

城市建設部地方建筑施工技術會議

技術資料彙編

(2)

無熟料水泥
的製造與應用

城市建設出版社

目 录

“地方性無熟料水泥的制造与应用”專題小組討論的意見·····	(7)
試制烟灰石灰水泥和混凝土構件的初步报告	
·····	上海市建筑工程局 (23)
烟灰石灰水泥制品应用的試驗报告·····	天津市建筑工程局 (38)
利用工業廢料制造地方性水泥·····	辽宁省城市建设局 (48)
利用煤渣制磚的初步經驗报告·····	上海市建筑工程局 (53)
石灰燒粘土無熟料水泥的試驗研究和生产試	
用的初步总结·····	四川省城市建设局 (67)
燒紅土的制作与使用·····	雲南省城市建设局 (80)



城市建設部地方建筑施工技術會議
技 術 資 料 彙 編

(2)

無熟料水泥
的制造与应用

城市建設出版社

• 1957 •

城市建設部地方建筑施工技术會議
技术資料

(2)

無熟料水泥
的制造与应用

城市建設部建筑工程局編

北京市書刊出版業營業許可証出字第 088 号

城市建設出版社出版(北京阜外大街)

公私合营西四印刷厂印刷 新华書店發行

号書 045	60 千字	$787 \times 1092^{1/32} 2\frac{13}{16}$ 印張
1957年 2 月第 1 版		1957年 2 月第 1 次印刷
印 数 1—4,000 册		定 价 (10) 0.46 元

前 言

城市建設部於今年八月召开了全国地方建筑施工技术會議。会后,根据各省市地方建筑部門的要求,將这次會議中交流的一部分技术資料整理出来,分为 18 个專輯出版,以供各省市地方建筑部門的技术人員参考。

但是,由於地方建筑部門的条件差,有些新技术的試驗和實踐經驗尚不够完整,同时限於出版倉促和整理校訂者的水平,錯誤及不妥之处在所难免,希望讀者批評指正。

城市建設部建筑工程局

1956 年 11 月

“地方性無熟料水泥的制造与应用”

專題小組討論的意見

無熟料水泥，可以利用多种多样的材料制造，既可以就地取材，制造方法和設備又比較簡單。因此，在我国社会主义建設的年代里，利用这种地方性水泥来滿足当地建筑的需要是很重要的，也是很必要的。我国土地辽阔，各地情况不同，有的地方工業廢料較多，有的地方沒有工業廢料，而其他的廢料却很多。为此，我們研究了省市的經驗以后，認為各有長处，就把它綜合为三种無熟料水泥的經驗，以便給各省市选用，解决水泥缺乏的問題。第一是介紹烟灰石灰制造無熟料水泥的經驗，它适合於工業城市的需要；第二是介紹燒粘土和石灰制造無熟料水泥的經驗，它适合於非工業城市的需要；煤渣混凝土的制造过程大体上和上述兩種水泥相同，但因其原料很容易取得，成本特別低廉，更主要的是与今后工業化的發展有很大的关系，为此特把它作为第三种經驗来介紹。这三个經驗是經過小組研究后，綜合辽宁、四川、河南、云南、天津、北京等省市的經驗写成的。其中烟灰石灰無熟料水泥是以北京的資料为主。燒粘土無熟料水泥是以四川成都的燒粘土制造水泥的資料为主，煤渣混凝土則以上海的資料为主。

第一部分 烟灰石灰無熟料水泥

烟灰石灰水泥是用具有足够細度的石灰、烟灰和石膏三种材料按适当比例配制而成的無熟料水泥。它有水硬性，但与矽酸鹽水泥有所不同。烟灰石灰水泥在正常的条件下养护时，强度增長

緩慢， K_2 很低，后期（60 天，90 天）强度增長很快，在这种情况下不能做混凝土，只能配置 25 号以下的砂漿，並且在 7 天以內不能浸水。烟灰石灰水泥經 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 蒸汽养护后，强度增長迅速，标号也提高了很多。烟灰石灰水泥經過 24 小时的 100°C 蒸汽养护后，标号可达 300~400，可以配制 200 号以下的混凝土和各种标号的泡沫混凝土。

由於我国地域广大，各地材料品質不尽一致，所以配制烟灰石灰水泥的方法也就应因地制宜。現綜合各省市試驗研究的資料，根据这次大会組織專門小組討論的結果，提出下面几点意見：

（一）關於原料的選擇、加工和配合比：烟灰石灰無熟料水泥按重量計算，以 65~80% 的烟灰、15~30% 的石灰和 2~5% 的石膏所配制成功的最为合适。烟灰是燃燒粉煤的灰燼，由烟道飞出，它是很細的灰色粉末，一般無需加工即能使用。石灰應該采用高鈣石灰，並可以在分三种方法进行加工后应用。它是按干的重量計算的，一种是磨成生石灰粉，一种是做成熟石灰粉（必要时磨細），另一种是淋成細膩的石灰膏。用这三种不同方法制成的石灰粉，各有利弊，例如，生石灰粉和熟石灰粉配制的烟灰石灰水泥，可以預先集中配制，使用又方便，而且容易拌勻；但吸水量較大，流动性差，为了获得同一坍落度，用水量和用水泥量較多，同时磨細技术也比較复杂，費用亦較高。用石灰膏配制的烟灰石灰水泥的优缺点正与上述二者相反。關於石膏的選擇，一般使用熟石膏粉（半水石膏）。在蒸汽养护的条件下，可以用生石膏代替熟石膏，这是因为在蒸汽养护的过程中，同样地能使生石膏轉变成成为熟石膏的緣故。为节省成本，一般都采用生石膏，但是在正常养护的条件下，沒有这个作用就不可以代替。無熟料水泥所用原料的細度和它的强度是有很大关系的，原料的顆粒愈細，强度就愈高。但是磨得太細，則增加加工成本，这就不經濟了。因此，一般以 4,900 孔/平方

公分篩子上的篩余量不超过 15% 为較好。如果原材料不符合这个要求,就應該考虑加工磨細(是否需要再加工磨細,应根据其經濟效果决定)。烟灰石灰水泥中的 MgO 含量不应大於 4.5%, SO_3 含量不应大於 2.5%。由於各地烟灰和石灰在成分上和細度上有所不同,因此,各省市把原材料品种选定后,最好参考各省市的資料,結合当地情况,选择 3~5 种配合比进行試配。水泥試件經過 24 小时的 $100^{\circ}C$ 蒸汽养护后,即行試压。根据試压結果,选择强度最高的配合比,再用这种配合比繼續多做几次試驗,等成績穩定后,即以这个配合比,作为当地正式的烟灰石灰水泥配合比。我們目前还没有足够的經驗,搞出配制烟灰石灰水泥混凝土的公式,因此混凝土的配合比就應該参考各省市資料,並結合当地情况通过試配来选择。

(二) 蒸汽养护和强度的控制:蒸汽养护是保証混凝土强度的主要關鍵。因此,在制造混凝土过程中,應該注意水灰比。在蒸汽养护过程中,混凝土要失去部分水分,因此,混凝土的坍落度不应太小,否則会降低强度;在蒸汽养护温度的控制上和時間的長短上,要認真执行已有的制度,否則所用蒸汽太多,会造成浪費,或因温度不够,达不到設計的强度。

根据民用建筑的要求,一般采用 $100^{\circ}C$ 的温度和 95 度以上的湿度,在 24 小时的蒸汽养护內,能够达到强度的要求,蒸汽养护費也不太大,蒸汽的热能亦能充分利用。經驗告訴我們,假如能够更好地利用密閉降溫的环境將構件悶一悶,还可以提早停止供气,节省燃料。

(三) 烟灰石灰水泥的性能:

(1) 烟灰石灰水泥混凝土的几个重要物理力学性能的明确。烟灰石灰水泥和鋼筋的粘結力一般在混凝土标号的 25% 以上,並不弱於普通混凝土,但是中心抗拉强度較弱,約为混凝土标号的

25%，所以用这种混凝土来代替普通混凝土作構件时，应该和設計單位一道来核算抗拉和抗剪应力是否够用。

(2) 实验証明，烟灰石灰水泥混凝土的抗滲能力並不比普通混凝土弱，而且烟灰石灰水泥确有一定的抗冻能力。烟灰石灰水泥混凝土，經蒸汽养护后放置在潮湿常温的境环中，它的强度还可繼續显著地增高。

(3) 在現有的实验資料中，也有人这样指出：用这种水泥做成的混凝土放在干燥的环境中，强度会降低。目前有关这方面的資料尚不完全，还有待各省市作进一步的研究。

(4) 試驗資料也証明了烟灰石灰水泥混凝土的剛度尚好，用它代替普通混凝土做構件时，構件撓度一般也不超过规范的要求。

(四) 推广的范围和方法：

根据上述試驗的成果，北京市建筑工程局的苏联專家什拉姆可夫曾經指出“可以用烟灰石灰水泥調制混凝土来灌筑非主要結構部分的構件和跨度在4公尺以下的楼板，但必須通过100°C蒸汽养护”。上海同济大学維托希金同志在參觀上述混凝土成品后認為：“烟灰石灰水泥經過蒸汽养护做民用建築物中4公尺以下的混凝土予制構件沒有問題”。洛陽拖拉机厂建筑工程局的苏联顧問在看了上海制成的烟灰石灰水泥混凝土后，曾对上海市建筑工程局技术方面的負責同志談“你們所做的这些烟灰石灰水泥混凝土很好，可以在民用建筑中大量推广”。这些苏联專家的意見和从試驗方面得来的数据，充分說明了在現阶段用烟灰石灰水泥混凝土灌筑民用建筑中小跨度的、荷載不很重的予制構件、予制牆塊和基础等是比較适宜的，为了符合該混凝土最适于用在潮湿环境以及不能用於流动水中和有侵蝕性的地下水中的特点，凡是要用这种水泥代替普通水泥構件时，該向設計部門提出，請他們在設計时就考慮到这些特性。至於这些烟灰石灰水泥予制的構件，用在干

燥的地方就应加粉面，以資保护。

(五) 烟灰石灰水泥砂漿：

这种砂漿的配合比，也应参考各省市的資料，並通过試配后再加选择。砂漿有一部分是暴露在空气中的，为了保持它的强度，必須使这部分砂漿在一定的时期內保持住潮湿。根据苏联的資料“N—160—51”指示和河南省的施工經驗，10号烟灰石灰水泥砂漿可以用在地下和地上。在用於地上时，为了保护砂漿，应采用勾縫的方法，但却不可用原漿勾縫，勾縫所用材料可酌情选择。只有通过这样的勾縫方法，才能与空气隔离，防止碳化。河南省曾把25号烟灰石灰水泥砂漿用於地面以下部分，获得了良好的成績，但这种砂漿絕對不能用於流动性的和有侵蝕性的地下水中。

(六) 制造中应注意的几个事項：

烟灰石灰水泥是新的建筑材料，在生产和使用方法上还缺乏經驗，目前还不能全面掌握，所以只能根据現有資料提出以下几点：

(1) 使用石灰膏配制烟灰石灰水泥时，应先將石灰膏用水調成稀漿后，再与其他材料混合拌勻。

(2) 为了保証質量，必須采用攪拌机进行攪拌，同时必須掌握水分，使之拌合均匀。

(3) 烟灰石灰水泥混凝土是很粘的拌合物，必須使用震搗器震实搗固。

(4) 蒸汽的昇溫速度以每小时 15°C 为宜。应記錄蒸汽溫度，並要严格掌握蒸汽湿度，以确实保証蒸汽养护的溫度和时间。

(5) 在蒸汽养护时，混凝土的上表面应鋪一層約2公分厚的細砂，以防表面膨脹酥松。

(6) 在蒸汽养护时，与混凝土接触的木模表面应塗一層石灰漿以防木模吸水，造成混凝土表面酥松。

(7) 使用石灰烟灰水泥混凝土时,最好按照其特性进行設計,如用其代替普通混凝土,应事先与設計單位联系。

(七) 意义和价值:

使用烟灰石灰水泥做混凝土和砂漿具有重大的意义,主要表现在下列三方面:

(1) 可以代替矽酸鹽水泥,解决缺乏水泥的困难,加速祖国的基本建設。

(2) 可以降低成本,根据上海、北京等地的估計,混凝土每立方公尺可降低成本 5 元,10 号砂漿可降低 2.5 元。

(3) 烟灰是發電厂的廢料,每个电厂每年因清除烟灰要化費很多錢,現在这廢料被利用之后,在这方面的節約也很可觀。

因此,采用烟灰石灰無熟料水泥,不但有其經濟价值,还有其重大的政治意义。

(八) 今后研究的方向和方法:

由於時間短促,所作的研究不够全面,还有很多問題沒有解决,因此,今后我們必須繼續研究,做好以下几个工作:

(1) 烟灰石灰水泥砂漿的碳化問題,必須及早加以解决。河南省在使用烟灰石灰水泥砂漿时,發現砂漿的后期强度降低。我們參閱苏联“膠凝物質原理”一書后,認為这可能是由於干燥的砂漿与空气接触时, CaO 脱离 SiO_2 和 Al_2O_3 而与 CO_2 化合成 CaCO_3 所造成的。關於烟灰石灰水泥砂漿的碳化問題,必須通过試驗研究,同时必須經過長期的观察,方能够得以解决,目前对这一問題尚無确切資料,因此只能暫时用勾縫办法使砂漿与空气隔离以防止碳化。但是碳化這個問題,还必須进一步地鑽研,希望下次开会时,能够提出一些这方面的資料来。

(2) 蒸汽养护費用在烟灰石灰水泥混凝土的总成本中所佔的比重是很大的。因此,設法降低蒸汽养护的費用,就可以更多地

示出烟灰石灰水泥的經濟价值了。那末，是不是就必須以 95~100°C 的温度，不断的养护 24 小时呢？是否还有其他比較經濟而又物美的方法呢？这是值得我們繼續研究和發掘的。

(3) 烟灰石灰水泥混凝土的中心抗压、弯曲抗压、彈性模量、徐变和蒸汽养护后干放时的后期強度的增長情况等，我們尚無資料，今后要在这几方面加以补充。

(4) 在蒸汽养护时所采取的防止“膨脹”和“脫水”的措施尚不完善，今后还須要研究改进。

(5) 關於配制烟灰石灰水泥所用材料的細度和加工，都是很重要的一些問題，必須进一步研究，以尋求出更具体的数据来代替目前的粗糙的規定。

第二部分 石灰燒粘土無熟料水泥

石灰燒粘土(如紅磚粉)無熟料水泥的結硬原理、力学性能、使用範圍和試驗方法，基本上与烟灰石灰水泥相同，而且它的配制情况，構件的性能和烟灰石灰水泥差別也不太大，我們選擇了四川成都燒粘土的試驗作为代表性的經驗介紹如下：

(一) 配制方面：

(1) 原材料的主要化学成分：四川成都用的石灰，氧化鈣成分为 88.85%，北京灰 60% 左右，四川灰氧化鎂成分 5.87%，北京灰 7%。因此，四川灰屬於高鈣石灰，北京灰是屬於多鎂石灰，这些原料在化学成分上是有些出入的。關於另外一种主要材料——氧化矽，四川的燒粘土含活性氧化矽，成分 70.94%，北京的烟灰含活性氧化矽 49.46%，至於其他的化学成分，粘土有氧化鋁 17.61%，烟灰有 29.04%，由於粘土的活性氧化成分有 88.55% ($70.94\% + 17.61\%$)，烟灰只有 78.5% ($49.46\% + 29.04\%$)，所以从材料的活性价值来講，燒粘土水泥是有它的特長的，何況燒粘土中的有害成分極

少,因此,在成分上說,燒粘土應該是很好的無熟料水泥。

(2) 配制比例:燒粘土水泥較好的比例是:25%:70%:5% (生石灰,燒粘土,石膏)和烟灰石灰水泥的比例:烟灰 65~70%,石灰 25~30%,石膏 5% 很相近。由於燒粘土所含的活性材料比烟灰多,因此从配合比上来看,燒粘土的水硬性應該是强的,不过各地粘土的化学成分也各有不同,因此在配合比上還須通过試驗方法来确定。

(3) 材料的規格和選擇:

工業城市和大城市都有工業廢品,如烟灰、爐渣、模型沙等的水硬性材料;在矿区里有頁岩、浮石等材料。但在一般中小城市或山区里,就受到条件的限制,找不到上述的这些材料,而只有磚瓦厂廢品或其他經過鍛燒的粘土廢品。因此,建筑工作者应怎样适应环境將这些碎磚破瓦磨成石磚灰作水硬性材料,应用到建筑材料上去。这是一个很有价值的工作。四川成都由於水泥的缺乏,就利用了碎磚破瓦磨成磚粉,制成了燒粘土水泥,並且發現了这种水泥的化学成分和粉末細度容易掌握,在所做成的水泥性能上亦没有什么变化;所不利的是燒粘土水泥,不論是利用碎磚或現燒粘土,都需要加工細磨,因而就增加了一道工序,提高了成本,这是它的缺点。但在非工業城市,又沒有水泥的情况下,利用这个燒粘的水泥,还是有很大的作用的。

在制造燒粘土水泥的过程中,四川也采用了生石灰粉或石灰膏,它們的利弊和烟灰水泥所遇到的利弊是一样的。

(二) 石灰燒粘土水泥的性能:生石灰粉配制的水泥,初凝平均在 36 分鐘左右,終凝在一小时半左右。石灰膏配制的水泥,初凝大於 4 小时,兩者均有不利於施工的缺点。生石灰粉配制的燒粘土水泥,在自然养护下,强度很低,但后期强度很高,28 天强度为 7 天强度的 5 倍,75 天的强度又为 28 天强度的 3 倍左右。燒

粘土水泥制作的混凝土表面沒有疏松現象。燒粘土水泥与烟灰水泥都必須在蒸汽养护的条件下,其强度才能显著增高,烟灰水泥需要在 100°C 温度蒸汽养护 24 小时才能达到予期的强度。但是燒粘土水泥只需在 80°C 温度蒸汽养护 20 小时,試压的强度就相当接近。因此,在沒有工業烟灰的地区采用燒粘土水泥,在温度要求上是有保証的,同时养护条件亦易办到。

(三) 經濟效果和發展前途:

燒粘土水泥的原料——燒粘土或磨碎磚——都需要加工,因此它們的成本比烟灰要高一些。石灰,石膏因各地区情况不同,价格也有不同,故不能对比。例如:四川成都燒粘土水泥成品的价格比北京烟灰水泥还高,矽酸鹽水泥的价格亦比北京的矽酸鹽水泥高,因此在成都推广無熟料水泥,还是值得的,更重要的是有了無熟料水泥以后,它就可以代替普通水泥,解决了普通水泥供应不足的困难。四川成都燒粘土水泥,現在正在推广使用,但經驗还不全面,希望各地在吸收这些經驗后,再作进一步的研究和推广。

第三部分 煤渣混凝土(苏醒混凝土)

煤渣混凝土是由煤渣、石灰和石膏三种原料磨成細粉后再加水經蒸汽养护制造成的,它既不用黃沙也不用石子。煤渣中最細的顆粒就是它的膠結材料,它能起一种膠結作用,其余的顆粒起着黃沙石子的骨材的作用。这种混凝土所用的煤渣顆粒 87.9% 能通过孔徑 5 公厘篩,实际上煤渣已經是粉末状态,做出来的混凝土,从有关的苏联参考資料中来看,能制成高达 200 号以上的混凝土,因为这样的制造方法能使煤渣中的活性材料(活性氧化矽)經重輪輾压后,將外面包圍的非活性材料剝去,促使这种活性材料与石灰进行化学作用而硬化。在輾磨过程中加入一些石膏,来作为催化剂,可使混凝土的質量提高。

(一) 煤渣混凝土的制造方法

煤渣混凝土是由煤渣、石灰和石膏磨成粉末后再加水經蒸汽养护而制成的。根据上海市建筑工程局的試驗，这三种原材料在配合比上以煤渣 86%、石灰粉 8.6%、石膏粉 5.4% 或以煤渣粉 89%、石灰粉 8% 和石膏粉 3% 的配合較為合适。

(1) 煤渣。在試驗中所用的煤渣，是上海閘北电厂所用的九龍統煤燒成的煤渣。它的平均比重在 2 左右，松重每立方公尺为 600~700 公斤，一般的含水量在 10~20% 左右。煤渣的主要成分，經上海市建筑工程局化驗，其結果如下：

九龍統煤渣主要化学成分分析

等 級	C (未燃)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
粗中煤渣	7.2	47.0	30.8	9.8	0	4.8
細 煤 渣	21.7	39.0	26.2	7.6	0	4.7

煤渣从顆粒的大小来分，可分为粗、中、細三种，为了便於分类，則把这样划分的三种煤渣的标准按上海建筑工程局对煤渣的篩分析結果采用(參見本書“利用煤渣制磚的初步試驗報告”)，当然这也不是一成不变的，有时也可以有些出入。

(2) 煤渣的級配

根据上海市建筑工程局的化驗，細煤渣里含碳多，活性材料較少，中、粗煤渣中含碳少，活性材料多(見前面的化学分析表)。根据他們的經驗，煤渣混凝土的煤渣級配虽然和一般細煤渣的級配很接近，但是不能应用現成的細煤渣，这样才能保証煤渣混凝土的强度。根据上海市建筑工程局試驗的結果，在將中、粗煤渣磨成細煤渣时，应采用 25 公厘以上的粗煤渣 15%、5~25 公厘的中煤渣 60%、5 公厘以下的細煤渣 25%，混合后磨制成为做煤渣混凝土所需的級配，或接近这个級配。这个級配如下：