

全國建築材料新產品經驗交流會議資料

用石灰黃土燒制高標號水泥

建築工程部建築科學院編

建築工程出版社

內 容 提 要

土法燒制高標號水泥所用的原料，一般均採用石灰石、粘土和少量的煤粉。建築工程部建築科學研究院西安分院，利用西北黃土、石灰石和煤粉試制成功600號的水泥，其3天強度就達300—500公斤/平方公分。在這篇試驗報告中，詳細地介紹了以黃土代替粘土燒制高標號水泥的經驗，適合各地利用當地材料燒制高標號水泥時學習參考。

用石灰黃土燒制高標號水泥

建築工程部建築科學院 編

編 輯：姚 雪 嶽

設 計：閻 正 堅

1958年11月第1版 1959年1月第2次印刷 3,061—15,070冊

787×1092 • $\frac{1}{32}$ • 15千字 • 印張 $\frac{5}{8}$ • 定價(9)0.09元

建築工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 統一書號：15040·1412

建築工程出版社出版（北京市西郊百萬莊）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

編 者 的 話

建筑工程部于1958年8月25日至9月5日在北京召开了“建筑材料新产品經驗交流會議”，會議期間各地代表提供大会的190余种資料，大都是全国跃进以来，試驗研究或从實踐中創造出来的新产品和先进經驗。这是全国各地建筑工作者在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，發揮了敢想、敢說、敢干的共产主义精神所获得的成果。

这次大会所交流的新产品和先进經驗的特点，一般是工艺过程与所用設備簡單，就地取材，就地生产，就地应用，成本低，效能高。这些新型建筑材料的出現，将开辟建筑材料的新局面。可以大量节约水泥、木材、鋼材，这对我国社会主义建設事业具有重要的现实意义。

我院受會議的委托，使这次大会資料及时地、广泛地介紹給全国各地，特选編了具有代表性的几种資料分單行本出版，供各地参考。

建筑工程部建筑科学院

目 录

前 言

一、原料的采用.....	(2)
二、配合比的計算.....	(4)
三、配料.....	(8)
四、煨燒.....	(9)
五、熟料加工.....	(13)
六、成品鑑定.....	(13)
七、成本概算.....	(16)
八、两点体会.....	(18)

前 言

河南省偃师县路村乡用手工制造水泥的方法，其特点是利用当地原材料——白堊土、紅土和煤粉，通过手工或半机械化设备，制成質量完全合乎标准的高标号水泥。由于其投資少、設備簡單、就地取材、投入生产快，故对当地兴办地方工业，解决工、农业生产大跃进中水泥供不应求的困难，是具有极重要的意义的。

为了解决下半年水泥供不应求的問題，我們在学习了这一經驗后，曾結合西安地区条件，在今年五月下旬开始試制高标号水泥，由于党的正确領導，我所职工在总路綫的光輝照耀下，鼓足干劲，苦战一月，终于試制成功，这种高标号水泥的主要原料采用消石灰、黃土(或紅土)和煤粉，并掺入少量铁矿石粉(或铁粉)，其标号可以达到600号，各項物理性能均能符合国定标准。

一、原料的采用

諸葛乡手工制造水泥的方法是采用白堊土和紅土作为主要原料。但在西安地区，情况則有所不同，首先西安当地白堊土的产量不多，分布不广，而且成分跳动范围較大（其氧化鈣含量跳动在30—40%之間，而且含量在40%以下的又不合用）。此外，并由于块状的白堊土（粉末状的質量較差）必須經過磨細，因此还增加了工序和加工費用。

除白堊土外，当地的石灰石和方解石，虽然其氧化鈣含量較高（一般可以达到53%以上），但其缺点是必須經過破碎、磨細，加工費用过大。

我們采用消石灰作为原料是因为，消石灰（氫氧化鈣）加热至 547°C 时，可以分解为氧化鈣与水。此外，在实际应用中，消石灰还有以下的优点：（1）产量多，分布地区广，取材容易，不受地区性的限制；（2）化学成分跳动范围不大，質地比較均匀稳定，在生产时易于控制；（3）加工簡單，只須将生石灰加水消解，不需要破碎和磨細設備；（4）由于在农村和城市都可得到大量的供应，因此对于兴办地方工业以解决当地水泥供应問題，是很有利的；（5）由于消石灰的氧化鈣含量較大（一般在70%左右）、加工簡單、煨燒时用煤量較小、燒成量較大，所以水泥的成本并不高于用白堊土制造的水泥（詳見第七节成本概算）。

其次，紅土在西安地区的分布也不普遍，而可以到处取材的則是黃土。我們在試制的最初阶段是根据諸葛乡的經驗，采用紅

土試制成功的，后来为了取材方便，降低成本后又改用了黃土。

总之，在土制水泥中，所采用的原料必須符合就地取材的原则，要从具体条件出发，因地制宜和因时制宜。如当地有質量較好的白堊土，仍以用白堊土为經濟。

以下分述我們在試制工作中所采用的各种原料：

1. 消石灰，采用生石灰加水消解。生石灰宜采用鈣石灰，而不宜用鎂石灰，并最好是用高鈣石灰。我們这次試驗所用的生石灰是块灰，化为消石灰后，其CaO含量为72.09%。

2. 黃土（或紅土），如果当地沒有黃土也可以用紅土，我們所采用的是西安北郊的黃土和長安县韋曲紅土，用石碾或球磨机加以粉細。

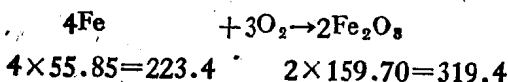
3. 鉄矿石粉（或鉄粉），用銅川黃堡鎮的鉄矿石或金屬加工厂的（鉄屑），加以粉碎后应用。鉄矿石粉的作用除补充原料中的氧化鉄成分不足外，还可以降低生料的熔点，使易于燒成。

4. 煤粉，采用阳泉煤粉（无烟煤）。在生料中掺入煤粉，可使其易于燒透，并使熟料疏松，便于磨細。此外，煤粉燃燒后其灰粉中含有矽、鋁、鈣、鉄的氧化物，又可作为水泥的組成部分。

5. 石膏，在熟料中掺入石膏一并磨細，可以延緩水泥的凝結時間，利于施工操作。一般采用生、熟石膏均可。我們在試制工作中系采用平陆熟石膏。

上述原料的化学成分，經分析如表1所示。

根据化学反应：



故鉄粉經過煅燒后，成为 Fe_2O_3 其含量为 $89.67\% \times \frac{319.4}{223.4} = 128\%$ 。

表 1

材料 名称	% 燒失量	二氧化矽 SiO ₂	三氧化二鋁 Al ₂ O ₃	三氧化二鐵 Fe ₂ O ₃	氧化鈣 CaO	氧化鎂 MgO	三氧化硫 SO ₃	總 數
消石灰	22.38				72.09	3.87		98.34
黃土	9.42	56.65	16.45	4.58	8.83	2.40	0.09	98.42
紅土	4.70	62.37	18.21	7.07	2.20	2.39	0.07	97.01
陽泉煤	84.84	6.77	5.57	1.04	1.31	0.01	0.40	99.94
鐵矿石粉	8.29	25.22	4.86	52.79	1.50	1.48		
鐵粉				128 *				

* 鐵粉經化學分析后，其含鐵量為89.67%。

二、配合比的計算

依據原料及其成分的不同，配合比一般采用：

消石灰100分，黃土32—38分，煤粉15分，鐵矿石粉2分（鐵粉1—2分）或消石灰100分，紅土30—35分，煤粉15分，鐵矿石粉2分（或鐵粉1—2分）。

具體配合比的確定系依據原料的化學分析，進行配合比計算。

下面介紹配合比的計算方法和計算實例。

1. 計算方法

主要根據蘇聯B·A·金德和B·H·容克所提的飽和係數（KH）公式進行計算，惟為簡化計算過程起見，曾採用先假定配合比再計算系數值的方法，具體計算方法如下：

(1) 原料的配合比不用百分比計，而参考諸葛乡的經驗先把消石灰固定为100分，煤粉固定为15分，然后根据原料化学成分的不同，进行确定黃土以及鉄矿石粉的用量。

(2) 鉄矿石粉的用量按照下列原則确定：由于鉄矿石粉的作用是在于降低鋁氧率，并降低生料的熔点，而生料中影响鋁氧率的主要成分是黃土，因此必須首先計算黃土的鋁氧率。根据我們的經驗，如果黃土本身鋁氧率在“2.5”以上，則可采用鉄矿石粉2分。

(3) 由上述二点已經确定，消石灰、煤粉、鉄矿石粉之比为100:15:2。对黃土的用量可先假定一个数值（一般介于32—38之間）并据以計算生料成分和熟料成分，然后計算其飽和系数值、水硬率、矽酸率和鋁氧率。如果各項系数值都在規定的范围以內，則說明这个假定的黃土用量是正确的，否則还須調整黃土用量，重新計算。

計算各种系数值的公式如下：

$$\text{飽和系数 (KH)} = \frac{\text{CaO} - 1.65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.35\text{Fe}_2\text{O}_3}{2.8\text{SiO}_2}$$

$$\text{水硬率 (m)} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{矽酸率 (n)} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{鋁氧率 (P)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

其中：CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃为熟料成分中各項氧化物的含量百分比。

以上各个系数值应介于下列范围之內。

飽和系数 (KH)	1.00—1.10*
水硬率 (m)	1.9—2.4
矽酸率 (n)	1.7—3.5
鋁氧率 (P)	1.0—3.0

2. 計算实例

(例)我們在試制中曾采用下列成分的消石灰、黃土、鉄矿石粉及煤粉燒制水泥，試計算其配合比（見表 4 中編號E14）。

原料的化学成分(%) 表 2

% 原 材 料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	不溶物	燒失量	总数
消石灰				72.09	3.87			22.38	98.34
黃土	56.65	16.45	4.58	8.83	2.40	0.087		9.42	98.42
鉄矿石粉	25.22	4.86	52.79	1.50	1.48		5.18	8.29	99.32
煤粉	6.77	5.57	1.04	1.31	0.01	0.4		84.84	99.9

換算成100%

消石灰				73.30	3.94			22.76	100
黃土	57.60	16.70	4.65	8.95	2.44	0.09		9.57	100
鉄矿石粉	25.39	4.89	53.15	1.51	1.49		5.22	8.35	100
煤粉	6.77	5.57	1.04	1.31	0.02	0.4		84.89	100

- * 根据一般資料的規定，飽和系数值(KH)应在0.80—0.95的範圍內；惟据容克著“胶凝物質工艺学原理”(重工业出版社出版)第118頁所述“……如果用灰分高的燃料时，則就不需要很精确的計算，反之，当采用灰分高的燃料时，如果估計到煤灰落入窑中生料或熟料的情况，那么必須將生料的KH值提高到1.0—1.2”。考慮到在我們的試驗窑中煨燒时，燃料煤(外加煤)的用量較大，在計算配合比时又无法將这部分灰分的影响計入，而仅能計算生料球中所掺煤粉的影响，故我們在实际試驗中所采用的飽和系数值KH为1.00—1.10。
- 但如在連續窑中生产，在不用燃料煤的情况下，其飽和系数值仍宜采用0.80—0.95的範圍(但仍須通过試驗決定)。

(計算)依据前述計算方法, 首先固定石灰的用量为100分, 煤粉的用量为15分, 并采用鉄矿石粉 2分。

至于黃土的用量, 根据經驗, 一般为32—38分, 茲先假定采用黃土37分, 进行計算。

生、熟料化学成分的計算

表 3

配合成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	不溶物	燒失量	总 数
100分消石灰		1		73.30	3.94			22.76	100
37分黃土	21.32	0.18	1.72	3.31	0.90	0.03		3.54	37
2分鉄矿石粉	0.51	0.10	1.06	0.03	0.03		0.10	0.17	2
15分煤粉	1.04	0.84	0.10	0.21	0	0.06		12.75	15
总 数	22.87	7.12	2.88	76.85	4.87	0.09	0.10	39.22	154
生料成分%	14.85	4.62	1.87	49.91	3.16	0.06	0.06	25.47	100
熟料成分%	19.92	6.2	2.51	66.97	4.24	0.08	0.08		100

$$KH = \frac{66.97 - 1.65 \times 6.2 - 0.35 \times 2.51}{2.8 \times 19.92}$$

$$= \frac{66.97 - 10.23 - 0.88}{55.78} = \frac{55.86}{55.78} = 1.001(1.00 - 1.10)$$

$$m = \frac{66.97}{19.92 + 6.2 + 2.51} = \frac{66.97}{28.63} = 2.34(1.9 - 2.4)$$

$$n = \frac{19.92}{6.2 + 2.51} = \frac{19.92}{8.71} = 2.29(1.7 - 3.5)$$

$$P = \frac{6.2}{2.51} = 2.47(1 - 3)$$

从試驗結果可知, 黃土用量为37分时, 各个系数值都能合格, 因此决定采用消石灰100分, 黃土37分, 煤粉15分, 鉄矿石粉 2分, 但如在試驗过程中发现問題, 則应考虑实际燒成条件的影

响（譬如立窑中外加煤的影响），增减黄土用量进行试烧，以可以烧成的定为正确的配合比。

以上是我們根据計算确定配合比的情况。

如果对原材料没有条件进行化学分析，也可直接采用假定配合比进行试烧的办法，根据试烧的结果来确定配合比。

三、配 料

各項原料在配料前应先作如下的处理：

1. 生石灰应加水消解制成消石灰，通过120号罗（孔径0.25公厘）后应用；在消解时所用的水量应适宜，过多或过少均将影响质量，最好生石灰消解后能放置一、二天，使尽可能消透，以减少未熟化的微粒。过筛后的筛余微粒，除烧僵石灰块外，一般仍可再予消解应用。

2. 黄土应用石碾或球磨机磨细，通过120号罗后应用。

3. 煤粉采用阳泉煤细屑，通过2.5公厘筛后应用。采用粗粒煤粉比较耐燃，可使生料易于烧透。

4. 铁矿石粉或铁屑应粉碎，通过120号罗后再应用。

配料时应按规定的配合比，将消石灰、黄土（或红土）和煤粉一并拌和至色泽均匀一致，然后撒入铁矿石粉（或铁粉）拌匀（因为其用量最少，而比重最大，所以宜在最后撒入）。

以上材料拌匀后即加水拌合，制成2.5—3公分直径的生料球或 $3 \times 3 \times 3$ 公分的生料块，晒干后备用，拌料时的用水量不宜过多，以能制成生料球或生料块为度。生料球、块须做得比较疏松，使易于烧透，因此不宜过分用力搓压。

在配料工作中应该注意以下几点：

1. 必須严格控制原料的細度。除煤粉宜采用較粗的粒度外，其他各項材料均應通过120号篩后备用，如果原材料的粒度过粗，则在煨燒过程中便不能很好化合，以致使燒成的熟料中存在有游离的石灰等，从而会降低水泥的質量。

2. 原料必須拌合均匀，否則所制成的生料球往往材料組成不一，有的生料球含消石灰过多，有的生料球含黃土过多……等等，其結果常使熟料不能按預期的配合比燒成，以致会降低成品的質量。

3. 生料球（块）的尺寸不宜过大。一般立窯連續生产时，所用的生料球約有雞蛋大小，但在試驗窯中，由于火力較小，生料球（块）的直徑只能在2.5—3公分左右，如果料球（块）过大，即不易燒透，其結果常致使生料球外部燒成，而內部依然生燒。

4. 生料可以制成球状也可以制成块状。生料球不易碎裂，在煨燒时球与球之間的空隙較大，易于透火，使生料燒透。但其缺点是制作时手續比較麻煩。生料块比較容易制作，只須將加水拌和的生料制成薄片，然后切割成为 $3 \times 3 \times 3$ 公分的方块，但其缺点是在煨燒时生料块間的空隙較小，不易透火。

四、煨 燒

生料球（块）干燥后，即准备入窯煨燒。

在开始时，我們是采用小試驗窯試燒，其內徑为15公分，高50公分，外徑45公分，在爐篦下設置吹風孔及出料孔。吹風采用普通木風箱。煨燒时采用2—2.5公分直徑的生料球，每窯可裝生料球6公斤，煨燒時間約5—6小时。由于小窯比較不易掌握，熟料燒成后易于粉化，有时熟料外觀虽然好，但質量不合格。

在小試驗窯試驗过程中曾失敗三、四十次，以后就采用大試驗窯。

1. 窯的形狀及尺寸

我們所采用的大試驗窯直徑為50公分，高1.2公尺，在爐篦下設置鉄絲網錐形体及白鉄通風管，以便使用鼓風機（1/4匹馬力）吹風，并且四周加填煤渣，使進風分布均勻，在爐篦上并加鋪25公分煤渣（見圖1）。

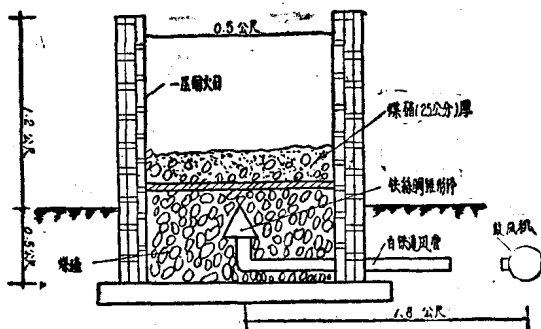


圖 1

2. 裝料方法与用煤量

試驗窯中的煨燒情况与立窯連續生产时有所不同，在連續生产的立窯中，主要是依靠生料球中的內摻煤粉燃燒，而在試驗窯中，由于裝料不多，火力較小，其煨燒的进行，除依靠料球的內摻煤粉外，还依靠外加燃料煤的引火作用。因此燃料煤的用量和裝煤方法以及进风量的大小乃是决定生料能否燒成的主要关键，也就是說，这三者必須密切配合，才会使生料能均匀地煨燒到一定的溫度（ 1450°C ）而不致发生生燒現象，并能在高溫下維持一定的時間，使逐层生料燒成后燃料煤立即熄灭，不致发生过燒，

并利于熟料进行冷却；因为燃料煤一經裝入，是无法再行增添或减少的。

我們在試驗中系采用一层料球夹一层煤的裝料方法，愈至上层，裝煤量递减，裝料量递增，具体的裝料方法見图 2 所示。

生料球和煤的用量无一定的比例，須視窑的大小、生料球的多少而定，一般是窑的容量愈大，裝料愈多，而煤的比例用量愈少。在立窑中連續生产时，主要依靠料球中的內掺煤粉燃燒，甚至可不用外加煤（引火用的煤例外）。

料球 (公斤)	煤 (公斤)
12	5—6
10	2
10	2
8	2
8	2
	12

图 2

由于窑四周的阻力較小，故风力易沿窑壁上升，火苗易于上窜，往往在煨燒时，四周的料球先着，而中部后着。为了防止这一現象，宜将爐篦上所鋪煤渣的四周用力搗实，并在裝料时，使四周的料球与煤裝得較紧，而中部稍松，以便使出火均匀。

3. 煨燒程序

先在窑中放入木材引火，俟火着后加入底煤12公斤，开动鼓风机使煤燃着，底层煤应加搗实，并使均匀燃着，以免出火不匀。

底层煤燃着后，即关闭鼓风机，加入第一层料球8公斤，然后开动鼓风机，俟料球表面出現火苗时再关闭鼓风机，加入第二层煤及料球……依次加料，至末批料球12公斤加完后，在面层再加煤5—6公斤，以能复盖表面为度。

大約从裝料开始，经过一个半小时左右，面层即开始出現火苗，此后，火苗逐漸增大，出現金黃色火焰，然后轉为鮮黃色火焰，并在爐內出現耀目光芒，約一小時左右，火焰即开始下降。

俟面层煤燃燒完毕，四周熄灭，中部显暗紅色时，即行出爐，

总計煨燒時間約 4 小時左右。

燒成的熟料呈黑綠色至黑褐色，內外色澤一致，質重而結構密致，從外觀上可以看到晶體微粒。煨燒良好的熟料無結塊粉化現象，一般可以燒成 90% 以上。

4. 煨燒工作中的注意事項

(1) 必須注意掌握“勻風勻火”的原則，為了達到這一目的，必須注意用小塊煤渣在爐篦上鋪填，並將四周搗實，底層煤應注意使均勻燃着，如果在加入料球時發現出火不均，應將先出火處加以壓實。

(2) 用煤量和通風量也有着密切的關係。在煨燒時一般可用裝煤較多、通風量小的緩燒辦法，也可用裝煤較少、進風量大的急燒辦法，但其間也有一定限度，如果裝煤過多，則雖進風量小也會造成高溫時間過長的燒結現象；反之，如果裝煤過少，或進風量過大，也會造成生燒或皮焦里生的現象。

(3) 一般來講，大窯易于保持溫度，比小窯易于掌握；但大窯中燒成的熟料，也有 10% 左右的生燒情況，這是由於面層、窯角和進出料洞口的料球未曾燒透，這種現象在立窯連續生產中是可以避免的。

(4) 煨燒制度（包括用煤量、裝煤方法和進風量）應隨著窯的形式和大小、鼓風設備、煤的質量以及材料配合比的不同而加以變化，不能生搬硬套，為此，適當的煨燒制度必須通過試燒後確定。

5. 熟料的粉化問題

在煨燒工作中時常遇到的熟料粉化現象及其原因有如下幾種：

(1) 熟料絕大部分粉化，而且粉化后出現各种不同的顏色，粉末甚細，說明生料中粘土用量过多，須調整配合比。

(2) 部分熟料(特別是窑中部的熟料)結块粉化，但單粒的熟料并未粉化，說明这种配合比的生料可以燒成，但由于高溫時間延續过久，因此熟料未能及时冷却，可用減煤或減风的方法糾正。

(3) 熟料外层煨燒正常，而內部粉化仅剩球壳，說明升溫時間太快，高溫延續時間不够，外层虽經燒成，而內部溫度并未达到，以致生成的矽酸二鈣不够稳定；由 β 型变成为 γ 型。

(4) 熟料球上有部分或斑点状粉化，說明原料拌和不够均匀，以致熟料中有一部分粘土过多，发生粉化。

熟料經粉化后，其粉状物質輕，不具活性。

五、熟料加工

燒成的熟料应加陈置，使游离氧化鈣得以风化，从而提高成品質量，并使熟料易于粉碎，我們在試制工作中一般將熟料陈置2—3天。

陈置后的熟料应先予破碎，按其重量掺入3%的熟石膏(外掺)，然后在球磨机中加以磨細約2—3小时，熟料磨細后，通过180号罗，即成矽酸盐水泥，其細度相当于95%通过4900孔篩(即篩余5%左右)。

六、成品鑑定