

8159
S.DS

生产建設知識丛书

建筑材料及其土法生产

沈旦申 編著



科技卫生出版社

內 容 提 要

随着工农业的发展，特别是地方工业的发展，需要大量水泥等建筑材料。为了生产更多的建筑材料，也必须采用遍种干花、土洋结合的办法。本书主要介绍水泥、石灰、砖瓦的常識和制造过程，有一些土法制造的方法，可供区县乡社从事这项工作的人员閱讀。

建筑材料

沈玉

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2804号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787×1092 1/32 印张 14/16 字数 62,000

1959年2月第1版 1959年2月第1次印刷

印数 1—60,000

統一書号: T. 151.1 · 1151

定价: (九) 0.26 元

目 次

前言	2
水泥	3
一、水泥是宝中之宝	3
二、水泥的名称和历史	5
三、多品种和多标号水泥	10
四、水泥原料	13
五、水泥是怎样制成的?	17
六、立窖生产水泥和土洋結合的小型水泥厂	25
七、土法制造水泥的經驗	49
八、水泥凝結和硬化的原理	62
九、水泥的品质标准和檢驗方法	65
十、我国水泥工业的新面貌	71
石灰	78
磚瓦	80

前 言

用高速度来发展社会生产力，实现国家工业化和农业现代化，需要有大量的建筑材料。几年来社会主义建设的經驗証明，如果某种建筑材料供应不足，就会影响建设的速度。自从1957年冬季掀起工农业建设高潮以来，建筑材料工业产品的供应就处于非常紧张的状态，国家千方百计的想尽办法增加建筑材料的生产，其中一个措施就是“就地取材”、“因地制宜”、“因陋就简”、“土洋并举”地发展地方建筑材料工业。

建筑材料的品种极多，这里介绍水泥、石灰和磚瓦三种重要建筑材料。这三种建筑材料的工厂已经遍于全国各地，其中特别是水泥工业，在有些省分几乎做到乡社建厂制造。因此，关于水泥部分的内容比较详细一些。

在目前形势下，土法制造，小搞、快搞，解决了“缓不济急”的问题。从已获得的成績说明，“土洋结合、以土为主、土中出洋”，有很大的意义，本书也着重介绍有关土法生产这三种建筑材料的知識。

水 泥

一、水泥是宝中之宝

土建工作者把木材、钢铁和水泥比做“三宝”，因为不论哪一类土建工程总少不了这三种建筑材料。水泥的用途是用来拌制混凝土或砂浆。先谈混凝土，它是由水泥和水、砂子、石子四种材料拌和而成的（图1），其中水泥的作用是和水分成水泥浆，象胶水一样把砂子和石子颗粒胶合起来，经过相当时间逐渐结硬成石头一样坚硬的固体，所以水泥一类材料叫做“胶凝材料”。至于砂浆，它和混凝土并无多大的区别，只是在组成的材料中缺少石子而已。

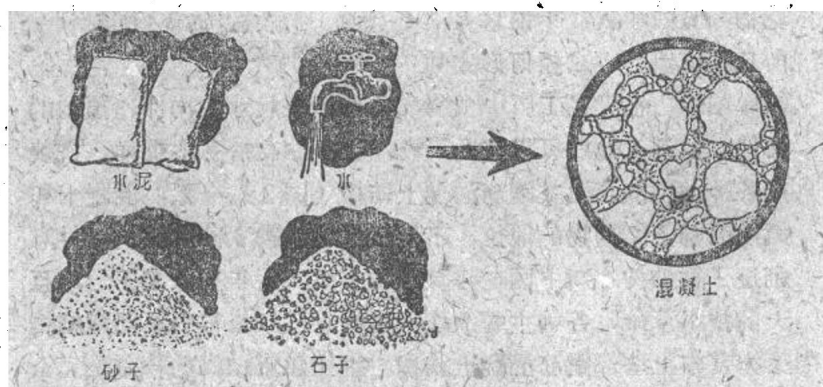


图1. 混凝土是水泥、水、砂子、石子四种材料组成的

混凝土可以說是人造的石頭，可是它在建築中的用途要比天然石料廣泛得多，特別是鋼筋混凝土發展以後，近代建築物幾乎是混凝土世界。不論道路、機場、橋梁、涵洞、棧橋、隧道、堤壩、水庫、海港、碼頭、水塔、水井、蓄水池、擋土牆、上下水道、灌溉溝渠、工業和民用建築、機床和鍋爐基礎、農業建築物、農村小型水利工程、國防要塞、防禦工事、防空壕、火藥庫等，都可以用混凝土和鋼筋混凝土來建築。混凝土和鋼筋混凝土的建築物，堅固耐久，不怕水火，而且可就地澆築成任何形式的

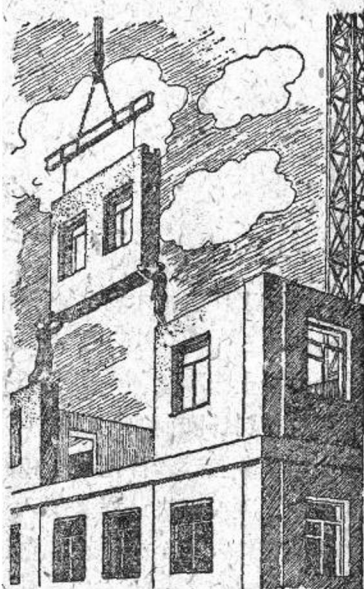


圖2. 裝配式鋼筋混凝土結構物的安裝。

整體結構，也可在工廠中預製成各種標準尺寸的構件。預製的構件，運到工地後可以在幾天內，象小朋友搭積木那樣，拼裝成各種類型的裝配式鋼筋混凝土結構（圖2）。今天，混凝土和鋼筋混凝土結構物的地位，不但遠遠地超越了磚木結構，並且趕過了鋼結構。新中國在建築結構方面，近年來掀起了一項巨大的技術革命，各種主要的建築結構物已從基本上全部鋼結構變為基本上全部鋼筋混凝土結構。這一建築結構的革命是完全符合多快好省的一項措施。就拿巨大的包鋼建設工程做例子，

去年完全实现了这个革命，钢筋混凝土结构基本上全部占领了钢结构的阵地，原来初步设计和技术设计的全部厂房都采用钢结构，但是现在从一片已经建成的厂房来看，从柱子到吊车、屋架、屋面都是清一色的钢筋混凝土结构物。从包钢建设实践来看，钢筋混凝土结构和钢结构的比较，钢材用量是1:6，资金是1:4，钢筋混凝土结构的设计、制图、备料的时间都要来得短，装配式钢筋混凝土构件的生产和吊装的速度更加快，而且结构物的质量也不比钢结构差。

砂浆的用途，主要是砌筑砖石或粉刷建筑物的面层，在有些土建工程中需用大量的水泥来拌制砂浆。根据铁道部天兰铁路新线工程的统计，砖石工程中砂浆所需用的水泥约占全部工程水泥用量的二分之一。

此外，有许多水泥成品厂，预制石板、沟管、空心砖、水泥瓦等都需用很多水泥；还有，水泥也是水泥石棉制品厂的主要原料之一。

以上种种都说明，水泥在建筑材料的三宝中，比较更重要，它是宝中之宝。因此水泥工业是社会主义建设的先行工业之一，必须生产足够多、足够好的水泥来满足建设的需要。在党的总路线照耀下，我们必须让我国水泥工业，以跃进的姿态，大踏步地向前迈进。

二、水泥的名称和历史

水泥有许多俗称，华北一带叫做“洋灰”，这是洋制石灰的简称；华南一带叫做“土敏土”，上海地区叫做“水门汀”，都是外文“水泥”的译音。水泥，这一名称顾名思义，它是可

以在水中結硬的粘土，水泥和粘土主要性能的区别也正在这里。粘土也能把砂石料胶結起来，因为粘土是无数极細的顆粒組成的，由于这些微細顆粒的分子力和表面粘着的作用，粘土干燥后也能結成硬块。然而誰都知道泥菩薩过不了江。如果用粘土制成混凝土，一浸到水里，水分进入粘土顆粒之間，很容易把結合的顆粒分开，混凝土自然就会松散崩裂。水泥的外貌虽然很象粘土，可是制成的混凝土不但不怕水浸，而且越浸越硬。

水泥，在科学上有广义的和狭义的解释。最广义的水泥是指一切胶凝材料，甚至地瀝青、柏油都属于水泥的范畴。如果解释得稍为狭窄一些，那么它就包括各个品种的水泥，或是各种石灰质水泥。一般科技资料上所指的水泥如果不加说明的话，都是指狭义的水泥，也就是最重要和用途最广的“硅酸盐水泥”，简称普通水泥。

硅酸盐水泥問世还不过一百多年，可是要搞清楚水泥生产技术发展的经过，却要远远地追溯到有史以前。回顾一下几千年来劳动人民創造水泥的历史，可以按各个演进的时代分别说明如下：

(1) 粘土时代 粘土是最原始的胶凝材料，因为粘土容易挖掘，不需加工，就能使用。我們的祖先善于用粘土作为建筑材料，例如“孟子”上所說的“得傅說于版筑之間”，版筑就是用粘土筑成的土墙；又如，山海关附近的長城，就是用日晒的土磚砌筑而成的。直到現在，我国許多地区还是用粘土胶粘材料建造房屋，如果在气候干燥地区，养护得宜，可以使用40~50年。苏联、民主德国等国家中有些地方至今也仍然利用

粘土筑成經久耐用的建築物。

(2)石膏和石灰时代 人类发明熟石膏和生石灰的年代已无从查考了。天然石膏石的質地較軟，容易开采。从石膏石（生石膏）燒成熟石膏只要溫度摄氏一百多度，小块石膏放在菜鍋里也能炒成熟石膏。著名的埃及大金字塔和獅身人首象，就是用石膏、砂浆把一块块的石头砌筑起来的。那时埃及人还不会煅燒石灰，可是他們所用的尼罗河流域出产的石膏石含有大量石灰質，煅燒以后，这部分物質燒成了石灰，这种石膏性能反而比純石膏或純石灰良好。五、六千年来埃及的遺迹，証明了这类石膏是优良的胶凝材料。我国湖北应城、山西太原、湖南湘潭等地的石膏石矿藏都很丰富。

石灰石燒成生石灰的溫度是摄氏900—1,000度，因此石灰的出現必然比石膏要晚一些，可是石灰石矿藏的分布比石膏石广泛得多，石灰的生产过程也很简单，因此人类也很早就发明了煅燒石灰的技术。石灰的用途也比石膏广泛，在現代建筑工程中仍是一种重要的胶凝材料。我国历代的磚石結構都是用石灰砂浆砌造的，并且也用石灰拌制混凝土，为了增加砂浆和混凝土的粘性，往往掺入一部分糯米汁。

石灰和石膏都是屬於“气硬性”的胶凝材料，只能在空气中硬化，經不住水浸、雨淋。如果用石灰或石灰砂浆制成混凝土，遇到浸水、淋雨就会逐漸松散。

(3)石灰火山灰时代 两千多年前，希腊人和罗马人都已經会制造不怕水浸雨淋的胶凝材料了。希腊人用的是地中海散吐灵島上的“散吐灵土”，罗马人用的是那不勒斯湾維苏威火山邻近小城巴茶里出产的“巴茶兰”。散吐灵土和巴茶兰

都是火山中噴出来的灰燐，叫做火山灰。火山灰和石灰混合做成的砂浆和混凝土，浸水不会松散。在水泥历史上，“巴茶兰”比“散吐灵土”著名得多，它是紅色或紫色的細粉。古代羅馬的巨大建筑物几乎都是用巴茶兰和石灰制成的混凝土或砂浆澆置、砌筑的。现在还存在的羅馬古迹中，最宏偉的是羅馬万神殿，它有直徑长达46.7公尺的圓屋頂(图3)。

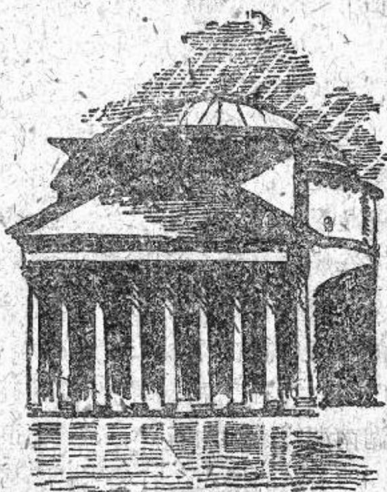


图13 羅馬万神殿的外景。

石灰和火山灰混合起来的胶凝材料的性質和石灰、石膏显然不同，它能够在水中硬化，这一类叫做“水硬性”胶凝材料，它的性質已接近現代水泥了。我国台湾也蘊藏着大量品質优良的火山灰。

(4)人工火山灰时代 羅馬人在10~12世紀以后又发现了天然火山灰的代用品，就是将磚瓦、陶器的碎块磨成細粉，或者特地把粘土煅燒后再磨細成粉，叫做燒粘土。这些物質的性質和火山灰相似，所以叫做“人工火山灰”。埃及人和印度人也很早发现了这类人工火山灰，曾在这两个古老国家的水利工程中大量应用。以后又陸續发现了許多天然的和人工的火山灰物質，統称为“巴茶兰物質”，因此今天巴茶兰的意义，不单指意大利的火山灰了。我国云南多年来一直用石灰、燒粘土

作为胶凝材料，在修筑滇越铁路时就会大量使用。抗日战争期间，西南水利工程如綦江水道等，也曾用这类胶凝材料代替普通水泥，命名为“代水泥”。

(5)水硬石灰、天然水泥时代 在18世纪，水硬石灰和天然水泥在欧洲相继制成。水硬石灰和普通石灰的区别，在于水硬石灰能够在水中硬化，它是由含粘土质的石灰石煅烧而成的，颜色和普通石灰不同，带黄色或灰黄色。一般石灰石中含的粘土质越多，烧成胶凝材料的质量就越好。水硬石灰是用含有粘土质8~20%的石灰石为原料，而天然水泥是用含有粘土质20%以上的石灰石烧成的。有一种含有粘土质较多的石灰石，叫做“水泥岩”，用这种石头不必经过配料就可以煅烧成水泥，这种水泥也就叫天然水泥。

(6)硅酸盐水泥和其他现代水泥 天然水泥必须用水泥岩为原料，可是水泥岩不是到处都有，因此生产受到了限制。直到19世纪20年代，水泥工业出现了一次重要的生产革命，这就是“硅酸盐水泥”的发明，俄国的工程兵连长钦里也夫发明了人造水泥，他用经过适当配合的石灰石和粘土的人工混合物，煅烧成已知性质的成品。英国的一个巧工阿斯普金，也用石灰石和粘土配制成水泥，在1824年取得了专利权，并命名为“波特兰水泥”，因为这种水泥制成的混凝土外观很象英国波特兰地方所产的著名石灰岩建筑石料，这一名称至今为世界各国沿用，实际上水泥和波特兰地方根本毫无关联。我国从1953年起把这种水泥改称为“硅酸盐水泥”，因为它的主要成分是硅酸盐类（水泥的主要成分还有铝酸盐）。阿斯普金制成的水泥实际上还不是现代的硅酸盐水泥，现代硅酸盐水泥的品质比当

时的产品优越得多。在20世紀，出現了許多近代的和高級的水泥，將在下一段介紹，這些水泥各有特殊的性能和重要的用途。

人們累積了幾千年的勞動經驗，才有今天的水泥工業技術水平。

三、多品種和多標號水泥

硅酸鹽水泥雖然適用於一般建築工程，但還不能適應現代各種工程的不同技術要求，為了合理地使用水泥和保證工程質量，就必須生產多品種水泥。蘇聯已能生產50多個品種的水泥，我國近年也製成不少新品種水泥。這裡簡單地介紹一下國內普遍使用的和試制成功的幾種重要水泥：

(1) 硅酸鹽水泥 這是青灰色的普通水泥，一般建築工程都可使用。

(2) 火山灰質硅酸鹽水泥 這是在燒成的硅酸鹽水泥“熟料”中摻入20~50%的火山灰物質，共同磨細而成的水泥，顏色隨所加的火山灰物質而變化，適用於地下和水下的建築工程。

(3) 礦渣硅酸鹽水泥 這是在硅酸鹽水泥熟料中摻加20~85%的高爐礦渣共同磨細而成的混合水泥，它的性質和用途都和火山灰質硅酸鹽水泥相似。

(4) 礐土水泥 礐土水泥又叫做高鋁水泥，因為它的成分中氧化鋁的含量較高。這種水泥是用鉄礐土和石灰石在電爐中燒成熟料再磨細而成的，硬化極快，適用於搶修和緊急工程。

(5)快硬水泥 这是一种高級的硅酸盐水泥，早期强度很高，适用于要求“早强”的鋼筋混凝土結構和預制构件。

(6)高强度水泥 这也是一种高級的硅酸盐水泥，强度很高，适用于拌制高强度混凝土。

(7)白水泥 这是用氧化鉄含量极少的石灰石和粘土制成的白色硅酸盐水泥，性質也和硅酸盐水泥相同，适用于裝飾工程和卫生工程。白水泥熟料在碾磨时掺加各种顏料，可以制成紅、黃、綠、黑等各种“有色水泥”。

(8)加气水泥 硅酸盐水泥熟料，在磨細时加入微量的“加气剂”，可以制成加气硅酸盐水泥。用这种水泥拌和混凝土时会产生許多微細的气泡，使混凝土容易澆筑，硬化后經久耐用，特別适用于遭受冰冻的水利工程。

(9)塑化水泥 硅酸盐水泥熟料，在磨細时加入适量的“塑化剂”，就制成塑化硅酸盐水泥，能使混凝土容易澆筑，并能延長建筑物的使用寿命。

(10)防水水泥 在硅酸盐水泥熟料中掺加微量“防水剂”，除了能得到加气水泥和塑化水泥相似的效果以外，这种水泥顆粒外面包裹了一层防水薄膜，就好象穿上雨衣一样，物品在儲藏过程中不易受潮，可以長時間存放而质量不变。

(11)抗硫酸盐水泥 按照一定的化学成分和矿物組成煅燒而成的特种水泥熟料，其中所含的“鋁酸三鈣”較少，因此制成的水泥在遇到硫酸盐水分侵蝕时，它的抵抗能力就較强，适用于遭受硫酸盐水分侵蝕的混凝土工程。

(12)膨脹水泥 各种水泥制成的砂浆和混凝土，在硬化过程中体积都会收縮，可是膨脹水泥做的砂浆和混凝土不但不

縮，反而膨脹。膨脹水泥是由矾土水泥、石膏、石灰等共同磨細而成的，适用于填補混凝土接縫或裂縫等修復工程，由于它具有体积膨脹的性能，填補处就不会漏水。

(13)堵塞水泥 堵塞水泥和硅酸盐水泥的矿物組成百分数稍有不同，它的“硅酸三鈣”含量低，“鉄鋁酸四鈣”含量高，要求凝結時間合宜，流动性較好，适用于堵塞油井的漏洞，所以又叫做“油井水泥”。

(14)石灰矿渣水泥、石灰火山灰質水泥、石灰燒粘土水泥、石灰煤渣水泥等 这类水泥都叫做石灰混合水泥，也就是“代水泥”。因为生产过程中不用煅燒熟料，而是由石灰和高炉矿渣（煉鉄的高炉中卸出的液态熔渣，用水驟冷后分散成粒状，俗称“水渣”）、火山灰、凝灰岩、硅藻土、燒粘土、煤渣等一类物质混合磨細而成的水泥，也可以統称为“无熟料水泥”，适用于拌制砂浆和低級混凝土。

(15)天然水泥、羅馬水泥 天然水泥前面已經提到，羅馬水泥是用泥灰岩燒成的低級水泥。这些古老品种的水泥，欧美国家至今尚有生产，我国可用土法制造，适用于拌制砂浆和低級混凝土。

(16)矿渣硫酸盐水泥 这是由高炉矿渣和无水石膏再加适量的石灰或熟料，按照适当比例配合后共同磨細而成的。用途和矿渣硅酸盐水泥相同。

过去，我国生产的水泥不但品种很少，而且对强度的要求也只有一个規格，只生产一种强度相当高的硅酸盐水泥，这是很不經濟和很不合理的。因为用这样高强度的水泥拌制砂浆和中低級混凝土，实在是浪費。自从1953年以来，我国采用了多

标号水泥的制度，就是把每个品种水泥，再按照强度高低，分成許多标号。在配制高强度混凝土时，选用高标号水泥；在做中低级混凝土和砂浆时，就用中低标号水泥，这样就不致发生优材劣用，大材小用了。

我国水泥标号是按照国家规定的“硬練試驗法”进行抗压强度試驗后决定的。目前国内生产最多的三种水泥：硅酸盐水泥分为200、250、300、400、500、600六个标号；火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥，都分为200、250、300、400、500五个标号。

我国大中型水泥厂的主要产品是：400号和500号硅酸盐水泥，400号火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥。

同时我国水泥厂已能生产800号以上高强度水泥，而城市和农村用土法制造水泥的工厂也生产50号、100号、150号的低标号代水泥。

按照规范规定，所谓400号水泥，简单地說就是把这种水泥的样品在試驗室的标准条件下，制成 $7.07 \times 7.07 \times 7.07$ 公分立方体砂浆試件，又在标准环境中养护28天，然后測定它的抗压强度，至少应为400公斤/平方公分。如果說得詳尽一些，确定水泥的称号，除了抗压强度試驗合格以外，抗拉强度試驗也要合格，除了28天强度試驗合格以外，其它規定日期（如3天、7天）也要合格。

四、水泥原料

水泥的原料都是些不值錢的东西，不是石头、粘土一类的普通天然矿物，就是工厂里的廢渣，种类很多，这里只介紹几种重要的水泥原料。

(1) 石灰質原料 制造水泥的石灰石，也就是燒石灰的石头，它的主要成分是碳酸鈣 (CaCO_3)。石灰石除了含碳酸鈣以外，多少含一些碳酸鎂和其他雜質，顏色呈青、灰、黃等色。制造硅酸鹽水泥的石灰石，要求其中的碳酸鈣成分越多越好，而碳酸鎂的成分越少越好，因為鎂對水泥的某些性質起破壞作用，所以高鎂質石灰石一般不能用於生產硅酸鹽水泥。可是這個限制近年被蘇聯科學技術人員突破了，現在蘇聯水泥工業已利用高鎂質石灰石生產一種新水泥，叫做“高鎂硅酸鹽水泥”，因而擴大了水泥原料的利用範圍。但是含 3% 以上氧化鎂的石灰石仍不容許用作制造硅酸鹽水泥的原料。另有一種碳酸鈣質礦物，質地象土一樣松軟，一般呈白色，有時呈灰白色和黃色，里面可以看到微小的動物貝殼和骨骼，很容易粉碎，有時只要浸在水里攪拌一下就可以分散，這種礦物叫做白堊土，也是一種制造水泥的好原料，河南正用來制造水泥。石灰石或白堊土中要求含有 47—56% 氧化鈣，也就是含 85—100% 的碳酸鎂，含粘土質成分較多的石灰石，叫做泥灰岩，也是水泥原料，泥灰岩中碳酸鈣和粘土質成分的比例如果恰恰適合水泥配料的範圍，這種岩石就是水泥岩，不必再加石灰石或粘土就可以煅燒成水泥。

石灰質原料還有貝殼、化工廠的碳酸鈣廢渣等。

生石灰就是石灰石在石灰窯里燒成的“塊灰”，它的主要成分是氧化鈣。用一定數量的水和生石灰作用，塊灰就會變成細粉，叫做“熟化石灰”或“消石灰”，它的化學成分已從氧化鈣變成了氫氧化鈣。生石灰和水化石灰在粉碎設備不易解決時，可用作硅酸鹽水泥的原料，一般是用來制造石灰混合水泥

一类的代水泥（无熟料水泥）。

（2）粘土质原料 粘土是硅酸盐矿石经过风化而成的，它是制造水泥的主要原料。我国水泥厂，在华北的用黄土，在西南的用红土，在上海等地的用河泥。制造硅酸盐水泥所用的粘土，应当含有一定比例的氧化硅、氧化铝和氧化铁等成分。红土最适宜制造硅酸盐水泥，因为它含氧化铁较高，能使生料烧成熟料的温度降低，煅烧中的化学反应顺利进行。粘土要求具有足够的粘性，是为了使能制成强度较好的生料球。

頁岩是地下粘土受到压力而形成的矿石，它的成分和粘土没有多大差别，也可用作粘土质原料。

矾土水泥的粘土质原料，必须用铁矾土。

（3）调节辅助原料 这主要是用来补足硅酸盐水泥主要原料中所缺乏的氧化物。比如，氧化硅含量不够时，可加硅藻土、石英砂、河砂、煤渣等；氧化铝含量不够时，可加含高铝的粘土；氧化铁含量不够时，可加铁矿石、硫铁矿渣（硫酸工业的废渣）。

（4）混合材料 为了改善水泥的某些性质，提高水泥产量，降低生产成本，在熟料磨细的过程中掺加一些火山灰物质、矿渣等材料，就可以制成火山灰质硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。如果把这类材料和石灰共同磨细，便制成石灰火山灰质水泥、石灰矿渣水泥等无熟料水泥。正因为这类材料并不是单独地使用，必须和其它材料混合，所以叫做混合材料。混合材料有两大类，第一类的化学性质比较活泼，在平常温度下就能和氢氧化钙和水起化学作用，生成具有水硬性质的物质，这类叫做“水硬性混合材料”或“活性混合材料”，如火山灰物