

空气預热器和省煤器



電力工業出版社

目 錄

第一章 概說	2
第1節 鍋爐設備的熱損失和鍋爐效率	2
第2節 增加鍋爐尾部受熱面的重要性和經濟性	5
第二章 空氣預熱器	7
第1節 送熱風對鍋爐工作的好處	7
第2節 空氣預熱器的種類和構造	9
第3節 空氣預熱器的布置	17
第4節 空氣預熱器的運行特點	13
第5節 空氣預熱器的檢修和故障處理	21
第三章 省煤器	26
第1節 為什麼要用省煤器	26
第2節 省煤器的種類和構造	27
第3節 防止省煤器的腐蝕和其他不正常運行的方法	36
第4節 省煤器發生事故的原因和處理方法	40
第5節 省煤器的維護和修理	41

第一章 概 說

第1節 鍋爐設備的熱損失和鍋爐效率

鍋爐設備在運行中從燃料的燃燒中獲得熱量，利用這些熱量就能將水蒸發變成蒸汽，以供給發電或者工業上的需要。但是，如鍋爐設備構造得不好，或者是由於操作技術不良，就會使一部分有用的熱量白白地損失了，所以我們要在鍋爐的運行工作中，盡量設法減少熱量的損失，使鍋爐設備能充分發揮它的效能。鍋爐設備的熱損失有好幾方面，現在分別說明如下：

一、排煙的熱損失——鍋爐設備的排煙溫度，一般來說，總是要求在 $170-190^{\circ}\text{C}$ 之間，儘管如此，但仍會被高溫爐煙帶走一部分有用的熱量散失在空氣中，這種熱量的損失約佔全部熱量的 $12-18\%$ 左右。如果尾部沒有受熱面（省煤器或者空氣預熱器裝置），或者尾部受熱面突然發生故障而不能使用時，鍋爐所排出的爐煙溫度就會升高到 $300-400^{\circ}\text{C}$ ，這時排煙的熱損失就能高達 $25-30\%$ ，因而鍋爐設備的效率就會降得很低。

二、化學未完全燃燒的熱損失——燃料在鍋爐爐膛中燃燒時，燃料中像碳、氫、硫等可燃性物質與空氣中的氧氣化合成一種可燃性氣體，在爐膛中燃燒放出熱量，如果這種可燃性氣體（包括一氧化碳、氫氣和沼氣等等）在爐膛

中沒有能完全燃燒，而隨着爐煙排到空氣中去，這就造成了鍋爐設備化學未完全燃燒的熱損失。

三、機械未完全燃燒的熱損失——這種熱損失包括以下三部分：

(1) 從爐煙中帶走飛灰的熱損失——燃燒的燃料有時大小不均勻，夾雜着一些比較小的顆粒，由於送風壓力太高或是吸風力過大的緣故，這些小顆粒的燃料就沒有能在爐膛中燒透，而隨着煙氣一下子被帶走，留落在鍋爐後部的受熱面上或者煙道中，因為那里的溫度比較低，這些燃料就不可能再被燃燒和利用了，還有一些細末狀的燃料甚至被排到空氣中，這就是從爐煙中帶走的飛灰熱損失。

(2) 從灰渣中帶走的熱損失——燃料在鍋爐內或者在爐排上燃燒的過程中，由於燃燒不良，在排出的灰渣內，往往夾雜着沒有燒透的或者根本還沒有燃燒的燃料塊一起隨灰渣排出爐外，這就是從灰渣中帶走的熱損失。

(3) 爐排漏煤帶走的熱損失——有些舊式的爐排爐子，由於爐篦間的空檔過稀，在運行中經常會有一些還沒有燃燒或者未經燒透的較小的顆粒燃料從空檔里漏出來，這就是漏煤帶走的熱損失。

四、鍋爐外壁散失的熱損失——鍋爐的磚牆、汽包、鋼架以及一切暴露在空氣中的金屬配件在運行的時候，因為傳熱的關係，它們的表面溫度總比室內溫度高，例如鍋爐爐牆外壁的溫度一般有40—60°C左右，它與室溫之間有

相当大的温度差，所以热量就能从爐牆外壁不断地散失到空气中去。外壁散失的热损失，一方面要看磚牆的結構和质量，但与鍋爐設備所有金屬配件的保温情况也有关系。凡是蒸發量愈大的鍋爐，每單位生產量相对的外表面積愈小，热损失也就愈小，例如每小时蒸發量为40噸的鍋爐，它的外壁散失的热损失約在1%左右，而每小时蒸發量为100噸的鍋爐，它的外壁散失的热损失就只有0.6%左右。

从以上的鍋爐設備的四种热损失來看，我們就能很清楚的了解到燃燒燃料所發出的热量，除去了这許多热损失外，其余的热量才是真正利用來將水蒸發变成蒸汽。根据以上所述，我們就能寫出一个鍋爐設備热量平衡的公式：

燃燒燃料發出的热量 = 鍋爐設備有效利用的热量 + 排烟的热损失 + 化学未完全燃燒的热损失 + 机械未完全燃燒的热损失 + 鍋爐外壁散失的热损失。

凡是有效利用的热量愈多，鍋爐設備的效率就愈高。

下面再來介紹一下什么是鍋爐設備的效率。确定一台鍋爐的效率，通常是以燃燒1公斤燃料所被鍋爐設備有效利用的热量与燃料發热量的比数來表示的，或者可以寫成：

鍋爐效率 = 燃料發热量 - 各种热损失之和 / 燃料發热量 · 100%。

燃料的發热量是以每公斤多少仟卡数來計算的，从上面的公式來看，鍋爐設備的效率是一定小於100的。一台鍋爐往往由於它的結構型式以及受热面的布置不合理而影

响它的效率，但是如果运行技術以及經常的維護工作达不到要求，也能嚴重的降低爐子的效率。假使我們对燃料的選擇正确，湿度掌握適當，風量控制得法，又能保證燃燒情況的穩定和良好，水處理設備能經常保持正常有效地工作，以及鍋爐設備的定期清理檢修制度能很好地執行，這樣就能大大的減少鍋爐設備的各種熱損失，這不但能延長鍋爐設備的使用壽命，並且能使鍋爐設備經常在高效率的情況下安全運行。

第2節 增加鍋爐尾部受熱面的重要性和經濟性

鍋爐設備的幾種熱損失，要算排煙損失帶走的热量最多，這一損失的大小，不但是由鍋爐設備的結構來決定，而且也受操作條件的影響，前面已經講過，就是在正常的情况下，也能高达18%。以一台每小時蒸發量为40噸的鍋爐來說，它就相當於每小時約有1噸燃料所發出的热量白白的通過煙囪散失到空氣中去了，這個損失數字是非常可觀的。因此如何來考慮在鍋爐的後面增加尾部受熱面，回收一部分排煙的热量，是一個很重要的問題。要达到這樣的目的，過去曾經用過增大鍋爐本体受熱面的办法，也有將爐內的折焰牆加多的办法來減少排煙中热量的損失。但是這樣做的結果，一方面使鍋爐本体受熱面的結構複雜了，設備的平均制作費用也昂貴了，同時又由於使煙氣流通曲折過多，這樣不但煙氣流動阻力加大，同時也不能得到良好的燃燒，一直到省煤器與空氣預熱器的利用後，才

解决了这个问题。由于通过省煤器中的水与在受热面外边流过的烟气之间有相当大的温度差，所以就造成了有利的热传导，因此，就使得在降低同样大小的烟气温度下，利用省煤器就能比锅炉本体减少大约1.5—2倍的受热面，不但如此，省煤器受热面的单位价格比起锅炉本体受热面也还便宜得多。

在现代动力厂的热力系统中，因为已经利用了蒸汽透平机的抽汽预热给水的方法，或者因为水处理用蒸汽除氧的结果，给水在进入省煤器之前，温度已经很高了(100—150°C)，那么单靠增加省煤器，就没有可能再将排烟温度降低到一定的限度，同时在机械链条炉排烧水分较大的燃料中，以及在煤粉炉中应用含水分很大的低级燃料的时候，必须应用高温的空气(200—350°C)。因此空气预热器的利用，为这样的目的提供了有利的条件。根据经验数值，预热空气的温度每增高100°C，约可节省燃料5%，更值得注意的是，空气预热器受热面的单位价格较省煤器还要便宜约2倍。

总的来说，在锅炉设备系统中装置了省煤器和空气预热器之后，每降低排烟温度15—25°C时，就能增加锅炉设备的效率1%。以一台每小时蒸发量为40吨的锅炉为例，如果装置了合适的尾部受热面之后，每小时就能节约燃料300—500公斤，相当于每小时能多产生2—4吨的蒸汽。

第二章 空氣預熱器

第1節 送熱風對鍋爐工作的好處

利用空氣預熱器向鍋爐爐膛中送熱風，幫助燃料燃燒，除了能回收排煙中一部分熱量以外，它對鍋爐工作還有其他很多優點：

一、能增強爐膛的燃燒效率，尤其對經常工作在高負荷的鍋爐，它能使爐膛中的燃燒情況保持穩定。

二、能使燃料點火迅速，尤其對含水分較大的燃料來說，能減少在爐膛中干燥的時間。

三、加快燃料在爐膛中的燃燒速度，提高燃燒率。

四、使用了熱風，能減少爐膛中的過量空氣需用量，因此也節約了一次送風機經常的動力消耗，並且還能降低煙氣在鍋爐煙道中的流動阻力。

五、可以使燃料在短火焰狀態下燃燒，增加爐膛的利用率，同時使用了熱風之後，可以燃燒低級燃料，提高鍋爐的經濟性。

六、能提高爐膛溫度，改善熱傳導性，間接的還能促使爐水循環良好。

七、能減少化學與機械的未完全燃燒損失。

現在我們再來談談對鍋爐送什麼溫度的熱風才比較適當的問題，它是與鍋爐設備的燃燒方式及採用什麼樣的燃

料而有所不同的。对机械鏈条爐排的鍋爐來說，爐排上的燃料層熾烈地燃燒时，溫度是很高的，我們送風通过爐排進入爐膛，剛好能起到冷却的作用，否則爐排就要燒坏了。送冷風对爐排的冷却作用來說当然是好的，但是就如前面所講的，它会降低爐膛的溫度，並能帶來一系列对燃燒不利的影响，如果送的热風溫度太高了，爐排亦会因遇热而燒坏。根据現在一般鏈条爐排的結構与材料質量來說，能耐住热風的溫度約为 200°C ，再高就不適當了。至於对煤粉爐來說，因为要燒水分比較大的低級燃料，因此热風的溫度可以較鏈条爐排的鍋爐为高，最高可以达到 350°C 。下面的一張表中，列出了不同燃燒方式的爐子因採用燃料的不同，它的一次風压和热風溫度有下列的数据，可供參考。

表 1

鍋爐型式	燃料种类	正常負荷 運轉时的 化学未完全 燃燒熱 損失	正常負荷 運轉时的 机械未完全 燃燒熱 損失	热風溫度	爐排下的 最高風压	爐膛內須 保持風压	備 註
		%	%	$^{\circ}\text{C}$	公厘水柱	公厘水柱	
机械鏈条 爐排的爐 子	烟煤	1—2	6	150—200	50—60	2—3	使用二 次風 使用二 次風
	無烟煤	0.5—1	4—6	150	60	2—3	
煤粉爐	泥煤及褐 煤	≈ 2	2—3	300—350	磨煤机前 50	≈ 2	使用二 次風 使用二 次風 使用二 次風
	烟煤	≈ 1	3—5	200	—	3—5	
	無烟煤	0.5—1	6	200	—	3—5	

、 第2節 空气預热器的种类和構造

空气預热器根据作用的原理，可分为導热式及蓄热式（或者称为再生式）兩大类。在導热式空气預热器裝置中，高温的排烟在受热面結構的一边流动，而被加热的空气，由一次風机的压送在受热面結構的另一边流动，由於二种气体之間的温度差而產生了热傳導的作用。在蓄热式空气預热器中，排烟在某一个時間內接触受热面，給出热量，受热面則繼續不断的轉动，空气流从另一边以相反的方向通过受热面，吸取排烟貯蓄在受热面中的热量。这二种空气預热器虽然在結構上和作用的原理不一样，但它們都是为了使低温的空气通过受热面能自高温的烟气中吸取热量后升高温度，供給鍋爐爐膛中燃燒的需要。下面再來分別介紹兩種不同的空气預热器的構造：

一、導热式空气預热器——常見的導热式空气預热器，又可分为板式空气預热器和管式空气預热器兩種。

（1）板式空气預热器——板式空气預热器是由厚 1.5—4 公厘的鋼板做的，用鋼板焊制成一个个帶長方形的盒子，將若干个盒子拼成一組，整个空气預热器也是由2—4組的鋼板盒子組合而成的。每个盒子中間流过空气，盒子外面，即盒子与盒子之間的通道中，流过烟气（圖 1）。盒子的寬度，一般做成13—20公厘，盒子与盒子之間的空档稍大，大約为18—40公厘，原因是烟气的温度高和單位体積大的緣故。在板式空气預热器中，烟气的流向是从上而

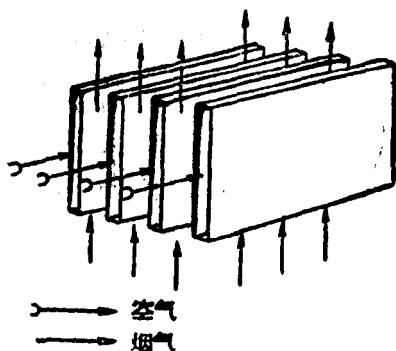


圖 1 烟气在飯式空气預热器受热面間的流向

下，空气則採取从下迴轉向上的流程，这是为了使烟气与空气造成逆向流动，从而得到較好的傳热效率，同时还能減輕烟灰在空气預热器受热面上堆積的可能。根据需要的空气預热温度的不同，一般可以做成双流程、三流程及四流程等三种空气預热器(圖 2)，在实际应用上，我們可以通过計算來設計和佈置。

無論是机械鏈条爐排鍋爐或者是煤粉鍋爐，進入空气預热器的烟气温度沒有超过 500°C 的，要求的热風温度也不需要 400°C ，因此空气預热器只需用普通的碳素鋼板來制作。飯式空气預热器受热面的金屬平均重量約为 25 公斤/公尺²，因此它並不是很經濟和緊湊的結構。再說，由於烟气的流速比較高，飯式空气預热器的受热面会受到烟气中灰粒的磨損，同时在空气入口的一端，烟气的温度已經比較低，这就会因烟气中水汽的凝結与二氧化硫气体变成

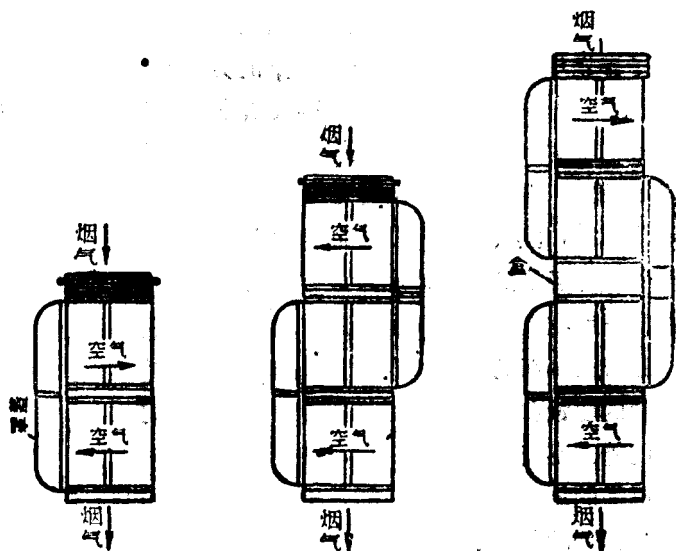


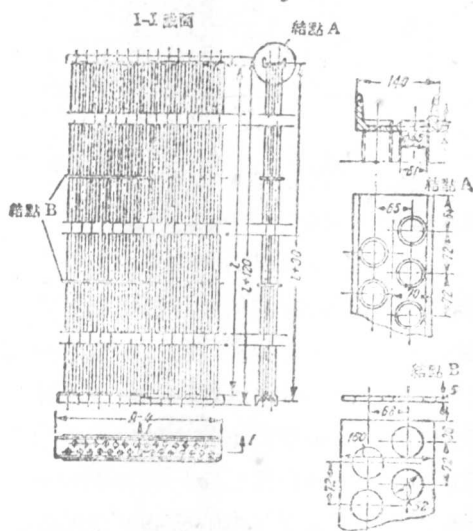
圖 2 飯式空气預熱器的組合

硫酸，而使受熱面遭到腐蝕。由於組成飯式空气預熱器的一只只金屬盒子都是焊接的，焊接縫太多就容易造成漏氣的機會，這樣不但會降低烟氣的溫度，影響了傳熱效率，並且還會因漏進了很多過量空氣，加重了吸風機的負荷，消耗了額外的電力。因飯式空气預熱器有以上的一些缺點，所以現在配備空气預熱器的新型鍋爐設備都不採用飯式的了，而以另一種效率與經濟性都比較好的管式空气預熱器來代替。

(2)管式空气預熱器——現代常用的管式空气預熱器是用直徑為 53 或者 51 公厘的鋼管做的，管子的長度可

以做成各種尺寸，一般有 4、4.5、5、5.5 及 6 公尺等 5 種，管子參差地排列，上下端是用脹管的方法固定在管板上（管板也有用槽鋼做的）。管式空氣預熱器是由一組組管束組合起來的（圖 3），每一組管束的管子數目有 29、41、47、53 以及 63 等 5 種。管式空氣預熱器內的煙氣流向一般是從上而下，空氣則採取從下迴轉向上的流程，根據需要的空氣預熱溫度的不同，亦可以做成雙流程、三流程及四流程等三種空氣預熱器。在實際應用上，我們可以通过計算來設計受熱面的數目，根據佈置的地位來考慮空氣預熱器需要的組數和管子的長度。一般中型鍋爐還可以使用分段式的管式空氣預熱器（圖 4），每一段中有二組管束，都做成標準的規格可以互換，如果增減段數，就可以組成適合我們需要的各種大小不同的空氣預熱器。在管式空氣預熱器中，煙氣在管內流動，而空氣則在管外通過。空氣在管外的流速，一般不宜超過 6 公尺/秒，煙氣流速在鍋爐最高負荷時可採取 12 公尺/秒，這樣的速度能維持最好的傳熱效率，同時保持這樣的速度，流動煙氣本身就起了吹灰的作用，因此可省免一套吹灰的設備。如果氣體的流速過高，一方面會加大氣體的流動阻力，增加送風吸風機經常的運轉費用，同時煙氣中高速運動的灰粒還會對鋼管起磨耗的作用。如果氣體在空氣預熱器中的流速低於標準的數值，也是不好的，因為此時傳熱效率就要降低，會使空氣的預熱溫度達不到標準，受熱面上容易積灰，排煙溫度反而會升高，這樣就會增加了鍋爐的排煙熱損失。管式空氣

預熱器較板式空氣預熱器為緊湊，製造比較簡單，每平方公尺受熱面使用的金屬也比較少，管式空氣預熱器最大的優點，還在於它的結構堅固，不像板式空氣預熱器那樣容易在焊接處裂縫而發生漏氣的情況。根據蘇聯標準製造的管式空氣預熱器，它的受熱面可自最小的 70 平方公尺起一直到 700 平方公尺止，管束的組數亦可自 4 組一直到 12 組，由於這樣的結構製造簡單，運轉及維護比較方便，較板式空氣預熱器又緊湊耐用，因此現在都普遍採用管式空氣預熱器了。



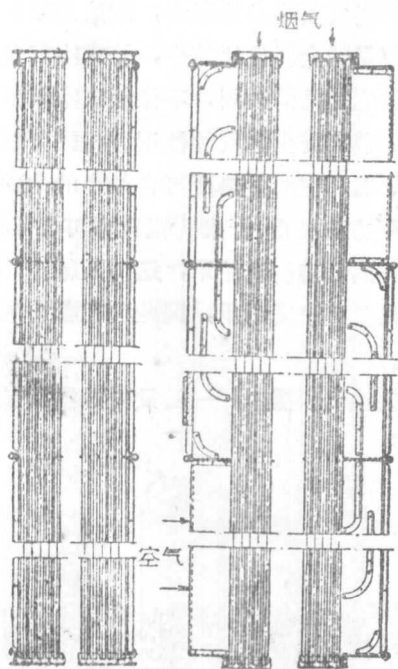


圖 4 分段式管式空气預热器的組合

与管式的都有，鑄鉄鋸式空气預热器現已不採用，鑄鉄管式空气預热器，一般可以做成鋸齒型和鰭片型二种(圖5)。鑄鉄結構很笨重，傳热效率又低，鋸齒与鰭片是用來补不足的，但它的体積大仍要佔据較大的空間，这种空气預热器，每平方公尺受热面使用的金屬較鋼管的要高出 5—6 倍。鑄鉄做的空气預热器虽然有較强的抗蝕性，但是它的經濟性差，現代的鍋爐設備中，已不再採用了。

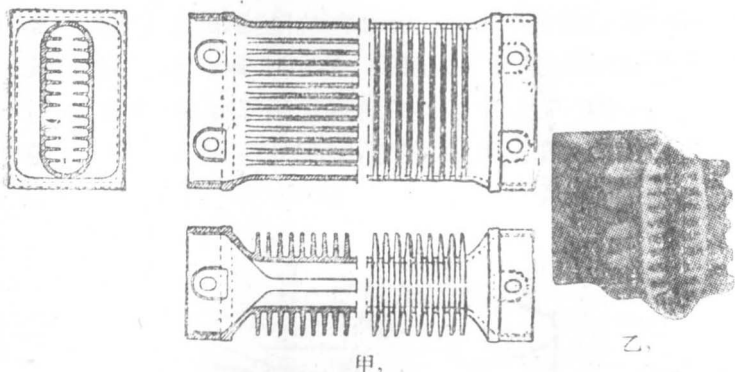


圖 5 鑄鐵管式空氣預熱器的原件
甲—鰭片型；乙—鋸齒型。

二、蓄熱式(再生式)空氣預熱器——連續轉動的蓄熱式空氣預熱器，常見的一種為“容斯德蘭姆”型(圖6)，它是由電動機傳動的帶牙輪的轉子1、外殼2、空氣通道3、煙氣通道4、空氣管5和煙氣管6等主要部分組成的。轉子每分鐘轉3—5轉，它一般被分成12個扇形部分，每個扇形中間都裝有厚0.5公厘的波浪形蓄熱鋼板(圖7)，轉子的高度一般做成500—850公厘，裝在由兩半合成的鋼板外殼中。轉子繼續不斷的旋轉，煙氣穿過轉子將一部分受熱面加熱，而空氣從相反方向穿過轉子，吸取煙氣貯蓄在轉子中的熱量而將受熱面冷卻。在蓄熱式空氣預熱器中，由於空氣通道中的壓力比煙氣通道為高，在旋轉時，它們接縫之間的密封很難達到完美的程度，因此空氣漏入煙氣通道的情況比較嚴重，漏氣量有時可達到空氣的10—15%，在低負荷運行時，漏氣更為顯著，蓄熱式空氣預熱器的轉

子一般用2仟瓦的电动机就能带动。“容斯德蘭姆”型空气預热器有垂直式和水平式两种，各有18种型号，受热面自227—5450 平方公尺，它的單位面積傳热量要比鋸式空气預热器大3倍。蓄热式空气預热器的結構輕，体積小，它的重量只有鋸式空气預热器的30%左右，制作費用亦要便

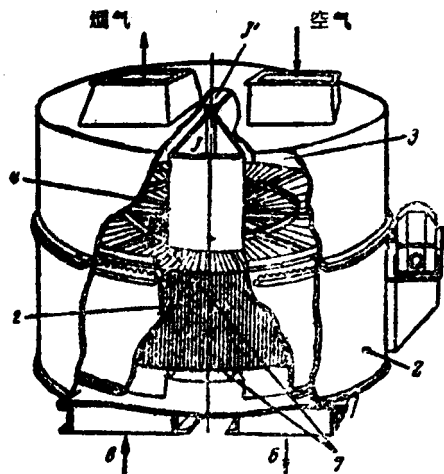


圖 6 “容斯德蘭姆”型蓄热式空气預热器

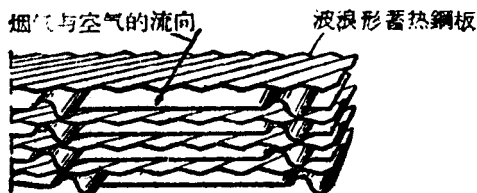


圖 7 “容斯德蘭姆”型蓄热式空气預热器轉子的波浪形蓄热鋼板