

陈 尚 翰 編

火山灰水泥的基本知識

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書說明火山灰水泥的用途、制造、性質、使用等方面的基本知識，文字淺近，講解詳細，適合工地材料員、工長、工人閱讀。

火山灰水泥的基本知識

編 者 陈 尙 翰

*

科 技 卫 生 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 号

上海市印刷五厂印刷 新华書店上海發行所总經銷

*

开本 787×1092 1/32·印张 1 3/16·字数 25 000

1958 年 10 月第 1 版

1958 年 10 月第 1 次印刷·印数 1—6 000

統一書号 15 · 991
定 价: (9) 0.15 元

目 录

(一) 为什么要采用火山灰水泥	1
一 改变水泥的性能满足技术上的需要	1
二 增加产量降低成本	2
(二) 火山灰水泥是怎样制造的	3
一 火山灰质混合材料的种类和质量要求	3
甲 种类	3
1. 火成岩	3
2. 沉积岩	4
3. 人工的火山灰质混合材料	5
乙 火山灰质混合材料的质量要求	6
1. 石灰吸收量	6
2. 强度	7
二 纯水泥	8
三 火山灰水泥的制造和质量标准	9
甲 火山灰水泥的定义和制造	9
乙 火山灰水泥的质量标准	10
1. 标号	10
2. 细度	11
3. 凝结时间	11
4. 安定性	12
5. 氧化铁含量的规定	13
6. 三氧化硫含量的规定	13
(三) 火山灰水泥为什么会结硬	13
一 水泥结硬的基本原理	13
二 火山灰水泥结硬的基本原理	15

(四)	火山灰水泥的各种性能和特点	16
一	容重(也就是重量)	16
二	强度	16
三	水化热	18
四	抗水性	20
五	抗硫酸盐性	21
六	抗冻性	22
七	泌水性	23
八	温度影响	25
九	膨胀性	28
十	养护条件	29
(五)	应用火山灰水泥应该注意的事项	30
一	应用范围	30
二	配合比	31
三	润湿工作	32
四	克服泌水的方法	33
五	养护	33
六	拆模	34
七	低温施工	35
八	水泥颜色	36
九	贮存	36
(六)	結語	36

(一) 为什么要采用火山灰水泥

一 改变水泥的性能满足技术上的需要

我們经常用的普通水泥有不少优点,不但强度发展快,并且适用于时常冰冻又时常开融的工程,也就是说耐冻的性能比较好。但是也有一些缺点和不适用的地方。首先是不适用于大体积的混凝土工程。什么原因呢?因为水泥加水拌和后在凝结和结硬的时候会发出热量,这种热量叫做水泥的水化热。普通水泥在结硬时发出的热量很多。假使用普通水泥来浇灌厚大的混凝土工程,例如象3或4公尺厚的混凝土构件,这种混凝土因为水泥用量比较多并且又集中,所以混凝土里面的温度很高。如果预先在浇灌混凝土时留一个能放温度表的孔,在混凝土捣了三、四天后测量它里面的温度,最高的时候甚至可以达到摄氏60度,并且在几个月以后才能逐渐下降。由于温度增加引起混凝土的膨胀,等到热量散发完毕后,体积就要收缩,结果使混凝土发生裂缝。这样就严重的影响了质量。

其次是不适用于水利工程的水中部分。普通水泥在结硬的时候,大部分物质都化合成为不溶解于水的材料,也就是说经常浸在水中不会溶解。但是还有一部分的物质仍旧能和水溶解,这种物质多数是氢氧化钙(也就是石灰)。虽然它的数量并不是很多,而且又在混凝土的里面,在平时遇到一些水分,影响尚不会很大。但是水利工程的情况就不同了。象堤坝等工程,水都

是很深的，在水深的地方压力就很大，在压力比較大的时候水就滲入了混凝土。混凝土里面的石灰和滲透进去的水溶解后，随着水的流动石灰就被水一起帶出来。時間長久后，混凝土里面的縫隙就逐漸扩大，发展到最后会形成滲漏而破坏。总的來說：就是普通水泥对水的侵蝕及滲透的抵抗力差，也叫做耐水性差。

除了上面二个主要缺点外，普通水泥对于有化学腐蝕作用的物質的抵抗力都比較差。因此象化学工厂的車間、排除化学廢污水的卫生管道等的混凝土，用普通水泥也不太适用，如果采用了，使用的期限也比較短而不能經久。由于火山灰質硅酸鹽水泥（下面簡称为火山灰水泥）的性質不同，它能够代替普通水泥来滿足工程上的某些要求。

二 增加产量降低成本

制造普通水泥除了需要石灰石、粘土等原料外，还需要放在水泥窑里煅燒到攝氏 1000 度以上。如果要增加产量，就需要花很多錢建造窑，因此产量就受到一定的限制，在目前国家大規模建設时就不能滿足需要。火山灰水泥也就是在純水泥（有关純水泥的問題后面再詳細介紹）中摻入 20~50% 的火山灰質的材料。这种火山灰質的混合材料不需要經過高温煅燒，只要烘干粉碎摻入水泥中就成为火山灰水泥。因此水泥厂只需要添置若干烘干和磨細設備，就能大大的增加水泥产量。例如每天能生产 1000 吨純水泥（也就是水泥熟料）的水泥厂，在純水泥中摻加 25% 的火山灰質材料，产量一下就能提高 25%。按照这样的方法，国家只要少量的投資就能得到很大的收获，有利于我国社会主义建設。另一方面，在水泥的生产成本中，煅燒部分的費用占了很大的一部分，混合材料一般不需要煅燒，因此使生产成本降

低，一般可降低成本10%以上。如果混合材料的質量好，摻加數量多的話，成本還可以降低得更多。

(二) 火山灰水泥是怎样制造的

一 火山灰質混合材料的种类和質量要求

凡是天然或者人工的礦物質原料，磨成細粉，加水拌和後，它本身雖然不能單獨結硬，但是和石灰拌和成膠泥後，能够在空氣中結硬，隔了幾天後放在水中能够繼續結硬，這種材料叫做火山灰質混合材料。

甲、种类：火山灰質混合材料有天然的和人工的二類。天然火山灰質混合材料可以分為火山爆發生成的火成岩和沉積生成的沉積岩二種，現在談談這幾種材料是怎样形成的。

1. 火成岩

人類和一切生物都生長在地球的表面上，對地面上的情況比較了解，可是對地球里面的情況就了解得不够。挖一個坑或者打一個鉆眼，也只能了解離地面几百公尺或者几千公尺深的地層，而地球的半徑有6300多公里，因此很難把地球穿一個洞來了解個清楚。但是我們會有這種知識和感覺，就是離地面愈深溫度愈高。在冬天的時候地面上冰結得很厚，但是挖下去到了一定的厚度就不冰凍了，並且還會比較暖和。根據這個情況，經過地質學家們的研究，認為地球里面的溫度就象煉鐵爐那樣的高，大部分物質都熔化成爲液體，岩石當然也不例外。因此我們說地下很深的地方，有一種很粘的並且能够流動的東西，叫做岩漿。由於地球的不斷變化，岩漿也隨着活動，有些岩漿在地壳

薄的地方就冲出地面，結果就形成火山爆发。这种岩漿噴到地面后，由于外面空气温度低，岩漿很快冷却，成为表面发亮的玻璃質的材料。由于表面冷却后先凝結，但岩漿里面的温度还很高，阻止了里面热气的发散，隔了比較長的时间后才全部发散完毕，这时岩石中留了很多的气孔，因此这种岩石成为質地細小多孔的結晶。在火山噴发时随同岩漿一起往往有大量的細渣，有时可被风吹颳到数十里外，沉积在地面上或水中，成为松散粉末状态的物質，就叫做火山灰。如果沉积后成为松软土壤状态的物質，叫做白榴火山灰。如果噴出的岩漿中包含有干燥性和不稳定的物質，遇水后起化学变化，成为一块一块多孔的岩石，就叫做火山凝灰岩；成为較坚实的岩石，就叫做火山岩。

2. 沉积岩

刮过大风以后，地面上往往有一层土。山谷附近，海灘或河流中，雨后会堆积許多碎石和泥沙。沙漠上的大风能把許多黃砂堆成砂丘。河水能搬运泥沙到很远的地方，把河道淤塞了。这些現象就叫做“沉积”。很多原来生成的岩石受到長期的风吹，太阳晒，雨水冲刷等外来力量的破坏，把它們原来的組織分裂开来，然后又被风、雨、水等送到比較低窪的地方再堆积起来；或者是海里或陆地上的动植物的尸体堆积起来，又經過長期的变化，逐漸生成了“沉积岩”。沉积岩的种类很多，用在水泥中的火山灰質混合材料的沉积物質，主要是硅藻土和硅藻石。这种材料沉积在湖泊或者淺海中，常常可以从古代的湖或者淺海中发现。它是古代生長在湖海中的很小的硅藻虫，死后介壳沉积湖底就成为硅藻土。沉积的时候可能中間夾杂部分粘土。硅藻土和硅藻石在外表上很少差別，顏色大部分是淺色或黃色，大都是比較松软多孔的物質，很容易磨成粉末。

硅藻土的組織中，主要包括一種硅藻介殼或者是碎屑，非常細小。在一個立方公分的體積中含有150~3000萬粒。含粒越多，重量越輕，質量越好。硅藻石中沒有介殼，即使有，含量也極少。從顯微鏡下觀察，幾乎全部是細圓的象蛋白石的微粒，尺寸小到幾千分之一公厘。一般說來，硅藻石比較硅藻土的質量好，摻在水泥中所起的作用也大。

3. 人工的火山灰質混合材料

上面所談的材料只需要干烘磨細就可以利用。有些材料原來不能採用，還需要經過高溫燒過後才能成為火山灰質材料，好比燒粘土、煤渣等。這些材料叫做人工火山灰質混合材料。

首先談談粘土。在很久以前岩石受到風吹雨打，逐漸風化，隨水流蕩，沉積到海底或湖中，就形成了粘土。粘土的種類也很多，一般可以分為：海沉粘土，在沿海一帶沉積，深度在十公尺以下，在地質上來區別有高嶺土、耐火粘土、頁岩等，它們的成分比較均勻；在湖沼沿岸沉積的叫做湖沉粘土，種類有耐火粘土、頁岩、紅粘土和雜質粘土等，深度較淺，大多帶有砂質；河口沉粘土是在河流入海或入湖口的地方沉積而成，雜質多而且複雜。用做火山灰質混合材料的粘土，必須把粘土燒到攝氏600~800度的高溫，成為燒粘土。粘土經過高溫燃燒後，原來的成分起了變化，就能和石灰起化學作用而結硬；沒有經過燃燒的粘土不能作為混合材料採用。粘土中以高嶺土最好，但是純高嶺土是製造耐火材料的主要原料，用處較多，成本比較貴一些。因此作為火山灰質混合材料的粘土，只要它的成分中氧化鋁的物質占15~20%就可以了，即使低到12~14%也可以採用。一般為了降低煅燒費用，也有用粘土磚磨成粉的，因為粘土製成磚的時候已經經過高溫燃燒。

煤渣是煤在鍋爐中燃燒后剩余下来的廢品，这是含在煤里面的雜質（主要是粘土質），因此在燃燒時燒不掉。由于燃燒時候的溫度很高，粘土到了比較高的溫度時即熔化，并且會膨脹，最后冷卻，就成為煤渣。由于燒煤的設備和方法不同，因此得到的煤渣也不同。一般煤渣有二種，一種是普通煤渣，就是用一塊一塊的煤燃燒后得到的煤渣，大部分都是比較粗的煤渣塊，也有少數灰末和還沒有燒完的煤等。另一種是粉煤渣。粉煤渣是工廠為了充分利用煤的熱量，把一塊一塊的煤事先磨碎成粉煤，燃燒的時候用壓力很大的空氣吹進鍋爐中，這時候粉煤和空氣接觸的面積比塊煤大大增加，比塊煤燃燒得徹底，燃燒的溫度也比較高。同時粉煤渣中剩余的煤也極少。這樣所得到的煤渣，除了一部分在高溫時候熔化凝結成比較大的顆粒外，其余的顆粒都很細小，叫做粉煤渣。

煤渣的成分和粘土相似，主要是氧化硅和氧化鋁及少數氧化鐵、氧化鈣、氧化鎂等。因為這些氧化硅和氧化鋁是經過高溫燒過的，所以有一定程度的水硬性能。磨細后能和石灰起化學作用而結硬，所以煤渣也是火山灰質混合材料中的一種。

乙、火山灰質混合材料的質量要求

1. 石灰吸收量

火山灰質材料在水泥中所起的作用，是和石灰起化學變化，成為遇水不會溶解的水硬性材料，也就是和水泥相同的物質。因此對於火山灰質混合材料的質量要求，主要就要看它和石灰起化學作用的程度大小和速度快慢。吸收石灰愈多，吸收速度愈快的混合材料就表示它的質量好。相反時質量就比較差一些。因此衡量火山灰質混合材料吸收石灰量是用一克重的材料，經過 30 天吸收石灰溶液（石灰水）中的石灰量來表示。由于火山

灰質混合材料的种类很多，所以不可能对所有的火山灰質混合材料統一規定一个質量要求。目前我国标准对火山灰質混合材料吸收石灰量的規定可以看表1。

表 1

混合材料的种类	混合材料名称	一克混合材料经过 30 天 (分 15 次测定) 由石灰溶液中吸收石灰的毫克数量
火山生成的天然混合材料	火山灰、火山凝灰岩	不得小于 50
	浮石火山岩	不得小于 60
沉积生成的天然混合材料	硅藻土、硅藻土蛋白石	不得小于 150
人 工 混 合 材 料	燒粘土、爐渣	不得小于 30

2. 强度

对于火山灰質混合材料，除了采用石灰吸收值外，还要用强度来控制它的質量。因为混合材料作用的大小，最后应该在强度中表示出来，所以测定强度的方法更有实际作用。試驗强度的方法是把混合材料和消石灰拌和，按照不同的配合比制成石灰火山灰質水泥，经过不同時間后加以試压，根据所得到的强度来判断。具体的做法是取有代表性的混合材料样品不少于 20 公斤，经过干燥后磨細，磨到細度大部分都能够通过每平方公分面积上有 4900 孔的篩子，通不过的数量不超过 5%。消石灰是把生石灰 10~15 公斤放在容器中，加 40% 的水后，密封 1~2 晝夜，拿出来用每平方公分 900 孔的篩子篩过后，再根据下面的重量比配合。

混合材料 85% 80% 75% 70% 60% 50%

消石灰 15% 20% 25% 30% 40% 50%

再拌和約 30 分鐘，每分混合物須要在 5 公斤以上，用硬煉方法

(規定的制作測定水泥強度的試塊的方法)做成 7 公分立方的試塊,先放在專門的養護箱中養護 7 天,然后再放入水中繼續養護到 28 天。其中必須有一個配合比能夠符合下面規定的強度。

在潮濕空氣中養護 7 天的強度:

抗壓強度不得低於 10 公斤/平方公分;

抗拉強度不得低於 2 公斤/平方公分。

在水中繼續養護到 28 天的強度:

抗壓強度不得低於 25 公斤/平方公分;

抗拉強度不得低於 5 公斤/平方公分。

如果不符合石灰吸收值和強度的規定不能作為火山灰質混合材料摻入水泥中應用。

二 純水泥

火山灰質混合材料制造的水泥,主要分成兩大類:第一類是把火山灰質混合材料和純水泥(也就是純硅酸鹽水泥)混合,共同磨細,成為火山灰質硅酸鹽水泥。第二類是把火山灰質混合材料和石灰混合磨細。這一類主要是石灰火山灰質水泥、石灰燒粘土水泥、石灰爐渣水泥等三種。這本書所談的主要是火山灰質硅酸鹽水泥。(下面所談的火山灰水泥就是指火山灰硅酸鹽水泥)。在制造火山灰水泥時首先應該了解純水泥的制造和性能。純水泥就是硅酸鹽水泥的主要成分。我們經常採用的普通水泥也叫做硅酸鹽水泥,但是一般的硅酸鹽水泥在制造時已經在純硅酸鹽水泥中均勻的加入不超過 15% 的火山灰質或高爐礦渣的混合材料,已經不是純的硅酸鹽水泥。因此為了區別起見,真正的硅酸鹽水泥我們就叫它“水泥熟料”或“純水泥”。

制造純水泥的主要原料是石灰石和粘土等天然原料。把它

們磨細后，根据适当的成分加水調成漿。这种漿还没有經過高温燃燒，因此叫它生料漿。把生料漿放進專門燃燒水泥的窯，燃燒到 1450°C 的高温，燒成象石子一样大小的顆粒，再磨細就是純水泥。

水泥的原料虽然是石灰石和粘土等物質，但是經過高温燃燒后，它的成分完全起了变化，已經不是原来的成分。純水泥的成分一般由相当多的物質組成，其中最重要的有以下六种化合物：

- (1) 硅酸三鈣
- (2) 硅酸二鈣
- (3) 鋁酸三鈣
- (4) 三鋁酸五鈣
- (5) 鋁鉄酸四鈣
- (6) 鉄酸二鈣

其中含量最多的是第一和第二种化合物，通常它們占有 70~80%，剩下的 20~30% 是其他所有的物質。

三 火山灰水泥的制造和質量标准

甲、火山灰水泥的定义和制造

根据国家标准凡是在純硅酸鹽水泥中，按水泥成品的重量均匀的摻入 20~50% 的火山灰質混合材料，并且按照需要加入适当数量的石膏，磨成細粉，制造成的水硬性膠凝材料就是火山灰質水泥。火山灰水泥所用的火山灰質混合材料如果屬於天然的，必須首先从地質上正确鉴定它的种类，然后通过化学試驗来掌握它的成分。在肯定是否屬於火山灰質混合材料的时候，應該不仅象前面所談的在石灰吸收數值上要符合这种混合材料的

最低要求，并且还應該做一系列的掺加消石灰的强度試驗，測定是否高于規定的强度指标。在決定掺加火山灰混合材料的数量时，还应该做一系列的掺入水泥熟料的强度試驗。

火山灰水泥規定混合材料的掺加数量必須在 20% 以上的理由，主要是为了保証它和硅酸鹽水泥（普通水泥）有不同的性能，因此能够用在某些不允許用硅酸鹽水泥的工程中。另一方面規定混合材料掺加数量不能超过 50% 的理由，是由于火山灰質混合材料本身并不能單獨結硬，必須和石灰結合后才能产生强度，但是在火山灰質硅酸鹽水泥中是不另外再加石灰的，只是依靠純水泥和水結硬时放出的石灰，因此須要保証含有适当数量的純硅酸鹽水泥，才能达到質量要求。

工厂中制造火山灰水泥的过程和制造普通水泥沒有显著的不同。先把水泥原料煅燒成为熟料，在將熟料和石膏放入粉碎机中磨細的时候，同时加入預先經過烘干和粉碎的混合材料一同磨細。从这一点来看，制造火山灰水泥，只須增加一些烘干設備和破碎混合材料的設備就够。混合材料的性能各有不同，有的比較硬，有的就比較軟，因此磨碎所需的時間也各不相同，而成本也有差別。火山灰水泥也可以在施工工地生产，就是把水泥厂煅燒好的純水泥运送到工地和混合材料及石膏一同粉碎磨細，或者也可以把普通水泥在工地上和預先烘干粉碎的混合材料均匀拌和。混合材料掺加的数量和細度等，可以根据工程的性質由工地試驗決定。

乙、火山灰水泥的質量标准

1. 标号：水泥的質量首先以强度来衡量，水泥标号也就代表强度。測定水泥标号的方法是用 1:3 水泥砂漿根据标准方法做成試块，在标准温度下养护 28 天后，放在压力机上压到破碎。

破碎时所用的力量就是这个试块的抗压强度。试块抗压强度的数值按照水泥标号分级规定。譬如试压的结果，抗压强度是每平方公分 300 公斤，就是 300 号水泥。如果超过 300 公斤不到 400 公斤，例如 380 公斤，根据规定也只能算是 300 号水泥。直到满 400 公斤才是 400 号水泥。火山灰水泥在我国目前生产的为 200、250、300、400、500 等五种。普通水泥还有 600 号一种，火山灰水泥因为掺加了混合材料，所以强度也比较低，因此没有 600 号标号。

2. 细度：水泥的细度对水泥的强度，尤其是早期强度的关系比较大。因为水泥愈细，容易和水化合，所以凝结就快，早期强度也就高。但是磨得愈细，成本就会增加，所以水泥磨到恰当的细度最好。火山灰水泥的细度根据国家规定，和普通水泥一样，用一只在一个平方公分的面积中有 4900 个孔的筛子过筛，水泥粒子通不过筛子的数量不得超过 15%，也就是说比这种筛孔粗的水泥粒子不能超过 15%。

3. 凝结时间：水泥的凝结时间对于施工有很大的关系。因为从搅拌、运输、浇筑都需要有一定的时间，如果凝结太快了，在浇筑以前就开始凝结，那么既不利于操作，同时也影响了混凝土的质量。如凝结太慢了对施工的进度也不利，因为在混凝土搅拌完毕后，如果不能早一点硬化，将会妨碍下一个工序的继续施工。

水泥的凝结时间主要决定于纯水泥的凝结时间，火山灰质混合材料在较短的时间内一般是不会凝结的，因为它的凝结主要还需依靠纯水泥凝结后放出的石灰，所以火山灰水泥凝结的时间比普通水泥要慢。但是纯水泥的凝结时间却很快，因此在制造普通水泥时加些石膏来延迟凝结时间。火山灰水泥中含有

很多純水泥，因此也會產生同樣情況，在沒有加石膏以前它的凝結時間也比施工要求快，所以同樣要加石膏來延遲它的凝結時間。水泥凝結的現象有二種：一種是凝結的開始，叫做“初凝”；一種是凝結的結束，叫做“終凝”。國家對火山灰水泥凝結時間的規定和普通水泥相同，就是：初凝時間不得早於 45 分鐘，終凝時間不得遲於 12 小時。

4. 安定性：安定性表示水泥和水化合結硬時體積是否會發生膨脹變化。因為任何水泥加水後體積不可能不變，問題是在於變的程度不同，或者是產生不均勻膨脹等等現象，這種現象叫做安定性。產生這些現象的原因除了原料成分混合不均、燃燒不足或是磨細不夠等外，主要是水泥結硬後其中是否有比較多的石灰，因為石灰是會破壞水泥安定性的物質。如果水泥的安定性不合格，做成混凝土後容易出現裂縫而減低強度，以致會產生漏水、腐蝕等現象。這是在混凝土工程中必須要避免的。水泥安定性的試驗方法大致如下：

用加水到標準稠度的水泥漿（火山灰水泥約加水泥重量 35% 的水）做成水泥餅，貯藏在溫濕的養護箱中。如果沒有養護箱，可放在碗或者是鍋子中用蓋蓋住，外面再用濕布蓋罩，使它保持濕潤。經過 24 小時後放在鍋子中用清水蒸煮 4 小時，冷卻到攝氏 15~25 度之間（水泥餅仍舊放在水中），然後取出觀察水泥餅。如果發現裂縫或者餅的邊緣有翹起等情況，就表示水泥的安定性不好，不能使用。如果水泥餅在開始時沒有裂縫、乾燥後發現裂縫，那麼安定性仍舊算為合格。

火山灰水泥由於摻加了混合材料，它的特点是吸收水泥結硬後放出多餘的石灰。某些純水泥在沒有摻加火山灰混合材料前安定性不合格，但摻加後可以達到要求。因此火山灰水泥的

安定性只会好,不会比普通水泥差。

5. 氧化镁含量的规定:水泥的成分是相当复杂的,其中也包含着一些有害处的物质。氧化镁就是其中的一种。为什么有害处呢?当水泥加水拌和后,氧化镁不会和水泥中的其他成分起化合作用(只是和水化合),而化合的速度也很慢。并且化合后体积会增大。如果水泥完全硬化后,在水泥中还存在着不少氧化镁,这些余留的氧化镁再遇到水慢慢地和水化合,就发生体积膨胀,使已经硬化后的水泥产生细的裂缝。所以在水泥中氧化镁的数量应该有适当的限制。火山灰水泥中氧化镁的含量规定不得超过4.5%和普通水泥相同。

6. 三氧化硫含量的规定:水泥中含有三氧化硫比较多时,对工程也不利。因为三氧化硫会和水泥中的铝酸钙化合成硫铝酸钙。硫铝酸钙也具有强度,但是它的体积要扩大二倍。当水泥凝结的初期,产生硫铝酸钙非但没有影响反而能提高早期的强度。如果在各期结硬时还产生硫铝酸钙的物质,混凝土将要因为内部体积过分的膨胀而破坏。因此火山灰水泥中的三氧化硫规定不得超过3%。

(三) 火山灰水泥为什么会结硬

一 水泥结硬的基本原理

影响水泥结硬的因素很多,比较主要的是水泥的成分和水泥水化的作用。我们先谈谈水泥的成分和硬化有些什么关系。前面已经谈到纯水泥中的主要成分是硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙、三铝酸四钙、铝铁酸四钙、铁酸二钙等物质。这些物质和