

无熟料水泥土法生产 和使用手册

(修訂本)

建筑工程部水泥技术組合編
浙江省低标号水泥試驗推广工作组

浙江人民出版社

序 言

多快好省，鼓足干劲，力争上游，这是社会主义建設的路綫。在党的领导下，全国人民認真贯彻执行了这一路綫，工农业生产和各項工作都大跃进，各項基本建設也蓬勃开展，这样，对水泥的需要就不断增加。为了滿足这种需要，除了充分發揮現有水泥厂的潛力，有計劃地建設新的水泥厂外，迅速組織和推广低标号水泥的生产和使用就十分必要了。

实践証明，低标号水泥的强度虽較低于普通水泥，而且使用的范围也有一定的限制，但是一般25号以下的砂漿和70号以下的混凝土是完全可以使用的。它的强度和使用范围已經远远超过目前广大农村使用着的石灰。在中、小型农田水利建設和一般民用建筑中有着广泛的使用价值。就生产的工艺过程來說，不复杂，很容易掌握，設備可以因陋就簡，完全可以做到就地取材、就地制造、就地应用，而且投資少，收效大。所以，生产低标号水泥不但給使用者打开了减少开支保証質量的門路，而且节省了目前生产有限的普通水泥，減輕了国家对水泥的供应負担，积极支援了工农业建設。这就是說，大力組織低标号水泥的生产和使用，是貫徹多快好省，鼓足干劲，力争上游的建設路綫的一个具体措施。我們編写这本书的目的，是帮助工业行政部門、基本建設部門的一般干部、乡社干部以及水泥工人、手工业工人迅速掌握低标号水泥生产和使用的基本知識。因此，本书不仅对低标号水泥的特点、硬化原理以及原料选择、成型煅燒、粉磨制成等一系列工艺过程作了較詳細的說明，而且对于建厂問題也提出了初步方案。但是，由于急于成稿付印，不能有更多的時間作反复修改，可能存在着缺点和錯誤，希望讀者多提意見，多批評，以便再版时修正。

愿生产低标号水泥的小型工厂遍及广大农村，如同星罗棋布；

浙江省重工业厅化工建材处

1958年4月

修訂說明

一、本書原名“低标号水泥生产和使用手册”，現改名为“无熟料水泥土法生产和使用手册”。把“低标号水泥”改做“无熟料水泥”的原因有以下几点：

1. 根据甘肃、河北等省的实践证明：石灰燒粘土水泥的主要原料如用氧化鋁含量較高的磁土或陶土，标号可到达300号以上。本省永嘉县箬桥水泥厂用青色粘土原料制成的一种水泥，标号也达200号以上。

2. 湖北等省实际試驗和本書（第22頁）所引用的苏联資料証明，同样的无熟料水泥如粉磨細度增加到标准篩篩余5—1%以下时，水泥标号可由150号提高到300—400号以上。

3. 石灰矿渣水泥或石膏矿渣水泥的标号可达到200号以上到400号，超过低标号水泥150号的范围。

4. 浙江大学和中央水泥工业研究院曾以一部分水淬矿渣与石灰燒粘土水泥制成了高标号水泥，既打破了对矽酸鹽水泥的迷信，又証明了，以鋼鐵为綱帶動其他工业发展这个方針的正确性。

二、本書內容虽然包括生产、檢驗和使用方法等，但讀者可根据自己的需要掌握选閱，不必从头看起；特别是硬化原理部分，因限于水平，不能通俗表达，編者認為是最大的遺憾，希讀者原諒。

編者 1958年9月

目 录

无熟料水泥的硬化原理与原料选择.....	(1)
粘土的煅烧.....	(9)
无熟料水泥的粉磨与制成.....	(19)
无熟料水泥的检验方法.....	(31)
无熟料水泥的使用.....	(38)
无熟料水泥建厂原则和组织生产方案.....	(44)
附录：苏联四种无熟料水泥标准.....	(52)

无熟料水泥的硬化原理与原料选择

水泥是和水作用而硬化的膠凝材料。无熟料水泥即石灰混合水泥，一般称为羅馬水泥，与普通水泥即矽酸鹽水泥（过去称为波特蘭水泥）同为水硬性膠凝材料，但无熟料水泥，一般标号仅有25号至200号左右，而普通水泥是经过半熔化的熟料配成的人工水泥，标号一般在200号以上至800号为止。

无熟料水泥为什么称为羅馬水泥，这是因为早在公元十世紀至十二世紀，羅馬广泛采用陶器磚瓦粉末制成人工火山灰，混以石灰和黃砂充作水硬膠泥，这种水硬膠泥是当时最优良的建筑材料。

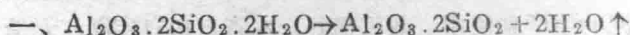
我国使用无熟料水泥已几百年了。著名的北京下水道工程就是用三成石灰七成粘土的石灰粘土水泥鋪設的，現仍完好无损。1901年至1910年在修筑滇越鐵路时，用石灰燒粘土水泥調成砂漿所砌的涵洞、隧道，到現在已有50余年，也未見损坏。1940年抗日战争期間，四川綦江閘壩工程用石灰燒粘土水泥配制的砂漿和混凝土修建，十余年来也不滲水。解放后，广东地区普遍推广无熟料水泥的生产和使用，效果很好。本省自1951年浙江大学土木系开始研究石灰凝灰岩水泥，肯定适用于水下、土中或潮湿地区的砌筑工程。杭州水泥厂在1956年試生产的石灰凝灰岩水泥和石灰頁岩水泥，經浙江省基本建設材料試驗所試驗証明，可制成70号以下的塑性混凝土和90号以下的干硬性混凝土，以及25号以下的砂漿。杭州市建設局曾用无熟料水泥修筑江城路，其上以矽酸鹽水泥灰漿抹面，仅凝結時間較普通水泥慢一些，其他沒有問題。但这仅是情况的一方面；另一方面，在工业及民用建筑中，約占水泥总用量的一半，是以普通水泥来調制灰漿和低强度混凝土。

土，这种做法，既不合理，又很浪费，必须改变。无熟料水泥具有矽酸盐水泥的性能，在水中能保证和继续提高它的强度。如能广泛生产和使用无熟料水泥，不仅可以节省普通水泥，使普通水泥用之于重要的建设工程，以支援国家的社会主义建设，而且能在保证工程质量的前提下，有效地降低工程造价，为国家节约大量的建设资金。

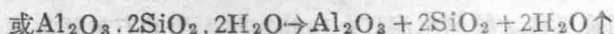
无熟料水泥的主材是烧粘土或火山灰。烧粘土或火山灰和水拌和时，不能产生水硬性，只有与气硬性石灰混合，加水成胶泥状态后，才能在空气中硬化，能在水中继续硬化。硬化的原因，主要是因为无熟料水泥内含有较多的酸性氧化物，如二氧化矽（ SiO_2 ）氧化铝（ Al_2O_3 ）等，这些酸性氧化物具有一定程度的活性，能与氢氧化钙（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）在常温和常压下起化学反应，生成不溶于水，并且化学性很稳固的含水矽酸钙（ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）或含水铝酸钙（ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）这种矽酸钙具有一定程度的强度。

在粘土中以高岭土占优势，经 $600-800^\circ\text{C}$ 的煅烧后，失去结晶水，变成偏高岭土或氧化铝和无定形的氧化矽，如与石灰一起水化，即生成铝矽酸钙。各种化学反应并列于下：

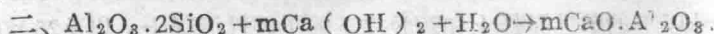
（加热）



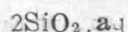
高岭土 无水偏高岭土 水蒸气



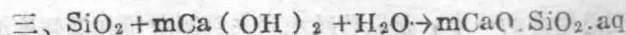
高岭土 氧化铝 氧化矽 水蒸气



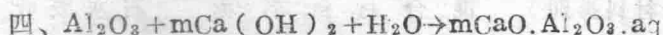
无水偏高岭土 氢氧化钙 水 水化矽铝



酸钙，水化物



氧化矽 氫氧化鈣 水 水化矽酸鈣



氧化鋁 氫氧化鈣 水 水化鋁酸鈣

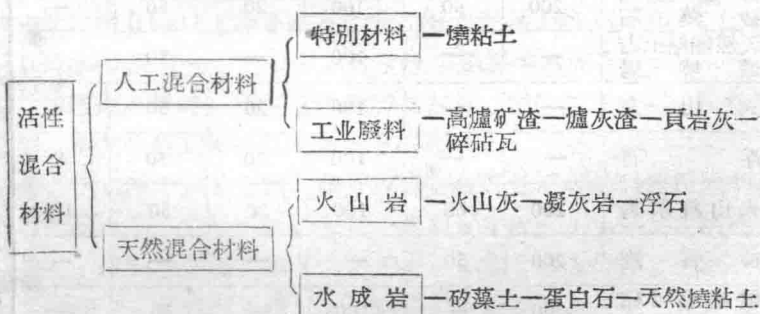
以上系按化学成分來說明无熟料水泥的硬化原理。但水泥顆粒的細度对其强度也有密切关系，因此，无熟料水泥强度的控制，必須在每个操作中注意研究，从选料、煨燒、碾磨、拌和到养护、試压均应掌握技术条件，尽可能地减少不应有的損失。

在水泥中掺加石膏的作用主要是調节凝結時間，促进水泥强度，因为石膏是气硬性的膠凝材料，它的主要成分是硫酸鈣（ CaSO_4 ）有快凝的性能。

原料及选料方法

制造无熟料水泥所需的原料主要是活性混合材料。活性混合材料是与石灰发生化学反应而产生水硬性能的，因此，从它与石灰反应的程度大小和速度快慢上可以决定它的品質优劣。石灰吸收值愈大，吸收速度愈快的混合材料，活性就愈大；反之，活性就愈小。

活性混合材料按来源分类如下：



根据苏联1954年公布的混合材料技术条件，用1克混合材料，經過30天15次滴定吸收石灰溶液中的石灰毫克数来表示各种原料的活性，为便于各地参考，茲將其活性要求列表如下：

混合材料类别	混 合 材 料 名 称	石 灰 吸 收 值
水成岩質天然混 合 材 料	矽藻土、蛋白石、矽藻石	>150 毫克
	天然燒粘土	> 50 毫克
火山岩質天然混 合 材 料	火山灰，火山凝灰岩、浮石	> 50 毫克
	粗面凝灰岩	> 60 毫克
人工混合材料	矽 質 渣	>200 毫克
	燒粘土、燃料渣与燃料灰	> 30 毫克

如活性低于表列数值的原料应属于填充性混合材料。对无熟料水泥允許用 4 天即 2 次滴定的石灰吸收值来表示活性。現將我国 1956 年制訂的技术条件参照苏联的分級并列如下，以供参考：
(石灰吸收值毫克/克)

混合材料名称	高活性混合材料		中活性混合材料		低活性混合材料	
	30 天	4 天	30 天	4 天	30 天	4 天
矽 藻 土 与 矽 藻 石	200	40	100	20	50	—
天然燒粘土与 煨 燒 岩	—	—	100	—	50	—
火 山 灰	—	—	100	20	50	8
浮 石	—	—	100	20	50	8
火山凝灰岩	200	60	100	30	50	10
矽 質 渣	200	50	—	—	—	—
燒粘土与砧 瓦 粉	200	—	100	—	50	—
酸 性 爐 灰	—	—	—	—	50	—
高爐矿渣(石膏 吸收值/20 克)	200		200—100		<100	

根据以上活性分級要求，我們有可能選擇无熟料水泥最好的原料，这就是具有高活性的矽藻土、火山凝灰岩、矽質渣、燒粘土及高爐矿渣。在这些原料中，数量最多，产地最广，采取最方便的是燒粘土，因此本省确定重点推广石灰燒粘土水泥。

根据化学成分来分析，各种活性混合材料的性質大致如下：
(%)

材料名称	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	附 注
火山灰类	4—18	64—85	2—8	0.2—3.0	1—5	鉀鈉多未測定，不詳列。
鞍山矿渣	8.60	38.06	42.28	7.55	1.46	
爐 灰	20—30	40—60	1—4		10—15	
粘 土	10—35	32—72	4—20	0.5—3.5	1.5—10	

以上化学成分对水泥起着重要作用的是氧化鋁和氧化矽兩項在粘土中，氧化鋁含量是愈多愈好，現規定最低为14%（含20%以上的粘土应首先滿足耐火材料工业的需要），氧化鉄(Fe₂O₃)和氧化鈣(CaO)含量或多或少，对水泥并无害处，但氧化鎂(MgO)应有一定的限制，含量过多要影响水泥質量。

選擇原料时，在鉴定物理形态方面，还应注意色澤、顆粒等項。現在介紹几种簡便的选料方法如下：

一、粘土：采土須看藏量厚薄，最好是不要妨碍农田水利。好的粘土不一定是白色，含有一些雜質变成紅黃黑褐灰色的无甚关系。但顆粒要細，砂子含量要少，不能含有大砂粒。采挖时无括砂声音，而表面光滑者均可适用。一般粘土以紅黃二色居多，因此制成水泥的色澤也是一样顏色。

二、矿渣：矿渣是熔煉生鉄时所得的矽酸鹽与鋁酸鹽熔融物。水淬矿渣（即从煉鉄高爐出渣时用水迅速冷却过的矿渣）磨

成細粉与水拌和时就有微弱的水硬性能。在矿渣中所含矽酸二鈣 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) 和鋁矽酸二鈣 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) 二种主要成分具有硬化作用。根据碱性率 $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}$ 的計算公式，如大于1的为碱性矿渣，活性較好，而小于1，在0.65以上的酸性矿渣也可用作石灰矿渣水泥原料。

三、爐灰：煤在爐窖中燃燒后的殘渣是爐灰，与粘土一样含有 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO}$ 等成分。燃燒时，溫度如不超过 1000°C ，可得有水硬性爐灰；（但如采用煤粉燃燒室燃燒，由于溫度太高，就失去水硬性），外觀一般呈黃白褐色，以粉狀或半松脆块狀为佳，黑色結块，或未完全燃燒的煤質超过15%的不合要求，只可作磚瓦填充料用。本省宁波、杭州等电厂，經利用爐灰試制石灰爐灰水泥已成功。

四、磚瓦粉：磚瓦窖的廢磚碎瓦，虽經較高溫度的煅燒，其性質基本上与燒粘土一样，可用来生产水泥。由磚瓦粉，制成的石灰磚粉水泥，如果是利用青磚瓦廢品磨細配合，多为青灰色；如果利用紅磚瓦廢品为原料，其色澤則与石灰燒粘土水泥一样。利用廢磚瓦作原料，最好是在出窖时，就集合起来；否則經過雨淋受潮又要消耗燃料去烘干，就要增加生产成本。本省嘉善磚瓦公司今年打算配合磚瓦业务发展，利用冬季停工期間制造石灰磚瓦粉水泥25000吨。

五、石灰：石灰是制造无熟料水泥不可缺少的配料。石灰岩和白云岩經過煅燒所得的成品是气硬性石灰，即生石灰。生石灰与水相互作用称为熟化过程，所得产品就是熟石灰或消石灰。这两种石灰都可配合活性混合材料制成无熟料水泥，但自1949年苏联科学家斯米尔諾夫研究証实了磨細生石灰不需要先熟化成熟石灰即可直接应用的方法后，現在配制水泥已直接改用生石灰，且性能較熟石灰更好。浙江省石灰質量檢查标准草案中已經規定了石灰的技术条件，其中尚有磨細細度一項，应参照苏联标准适当补充，現摘录如下：

項 目 和 要 求	計 算	生 石 灰			熟 石 灰		
	單位	一級品	二級品	三級品	一級品	二級品	三級品
活性CaO和mgO不低于	%	85	70	60	67	60	50
未消解石灰粒不多于	%	7	10	12	7	10	12
磨細粒度4900孔/Cm ² 篩余不大于	%	20	25	—	10	15	—

沿海地区如沒有石灰，而有蜆灰，可用蜆灰代替石灰。根据我們在諸蟹的試驗結果，蜆灰中的CaO和mgO含量是69.16%，而当地石灰中CaO和mgO含量是69.67%，因此它和二級品接近，可照比例調整石灰和粘土的配比应用。但从外表来看，应选顏色白淨，砂子少，分量輕者为好。

六、石膏：天然石膏即二水硫酸鈣（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），含有二个結晶水。二水石膏加热脫水变成半水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ）和无水石膏（ CaSO_4 ）两种。在水泥配料中可使用二水石膏，其硫酸鈣含量要求在75%以上。石膏的化学分析結果如下：

种 类	含 量			化 学 成 分		
	CaSO_4	H_2O	合計	CaO	SO_3	H_2O
二水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）	79.07	20.93	100	32.56	46.51	20.93
半水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ）	93.80	6.20	100	38.63	55.16	6.20
无水石膏（ CaSO_4 ）	100.00	—	100	41.12	58.88	—

純淨的結晶石膏的外觀形态，是一般发亮，接近于白色。如果含有少量雜質，便帶其他顏色，如含有机質的呈灰色，含氧化鐵的呈玫瑰色或褐色。

各地生产无熟料水泥时，原料的取样应以一定数量的平均試样为准。如果錯誤地采样將对全部原料的成分作出錯誤的分析，

这样，势必影响整个生产。无熟料水泥的原料都是固体，特别是粗大颗粒，要平均取样比较麻烦，如粘土可在表层一公尺以下没有草木根和杂质的深处取样，从堆积的工业废渣中取样的方法也是一样的。

由于块粒和比重不同，容易发生分层现象，采取中应从上而下，从下而上地或从里到外和从外到里平均采取，并做到好差兼顾，才能得出物质的平均数。

原料采掘出来后，切不可露天存放，任其风吹、日晒、雨淋、以免失去水分和可溶物体，改变化学成分。

采取原料作初次试样时，数量要多一些，以便混和缩分。试样时，容器应贴有标签或卡片说明原料名称、采取地点和时间，以资查考。遇湿的原料，必须先干燥，再加研磨然后试样。

在大量生产无熟料水泥时，应先对活性混合材料进行化学分析。无熟料水泥的原料分析要求不高，物料试样不必做全分析，只须把氧化铝、二氧化矽、氧化铁及钾钠等成分算出，一般就能掌握生产。

现将各种原料化学分析结果择要列表如下，以供选料时参考：

产地	原料名称	烧失量	化学分析结果(%)				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	M ₂ O
诸暨十里牌下层	粘土	7.67	62.75	31.66	6.31	0.98	0.27
诸暨十里牌上层	壤质粘土	5.63	71.63	15.07	5.06	0.52	0.57
诸暨十里牌车站	红粘土	6.37	70.54	14.78	6.05	1.07	0.72
诸暨十里牌车站	土状凝灰岩	5.05	69.46	17.85	2.05	1.00	0.10
诸暨十里牌车站	块状凝灰岩	7.96	57.50	21.73	3.80	0.31	0.07

諸暨南郊	黃粘土	6.24	70.16	13.83	6.25	1.35	0.99
長興陳橋	陶土	5.52	68.92	24.45	0.73	1.72	0.13
杭州瓶窰	A ₁ 粘土	6.07	67.26	15.90	5.76	0.76	0.82
杭州瓶窰	A ₂ -2粘土	5.92	58.90	20.27	7.73	1.05	2.34
寧海下南山	白粘土	4.41	59.95	23.30	2.46	0.76	1.47
富陽漁山	粘土		74.76	15.92	0.60		
桐廬灘頭	粘土		68.62	13.92	4.40		
建德千鶴村	粘土		70.76	14.53	4.40		
新安江南白沙	白土		61.68	20.57	2.47		
衢縣官碓	粘土		70.14	16.83	3.11		
湖州碧浪湖	粘土		68.60	15.66	5.00		
紹興煉鐵廠	水淬礦渣		34.82	18.08	0.65	37.06	5.72
九龍統煤	煤渣 (未燃) 7.20		47.00	30.80	9.80	4.80	
長興石灰廠	石灰					95.70	
諸暨大侶鄉	石灰					69.67	
樂清蜆灰社	蜆灰					69.16	

粘土的煅燒

生产无熟料水泥，若以粘土为原料，需經過煅燒阶段（以火山灰質和矿渣、爐灰等工业廢料为原料时，可不經煅燒阶段），才可与石灰配制成水泥。由于煅燒前的粘土一般呈松散的顆粒状态，生产所使用的煅燒窰主要又是农村的燒砧瓦、石灰的土窰，故

就原料煅燒过程來說，一般包括原料成型、干燥、裝窯、煅燒、出窯五个工序。我們知道，当水泥与一定物料拌和后就逐漸凝聚而硬化，硬化得越坚固則表示該种水泥强度越高，其标号也就越高。我們制造的石灰燒粘土水泥所以要進行煅燒，也就是为了有效的提高其强度，因为粘土等物料經過一定溫度热处理后就脫水，能提高活性。若活性高，其强度也高。而这种活性的高低一方面决定于粘土中含有氧化物質（ Al_2O_3 、 SiO_2 ）的多少，另一方面，煅燒溫度高低与物料受热均匀程度也有絕對影响。因此，正确掌握煅燒溫度和物料受热均匀程度，乃是煅燒工作方面提高水泥强度的根本關鍵。現將煅燒过程中的几个主要环节簡述如下：

一、原料成型：所謂成型，就是將取来的顆粒狀的粘土等物質或其他細粉狀（如凝灰岩、頁岩等）的物質，加以一定的水量，制成砧坯形狀的泥块。使物料成型的目的，不仅是为了便于裝窯煅燒，更重要的是可使所有物料在煅燒时受热均匀和易于控制物料受热及通风程度。如能取得粘性良好成块的粘土时，可不經成型阶段，俟其干燥后，即可裝窯煅燒。

在原料成型中，就形式上說，虽与制砧瓦一样，要制成砧坯形狀的泥块，但實質上沒有象制砧瓦要求那么严格，須將物料踏透，使它均匀发韌。恰恰相反，如果煅燒后的块狀物料結構太紧密，还会影响以后的粉碎工作。因此，原料成型的要求是：泥坯干燥后不会散开，裝窯后不致压塌，同时又能使物料均匀受热即可。成型时，坯的大小，一般可参照砧瓦坯模大小，并考虑到使其有一定强度以便于裝窯，保証空气暢通。在通常情况之下，以土坯薄些小些为好，其規格一般可在 $(20\sim30) \times (12\sim16) \times (4\sim6)$ 公分範圍內。这样容易干燥，受热均匀，从而縮短煅燒時間，节省燃料。至于成型时的需水量問題，要根據粘土等物質本身的含水量多少和粘性的大小来考虑，一般可掌握在占物料本身重量的 7—12% 之間。当然，干燥条件比較好，多加点水是

有好处的，因为当物料中水分蒸发后，相应的增加了它内部的空隙，这样结构疏松，煨烧时热能容易传递，以后粉磨也较省力。但是根据我们在诸暨试点的经验，即使是很疏松的凝灰岩土块的水量不多，也未发生不良影响。

二、原料干燥：当物料和水制成土坯时，水分较多，表面潮湿，承受压力较小，不能装窑煨烧，故必须经过干燥过程。干燥就是通过各种办法，使坯内水分尽速蒸发出去，以略呈硬化现象为好。

干燥分二个步骤：（1）是一般干燥处理，即将制好的土坯置于空气中使水分自然地蒸发出去。或者将土坯放在 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行烘干。放在空气中干燥的土坯，其干燥时间要看土坯含水量的多少来决定。在通常情况下，置于空气中 $2\sim 3$ 天土坯就能有一定的强度，可以装窑煨烧，但是在不急需使用该项水泥时，干燥时间可延至五天左右，使土坯更加干燥，以减少煨烧时的燃料消耗。至于用热能烘干，一般是在正式煨烧前，放在窑内进行，这种做法不太经济，最好是利用煨烧时的废气来烘干（烘坯窑见18页附图），使土坯在煨烧前省去烘干这一过程。这样，既能加速生产周期，节省燃料，又能提高产量。

（2）是低温处理。土坯在空气中自然干燥 $2\sim 3$ 天后，大约还有12%的水分未能蒸发。为了防止煨烧时因温度骤然加高而产生倒坯的现象。在一般干燥处理后，在土坯入窑时，还应用 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的恒温在窑内再烘烤 $2\sim 3$ 小时。若土坯形状较大，水分稍多，则恒温烘烤时间应相应延长，一直到窑内没有土坯爆裂声响及窑顶无白色水蒸气出来时，才可认为烘干时间基本结束。

在进行窑内低温烘干时，应注意火力要逐渐提高并维持在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的幅度之间（防止温度的急剧提高）。因为在烘烤中，首先是土坯表面开始受热干燥，而后其热气逐渐向内渗透，

把内部水分也慢慢地排挤出来，一直达到坯的中心。如温度急剧提高，由于表面水分迅速蒸发，内部水蒸气也随之大量产生，一时体积骤然膨胀，当其来不及向外扩散时，就会从土坯最薄弱部分被迫破裂而出，从而造成倒坯事故，故必须引起注意。

三、装窑：原料土坯在空气中或利用热能干燥后，未在低温中作再次烘干时，其土坯已经按一定方式装好了，而不是在窑中烘干后，再装一次窑来进行煅烧的。这里为叙述方便起见，故将烘干问题列于前面而后谈装窑。其实干燥后期的生产过程与装窑是相结合的。

前面讲过，煅烧时必须使土坯受热均匀，这样就必须在装窑时，使土坯装得合理。一般说，这种土坯的装窑方式与砖坯的装窑方式相似，只是在具体操作时土坯的装窑应根据窑的大小、形式，估计各部分受热的程度，注意使窑内通风良好，气流无阻，充分利用热能，尽可能地增加土坯受热面积。目前，农村使用直焰式土窑为多，其最大缺点是温度不均匀，往往火膛部分受热高于窑后，上面高于下面，左右两面略高于下面，这样选土坯时，就要考虑：（1）在燃料燃烧的周围，即点火近处土坯宜选得密些，后面稍稀，如同“人”字形图；（2）下面温度低，火巷可做得多些、高些，装点薄土坯，最好是采用砖瓦的“稀码法”先进经验来适当改进现在的砖瓦窑码坯方法。有的地方用高温测定计来测温，装窑时就必须在前后左右留出一孔，并直通窑中心，以便测定温度。此外，在装窑中须注意将薄的或结构稍松散的土坯装在上面或受压力较小的地方，以免产生倒坯现象。

四、煅烧：粘土是非单一的物质，它的主要成分是高岭石（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），其所以能够具有水硬性，前面已经说过，是因为经过煅烧、脱水，生成另一种含有相当活性的氧化物物质，以及它与氢氧化钙化合的结果。因此，粘土物质经过高温处理对于制成水泥是有好处的。这种高温处理就称之为煅烧。但

随便的高温处理，不一定能够将其活性提高到最高度，因为粘土当加热烧成时，它起两种反应：当温度在 400°C 开始到 600°C 时，由于热量的吸收，其所含结晶水随之消失；当温度提高到 800°C 左右时，正好生成具有与氢氧化钙相化合的这些有用氧化物（即 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）其时，分子的结构也比较稳定。但超过 800°C 以上时，则出现另一种有害情况，即由于活性氧化矽（ SiO_2 ）是不紧密，多孔性的物质，在过高温度处理时，反使活性降低。由此可以证明：当粘土等物质在 400°C 温度以下时，活性还未很好发挥，当在 800°C 以上时，一部分活性会被烧失。那么，到底多少温度才适宜呢？我们可以从前中央建材部水泥工业研究院用诸暨十里牌的粘土试验烧结果来证明，低于 600°C 或高于 800°C 时，均不及在 $600-800^{\circ}\text{C}$ 之间活性高，因此，煅烧温度以 $600-800^{\circ}\text{C}$ 之间最为适宜。

附图如下：

