

10079-d-009

P528.9

0613

36

新昌沸石在我厂水泥生产中的研究与应用

新昌水泥厂

8.9
3

目

录

前 言	2
新昌沸石的特点	3
新昌沸石在我厂水泥生产中的作用	5
新昌沸石在水泥生产中的研究探讨	8
沸石水泥的性能	15
结 束 语	21



我厂自一九七八年六月份以来试生产火山灰质沸石水泥至今已五年半之久，共生产火山灰质水泥近八万吨。在实际施工应用中，经过长期观察和多次重复试验，实践证明：用新昌沸石（掺用少量明矾石）作混合材生产的火山灰质水泥，其性能稳定、质量可靠，几年来受到用户的信任和好评。

我厂是一个年产二万吨的小立窑水泥厂，地处山区，交通不便，矿渣供应紧张，且价高物少，每年亏损。自七八年掺用沸石（明矾石）作水泥混合材试生产火山灰质水泥以来，改变了由于立窑熟料游离氧化钙高，水泥安定性不良及缺矿渣，停工待料的现象，调节了水泥标号，节省了熟料，节省了能源，增加了水泥产量，降低了成本，增加了利润，由原来的年计划亏损十多万元到今年年底盈余二十余万元，自七九年底就摘掉了企业亏损的帽子。

用新昌沸石（明矾石）作混合材生产的火山灰质水泥的主要特点是：

1、组成：用（60—68）%左右的熟料，（2—4）%的青海石膏，掺加沸石（明矾石）30~40%左右，共同粉磨后制成。

2、强度：大部分可达325*425*，有一部分525*。

3、能经受长期贮存，存放一个月强度不降低。

4、早期强度略低。

5、标准稠度需水量较大，掺加量增大，用水量也相应增大，凝结时间相应缩短。

6、拌和混凝土，施工和易性能好，抗渗透性强。

7、使用时需加强养护。

新昌沸石经检验是一种活性火山灰，是生产水泥的优质活性混合材，掺用30~40%可生产325*以上水泥，特别能改善小水泥的安定性。

我厂试生产的沸石、明矾石复合双掺火山灰水泥在省建材局的关怀和支持下，在浙江大学楼宗汉、徐先宇老师，省地质局何应才工程师的协助和指导下，已于八一年七月通过省级鉴定，获省科技三等奖。在此，向协助我厂进行测试的浙江大学材料系硅酸盐教研组、省地质局实验室及帮助指导的老师、工程师表示感谢！

新昌沸石的特点

(一) 新昌沸石的化学成分:

表一

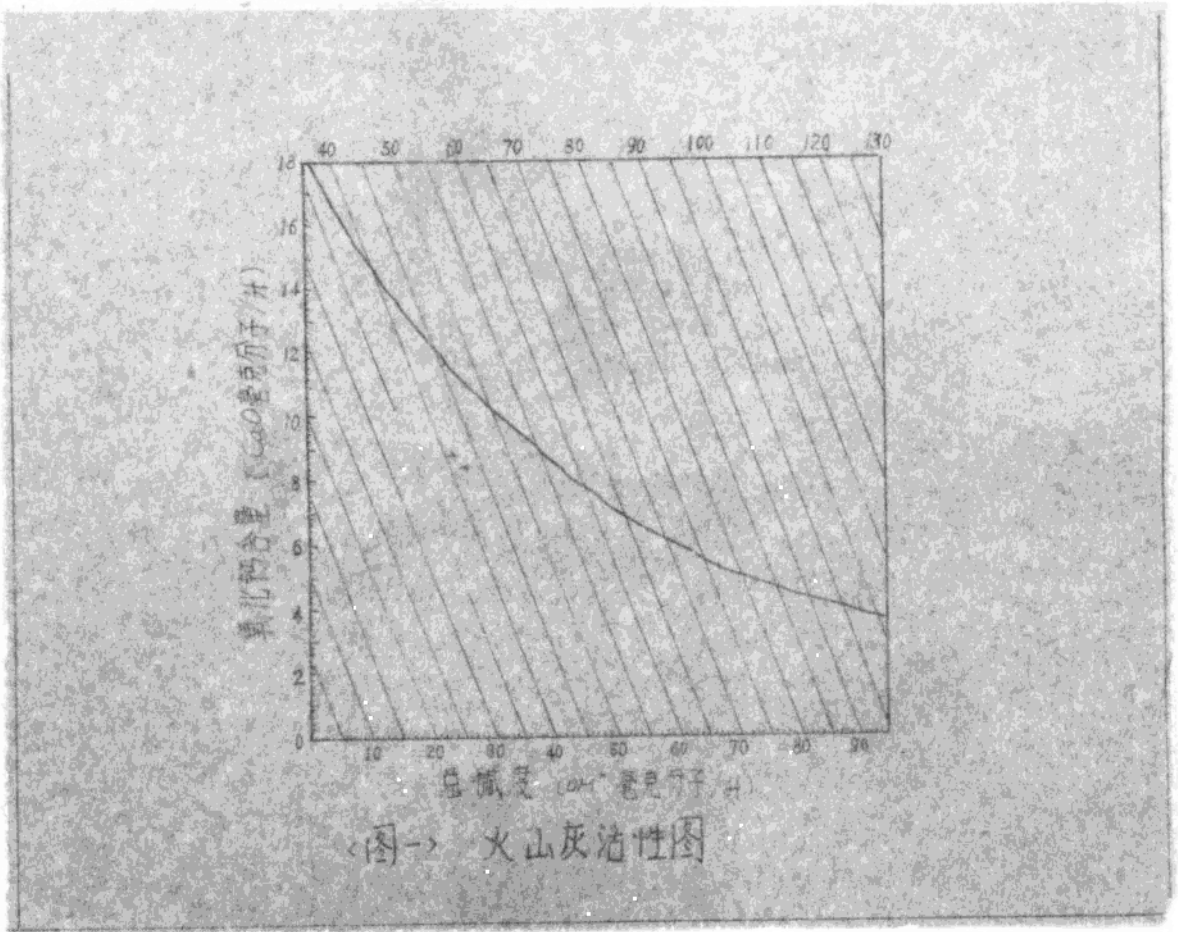
名 称	编 号	nnn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cao	Mgo	铵 吸
新 昌 沸 石	沸 1	8.29	69.22	12.85	0.90	2.33	1.00	92.86
	沸 2	9.75	68.54	10.25	1.20	1.97	1.59	87.56
	沸 3	9.63	69.54	11.90	1.38	2.17	0.83	113.80
	沸 4	9.72	71.26	12.16	1.04	2.18	0.42	120.89
	沸 5	9.26	69.14	12.15	1.02	2.36	0.59	118.32
	沸 6	9.38	66.92	11.25	1.43	2.38	0.74	100.14

(二) 新昌沸石火山灰性: (GB2847—81)

- 1、烧失量 <10%
- 2、SO₃ <8%
- 3、火山灰性试验: 是活性混合材(见图一)。

火山灰活性图

图一



4、水泥胶砂28天抗压强度比为 ($>62\%$) 见表二

水泥胶砂 28 天抗压强度比

表二

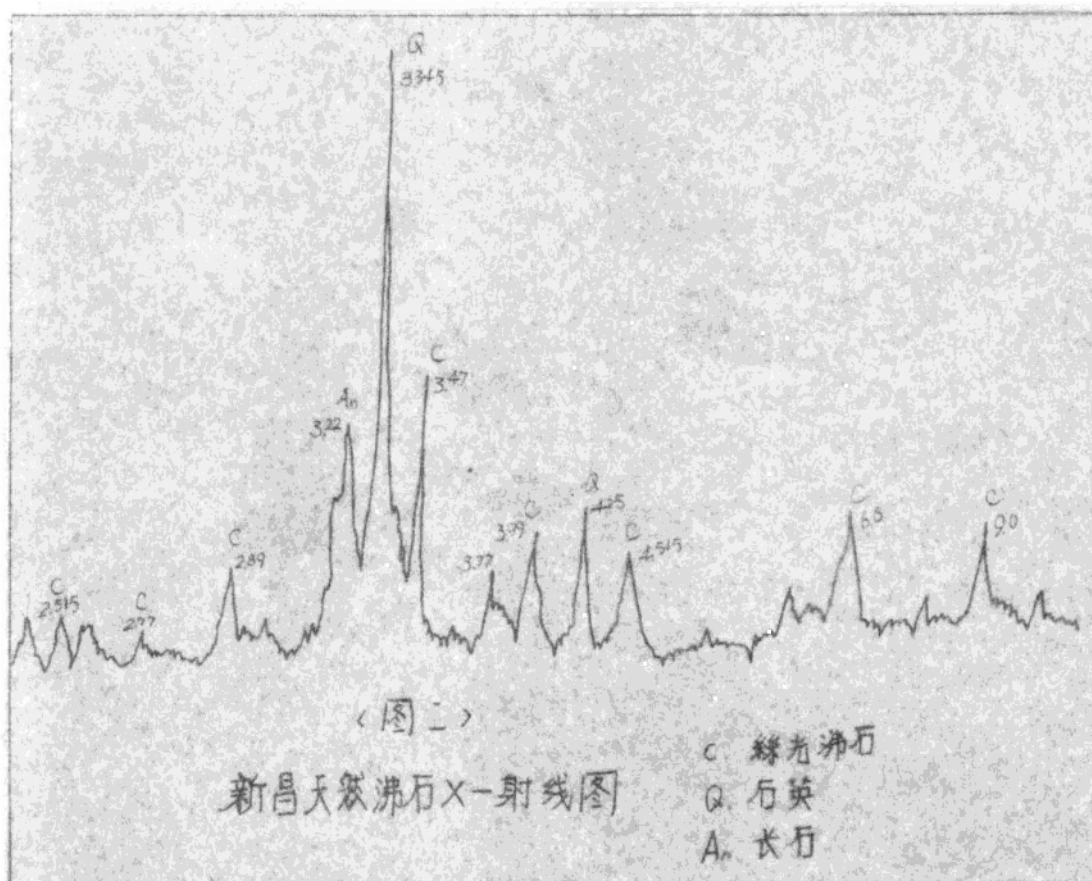
编 号	配 比			抗 折 强 度		抗 压 强 度		28 天抗 压强度比
	熟料	沸石	石膏	7 天	28 天	7 天	28 天	
S ₁	97		3	69	81	478	648	0.97
S ₂	67	30	3	59	83	379	630	
S ₃	97		3	70	86	479	735	0.71
S ₄	67	30	3	59	80	310	521	
S ₅	96		4	43	64	245	361	0.93
S ₆	66	30	4	38	63	176	334	

(三) 新昌沸石的品位及分布:

新昌沸石是一种碱金属和碱土金属的架状含水铝硅酸盐品质矿物, 经X—射线衍射分析, 矿物主要是丝光沸石、石英, 少量长石和蒙脱石。沸石含量为50%左右。(见X—衍射图〈图二〉) 颜色为浅粉红色、灰白色二种, 硬度中等。经地质局实验室X—射线衍射分析鉴定为强沸石化凝灰岩, 新昌县城西8~20公里一片均有分布, 储量丰富, 品位较稳定(一般吸铵值在80~120) 离本厂近, 公路直达, 交通方便。

新昌天然沸石X—衍射图

图二



新昌沸石在我厂水泥生产中的作用

(一) 改善水泥的安定性:

经我厂多次试验及生产实践证明, 掺入同掺量的沸石、矿渣、沸石与明矾石合用来改善

水泥的安定性，沸石略优于矿渣，如在沸石掺量中再掺入一定量的明矾石，改善安定性的效果更佳，试验结果见表三。

沸石、明矾石改善安定性试验

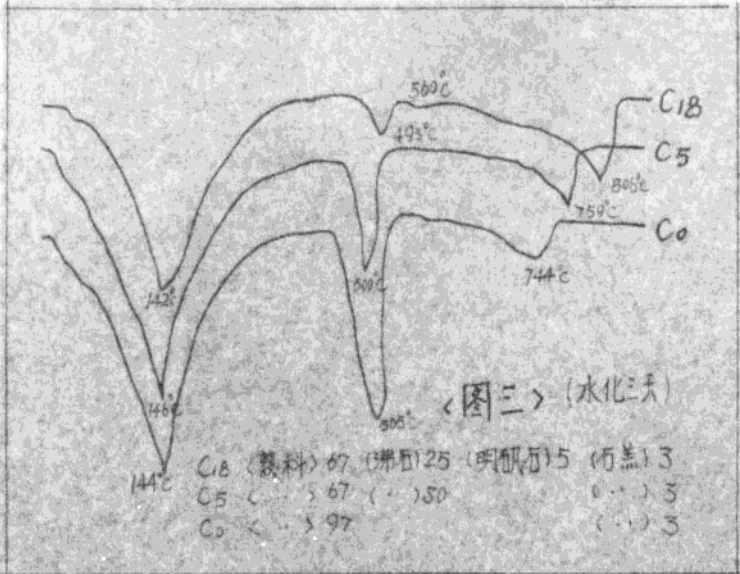
表三

编号	熟料 (%)	混 合 材 料 (%)			安 定 性		备 注
		沸 石	矾 石	矿 渣	熟料中游离钙4.49	熟料中游离钙6.39	
0	100				不安定	不安定	
1	85	15			不安定	不安定	
2	80	20			安定	不安定	
3	75	25			安定	不安定	
4	70	30			安定	不安定	
5	65	35			安定	不安定	
6	60	40			安定	安定	
7	85	10	5		安定	不安定	
8	80	15	5		安定	不安定	
9	75	17	8		安定	不安定	
10	70	22	8		安定	安定	
11	70	25	5		安定	安定	
12	65	27	8		安定	安定	
13	65	30	5		安定	安定	
14	60	30	10		安定	安定	
15	85			15	不安定	不安定	
16	80			20	不安定	不安定	
17	75			25	安定	不安定	
18	70			30	安定	不安定	
19	65			35	安定	不安定	
20	60			40	安定	不安定	

我们曾将硅酸盐水泥，沸石水泥（30%沸石）、沸石、明矾石复合双掺水泥做了差热分析图，图三是水化三天的水泥样。

从图中可以看出：水泥水化三天时，在500°C左右的Ca(OH)₂脱水吸热峰，C₅要比C₀小，而C₁₈比C₅更小。

这是因为在纯熟料水泥中掺入沸石后，水泥在水化时，沸石吸收了熟料水化生成的Ca(OH)₂，而生成水化硅酸钙凝胶，使液相Ca(OH)₂浓度大幅度地降低，从而更促使熟料的水化反应加快；使水泥中的游离氧化钙很快地消解，使水泥的体积膨胀较快地安定下来。而加入明矾石后，除了上述作用外，还生成硫铝酸钙（钙矾石）更减少Ca(OH)₂的量。所以加入适量明矾石对改善水泥的安定性，效果更佳。



(二) 提高了产量，稳定了质量，降低了成本。

自七八年来，由于掺用沸石，明矾石复合双掺混合材生产火山灰质水泥解决了混合材矿渣短缺，成本高的矛盾，使我厂水泥产量稳步上升、质量稳定、成本逐步下降、利润年年提高生产日益得到发展。今年来，混合材的掺量可达（40~45）%，能使水泥标号稳定在325#、合格率达100%，消灭了275#水泥，28天耐压强度富裕率在90%左右。表四是历年来的产质量情况。

历年产质量情况汇总表四

项 目	年 份	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
产 量(万吨)		0.04	0.25	0.45	0.34	0.40	0.53	0.53	0.84	1.15	1.28	1.51	1.74	2.11
成 本(元)		176	116	80	99	96	100	95	80	71	64	64	62	61
亏损、盈余(万元)		-4	-11	-20	-14	-13	-26	-18	21	1.8	4.2	5.0	5.2	+20
富 标 率(%)									87	87	93	83	83	88
平 均 标 号									(硬) 413	(硬) 421	376	346	354	

表五是沸石、明矾石与矿渣的经济对比分析。

沸石、明矾石与矿渣经济核算表

表五 单位(元/吨)

名 称	矿 山 售 价	进 车 间 价	至83年底使用量	代矿渣后节约金额
矿 渣	3	33		
沸 石	6	10	19620 (吨)	45,126(万元)
明 矾 石	8	12	6540 (吨)	13,734(万元)
合 计				58,860(万元)

(三) 节约了能源

58.86

增加了混合材的掺入量,节省了熟料生产火山灰质水泥,实质上等于节约了能源。经核算:若生产硅酸盐水泥,水泥熟料的煅烧要占总能耗的80%,也就是说,若节省15%熟料,相当于节省总能耗的12%。对于目前能源紧张的情况,这可是一笔不小的节能数量!

新昌沸石在水泥中作用的研究探讨

(一) 沸石对水泥性能的影响:

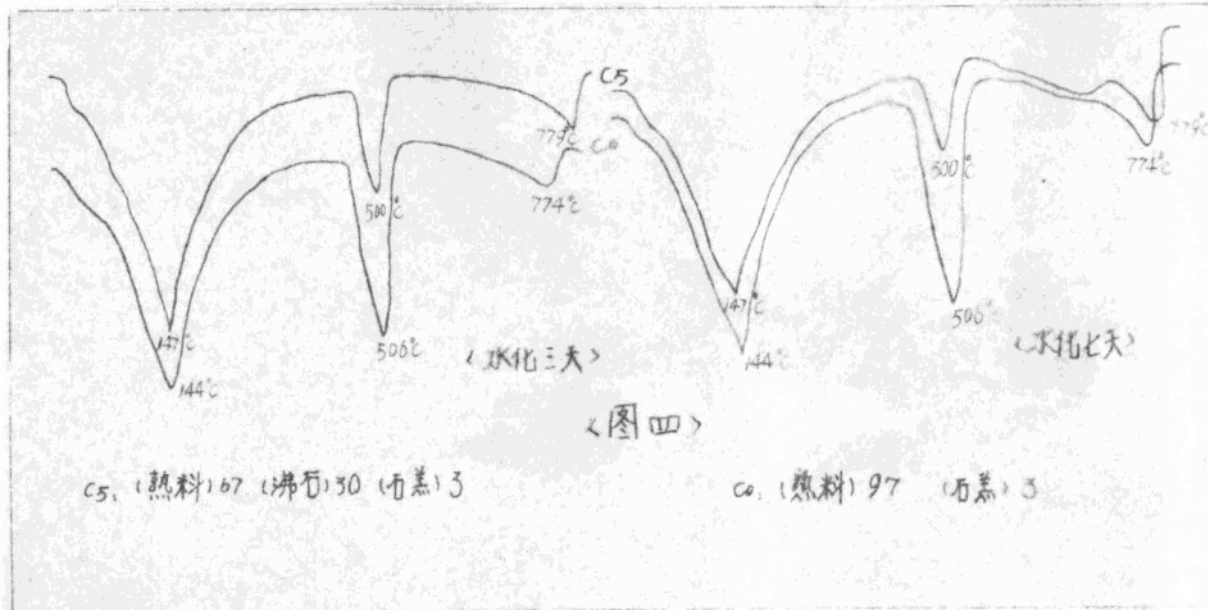
为寻求新昌沸石对我厂立窑熟料的合理掺量,我们将不同熟料分别掺入15%、20%、25%、30%、35%、40%的沸石磨制成水泥进行了物检强度试验,其结果见表六。从表六分析可知,掺入沸石后,对水泥强度的影响与熟料本身的质量有关,沸石的掺量以(15~30)%较为合适;一般来说,掺用沸石后水泥的早期强度偏低,而后期强度提高快。这些特点是由于沸石的独特结构形成的:沸石具有大量多样化的开放性孔穴和穴道,因而具有较大的内表面积。磨细后的沸石,在水泥中起到了对水泥颗粒及其水化物的分散作用,加大了水泥熟料水化的空间。我们把纯熟料水泥试样C₀和沸石掺入量为30%的水泥试样C₁进行了差热分析。见图四

从试样C₀、C₁水化三天与水化七天的差热曲线上看出:试样C₁中掺加了30%的沸石后,在50~60°C左右的Ca(OH)₂吸收峰值比C₀有明显的减小。这是水泥在水化反应时,沸石吸收了水泥熟料水化生成的Ca(OH)₂,生成大量的水化硅酸盐凝胶,消耗了大量的Ca(OH)₂,使水泥浆的液相Ca(OH)₂浓度明显降低。按照化学平衡的原理,促进了熟料继续水化,加快了水化速度。另外,虽则试样C₀与C₁水泥熟料含量不同,但同

不同掺量沸石对水泥性能的影响

表六

试 验 编 号	配合比(%)			标 准 稠 度 用水量	凝 结 时 间 (时:分)		细 度 (%)	安 定 性	胶 砂 强 度																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	熟 料	沸 石	明 矾 石		石 膏	抗			折																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
						抗			折																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
						3			7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3



龄期的水化硅酸盐凝胶相数量接近 ($117^{\circ}\text{C} \sim 152^{\circ}\text{C}$ 峰值面积)。可见,沸石在水泥水化中同 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 进行了反应,促进了水泥的水化反应速度是非常明显的。但纯熟料水泥由于 C_3S 的量相对来说是高的,能迅速水化成钙硅酸盐水合物,早期强度就高些;而沸石水泥中 C_3S 的量相对减少,沸石与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和游离石灰继续结合成钙硅酸盐水合物的速率不如 C_3S 直接水化的速率高。所以,沸石水泥的早期强度就低些。(由表六可直观地看到这一现象)

到水泥水化后期,随着熟料颗粒表面水化完成,内部颗粒的水化就变慢。而沸石不断吸收 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成水化钙硅酸盐凝胶,从而使强度继续获得提高;同时,沸石将多孔中吸附的沸石水放出,使界面附近的水化反应继续进行, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 SiO_2 、 Al_2O_3 发生反应,生成的水化物不断填充界面的微裂缝,使浆体逐渐紧密,使强度获得增强,从而使水泥的后期强度增长较快。

从扫描电镜照片图五A也可反映出试样 C₆ 所见到的水化产物是大量棉絮状无定形水化钙硅酸盐凝胶体。所以沸石在水泥水化中产生的特殊作用,表现出沸石具有较高的活性,当掺用一定量的沸石后,可以提高水泥的强度,改善水泥的物理性能。沸石是一种生产水泥的优质活性混合材。

(二) 沸石、明矾石在水泥中的作用机理

为解决沸石水泥早期强度偏低的不足之处,我厂试用新昌本地的明矾石〔经省地质局实验室岩矿鉴定,定名为明矾石化凝灰岩,内含明矾石矿物为 (30~40)% 左右〕,掺入沸石水泥中做对比试验。结果请看表七。

由表七分析可知,在单掺沸石的水泥中掺入适量明矾石的双掺水泥与同掺量单掺沸石水泥相比较,强度增长明显。水泥三个龄期的强度,双掺水泥要比单掺水泥高。尤其是早期耐

压强度,提高幅度达5~10%。由此看来,在沸石中掺入适量明矾石生产沸石、明矾石复合双掺火山灰质水泥能够提高沸石水泥的早期强度,弥补单用沸石作混合材生产火山灰质水泥早期强度偏低的缺点。调节了水泥标号,改善了水泥性能,提高了质量。

为了探求掺入明矾石后,在水泥水化过程中所起的作用,我们曾对分别水化了三天、七天、二十八天的试样 C_6 、 C_{18} 、 C_{28} 进行了差热分析和X光衍射分析。

图五



(A)



(B)

火山灰质水泥与明矾石复合双掺沸石水泥

沸石、明矾石水泥和沸石水泥性能的对比如

表七

试验 编号	配合比(%)				标准 稠度 用水量	凝结时间 (时:分)		安定 性	强 度						备 注				
	熟料	沸石	明矾石	石膏		初凝			终凝		抗 折		抗 压						
											3天		7天			28天		3个月	
											3天	7天	28天	3个月		3天	7天	28天	3个月
S ₂	97			3	22.25	4:45	6:30	合格	61	70	86	92	334	479	735	779			
S ₂ —C ₂	82	15		3	24.75	4:30	6:45	合格	53	66	81	98	274	424	583	761			
S ₂ —C ₁₃	82	10	5	3	27.50	4:55	5:40	合格	54	66	86	93	324	439	615	740			
S ₂ —C ₃	77	20		3	27.00	5:35	8:00	合格	47	58	78		233	344	555				
S ₂ —C ₁₄	77	15	5	3	28.00	4:50	5:25	合格	56	67	83	88	299	419	620	751			
S ₂ —C ₁₅	77	11	9	3	26.50	3:05	4:55	合格	59	67	81	95	324	436	630	716			
S ₂ —C ₄	72	25		3	27.50	5:20	7:55	合格	43	63	77		206	331	529				
S ₂ —C ₁₆	72	20	5	3	25.25	4:35	6:10	合格	53	61	75	92	242	340	534	670			
S ₂ —C ₁₇	72	16	9	3	26.25	5:20	6:15	合格	43	60	79	94	209	344	505	687			
S ₂ —C ₆	67	30		3	27.00	4:30	6:30	合格	42	59	80		205	310	521	624			
S ₂ —C ₁₈	67	25	5	3	27.50	5:10	6:20	合格	44	55	72	92	205	293	516	606			
S ₂ —C ₁₉	67	21	9	3	26.75	4:50	5:55	合格	53	66	82		227	324	527				

沸石、明矾石水泥和沸石水泥性能的对比如表 1 所示。

续表七

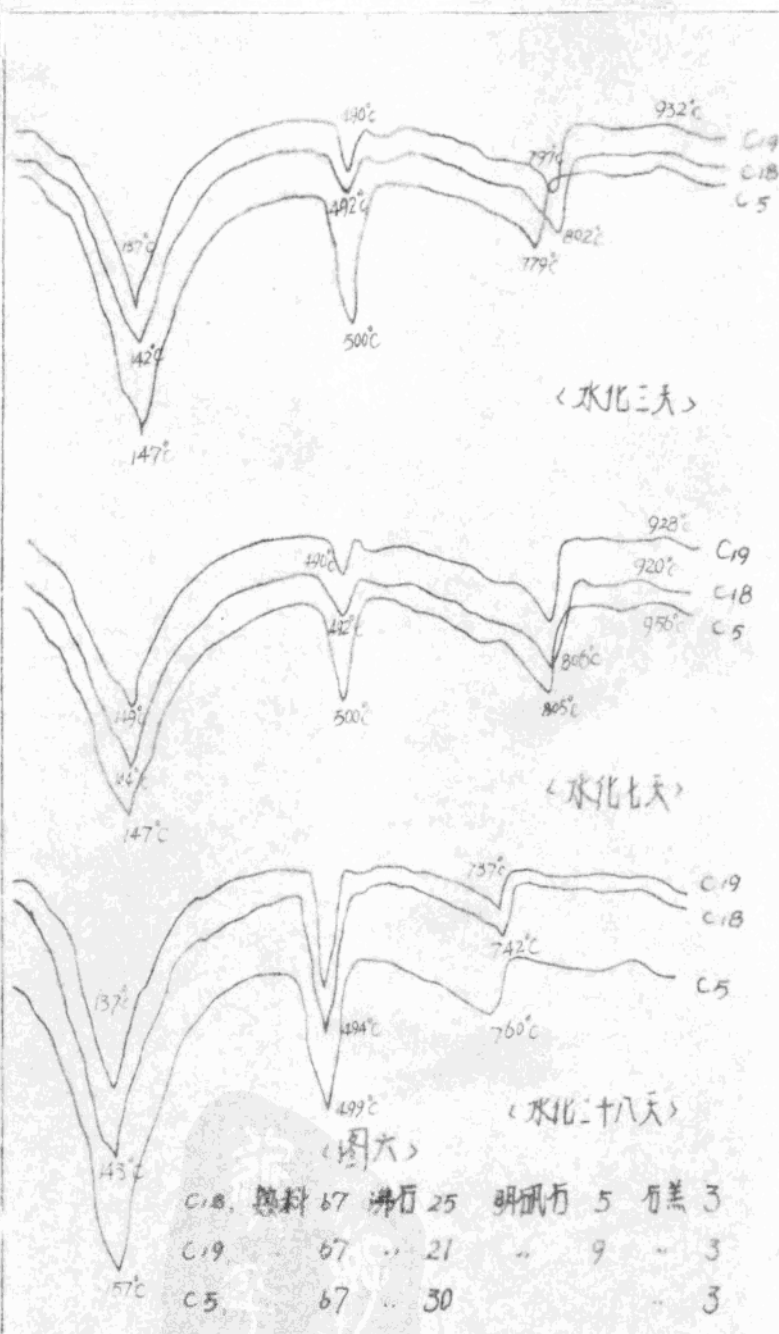
试验 编 号	配合比(%)				标准 稠度 用水量	凝结时间 (时:分)		细 度 %	安 定 性	胶 砂 强 度											
										抗 折			抗 压								
	熟料	沸石	明矾石	石膏		初凝	终凝			3天	7天	28天	3个月	6个月	3天	7天	28天	3个月	6个月		
S ₁	96			4	24.25	2:05	3:15	7.0	合格	34	43	64		163	246	361					
S _{1—1}	81	15		4	25.0	3:30	5:00	5.0	合格	29	42	59	82	141	209	343	534				
S _{1—5}	81	10	5	4	24.0	4:20	6:40	0.7	合格	32	40	65	82	168	222	348	525	603			
S _{1—2}	74	22		4	26.0	3:10	5:20	6.3	合格		39	62			192	341					
S _{1—6}	74	15	7	4	25.5	3:40	5:45	8.1	合格		40	66	75	80	202	355	518	562			
S _{1—3}	66	30		4	26.5	3:30	4:40	7.8	合格		38	63	78	84	176	334	486	532			
S _{1—7}	66	21	9	4	26.5	3:45	4:55	4.0	合格		37	61	76	80	173	325	466	508			
S _{1—4}	56	40		4	27.5	3:40	4:20	2.6	合格		27	59			138	288					
S _{1—8}	56	35	5	4	27.0	4:30	5:55	7.1	合格		37	57	76	84	159	310	410	481			

差热分析结果，请看图六

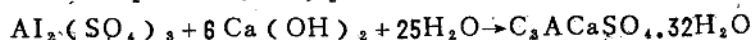
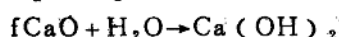
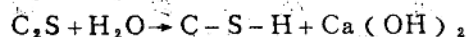
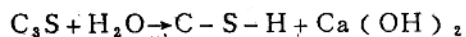
图六

从水泥水化三天、七天、二十八天的差热分析可以看出，“双掺”水泥试样 C₁₈、C₁₉ 在 500°C 左右的 Ca(OH)₂ 吸收峰值要比单掺沸石的水泥试样 C₅ 的 Ca(OH)₂ 吸收峰有明显的减小，并在 125°C 左右水化硫铝酸钙 (E 盐) 相显著增加，而水化钙硅酸盐凝胶相相近似。由此表明，双掺水泥的水化反应要比单掺沸石水泥的水化反应剧烈。“双掺”有利于水泥水化反应的进行。

同样，X 衍射图反映的情况与差热分析相符。见图七所示：



从图七可以看出,双掺水泥 C_{18} 、 C_{19} 的 $Ca(OH)_2$ 峰 $4.90A^\circ$ 、 $2.63A^\circ$ 要比 C_8 小,而在 $9.6A^\circ$ 、 $5.58A^\circ$ 等出现了较为明显的水化硫铝酸钙(E盐)峰。这是由于明矾石中 Al^{+3} SO_4^{-2} 溶出和 $Ca(OH)_2$ 起反应,生成水化硫铝酸钙。反应式如下:



由于掺用明矾石,在水化反应中所生成的水化硫铝酸钙晶体与熟料水化钙硅酸盐凝胶体交织在一起。钙矾石的存在,增强了水化物的骨架,从而提高了三天、七天的强度。也就说明了沸石、明矾石双掺比单掺沸石效果好,早期强度高的原理所在。

从扫描电镜证实了以上推测。从图五B可以看到,短柱状、针状的水化硫铝酸钙晶体与水化钙硅酸盐凝胶体交织在一起。与图五A相比,增强了骨架,加强了水泥结构致密程度,有利于强度的提高。由此看来,不论是差热分析还是X衍射及扫描电镜都表明:双掺优于单掺,弥补了沸石水泥早期强度低的不足之处。

当水泥水化 28 天后,由于明矾石中活性部分已近耗完,这时单掺与双掺的结果近于一致,差热分析与X衍射分析的结果近于吻合。

沸石、明矾石水泥的性能

(一) 物理强度:

沸石水泥的早期强度略低,后期强度增长速度快,而双掺水泥弥补了沸石水泥早期强度偏低的不足之处。见试验数据表七。

(二) 安定性:

沸石水泥的安定性略优于矿渣,而“双掺”的效果更佳。试验结果见表三。

(三) 标准稠度用水量:

试验数据见表七、续表七,从表七可以看出,单掺沸石的水泥标准稠度用水量是随沸石掺加量的增加,用水量也随着增加。掺用沸石、明矾石的“双掺”水泥其标准稠度用水量也是随着沸石、明矾石总掺量的增加而增加。“双掺”水泥标准稠度用水量比硅酸盐水泥和普通水泥都大,与同掺量的沸石水泥相比,其标准稠度用水量略小些。

(四) 凝结时间:

我们用 S_2 熟料掺入不同比例的沸石、明矾石,配制成单掺沸石和沸石、明矾石“双掺”的火山灰质水泥,分别测定其凝结时间,试验数据见表八。

凝结时间的测定数据

表八

试验编号	配合比 (%)				凝结时间 (时:分)	
	熟料	矾石	沸石	石膏	初凝	终凝
S ₃ -1	82		15	3	3:46	4:44
S ₃ -2	75		22	3	3:20	4:52
S ₃ -3	67		30	3	3:14	4:42
S ₃ -4	62		35	3	3:40	4:34
S ₃ -5	57		40	3	3:19	4:17
S ₃ -6	82	5	10	3	2:32	4:24
S ₃ -7	75	7	15	3	3:45	4:20
S ₃ -8	67	7	23	3	3:38	4:07
S ₃ -9	62	7	28	3	3:40	4:03
S ₃ -10	57	7	33	3	3:34	3:48
S ₃	97				4:07	5:31

从所得数据看,单掺沸石的水泥凝结时间变化趋势是随沸石掺量的增加而缩短。加明矾石后,其凝结时间要比单掺沸石水泥略短些。

(五) 钢筋的锈蚀性能:

为了解沸石、明矾石“双掺”火山灰质水泥对于钢筋是否有锈蚀作用,我们做了如下的试验,在软练成型时,在40×40×160的三联试模中放入 $\varnothing 4 \times 100$ 的钢筋与软练砂浆一起成型。脱模后,一组放在水中养护,一组放在空气中自然养护。到90天取出试体且将其破坏,发现试体中钢筋表面未出现锈斑,表面也无光泽,呈钝化状态。我们还委托南京水利科研所进行阳极极化试验。结果见表九

表九

水泥名称	配合比 (%)				水灰比	阳极极化电位 (毫伏)				
	熟料	沸石	明矾石	石膏		V ₀	V ₂	V ₆	V ₁₀	V ₁₅
沸石、明矾石	67	21	9	3	1:2:0.55	1	-352	+743	+762	+768
“双掺”水化						2	-328	+759	+776	+792
						平均	-340	+751	+769	+780

试验结果表明,钢筋在试验的砂浆中处于钝化状态,沸石、明矾石“双掺”火山灰质水