

不用焙燒的磚和瓦

周光龍 著

建築工程出版社

內 容 提 要

本書敘述灰土磚和灰土瓦的生產以及其有關原理。這種灰土制品是一種新型的建築材料，質量比土磚瓦好，成本比土磚瓦低，制作也很簡便，可在人民公社和廠礦附屬建築中應用。

本書可供一般技術人員及工農幹部參考。

不用焙燒的磚和瓦

周光龍 著

*

1959年5月第1版	1959年5月第1次印刷	4,065冊
787×1092 $\frac{1}{32}$ • 21千字 • 印張1 • 定價(8) 0.12元		
建築工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 書號: 1619		

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)

不用焙燒的磚和瓦

周光龍 著

建築工程出版社出版

• 1959 •

目 录

概 述	(3)
第一章 生石灰在灰土中的作用	(5)
第二章 生石灰灰土与消石灰灰土的区别	(6)
第三章 如何确定灰土磚的配合比	(8)
第四章 原料的制备、儲存保安問題	(11)
第五章 灰土磚的生产方法	(13)
第六章 成本估計	(18)
第七章 其他品种的灰土磚	(19)
第八章 灰土建筑物的施工要求	(21)
附 录	
(一) 試驗內容的解釋	
1. 含水量的意义	(24)
2. 容重的意义	(25)
3. 最佳含水量的意义	(26)
(二) 試驗方法	
1. 含水量試驗方法	(27)
2. 最佳含水量試驗方法	(28)

概 述

常用的磚瓦都是經過焙燒制出來的，不僅成本較高，而且供應也不及時，因而給建築工作者帶來不少困難。本書介紹一種不用焙燒的新型建築材料，包括灰土磚、灰土瓦和灰土地板的生產方法。介紹的重點是灰土磚。灰土瓦和灰土地板的制作原理與灰土磚相同，只是筑土模的尺寸不同。

灰土磚是黃土（粘土）和少量的生石灰及生石膏加水拌和壓制而成的。它用生石灰作膠結材料，其性能與一般消石灰灰土大不相同。作者在實驗室同志的協助下經過1300余次的試驗，證明這種灰土磚有如下優點：

1. 石灰用量較一般消石灰灰土節省三分之二，而制品强度高三分之一；

2. 不用焙燒，價格比紅磚便宜二分之一左右，而且操作比較簡單，可以在工地進行小規模生產；

3. 強度較土磚高，可以浸水，表面光滑美觀，而且制作迅速，能縮短工期。

實踐證明：生石灰灰土用途甚廣，可以代替一部分磚、瓦、水泥和木材等材料。湖南工學院於1957年9月修建一座試驗性灰土建築（圖1及2），其基礎、牆、地板及瓦均用灰土制成，迄今未發生不良現象。

灰土配合料所採用原料的比率如下：

干黃土（砂質粘土）	76.5%
生石灰粉（角灰粉）	5.7%
生石膏粉	0.285%
水	18.1%

灰土磚（ $24 \times 11.5 \times 5.3$ 公分）每块总重3.11公斤。其性能参看表1。

灰 土 磚 强 度

表 1

龄 期 (天)	抗压强度 (公斤/公分 ²)		抗弯强度 (公斤/公分 ²)	
	在 空 气 中	浸水30天后	在 空 气 中	浸水30天后
1	16.8	8.9	7.7	4.0
3	30.9	15.6	8.2	5.3
7	36.8	—	10.9	5.6
15	42.0	—	11.0	—
30	43.4	—	13.1	—

由此可見，灰土磚有較高的早期强度及优良的抗水性。龄期1天标号在16号以上，即制成一天以后即可使用。龄期30天标号在43号以上，即時間愈長，强度愈高。浸水30天后，强度虽降低 $\frac{1}{2}$ 左右，但其强度仍能滿足两三层建筑物的耐压要求。

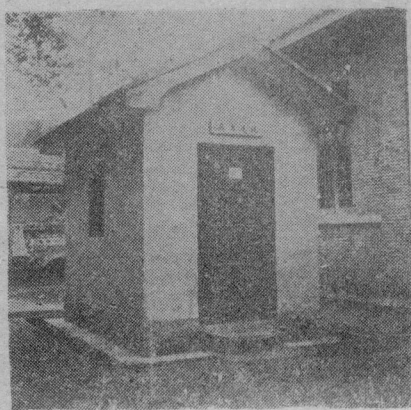


图 1 灰土建筑前景

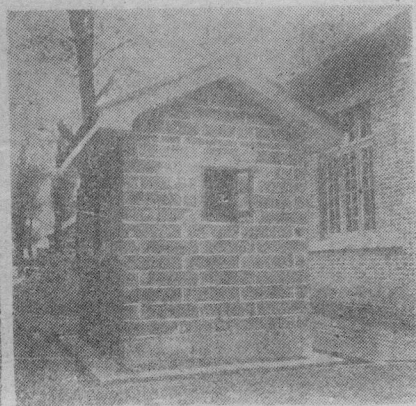


图 2 灰土建筑后景

（注：本建筑物有两面是清水墙，另两面是加以粉刷的，屋面的一半涂以瀝青保护层，一半不涂，經過一年多的考驗，均完好无缺。）

总之，生石灰灰土磚就强度、抗水性及成本而言，虽不如青磚紅磚，但胜于农村习用的土磚。目前各地人民公社建设工程正蓬勃发展，但紅磚供不应求，而土磚又生产迟緩，質量亦不能滿足要求。因此，推广灰土磚的生产便有其一定的实际意义。

但下列問題，还有待与有关部門共同研究解决：

1. 解决机器生产及合理劳动組織問題以提高生产率，降低成本；
2. 解决生石灰粉在市上供应問題，以便于小規模生产及在农村生产灰土磚；
3. 考虑在土筑墙中掺入生石灰粉及生石膏粉，以增加强度及抗水性；
4. 为便于一般筑土工掌握此項技术，建議由科研單位对于各种土質进行試驗，規定一概略配合比，以資参考；
5. 試用生石灰灰土作房屋基础底层及地坪；
6. 試用生石灰灰土作高級公路的基层。

第一章 生石灰在灰土中的作用

大家知道，天然粘土本身就有粘結力，干燥后可以硬結起来。农村中常用天然粘土制成土磚，干燥后也有一定强度，可用以修建低层建筑物。这种土磚的优点在于生产操作簡單、成本低廉。土磚的缺点是：强度不高，抗水性很差，不能耐久。此外，土磚在制成后风干較慢，不能随制随用，因而影响施工进度。并且在风干过程中若遇天雨，难免損耗。由此可見，这种土磚的生产是有一定限制性的。如果在粘土中掺入少量生石灰，則生石灰在短時間內能将土粒胶結，所制得的土磚可以增加强度和抗水性。

生石灰在土中所起的变化大致可分以下三个过程：

1. 熟化过程：生石灰遇水后，其主要成分氧化钙与水化合生成氢氧化钙（即消石灰），并放出热量。

2. 胶化及晶化过程：氢氧化钙颗粒在水中最初处于胶体状态（象米糊一样），随即互相结合形成结晶网，将土粒胶结使灰土硬化。

3. 碳化过程：灰土中的氢氧化钙逐渐与空气中的二氧化碳化合生成碳酸钙，这个过程能使灰土强度进一步增加。

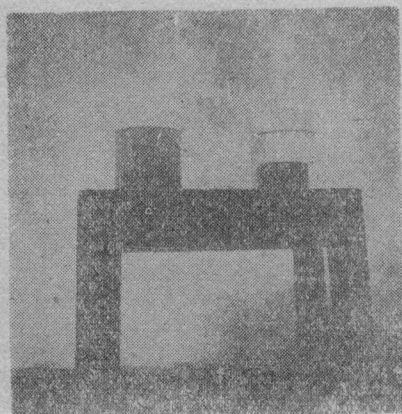


图 3 浸水試驗

氢氧化钙和碳酸钙的结晶都较难溶于水，故生石灰灰土不仅具有较高的强度，而且具有抗水性。根据浸水試驗（图 3），土磚浸水30分鐘后完全崩解（左杯），而灰土浸水90天仍完整无缺（右杯）。

在资本主义国家文献中，一般认为石灰的胶结作用是由于氢氧化钙吸收了空气中的二氧化碳所致。这是片面的看法，他们只考虑了碳化过程，而忽略了效果更快的“胶化及晶化过程”。

第二章 生石灰灰土与消石灰灰土的区别

建筑工程中常用的灰土底脚称消石灰灰土，它是由消石灰与粘土按3:7或4:6的比例配合后加水夯实而成的。消石灰灰土不仅

石灰用量較多，而且強度和抗水性均較差。其原因在於制作消石灰灰土時摻入過多的水分，這些剩餘的水分在氫氧化鈣顆粒周圍形成水膜，使氫氧化鈣顆粒互相分離，不能迅速發揮膠結能力。要使這些水分蒸發而使氫氧化鈣顆粒互相結合，需要一段很長時間。例如北京圓明園的墊基所用石灰砂漿，至今尚呈柔軟狀態，沒有完全硬化。當水分蒸發後，在消石灰灰土中將出現大量空隙，強度也不會很高。若依靠“碳化過程”以增加強度，就得等很長的時間。我們發現在數百年前制成的石灰砂漿里還有氫氧化鈣的成分，沒有變成碳酸鈣。由此可見，消石灰灰土中石灰的潛力沒有充分發揮。

若採用生石灰制作灰土，則可避免以上缺點。因為生石灰中的水分較少，在40—50分鐘內可基本硬化。而且水分是在生石灰與土充分拌和後摻進去的，由氫氧化鈣生成的結晶網不致因拌和而受到破壞，因而生石灰灰土具有較高的早期強度。另外由於水分少，空隙也少，灰土比較緊密，所以抗水性比較大。

為了驗證以上論點，我們曾進行過各種試驗。結果證明：摻20%消石灰的灰土強度比摻7.5%生石灰的灰土強度低 $\frac{1}{3}$ 。而且摻20%消石灰的灰土在浸水時會發生大量氣泡，浸水15天后，發裂現象極為嚴重；而摻7.5%生石灰的灰土浸水90天后不產生裂紋。

採用生石灰制作灰土，除了可以提高灰土的質量外，還具有以下優點：

(1) 取消在工地熟化石灰的工序，因而縮短工期，減少損失（通常石灰熟化後，不能利用的石灰渣可能高達30%）；

(2) 生石灰在灰土熟化時，可以產生熱量，便於冬季施工；

(3) 制造生石灰粉可用質量較低的塊灰，便於就地

取材。

由于以上原因，我們認為在制作灰土时宜用生石灰，不宜用消石灰。但目前市場上生石灰粉供应緊張，給灰土磚的生产带来了一定的困难，这是亟待解决的問題。

第三章 如何确定灰土磚的配合比

采用生石灰制作灰土磚，若配合比选择不适当，往往会使制品强度不高，或发生崩裂現象。

这些現象发生的主要原因是“水灰比”（即水与石灰重量比例）选择不当。如果水分过少，氧化鈣就不能得到充分的水分来进行熟化，而氫氧化鈣也不能得到应有的水分进行胶化和晶化，因而在灰土中有部分氧化鈣及氫氧化鈣仍然保持粉末状态，不能起胶結土料的作用，而且，由于水分少，氧化鈣熟化时所产生的热量将使灰土溫度迅速提高，甚至可以超过 100°C ，灰土中水分因而剧烈气化，发生大量水蒸汽，脹破已胶結的結構而使灰土发裂。

与此相反，如水分过多，則氫氧化鈣顆粒被水膜隔离，不能很快晶化以形成結晶網，因而早期强度低。等到水分蒸发后，灰土中将出現无数空隙，灰土質也疏松，因而不能达到很高的强度。

根据以上論点，为避免发裂現象，應該防止灰土的溫度过分升高，以免水分气化。其措施如下：

（1）选择适当的水灰比及灰土比（即确定最佳配合比問題）；

（2）掺入緩凝剂（如石膏、塑化剂等）；

(3) 延長拌和時間——使部分生石灰在拌和時熟化，熱量隨時發散；

(4) 提高生石灰的碾磨細度——使生石灰粉在灰土中均勻分布，濕度變化及生石灰本身膨脹不致過分集中。

一、最佳配合比問題

(1) 理論分析：

在本書第一章中已經談過，水分對生石灰的硬化起着決定性的作用，水分過多則灰土強度不夠，水分不足又可能發生崩裂現象。只有在一定水灰比時，才能達到強度既高，又無發裂現象。這個一定的水灰比稱為“最佳水灰比”。此外，灰土系夯實而成，根據土力學知識，我們知道，灰土的緊密度也與水分有密切關係，若含水量太小，則顆粒間摩阻力大，不能夯實，緊密度不高；若含水量太大，則顆粒周圍水膜很厚，使顆粒互相隔離，緊密度也不高。只有在一定含水量時才能夯實到最大緊密度。此含水量稱為“最佳含水量”。因而，確定灰土中的摻水量時，必須同時考慮生石灰的硬化作用（最佳水灰比問題）及灰土夯實效果（最佳含水量問題）。這是一個新問題。

若單純根據最佳水灰比確定摻水量，則製成的灰土雖不發裂，但緊密度不夠，因而強度不高。相反地，若單純根據最佳含水量確定摻水量，則灰土緊密度雖高，但可能在3—4小時內即行崩裂。要使所摻水分同時滿足最佳水灰比及最佳含水量的要求，只有通過試驗來調節灰土中的石灰含量。

(2) 試驗方法：

取風干土樣約4公斤，等分為4份，分別摻入不同數量的生石灰粉及生石膏粉（通常生石灰粉占干重5—9%，生石膏占生石灰重5%），得到配合比不同的4份混合料，將每一份混合料再

等分为5—6份，分別摻入不同水分(含水量在12—22%之間)。用小击实仪制成試件，求出最佳含水量(參看附录Ⅱ)。將試件保留12小时后再行观察。若某一种混合料在其最佳含水量时制成的試件无发裂現象，則該配合比即可采用。

当生石灰含量不超过一定限度时，可能有数种混合料均可滿足上述要求(如图4，四种混合料的最佳含水量均在18%左右。生石灰含量为5%及7.5%的两种混合料均可在最佳含水量时制成試件而不发裂)。究竟采用那一种配合比呢？为解决这一問題，可将制成的試件进行抗压或抗水試驗，選擇其中一种石灰含量最低而能滿足建筑物要求的配合比。这样，綜合考虑最佳水灰比、最佳含水量及建筑物要求而确定的配合比，笔者定名为“最佳配合比”。在生产中，若按照“最佳配合比”以控制石灰及水的用量，可得到質量高而石灰省的灰土磚。

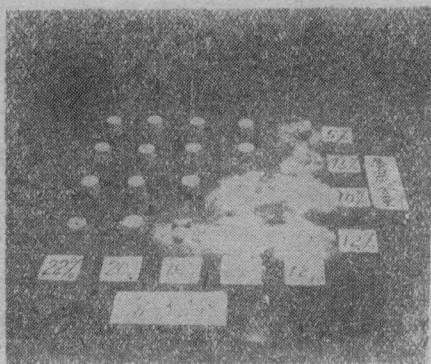


图4 “最佳配合比”試驗

熟練的实驗員可以在一天以內將最佳配合比确定。

如果缺乏仪器和实驗員，也可凭經驗确定配合比。当灰土与水拌勻后，用手一捏可以結成一团，从一公尺左右高度落到地面时又能碰散，这时含水量就接近最佳含水量(比筑土牆的土料中水分稍微少一点)。如

果按这样的含水量拌和灰土压成灰土磚，在3—4小时之內不发裂，則这种配合比就可以用。如果发现发裂現象，可以适当减少生石灰含量再試，直到做成的灰土磚不发裂为止。

我們也可以參照本書“概述”中所介紹的配合比試制灰土

磚。如果制成的灰土磚在 3—4 小時之內有發裂現象，則可適當增加摻水量或減少石灰用量。如果灰土磚有粘附模板現象不易脫模，則適當減少摻水量。經過 4—5 次調整後，即可將配合比大致確定。

二、生石膏的緩凝作用

在第一章中已經提到，生石灰過水後將逐漸熟化而生成氫氧化鈣，若灰土中摻了生石膏，則氫氧化鈣將發生沉淀現象。沉淀後的氫氧化鈣將包在生石灰顆粒周圍，減少生石灰與水接觸的機會，因而降低了熟化速度。這樣，在消解過程所產生的熱量，在較長的時間內將逐漸散失，不致水分氣化而脹破灰土結構。

生石膏的摻量決定於生石灰的性質。試驗結果證明，生石膏應占生石灰重量 5 % 左右。

第四章 原料的製備、儲存及保安問題

灰土磚原料包括：土、生石灰粉及生石膏粉三種。其製備可用機器也可用人力。在可能條件下，應盡量採用機器以提高工作效率。茲將各種原料製備方法分述於下：

一、土

(1) 材料選擇：製作灰土磚的土料應就地取材。除砂、粉土和淤泥外，幾乎所有的土都可以用來製作灰土磚。砂、粉土和含有機物的淤泥其本身粘結力差，須用較多的石灰，故不經濟。

过肥的粘土干燥后极为坚硬，难于砸碎，并且制成灰土磚后抗水性較差，也不适合。所以最好采用砂質粘土（即普通筑牆或作煤球用的黃土）。

（2）处理方法：水分較少的天然土料（含水量在14%以下）可在采土場砸碎，过篩后再运往工場应用。若水分較多，則应先风干，再行砸碎。

砸碎方法随生产規模而定。小規模生产时，可用耙头及木槌等工具。大規模生产时，可在球磨机中装入河卵石或碎鉄块来碎土。攪拌五分鐘后过篩，篩余土料重新装入机內加工。球磨机可用混凝土攪拌机来改装（卸除攪拌机鉸刀，在滾筒內壁襯以鋼板，作保护层即成）。若用道路工程中所用的碎土机，則效果更好。

（3）細度要求：土經破碎后，应通过2—3公厘篩（建筑工地篩細砂的篩可以用）。土粒小則与石灰混合易于均匀，灰土强度亦高，而且表面光滑。如果建筑标准低，亦可采用較粗的土料。

二、生石灰粉

（1）原料选择：制作生石灰粉，可采用各种等級和各种类别的块灰。在碾磨之前，应当严防受潮。

（2）处理方法：少量生石灰粉可用土法制造水泥的石磨或鉄研盘研碎。

中型生产时，可以利用鞍山建筑公司提出的設備。先用破碎机（老虎嘴）将块灰軋成15公厘以下的小块，再用苞米粉碎机磨細（破碎机每台100元，粉碎机每台35元）。每台破碎机每班生产量約3吨，每吨生石灰粉加工費約4元。

大規模生产时，北京建筑工程局建議采用混凝土攪拌机改装为球磨机。每吨加工費約20元。

目前建筑工程中大力推广生石灰砂浆。估计以后将有专门机构产生石灰粉在市上供应。

为提高研磨效率，可掺入相当于块灰重量 5—15% 的爐渣或溶渣与块灰共同研磨。也可掺入适量的塑化剂（如碱性紙浆廢液，見本書第七章）。

块灰磨成粉后，須用与球磨机相联的风选设备进行风选。小規模生产时，通过 0.1 公厘篩（或用篩面粉的籬篩）即可。

（3）質量檢查标准

①在 7—7.5 分鐘內熟化，熟化溫度在攝氏 50 度以上；

②容重在 750 公斤/立方公尺以上；

③如用风选，則在 0.85 公厘篩上的篩余量不应多于 18%，并全部通过 0.21 公厘篩。

（4）儲存和保安問題

生石灰粉受潮，极易消解而失性。在生石灰粉制成后，应立即装入密閉容器（如瓦罐、鉄皮桶或木箱等）或瀝青牛皮紙袋中。儲存時間，自出窖到使用时为止，一般不超过两月。

生石灰粉有强烈的刺激性。研磨时应有保健措施。大規模生产时，应有通风吸尘装置。工作人員应穿戴橡皮或油布工作服。小規模生产时，工人亦应配給帆布手套、防尘眼鏡及多层口罩。

生石灰粉仓库应严防漏雨及地面水侵蚀，以免发生事故。

第五章 灰土磚的生产方法

一、概 述

制造灰土磚时，应将各种原料按“最佳配合比”計算出来的数量，分別称好，将生石灰粉及生石膏粉用鉄鏟先行拌和，然后倒入

土料中干拌至顏色均匀一致时，才加水共同拌和（不可先加水，否則土料成团，难于拌勻）。至灰土中疙瘡均已搓散后，即可剗入木模中搗实。

搗实方法可以因地制宜，以达到規定的紧密度（以湿容重表示）为原則（例如用長沙岳麓山黃土制成的灰土磚每块要求3.11公斤）。

二、設備及操作方法

在大規模生产及在农村中均可采用图5所示的筑土木模。

每付筑土木模配备5人（备料2人，打夯2人，拆模1人）。

此种筑土木模全部用木料制成（木楔应采用油炸木，其余可用樟木）。有盛土槽四个，每次可同时依先后次序夯压灰土磚四块。

盛土槽由7块模板及两块底板拼合而成，支承在木支架上。木支架由6根支柱及3块橫枷木組成。支柱下段埋在地面以下，周圍用碎石填紧（支柱下段因在地下应涂柏油或用火将表面燒焦以防腐）。支架与盛土槽間用木楔尖紧。

盛土槽面积与灰土磚一致（尺寸为 11.5×24 公分）。但深度則为灰土磚高度的一倍（即10.6公分），这是因为松土体积比压实后磚的体积約大一倍。

制磚时，在槽內装填拌好的灰土，每槽混合料的重量等于一块灰土磚重（約3.11公斤，計算方法下面談）。将压板盖上，用木夯冲击压板，即可将灰土夯实。

压板底面积較盛土槽略小（ 11.3×23.8 公分），可以在盛土槽內上下自如。压板下段（帽簷以下）的高度等于一块灰土磚厚（5.3公分），而盛土槽深度則为灰土磚高度的一倍，故当压板下段全部夯入盛土槽时（即当压板帽簷与盛土槽齐平时），混合

木夯最好装4个把手,两人四人均可使用,重量一般用30—40

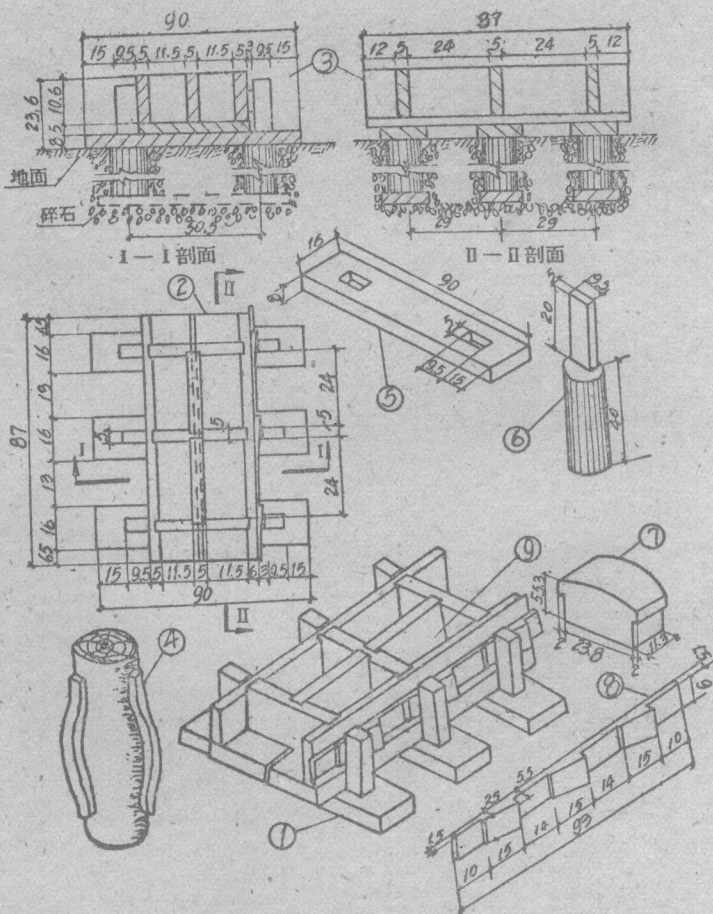


图 5 筑土木模图 (尺寸单位: 公分)

- ①装配图；②平面图；③剖面图；④木夯（重30—40公斤）；⑤横枷木；
⑥支柱；⑦压板；⑧木楔；⑨盛土槽