

建筑材料生产加工丛书

石灰燒粘土水泥

談 孚 雄 編

科技卫生出版社



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

內 容 提 要

本書敘述关于石灰燒粘土水泥（一种无熟料水泥，亦即現在生产得最多的一种土水泥）的一般說明及其生产工艺和使用方法，石灰燒粘土水泥的原材料，石灰燒粘土水泥的性質以及其主要优缺点。

本書可供生产和使用石灰燒粘土水泥时参考之用。

石 灰 燒 粘 土 水 泥

編 者 談 孚 雄

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証出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新华書店上海发行所总經售

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 17/8 插圖 1·字数 41,000

1958 年 11 月第 1 版 1959 年 1 月第 1 版第 2 次印刷

印數 3,001—13,000

統一書号：15119·1011

定价：（十）0.22 元

目 录

前言.....	1
一、普通水泥的基本知識.....	3
二、无熟料水泥.....	11
三、組成石灰燒粘土水泥的原材料.....	18
四、石灰燒粘土水泥生产工艺——煅燒粘土.....	23
五、石灰燒粘土水泥生产工艺——粉碎及篩分.....	34
六、石灰燒粘土水泥的性能.....	44
七、石灰燒粘土水泥的使用.....	47
結語.....	54
附录 石灰燒粘土水泥、石灰矿渣水泥技术条件(暫行).....	55

前 言

我国正进行着大规模的建设工程，需要大量的建筑材料。随着国家工农业生产的大跃进，各方面的建设工作日益开展，对水泥胶结材料的需要同样是愈来愈大。虽然我国的水泥工业生产，在解放后不论在产量和质量方面，都是逐年在增长和提高；但现在这样一个万马奔腾的新形势，所要求供应的水泥数量就超过了目前一个时期所能生产的数量。特别是农业合作化以来，农村的经济面貌根本改变，农村建设事业蓬勃发展，大兴农田水利，广修农业建筑，水泥的需要量飞速增长，各方面的要求日益众多。当前我们建筑材料工作者的任务就是怎样多快好省地用各种各样的方法来生产各种各样的水泥，以满足不同的需要。

要解决水泥的供应问题，主要应该从开源和节流两个方面来着手。我们广大的建筑工作者近年来在节约水泥方面曾想了不少办法，做了不少工作。譬如在混凝土和钢筋混凝土工程中，采用了干硬性混凝土、低流动性混凝土、两次搅拌、两次振捣等许多新的操作技术，又采用了粉煤灰、塑化剂等掺加材料，节省了大量的水泥。在砌筑工程中，采用了无熟料砂浆、少熟料砂浆，对节约水泥来讲，同样起了积极作用。特别应该提出的是近年来我们采用了混凝土配合比的设计方法，采用重量比代替了体积比。所有这些，都是我们劳动者的智慧和实践的积累，相对地说，也是增加了水泥的产量。

更重要的，是怎样来开水泥之源。我国从1950年起学习了苏联水泥工业的先进经验，研究和生产了多品种多标号水泥，不仅增加了水泥的产量，也提高了水泥的质量。从1956年开始，在全国范围内又广泛地研究了地方性无熟料水泥，为利用地方性材料、工业废料来制造无熟料水泥创造了良好的前提。现在，我国大、中型的水泥工厂在不断设立，广大的群众也在烧制无熟料水泥，这是完全符合大、中、小相结合，全民办企业的方针的。我们的水泥工业正是一日千里，蓬勃发展，一个群众性的制造水泥的高潮正在掀起，这就为我国的水泥生产寻到了极为广阔的泉源。

无熟料水泥的生产可以采取就地取材、就地生产、就地使用、用多少产多少、因陋就简的方法，完全符合经济节约的要求。无熟料水泥不仅应该在农村中广泛推广，还应该在城市建设中的各个建筑工程部门结合实际情况，广泛地加以推广使用。在建筑工程中使用水泥胶结材料，并不是要求它的标号愈高愈好，在不需要高标号水泥的地方而使用了高标号水泥，那就是一种浪费。随着城市工业建设事业的发展、农田水利工程规模的扩大、广大农村居住条件的改善，对无熟料水泥的需要必定日益增长，在很长的时期内，将会日益发展。

本书就石灰烧粘土无熟料水泥的生产和使用知识，彙集有关资料，作一概要的介绍，作大家在工作中的参考。由于笔者在这方面的实际知识有限，所介绍的不一定全面，更因时间急促，甚或有不正确的地方。写本书的目的，主要是怎样来共同地做好开展无熟料水泥的工作，如有不当之处，请大家指正。

一、普通水泥的基本知識

在沒有接触到无熟料水泥以前，有必要先就普通水泥的一般知識作一扼要的說明，使大家对它有一个初步的概念。

（一）什么是水泥

水泥又称洋灰，是一种水硬性膠結料。凡是一切建筑工程、农田水利、鐵路公路、桥隧航运等工程都不能缺少水泥这一項材料。水泥是 1824 年俄国人所首先发明的。大概离今二百年前，有人用石灰和火山灰化合而成一种不溶解于水的膠結材料；以后又有人用含粘土質較高的石灰石經過煅燒、碾磨成細粉，成为一种水硬性膠結材料。一直到 1824 年才发明了現在所称的水泥，以前大家都称之为波特蘭水泥，这是由于英人認為水泥制品的顏色与英国波特蘭地方的石块相似，而以波特蘭水泥称之；实則水泥是俄国人所首先发明，所以現在我們根据它的成分称它为矽酸鹽水泥。

水硬性和气硬性膠結材料有什么区别？膠結材料可分为矿物質膠結材料和有机質膠結材料。矿物質膠結材料又可分为水硬性和气硬性两种。气硬性膠結材料如石灰、石膏，它們只能在空气中結硬，長遠地在空气中保持它的强度，强度并随着時間而发展增長。水硬性膠結材料如水泥、水硬性石灰，它們不但可以在空气中結硬，还可以更好地在水中結硬，長久地保持它的强度和发展它的强度。

古时候，大家早就知道利用石灰膠結材料来修造房屋，如作为砌牆、粉刷、抹搗地面用的砂漿。石灰在建筑工程中有着很大

的用途，这是由于它可以在空气中逐渐結硬，有良好的粘結能力；但是它有一个很大的缺点，就是它最怕潮湿，最怕水浸蝕，石灰在水中不但不会結硬，相反地还会很快松散，失去膠結能力。人們經過辛勤的劳动，积累了无穷的智慧和經驗，創制了水泥材料。水泥具有石灰的优点而没有石灰的缺点，这就使各种工程，不論在水中或空气中，都能广泛地利用这一种价廉物美的膠結材料了。

水泥不仅具有水硬性能，还有着很高的强度。凡是拌制砂漿和混凝土，水泥膠結材料是必不可少的。我們知道，用水泥拌制的混凝土的抗压强度很好，抗拉强度較差，因此就配加鋼筋来弥补混凝土受拉区域强度的不足，就成为鋼筋混凝土。現时，鋼筋混凝土結構在建筑工程中得到广泛的应用。

(二)常用水泥的种类有那几种？

我們目前經常接触的水泥品种有矽酸鹽水泥、火山灰質矽酸鹽水泥和矿渣矽酸鹽水泥。有 50 公斤和 100 公斤两种包裝，有用桶的，有用紙、布、麻袋的。我国的水泥工业在以往一直是采用英美的方法进行生产，單純地生产着一个品种标号很高也就是强度很高的水泥。單一品种标号較高的水泥应用到各种不同的工程上去，显然是十分不合理的，必然造成水泥材料的浪費。这是由于某些工程根本不需要用很高标号的水泥，譬如砌牆、粉刷、勾縫用的砂漿以及低标号混凝土用高标号水泥来配制，那就是极大的浪費。資本主义国家的社会制度决定了它們的商业竞争，它們盲目提高标号，提高强度。不分标号不分强度，是不可能做到物尽其用的。生产多品种、多标号水泥就有可能根据不同的要求来合理地使用水泥。我国从 1950 年开始学

习了联苏关于生产和使用多品种多标号水泥的经验，在1952年成功地生产和使用了多品种、多标号水泥，是我国水泥工业历史上一个很大的转折点。下面就常用的水泥作一简单的说明。

(1) 矽酸鹽水泥又名普通水泥 这是我们经常遇到的一种水泥。它是以石灰石和粘土質类的天然矿物为主要原料，按照适当的比例配制成生料，经过高温烧結成熟料，再加入适量的石膏，经过細磨而得的一种水硬性材料。在矽酸鹽水泥中允許加入15%以下的活性水硬混合材料如粒狀高爐矿渣，或10%以下的填充性混合材料如磨細的石灰石、砂等。矽酸鹽水泥的标号有200、250、300、400、500和600号。不含有混合材料的矽酸鹽水泥，其比重在3.05~3.20范围之內。疏松状态时水泥容重为每立方公尺900~1000公斤，压实情况下为1400~1700公斤，按照标准规定，它的細度通过每平方公分4900孔篩網的篩余量不得超过15%。

矽酸鹽水泥的性能和用途 这种水泥的早期强度較高，硬化較快，特别是在头七天时期內的强度增長最快，以后随着时间逐渐变慢。它与火山灰質矽酸鹽水泥和矿渣矽酸鹽水泥相比較具有較好的抗冻性，但水化热較高，抗水性較差。矽酸鹽水泥适用于一般地上工程、不受侵蝕水作用的地下及水中工程以及不受水压作用的工程。这种水泥适用于要求早期强度高的工程；在低温环境中需要强度发展較速的工程，如不能采用加热、保温或早强等适当措施时，以采用矽酸鹽水泥为宜。由于矽酸鹽水泥的水化热較高，不宜用于大体积混凝土工程。

(2) 火山灰質矽酸鹽水泥又名火山灰質水泥 这是一种掺有活性矿物質混合材料的矽酸鹽水泥。它是在矽酸鹽水泥中按照水泥熟料的重量加入20~50%火山灰質混合材料共同磨細，

或以同種的材料預先分別磨細，然後均勻混和，並且在混合物中加入適量的石膏而成的一種水硬性膠結材料。混合材料的活性越大，則其在成品中的摻含量應越少，活性越小則含量越多，矽質廢物的最優含量為硫酸鋁液渣 20~25%；矽藻土 25~30%，浮石 40%，浮石凝灰岩 50%。火山灰質矽酸鹽水泥的標號有 200、250、300、400 和 500 號。摻加浮石凝灰岩、硬質凝灰岩等硬質混合材料的火山灰質水泥的松散容重，實際上與矽酸鹽水泥的容重相同，而摻加軟質材料如矽藻土的松重則較小，每立方公尺為 850~1150 公斤。這種水泥的磨細度與矽酸鹽水泥的要求相同。

火山灰質矽酸鹽水泥的性能和用途 這種水泥對抗硫酸鹽侵蝕的性能最好，抗水性最強。它的水化熱較低。在較高溫度（60°C 以上）並保持潮濕的環境下，它的強度發展較普通水泥為快，有蒸汽養護設備時更為合適。這種水泥在潮濕條件下后期強度增進率大。它的干縮性較普通水泥大，需水性一般較普通水泥和礦渣水泥略大。它的抗凍性較普通水泥差。在常溫狀態下，它的早期強度低，凝結較慢，低溫環境下（10°C 以下）尤甚。火山灰質矽酸鹽水泥最適用于地下及水中工程以及經常受較高水压的工程。它十分適宜应用于大體積混凝土工程、蒸汽養護構件和蒸汽養護工程。這種水泥可应用于地上工程，但應加強養護工作，在氣候干燥的地區應格外注意澆水養護，使它發展強度。在低溫環境中需要強度發展較速的工程，如不能採取加熱、保溫或早強等適當措施時不宜使用。

(3) **礦渣矽酸鹽水泥** 又名**礦渣水泥** 這是另一種摻活性礦物質混合材料的矽酸鹽水泥，它是按水泥熟料的重量加入 20~85% 粒狀高爐礦渣混合材料，經過共同磨細或分別磨細，然後

均匀混和，磨細时按需要加入适量的石膏而成的一种水硬性膠結材料。所掺加的粒狀高爐矿渣須預先經過烘干。允許摻用不超过 15% 火山灰質混合材料以代替部分粒狀高爐矿渣。矿渣矽酸鹽水泥的标号有 200、250、300、400、和 500 号。这种水泥的松重接近每立方公尺 1100~1300 公斤，在压实状态时为每立方公尺 1600 公斤或以上。細度要求不得比矽酸鹽水泥差。

矿渣矽酸鹽水泥的性能和用途 这种水泥抗硫酸鹽类侵蝕及抗水性均較矽酸鹽水泥为强。它的耐热性最好，水化热較矽酸鹽水泥为低。在較高温度并保持潮湿的环境中 (60°C 以上，如采用蒸汽养护)，它的强度发展較矽酸鹽水泥为快；在保持潮湿的条件下，后期强度的增进率較大。它的缺点是早期强度低，凝結慢，抗冻性較矽酸鹽水泥差，干縮性較矽酸鹽水泥大，粘性較差；常有泌水現象。这种水泥的使用范围基本上与火山灰質矽酸鹽水泥相同。

(4) 水泥的物理檢驗和化学分析 水泥的物理檢驗标准方法可詳見建筑材料标准 103-56 的規定，水泥的化学分析标准方法可詳見建筑材料标准 102-56 的規定。

以上所引述的三种水泥是我們常接触的水泥品种。它們的凝結時間初凝不得早于 45 分鐘，終凝不得迟于 12 小时。体积安定性用煮沸法試驗时，試件体积的变化必須均匀。这三种水泥都是以 28 天齡期的抗压强度来定标号，同时其他齡期的抗压强度和抗拉强度也須符合指标，不同齡期的强度均不得低于下表所列数值。

燒失量 矽酸鹽水泥不得超过 5%，火山灰質矽酸鹽水泥和矿渣矽酸鹽水泥不作規定。立窑制造的矽酸鹽水泥其燒失量可允許到达 7%。

水泥标号	矽 酸 鹽 水 泥			火山灰質矽 酸 鹽 水 泥		矿渣矽酸鹽水泥	
	3 天	7 天	28天	7 天	28天	7 天	28天

抗压强度

公斤/平方公分

200	—	100	200	90	200	90	200
250	—	140	250	110	250	110	250
300	—	180	300	140	300	140	300
400	160	260	400	190	400	190	400
500	220	350	500	270	500	270	500
600	260	420	600	—	—	—	—

抗拉强度

公斤/平方公分

200	—	12	18	11	18	11	18
250	—	12	18	11	18	11	18
300	—	15	22	14	22	14	22
400	15	19	24	18	24	18	24
500	19	23	27	22	27	22	27
600	21	27	32	—	—	—	—

氧化鎂 制造水泥所用熟料中氧化鎂含量不得超过 4.5%。

三氧化硫 水泥中三氧化硫含量均不得超过 3%。

(三) 为什么掺加活性混合材料可以提高水泥的质量

以上曾經說起采用多品种多标号水泥，不仅增加了水泥的产量，还提高了水泥的质量。这是由于火山灰質水泥和矿渣水泥都是掺加混合材料的矽酸鹽水泥，它不但增加了水泥的数量，

也改变了水泥的性能，来满足不同工程对水泥不同的要求。譬如掺加惰性材料时，它虽不具有活性，但它有填充空隙，增加和易性和密实性的好处。掺有活性混合材料时，如前所述，水泥可具有較高的耐水性和抗蚀性，水化热低，后期强度发展高，矿渣水泥的耐热性还比其他水泥好，这些都可以弥补普通水泥的不足。

此外，普通水泥在水化过程中会分解出氢氧化钙，它是可溶解于水的物质。如果普通水泥用于受水压的工程，那么氢氧化钙就会逐渐溶解随水渗出，以致于减低了混凝土的密实性，降低了它的强度。倘若在水中有硫酸盐类存在时，它会与游离出来的石灰生成新的化合物而使体积发生膨胀，以致于建筑物受到破损。假若我们在水泥中掺加混合材料，情况就可以得到改善；这是由于在水泥中掺入的活性混合材料会与游离出来的氢氧化钙化合而产生胶凝作用和水硬作用，这种新生成的化合物性质安定，不会溶解于水，这样不是提高了水泥的质量吗？

(四) 特种水泥

由于不同工程的特殊要求，现在还生产有特殊品种的水泥，如用于堵塞油井的堵塞水泥，用于建筑装饰的白色水泥，能快硬早强的矾土水泥，以及加气水泥等。

加气水泥 在制造普通水泥时，掺加适量的松香和松香制剂或其他的加气剂，便可制得加气水泥。由其拌制的加气混凝土对风化作用的抵抗力较大，有良好的耐久性。它还具有較好的和易性，使操作方便，可以节省工料。

白色水泥 白色矽酸盐水泥系在普通水泥熟料粉碎时，均匀掺入水泥重量 15% 以下的白色活性混合材料而得到的一种

水硬性膠結材料。如在水泥熟料中加入淺色以及耐礆的礦物顏料，共同磨細即可得到彩色水泥。這種水泥可用于人造石材工程和磨石子工程。

矾土水泥又名高鋁水泥 這種水泥系由鋁土礦(矾土)和石灰石組成的生料，經過煅燒熔融成為熟料，經過磨細而得的快硬水硬性膠結材料。這種水泥的硬化快，早期强度高。它是用1:3硬練膠砂試塊三天的抗壓強度來標定水泥標號，現在生產的矾土水泥的標號有300、400、和500號。矾土水泥松重為每立方公尺1000~1300公斤。磨細度通過每平方公分4900孔篩網的

水 泥 標 號	抗壓強度 公斤/平方公分		抗拉強度 公斤/平方公分	
	1 天	3 天	1 天	3 天
300	250	300	16	18
400	350	400	20	22
500	450	500	24	23

篩余量不得超過10%。矾土水泥的耐熱性比普通水泥好，抗侵蝕性鹽類也比普通水泥好。這種水泥適用於需要早強的工程，可制耐熱砂漿或混凝土，也適用於受海水及礦物水作用的結構。矾土水泥在硬化過程中發生大量的水化熱，故適宜用于冬季施工的混凝土工程。用這種水泥制混凝土時水灰比不得小於0.5，硬化期的溫度應保持在25°C以下、4°C以上，還必須加強澆水養護。矾土水泥不得与普通水泥、石灰等混用，也不得任意加入任何外加劑和混合材料。矾土水泥制品不得與礆溶液直接接觸。

二、无熟料水泥

(一) 什么是无熟料水泥

上一节中扼要介绍的水泥品种都属于熟料水泥。所谓熟料水泥，顾名思义是制成矽酸鹽的生料都经过高温燒結成为熟料，再加适量的石膏经过磨細而成的一种水硬性膠結材料。地方性无熟料水泥沒有经过高温燒結，而是利用工业廢渣如爐渣、矿渣、煅燒粘土（ $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ ），加入一定比例的石灰、石膏，共同磨細或分別磨細，经过均匀拌合的一种水硬性膠結材料。无熟料水泥系采用石灰以代替普通水泥中的熟料。这种地方性膠結材料的生产过程很簡單，不需要繁重的设备和很高的生产技术，便于就地取材、就地生产、就地使用。在許多情况下，建筑工程中应用地方性水泥是可以代替矽酸鹽水泥和其他的膠結材料的。地方性无熟料水泥的經濟性决定于所采用的活性水硬加料，大部分系自工业廢料中取得，并且占据膠結材料总重量的70~80%。

有的称无熟料水泥为代水泥，也有的称为低标号水泥。我們認為称地方性水泥为无熟料水泥比較合适，这是由于无熟料水泥實質上是一种水泥，它是起着水泥的膠結作用的；同时有些无熟料水泥如矿渣硫酸鹽水泥的强度实际上已越出了低标号的范疇。地方性无熟料水泥在我国大規模工农业发展的情况下，將有着广泛的发展前途。

(二) 地方性无熟料水泥有那些品种

地方性无熟料水泥的制造是將块石灰和各种水硬性摻合材

料(如燒粘土、爐灰、礦渣)共同碾磨或分別碾磨而後均勻拌和而成。這種水泥不但可用於建築砂漿中,也可以用作製造混凝土構件。生石灰是製造各種地方性水泥的主要成分;水硬性摻合材料是另一種製造地方性水泥的主要成分,按照其需要煅燒與否又可分為煅燒的和不需煅燒的兩種。需要經過煅燒的水硬性摻合材料如粘土、頁岩粘土以及其他含有 Al_2O_3 不少於 15%、含有 SiO_2 為 50~70% 的類似的粘土石英質岩石。不需要經過煅燒的如火山灰、凝灰岩等。工業廢料如粒狀高爐礦渣、爐渣、爐灰也可以列入後一種。

地方性無熟料水泥最適宜的組成配合比應使膠結材料獲致最大的活性,須根據各種組成材料的標準試驗結果來選擇。同時還應注意到倘若結構物的使用環境比較潮濕時,則所採用的地方性水泥中水硬性摻合材料可占 50~75%;倘若使用環境比較乾燥,則所占水硬性摻合材料的組成應為 20~25%,以上均為重量比。現在一般可以生產的地方性水泥有石灰燒粘土水泥、石灰爐灰水泥、石灰火山灰水泥、石灰礦渣水泥。茲扼要地分別敘述於下。

(1) **石灰燒粘土水泥** 共同磨細石灰、少量的石膏和預先在 600~800°C 溫度下煅燒過的粘土,或分別磨細上述材料再均勻混合所得的水硬性膠結材料稱為石灰燒粘土水泥。就其本身的性質而言,它是一種凝結和硬化緩慢的水硬性膠結材料,具有每平方公分 50、100 和 150 公斤或更高一些的強度指標。這種水泥的配合比一般為石灰 20~30%、燒粘土 65~75 和石膏 2~5%,均按重量計算。關於石灰燒粘土原材料技術條件、製造過程、性能和使用將在以後比較詳細地敘述。

(2) **石灰爐灰水泥** 將固體燃料灰渣如普通煙煤、無煙煤、