

電業工人學習叢書

過熱器

霍光雲編著



燃料工業出版社

內 容 提 要

「过熱器」是「電業工人學習叢書」的一种。本書共分四部分：第一部分簡單地講解过熱蒸汽和过熱器的作用；第二部分介紹过熱器的構造和分類；第三部分講过熱器的維護；第四部分講过熱器运行中事故發生的原因和处理方法。本書文字通俗，內容淺顯易懂，適合有高小文化程度的發電廠鍋爐工人閱讀。

* *

*



電 業 工 人 學 習 叢 書

过 熱 器

霍 光 雲 編 著

燃料工業出版社出版 (北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第012号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：金奎務 校對：鄭雪笑

書 号 615 電 262

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * $\frac{3}{4}$ 印張 * 16千字 * 定價(8)一角四分

一九五五年十一月北京第一版第一次印刷(1—3,100册)

目 錄

第一節	过熱蒸汽和过熱器	2
第二節	过熱器的構造	7
第三節	过熱器在運行中的維護	11
第四節	过熱器運行中發生的故障和处理方法	13
附錄一	苏联对製造过熱器材料的要求	22
附錄二	炭素鋼号 10、15、20 的成分和机械性質	23
附錄三	蒸汽減溫器的作用和構造	24

第一節 過熱蒸汽和過熱器

一、熱和溫度

我們站在太陽下面或火爐旁邊，身上就會感到溫暖，這是因為我們身體吸收了太陽或火爐傳播出來的熱。火力發電廠中，煤在爐膛裏燃燒，把水管裏的水燒成汽，也是因為煤在燃燒時，把熱放出來，傳到水裏，使水的熱增加，變成了水蒸汽。

水管裏的水增加了熱，逐漸變成蒸汽；凝汽器裏蒸汽的熱逐漸傳到冷水中，又變成凝結水。這說明物體裏的熱是可以增加或減少的。〔溫度〕，就是表示物體冷和熱的程度，現在通用的計算溫度方法有兩種：

1. 攝氏溫度。攝氏溫度，是以純水開始結冰時的溫度作零度（冰點），以純水被燒開產生汽泡時的溫度作 100 度（沸點），把冰點到沸點中間分成 100 分，每一分是 1 度。攝氏溫度用外國字母〔C〕表示，如攝氏 15 度，就寫成 15°C 。在零度（冰點）以下的溫度表示時要加一個負號〔-〕，例如零下 20 度就寫成 -20°C 。在工業中通常都用攝氏溫度。

2. 華氏溫度。華氏溫度是以水的冰點為 32 度，沸點為 212 度，冰點到沸點之間分成 180 分，每一分是 1 度。華氏溫度用外國字母〔F〕表示，例如華氏 40 度就可以寫成 40°F 。工業上一般不採用華氏溫度。

物體含熱量的多少，用〔卡路里〕（簡稱〔卡〕）表示。〔卡〕有小卡和大卡兩種：把 1 克重的純水溫度升高 1°C 所需要的熱量叫一小卡；把 1 公斤重的純水溫度升高 1°C 所需要的熱量叫一

大卡。一大卡等於 1000 小卡。動力工業中通常用大卡表示熱量。

二、蒸汽的压力、温度和体积

發電廠的鍋爐升火以前，汽压表的指針停在零位上，這表示鍋爐裏還沒有蒸汽压力。鍋爐升火後，压力表指示的汽压就慢慢往上升，這表示鍋爐裏已經有比平常空氣压力高的蒸汽压力了。压力通常用每一平方公分受到多少公斤重量(公斤/平方公分)表示，每平方公分受重量 1 公斤，稱為一個大氣压。压力有時也用英美制每平方英吋受重多少磅(磅/平方吋)表示。

压力表的指針在空氣压力(一個大氣压)下是停在零位上不動的，只有当蒸汽的压力比一個大氣压力高時，指針才移動。因此，压力表上指示的压力只是蒸汽压力比空氣压力高出來的压力，这种压力叫[表压力]。在工業上計算蒸汽压力時是用[絕對压力]作標準的，絕對压力等於表压力加上一個大氣压，也就是每個單位面積實際受到的压力。

蒸汽压力和蒸汽体积的關係：当蒸汽温度不變時，如果增加蒸汽的压力，蒸汽的体积就减小；蒸汽压力降低，蒸汽的体积就增大。

蒸汽压力和蒸汽温度的關係：当蒸汽体积不變時，蒸汽的温度隨着蒸汽压力變化：蒸汽温度愈高，压力愈大。

蒸汽体积和蒸汽温度的關係：当蒸汽压力不變時，蒸汽的体积隨着蒸汽温度變化：蒸汽温度愈高，体积愈大。

三、飽和蒸汽和过熱蒸汽

在普通空氣压力下，把水裝在一個開口鉄罐裏加熱，開始，

水的溫度逐漸上升，但到了水的沸點 100°C 時，不管你再加多少熱，水的溫度也不會上升，只能夠把水蒸發成和水的溫度一樣的蒸汽。

如果把水裝在一個有蓋的鐵罐裏加熱，這個水的沸騰溫度就隨鐵罐裏水面上的汽壓大小而變，當汽壓高時，水的沸騰溫度就高；汽壓低時，沸騰的溫度也低。因此，蒸汽的汽溫和汽壓變化是一致的，並且蒸汽的溫度也始終和這同一個鐵罐裏水的溫度相同。

蒸汽鍋爐的汽水鼓，就是個有蓋的鐵罐。汽水鼓裏的水受熱變成蒸汽，蒸汽的溫度由汽水鼓裏的汽壓決定。蒸汽的壓力也隨着蒸汽的溫度而變化。這是因為，如果汽水鼓裏的水受熱少了，水的溫度下降，蒸汽的溫度也要隨着下降，其中一部分蒸汽因為溫度下降的緣故，放出熱量，凝結成了水，水的體積沒有蒸汽那樣大，因而汽水鼓裏的汽壓也隨着下降。我們把具有這種特性的蒸汽叫作飽和蒸汽。

帶水分的飽和蒸汽叫濕飽和蒸汽。將濕飽和蒸汽加熱到不含水分，叫作乾飽和蒸汽。將乾飽和蒸汽再

加熱，溫度繼續升高，此時的蒸汽叫作過熱蒸汽。過熱蒸汽的壓力雖然和飽和蒸汽相同，但溫度和所含的熱量卻比飽和蒸汽高得多。

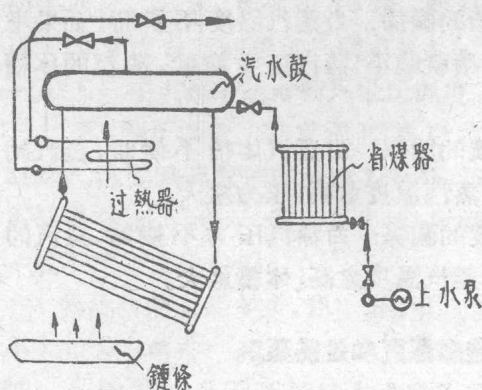


圖 1 蒸汽產生過程示意圖

一般的小型鍋爐

設備，都是將水加熱成飽和蒸汽輸送出去使用的。但近代的水管鍋爐便不同了，在水管鍋爐設備中，蒸汽的產生過程如圖 1 所示：水從鍋爐上水泵壓到省煤器裏預熱後進入汽水鼓，由汽水鼓經過水管循環又回到汽水鼓，水溫升高了，達到蒸發的溫度，變成了蒸汽；蒸汽沿管路送到另一套設備去再加熱，成為過熱蒸汽。這種把飽和蒸汽變為過熱蒸汽的加熱設備，就叫作過熱器。

為什麼在發電廠的鍋爐設備裏要安裝過熱器呢？為了瞭解這個問題，就要首先研究一下，不用過熱器有什麼缺點。

在發電廠裏，直接向汽輪機輸送飽和蒸汽有下面兩個主要缺點：

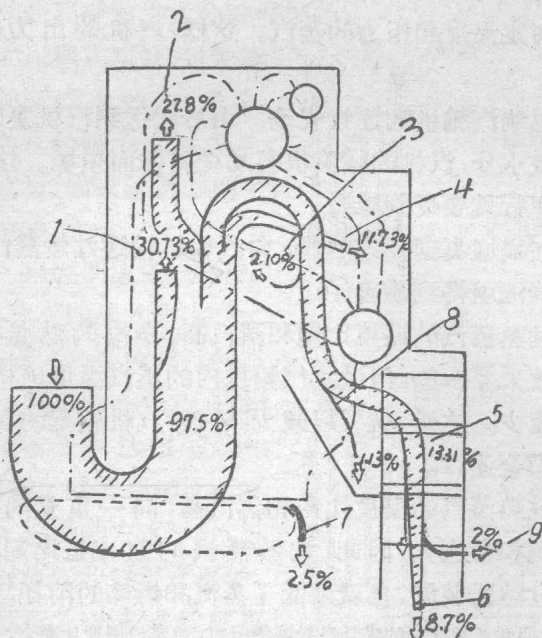


圖 2 水管鍋爐熱量分佈

圖 2 中鍋爐效率和熱損失的比例

鍋爐各部吸收熱量的比例(%)		熱 損 失 (%)	
1. 燃燒室的傳熱面積	30.73	6. 排煙熱損失	8.70
2. 前部水管	27.80	機械未完全燃燒熱損失	
3. 後部水管	2.10	7. 灰渣	2.50
4. 過熱器	11.73	8. 飛灰	1.13
5. 節炭器	13.31	9. 輻射及其他熱損失	2.00
效 率	85.67	全部熱損失	14.33

1. 影响汽輪机的出力 在輸汽管路中,由於管子散熱造成的熱量損失是很难免的(如圖 2 和上表)。飽和蒸汽的熱量在管路中散失,一部分蒸汽凝結成水,汽壓也隨着下降,汽輪机就不能得到額定溫度和壓力的蒸汽。這樣,汽机的出力就会受到影响。

2. 影响汽輪机的運行安全 由於輸送到汽机裏的飽和蒸汽含有大量水分,汽机的輪葉很容易受腐蝕而損壞。這樣,汽輪机的安全運行就要受到威脅。

如果在鍋爐裏安裝過熱器,向汽輪机輸送過熱蒸汽,那末,上面兩種情況就得到改善了:

1. 過熱蒸汽的溫度比飽和蒸汽高,蒸汽的熱量雖然在輸送管路中散失了一些,但送到汽輪机內的蒸汽溫度仍是很高的,所含水分極少。這樣,就可以減少蒸汽對汽机輪葉的腐蝕,使汽輪机能够安全運行。

2. 過熱蒸汽的溫度比飽和蒸汽高,同一重量的過熱蒸汽體積就比飽和蒸汽大,因此,過熱蒸汽的效率是比飽和蒸汽高的。採用過熱器裝置,也就減低了蒸汽和燃煤的消耗。^①

① 蒸汽溫度和發電廠的煤耗汽耗關係很大,當蒸汽溫度比額定汽溫低 10°C 時,汽輪机汽耗將增加 1.3—1.5%,煤耗將增加 0.5%。

由於使用過熱蒸汽有以上的優點，所以，一般發電廠鍋爐設備中都安裝過熱器。

第二節 過熱器的構造

一、過熱器的分類

過熱器可以分成兩大類：一類是不用鍋爐的爐煙而單獨加熱的，這種過熱器使用的不多。最常用的一類過熱器，是附屬在鍋爐爐膛或煙道裏加熱的。這一類過熱器又可以按照形式、爐煙流動方向和受熱方式分成好幾種：

1. 以型式來分，過熱器有立式和橫式兩種，如圖 3。立式過熱器的管子和聯箱都吊在鍋爐裏；橫式過熱器則平放在鍋爐裏。

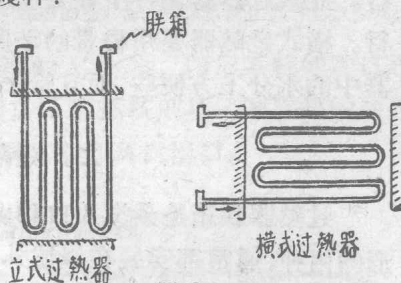


圖 3

2. 以爐煙流動方向來分，過熱器有順流式和逆流式兩種，如圖 4。順流式過熱器蒸汽進口管子和高溫爐煙相遇，出口管子和低溫爐煙相遇；逆流式過熱器則相反。

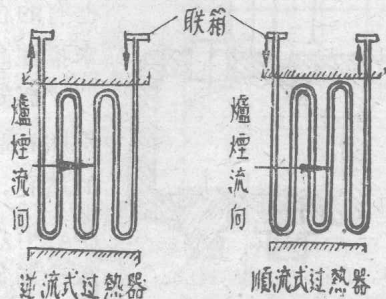
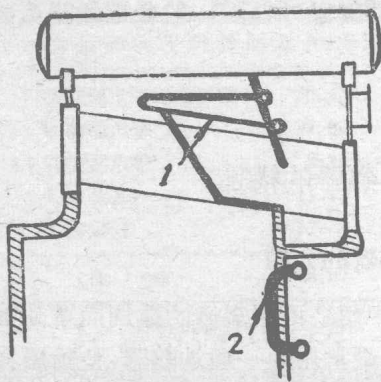


圖 4

3. 以受熱方式來分，過熱器有對流式和輻射式兩種，如圖 5 所示。對流式過熱器多安在第一煙道裏，利用高溫



爐烟將蒸汽加熱；輻射過熱器多安在靠近爐牆的部分，利用爐膛的輻射熱將蒸汽加熱。

在實際應用上，過熱器安裝的位置，應根據過熱器受熱面的大小，材料的質量和鍋爐負荷的變化而決定。

蘇聯多半在水平烟道裏安裝立式懸掛的過熱器，其他

圖 5 1—對流式過熱器；2—輻射式過熱器。一些國家多半安裝橫式過熱器。立式過熱器運行中在安全上是可靠的，吹灰工作也容易進行。橫式過熱器要用較貴的金屬材料做懸掛物，但在消除過熱器中的水分上方便些，而且管子也不容易被鹽分堵住。

二、過熱器聯箱

過熱器聯箱是蒸汽入口和出口的導管。聯箱有方形和圓形的兩種，通常都安裝在鍋爐外面，掛在爐頂和爐牆边上。聯箱有安裝在鍋爐裏面爐烟溫度較低處的，也有的在聯箱前面用耐火磚砌成一道牆來擋住高溫爐烟沖洗。

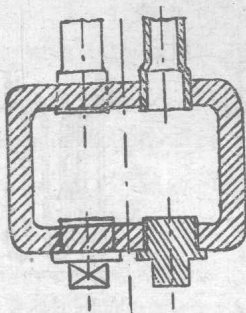


圖 6 聯箱

聯箱的構造如圖 6 所示。蛇形管分別脹在聯箱的管孔裏，脹口對面有帶堵的堵孔，作為進行檢查、洗管和換管之用。堵孔的堵和聯箱接合面中間，應該放一個金屬或石棉墊，這樣，堵孔在收縮時就不會將堵緊壞，同時也可以防止蒸

汽从联箱中洩漏。

通常鍋爐有兩個联箱,也有利用飽和蒸汽鼓作為一個联箱使用的。根據蒸汽在联箱進出口的位置,过熱器可以分成三種汽流的系統:

1. Z 形系統
2. 冂形系統
3. H 形系統

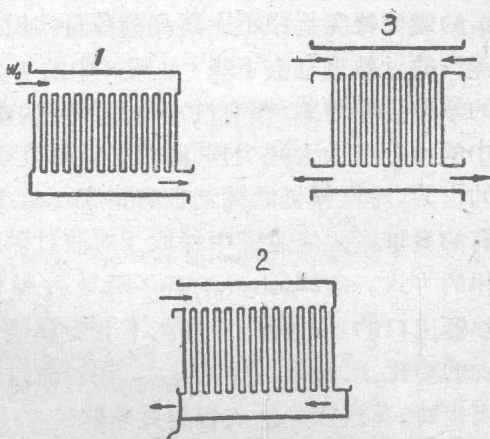


圖 7 过熱器的汽流系統

Z 形系統蒸汽進口在

1—Z 形系統; 2—冂形系統; 3—H 形系統。

联箱的一边,出口在另一個联箱的另一边。冂形系統的進口和出口分別在兩個联箱的同一边。H 形系統則是一個联箱的兩头都是蒸汽進口,另一個联箱的兩头都是蒸汽出口。

三、过熱器的特性

輻射过熱器和对流过熱器安裝位置不同,在運行中也產生了不同的效果:輻射过熱器在鍋爐負荷增加時,过熱器吸收了一部分爐膛輻射熱,过熱器前面火焰溫度跟不上鍋爐負荷增長的速度,因而过熱蒸汽的溫度下降(如圖8中的2)。对流过熱器因為安在第一烟道裏,鍋爐負荷增加,过熱器受到大量高溫爐烟沖洗,因而过熱蒸汽溫度也同時增加,但火

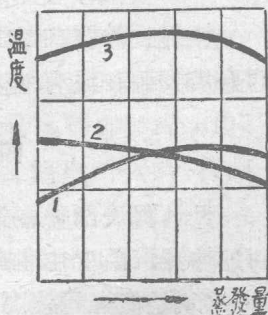


圖 8 1—对流过熱器; 2—輻射过熱器; 3—对流过熱器和輻射过熱器串聯使用。

焰的燃燒終究是跟不上蒸汽蒸發量的增長的，鍋爐負荷過高時，蒸汽的過熱度也會下降（如圖 8 中的 1），同時飽和蒸汽中所含的水分也在增加（在有汽水分離設備的現代化鍋爐中，飽和蒸汽中的水分可大大減少）。蒸汽的過熱度變化過大，會影響汽輪機的出力，對汽輪機的輪葉也有損害。為了保持過熱蒸汽的穩定，有的發電廠鍋爐設備中採取了對流過熱器和輻射過熱器串聯使用的方式。這樣，由於兼有了兩種過熱器的特點，在運行中，過熱器出口的過熱蒸汽溫度就不會受鍋爐負荷變化影響而發生很大的變化了（如圖 8 中的 3）。在對流過熱器和輻射過熱器串聯使用時，蒸汽應先通入輻射過熱器。

對流過熱器的構造有兩種，一種是像頭髮簪子那樣的彎管，另一種是曲折很多的蛇形管。蒸汽在管中的流速，應當達到不致產生蒸汽過熱度不足或不高的標準。飽和蒸汽和鍋爐火焰的溫度愈高，蒸汽的流動就愈要快，在蘇聯，對一般過熱器蒸汽流速規定為以下數值：

鍋爐工作汽壓	25—35 大氣壓
蒸汽在過熱器中的流速	不得小於 15 公尺/秒

輻射過熱器在設計和運行的要求上都比對流過熱器複雜，適合於安裝在沒有地方安裝對流過熱器的老式鍋爐設備裏。

四、過熱器的製造材料

過熱器大都安在鍋爐內溫度較高的地方近代化鍋爐產生的過熱蒸汽溫度往往高達 500°C 以上，因此，製造過熱器的鋼材，必須是能經得住高溫和高壓的。過去，過熱器大都用炭素鋼管製造，這種鋼韌性較差。現在，高溫高壓的鍋爐，大都採用合金鋼製造的過熱器了。當然，並不是過熱器的所有部分都用合

金鋼，而只是在受熱較高的地方才使用，其他部分，仍可用普通鋼材。

爲了保證過熱器的安全運行，[電力工業技術管理暫行法規]第211條規定過熱器蛇形管本身的溫度不應超過下列限度：

汽壓不超過 34 表大氣壓，汽溫不超過 425°C 時，炭素鋼管
.....460°C

汽壓爲 39 表大氣壓，汽溫爲 450°C 時，用中央重工業部頒佈
的標準鋼號 15 $\rightarrow$ ，20 $\rightarrow$ 及 12 $\kappa\rightarrow$ ① 鋼材所製成的鋼管...490°C

汽壓爲 100 表大氣壓，汽溫爲 510°C 時，用中央重工業部頒佈
的標準鋼號 15 $\kappa\rightarrow$ 鋼材所製成的鋼管：

長時間.....520°C 短時間.....540°C

第三節 過熱器在運行中的維護

過熱器是鍋爐設備的一個主要部件，在運行中，如果不掌握正確的操作方法，往往會影響蒸汽質量，甚至發生事故。因此，必須正確地進行操作，在運行中注意以下幾個問題：

一、升火和停爐時的操作要正確

有些運行人員在鍋爐升火時，怕過熱器被爐煙沖洗而燒毀，就往過熱器裏放水來冷卻，這樣，很容易使過熱器的金屬材料變脆而損壞。正確的操作應該遵守[電力工業技術管理暫行法規]的規定：折掉從汽包向過熱器送水的管路，當鍋爐升火時，打開過熱器出口聯箱上的疏水門，使蒸汽通過過熱器的蛇形管來冷卻過熱器，隨着鍋爐汽壓的逐漸升高，將過熱器出口聯箱的疏水門慢慢關閉，在併爐操作全部進行完畢時，過熱器出口聯箱的疏水門也完全關閉。

① $\rightarrow$ 、 $\kappa\rightarrow$ 是鋼材符號， $\rightarrow$ 表示鉚鋼， $\kappa\rightarrow$ 表示鉻鉚鋼。

停爐時，應隨着停止供汽的鍋爐從蒸汽母管上截斷的同時，將過熱器出口聯箱上的疏水門打開 30—50 分鐘來冷卻過熱器。

二、安全門的動作要靈敏

過熱器的安全門，裝在過熱器出口的地方，是整個鍋爐設備中最先動作的安全門。安全門的動作靈敏，可以避免當汽輪機負荷突然下降時發生過熱器受熱過多的現象。

一般工作壓力大於 13 個表大氣壓的鍋爐，安全門的動作汽壓應該調整到比鍋爐工作壓力大 2%。例如鍋爐的表壓力是 30 公斤/平方公分，過熱器安全門的動作壓力就應該是：

$$30 \times 1.02 = 30.6 \text{ 公斤/平方公分}$$

爲了保持安全門動作的靈敏，過熱器的安全門應當注意維護與定期檢修。

三、管內外要保持清潔

過熱器蛇形管外皮的灰渣和內壁的水垢要經常清除，這樣，管子的傳熱能力才不會受影響。爲了保持管內外清潔，過熱器應至少有一套吹灰設備，定期進行吹灰工作；並應有一套清洗內部管壁用的沖洗裝置，以便在檢修時清除管內水垢。

四、過熱蒸汽的溫度要保持穩定

過熱器運行時，過熱蒸汽的溫度必須保持穩定。蒸汽的過熱度不足或過高，都容易使過熱器損壞。爲了保持過熱蒸汽溫度在額定標準範圍內，除了正確地掌握燃燒操作外，有的過熱器還安裝一具蒸汽減溫設備（見附錄三）來控制蒸汽的溫度。

第四節 过熱器運行中發生的故障和處理方法

一、蒸汽过熱度不足

發電廠的鍋爐設備設計不周密，或是用火焰短的燃料作燃煤，都可能發生蒸汽过熱度不足的現象。例如設計時將过熱器安在靠近爐烟低溫的位置，運行時，过熱器受熱面上吸收不到足夠的熱量，蒸汽就不能達到應有的过熱度。又如鍋爐運行時使用揮發物少，火焰短的燃煤，火焰的燃燒中心低，过熱器得不到高溫的爐烟，也會使蒸汽達不到額定的过熱度。

爲了提高蒸汽的过熱度，有些運行人員採用大量排水的辦法，這種做法會損失大量的熱，降低鍋爐經濟燃燒操作的性能。正確地處理鍋爐蒸汽过熱度不足，應當根據不同情況採取以下各種辦法：

1. 保持一定的过剩空氣量 鍋爐運行時，一般都應有一個適當的过剩空氣量。如果过剩空氣量不足，燃燒室內的燃燒就不能充分地進行，过熱器前面的爐烟流動也很慢，受熱也就不會很多了。保持一定的过剩空氣係數，可以使爐烟流速正常，过熱器受熱增加，提高蒸汽的过熱度。但應注意过剩空氣量不要過高，过剩空氣量過高會引起排烟溫度高的現象，這對鍋爐的運行也是不經濟的。

2. 加強过熱器的吹灰工作 过熱器蛇形管外部的結焦和積灰，應定期用蒸汽吹灰方法及時清除，否則，就會影響过熱器的受熱，使蒸汽的过熱度不足。

3. 改裝第一道折焰牆，使爐烟集中地沖洗过熱器 鍋爐

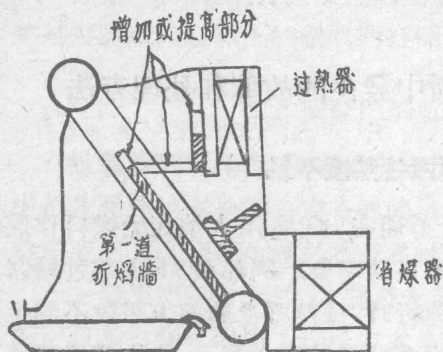


圖 9 改裝第一道折焰牆

第一道折焰牆过低，就会發生一部分爐烟不經過過熱器或爐烟分散的現象，使過熱器受熱不足。改進的辦法是砌高或增加一部分折焰牆，使全部爐烟集中沖洗過熱器，這樣，就能夠提高過熱蒸汽的熱度。

4. 將順流式過熱器改裝為逆流式過熱器 如果飽和蒸汽進入過熱器的方向和爐烟流動方向相同，可以調換蒸汽出口和入口的位置，即將順流式過熱器改為逆流式過熱器，使過熱器出口管子和高溫爐烟相遇，這樣，可以提高蒸汽的過熱度。

5. 改善過熱器的爐烟通路 如果爐烟在較寬的烟道裏流通，不能夠均勻地給過熱器加熱，應該改裝或增加一部分蛇形管，填補在烟道裏。這樣，可以使爐烟的熱力充分均勻地傳到過

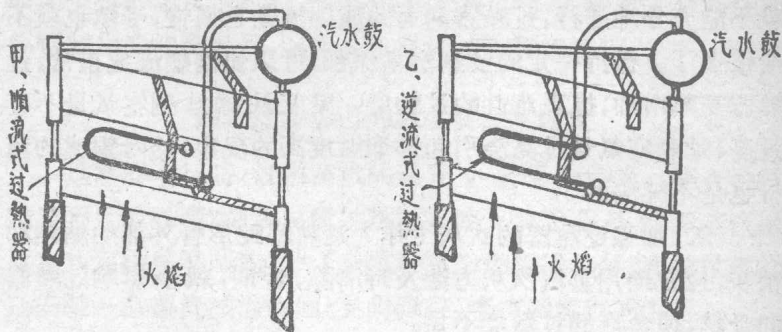


圖 10 將順流式過熱器改裝為逆流式過熱器

熱器中，提高蒸汽的過熱度。

6. 增加過熱器的蛇形管 用這種辦法，可以增加過熱器的受熱面積，這當然是最有效的辦法。但此法不能輕易使用，這是因為蒸汽過熱度不足的原因很多，如果不經過詳密地測定和計算，就盲目地增加了新管子，一旦其他條件改善（例如改用了火焰長的燃煤或運行的操作技術改進了），就很可能又出現汽溫過高的現象，所以，只有用以上幾種方法都不能改善蒸汽的過熱度時，才用這種方法。

二、過熱蒸汽的溫度過高

過熱蒸汽的溫度過高，超過了額定數值，害處也是很大的，汽輪機的隔板、輪葉等承受不了過高的蒸汽溫度，過熱器的金屬材料也因為溫度過高而容易損壞，這樣，就勢必要經常檢修，影響安全運行。下面我們把防止和處理過熱蒸汽溫度過高的辦法講一講：

1. 減小過熱器受熱面積 過熱器受熱面積過大，吸收的熱量就會過多，過熱蒸汽的溫度就會超過額定數值。因此，減小過熱器受熱面積是降低蒸汽過熱度的有效辦法，但這種辦法不能輕易使用，只有在採用其他方法仍不能達到要求時才可使用。

2. 降低燃燒時火焰中心的高度 使用揮發性大的煤燃燒時，火焰很高，往往超過第一排水管並接近過熱器。這樣，高溫爐煙便來不及在燃燒室內冷卻而直接沖洗過熱器，提高了蒸汽的過熱度。解決的辦法是加強二次通風，降低火焰的中心高度，使燃燒的火焰在燃燒室內被二次風打成旋渦，在燃燒室內完成燃燒的全部過程，煤粉不致一邊走一邊燃燒地飛向過熱器，這