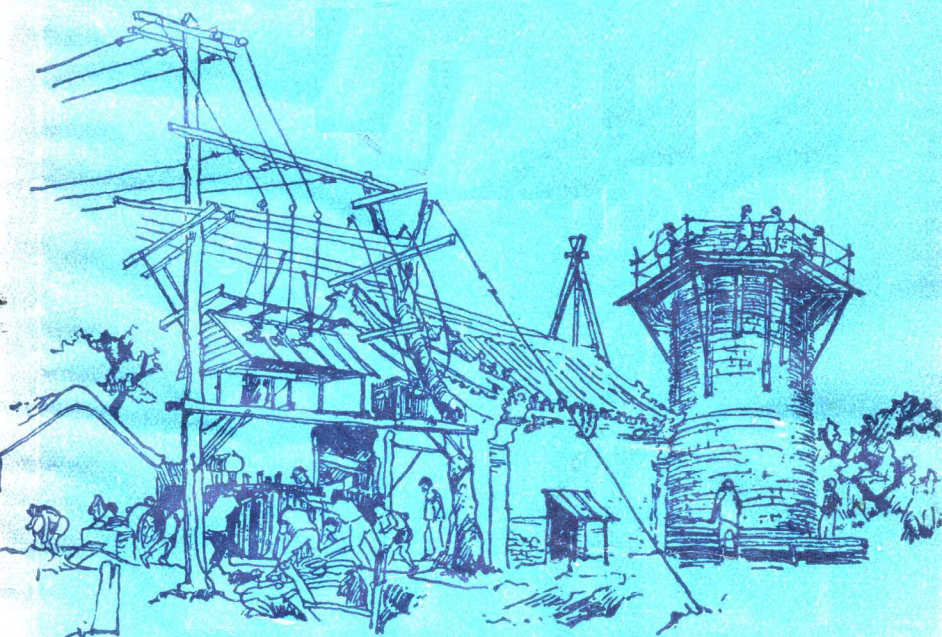


清華大學燃料綜合利用試驗電廠叢書

第 7 冊

鍋爐的露天佈置 和土化問題

電廠建設者集體編寫



水利電力出版社

內 容 提 要

本書概述了清华大学燃料綜合利用电厂鍋爐的改裝情况，闡明了如何解決鍋爐采用露天布置或半露天布置后所产生的問題。書中着重分析了鍋爐爐牆的土化問題——用紅磚代替部分耐火磚。对于平台樓梯的土化和取消省煤器及引風机的問題，也作了說明。关于取消鋼架的問題，請見叢書第6冊“无鋼架鍋爐的土建設計和施工”。

本書供农村中小型火电厂和燃料綜合利用电厂的領導干部，鍋爐設計人員、施工人員和大学动力系師生閱讀。

清华大学燃料綜合利用試驗电厂叢書

第 7 冊

鍋爐的露天布置和土化問題

电厂建設者集体編写

*

1637R346

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里許)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106号

清华大学出版科排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * $\frac{1}{16}$ 印張 * 15千字

1958年11月北京第1版

1958年11月北京第1次印刷(0001—20,100册)

統一書号: 15143·1279 定价(第9类)0.12元

目 录

第一章 概述.....	(1)
第二章 16吨手搖炉排式鍋炉的改裝.....	(1)
第三章 鍋炉的半露天布置.....	(5)
第四章 鍋炉炉牆的土化.....	(9)
第五章 平台楼梯的土化.....	(20)
第六章 取消省煤器和引风机.....	(21)

第一章 概 述

清華大學燃料綜合利用試驗電廠鍋爐部分的土化設計和改裝方面，有以下幾點：

1. 取消了尾部受熱面（兩級省煤器）；
2. 取消了吸風機，而用蒸氣抽氣噴咀代替；
3. 改進了爐牆結構，用紅磚代替了部分耐火磚；
4. 取消鋼架，採用磚砌汽包柱和混凝土底座；
5. 用竹材代替鋼的平台樓梯；
6. 鍋爐房採用了半露天佈置。

在實現這些方案的過程中，我們和一些保守派進行了堅決的鬥爭，緊緊依靠黨，堅持理論聯繫實際，虛心向工人學習，充分發動群眾，克服很多困難，終於在工作中取得了成績。

在設計的後一階段，我們又和知識分子的自由散漫、無組織無紀律的資產階級個人主義思想進行鬥爭，把設計和安裝密切結合起來，千方百計為實現設計方案而努力。正是由於貫徹了政治掛帥，才使我們的工程迅速完工，提早發電。

當然，土化的結果還存在一定的缺點，但方向是肯定的，這些缺點可以在以後運行中加以解決，使土化內容更豐富、更完善起來。

第二章 16 噸手搖爐排式鍋爐的改裝

這台鍋爐的主要部件原系由水利電力部北京修造廠設計製造。在設計時我們將這台鍋爐進行了可能的“土化”與“綜合利用”，現將修改設計後鍋爐情況簡單介紹如下（圖2—1）：

	改裝前	改裝後
正常連續蒸發量	16	16 噸/小時
汽包工作壓力	25	25 絕對大氣壓
過熱蒸汽壓力	24	24 絕對大氣壓
過熱蒸汽溫度	390	390°C
給水溫度	105	50°C
排煙溫度	225	506°C

2. 鍋爐特點

我廠安裝的鍋爐是手搖爐排式層燃爐，鍋爐本體有雙鍋筒和雙面爆光水冷壁，爐前有 4 台機械式拋煤機，原設計沒有空氣預熱器，省煤器改裝後被取消，並減少一片擋火牆，降低阻力，因而取消引風機，而用蒸汽抽風代替。

另外，取消了鍋爐的所有鋼架，汽包支座台都改用混凝土及磚結構代替，樓梯平台用竹子代替。

爲了解決煉半焦和生產高標號水泥問題，在本體右後側加裝一試驗性小高爐，每小時燒 1 噸半焦，生產 300 公斤水泥。小高爐已成爲鍋爐本體的一部分。

再有一個特點就是鍋爐採用半露天佈置。

3. 鍋爐本體

本爐爲水管式雙鍋筒鍋爐。爐膛有 4 扇水冷壁，兩扇靠側牆，兩扇在爐膛中央，把爐膛分成兩半。每扇水冷壁都有方形下聯箱。上聯箱用隔板分成兩半，一半作爲過熱器的進口聯箱。水冷壁伸入上聯箱，構成爐頂水冷壁。前牆沒有水冷壁，後牆上部由第一排排管構成垂彩管。前牆裝有 4 台拋煤機。汽包分上下兩個。下汽包底座完全用磚與鋼筋混凝土砌成。汽包重量由 4 個“耳朵”傳給支座，其中一端固定，另一端有四個滾

柱，汽包可以自由膨脹。上汽包的重量通過排污由下汽包支座承擔。過熱器為對流型過熱器，由 8 根蛇形管構成，放在上下鍋筒及排管之間。對流管束脹在上下汽包間，側面兩排用隔火牆分出，形成下降管。爐牆是採用重型爐牆。分耐火磚，空氣層及紅磚三層。為了節省耐火磚，做了很多改進。

4. 輔助設備

烟囱高 35 公尺，靠近本體，設有引風機，在烟囱下部裝有 4 個抽氣噴咀，用新蒸汽抽風，耗汽約 1.3 噸/小時。送風機放在鍋爐的後側，風道從烟道上部通向爐排。

5. 小高爐

利用小高爐的液態渣制造高標號水泥。小高爐的高溫瓦斯通入蒸汽鍋爐內再燃燒。此外，由化工車間來的半焦在層燃爐上燃燒是比較困難的。因此可利用小高爐來解決燃燒半焦的問題。

根據下表，改裝後鍋爐金屬消耗量比原設計降低 40% 左右，單位出力金屬消耗量由約 3.27 公斤/公升降低到 1.87 公斤/公升，而鍋爐效率降低 3.66%（其中 q_2 比原來增大，而 q_4 由於採用小高爐而降低了，因此鍋爐效率降低不多）。這是適合我國目前鋼材、特別是無縫鋼管供應十分緊張，而電廠又急需在全國農村遍地開花的具體國情的。等一兩年後，鋼材供應情況改觀時，則可添裝省煤器，提高鍋爐效率，節約運行費。

16 噸手搖爐排改裝前後技術經濟指標比較表

次序	項目名稱	單位	改裝后方案 (無省煤器)	改裝前方案 (有雙級省煤器)
1	参数		$P_K=25\text{ata}$, 过热 蒸汽溫度 $=390^{\circ}\text{C}$ $D=16\text{T}/\text{h}$, 給水 溫度 $=50^{\circ}\text{C}$	$P_K=25\text{ata}$, 过热 蒸汽溫度 $=390^{\circ}\text{C}$ $D=16\text{T}/\text{h}$, 給水 溫度 $=105^{\circ}\text{C}$
2	燃燒發热量	大卡/公斤	6295, $\begin{cases} 50\% \text{ 半焦} \\ 50\% \text{ 大同} \end{cases}$ 混合煤	6295 $\begin{cases} 50\% \text{ 半焦} \\ 50\% \text{ 大同} \end{cases}$ 混合煤
3	鍋爐效率	%	67.3	73.9
4	排烟溫度	$^{\circ}\text{C}$	503	220
5	燃料消耗量	噸/小时	2.75	2.49
6	烟道总阻力	公厘水柱	52.6	84.26
7	空气側阻力	同上	154	165.15
8	金屬重量差	噸	小 22.3 噸	——
9	承受工質压力的 金屬重量差		小 8.6 噸	——
10	耐火磚消耗量	塊	8350	16100
11	小高爐生產的水 泥價值: 300 号水泥 低标号水泥	元	$1500\text{噸} \times 50\text{元}/\text{噸}$ $=75000$ $2700 \times 45=12200$	——
12	煤耗價格	元/年	$20 \times 2.75 \times 5000$ $=2.75 \times 10^5$	$20 \times 2.49 \times 5000$ $=2.49 \times 10^5$
13	投資差額	元	多 22.3×2000 $=44.6 \times 10^3$	
14	运行費差額	元	多 16×10^3	
15	收回年限	年	$44.6 \times 10^3 / 16 \times$ $10^3=2.8$	

第三章 鍋爐的半露天佈置

鍋爐的露天佈置和半露天佈置在最近的工程中採用得很多，它是一個發展方向。採用了露天和半露天佈置，能節省大量鋼材及土建方面的投資，減少電廠造價，縮短建廠工期。黨提出要三、五年內實現全國電氣化，要求多快好省地建造農村小型火電廠，露天和半露天鍋爐的佈置具有十分重要的意義。

我國大部分地區氣候較溫和，對鍋爐的露天和半露天佈置特別適宜，半露天佈置在夏天會大大改善工作條件；而在廣大農村中，可以用各種土辦法來解決由於採用露天和半露天佈置而產生的問題。

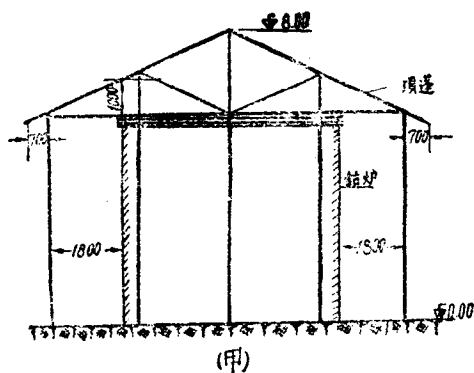
鍋爐廠房的作用僅是保護設備及保證運行人員的工作條件，解決防雨、防凍、防風沙和遮蓋熾熱的太陽等。我們取消鍋爐廠房後，針對這些問題採取以下一些措施：

1. 防雨

鍋爐本體和風機、拋煤機馬達等輔助設備，不能讓雨水侵襲，尤其是農村小型鍋爐在沒有鋼板保護的情況下，要做成嚴密無縫的管上爐頂是很困難的，若雨水侵入爐牆內部，就會造成冷縮破裂。尤其在南方，雨量大，雨季長，因而我們不採用全露天佈置，而採用加頂棚的半露天佈置（圖 3—1）。

在決定採用加頂棚的半露天佈置方式後，我們分析了兩種方案，一種是將牆升高，在它上面加一個小頂棚，頂棚伸出側牆 1.8 公尺，另一種方案是在爐牆四週豎起幾根沙篙或毛竹，支撐一個大頂棚，把鍋爐和它的輔助設備全部遮蓋起來。我們對這兩種方案作了詳細比較：

（1）在結構上，小頂棚支在爐牆上，則頂棚的自重和風力將全部加到爐牆上，因而對無鋼架爐牆的穩定性會帶來非常不



利的影响。

(2) 在檢修上，若小頂棚架在爐牆上，則當檢修爐牆時，連頂棚也有可能要一起拆掉。

(3) 在運行上，小頂棚只能起保護爐頂作用，所有樓梯平台還是全部

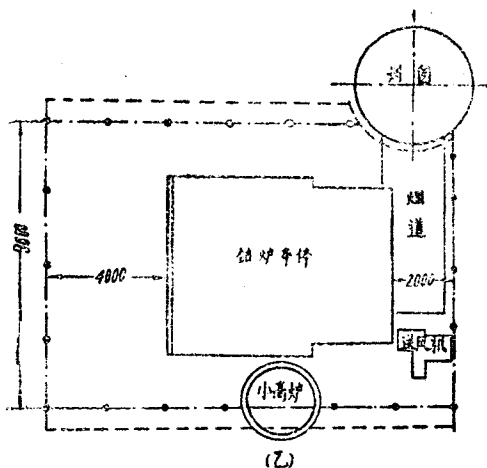


圖 3—1 半露天佈置（大頂棚）圖

露天的，在炎熱的夏天和雨雪天，運行人員巡迴檢查和操作的條件將非常惡劣。

(4) 採用小頂棚後，各種輔助設備要搭很多小頂棚，排水

也較為複雜。

(5) 採用小頂棚的好處是投資少，但相差不多。

比較了這兩個方案後，我們認為採用小頂棚雖然能節省投資，但是在結構、檢修、運行上會帶來很大困難，同時對運行人員的工作條件非常惡劣，因此決定採用大頂棚。

至於一般農村小型電廠，可根據具體情況，採用小頂棚或大頂棚。但鍋爐四周應有坡度，以便於排水。

2. 防風沙

鍋爐直接露在外面，受風力很大，尤其是在沿海地區，易受颱風侵襲。因此，對爐牆結構方面，在設計時應該考慮到它能承受風力。為防止風沙吹入轉動機械的軸承中，在軸承上加鐵皮或木板罩子。

3. 防凍

主蒸汽管，給水管等的防凍問題不很嚴重。只要注意使管子有 $\frac{1}{100}$ 的傾斜度，在停爐時能將管中水全部排去，以免凍結就行了。在不得已的情況下，管路必須有“U”字形出現時，應當在最低點接有疏水管，冬天停爐時水可由疏水管放盡。

閥門都用泡沫鋼筋混凝土、石棉灰保溫，只露出門桿和手柄。檢修時將保溫層去掉，檢修完畢再包上。

安全門溫度較高，在正常運行時不會冰凍，在停爐時，可以採取臨時保溫措施。

防凍的嚴重問題在於介質不流動的管路，如表管。壓力表管中的凝結水不流動，冬天有凍結的危險。表管式表計的凍結可能導致表計的損壞或表管破裂。為此，可採取以下措施：

(1) 管道單向傾斜，便於停爐時或需要放水時將水全部放盡。

(2) 表管緊貼着爐牆並和爐牆一塊保溫，從爐牆取得一些

熱量，以便不致於凍結。表管也可以靠緊熱管道或專用汽管加熱（將所有表管都集中在一起）。但採用這方法在設計時要注意表管加熱程度，以防表管中凝結水汽化。

（3）將壓力表引入司爐小間內，可以防止凍結。

（4）在冬天特別冷時，可以加強放水來防止凍結。

4. 汽包水位計的保護

目前，室內鍋爐水位計的玻璃經常由於冷風侵入而破裂，對於露天鍋爐來說，這個問題更為嚴重。水位計是司爐的眼睛，水位表玻璃破裂（若兩個都破裂）就必須停爐。所以，汽包水位計必須封閉起來。最好是用玻璃箱封閉，但冬天會在玻璃上凝結水珠，使水位看不清。因此，我們採用反射鏡做成“潛望鏡”形式，把反射鏡與水位表都封閉起來。反射鏡可以沿垂直軸與水平軸轉動，在水位計背面用燈光照看，司爐或司水就可以調節反射鏡的位置到最合適的地方，來監視水位（

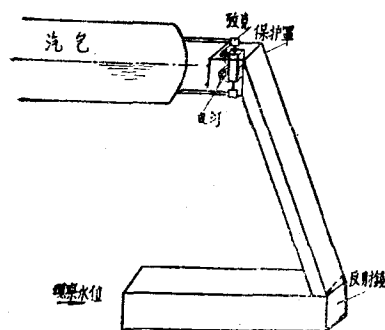


圖 3—2 鍋爐半露天佈置水位計的保護及用射鏡觀察水位表

圖 3—2)。

5. 運行人員的工作條件

運行人員應有舒適的工作環境，使司爐等能集中精力，監視爐子的燃燒情況。

在爐前蓋一司爐房，主要表計如水位表，壓力表，各種風壓表等都引入這個小房內，運行人員便可在這個小屋內完全

可監視整個爐子的運行情況。有必要時才到外面去操作或巡視，這樣運行人員基本上不受自然氣候的影響。

第四章 鍋爐爐牆的土化

電廠鍋爐的爐牆及保溫需要大量耐火磚，矽藻土和石棉灰。在全國大躍進的形勢下，耐火磚的供應特別緊張，而石棉灰和矽藻土的價格很貴，這就給全民辦電業帶來了嚴重的困難。爲了使全國電氣化早日到來，黨給我們提出了具體的戰鬥口號：“向耐火磚進軍”。爲了節省耐火磚和石棉灰、矽藻土，我們對鍋爐爐牆的溫度作了詳細的計算和分析，作了一連串的試驗，並且與老師付們共同研究了節省耐火磚的合理的爐牆結構。這樣就降低了爐牆的造價，更主要的是不致因耐火磚缺乏而影響工程的進展。雖然，目前我廠爐牆土化得還不夠徹底，但是短短的工作告訴我們：爐牆的徹底土化是一定可以實現的！

鍋爐爐牆的溫度分佈與每台鍋爐的結構、燃料燃燒方式等有關，可以由理論計算或經驗確定（具體計算和分析方法見第3節）。我廠第一期工程所建16噸/時手搖爐排式鍋爐爐牆的各處溫度分佈如下（詳見圖2—1）。

1. 爐膛部分：前後牆和側牆無水冷壁管處牆內壁最高溫度1002°C
側牆有水冷壁管處內壁最高溫度 724°C
爐頂內壁最高溫度 869°C
2. 擋火牆：第一道擋火牆低於 1045°C
第二道擋火牆低於 840°C
第三道擋火牆 622°C

- | | |
|--------------------|-----------|
| 隔火牆——汽包中心綫前 | 低於 800°C |
| 汽包中心綫後 | 低於 650°C |
| 3. 烟道：汽包中心綫前 | 800°C 以下 |
| 汽包中心綫後 | 650~500°C |
| 4. 除灰槽 | 低於 400°C |

第 1 节 炉墙材料的研究

當我們接到土化爐牆的任務後，便研究是否可以用紅磚部分或全部代替電廠小型鍋爐爐牆所用的耐火磚。因此，我們開始了紅磚耐火性能的試驗。

取紅磚打出一小塊磨成錐形，在電爐和炭精爐內加熱測定錐尖變圓時的溫度（稱軟化溫度），經三次實驗測得紅磚軟化溫度在 1100°C 左右。在加熱至 800°C 時，用鐵棒敲擊發出清脆的聲音，無任何變軟的現象。因此，無論從耐火度、變形和強度來看，紅磚在 800—900°C 以下採用是可以的，但是用實驗方法短期內要確定紅磚爐牆在高溫下長期運行（連續加熱和交變溫度情況下）是否會裂，是一個困難的問題，而這個問題確是決定紅磚能否可用的關鍵所在。在困難面前，我們堅持了向師付請教，向實際請教的正確道路。從師付那里知道，某磚窯全部用紅磚砌成，只是因為需要噴水的緣故，才一年半修理一次（磚窯最高溫度在 800—900°C 間）。另外，有一加熱爐全部用紅磚砌成，爐頂用半磚厚的拱，溫度為 650°C，溫差和溫度交變很大，但是運行証明，情況良好，沒有裂縫發生。由此得出結論：

（1）溫度在 650°C 時，完全可以用紅磚。

(2) 溫度在 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 時，從強度、變形、耐火度方面看，採用紅磚沒有問題，但是還缺乏長期在高溫下運行的資料，所以還不能肯定，有待進一步研究。

第 2 節 爐牆結構和節省耐火磚的措施

按照原設計鍋爐內牆除了第二級省煤器後的以外，全部採用耐火塑料。爐牆的保溫採用砂藻土，在改進設計中，首先把溫度在 650°C 以下的烟道、除灰槽等全部用普通紅磚代替，其次我們採用了空氣隙保溫代替砂藻土保溫，內牆採用“五順一丁”法（見圖 4—1），使爐牆在沒有鋼架箍住的情況下，採用半磚厚（115 公厘）耐火磚、半磚厚紅磚的內牆結構並不會降低結構的穩定性。這些措施的採用，與原設計比較，減少近一半耐火磚。

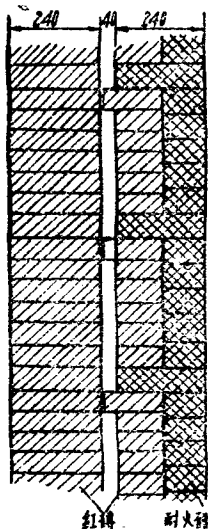
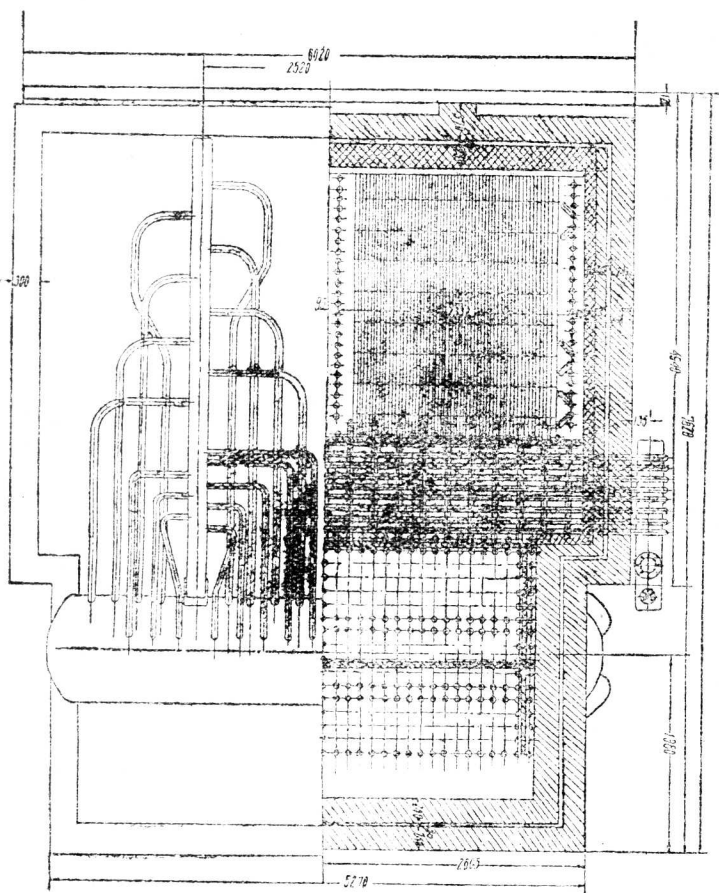


圖 4—1 磚牆結構圖

改裝後的鍋爐爐牆見圖 2—1, 4—2, 4—3。爲了敘述方便，對各片牆分別加以說明：

1. 前牆：無水冷壁遮蓋的內壁，最高溫度 1002°C ，牆上孔洞較多。

牆分四層，由內到外爲半磚厚（115 公厘）耐火磚和半磚厚紅磚，用“五順一丁”法連系組成內牆，隔 40 公厘厚的空氣隙保溫層，最外爲一磚厚（240 公厘）的紅磚外牆，內外牆之間隔一定距離，分佈一些磚，連系內外牆，以增加穩定性和牆



III—III 截面

圖 4—3 鍋爐俯視圖

的剛度（圖 4—4）。在標高 2.70 公尺以下，由於孔洞較多，爲了增加強度，內牆耐火磚增加爲一磚厚，外牆紅磚爲一磚半厚，孔洞四周由於受直接輻射而且溫差較大，因而全部使用耐火磚。

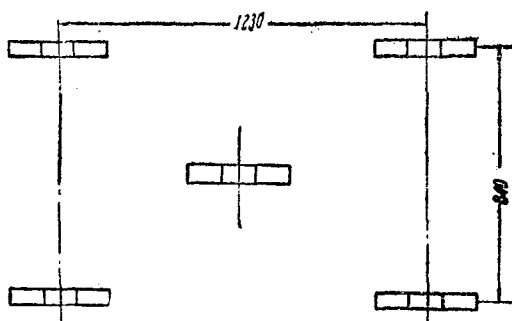


圖 4—4 連系磚分佈圖

2. 爐膛側牆：前部有水冷壁遮蓋，最高壁溫爲 727°C ，孔洞不多，但在二側汽包和下聯箱相連的下降管穿過爐牆時，對爐牆削弱得特別大。牆的結構與前牆上部的結構相同，在爐排以下的磚牆與前牆相同，全部用紅磚。側牆無水冷壁遮蓋處壁溫 1002° ，牆的砌法與前相同，在下降管穿牆處上部 1.67 公尺標高處加一根 1.1 公尺長的 10 號槽鋼使上部重量作用到槽鋼上再傳到兩側未削弱的牆上。

3. 爐膛後牆：無水冷壁遮蓋，內壁最高溫度 1002°C ，高度 2.5 公尺。除了在 2.15 公尺標高處有 16 個孔徑 70 公厘的飛灰復燃孔外，沒有其他孔洞，但是要求後牆嚴格地保護混凝土的汽包底座，因而後牆採取了很多隔熱措施。

後牆爐膛內壁，向外的部分是由半磚厚耐火磚和半磚厚紅

磚用“五順一丁”法砌成，內牆隔 40 公厘厚空氣隔熱層；而後為半磚厚紅磚牆，再隔 80 公厘空氣隔熱層到汽包底座。

4. 煙道部分爐牆（過熱器後全部爐牆）：溫度在 $650-500^{\circ}\text{C}$ 之間，沒有很多孔洞，煙道部分內外牆全部改用紅磚砌成，結構方面除了汽包底座處的牆以外，全部用二磚厚，中間隔 40 公厘厚空氣隔熱層。在汽包底座後的爐牆是半磚厚的紅磚牆，隔 40 公厘空氣層，再砌以半磚厚紅磚牆，而後是 40 公厘厚空氣層，才到汽包底座（見圖 2—1）。

5. 擋火牆和隔火牆（見圖 2—1、4—2 和 4—3）：擋火牆起引導空氣流向的作用。三道擋火牆全用耐火磚砌成，厚度為 65 公厘，前二道擋火牆用角鋼托架支承（托架固定在管子上，見圖 4—5），隔火壁與汽包側牆交接處加石棉繩（第一道用 20 公厘，二、三兩道用 15 公厘），以保證自由膨脹。

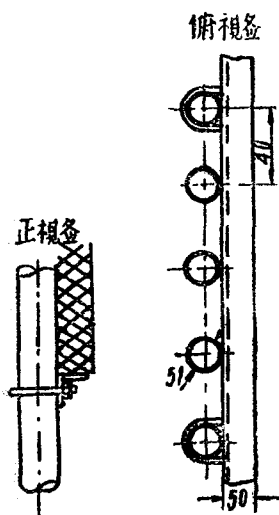


圖 4—5 擋火牆支架圖

隔火牆起着隔離一排管子為下降管的作用，汽包中心綫前用耐火磚，後面用紅磚砌。

6. 爐頂：我廠第一期工程，鍋爐採用半露天佈置，爐頂有一簡單的屋頂，因此爐頂不考慮防雨問題。

鍋爐前部爐頂架在水冷壁管和垂彩管上，煙道上部爐頂用（土廟中拆下來的 400×400 公厘大青磚），挑出五層，然後再搭到排管上，用這種砌法大大簡化了爐頂結構，並為取消鍋爐鋼架