

土法生产耐火材料

焦化耐火材料设计院山东工作组 合编
山东省冶金工业局

冶金工业出版社

土法生产耐火材料

焦化耐火材料设计院山东工作组
山东省冶金工业局 合編

冶金工业出版社

土法生产耐火材料

焦化耐火材料設計院山東工作組 合編
山東省冶金工業局

編輯：楊直夫 設計：周廣、董應楚 校對：劉祺芸

1959年1月第一版 1959年5月北京第二次印刷 5,200冊
(累計15,600冊)

787×1092·1/32·32,000字·印張1 $\frac{26}{32}$ ·插頁2·定價0.22元

中央民族印刷廠印 新華書店發行 書號1451

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

序 言

在我国冶金工业飞跃发展的新形势下，做为主要为冶金工业服务的部門——耐火材料工业，必須赶上去。在党中央提出今年鋼的产量翻一番的伟大的号召后，全国已形成了全党全民大搞鋼鐵工业的高潮。在这种情况下，摆在我国耐火材料工业面前的重大而艰巨的任务，就是如何滿足冶金工业以及其他国民經济部門对耐火材料的需要問題。这样，显然只依靠现有的較现代化的耐火材料厂是远远滿足不了这种要求的。因此必須大力发展符合多快好省方針的制造耐火材料的土办法。

为适应这一要求以及为了使广大新从事耐火材料生产的同志能够迅速地掌握耐火材料的初步知識和土法生产經驗，我們編了这本小册子。希望它能对各地新从事耐火材料生产的同志們有所帮助。

由于時間仓促，加上編者水平有限，錯誤之处一定会有的。希望讀者批評指正。

編 者 1958 年 12 月

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 一、耐火材料的一般知識..... | 1 |
| 二、粘土磚的制造..... | 6 |
| 三、矽磚的制造..... | 21 |
| 四、焦油白云石磚的制造..... | 26 |
| 五、生产經驗介紹..... | 31 |
| 1. 无窑燒耐火磚(宜兴鼎蜀耐火器材厂)..... | 31 |
| 2. 土坑燒耐火磚(鎮江市鎮江耐火材料厂)..... | 34 |
| 3. 浙江建德磚瓦厂利用燒陶器的“龙窖”燒耐火磚經驗..... | 39 |
| 4. 半砂磚(黃砂一粘土磚)的試制小結..... | 43 |
| 5. 干燥床簡單介紹..... | 45 |
| 6. 介紹893厂土法燒燒白云石的經驗..... | 48 |
| 7. 浙江东阳县煉鋼坩堝制造方法介紹..... | 51 |

一、耐火材料的一般知識

1. 耐火材料的分類

所謂耐火材料，就是能耐高溫（1580°C以上）的一種材料。凡是與高溫分不開的工業窯爐以及其他部門的熱工設備都要使用耐火材料。

近代耐火材料種類繁多，一般都是根據其耐火度、制品的形狀、尺寸、製造方法、用途以及化學性質等來分類的。

耐火材料通常按其化學性質，分為下列四類。

- 1) 酸性耐火材料——矽磚、熔融石英制品；
- 2) 鹼性耐火材料——鎂磚、白云石磚；
- 3) 半酸性耐火材料——半矽磚；
- 4) 中性耐火材料——鉻磚、鉻鎂磚①、粘土磚②、高鋁磚③。

2. 耐火材料的主要性質

使用耐火材料的工業窯爐的操作溫度一般都在1000~1800°C之間。此外，耐火材料在使用過程中除受著高溫作用外，還受著噴渣、熾熱灰份、熔融玻璃等化學和物理的作用；承受著溫度劇烈的變化，以及在高溫下因本身的重量或外界負荷所引起的軟化作用。這都是促使耐火材料遭受毀壞的因素。因此耐火材料本身必須具有一定的性能。除了化學及物理性能外，還必須具有一定的機械性能。而這些性能的

① 粘土磚、高鋁磚、鉻鎂磚，按其性質亦接近於鹼性。

好坏除原料本身所特有的性质以外，还要取决于生产工艺。相应的改进操作制度，会提高耐火制品的质量。

1) 耐火度

耐火度就是指原料或制品能够抵抗高温的作用而不致熔化的性质。耐火度是评价耐火材料质量的优劣，和原料纯度的主要性质指标之一，但它不是制品使用好坏的决定因素。因为不能完全按耐火度来断定在某种条件下其使用寿命的高低，决定某种耐火材料是否适用还要考虑到其它性能。

几种主要制品的耐火度如下：

| | | | |
|------|--------------------------|-----|-------------|
| 粘土砖 | 1580~1750°C ^① | 砂 砖 | 1710~1730°C |
| 半砂砖 | ~1710°C | 高铝砖 | 1780~2000°C |
| 白云石砖 | 2000°C以上 | 镁 砖 | 2000°C以上 |

耐火度的测定：把原料或制品磨碎到一定的颗粒（小于0.2公厘）然后用糊精调配制成一个具有一定规格的三角锥，与标准测温锥一起放在耐火度测定炉中在一定的升温速度下由于本身的重量作用而变形弯倒，当其顶端与耐火锥底盘相接触时，依所放标准锥号数，便用这一温度来表示试样的耐火度。但即使同一种原料或制品，由于制锥方法、颗粒大小、锥的尺寸不同、加热速度、时间不同，所得结果也不同。因此必须充分考虑上述所有因素，才能得出较为实际的耐火度指标。

2) 高温荷重软化

高温荷重软化，亦叫高温荷重软化点，是指耐火材料在高温作用下能够抵抗高温和负荷的作用而不变形的性能。一般以2公斤/公分²的静负荷作用引起一定程度的变形温度表示。

① 一般土法冶炼设备的操作温度较低，不足此温度的耐火砖也可使用。

由于耐火制品的性质不同，其荷重变形温度也不同。

几种主要制品的荷重软化点如下：

粘土砖 1350~1400°C

高铝砖 1450~1700°C

矽 砖 1620~1670°C

白云石砖 1550°C以上

高温荷重软化点与气孔率、耐火度、制品的矿物组成以及制品内结晶相与玻璃相的比例多少等有关。

一般对于粘土砖来讲，其 Al_2O_3 含量对荷重软化温度有很大影响。当砖内 Al_2O_3 含量为40~70%时， Al_2O_3 含量每增加1%则荷重软化开始温度提高4°C，但 Al_2O_3 含量超过80%时，荷重软化温度的提高并不显著。减少制品内玻璃相，结晶形成网状构造，或增加熟料细颗粒都会提高制品的荷重软化温度。

3) 耐急冷急热性 (热稳定性)

耐火制品在使用过程中不断的受着加热和冷却。能承受温度急剧反复变化，而不致发生裂纹的性能，叫做耐急冷急热性。

影响制品的耐急冷急热性的因素有(1)提高熟料的含量或增加熟料粗颗粒部分；(2)制品过于致密时，则温度变化后，颗粒间无伸缩余地。或者由制品加热后温度发生变化产生温度差，使制品内部产生应力，这都会使制品产生裂纹；(3)与制品的大小、厚度、形状等有关。

因此在生产中，必须根据不同的用途和要求，正确地选择配料颗粒度。

4) 抗渣性 (化学稳定性)

耐火材料在使用过程中，經常受着熔融爐渣、燃料灰分以及各種气体的侵蝕作用。

耐火材料在高溫下能抵抗熔融爐渣，以及不同熔渣的物理由化學侵蝕作用的能力，叫做抗渣性。

耐火材料的抗渣性与下面几个因素有关。

- (1) 耐火材料与爐渣互相作用的溫度；
- (2) 耐火材料与爐渣的化學矿物成分；
- (3) 爐渣的粘度和制品的結構（顆粒組成，气孔大小）等等。

5) 高溫体積穩定性

耐火材料在使用过程中长期在高溫作用下，发生着一系列的化學及物理变化：生成液相、重燒結和再結晶等过程。由于高溫作用引起制品发生不可逆的收縮或膨胀，即所謂残余收縮或膨胀。残余变形愈小，則体積固定性愈好。残余收縮或膨胀过大，都会引起窑爐砌砖体崩裂甚至倒塌。一般要求残余变形不超过正負1.0%。

为了避免制品在使用时产生过大的残余变形，在煨燒熟料时和燒成制品时应有足够的溫度。使其内部的变化反应完全。如粘土砖的燒成溫度一般在1250~1350°C范围内。

6) 气孔率 and 体積密度

气孔率是表示着耐火制品的致密程度，制品的气孔率大小关系着抗渣性，耐急冷急热性，荷重軟化点等。如气孔率大时，制品易被熔渣侵蝕，但对急冷急热性有好处。反之其結果亦相反。一般粘土砖的气孔率为20~28%，对高爐砖來說一般要求低些。

7) 耐压强度

耐压强度是耐火材料的一项重要指标。耐火材料在常温下的机械强度高低，同样是表示着耐火制品致密度大小、加工的质量好坏、组织均匀性，以及烧成情况等重要指标。只有高的机械强度才能抵抗冲击、摩擦等机械作用。影响耐压强度的因素除熟料颗粒组织外，还与制品的化学矿物组成、烧成温度、成型方法以及成型压力等有关。

此外，耐火材料还具有其他物理化学性能，如导热性、导电性、透气性、热膨胀性、真比重以及耐磨性等。一般都是根据制品的用途提出相应的要求。耐火材料的一些性能指标是互相矛盾的。如要求增加制品中的大颗粒量，可获得强的急冷急热性和良好的透气性，但其气孔率大，抗渣性、耐压强度、高温荷重软化点都随之降低。因此，要求一种制品都具备上述这些良好指标是不可能的。只是其中几个特性表现突出而已。在生产过程中设法根据不同的用途来满足要求。

二、粘土砖的制造

1. 粘土质耐火制品用原料

粘土质耐火制品，就是用粘土质原料为主所制成的耐火制品。耐火粘土是不同于一般的粘土的，它具有1580℃以上的耐火度。就其化学成分来讲，粘土主要是由三氧化二铝（ Al_2O_3 ）与二氧化硅（ SiO_2 ）所组成的。最常见的是属于高岭土类的矿物。它的分子式是 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 。但由于产地不同，粘土中夹有各种不同的杂质。如石英、铁、钙、钾、钠、镁质等，由于这些杂质的存在，使粘土质制品的高温性能大为降低。粘土砖的耐火度高低主要取决于所使用的原料好坏。制耐火砖用原料，按其化学成分及耐火度不同，可大致分类如下：

| 类别 | 含量(灼烧后) | | | 耐火度 | 可用于制造 |
|----|-------------------|---------------|-----------|------|-------|
| | $Al_2O_3 + TiO_2$ | Fe_2O_3 不大于 | CaO 不大于 | | |
| 1 | 40—50 | 2.5 | 0.5 | 1730 | 一级粘土砖 |
| 2 | 35—40 | 3.0 | 0.8 | 1670 | 二级粘土砖 |
| 3 | 30—35 | 3.5 | 1.0 | 1580 | 三级粘土砖 |
| 4 | 15—30 | 2.5 | 0.5 | 1580 | 半砂砖 |

所以根据化学成分及耐火度，可以判断原料是否适合制耐火材料。

含有下列杂质对粘土耐火制品的影响是：

1) 石英（ SiO_2 ）：如石英均匀分布在粘土中时，在1300~1350℃以下不起作用，仅降低粘土的结合性。在

1350~1400°C 以上时石英为强的熔剂便与 Al_2O_3 及其他杂质组成共融物，降低制品的耐火度。

2) 铁质化合物：为粘土中最有害的杂质，使烧好的制品上产生熔洞和斑点。因而耐火粘土内铁的氧化物总含量一般要求不大于 1.5~3%。但对于一般用于土法冶炼设备的粘土砖，铁质夹杂物含量稍高些亦可使用，并无多大妨害。

3) 原料中有 TiO_2 存在时（超过 1% 时），煅烧后会赋予制品以颜色， TiO_2 的存在有助于烧结，但其含量极少，一般的含量不超过 0.5%。

4) 钙化物：以碳酸钙 ($CaCO_3$)、硫酸钙 ($CaSO_4$) 形态存在。它们的害处与铁相似；要求钙化物的含量不大于 1.0%。

5) 有机物：有机物的存在会增加粘土的可塑性和结合性。但会增加原料灼减量，使制品的气孔率增大，因此允许有一定的含量。

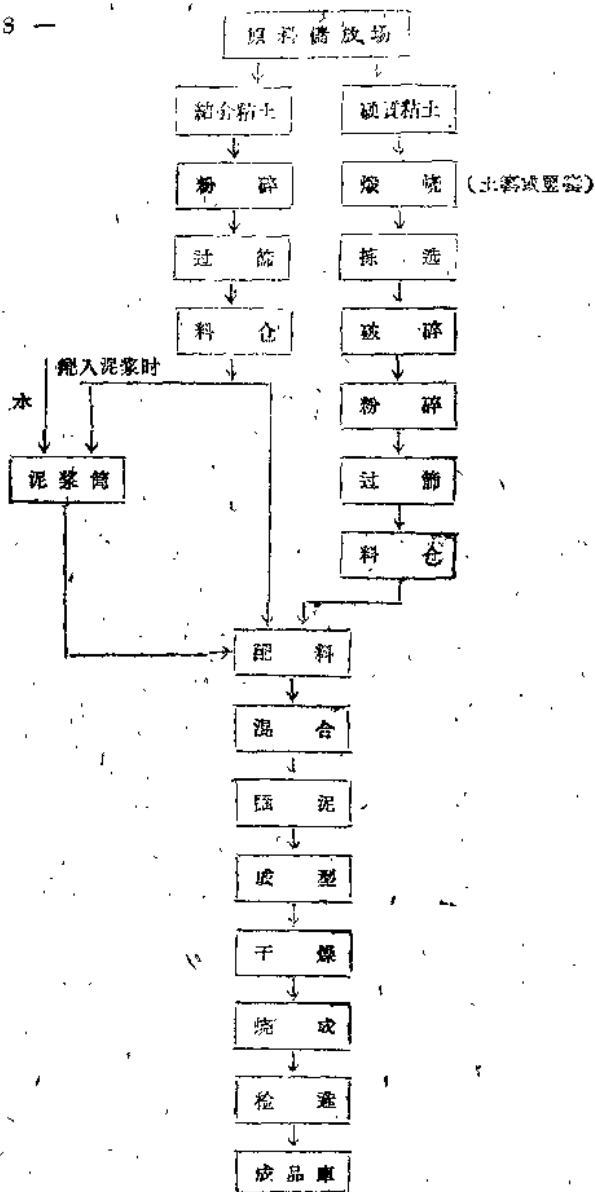
由以上化学成份的分析来看，三氧化二铝 (Al_2O_3) 含量越高，耐火度越高，制品的性能就越好，但也与所含的杂质总含量有关。

2. 粘土砖的土法生产流程

粘土砖工艺过程的选择主要决定于原料的性质和对成品质量的要求。其大致工艺流程见第 8 页。

3. 熟料的煅烧

由于粘土中含有结晶水、有机物的关系，其灼减量一般为 14% 左右，也有更高一些的。因而用粘土直接制砖时，其



烧成总收缩在10~15%左右。这样难以得到具有准确的外形尺寸和良好质量的制品。这就必须将一部分料预先进行煨烧，使之先收缩，然后再配入料中使用。煨烧后的料称为熟料。

根据原料的化学性质不同，熟料的煨烧温度也不同，一般在1200~1300℃（或更高）之间。要求烧结得好。良好的熟料的吸水率不超过5%或更低。

熟料煨烧设备有竖窑，廻转窑，倒烟窑，也有土窑。在土窑中采用最广的有地坑窑及土竖窑（见图1及图2）。

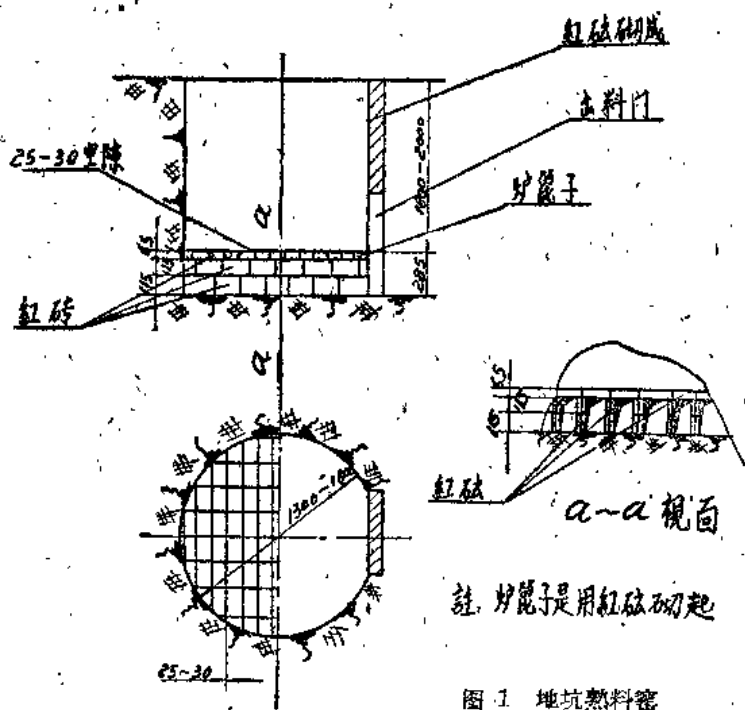


图 1 地坑熟料窑

土窖的操作与一般竖窖相似。即采用分层煅烧法，也就是一层粘土块一层燃料。原料块度为 30~150 公厘，块度过小或过大都会造成通风不良或烧不透现象，燃料采用白煤、

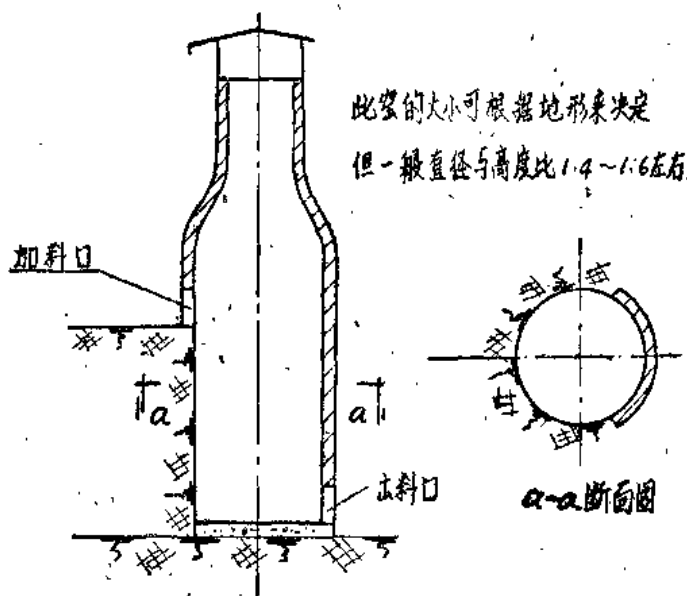


图 2 土竖窖

烟煤或焦炭更好。其块度为 25~40 公厘。大部份土窖都是间断操作的，点火后一次烧好。也有连续操作的。图 1 就是间断操作的土坑窖，将原料与燃料按比例分层装入窖内点火后，就不用人再来照管了，这种方法是非常方便的。目前很多地方是采用这种方法的。图 2 则是连续操作的土竖窖，就是出一次料要再加一次料连续地进行。这一些土窖的特点就是

全部不用耐火砖。它們煅烧出来的熟料质量也合乎要求。

4. 熟料的粉碎

熟料預先經過人工打碎或用破碎机进行破碎到块度在30公厘以下。再用畜力带动的石碾子（如图3）或电动的干碾

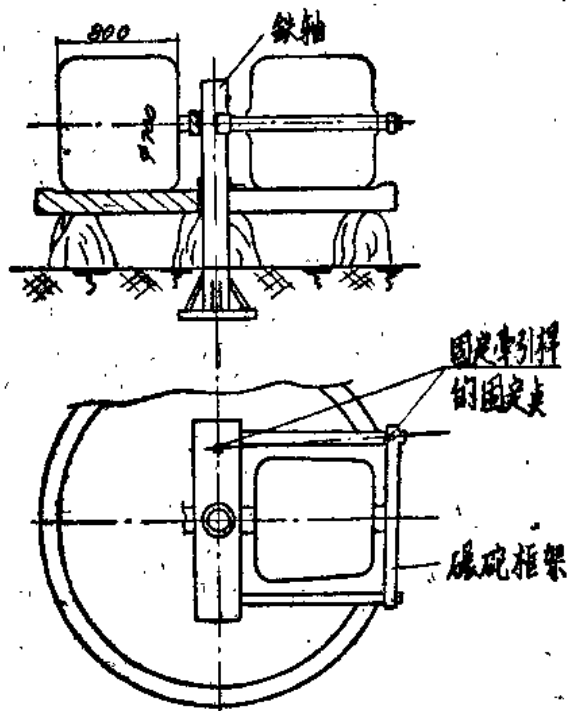


图 3 石碾子

机进行粉碎。顆粒度一般为 2.5 公厘以下。熟料的顆粒組成对制品的影响很大。其中起决定作用的是小于 0.2~0.1 公厘的細粉。增加細顆粒的含量能提高制品的荷重軟化点、制

品的强度与密度，但对耐急冷急热性是不利的。反之其结果相反。中颗粒不起主要作用不应过多。

一般粘土砖熟料的颗粒组成是：

| | | | |
|----------|---------|-----------|--------|
| 颗粒度 (公厘) | 2.5—0.5 | 0.5—0.038 | <0.038 |
| 含量 (%) | 35—40 | 15—20 | 25—30 |

在不同的情况下，应根据原料的质量和制品的用途，来选择颗粒组成

5. 结合粘土的制备

粘土一般分为可塑性粘土（结合粘土）和非可塑性粘土（硬质粘土）。可塑性粘土浸在水中能吸收水份而有粘结性。利用这种粘土与熟料颗粒结合制成砖坯。一般的结合粘土含有水份为5~8%左右，也有超过10%的。如水份过多时（大于10%）要进行干燥。采用石碾（畜力）或干碾机进行粉碎，颗粒度一般要小于0.5公厘。

配料中结合粘土可塑性差或含量少，砖坯不易成型，干燥强度也低，因此在生产中要选择可塑性良好的粘土做为结合剂加入物。加入的百分比则视其可塑性大小而定。一般的由10~20%左右。

6. 配料及混练

配料是按原料不同的性质成份和不同的颗粒度，按一定比例方法配合在一起。有重量配料法（不同粉料重量的百分比）和容积配料法（体积比例）。