

土法制造水泥工艺

河北省城市建设局 编写

河北人民出版社

土法制造水泥工艺

（一）土法制造水泥工艺

（一）土法制造水泥工艺

內 容 提 要

本書以介紹土法生产无熟料水泥与矽酸盐水泥为主要內容，并分別敘述了土法生产石灰燒粘土水泥、石灰矿渣水泥、小立窑生产矽酸盐水泥的工艺方法与注意事項。此外，并搜集了各地一些关于水泥原料半成品用土法破碎、研磨、选料的經驗。

本書可供乡、社年产一万吨以下的小型水泥工业的生产技術人員、培訓工人以及小型工程及农村建筑的施工人員参考。

土法制造水泥工艺
河北省城市建設局 編写



河北人民出版社出版（保定市裕华东路）

河北省书刊营业許可証第三号

河北人民印刷厂印刷

河北省新华书店发行



1958年10月第一版 1958年10月第一次印刷

787 × 1092 1/32 · 2 $\frac{3}{8}$ 印張 · 1 插頁 · 51,000字

印数：1——20,000册 定价：(5)0.19元

統一书号：T 15086 · 40

目 录

第一章 水泥的种类和性能	1
一、水泥的基本概念	1
二、国产水泥的种类和性能	2
三、水泥的品质标准	8
第二章 无熟料水泥的生产和使用	11
第一节 石灰烧粘土水泥的生产	11
一、什么叫石灰烧粘土水泥?	11
二、原料的选择	12
三、石灰烧粘土水泥的制造	14
四、选粉设备	24
五、水泥的拌合	34
第二节 石灰矿渣水泥的生产	37
第三节 应注意的问题	40
一、无熟料水泥的运输和保管	40
二、使用范围和使用方法	41
第三章 土法生产矽酸盐水泥	43
第一节 原料的选择与配料	43
一、原料的选择	43
二、原料的要求	48
三、原料的配料	51
第二节 原料的破碎与粉碎	57
一、石灰、白垩土、粘土的破碎与粉碎	58
二、燃料的破碎与粉碎	59
第三节 成球或烧成	60
一、生料成球	62

二、熟料的烧成	69
第四节 熟料的磨细（粉碎）与选粉	70
一、熟料的磨细（粉碎）	70
二、水泥的选粉	71
三、储存与包装	71

第一章 水泥的种类和性能

一、水泥的基本概念

在建筑上使用得最普遍的胶凝材料是粘土和石灰，它的性能已早为人们所熟悉。可是这类胶凝材料有个共同的缺点，就是不能在水中结硬，即使用在空气中，强度也是比较低的。由于建筑工业的发展，对胶凝材料性能的要求愈来愈严格。因此粘土和石灰就远远不能满足需要。在这种情况下，水泥就成为迫切需要的材料。

水泥的性质与其他胶凝材料一样，具有胶结性能，同时，不仅能在空气中结硬，有很强的胶结性，也能在水中硬化，并且强度随时间的增长而增强，愈久愈坚硬。由于这一特性，水泥早已成为一切建筑工程，特别是重大的工程所不可缺少的建筑材料。但“水泥”这个名词，是指用于建筑工程具有水硬性的胶结材料的总称，还不能概括所有水泥的性能。实际上水泥的种类是很多的。根据采用的原料及其配合比例的不同，在生产工艺上也有多种方式。

水泥是一种粉状物，具有水硬性，但有不同的颜色，特性也不一样，因此在使用上也有所区别。按现有水泥种类来看，还没有一种万能的、什么地方或任何工程都可以适用的水泥。我国已经生产和试制成功的水泥已在十种以上，各种水泥又根据强度的不同，而分为许多标号。

在生产和使用水泥的时候，必须明确水泥的性能和使用范围，如不结合地方资源情况、生产条件，或不同工程的需要，无原则地要求品种或标号都是不对的，这将会造成不应

有的損失或浪費。

二、國產水泥的種類和性能

我國在解放以前，水泥僅有單一的品種，就是普通水泥。解放以後學習了蘇聯的經驗，採用了不同的混合材料，由原來一種普通水泥發展為有多種標號的普通水泥、礦渣水泥、火山灰水泥和混合水泥。在第一個五年計劃期間，為適應建設的需要，又增加了許多新品種水泥，如堵塞水泥和白色水泥等。此外，已經試制成功的還有氧化鎂矽酸鹽水泥，以及不需要矽酸鹽水泥熟料的礦渣硫酸鹽水泥、石灰燒粘土水泥和石灰礦渣水泥。這些新品種水泥，國家已經頒布了技術條件，作為這些水泥的生產規範。現在將已經正式生產和正在推廣生產的幾種水泥，分類將其性能和使用範圍介紹如下：

（一）矽酸鹽水泥（簡稱普通水泥）：

凡以石灰石和粘土質類的天然礦物為主要原料，按適當比例配製成生料，經過高溫煅燒而得的熟料，加入適量石膏，磨制而成的水硬性膠凝材料。叫做矽酸鹽水泥。

按國家標準，允許按水泥成品重量均勻地加入不超過15%的活性混合材料（火山灰類的物質，高爐粒狀礦渣）；或不超過10%的填充性混合材料（石英石、石灰岩等），或同時加入不超過15%的活性與填充性混合材料，但填充性混合材料不得超過10%；成品名稱不變，仍叫做矽酸鹽水泥。

1、性能：

（1）早期強度較火山灰質水泥及礦渣水泥高，硬化較快。

（2）抗凍性較火山灰質水泥及礦渣水泥好。

（3）水化熱較火山灰質水泥及礦渣水泥高。

(4) 抗水性較火山灰質水泥及矿渣水泥差。

2、使用范围:

(1) 适用于一般地上工程, 也可用于不受侵蝕水作用的地下工程, 以及不受水压作用的工程。

(2) 适用于在无侵蝕性水中受严重冰冻的工程。

(3) 較适用于需要早期达到强度的工程。

(4) 不宜用于水利工程的水中部分。

(5) 不宜用于大体积混凝土工程。

(6) 不宜用于有侵蝕的工程。

(二) 掺混合材料的硅酸盐水泥:

甲、火山灰質硅酸盐水泥 (簡称火山灰質水泥)。凡在硅酸盐水泥中, 按成品重量均匀加入20%到50%火山灰質混合材料, 并按需要加入适量石膏磨制而成的水硬性胶凝材料, 叫做火山灰質硅酸盐水泥。

1、性能:

(1) 对硫酸盐侵蝕的抵抗能力較普通水泥和矿渣水泥都好, 抗水性最强。

(2) 水化热較普通水泥低。

(3) 在較高溫度 (60°C 以上), 并保持潮湿的环境中 (如蒸汽养护) 强度发展較普通水泥快。

(4) 在保持潤湿的条件下, 后期强度增进率大。

(5) 需水性比普通水泥和矿渣水泥略大。

(6) 干縮性較普通水泥大。

(7) 抗冻性較普通水泥差。

(8) 早期强度低, 凝結較慢。

2、使用范围:

(1) 最适用于地下水中工程, 以及經常受較高水压的

工程。

(2) 最适用于大体积工程。

(3) 最适用于蒸汽养护制件及蒸汽养护的工程。

(4) 可用于地上工程，但应注意养护。在气候干燥的地区更应加强养护。

(5) 用在低温环境中需要强度发展较速的工程，但如不能采取保温或早强等适当措施时，不宜使用。

乙、矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）。凡在硅酸盐水泥中，按成品重量均匀地加入20%到85%的粒状高炉矿渣，并按需要加入适量石膏，磨制成的水硬性胶凝材料，叫做矿渣硅酸盐水泥。允许用不超过15%火山灰质的混合材料代替部分粒状高炉矿渣。

1、性能：

(1) 对硫酸盐类的抵抗能力及抗水性较普通水泥强。

(2) 耐热性较普通水泥及火山灰质水泥好。

(3) 水化热较硅酸盐水泥低。

(4) 在较高温度（60℃以上）并保持潮湿的环境中（如蒸汽养护）强度发展较硅酸盐水泥快。

(5) 在保持湿润的条件下，后期强度增进率较大。

(6) 早期强度较低，凝结也较慢。

(7) 抗冻性较普通水泥差。

(8) 干缩性较普通水泥大。

(9) 粘性较差，常有泌水现象。

2、使用范围：

(1) 适用于地下水中及海水中的工程，以及常受较高水压的工程。

(2) 最适用于受热工程并可以配制耐热混凝土。

- (3) 最适用于大体积混凝土工程。
- (4) 最适用于蒸汽养护制件及蒸汽养护的工程。
- (5) 可代替普通水泥用于地上工程，但应加强养护。
- (6) 可用于不常受冻融交替作用的受冻工程部分。
- (7) 用在低温环境中要求强度发展较速的工程，需要采取保温措施才宜使用。

(三) 无熟料水泥：

这类水泥是掺用石灰以代替矽酸盐水泥熟料，所以叫无熟料水泥。现已试制成功，订出了技术条件，并在全国各地普遍推广。目前生产的有石灰烧粘土水泥和石灰矿渣水泥。此外，个别地区还有石灰煨灰和火山灰质水泥，这两种水泥与石灰烧粘土水泥具有同样的性能，也是适宜于小规模地方性生产的无熟料水泥。

将烧粘土（ $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ）、石灰和石膏，按适当比例配合，磨制成的水硬性胶凝材料，叫做石灰烧粘土水泥。

将干燥粒状高炉矿渣、消石灰（或石灰）和5%以下的石膏，按适当比例配合，磨制而成的水硬性胶凝材料，叫做石灰矿渣水泥。

1、性能：

- (1) 抗水能力较好。
- (2) 硬化与凝结均较慢，早期强度低。
- (3) 和易性好。
- (4) 需水性及干缩性大。
- (5) 抗冻性差。

2、使用范围：

- (1) 适用于水中及潮湿环境的一般砌筑工程。
- (2) 可用于低标号无筋混凝土。

(3) 不宜用于干燥及无保温条件的低温环境中的工程。

(4) 适用于有蒸汽养护的制件及工程。

除以上两种无熟料水泥外还有一种强度较高的以矿渣为主的硫酸盐水泥。这种水泥是以粒状高炉矿渣加适当的激发剂(石灰或硅酸盐熟料)和在 $600\sim 750^{\circ}\text{C}$ 的温度下煅烧过的石膏,按适当比例配合,磨制而成的水硬性胶凝材料。

1、性能:

(1) 密实性和不透水性较普通水泥好。

(2) 抗蚀性能强。

(3) 水化热低。

(4) 强度化一般的无熟料水泥高,但在低温环境下强度发展慢。

(5) 对湿度的敏感性较普通水泥大。

2、使用范围:

(1) 可与普通水泥及同标号的其他水泥一样使用。

(2) 不可与他种水泥混合使用。

(3) 可用于大体积混凝土。

(4) 用于低温环境时,应采取保温措施。

(5) 适用于地下或水中工程。特别是遭受侵蚀性(海水,含硫酸盐的水)作用的工程中使用更为适宜。

(四) 特种水泥:

甲、堵塞水泥(或称油井水泥):

堵塞水泥是一种特种硅酸盐水泥,制造方法与普通水泥相似。

1、性能:

堵塞水泥的特性是其净浆的水灰比较大的条件下,两天

齡期的抗折强度較高，并有好的流动性与合宜的凝結時間。

2、使用范围：

堵塞水泥用于不易堵塞的地方，如油井內套管与岩石間的空隙，鑽掘筒和水底工程的管、洞等。此种水泥目前多用于石油工业的油井內。

乙、矾土水泥（或称高鋁水泥）：

矾土水泥是一种以适当成分的生料或合宜配比的各種原料，經燒結或熔融所制成的熟料或熔块，再将其磨制而成的水硬性胶凝材料。

1、性能：

- (1) 硬化快，早期强度高。
- (2) 水化热高。
- (3) 耐热性比普通水泥好。
- (4) 抵抗侵蝕性盐类比普通水泥强。

2、使用范围：

- (1) 最适用于需要早期强度或早期硬化的急需工程。
- (2) 可以照規定方法配成膨脹水泥，使用在防水层、填塞縫隙、胶合装配式鋼筋混凝土等方面。
- (3) 可制作耐热砂浆式混凝土。
- (4) 可用于受海水及矿物水作用的結構。
- (5) 适用于冬季施工的混凝土工程。

丙、白色硅酸盐水泥（簡称白色水泥）：

白色水泥是以适当成分的生料，燒至部分熔融而得的熟料，加入适量石膏磨制而成的一种白色水硬性胶凝材料。

在熟料粉碎时，允許按水泥成品重量均匀掺入15%以下的白色混合材料，所制得的水硬性胶凝材料叫做白色硅酸盐水泥。

1、性能：与普通水泥同。

2、使用范围：在建筑工程中作为装饰胶凝材料，可掺颜料作磨石、人造大理石以及各样人造石等。

三、水泥的品质标准

各种水泥都有一定的质量要求，不同品种的水泥在质量上都有明确的规定。这些规定分为物理性质和化学成分两方面。已正式订出标准的有普通水泥、火山灰质水泥及矿渣水泥（建筑材料标准102~56）；还有堵塞水泥（技术条件105~57）、白色水泥（技术条件104~57）、矿渣硫酸盐水泥（技术条件107~57）和石灰煨粘土水泥、石灰矿渣水泥（技术条件108~57）等。此外，还有按标准进行检查质量的标准试验方法。

（一）物理性质：

1、细度：细度为确定水泥品质的主要项目之一。水泥都是磨制而成的粉状物，粉粒的粗细对水泥的均匀性和水化速度有直接的关系；特别是掺有混合材料的水泥和混合而成的无熟料水泥，对质量的影响更大。水泥愈细，强度也愈高，但过分的追求细度是不经济的，只要磨至合用的细度就可以了。在国家标准中规定的细度指标是一个极限数字，一般水泥的细度都是在合于经济原则下，尽可能地磨得细一些，这对提高水泥的质量都是有好处的。

标准中规定的细度是每平方公分为4900孔的标准筛筛分的结果，按留在筛上的残余量来计算筛余。除无熟料水泥的筛余不得超过20%，矿渣硫酸盐水泥不得超过10%外，其他各种水泥均不得超过15%。

2、凝结时间：水泥在使用中，因为搅拌、运输、浇灌

等操作都需要一定的時間。因此，水泥的凝結時間對施工有直接的影響，如果凝結太快，既不便於操作，也影響混凝土質量；相反地，凝結太慢了，對施工也不利；在混凝土澆灌完後長久不硬化，則將妨礙施工。

在工程上對水泥凝結時間的要求是，初凝要緩，終凝要快。矽酸鹽類的水泥及礦渣硫酸鹽水泥，按標準規定初凝時間不得早於45分鐘，終凝不得遲於12小時。除堵塞水泥有特別規定外，白色水泥和矾土水泥的初凝時間都不得早於30分鐘，終凝時間的規定與矽酸鹽水泥同。無熟料水泥的凝結時間一般不作規定。

3、安定性：安定性也是確定水泥質量的一个重要項目。水泥在硬化過程中，體積變化是否均勻，以及在水中是否安定，不致發生膨脹出現裂縫，這對工程的質量和壽命有着密切關係。安定性不好的水泥，使用於工程上將會出現工程事故。因此，水泥的安定性不好，在標準中規定作為廢品。

在水泥生產過程中如配料不當，原料混合不均，煅燒不好，或細磨不夠等，都有可能造成安定性不好。

各種水泥的安定性都是採用水泥淨漿試餅的蒸煮方法進行試驗。試驗結果，試餅必須體積變化均勻才算合格。

4、強度：水泥強度是工程上對水泥的基本要求。現行的水泥標準，除堵塞水泥另有規定外，其他各種水泥都是用1：3硬練膠砂進行抗拉和抗压強度試驗。

各種矽酸鹽水泥均是以28天的耐压強度來定標號，同時其他齡期及抗拉強度也須合乎指標。礦渣硫酸鹽水泥和無熟料水泥則不按28天的強度計算，只要7天的強度達到規定指標即算合格。石灰燒粘土水泥和石灰礦渣水泥的標號是50號到150號，每一標號相差50公斤/平方公分。其他幾種水泥是

200号到600号，每一标号相差100公斤/平方公分（在200号与300号之間有一个250号）。此外，堵塞水泥是按两天的抗折强度計算，石灰矿渣水泥和石灰燒粘土水泥是按三天和七天的强度計算。

（二）化学成分：

化学成分只有各种矽酸盐水泥才有規定，主要是对能影响水泥質量的化学成分有所限制。化学成分的指标包括以下各項：

1、燒失量：水泥存放过久将因吸收空气中的潮气和碳酸气引起質量变化而降低强度。如受潮严重，水泥的燒失量就会显著增加；另一方面，如用以磨制水泥的熟料煨燒不好也会增加燒失量。除掺有混合材料的水泥的燒失量不作規定外，普通水泥和白色水泥的燒失量均不得超过5%；只有立窑生产的普通水泥由于生产条件的关系，燒失量允許达到7%。

2、氧化鎂：水泥原料中的石灰石和粘土，或多或少含有氧化鎂。在水泥熟料中几乎全部以游离状态存在，在水泥水化过程中慢慢地与水化合发生体积膨胀，使水泥在硬化后受到破坏。所以对氧化鎂的含量应加以限制。按标准規定，用以磨制水泥的熟料含氧化鎂不得超过4.5%。

这一指标根据一些試驗的結果，可能放寬到6%；但在国家标准未正式修改以前仍应注意選擇原料。

3、三氧化硫：水泥中的三氧化硫来自掺用的石膏。三氧化硫多，表示硫酸盐含量高，時間一久将引起体积不安定。因膨胀而使硬化后的水泥受到破坏，所以水泥中的三氧化硫含量也受到限制。一般規定不得超过3%，但矿渣硫酸盐水泥由于成分不同，不作規定。

水泥的品質标准是保証水泥質量的必要条件，不管生产单位或使用部門均应注意和遵守。質量标准在一定时期，对促进生产、提高質量有其积极的意义。

第二章 无熟料水泥的生产和使用

无熟料水泥的种类很多，已如前述。这里着重介紹石灰燒粘土水泥和石灰矿渣水泥两种。

第一节 石灰燒粘土水泥的生产

一、什么叫石灰燒粘土水泥？

石灰燒粘土水泥的主要成分是粘土、石灰和石膏。粘土在摄氏600——800度溫度煅燒（約8——10小时）后，与石灰和石膏混合粉碎，或分別粉碎成細粉再均匀混合，所得的水硬性（在水中能够結硬）胶凝材料，叫做石灰燒粘土水泥。这种水泥除了用特別燒制的粘土外，也可用工业上生产的碎粘土磚、碎耐火粘土磚、粘土瓦片、陶瓷片等。

石灰燒粘土水泥加水后，能够生成矽酸鈣和鋁酸鈣的水化物。这种矿物质坚硬，有一定的强度，并具备抗水性能，所以用在工程建筑上能够保証質量。

石灰燒粘土的簡單硬化原理。

粘土經過摄氏600——800度溫度的煅燒后，其主要成分是高岭土。

高岭土分解为无水偏高岭土或部分进行分解为氧化鋁和无定形氧化矽。这些物質都具有活性，把它与石灰和水拌合后，可以发生化学变化，生成水化矽鋁酸鈣，水化矽酸鈣和

水化鋁酸鈣，产生强度和抗水性。

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

二、原料的选择

1、粘土：粘土好坏是决定石灰燒粘土水泥質量的主要因素。根据已往經驗，好粘土要具备四个条件：（1）含砂少、顆粒細、粘性大；（2）石灰吸收值高；（3）氧化鋁高（高岭土質、矾土質高）；（4）腐植質少。

粘土的选择方法，有条件的地方可以送到研究部門进行物理分析，一般可用搓泥条及顆粒沉淀法来試驗。搓泥条法，是把一小块粘土放在土地上，洒一些水，稍等浸潤后，放在手掌上或桌面上，以手指搓成細泥条。当泥条的直徑小于一公厘（比縫衣大針稍粗）仍不断条时，即証明粘土含量很多。这种方法，簡單易行，随时随地均可試驗，所得結果，也較為可靠。顆粒沉淀法，是取一定重量的土块，放在水碗里（其他的容器也可以），加清水攪拌，粘土即悬浮在水中，所含的砂粒，逐漸沉淀在碗底。将泥水倒出，再加清水攪拌，直至水不混浊。将碗底砂子晒干（或烤干）称其重量，低于原来粘土重量的10%时，为可用的粘土。这种方法虽較准确，但很費時間，如果没有較准确的天秤，也不容易得出較好的結論。

粘土的顏色，有紅色、黑色、灰白色等，是因含有不同礦物質的原故。一般以紅粘土較好，沒有紅粘土的地方，只要粘土經過簡易試驗合格，什么顏色的粘土都可以采用。

石灰吸水值，是表示燒粘土吸收石灰水起化学变化强弱