

潘尙心 著

耐火粘土磚的 生产常識

冶金工业出版社

耐火粘土砖的生产常識

潘尙心 編著

冶金工业出版社

耐火粘土砖的生产常識

潘尙心 編著

編輯：徐忠本 設計：周广、朱毅英 校對：杜崑方

1958年11月第1版 1958年11月北京第一次印刷 30000册

787×1092·1/32· 43,000字·印張2 $\frac{10}{32}$ ·定價0.22元

北京市印刷一厂印

新华書店发行

書号1292

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市書刊出版业营业許可証出字第 093 号

目 录

第一章	粘土砖在工业建设中的作用及其生产程序	1
第二章	粘土砖的原料	6
第三章	原料的加工	12
一、	硬質粘土的煨烧	12
二、	原料的粉碎	16
三、	粉料的过筛及顆粒組成	21
四、	配料和混練	24
第四章	砖坯的成型	28
一、	半干法手工成型	28
二、	半干法机械成型	31
三、	可塑法成型	38
第五章	砖坯的干燥	41
一、	空气干燥和阳光干燥	41
二、	地炕式干燥	43
三、	格子室干燥	43
四、	隧道干燥	44
五、	履带式干燥及电能干燥	44
六、	不烧砖	45
七、	砖坯不干燥直接装窑	47
第六章	粘土砖的烧成	48
一、	倒焰窑	50
二、	輪窑和室式窑	55
三、	土窑	55

四、隧道窑	62
第七章 制品的检查	65
一、外形检查	65
二、理化性能的检查	66

第一章 粘土砖在工业建設中的作用及其生产程序

在党的总路綫的光輝照耀下，我国的生产建設事业正以史无前例的速度迅速发展着，特别是鋼鉄工业的大跃进，就要求有大量的质量优良的耐火材料。在建設鋼鉄企业时，須先建立耐火材料的生产，以供砌筑各种冶金爐及浇鋼等之用。

耐火材料是一种能抵抗高温且經久耐用的材料。我国人民对耐火材料的制造，已有很长的历史并积累了丰富的經驗。陶瓷是在二千年前由我国所发明創造的，而耐火材料的生产工艺过程与陶瓷的生产工艺过程基本相同，所以在我国，很早便生产了耐火材料。解放后，在党的正确领导下，在苏联专家的帮助下，我国的耐火材料工业随鋼鉄工业的迅速发展而发展起来，建設了一系列的耐火材料生产基地，創造了很多先进經驗，我国又具有丰富的质量优良的耐火原料，因此，耐火材料工业在我国遍地开花，具备有很有利的条件。

耐火材料在国民經济中消耗量的比例大致如表 1。

各国每冶炼一吨鋼（包括国民經济其他部門）所需耐火材料如表 2。

我国由于建設項目多，特别是发展中小型鋼鉄企业，所以耐火材料的消耗量較高，1958年預計将达 230 公斤。

耐火材料的品种，通常分下列数类：

表 1

耐火材料在国民經济中的消耗比例

鋼	鉄	有色金屬	化工及煤 气爐	水泥和玻璃	发电及鍋爐	交通運輸	其 他
60~70%		10~15%	5~16%	5~10%	3~5%	2~3%	5~10%

表 2

各国每冶炼一吨鋼所消耗的耐火材料

国	别	时	間	每噸鋼耗耐火磚量
中	国	1957年		170公斤
苏	联	1956年		115公斤
美	国	1954年		98公斤
英	国	1954年		104公斤
西	德	1955年		80公斤

1. 酸性砖：矽砖、半矽砖。
2. 中性砖：粘土砖、高鋁砖、鉻质砖、鎂橄欖石砖、炭素砖、炭化矽砖。
3. 碱性砖：鎂砖、鉻鎂砖、鎂鋁砖、白云石砖。
4. 粒状料：各种砖的火泥、鎂砂。
5. 电鑄制品和各种特殊材料。

耐火材料的生产中，以粘土砖所占比例最高，各国都在65%以上。我国1957年各种耐火材料的实际生产比例为：粘土砖78%，矽砖12.5%，高鋁砖3.5%，鎂质砖5.5%，炭砖、炭化矽砖及其他0.5%。

粘土砖是用硬质耐火粘土和軟质耐火粘土或半軟质耐火粘土所制成的耐火砖。其品种有标准型砖，高爐砖，热风爐

砖，盛鋼桶砖，袖砖，塞鉄鑄口，漏斗砖，鑄管砖，中心砖及流鋼砖等浇鋼砖，鍋爐用砖，化鉄爐砖及玻璃熔爐砖等。

图 1 是几种粘土砖的形状图。

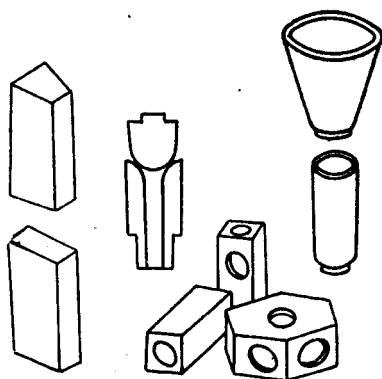


图 1 几种粘土砖的形状图

由于粘土原料蕴藏量丰富，分布地区較广，粘土砖的生产过程較简单，产品成本較低，它的耐火度等性能已能满足通常的使用要求，所以被广泛地采用着。在各种冶金爐及其他高溫爐、浇鋼系統中都采用大量的粘土砖。用下鑄法浇鑄中，大型鋼錠每吨鋼消耗浇鋼砖 20~30 公斤，200 公斤以下的小型鋼錠每吨鋼需耗用浇鋼砖 40~60 公斤以上。建筑一座 1000 立方米的高爐，需要高爐砖 2000 吨，热风爐砖 6000 吨。粘土砖质量好坏，对冶金爐爐体使用寿命及金屬的质量有密切的联系。因此，充份保証耐火材料的供应及不断地提高其质量，将为鋼鉄工业的大跃进創造有利的条件。

几种粘土砖理化性能的要求如表 3。

表 3

几种粘土砖理化性能的要求

砖 种	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ %	Fe_2O_3 %	耐 火 度 ℃	荷 重 软 化 温 度 ℃	气 孔 率 %	耐 压 强 度 公斤/平方公分
1 等高爐砖	大于44	小于1.8	大于1730	大于1400	小于19	大于400
盛鋼桶衬砖	小于40	—	大于1710	大于1370	大于21	大于250
流鋼砖	大于36	—	大于1690	—	19~24	—
热风爐砖	—	—	大于1690	大于1250	23~30	大于125
标准型砖	—	—	1580~1730	—	—	80~125
半砂砖	—	—	大于1670	—	22~24	125

粘土砖的生产过程

粘土砖是采用硬質粘土及軟質粘土或半軟質粘土为原料。为了制品烧成时减少收縮和发生变形的现象，硬質粘土还煅烧成为熟料称为磨化剂。軟質粘土和半軟質粘土作为結合剂用，原料經粉碎后通过一定大小的篩子，得到所要求的細粉料。各种原料包括硬質粘土、熟料、废砖及結合粘土以适当的比例混合后进行粉碎或用細粉料配合，再加軟質粘土制成的泥浆或加水相混練。混練好的原料采用机械成型或手工成型制成砖坯。砖坯經過干燥或不經干燥直接装于窖内进行烧成。烧成溫度是1280~1350℃。經烧成后便是所要求的粘土砖。最近，各地相繼制成了各种不烧砖，即干燥后直接使用，效果也很良好。目前各厂生产粘土砖的生产流程如图 2 所示。

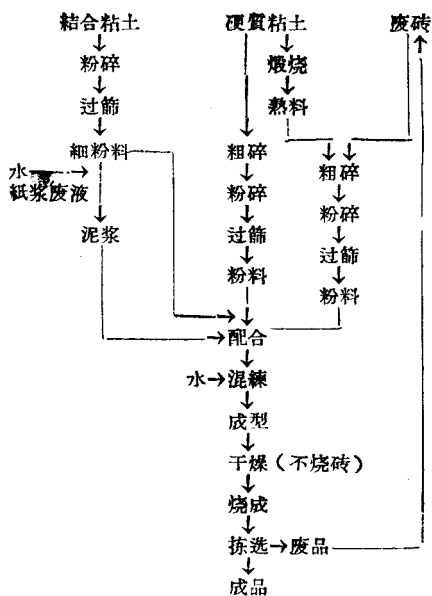


图2 粘土砖的生产流程图

第二章 粘土砖的原料

耐火粘土原料多是屬於高岭土系，基本的矿物組成是高岭石，它的化学式是 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。按照理論的成份， Al_2O_3 39.5%， SiO_2 46.6%， H_2O 13.9%。真比重 2.58。硬度 2.5。經煅烧以后， Al_2O_3 —46%， SiO_2 —54%。我国山东产的焦宝石便接近这个成份。

制造粘土砖时，对粘土原料的要求是：三氧化二鋁 (Al_2O_3) 为 30~45%，其中包括二氧化鈦 (TiO_2) 1~2%，三氧化二鉄 (Fe_2O_3) 在 1.5~3% 以下，耐火度为 1580~1750°C 以上，此外要求烧結溫度适当；对軟質粘土还要求結合性能与可塑性能良好。

烧結性 是粘土在加热后排除結合水及产生矿物結晶变化而呈致密的熟料的性能。原料的烧結性与其中的低熔点物含量及原料矿物組成有关。一般硬質粘土的烧結溫度为 1250~1350°C，軟質粘土的烧結溫度为 1100~1250°C。例如，古冶产 C 級粘土在 1300°C 烧結，四节半軟質粘土在 1200°C 烧結。原料的烧結性决定着粘土砖的烧成止火溫度。

可塑性和結合性 結合粘土的可塑性与結合性对砖坯成型性能有密切关系。可塑性与結合性良好，可以减少結合粘土的用量，对砖坯成型較有利且砖坯的强度較好。可塑性的試驗方法为将粘土料制成 4.5 公分的小球，放在如图 3 的可塑性測定器上試驗。

求可塑性的公式为：
$$S = \frac{d-h}{d} \cdot P$$

式中 S——可塑性指标；
 d——粘土球直径（公分）；
 b——加重物后粘土球高度（公分）；
 P——重物重量（公斤）。

粘土按其可塑性大致可以分为三类：

高可塑性粘土： $S > 3.6$ ；

中可塑性粘土： $S = 2.5 \sim 3.6$ ；

低可塑性粘土： $S < 2.5$ 。

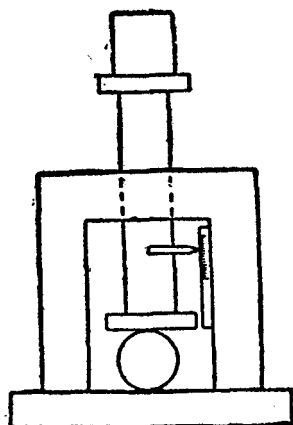


图3 可塑性测定器

可塑性较好的粘土有古冶树皮粘土，吉林水曲柳粘土，苏州白土等。可塑性尚好的半软质粘土有古冶产四节粘土、太原产灰片坩、阳泉产白羊岭软粘土、焦作粘土等。

简单的鉴定粘土的可塑性及结合性，可利用在水中的分散性来试验。将粘土样品一小块浸于一杯水中，如始终均不分散，则为硬质粘土，如缓慢分散，泥浆粘性不很大的，则为半软质粘土，如果泥块很快在水中分散且泥浆很粘的，则为软质粘土。

$Al_2O_3 > 46\%$ ， $Fe_2O_3 < 2\%$ ，耐火度 $> 1750^\circ C$ 的原料可作为制造高铝砖的原料。 Al_2O_3 含量较低、 SiO_2 含量在 $70 \sim 85\%$ 的原料可作为制造半碲砖的原料。

在原料中三氧化二铁 (Fe_2O_3)、氧化钙 (CaO)、氧化镁 (MgO)、氧化钾 (K_2O) 和氧化钠 (Na_2O) 等都是低熔点的杂质，要求含量越低越好，因为它们的存在，会降低

低原料的耐火度，烧成的粘土砖上会发生很多斑点及熔洞等缺陷。氧化鈦 (TiO_2) 含量多也会促进粘土的烧結，但坏的影响不大，所以 TiO_2 与 Al_2O_3 經常混在一起計算。在原料中还含有化学結合水及有机物质等揮发物 8~15%，在煅烧后便揮发，称灼热減量。灼热減量越高，則煅烧收縮越大。

在粘土中主要的造岩矿物有高岭石和石英，此外尚有水鋁石、云母、褐鉄矿等。粘土原料按主要的高岭石和石英矿物含量的多寡分类如表 4 所示。

表 4

粘土原料的分类

原 料 名 称	含 量 (%)			
	高岭石	石 英	其它矿物	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 灼烧后
高岭石类	>85	10~12	2~3	40~46
石英-高岭石类	65~85	15~30	3~5	30~40
高岭石-石英类	50~65	30~50	5~8	24~30

在制造耐火砖时应该注意合理的利用資源及滿足使用单位的要求，采用質量优劣不同的粘土原料制造不同等級的粘土砖，做到物尽其用。根据冶金工业部部頒标准，粘土砖分成三等，其耐火度指标如下：

I 等砖	II 等砖	III 等砖
>1730°C	>1670°C	>1580°C

对大型及中型高爐使用的高爐砖，要求較严格，因此，应选择質量較好的原料。較次的原料，可供制造标准型砖。表 5 是各級粘土熟料的性能及其用途。

表 5

各級粘土熟料的性能及其用途

級 別	含 量 (%)			灼減量	耐火度 °C	用 途
	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	Fe_2O_3	CaO			
I 級	40~46	<2.5	<0.5	15	>1730	高爐磚 I 等磚
II 級	35~40	<3.0	<0.8	15	>1670	II 等磚
III 級	30~35	<3.5	<1.0	13	>1610	III 等磚
半砂質料	24~30	<2.5	<0.5	12	>1610	半砂磚

我国的耐火粘土原料，蘊藏量非常丰富，一般在石炭二迭紀煤层中均可找到各种粘土。解放后，經我国地質工作者的勘察和群众的报矿，我国各省、自治区都发现了大量的粘土矿，特别是高鋁矾土、硬質粘土及半軟質粘土最为丰富，质量优良。目前已組織大量开采的矿山有河北古冶地区，山西太原和阳泉地区，辽宁复川灣和本溪地区，山东博山等地区。很多資源新被发现，很多矿山正在建設着。中小型和土法生产的耐火材料厂在近原料矿山的地区正迅速建設和发展生产，以就地取材的制造各种耐火材料，其中以粘土砖的产量居最高。在建厂时必须选择原料矿山建設开采。

表 6 是几个产地的耐火粘土的性能表。

表 6

某些产地的耐火粘土的性能表

产 地	原 料 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	灼 减	耐火度	比重
河北古冶	C 级硬质粘土	33.52	47.85	2.78	0.90	0.26	14.07	1793	2.93
" " "	D 级硬质粘土	43.10	41.82	1.6	1.25	0.32	13.91	1710~1750	2.63
" " "	四节半软粘土	57.08	30.66	1.6	1.57	0.54	9.55	1690~1710	2.6
" " "	树皮粘土 (软质)	56.18	25.06	0.9	2.6	1.3	10.52	1590	2.65
北 京	西山叶腊石 (硬质)	48.04	44.15		0.99	0.5	7.6	1730~1750	
山西太原	王灰垆 (硬粘土)	43.49	39.41	1.27	0.97	0.46	13.93	1780	2.65
" " "	灰片垆 (半软粘土)	54.1	31.9	0.34	0.5	0.53	11.0	1720	2.63
山西阳泉	西岭沟硬粘土	50.3	33.55	0.85	1.57	0.37	12.2	1720	
" " "	白羊岭沟软粘土	49.4	34.43	1.41	1.1	0.48	11.54	1750	2.68
内蒙包头	杂怀沟硬粘土	46.17	38.27	0.83	0.44	0.34	14.32	1750	
辽宁牛心台	硬质粘土	40.2	38.8	0.7	2.5	0.49	13.0	1750	2.62
辽宁复州	半软粘土	44.7	39.0	0.8	1.5	0.84	13.50	1750	2.60
吉林永曲柳	软质粘土	60.18	28.10	0.03	1.93	0.43	9.28	710	2.65
山东博山	焦宝石 (硬粘土)	44.53	38.23	1.0	0.86	0.29	14	1780	2.62

續表 6

产 地	原 料 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	灼 減	耐 火 度	眞比重
江苏无锡	半軟粘土	51.2	38.3	—	0.9	0.4	8	1730	
江苏苏州	白土 (軟粘土)	42.26	34.84	—	0.4	0.7	18	1710	
浙江青田	叶腊石 (硬粘土)	57.46	34.69	0.13	0.15	0.02	7.87	1760	2.81
安徽淮南	半軟粘土	50.81	34.41	—	0.5	0.4	13.40		
河南巩县	硬質粘土	49.5	43.4	1.0	1.2	1.5	13.0	1730	
河南焦作	半軟粘土	43.48	39.03	1.6	1.25	0.39	13.49	1760	2.63
四川乐山	硬質粘土	43.5	41		1.2	0.2	13.2	1730	2.65
四川奉节	半軟粘土	57.56	28.82		1.29	0.4	12.5	1680	2.58
云南安宁	硬質粘土	43.16	40.30		1.30	0.5	12.4	1730	
福建福州	半軟粘土	52.24	38.29	—	0.42	1.1	5.84		
广东佛山	半軟粘土	54.46	31.26	—	1.6	0.5	9.25		
苏联恰索夫-雅尔	軟質粘土	51.60	33.32	1.37	0.90	0.53	8.42	1710	
苏联苏沃洛夫	硬質粘土	46.9	36.92	1.52	2.14	0.41	1305	1680	
美国卡勃尔	硬質粘土	44.4	37.1	2.2	1.4	0.6	13.7		
英国阿斯蒂尔	高岭土	46.4	37.3	1	1	0.48	12.7		碱性物达 2.24%

第三章 原料的加工

一、 硬質粘土的煅烧

由于粘土中含有 8~15% 的化学結合水及其他揮发物，煅烧后有 7~10% 的收縮。为了防止直接用粘土原料制砖产生較大的收縮而引起变形及裂紋等毛病，所以預先煅烧硬質粘土。有的原料，如叶腊石等，其煅烧收縮較少，在配料中可以掺入一部份生料而制成粘土砖。粘土的燒結程度由吸水率及真比重來測定。熟料的吸水率为 3~5% 以下，粘土的燒結溫度为 1250~1350℃。图 4 是古冶产的 D 級粘土的燒結性試驗图，它在 1100℃ 时开始燒結，至 1200℃ 时耐压强度显著增加，而烧成收縮显著縮小，气孔率略有下降，至

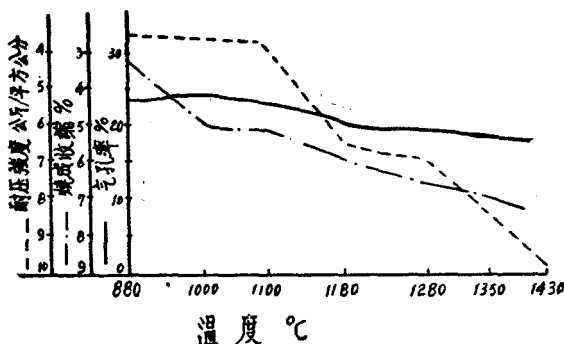


图 4 古冶D級粘土燒結性試驗