



水化矽鋁酸鈣



氧化矽 消石灰 水 水化矽酸鈣



氧化鋁 消石灰 水 水化鋁酸鈣

因此，从成分上說，粉煤灰就是一种經過高温煨燒的或多或少含有未燒尽炭分的粘土。

粉煤灰与石灰混合，在与水相遇的情况下，粉煤灰中的活性成分就与石灰化合，发生硬化性質，因而可以說粉煤灰的活性是因为灰渣中存在着活性的成分，活性成分的多少也就可以决定粉煤灰活性的大小。

三、影响粉煤灰活性的因素

粉煤灰活性的大小，直接受到煤的品种、燃燒温度、未燒爐碳分和陈化等因素的影响，現分別簡要說明如下：

1. 煤的品种的影响

煤的品种不同，燃燒所得的灰渣成分也不相同，活性也不一样。普通常用的煤有褐煤、烟煤和无烟煤三种。褐煤中含氧化鉄較少，一般不超过 8 ~ 12%，由于具有助熔作用的鉄少，就使煤燃燒得不够透彻，因而还含有較多的碳分，煤渣的安定性差，所得的煤渣不易熔結成块，呈松软状态。无烟煤和烟煤中

含氧化鉄較褐煤為高，一般高達18~20%。氧化鉄系由煨燒硫化鉄生成，硫化鉄的煨燒能促進高嶺土的煨燒。因此，這種煤渣往往熔結成塊狀，活性也能隨着提高。此外，如用泥炭和可燃頁岩所得的煤渣，具有高度的活性，這是因為其中含有較多的石灰(CaO 含量大於15—20%)，在加熱的過程中，石灰與煤渣中的粘土質相互作用而產生活性物質。一般說來，褐煤渣的活性較无烟煤渣和烟煤渣為高，因為：

(1) 褐煤中碳分少，因此較无烟煤和烟煤燃燒溫度低。同時，褐煤中灰分較多，即使在爐中溫度最高部分，煤渣也不會煨燒過熱而失去活性。

(2) 褐煤渣常較无烟煤渣和烟煤渣含有較多的氧化鈣，可以促進煤渣的活性。

2. 燃燒煤的溫度的影響

上面已經談到，粉煤灰具有高嶺土性質的粘土，因而如何來控制煤燃燒的溫度，使其煤渣的活性提高，應該以高嶺土的燃燒溫度為準繩。在高嶺土的加熱曲線上指出，當溫度為520~580°C時，呈吸熱效應，當溫度為930~947°C時，呈放熱效應。由此可以看出，高嶺土在900°C溫度以下由高嶺土脫水所生成的偏高嶺土是穩定的，如繼續加熱至1000°C時，偏高嶺土中的活性氧化鋁即變成結晶體(γ -氧化鋁)，活性就顯著降低，但氧化矽在相當程度內仍保持它的活性。要使煤渣中氧化鋁得到最大活性，燃燒溫度最好在900°C以下，即在吸熱效應的範圍以內。如果燃燒溫度低於520~580°C時，則高嶺土並未發生脫水作用，其中的氧化鋁和氧化矽仍呈原始狀態，活性也就無從發生。

如粉煤渣受到過高的溫度(1500°C左右)，就會降低活性，

甚至喪失活性。

3. 未燃盡碳分對活性的影響

在煤渣中往往由於燃燒不完全，還剩下部分的碳分，這對活性是不利的。因為微細的碳末，在水泥和混合材料微粒的表面上，能形成一層微薄的抗水性的薄膜，這樣，就妨礙了水泥的水化作用，使煤渣中的活性部分不能充分與石灰起化學反應。另外，煤渣中未燃盡的碳分能逐漸揮發氧化，變成氣體，如果以含碳較多的煤渣作為輕質混凝土的集料，由於氧化作用發生空隙，混凝土強度就要減低。

粉煤如果得到較完全的燃燒，粉煤渣中遺留未燃盡的碳分很少，安定性就良好。

4. 陳化作用對活性的影響

所謂煤渣的陳化作用是指煤渣放置時間較長的风化作用，它對於活性同時產生兩種相反的影響：一種是將煤放置一個時期，其中碳分在空氣中氧化逐漸揮發或變成氣體，剩餘在煤渣中的大部分為不揮發的炭質，這樣有助於煤渣的品質。如果煤渣在陳化過程中未燃盡的碳分逐漸氧化積聚的热量使碳分自燃，則更有助於煤渣的活性。另一種是煤渣在陳化過程中一部分偏高嶺土可能被空氣中的濕氣水化，這樣就會降低煤渣的活性。

四、粉煤灰渣在建築材料工業中的應用

1. 應用於矽酸鹽建築材料

燃料灰渣在矽酸鹽建築材料工業中的應用，早為世界各國所注意。德國和法國在利用粉煤灰方面都有一些成效，蘇聯的

成就更为突出。早在 1935 年，工程师 B.B. 苏罗捷夫和 A.C. 拉左瑞罗夫就将熟石灰和干炉渣在球磨机中一日研磨，制成了一种名为炉灰水泥的水硬性胶凝材料。随后许多工程师，如 C.M. 罗金布利特，A.C. 瓦捷科，A.H. 波波夫，Л.А. 吉斯良科夫等，都先后利用石灰和火电站的炉渣制成了蒸汽硬化的建筑制品。现在，卡史尔火电站，斯大林诺格尔火电站和莫斯科火电站的炉渣已广泛应用于制造建筑材料。

我国在建筑工程实践中，也有利用炉渣的经验，可惜未经系统整理，不能普遍推广。至于用作矽酸盐建筑制品的原料，虽已开始注意，但目前尚无可靠的资料。

我们在最近两年，曾利用粉煤灰和炉渣制作蒸压和非蒸压的矽酸盐和泡沫矽酸盐，现将点滴经验，分别简要介绍如下。

(1) 原料性质

我们试验研究中所采用的原料计有玉泉石灰厂生石灰，石景山粉煤灰和富拉尔基炉渣三种，它们的化学性质如下表所示。

原料名称	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	烧失量	可溶性 SiO ₂
玉泉生石灰	92.53	0.41	2.34	0.31	0.5	—	5.2	—
石景山粉煤灰	3.96	0.45	49.88	37.37	5.61	0.67	2.4	3.15
富拉尔基炉渣	14.12	2.66	54.55	17.45	6.25	0.55	0.32	2.90

玉泉石灰的消化温度为 98°C，消化速度为 3.7 分（试验方法与一般方法相同，但为避免容器散热不均，改用 1/2 磅热水瓶测定，故测定结果比一般的稍高），使用前磨细至 85%，要能通过 4900 孔/公分²筛，并能全部通过 900 孔/公分²筛。

粉煤灰不须碾磨，90% 可通过 4900 孔筛，炉渣则磨细至 80%，要能通过 4900 孔/筛。

試驗中还采用了二水石膏和水玻璃(比重=1.57)作为混合料的緩凝剂和增强剂。

(2) 用燃燒炉渣制作的几种矽酸鹽材料

① 石灰—粉煤灰蒸压矽酸鹽

將磨細的生石灰和粉煤灰混合，加水拌勻后，澆灌入模型中，然后用振幅为0.5公厘，頻率為3000的振動台使混合料搗實，靜置10小時后，按3—8—2的蒸壓規程在8大氣壓的蒸壓釜中經蒸壓處理，即可獲得強度很高的矽酸鹽。根據我們的試驗結果，石灰用量佔混合料總重的10%時，石灰—粉煤灰矽酸鹽的抗壓強度為200公斤/平方公分；石灰用量增加至16%時，抗壓強度即接近300公斤/平方公分，此時適宜的水量為38—40%。在混合料中加入石膏之后，強度還可提高，因為粉煤灰的保水性差，常因泌水過多而降低強度，所以可向混合料摻入部分磨細砂以改善其性能。

當材料配合比為1:2.6:2.6:0.03(石灰:粉煤灰:磨細砂:石膏)時，矽酸鹽的抗壓強度可達400~500公斤/平方公分，在這種情況下，矽酸鹽的建築性能如下：

容重：1500公斤/立方公尺；

比重：2.39克/立方公分；

空隙率：37.6%；

吸水率：21%；

抗凍性：在-16°C下凍融100循環后，強度降低11.4%；

耐水性：25次干濕循環后，強度不降低。

② 石灰—粉煤灰非蒸壓矽酸鹽

因為粉煤灰是含有活性氧化矽和氧化鋁的材料，因而它與石灰反應的化學活性很高，所以有可能不經高壓蒸汽處理即可達到一定強度。

我們仍按前述1:2.6:2.6:0.08的配合比制成矽酸鹽混合料之后，不經蒸壓處理，而在90°的溫度下用蒸汽養護16小時，即可使制品強度達到250公斤/平方公分，証明不用蒸壓釜是完全可能的。

③石灰—爐渣非蒸壓矽酸鹽

用石灰和磨細爐渣為膠凝材料，再加碎石為骨料，用普通蒸汽養護可以制得標號為200號的爐渣矽酸鹽混凝土。我們用配合比為1:8:10:0.26(石灰:爐渣:碎石:石膏)的混合料，在90°溫度下蒸汽養護16小時，制得了抗壓強度為180公斤/平方公分的矽酸鹽混凝土，其抗拉強度為12公斤/平方公分，彈性模量為1200000公斤/平方公分。

④石灰—粉煤灰蒸壓泡沫矽酸鹽

先將泡沫劑(松香)加水在泡沫攪拌機中攪拌，發生泡沫，然後加入矽酸鹽混合料中拌勻，澆灌入模型中。靜置4—10小時后，送入最大氣壓為8個，最高溫度為174°C的蒸壓釜中，經蒸壓處理后，即可獲得硬化的泡沫矽酸鹽。石灰與粉煤灰的重量配合比應在1:3至1:5之間才能保證制品的強度和外形的完整。混合料中還須加有石灰重量為10%的二水石膏，以減緩石灰的消化和提高制品強度。攪拌混合料時所需的水量約為干料總重量的50~60%，適宜的蒸壓規程為4—4—4。

制品的容重可由泡沫用量的多少來控制，當制品容重為720公斤/立方公尺時，它的一般物理—力學性質如下：

抗壓強度：66公斤/平方公分；

比重：2.15克/立方公分；

空隙率：67%；

吸水率：46%；

軟化係數：0.68；

抗冻性：在 -16°C 下經受30个冻融循环强度降低10.5%；

耐水性：經15个干湿循环后，强度增高1.5%。

⑤石灰—粉煤灰非蒸压泡沫矽酸鹽

石灰—粉煤灰非蒸压泡沫矽酸鹽的制造方法完全与蒸压泡沫矽酸鹽相同，仅在混合料灌入模型并經靜置一定時間后，不用蒸压釜而送入普通蒸汽养护室中养护。蒸汽温度为 90°C ，养护时间为18小时。当材料配合比为1:3:0.1（石灰:粉煤灰:石膏），水量为干料重量之60%时，容量为800公斤/立方公尺的泡沫矽酸鹽抗压强度可达36公斤/平方公分。

当容重由550公斤/立方公尺增大至1100公斤/立方公尺时，其相应的抗压强度由15公斤/平方公分增高至95公斤/平方公分。

非蒸压石灰—粉煤灰泡沫矽酸鹽的物理—力学性質如下：

容重：800公斤/立方公尺；

抗压强度：36公斤/平方公分；

比重：2.11克/立方公分；

空隙率：62%；

吸水率：48%；

軟化系数：0.55；

抗冻性：在 -16°C 下冻融化循环后，强度减低6.6%；

耐水性：在干湿15次循环后，强度增高为34.9。

⑥石灰—炉渣非蒸压泡沫矽酸鹽

石灰—炉渣非蒸压泡沫矽酸鹽的制作方法完全与用粉煤灰的相同，材料配合比仍为1:3:0.1（石灰:炉渣:石膏），但另加有石灰用量为5%的水玻璃，以提高强度，水量减少至干料总重的37~42%。

这样制得的泡沫矽酸鹽，强度較用粉煤灰的稍低。当容重由600公斤/立方公尺增加至1400公斤/立方公尺时，抗压强度由11公斤/平方公分增加至125公斤/平方公分。

当容重为800公斤/立方公尺时，材料的一般性能如下：

抗压强度：22.5公斤/平方公分；

比重：2.27克/立方公分；

空隙率：65%；

吸水率：41%；

軟化系数：0.67；

抗冻性：在 -16°C 下冻融化循环后，强度增高31.5%；

耐水性：干湿15循环后，强度增高70.6%。

如上所述，燃料灰渣不仅可以用作蒸压矽酸鹽和泡沫矽酸鹽的原料，还可以用来制作非蒸压的矽酸鹽和泡沫矽酸鹽。它們的建筑性能都很好。

制造蒸压矽酸鹽制品必須有高压釜設備，目前我国尚不能充分供应，所以在实用上还受到一定的限制，至于非蒸压矽酸鹽材料仅須蒸汽养护，在目前条件下即可广泛采用。

2. 应用於防水性能良好的防水層

由于粉煤灰中含有大量的油性的燒燼物質，因此具有良好的增水的性質。它是建筑工程上防水材料的良好原料与填充料。例如，可以用作瀝青油毡表面的涂撒料，瑪瑙脂的填充料，分散瀝青的掺料等等。

很細顆粒的煤粉灰，用很少量的稀釋瀝青或其他增水性的物質，如頁岩产品的裂化殘油，瀝青原料(即重油)，进行混合攪拌，使粉煤灰的表面，蒙上一层极薄的瀝青薄膜后，有了更高的增水性，这种經過增水化处理获得很高的表面增水性的

粉煤灰，称为防水屑。因为它用烟灰制造的，也叫烟灰防水屑，将它鋪在平屋頂或小坡度的屋頂上（不大于20%的坡度），滾压結实后就成为十分可靠的防水层。

防水屑的防水原理簡單介紹一下。防水屑层經過压实后，它的内部的毛細孔是十分細的，造成了互相連接的許許多多的極細的毛細管。它对水有很大的毛細管作用。大家都知道，很細的玻璃管由于毛細管的作用結果有吸水或引水上升的作用，那是由于玻璃管的內壁是亲水的。而防水屑的顆粒之間所圍成的毛細管壁正好相反是憎水的，它就有了排斥水，抵抗水的作用，故可以用来作为防水材料。

用作防水屑的粉煤灰最好是現成的很細的烟灰，而炉灰或較粗的烟灰，就需要經過人工磨細，結果增加了成本。

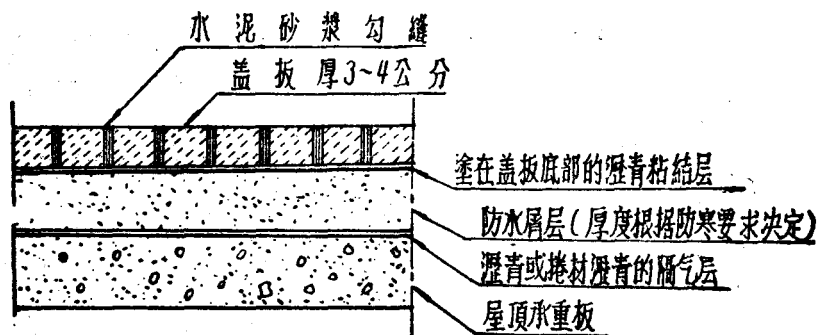
干燥的粉煤灰，利用普通的攪拌机，在200°C温度下，加入3%左右上述有抗憎水材料的热液（1%的瀝青，2%的油），攪拌20分鐘就制成了防水屑。

防水屑不但能防水，而且由于价格便宜与隔热性能良好，同时又是很不易受潮的良好保温材料。

如果用石景山电厂的烟灰或者長春第一汽車厂的烟灰；加入3%的撫順第一石油厂的裂化殘油或者石油蒸餾后的重油，或者3号、4号石油瀝青与撫順綠油的混溶液，就可制成抗水性能达2公尺的防水屑，它的傳热系数約为0.10~0.13。

防水屑屋面的構造很簡單，可用下图說明。

这种材料首先是苏联发明的，在我国也已經进行了試用。但是，以往由于对材料的性質与使用方法还不够了解，在設計、施工方法上存在着許多缺点，不論在苏联或我国試点的工程中，大都发生了或多或少的缺点。中国科学院土木建筑研究所，根据以前使用經驗与存在的問題，作了进一步的研究。



1956年为設計施工与材料制造提出了有效的改进措施。目前，在長春市繼續进行范围較大的試点使用。1957年沈阳市也进行了新的試点，据今年沈阳市建筑工程局調查結果来看，改进的效果很好。預期在一年內，对这种材料的耐久性作出更确切的应有的評價。

采用这种材料作为平屋頂防水层有下列的优点：

- (1) 防水性高，一般能达到1—2公尺；
- (2) 兼有良好的保温性能，傳热系数为0.10~0.13；
- (3) 耐久可靠，严冬天气不脆裂，最热的夏天不流淌；
- (4) 施工不受季节影响，冬夏都适宜；
- (5) 价格便宜，原料全用廢料与少量廉价的瀝青类材料，且加工簡單；
- (6) 如果設計施工与材料加工正确，能長期耐久。
- (7) 容重輕，承重力小。

3. 应用於配制无熟料的水泥

用粉煤灰和其他活性混合材料配制无熟料水泥，由于時間的关系，未能对其性能作系統的試驗，初步只作一般物理性能

的探索，茲將試驗結果載于后，仅供交流經驗作一參考。

(1) 石灰烟灰水渣水泥：

編號	配合比% 石灰:水渣: 烟灰:石膏	稠度 %	細度% 49002孔 /殘留量	凝結時間		安定性		抗压強度		成型后經4小时 蒸汽養生強度
				初凝	終凝	蒸	煮	7天	28天	
A ¹	20:20:55:5	29	5	—	7 小时	完好	完好	55	118	—
A ²	20:30:45:5	28	5	—	—	完好	完好	78	132	—
A ³	20:40:35:5	35	7	47分	1-15	完好	完好	90	180	160
A ⁴	20:50:25:5	—	—	47分	1-15	完好	完好	96	180	136
A ⁵	25:40:30:5	—	—	—	—	—	—	112	160	164
A ⁶	25:30:40:5	—	—	—	—	—	—	114	164	118

(2) 石灰水渣炉灰水泥：

編號	配合比% 石灰:水渣: 爐灰:石膏	稠度 %	細度 %	凝結時間		安定性		抗压強度		(公斤/平方公分)
				初凝	終凝	蒸	煮	7天	28天	
1	20:30:45:5	35	5	45	1.40	完好	完好	90	148	
2	20:45:30:5	—	5	—	—	完好	完好	110	208	
8	25:25:45:5	—	5	—	—	完好	完好	88	144	
4	25:45:25:5	37	7	20	40	完好	完好	118	186	

試驗所用的烟灰是石景山发电厂的，其化学成分为： SiO_2 49.88%， Al_2O_3 37.37%， Fe_2O_3 5.61%， CaO 3.96%。

MgO 0.45， SO_3 0.67，燒失量 2.4%。

石灰为玉泉块灰：其 CaO 含量为 92.53%。

石膏为太原二水石膏， CaSO_4 含量为 94.2%。

以上所制出的水泥可作抹灰砂漿、砌筑砂漿和低标号混凝土工程。