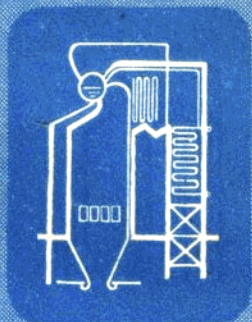


鍋爐工人叢書

第十二冊



鍋爐爐牆的施工和檢修

刘 崇編著

22
8

水利电力出版社

目 录

第一章 爐牆的概述	3
第二章 爐牆的結構	4
第一节 重型爐牆	5
第二节 輕型爐牆	5
第三章 砌爐牆使用的材料	6
第一节 成型材料	6
第二节 粉粒狀材料	18
第三节 材料的驗收和保存	25
第四章 砌爐牆使用的灰漿	29
第一节 耐火混合土灰漿	31
第二节 粘土灰漿	32
第三节 水泥灰漿	33
第四节 复合灰漿	33
第五节 硅藻土灰漿	34
第六节 密封層用的灰漿	35
第五章 爐牆的施工方法及要求	37
第一节 砌爐牆的主要操作方法及注意事項	39
第二节 爐膛火室的內襯牆及外層牆	44
第三节 礎拱及懸掛頂棚爐牆	53
第四节 过热器及省煤器范围的爐牆	59
第五节 折烟牆及冷灰斗爐牆	61
第六节 热烟道及烟道的爐牆	64
第七节 爐牆的热膨脹及膨脹縫的施工方法	65
第八节 耐火混凝土	68
第九节 塑料	76

第十节 塗料	79
第十一节 燃燒帶的敷設	81
第六章 爐牆工程的冬季施工	85
第七章 爐牆的機械化施工和使用的工具	87
第一节 材料的水平及垂直運輸	88
第二节 灰漿攪拌的裝置	90
第三节 砌爐牆用的工具	92
第四节 里外腳手架的搭設	94
第八章 先進的爐牆施工方法和勞動組織	95
第一节 爐牆施工進度的安排	95
第二节 分段砌爐牆法及應用範圍	96
第三节 預組合砌爐牆法及應用範圍	93
第四节 基層勞動組織及成員	102
第九章 爐牆的檢修	104
第一节 一般爐牆、礎拱、頂棚、折煙牆及冷灰斗爐牆的檢修	104
第二节 燃燒帶和膨脹縫的檢修	106
第三节 管子通過爐牆密封處的檢修	107
第十章 烘爐	108
第一节 烘爐的作用及方法	108
第二节 爐牆烘烤程度的鑑定	110
第十一章 爐牆的驗收	111
第一节 驗收的程序和要點	111
第二节 驗收記錄	113

第一章 爐牆的概述

爐牆是鍋爐機組的重要組成部分之一，它的構成是以耐火材料和隔熱材料為主。爐牆砌築在鍋爐的混凝土基礎上或鋼架上，整個爐牆可分為冷灰斗、爐膛四周、頂蓋、過熱器、省煤器以及煙道等部位。

鍋爐是以燃燒燃料為熱源，而爐牆就是使燃料能在鍋爐內部燃燒以充分發揮熱效率的很重要的封閉結構。因此，爐牆一定要具有高度的嚴密性和隔熱性。一般規定：爐牆外表面溫度在周圍空氣溫度為 30°C 時，不得超過 70°C 。爐牆也應該有足夠的韌性，才能經受住爐牆內外溫度的差別和溫度的波動，也要求爐牆有相當的機械強度，重量還要輕，造價尽可能的低，這些條件決定於爐牆的材料和受熱面的結構。同時結構要簡單，便於施工和檢修。

關於爐牆結構的發展過程，相繼的經過了以下三個階段：

(1) 最初是重型爐牆結構。重量由鍋爐基礎直接承受，這種爐牆的高度限制在 10—12 米以內，牆身很厚。

(2) 輕型爐牆。重量由鍋爐鋼架分段承受，它的高度不受限制，牆身較薄。

(3) 固定在鍋爐水冷壁管上的輕型爐牆。

爐牆的改進與發展，多是以運行安全、爐牆材料的重量小、價格低、結構簡單、砌爐牆所消耗的勞動力少等條件為依據。

因此，現代鍋爐機組的發展，主要是解決受熱面和爐牆的結構形式，而趨勢是發展到爐牆僅起隔熱及密封作用。並在這個

基础上还要达到价值低及重量小的目的。所以，采用了不透烟的特制密封層代替了金屬护板，同时也可以保証以 $50-60^{\circ}\text{C}$ 的爐牆表面溫度，代替現在規定的 70°C 。鍋爐爐牆的重量，1 公斤蒸汽需要的爐牆材料，也能够由 2 公斤降低到 0.8 公斤。

爐牆的結構不論什么形式，它的严密性和隔热性是必须具备的主要条件，这些条件对鍋爐的經濟运行起着很大的作用。

第二章 爐牆的結構

鍋爐整体的外牆和烟道的內牆，統称为爐牆。

爐牆一般分为內襯牆和外層牆。內襯牆也就是向火面的牆；外層牆是起隔热和密封層的作用。但是，由于各种爐牆的設計不同，也有的結構是利用位于內襯牆或隔热層与密封層之間的空气層起隔热作用。

目前按爐牆的同类形式可分为輕型爐牆和重型爐牆。各層結構的厚度見表 2-1。爐牆厚度的選擇，是根据向火面所受的溫度和外表面的允許溫度条件而設計的。通常是采用标准形狀的各类磚。試將其厚度減去灰漿縫，正好是磚的規格尺寸。

表 2-1

爐 牆 的 結 構	重型爐牆	輕型爐牆
	厚	度(公厘)
耐火磚的內襯牆	123—380	65—250
硅藻土磚的隔热層	很少采用	65—250
低效率的隔热層	—	40—80
紅磚的外層牆	250—510	—
金屬护板的密封層	—	3—4
总厚度(灰漿縫在內)	380—890	250—540

第一节 重型爐牆

旧式鍋爐爐牆所用的主要材料，仅有耐火磚和普通紅磚兩種。就用这两种磚用耐火混合土和普通粘土灰漿砌成爐牆及拱碇，这种爐牆只在少数特別重要及結構特殊的地方，用金屬零件予以加固，这种爐牆称为重型爐牆。目前小型和中型鍋爐設備仍然繼續采用着。

重型爐牆的内襯牆是耐火磚，外層牆是紅磚的砌体。烟道的内牆有为兩層的，也有为一層紅磚的，是由烟道内部烟气的温度来决定。这里所講的烟道是指过热器后部为第一烟道，省煤器范围为第二烟道，空气預热器后部为第三烟道。

第二节 輕型爐牆

現代鍋爐設備由于蒸發量的提高和結構的高大，而且又考慮到了耐火材料的性能，鍋爐的爐牆就更加复杂了。不仅只用各种形狀的标准耐火磚、異型磚、硅藻土磚、耐火混凝土或塑料以及其他隔热材料；还要有各种支撑和加固用的金屬零件。例如：柱、梁、托磚架、拉鈎等。蒸發量为 50 吨以上的中型和大型的鍋爐設備，已經广泛的采用了这种爐牆。这种爐牆称为輕型爐牆。

一般最厚的爐牆是沒有管子保护的地方，甚至烟气温度比較小，該处向火面的爐牆温度也最高。但高压鍋爐輕型爐牆厚的地方并不是燃燒中心，因爐壁四周爐牆有水冷壁保护，兩側牆有过热器。而是在对流管束后和过热器后部的空間，所謂第一烟道处磚牆的受热为最大。

由此看来，任何类型結構的爐牆都可以采用重型或輕型爐牆，不过只因輕型爐牆所使用的材料种类較多，造价高。但是

輕型爐牆的优越性在于寿命長、質量高、牆薄、容易施工，最突出的还表現在运行中的安全性。当然，采用輕型爐牆是与一个国家的工業水平有关系的。我国現在的耐火材料和隔热材料的生产量完全可以适应这方面的需要，而且技术条件已有了很大的提高，随着国家的冶金和动力工業的發展，耐火材料工業相应地迅速發展。因此，我們已有条件大量采用輕型爐牆。

第三章 砌爐牆使用的材料

爐牆材料的选择，在施工前是一項很重要的工作，使用的_不当，就会在运行中發生不应有的危害。如果在購買材料时出現錯誤，同样也会造成損失。因此，施工人員和檢修人員必須对爐牆材料有充分的了解。砌爐牆主要的是耐火材料和隔热材料，其次是金屬材料。可是耐火材料和隔热材料中又有很多种类，但因在各种工業上的使用情况不同，对各种材料的要求也就不同。目前还没有研究出一种耐火材料能够作为各种用途或适应任何条件，所以必須根据使用的要求加以选择。这里，只就蒸汽鍋爐最常用的而且是适合于爐牆耐火及隔热性能的材料，分为成型和粉粒狀兩类叙述。其中也包括用于砌磚的粘結料在內。

第一节 成型材料

一、燒粘土磚

燒粘土磚是耐火材料的一种，它的用途最广。一般叫作耐火磚，也称为剛磚，說明它很坚硬。它的制造过程是由耐火粘土做粘結物与一定数量的燒粘土粉加水混合，加以陰干、成

型、干燥、焙烧而成。

二、半酸性磚

半酸性磚也是耐火材料的一种，它是用天然耐火土制成，或者用洗选的石英砂或碾成碎粉状石英石的半酸性耐火土，经过成型、干燥、焙烧而成。又根据其所用粘結物的不同可分为三类：

(1) 用高嶺土为粘結物的半酸性磚。

(2) 用耐火粘土为粘結物的半酸性磚。

(3) 用类似高嶺土或耐火粘土的物质为粘結物的半酸性磚。

耐火材料中由于含氧化硅和氧化铝的不同，可分为酸性和鹼性两种。酸性耐火磚含75—85%的氧化硅；鹼性耐火磚含50—60%的氧化硅和30—40%的氧化铝。当氧化硅和氧化铝的含量增加时，磚的耐火性也增加。如含有氧化铁和氧化镁等杂质时，耐火性就降低。对鍋爐爐墙来说，常用鹼性反应的耐火材料。这种耐火材料的組成成分是耐火粘土，也就是經焙烧过的燒粘土磚了。其他种类耐火性更强的材料，如硅磚、鉻鎂磚等不是因为机械强度不够或者过于昂贵；就是由于其他特性关系，鍋爐爐墙中是不采用的。

燒粘土磚按苏联国家标准分为三等八級；半酸性磚分为三等。主要是依据这些磚的物理性能尤其是耐火度等的不同来区别等級的。我国目前耐火材料厂大部份采用的燒粘土磚見表3-1和表3-2。

以上所述燒粘土磚及半酸性磚也包括同性質的異型磚及其制品在內。主要使用于爐膛四周、过热器等、省煤器、爐頂和冷灰斗的內襯墙，温度較高的烟道內墙。

现在我国还有的耐火材料厂用“S.K.”符号，以表示耐火物

表 3-2

半酸性磚的等級和性能

性 能 名 称	第 一 等	第 二 等	第 三 等
最低耐火度(°C)	1710	1670	1610
最小抗压强度(公斤/公分 ²)	100	150	100
比 重(公斤/公尺 ³)	1900	1900	1900
当温度在右列°C时	1400	1350	1250
重量收缩(%)	0.5	0.5	0.5
当负荷 2 公斤/平方公分时 软化温度不低于右列温度(°C)	1400	1300	無規定
当温度在右列°C时	1000	1000	1000
导热系数(大卡/公尺·小时·°C)	1.2—1.3	1.2—1.3	1.2—1.3
热膨胀系数	0.0000047		
抗焦性	抗酸性焦的性能良好; 抗碱性焦的性能薄弱,		
热稳定性	用高嶺土作粘結剂的良好; 用耐火粘土作粘結剂的中常		
化学成分	氧化鋁<30% 氧化硅>65% 氧化鉄<2%		
使用的温度范围(°C)	1450	1350	1250
規 格(公厘)	長方形磚 250×123×65 230×113×65 楔形磚 250×123×65/55 230×113×65/55		
大小 型			
大小 型			

表 3-3 以 S. K. 符号表示耐火物的耐火度

耐火度		等 級	耐火度		等 級
S.K.	温度(°C)		S.K.	温度(°C)	
14	1410	低級耐火物	30	1670	普通耐火物
15	1435		31	1690	
16	1460		32	1710	
17	1480		33	1730	
18	1500		34	1750	
19	1520		35	1770	高級耐火物
20	1530		36	1790	
26	1580		37	1825	
27	1610		38	1850	
28	1630		39	1880	
29	1650		40	1920	
			41	1960	
			42	2000	

的耐火度，因此附帶列出表 3-3，以供選購材料時參考。

关于耐火材料性能的研究，对我们來說是很有必要的，在这里簡單的說明一下；供施工当中參考。

(1)耐火度 在前面已經談過了，耐火度的高低与各种不同熔化温度的元素組成有关，也与它的結構有关。耐火材料的軟化温度除了与上述兩項有关外，还与原来焙燒的温度及其所承担的机械負荷也有关系。因此在任何情況下，爐牆工作的温度應該低于它的軟化温度。按苏联标准在变压負荷 2 公斤/公分² 时，起始軟化变形温度不低于 1300°C。火磚在沒有达到它的耐火度以前就开始軟化，如一种火磚它的耐火度为 1700—1750°C，而它的軟化变形温度則为 1250—1300°C。

耐火度的試驗是用三角錐形体放于專用的底盤上在高温下

进行烘烧。三角錐形体取材于耐火磚胚中和标准形錐体大小相同，然后与数种不同温度的高温錐形体在同一条件下加热，当其中有一試驗錐体与标准高温錐体同时进行变型时，則它与标准錐体同时触及所放它們的底盤时，这就是我們要試驗的耐火度的时候，这时的温度就是这类磚的耐火度。

从前为了降低爐膛温度有的用空气冷却之，但爐膛的过剩空气会增加。現代鍋爐中广泛的采用了水冷壁，可以降低爐膛温度。所以燒粘土磚及其制品的选择，就以水冷壁管排列的密度来决定（見表 3-4）。

表 3-4

水 冷 壁 的 排 列 密 度	燒粘土磚及制品	
	等 級	耐火度(°C)
$S > 2d$ 或無水冷壁	1	1730
$S \leq$ 及 $S > 1.2d$	2	1670
$S < 1.2d$	3	1580

S ——水冷壁管距； d ——水冷壁管外徑。

(2) 气孔率 与爐膛火室温度的变化有很大的关系，也就是說，耐火磚的气孔率越大，磚的内部結構就越松，焦子的浸蚀也厉害。如密度很大的耐火磚，爐温剧烈变化时，火磚就受热脹的影响，会产生裂紋或造成破碎。此外，气孔率与抗压、热傳导都有关系。一般耐火磚的气孔率为 16—28%。試驗方法：是把磚先烘干，随之把磚在开水中煮兩小时，并把磚浸在此水中經過一晝夜。用于磚重量来除湿磚与干磚重量的差再乘以比重，就得到耐火磚的气孔率。如下式

$$\text{气孔率} = \frac{\text{湿磚重量} - \text{干磚重量}}{\text{干磚重量}} \times \text{干磚比重} \times 100.$$

(3) 热稳定性 耐火磚能抵抗驟然的温度变化，而不發生裂紋或破裂的現象为耐火磚的热稳定性，也称为抗热性。我們在看常开的爐門或看火孔及其他間隙的漏風之处，会發現耐火磚掉小塊，这就是这里所用磚的热稳定性不够好。爐膛火室中的內襯牆，在鍋爐負荷驟然發生很大变化时，最容易出現这种毛病。試驗热稳定性，也是把耐火磚驟热驟冷。試驗方法：是在 50 分鐘內把火磚加热到 850°C ，隨即沉沒于 $10-20^{\circ}\text{C}$ 流动的冷水中三分鐘，这样繼續进行，直到磚损坏为止，其所經之加热的次数加上冷却次数，就表示这耐火磚的热稳定性。

(4) 重燒收縮 現代鍋爐爐牆中沒有显著的变化，是由于爐膛火室温度不会高于耐火磚的焙燒温度的緣故。这是有賴于能否按照燃燒温度的选择耐火磚的等級了。当磚在高温时的收縮不可避免时，磚內就有裂縫的現象。根据耐火磚的等級，在不同加热温度下的收縮率見表 3-1。重燒收縮的試驗，可以決定耐火磚是否能形成裂縫。在試驗中，先將它加热 2 小时，然后再將冷却，即得到磚的收縮率。

(5) 导热率 对耐火磚的破裂也有較大的影响，导热率越高，分佈的温度就越均匀，温度应力也就越小。因为內襯牆的温度降落是最剧烈的，所以与热稳定性有密切的联系，热稳定就是在上述原因發生时，不会在爐牆上有裂紋。

(6) 抗焦性 也是指化学稳定性而言。这是由磚的成分、結構、气孔率以及焦渣的成分、爐牆的温度牆上灰渣的数量来决定。只当耐火磚和使用的灰漿成分在熔渣已达到飽和状态时，对爐牆才不再有危險性。如果温度再高，爐牆温度也高，灰渣就变成非飽和状态，并溶解磚的結構。熔化的灰落到磚的表面上同样發生这种情况，增加了磚的脆性，最常見的是在煤粉爐火咀附近，鍊条爐起火礫范围，焦子溶液將磚牆溶解成千

孔百癢的樣子。有時也由於火室壓力高於外界壓力和存在有未完全燃燒的一氧化碳，它就積沉於磚牆的表面或氣孔內，也會使內襯牆破裂。相反，在負壓之下，工作的爐膛則會吸進外界的空氣，在爐牆的表面形成了一層很薄的氧化層，會提高灰渣的熔點，從而減少灰渣對內襯牆的浸蝕作用。由上說明，主要是耐火材料的成分和灰渣的成分起很大的作用；那麼在使用耐火材料時，應該注意，如果灰渣是酸性的，則耐火材料也應該是酸性的；灰渣是鹼性的，則耐火材料也應該是鹼性的。

此外，耐火磚及制品的外形對爐牆的質量也起很大的影響，除了目前具有一定的標準形狀外，其他的要求條件及允許誤差，將在下節中詳細講解。

三、輕型耐火磚

輕型耐火磚是用燒粘土磚料或半酸性磚料制成。現代鍋爐爐牆也有採用它的。輕型耐火磚應具有最小的比重，就是大的氣孔率。但是磚的強度、熱穩定性、抗焦性和荷重軟化點將隨着比重的減小而降低。因此，也就限制了比重的減小，比重不超過 600—1300 公斤/公尺³；耐火度為 1610—1750℃；導熱率在 200℃ 時，最小為 0.12 大卡/公尺·小時·℃；最大為 0.3 大卡/公尺·小時·℃。因此不應用於爐牆可能和熔化了了的灰渣接觸的地方，而多數用於做外層牆。

四、普通紅磚。

普通紅磚是用紅粘土作原料，制作時或以泥漿形式壓成型，或用潮濕粘土壓成型，前者稱為濕壓，后者稱為干壓，經過焙燒而制成。主要的用途是為砌築重型爐牆的外層牆。但在非常時期或耐火材料缺乏的環境中，可以擴大紅磚的用途，在向煙面敷抹以特殊的耐火塗料保護層，以改善紅磚的工作條件。普通紅磚的種類及性能見表 3-5。

关于建筑用的耐熔磚(所謂葛热里斯基磚)与紅磚的用途相同,而耐火性要比紅磚高,也用于烟道、烟囱和其他受热 1000°C 以下爐牆的部位。

表 3-5 普通紅磚的种类及性能

性 能 名 称	种 类 (牌 号)				
	50	75	100	125	150
最低耐火度 ($^{\circ}\text{C}$)	700				
平均耐压强度 (公斤/公分 2)	50	75	100	125	150
比 重 (公斤/公尺 3)	1700				
导热系数(大卡/公尺·小时· $^{\circ}\text{C}$)	与牌号有关,一般为 0.45~0.65				
热膨胀系数	0.0000042				
抗 焦 性	低				
热稳定性	良 好				
化学成分	氧化铝=16—24% 氧化硅=60—80% 氧化鉄; 氧化鈣; 氧化鉄等=10—20%				
使用温度范围($^{\circ}\text{C}$)	700				
規 格 (公厘)	250×120×65				

五、硅藻土磚

硅藻土磚是在硅藻土內加入在燒成时能燒掉的木屑和米糠等有机物,这是最老的方法。还有用泡沫剂加入泥漿中或者用化学方法造成多气孔的組織結構,經過成型、陰干、干燥、焙燒而成。

硅藻土磚是一种較好的隔热物,用在爐牆的外層做隔热层。由于它的耐火度在 1000°C 以下,因此也与普通紅磚一

样，借助敷抹特殊的耐火塗料保护層的方法，还可以改善它的工作条件，通常也在省煤器蛇形管的保护下使用于烟道部位。尽量避免用在爐牆可能和熔化了了的灰渣接触的地方，硅藻土磚的物理性能和化学成分見表 3-6。

表 3-6 硅藻土磚的性能及化学成分

性 能 名 称	种 类 (牌号)		
	550	650	750
最低耐火度 (°C)	900—1000		
最大抗压强度 (公斤/公分 ²)	6	10	15
比 重 (公斤/公尺 ³)	550	650	750
{ 导热系数 (大卡/公尺·小时·°C) [当右列温度时, °C]	0.11—0.15 50—350	0.14—0.22 50—350	0.16—0.25 50—350
热膨胀系数	0.000006		
抗焦性	抗焦性低，用灰可以磨損。		
抗稳定性	良 好		
化学成分	氧化鋁=5—6% 氧化硅=80—83% 氧化鉄=2—3% 氧化鎂=1—1.2% 氧化鈣=0.6—0.7%		
使用温度范围(°C)	900		
規 格 (公厘)	250×125×65		

目前我国所生产的硅藻土磚的导热系数要比表 3-6 中所列的还要低，热源温度在 50°C 左右时，能够达到 0.075 大卡/公尺·小时·°C，比重也能达到 500 公斤/公尺³。这是因为它的内部結構是多孔的，有很多空隙，而导热的空气是在静止状态，

砌体表面附近的空气很难移动，所以隔热很好。它不仅可作鍋爐、鍊鋼爐及玻璃爐等的隔热材料，而且做为热力設備、热力網管路保温層也早已广泛地采用了。

关于硅藻土磚的規格，不一定是标准尺寸，为了施工和檢修的方便，在訂貨时决定形式而塊狀不宜过大，这样焙燒却是較困难的。

六、碳酸鎂板(俄文譯名为“苏維利特板”)

碳酸鎂板是用水將苛性的白云石(系鈣与鎂的碳酸鹽混合物) 85%，消化成乳狀，用碳酸气使乳狀饱和(叫做碳化)而后与石棉 15% 混合，然后過濾、成型、烘干或压切而成。其性能見表 3-7。

表 3-7 碳酸鎂板的性能

性 能 名 称	数 值		
比 重 (公斤/公尺 ³)	400 以下		
{ 导热系数 (大卡/公尺·小时·°C) [当右列温度时, °C]	0.075 50	0.080 100	0.085 150
使用温度范围 (°C)	450		
抗弯强度 (公斤/公分 ²)	1.5		
最小湿度 (%)	10		

虽然碳酸鎂板的使用温度范围在 450°C，但往往采用于載热体为 500°C 左右的热力設備上，这是因为它本身的强度較好。曾經在 510°C 的載热体上作保温層的試驗結果証明，靠近載热体表面將近 50 公厘以下厚度的碳酸鎂板其色变成微紅，組織松軟，可是它的外形与保温的結構不变，导热性仍然良好。