

免烧红砖与免烧青砖的研制

吴 煦

(土木工程系)

摘 要

来文对制造免烧红砖和免烧青砖的原料、工艺流程、物理性能、力学性能和耐久性问题进行了试验和研究,分析了在闽中、闽南地区推广、发展免烧砖的可行性。具有节约可耕地、节约能源、保护森林资源、减少环境污染、开发新型墙体材料等实际意义。

关键词 免烧红砖, 免烧青砖, 压力成型

一、前 言

自80年代初以来,我国开始广泛开展免烧砖的研制工作,并在一些省、市获得中试成功和推广生产。1986年国家建材局技术发展司制定了“非烧结粘土砖技术条件”,翌年又成立了专业标准编制小组,并确定海南省为国家重点推广免烧砖的省份。免烧砖的发展和应用,已成为我国开发新型墙体材料的一个重要途径。福建省山多田少,解放以来可耕地面积又不断减少。解放初期人均耕地一亩半,现仅六分半,闽中、闽南则更少。尽管这样,仍有相当多的可耕地还在用来“毁田烧砖”。同时,地方传统手工小砖要用松枝烧成,每万块砖的耗柴量超过 10m^3 ;用煤烧成的粘土红砖小土窑,每万块砖却需耗煤 $1.5\text{—}2.0\text{t}$ 。上述可见,为了节约良田、节约能源、保护森林资源,利用山地砂土、劣质土研制免烧砖的工作已势在必行。根据福建当地资源情况,进行免烧红砖与免烧青砖的研制工作,获得良好效果。

二、免烧砖的原料

土料、外掺料、粘结料和外加剂等是生产免烧砖的主要原料。

1. 土料的化学成分和土质情况

试验所用的土料,其化学成分分析情况如表1所示。

本文1988年7月2日收到。

表1 试验所用土料化学成分分析

土料名称	化 学 成 分					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O
西区红土	72.34	13.76	6.03	0.67	0.52	
笏石红土	67.20	16.57	7.89	0.89	0.68	1.73
马垄山黄土	75.98	13.63	4.98	0.56	0.62	
洛阳海泥	59.04	17.63	5.14	0.11	1.53	1.03

土料的质感和颗粒分析情况如表2、3所示。

表2 试验所用土料颜色及类别

土料名称	项 目				
	干土色	干土手感	湿土色	湿土手感	类别
西区红土	黄红	砂粒状	粉红	搓不成球	砂土类
笏石红土	黄红	砂粒状	灰红	搓不成球	砂土类
马垄山黄土	黄	干粉状	黄褐	易散开	粉土状
洛阳海泥	灰	干粉状	深灰	粘性感	粘土类

表3 试验所用土料的粒度级配

土料名称	分计筛余(%)				
	1.25	0.63	0.315	0.16	<0.16
西区红土	35	20	14	11	12
笏石红土	28	21	17	11	8
马垄山黄土	0	15	36	28	21
洛阳海泥	0	8	31	22	39

试验结果说明, 尽管这些土料土质有别, 但均可作为制造免烧砖的土料使用。西区红土和笏石红土制得的砖为土红色; 马垄山黄土制得的砖为黄褐色; 洛阳海泥制得的砖为深灰色酷似青砖。根据制成砖的颜色, 将它们分别称为免烧红砖和免烧青砖。当土料含砂量过少、粒度过细时, 不宜于砖体强度的生成和发展, 需要外掺砂。马垄山黄土和洛阳海泥均需外掺砂量为20—30%。

2. 外掺砂

本试验结合当地资源情况选择了较有代表性的惠安砂和木兰溪砂。它们的细度模数和筛分结果如表4所示。

表4 外掺砂的细度模数和筛余

砂类	分计筛余(%)							累计筛余(%)							细度模数
	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	<0.16	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	<0.16	
惠安砂	9.2	24.6	32.4	17.4	8.6	4.6	3.2	9.2	33.8	66.2	83.6	92.2	96.8	100	3.7
木兰溪砂	0	14.0	8.4	28.7	36.1	10.4	2.2	0	14.0	22.4	51.1	87.2	97.6	99.8	2.7

根据上表画出惠安砂和木兰溪砂的级配曲线图如图 1 所示。两种砂可根据实际情况分别掺入使用或互相混配使用。

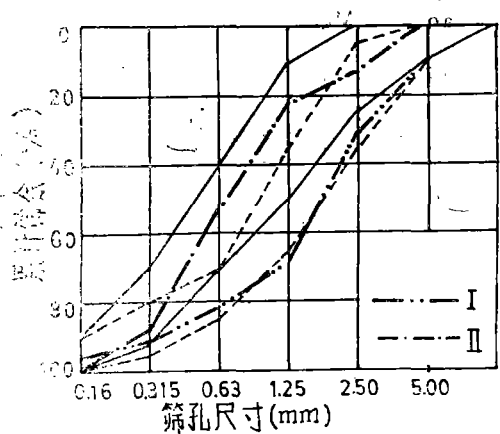


图 1 外掺砂的级配曲线及砂区
I 为惠安砂，II 为木兰溪砂

3. 水泥

免烧砖粘结料可用水硬性胶凝材料，也可用某些气硬性胶凝材料。根据当地实际情况，本试验侧重于水泥作粘结料的研究。先后曾试用矿渣水泥、粉煤灰水泥配制过免烧砖，结果发现由这两种水泥配制的免烧砖均存在着 7 天强度偏低的问题，对养护条件要求也相对比较高。试验说明，在自然养护条件下，这两种水泥配制的免烧砖，7 天和 28 天强度均低于用同标号普硅水泥配制的免烧砖。

从外观看，矿渣水泥配制的免烧砖在自然养护条件下有时会出现微裂纹，粉煤灰和

粉土类土料配制的免烧砖在自然养护条件下有时会“起粉”，同时根据当地市场供应情况，宜选用普硅水泥为好。但是，选用什么标号的普硅水泥合适呢？试验中采用几种不同标号的普硅水泥，其不同掺量与免烧砖强度的关系如表 5。

表 5 不同标号普硅水泥配制的免烧砖强度与水泥掺量比较表

项 目	325号	435号	525号
水泥掺量(%)	15	10	8
外加剂总掺量(水泥用量的%)	0.5	0.5	0.5
砖体R ₇ (Mpa)	5.6	7.6	8.2
砖体R ₂₈ (Mpa)	10.5	12.0	13.5

试验说明，采用 525 号普硅水泥配制免烧砖时，由于水泥对土的固结作用强，强度有所提高，但掺量不宜过少，否则不利于水泥粉在土料中的均匀分散。为了保证水泥粉在土料中的分散度，必须适当增加水泥掺量使成本相应提高。相反，采用 325 号普硅水泥时，为了保证免烧砖强度也必须增加水泥掺量。采用 425 号普硅水泥较好。

4. 外加剂

水泥免烧砖使用的外加剂比较侧重于减水和增长早期强度的作用。一般可采用以下无机物或有机物：如氯化钙，硫酸钙，硫酸钠复合外加剂，氯化钠，硫酸钠，硫代硫酸钠，亚硝酸钠，硫酸铝，三乙醇胺复合外加剂，乙酸钠，甲酸钠，木质素磺酸钙，磺化焦油，糖蜜等等。

对近 10 种外加剂进行筛选试验的原则：(1)多功效，效能明显，性能稳定；(2)使用方便，易于保管，掺加后无副作用；(3)来源广泛，尽可能立足本省且价格比较便宜。选定 2 种外加剂按适当比例掺配使用，效果理想。

三、试 验 工 艺

试验室压制免烧砖采用如图 2 所示工艺流程。其中(1)土料是否经干燥,可视其自然含水率而定;(2)土、砂、水泥混合干料需干拌 3—5 min,然后徐徐加入溶有外加剂的适当水。湿混合料共需拌合 5—10min,使均匀度越高越好;(3)成型压力平均为 25.0—30.0 (Mpa);(4)脱模后 1—3 天在 28—32℃ 室温下养护,4—28 天仍为室温养护,并经常使砖表面保持润湿状态。

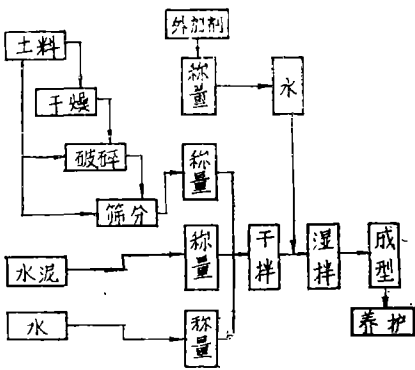


图 2 水泥免烧砖试验室试验工艺示意图

在试验室试验工艺的基础上,合理选择机械设备型号,确定了年产 400 万块水泥免烧砖的生产线及其配套设施。

四、物理力学性能

1. 物理性能

(1) 比重和容重:比重用李氏比重瓶、煤油为介质测定,得比重 $\gamma = 2.60 - 2.75 \text{g/cm}^3$,容重测定得 $\gamma_0 = 2000 - 2200 \text{kg/m}^3$ (此时成型压力相对稳定在 25.0—30.0 (Mpa)),比普通粘土烧结砖容重大。

(2) 吸水率:免烧砖吸水率的大小影响到砌筑砂浆流动性的选择,也影响到砂浆对免烧砖的粘结力,因此是一项重要的物理指标。经测定得知水泥免烧砖吸水率比普通粘土烧结砖低,主要和砖体强度有关(如图 3 所示)。

(3) 导热性:目前免烧砖主要作为多、低层房屋和农房的墙体材料使用。因此,通过导热系数的测定可了解它的隔热保温性能。现将几种墙体材料的导热系数列于表 6。由表 6 可知,免烧砖导热系数低于普通水泥混凝土和花岗岩,接近普通粘土烧结砖,因此完全适于做墙体材料。

表 6 几种墙体材料的导热系数比较

墙体材料	容重 (kg/m^3)	导热系数 ($\text{w/m}\cdot\text{k}$)
花岗岩	2300	3.48—4.64
普通水泥砼	2300—2400	1.40—1.70
加气砼	500—700	0.1—0.5
普通粘土砖	1800	0.7—1.0
水泥免烧砖	2000—2200	0.9—1.0

试验中发现,免烧砖的导热系数主要和砖的密实度(成型压力)有关,基本呈正比变化如图4所示。

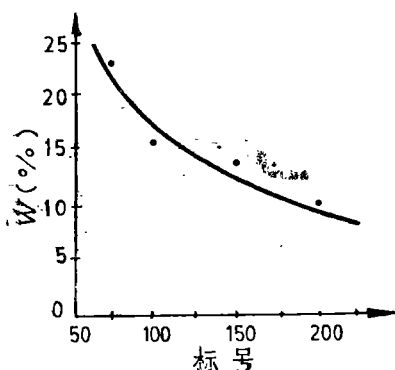


图3 水泥免烧砖吸水率与砖标号的关系

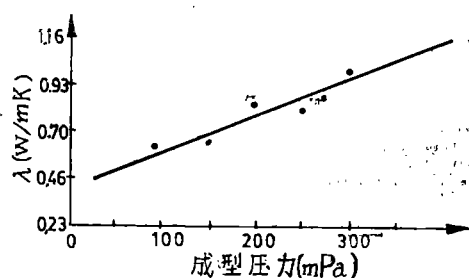


图4 免烧砖导热系数与成型压力的关系

由于成型压力也直接影响到免烧砖的强度,所以只有在满足使用要求的强度条件下所测得的导热系数才有实际意义。

2. 力学性能

参照普通粘土砖GB5101-85规范,只测定免烧砖的抗压强度和抗折强度。抗压强度是一项基本指标,集中反映了免烧砖的质量。为此,侧重研究了影响免烧砖抗压强度的几个因素。

(1) 粘结料掺加量:采用425(R型)普通水泥进行试验,其掺量对砖体抗压强度的影响如图5所示。

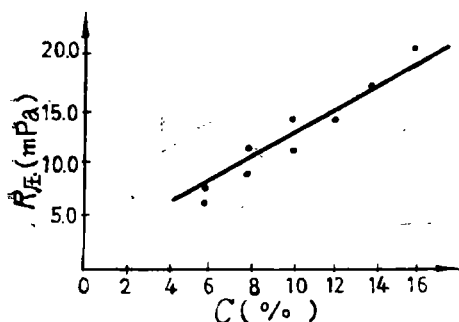


图5 水泥粘结料掺量对免烧砖抗压强度的影响

由图5可知,同标号水泥掺量的变化与免烧砖抗压强度的变化呈正比关系,用 $R = n \cdot c$ 表示。其中, n 为系数,主要与土料性质有关; c 为免烧砖中水泥的掺量(%)。水泥掺量增多,强度明显提高。但是,从经济角度考虑并不宜于用提高水泥掺量的办法来提高免烧砖的强度。根据当地土料情况,425(R型)普通水泥掺加量为8—10%就可以满足一般房屋建筑工程的强度要求了。

(2) 土料的性质:土料的含砂量的颗粒组成及级配都直接影响砖体的强度。三者之间有着不可分的有机联系,我们侧重研究含砂量对砖体强度的影响,如图6所示。

试验中所用西区红土,笏石红土本身就有适量的含砂量,又有较好的级配,因此不必再外掺砂使用。而马垄山黄土和洛阳海泥含砂量几乎为零,故使用时一定要外掺20—30%的中砂或粗砂,否则免烧砖强度太低。

(3) 成型压力:试验证明:免烧砖强度在一定范围内是与成型压力成正比的。当成型压力超过40.0Mpa时,免烧砖强度的增长速率大大降低而能耗大大增加。在实际生产中,由

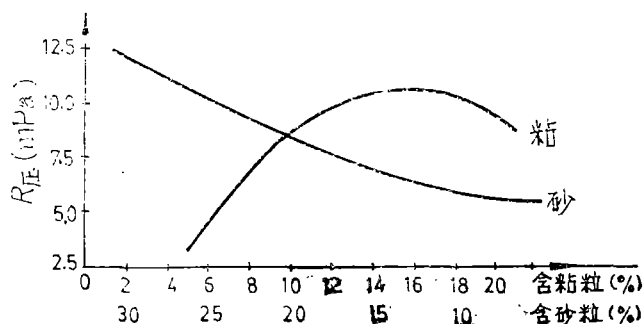


图6 土料中砂含量对砖体抗压强度的影响

于填料深度增加、压力增大而使机械经常发生故障,显然得不偿失。因此,我们认为成型压力控制在25.0—30.0MPa范围内较好。试验室测得成型压力与砖体28天抗压强度间的关系如图7所示。

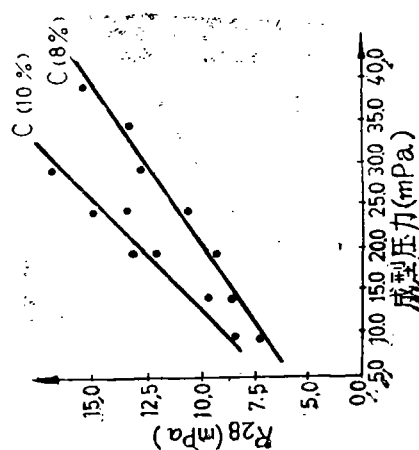


图7 水泥免烧砖成型压力和抗压强度的关系

(4) 养护条件: 试验中发现, 养护条件的变化, 直接影响砖体强度的发挥, 如图8所示。图中I—3天自然养护, 后经常保持表面润湿养护; II—3天自然养护后, 室内干燥养护; III—成型后立即放在太阳下晒干养护(当时气温为28—32℃)。可见, 保持适当的温度、湿度是促使水泥免烧砖强度正常发挥的必要条件。

试验证明, 免烧砖抗折强度和抗压强度同样都受到上述各因素的影响和制约, 而抗折强度和抗压强度之间也有相对应的关系, 如图9所示。

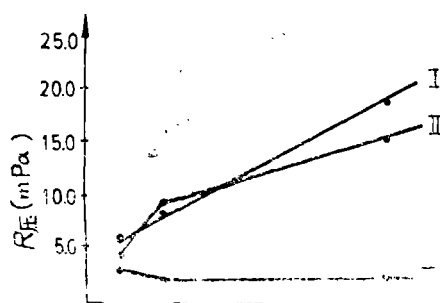


图8 水泥免烧砖不同养护条件下的强度发展

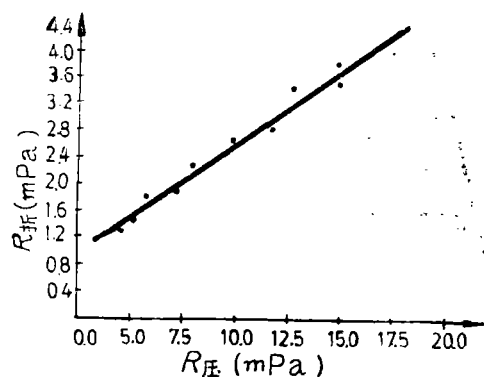


图9 免烧砖抗折强度和抗压强度的关系

大约 $R_{压} = (3 - 6) R_{折}$ 。当免烧砖标号低于75号时可取3—4; 当免烧砖标号高于

100号时可取5—6。

五、耐 久 性

耐久性是一项综合性质。简单地说,是免烧砖经久耐用的程度如何。当免烧砖能满足上述工程强度要求时,是否有相应的耐久性呢。为此,我们做了下述试验工作。

1. 耐干湿循环性

裸露于大气中的免烧砖墙体,在南方多雨季节都会遇到干湿交替变化的现象。受湿时,免烧砖内某些亲水性微粒会产生膨胀,干燥时又产生收缩,形成交变的湿胀干缩应力,达到一定程度就会使免烧砖强度降低。试验证明:免烧砖耐干湿循环性良好。以常温(25℃左右)下干燥4h浸润4h为一次循环,则当水泥掺量大于7%时,15次循环后强度还可能略有增加,如图10所示。

2. 耐水性

用软化系数 K_p 来衡量免烧砖的耐水性。测定不同养护龄期 K_p 的变化,发现随着龄期的增加 K_p 增大,一般达0.75—0.80左右趋于平缓。如图11所示。

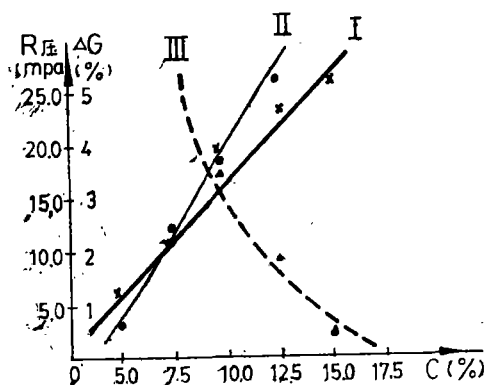


图 10 水泥掺量与干湿循环后强度、重量变化的关系

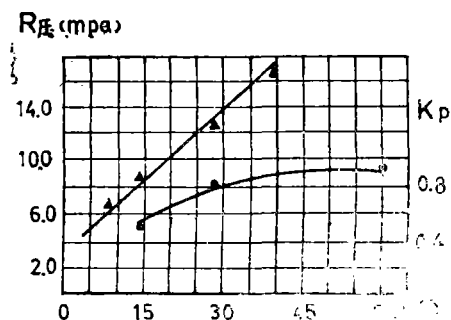


图 11 免烧砖强度、软化系数与养护龄期的关系

软化系数还与免烧砖内水泥的掺量有关,与成型压力有关。分别如图12和图13所示。

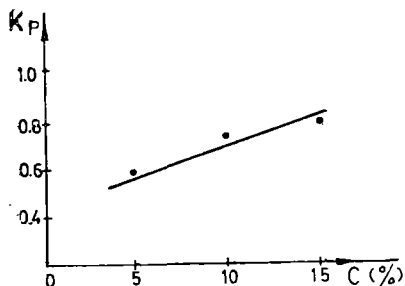


图 12 软化系数与水泥掺量的关系

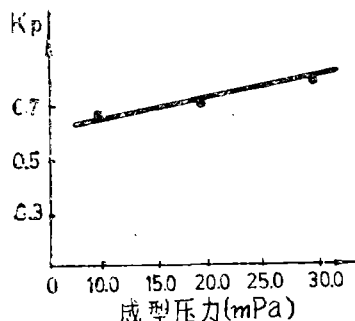


图 13 软化系数与成型压力的关系

水泥免烧砖软化系数低于普通粘土烧结砖，不能用于长期处于潮湿环境或长期处于水中的建筑结构物上。

3. 耐酸碱性

对于普通粘土烧结砖，国家标准并未制定其耐酸碱性指标。为了说明免烧砖具有一定的耐久性，特增加了耐酸碱性试验。试验方法是参考国内外有关资料进行。试验结果分别如表 7 所示。

表 7 免烧砖耐酸碱试验数据 (令 700d 试件, 0.5% H₂SO₄ (0.5% NaOH) 浸 28d)

编 号	浸前			浸后			重量损失 (%)	强度损失	
	G ₀ (g)	R ₀ 压(Mpa)	R ₀ 折(Mpa)	G(g)	R压(Mpa)	R折(Mpa)		△R压(%)	△R折(%)
耐酸试验									
75*	240	8.0	1.9	228	7.3	1.5	5.0	8.7	21
100*	250	11.5	2.4	242.5	10.6	2.0	3.0	7.8	17
耐碱试验									
75*	240	8.2	1.95	235	7.6	1.65	2.0	7.3	15.4
100*	250	12.0	2.45	248	11.2	2.08	0.8	6.6	15.1

被酸浸后，试件表面及边棱有轻微剥落。

由试验数据可知，免烧砖抗酸碱腐蚀性能尚好。但不宜于用来建筑有特殊耐酸碱性要求的建筑结构物。

4. 耐盐渍侵蚀性

尽管普通粘土烧结砖在国标中未对此项作具体规定，但我们认为在沿海地区最好进一步考虑硫酸盐对免烧砖的腐蚀(主要是硫酸镁和硫酸钠的腐蚀)。为此，选用比重为 1.15g/cm³ 的硫酸钠溶液进行浸泡试验，结果如表 8 所示。

表 8 水泥免烧砖与粘土烧结砖耐硫酸钠溶液侵蚀的试验数据(令 60d 试件, r_{Na2SO4} = 1.15g/cm³)

标号	浸 前			浸 后			重量损失 (%)	强度损失	
	G ₀ (g)	R ₀ 压 (Mpa)	R ₀ 折 (Mpa)	G (g)	R压 (Mpa)	R折 (Mpa)		△R压 (%)	△R折 (%)
100+免烧砖	250	11.10	2.35	240.3	9.62	1.92	3.9	13.3	18.3
100+枫亭机砖	2325	10.49	2.15	2123	7.55	1.42	8.7	28.0	34.2

从试验数据可以看出，水泥免烧砖的耐硫酸盐腐蚀性要优于普通粘土烧结砖。这是因为免烧砖的密度高于粘土烧结砖，表面压制光滑致密，毛细孔作用较弱。因此，各种腐蚀介质的渗透阻力较大，耐蚀性相对较好。

鉴于闽中、闽南的气候条件，未做抗冻性试验。

六、水泥免烧砖与粘土烧结砖技术经济指标比较

以 425 (R 型) 普硅水泥掺量为 10%，少量外加剂，土料为笏石红土制作的水泥免烧砖试验数据，与 1988 年莆田市建委抽检的粘土烧结砖各技术指标比较，结果如表 9 所示。

表9 水泥免烧砖与粘土烧结砖技术性能比较(按GB5101-85“普通粘土砖”国家标准)

技术指标	粘 土 烧 结 砖	水 泥 免 烧 砖
含砂率(%)	<15	20—50
耐火度(°C)	<1350	≥1350
塑性指数	>15	<7
二等砖合格率(%)	30—95	90—100
容重(kg/m ³)	1700—1850	2000—2200
标 号	<100	75—150
75#以上合格率(%)	45	90
吸水率(%)	特等<25, 一等<27, 二等不限	12—15
石灰爆裂(等)	1—2	0

在闽中、闽南地区,由于水泥价格高,致使水泥免烧砖和粘土烧结砖的生产成本相差甚微。而其它省市,如浙江、江西、湖南等省水泥免烧砖成本远低于普通粘土烧结砖。但从节约可耕田土,减少环境污染等方面看,其意义十分深远。同时建厂投资较少(年产350—400万块砖的厂总投资不足10万元)见效快,又利于劣质土开发利用,确实大有可为。因此,我们在试验室工作的基础上进行了小批量试生产,效果良好。目前正致力于年产400万块砖生产线设备安装,不久就能生产出大批水泥免烧砖。同时,进一步对提高和改善其性能,夺取更好的技术经济效益,以及配方的优化设计和水泥免烧砖的作用机理,将继续深入研究。

参 考 文 献

- [1] 叶祥锋,免烧砖的生产技术,新型建筑材料,12(1986)。
- [2] 龚飞鹏等,非烧结粘土空心砖研制报告,新型建筑材料,2(1987)。
- [3] 何其昂,非烧结粘土砖成型机理的探讨,新型建筑材料,11—12(1987)。
- [4] 肖林等,建筑材料水泥石,水利电力出版社,(1987)。
- [5] 胶凝材料学编写组,胶凝材料学,中国建筑工业出版社,(1980)。
- [6] 田村恭编著,建筑材料要诀,产业图书株式会社,(1980)。
- [7] 日本建筑学会编,建筑材料用教材,日本建筑学会,(1987)。

The Preparation of Unburnt Red Brick and Unburnt Grey Brick

Wu Xu

Abstract

In relation to the preparation of unburnt red brick and unburnt grey brick, this paper deals with the material used, process flow, physical and chemical properties and durability. It points out, based on the analysis of a pilot study, that the popularization and the development of unburnt bricks in central and south Fujian province are feasible. It is advantageous for saving cultivable land, saving energy resources, safeguarding the forest reserves, and protecting the environment against pollution. It is the important way for developing new type wall material.

Key words unburnt red brick, unburnt grey brick, pressure formation