

土耐火材料厂的 建立與生產

孙作海著

吉林人民出版社



土耐火材料厂的建立与生产

孙作海著

江苏工业学院图书馆
藏书章

吉林人民出版社

1959·长春

土耐火材料厂的建立与生产

孙作海著

吉林人民出版社出版 (长春市北京大街) 吉林省书刊出版业营业许可证出字第1号

长春新华印刷厂印刷

吉林省新华书店发行

开本: 787×1092 1/32 印张: 1 1/2 字数: 37,000 印数: 500册

1959年4月第1版 1959年4月第1版第1次印刷

统一书号: 15091·62

定价(7): 0.17元

出版者的話

吉林王業大學汽車系的同學們在大躍進的日子里，為保證鋼鐵生產的順利進行，在耐火材料的生產不能滿足生產需要的情况下，他們白手起家，建立了一座土耐火材料廠。這廠的建立、生產、設備全是採用“土”的，只要有原料的地區就可建立起這類工廠，以解決耐火材料的需要。

孫作海同志親身參加了該廠的建廠和生產，並在系黨總支的支持下總結了這一經驗寫成了此書，對此，我們表示熱誠的歡迎；但由於作者的水平、經歷所限，不當之處在所難免，我們盼望讀者給以批評與指教。

本書主要介紹了耐火材料的性質、用途和幾種比較容易生產的耐火磚的生產及磚窯的建築，一般耐火磚的生產操作過程和生產所用的工具。書中沒有說明鎂磚、鉻磚及鉻鎂磚的生產，因為這些磚的原料產地少，工業上應用的也不多，且生產技術要求較高。

書的最後還介紹了吉林省有關粘土、砂石的產地、性質及儲藏情況，可供各地在採用原料時作參考。

目 次

序 言

一、耐火材料的性質、用途及分类	1
二、几种比較容易生产的耐火砖	3
1. 原料及其性質	3
2. 粘土砖	5
3. 多熟料粘土砖	5
4. 无熟料粘土砖	6
5. 輕烧熟料粘土砖	6
6. 不烧砖	6
7. 輕烧砖	7
8. 半矽砖	8
三、一般耐火砖的生产操作过程和生产所用的工具	10
1. 干燥	10
2. 粉碎	11
3. 坯料的合制	13
4. 成型	16
5. 烧成	21
四、半矽砖和矽砖的生产	23
1. 半矽砖的生产	23
2. 矽砖的生产	25
五、砖窑的建筑	30
1. 建窑所用的材料	30
2. 地基	31

3. 中央烟道的砌筑.....	31
4. 窑墙的砌筑.....	33
5. 火箱的砌筑.....	35
6. 窑底的砌筑.....	37
7. 窑頂的砌筑.....	38
8. 安鉄門.....	39
9. 筑地沟.....	39
10. 外烟道的砌筑.....	39
11. 烟囱的砌筑.....	40

六、倒焰間歇窑的介紹与圓形无頂倒焰間歇窑 的特点、

砌法及生产.....	41
------------	----

1. 倒焰間歇窑的介紹.....	41
------------------	----

2. 圓形无頂倒焰間歇窑的特点、砌法及生产.....	42
----------------------------	----

七、厂房的布置.....46

附：吉林省耐火材料的主要产地及应用.....	47
------------------------	----

一、耐火材料的性質、用途及分类

工业生产有許多是在高溫下进行的，如冶金工业、动力工业、化学工业和窑业工业。在这些工业中与高溫接触的地方常用耐高溫的材料建造，这种耐高溫的材料就叫耐火材料，它能在 1580°C 以上的溫度下不熔化、不軟化、也不破坏。

耐火材料在下列工业中的主要用途：

冶金工业

黑色冶金工业所用的冶金爐，蓄热室等，有色冶炼工业所用的熔炼爐等，都要用耐火材料砌筑。

动力工业

蒸气机、发电机和机車的鍋爐也都要用耐火材料砌筑。

化学工业

在化学工业中耐火材料主要应用在炼焦設備，及其他熔化加热設備中。

窑业工业

主要应用在石灰、水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料、砖瓦及搪瓷的窑爐上。

耐火材料的性質：

耐火度：耐火材料在高溫作用下不熔化、不軟化，有最高抵抗溫度。

强度：是指耐火材料在高溫作用下能够承受很大的压力而体积不发生变化和破坏的性質。

体积固定性：在高溫作用下体积膨胀和收縮的性質。

溫度急变抵抗性：耐火材料能抵抗溫度反复变化（忽冷忽

热)而不破坏的性质。

抗渣性: 耐火材料能抵抗和它接触的固体、液体或气体的化学侵蚀及磨损的性质。

透气性: 耐火材料能使气体透过的性质。

对耐火材料的要求:

1. 应具有高的耐火度, 其软化温度应高于炉中的最高温度。
2. 无论是在常温下和高温下均应具有高的机械强度。
3. 当受热时, 耐火材料的体积不应有显著地变化, 即有稳定的体积。
4. 应具有高温急变抵抗性。
5. 应当具有抗渣性。
6. 应具有精确的尺寸和正确的外形及其他一些物理性质。

按照原料的成分和用途, 耐火材料可以分为下列几种:

粘土砖 这种砖广泛地用于加热炉、平炉炉门盖、蓄热室格子砖、均热炉、蒸气锅炉、化铁炉、炼钢炉、炼焦炉及窑业窑炉等。

高铝氧砖 用于比粘土砖承受更高温度的地方, 如实验室用炉等。

矽砖 用于砌平炉炉墙内衬、炉顶、焦炉蓄热室格子砖上层、电炉炉顶、窑业窑炉的喷火口等处。

半矽砖 适用于平炉蓄热室格子砖下层和加热炉、化铁炉、铸钢盛钢桶、炼钢炉、砌筑要求体积稳定处和窑业窑炉的内衬等。

镁砖 砌碱性平炉的炉底及内衬。

铬砖 砌平炉后墙、酸性平炉炉头等。

二、几种比较容易生产的耐火砖

1. 原料及其性質

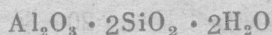
随着 Al_2O_3 和 SiO_2 含量比例的逐渐变化，由矽酸鋁耐火材料組成的耐火砖被分为半矽砖、粘土砖和高鋁氧砖三类。而其它氧化物都算作杂质，它們的数量和成分取决于原料。在这些砖中的 Al_2O_3 和 SiO_2 的含量比例变化范围很大：从内含 Al_2O_3 10—15% 的半矽砖开始，一直变化到含量为 99—100% 的高鋁氧砖为止。

Al_2O_3 的含量在半矽砖中为 15—30%，粘土砖内为 30—45%，高鋁氧砖为 45—100%。随着 Al_2O_3 含量的增加耐火砖的耐火度也在增加，这是提高矽酸鋁砖耐火度的最好办法。砖内的高熔点化学成分对砖的耐火度起决定性的作用。

粘土砖是用熟料或不能在水内浸湿的非可塑性的粘土質頁岩或高岭土所制成。熟料就是将粘土煅烧与粉碎后得到的粘土。粘土砖使用最广，一般約占耐火材料的 60% 左右。我国粘土的蘊藏很丰富，为大量生产粘土砖提供了有利的条件。

如何选择生产粘土砖所用的粘土呢？一般以煅烧后 Al_2O_3 含量为粘土重量的 30%，而耐火度不低于 1580°C 的粘土作为生产粘土砖所需要的粘土原料。

在高岭土系中包括多数的高岭土和細的分散的沉积耐火粘土，它們具有共同的化学式：



此式中各氧化物的比例如下： Al_2O_3 —39.50%； SiO_2 —

46.60%； H_2O —13.90%。鍛烧后 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 中的两个結晶水脫出，剩余的氧化物比例如下： Al_2O_3 —46%； SiO_2 —54%。高岭土的比重为2.58—2.59；硬度2.5；白色。

腊石在耐火材料工业中也經常使用，这种矿物分布不广，它的分子式为 $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ 。腊石組織致密，用手撫摸有油滑的感觉。硬度为1—2，加工容易。腊石的烧成收縮不大，因此它在耐火材料工业中可以当作瘠化材料使用。

在耐火材料工业中，还常常使用不能被水浸湿的和不具备可塑性的粘土。它可以分为干粘土和頁岩粘土，組成这两种粘土的主要矿物为高岭石。

杂质，除了上述几种成分外，在粘土內还夹杂着种类不同的少量杂质。

常見的杂质为分布均匀的石英，它能完成瘠化作用，就是說它能降低粘土的可塑性、結合性、收縮性。小顆粒的石英和粘土杂质在 $1350-1400^{\circ}C$ 以上时組成易熔物，生成易熔物的溫度愈低則粘土耐火性質降低的就愈大。

粘土中最有害的杂质为鉄的化合物。硫化鉄 (FeS_2) 在烧出的砖上发生熔洞、鼓胀和斑点。菱鉄矿 ($FeCO_3$) 的害处与前者相似。褐鉄矿、赤鉄矿、磁鉄矿常使砖呈現各种深浅的黄色和紅色。粘土含鉄量增高时会降低耐火性質，鉄的氧化物最好在1.5—3%之間。

粘土不都是白色，顏色由組成粘土的化学成分決定。在粘土內可能存有較多的由植物所生成的有机物质，使粘土呈現着由白色、灰色至全黑色間的各种顏色。这种有机物常呈腐植质化合物存在，它能提高粘土的可塑性和結合性。粘土內的有机物不仅給它增加了顏色，且使烧損量增至20—30%其中包含潮湿水和結晶水等。

用可塑性耐火粘土制砖，所加入的熟料是做为瘠化材料。粘土的废砖也可以当熟料使用，但是必須慎重选择，除去带有溶渣的部分和其它建筑的泥灰及脏物等。专门制造的熟料比粘土的价格高3—4倍，所以使用废耐火砖可降低成本。废耐火砖的缺点是气孔率和顆粒的松散度比一般好熟料高。因此用它只能制造普通粘土砖。

粘土砖的耐火性質很大程度决定于熟料的顆粒成分。調整熟料的顆粒成分可以改变砖的耐火性能，例如：致密度、坚固性、抗渣性，或者制出比較松散的砖，它的溫度急变抵抗性好。小顆粒灰尘状的熟料，能增加砖的强度、坚实性和不渗透性、降低湿度急变抵抗性。增多大顆粒熟料，可以提高溫度急变抵抗性，但强度、坚实度、不渗透性降低。中間顆粒对耐火性質影响不大，但成分也不能过多。

2. 粘 土 砖

在粘土砖中，为了便于成型耐火粘土是当做結合剂用的，而熟料則作为瘠化材料使用。用作結合剂的粘土大約在50%左右，配方时可根据情况进行适当調节。粘土砖的优点是：成型容易、熟料少、砖的成本比較低。缺点是：結合粘土在砖料内分布不均，因此在干燥和烧成时产生很大的收縮，粘土和塑料顆粒分离，使砖的气孔增加，坚固性降低。

3. 多熟料粘土砖

多熟料粘土砖結合粘土的含量在5—20%之間。为了使粘土在成型和烧成时与熟料形成良好的結合，就必须用粘土結合剂制成泥浆，将熟料顆粒包裹起来，成型时也必须慎重和長時間加工。多熟料粘土砖密度与强度高，收縮性小。但生产此种

耐火砖时成型困难，成本也較高。熟料的顆粒度一般必須分为三級：大、中、小。这样才能使砖的空隙减少，密度增加。

4. 无熟料粘土砖

致密的粘土质頁岩可以制出燒結致密的耐火砖。这类頁岩矿石，不能被水浸湿，所以做为瘠化材料，同时也可代替熟料以减少砖的燒成收縮。生产这种耐火砖时必须加入結合剂，一般加入可塑性好的粘土。这种瘠化材料的顆粒在燒成时燒結，能与結合粘土良好的結合，燒成的砖致密坚固。在頁岩粘土中 Al_2O_3 的含量为45.5%，耐火度为 1770°C 并含有大量的碱性氧化物 K_2O 、 Na_2O 約3.9%在 1150°C 时，頁岩粘土能燒成致密的陶瓷状的砖块。这种粘土致密，燒成收縮小，一般在3—5%，因此可以制造出高质、燒結致密、坚固、燒成收縮不大的耐火砖。同时，由于不用熟料，使砖的成本降低。

5. 輕燒熟料粘土砖

輕燒熟料粘土砖，是利用鍛燒到 $700-800^\circ\text{C}$ 的粘土来作具可塑性粘土的瘠化材料。粘土在 $700-800^\circ\text{C}$ 下鍛燒使結晶水排出，这样就失去了可塑性，因此用做瘠化材料。燒成的砖較致密、坚固。

6. 不 燒 砖

粘土砖的制造是从成型、干燥、燒成到成品。而不燒砖的制造与粘土砖不同之处在于把燒成这个工序放在生产作业中进行。例如：用不燒砖砌小土高爐或反射爐，在燒鉄或煉鋼生产中使不燒砖完成燒成作用。这种砖只可做耐火衬砖，因为它不結实，不能承受大的压力，常用在不重要而条件比較好的砌筑

中。

对于不烧砖、粘土砖我們必須注意：第一、克服粘土砖坯强度低的缺点，第二、提高它的耐水性、防潮性，第三、降低残余收縮使它不能超过0.7—1.0%。

为此，我們提出下列办法：

第一、在材料內加入1—2%的廢紙漿溶液作結合剂，使砖的强度和耐水性、防潮性提高。

第二、为降低残余收縮，必須提高砖的熟料含量。但熟料过多时，結合剂的含量相对减少，因此砖料的可塑性减小，成型困难，制出的砖亦不坚固。所以一般結合粘土的含量为30—35%。为了降低收縮性可往料內加10—15%的石英顆粒以代替熟料。

虽然在适当的条件下，不烧砖可以代替粘土砖使用，但是此种砖的性質仍不能与烧成的粘土砖作同等评价。此种砖的强度低，运输不方便，而且在风、雨、雪及潮气的侵蚀下坚固性要降低以至变形。同时往砖內加入石英細顆粒时会降低耐火性。在极需要大量耐火砖，或不具备烧成条件的地方可以生产这种砖。不烧砖的最大优点是：不用烧成、生产速度快、成本低。有原料的地方都可以生产。

7. 輕 燒 磚

輕烧砖，它不同于不烧砖也不同于粘土砖。因为它是在溫度不高的小火爐中进行烧成。小火爐一般溫度在800°C以下容积也很小，因此这种輕烧砖适合于小批生产。如果我們把粘土砖認為烧成的程度是純熟，那么輕烧砖可以看成是半熟。

輕烧砖的坚固性、防水性、防潮性、便于运输性等都比不烧砖强。但仍不能和烧成的粘土砖相比。生产这种耐火砖也是

为了急需。一般用在不烧砖不能承担的压力等条件下使用。

8. 半 砂 砖

半砂砖是用石英砂做瘠化材料，用粘土或高岭土做结合剂所制成。烧成的耐火砖内 Al_2O_3 和 SiO_2 的含量不超过 30%。石英材料一般采用天然产的石英砂，也可以用人工粉碎的砂。制造半砂砖的主要办法是用天然产的粘土，石英砂的混合物或者用高岭土和石英砂的混合物，经过合料、成型、干燥、烧成等工序制成。此外，为了提高耐火砖的质量还往往加入一些熟料。以同一高岭土所制的熟料制成的半砂砖称为石英——高岭土砖。其耐火度在 1710°C 以上。 SiO_2 的含量为 70—80%， Al_2O_3 的含量在 25—15%，气孔率很高，常在 25% 以上，强度不大。另一种半砂砖石英——粘土砖，是利用天然产的粘土和石英的混合物，或者用烧结性和可塑性好的粘土加入石英砂所制成。虽然粘土中的石英砂能起瘠化作用，但有时为增强瘠化作用仍需加入熟料。以 SiO_2 和 Al_2O_3 的含量比较，石英——粘土半砂砖，和石英——高岭土砖差别不大。主要不同点是石英——粘土半砂砖中低熔点杂质较高（为 3—5%），并且石英瘠化剂及部分粘土物质的分散性很大。此砖的耐火度不低于 1610°C ，但也不超过 $1650—1700^\circ\text{C}$ 。由于石英的分散性高与原料内含低熔点杂质多，此砖的密度和强度都比石英——高岭土砖高。

制造半砂砖主要是合理的使用天然产的石英粘土混合物、石英高岭土混合物，因为这些原料藏量多，不须特殊加工，生产技术条件要求也不高。过去将石英砂加入粘土中做瘠化材料使用是较少的，随着钢铁工业跃进的需要，也因为石英砂到处都有，可以就地取材，少用一些可塑性、烧结性良好的粘土生产出质量较好的耐火砖，以石英砂作瘠化材料就较多的应用起

来。但在生产中为了保证其耐火性能、强度、残余收缩等也可以适当加入一些熟料。在利用天然产的石英粘土混合矿物时就可以不加入熟料或少加入熟料。这种生产的最大特点是合理的使用了制造粘土砖所不能使用的半砂原料。

原料内石英颗粒愈小所含的低熔点杂质愈多，也就是石英和粘土的互相作用的表面愈大，则耐火性质降低的也愈显著。如果在原料中低熔点杂质含 4—5%， Al_2O_3 15—17% 和 SiO_2 81—78%，耐火度约 1600—1630°C，石英颗粒为 0.2—0.05 公厘，则砖的荷重软化点就甚低：开始变形温度为 1300°C，变形 40% 的温度为 1450°C。一般含 Al_2O_3 35—40% 和低熔点杂质 4—5% 的粘土其耐火度为 1700—1730°C，开始变形温度为 1350—1400°C，变形 40% 的温度为 1550—1600°C。

另外一种半砂砖含有大量的大颗粒石英，粒度为 0.5—2.0 公厘。石英和粘土结合剂间的相互作用面较小，因此看不到象细粒石英所产生的那种助熔作用。此种耐火砖烧结困难，密度和强度比较低。但是在高温烧成时可能使大石英颗粒表面烧熔，使砖内部组织达到致密。由于此砖的石英含量在 75% 以上，砖的初期变形温度可能达到一级粘土砖的最高软化点，即 1350—1400°C，但完全变形温度仍低至 1400—1500°C。半砂砖，尤其是大颗粒半砂砖，由于烧成时石英体积的膨胀与粘土体积的缩小能互相抵消，因此制品在烧成前后体积变化极小。这是半砂砖的一个优点。另一优点是开始变形温度较高，所以此砖比二级、三级粘土砖较为适用。

在制造半砂砖时加入料内的熟料较少，或者完全不加。因为含有细的分散的天然瘠化材料的半砂粘土，加热时收缩很小。根据粘土的石英含量，不加熟料直接使用，因为这种粘土干燥、收缩性大、颗粒组织细，因此对抵抗温度急变抵抗性表

現的較弱，为了克服这个缺点有时加入10—20%的熟料。石英高岭土的混合物，在生产耐火砖时，也可以不加熟料直接使用。此砖的优点是耐火性較好。缺点是燒結困难、强度低，因此使用范围較小。細粒石英(石英砂)能产生助熔作用，为了克服这个缺点，一般在不得已的情况下，不可以用或者少用沉积純砂(河床沉积的細砂等)，因为它大部分是顆粒均匀的砂子。一般采用矿砂較好，当然大顆粒純淨的矿砂更好，一般用做天然的瘠化材料。半砂砖是以天然半砂原料为主。半砂砖經濟性較高并能代替二級和三級粘土砖使用。

三、一般耐火砖的生产操作过程 和生产所用的工具

1. 干 燥

原料的干燥 为了使块状土质粘土順利粉碎，在粉碎前常常采用干燥的方法将原料內的水分排除，这就是原料的干燥。干燥有**人工干燥**和**天然干燥**二种。

原料的天然干燥法 是将原料鋪在干燥場上借日晒进行。当干燥到一定程度时可以上下翻一翻，使干燥速度加快，这种方法常在春、夏、秋三季采用。

原料的人工干燥法 将原料鋪在烘干炕上用强溫 进行 加热。烘干炕前部的溫度高可将要烘干的原料鋪在炕的前部，烘干工人可以每隔20分鐘上下翻一次，并且不断的将大块打碎成1—2公分的小块，直到原料能压成小顆粒为止。

砖坯的干燥 对这项工作的要求是要使砖坯內的水分尽量排除并且不能产生裂紋。

砖坯的天然干燥法 开始干燥时将砖坯放置在通风良好、阳光不强的阴凉处。当砖坯的表面阴干后再将砖坯放置在烈日下干燥。采用这种方法是在春、夏、秋三季，冬季不能采用以免砖坯冻裂。

砖坯的人工干燥法 人工干燥常在烘干炕上进行，这种方法不受天气和季节限制。开始烘干的砖坯放到炕的后部，以后渐渐将砖坯移前。在烘干时必须使砖坯缓慢加热，以防止干裂发生。

烘干的设备主要是烘干炕。烘干炕的砌筑和东北火炕一样，如果烘干炕的面积较大，可以砌筑二个炉灶，但是每个炉灶在烧火时必须使全炕加热以便于二个炉灶轮流使用和修理。砌筑的办法是将前排横洞打通，使火能左右流通。

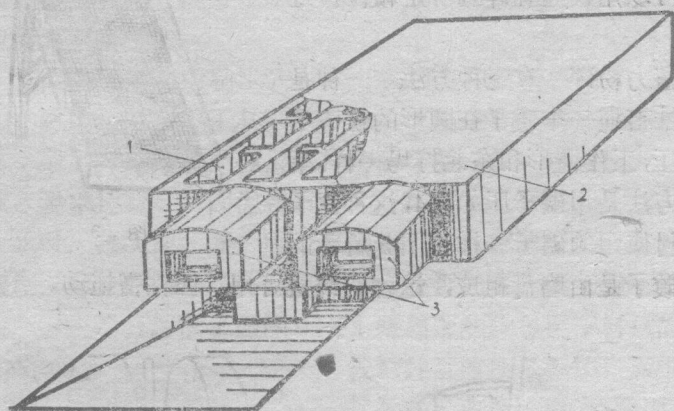


图 1
1—炕洞 2—炕面 3—炉灶

2. 粉 碎

粉碎 可以采用人工粉碎、畜力粉碎和机械粉碎三种方法