

火电厂技工培训教材

鍋 炉 运 行

第 四 册

湖北省电业局編

水利电力出版社

內 容 提 要

电厂技工培训教材中鍋炉运行部分共分四册出版,本书为第四册。书中主要内容包括:汽水品质的监察和控制、热力测量仪表、鍋炉运行、鍋炉设备的热平衡、热效率和自动調整,最后还談到了事故处理。

鍋 炉 运 行 (第四册)

湖北省电业局編

1709B.359

水利电力出版社出版(北京西郊科学馆二里内)

北京市书刊出版业营业登记证出字第105号

水利电力出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

787×1092毫米开本*3张印张*88千字

1958年12月北京第1版

1960年4月北京第4次印刷(15,651—18,070册)

統一书号: 15143·1343 定价(第8类)0.38元

目 录

第九章 汽水品質的監察和控制	3
第一节 鍋爐用水處理的重要性	3
第二节 水中所含雜質及其對鍋爐的影響	3
第三节 給水處理的方法	6
第四节 水及蒸汽品質的標準	19
第十章 熱力測量儀表	22
第一节 壓力和負壓力的測定	22
第二节 重液式低地位水位計	28
第三节 奧氏煙氣分析器	31
第四节 流量測定	35
第五节 溫度計	39
第十一章 鍋爐運行	46
第一节 一般概念	46
第二节 鍋爐的起動及加入運行	46
第三节 運行中的監視與調整	56
第四节 停爐	68
第十二章 鍋爐設備的熱平衡及熱效率	77
第一节 熱平衡的意義及其組成部分	77
第二节 排煙熱損失	78
第三节 化學不完全燃燒損失	79
第四节 機械不完全燃燒損失	80
第五节 鍋爐四周散失的熱損失	84
第六节 鍋爐的熱效率	85
第十三章 鍋爐的自動調節	87
第一节 給水自動控制	87
第二节 汽溫汽壓調節系統	91
第三节 BTH 式電氣燃燒調節器	96
第十四章 事故處理	99
第一节 事故處理的原則要求	99
第二节 事故處理	103

第九章 汽水品質的監察和控制

第一节 鍋爐用水處理的重要性

在鍋爐設備中，水是主要的工作物質，沒有水鍋爐就不能運行，鍋爐給水是冷凝水和化學處理水（即補給水）的混合物，合理的水處理可以保證鍋爐設備的安全可靠和經濟性。

在不遵守鍋爐水處理制度的各種規定時，可能破壞鍋爐的運行工作，這不僅會降低設備的經濟性，而且直接危害到設備本身，以致造成嚴重的事故，同時也是引起下面各種現象的原因：

- （1）在省煤器、鍋爐水排管和水冷壁管內生水垢；
- （2）在給水管、省煤器和鍋爐內產生渣滓；
- （3）在過熱器和汽管內，以及在汽輪機的葉片上有鹽的附著物；
- （4）在鍋爐、省煤器、過熱器和汽管內發生金屬腐蝕；
- （5）鍋爐汽水共騰、起泡，將水帶往汽輪機。

要使鍋爐設備運行得正確、安全及經濟，必須對鍋爐汽水、鍋爐水和蒸汽的質量作有系統的化學監督工作，即對鍋爐用水進行合理的處理。

第二节 水中所含雜質及其對鍋爐的影響

1. 水中所含雜質的來源：水中所含雜質，可分為浮懸物與溶解固形物兩大類，它們都是雨水着地前帶下的灰塵和溶解在大氣中的一部分氣體，以及着地後流經地面或地下所帶進的泥砂、垃圾、有機物和溶解的礦物質。而溶解的礦物

質又由于地壳变动的結果，使水和大气有滲入岩石的机会而发物理变化和化学变化，物理变化是一种机械性的破坏使岩石仅由大而变小，它本身的性質并不改变，化学变化則完全改变了矿物質的成分，造成新的化合物，使它适应当地的环境。

2. 水中雜質的种类:

1. 浮悬固形物: 如无机物, 有机物, 膠体和微生物等。
2. 溶解气体: 如氧, 二氧化碳, 硫化氢等。
3. 溶解固形物: 如鈉, 鈣, 鎂, 鉄, 錳等氯化物, 碳酸鹽, 重碳酸鹽, 硫酸鹽, 硝酸鹽, 磷酸鹽等。

3. 水中雜質引起的不良影响.

1. 水垢: 汽水內的鈣、鎂鹽类及矿物質等, 在高热下最易沉淀, 日久天長积聚在鍋炉內部受热面上, 所形成的硬壳即叫水垢。水垢为不良导体, 如积的水垢相当厚时, 除能減低热力傳导效率及增加燃料耗量外, 常会使水管內阻力增大, 循环不良, 使鍋炉水管因过热而燒毀。水垢分有碳酸鹽水垢、硫酸鹽水垢、矽酸鹽水垢三种。

2. 腐蝕: 大多金属露于大气中, 尤其是在潮湿空气中, 起变化后便失去光泽, 使金属被复一层薄膜, 如普通所見的鉄锈, 再逐渐脱落而減少金属的重量, 这种現象称为腐蝕。鍋炉里面腐蝕情形与此大至相同, 但是因为环境关系, 腐蝕后的形状与普通所見者并不一样。鍋炉水中含有溶解气体二氧化碳(CO_2)和氧(O_2)时, 或汽水呈酸性时, 在鍋炉工作压力及温度下常使金属发生腐蝕。

3. 过水: 起泡沫, 汽水共騰, 过水, 这三个名詞大致相似。当汽水混合物离开水面而帶有固形物时, 都是这三种現象的結果, 所以只要发现蒸汽品質不良, 人們就以起泡沫、

汽水共騰或過水現象來解釋。為了選擇一個比較適當的名詞，以便普通應用，故分別解釋如下：

(1)起泡沫：在某種情況之下，在鍋爐水面上，因表面張力關係，起一層泡沫，阻礙爐水的表面蒸發，但這時爐水因受熱作用，蒸發壓力不斷增加，最後冲破爐水表面泡沫升騰。泡沫的外圍是一層水的薄膜，泡沫內面全是水蒸汽，當泡沫被水蒸汽冲破的時候，薄膜破裂成為細水珠而飛濺，或多或少地混入蒸汽內，這種現象叫做起泡沫。

(2)汽水共騰：當鍋爐急烈趕火或負荷突變或水位過高時，水面激烈動蕩互相沖擊，有如江海波浪，火力愈大，聲勢也愈凶猛，爐水回濺，使蒸汽中不但含有溶解固形物，而且含有懸浮物和淤泥，這種現象叫做汽水共騰。

(3)過水：凡爐水被連續帶入蒸汽中的現象叫做過水，一般說來並無詳細劃分的必要，遇蒸汽不純時，即認為鍋爐發生過水現象。

發生過水的原因，主要是鍋爐水中鈉鹽濃度太高，並且同時有懸浮固體存在，或水中含有油脂一類的有機物質，其次鍋爐急烈趕火，負荷突變，水位過高時，都可能引起汽水共騰現象。再者鍋爐構造與蒸汽品質有直接影響，根據一般經驗，鍋爐的蒸發率愈大，汽鼓的容量愈小時，發生過水的可能性愈大。

4. 苛性脆化：鍋爐設備若發生苛性脆化現象，會使鍋爐爆炸，即令鋼的質量很好也不能絕對避免。鍋爐水中鈉鹽濃度太高，或鍋爐金屬受應力太高或不勻部分，如鍋爐汽鼓接合處及脹口處等，常發生裂痕或苛性脆化現象，苛性脆化有三種因素：(1)鉚釘周圍或鋼板接頭處漏汽。(2)鋼鐵遭到熱變（即冷時受外力來影響過）。(3)苛性鹼度存在。三者缺一就

可不考慮苛性脆化了。

給水處理的目的，就是為了消滅以上四種弊害。

第三节 給水處理的方法

現代化的鍋爐設備，補給水在進入鍋爐之前，一般要先進行處理。水之所以必須預先進行處理，不僅是為了防止生成水垢，同時也為了防止金屬腐蝕及發生泡沫現象。

1. 爐外水處理：

(1) 沉淀過濾凝聚——用來去除水中懸浮固體之用。

沉淀法的理論：水在保持較長的靜止時間後，水中懸浮固體常可沉淀，因而減少水的渾濁度而初步達到使水澄清的目的；沉淀法能去除粒子較大的懸浮物，水中懸浮體的粒子只要比重大於水，都有下沉的趨勢。

過濾的原理：液體在流經多孔的物質，如黃沙、焦煤、木炭、砂礫、碎石、英棕櫚、海綿或帆布後，原來所含的懸浮固體及污質等，即被這類物質所留住，這種作用我們稱之為過濾；不過在水中懸浮固體體積過于微小時，常須兼用化學凝聚劑，使固體物的體積增大，然後再行過濾。

凝聚：生水經過沉淀及過濾後，可能有一部分粒子微細的固體仍懸浮於水中，我們就用化學凝聚劑如硫酸鋁及硫酸鈉等凝聚劑，使微小固體凝聚成較大的固體，然後再經過沉淀和過濾，即可將懸浮固體更有效地清除。

(2) 軟化法：在化學上認為純潔的蒸餾水，尚帶有酸性作用，對於鍋爐來說也不是無害的，這種酸性作用可以鹼性來中和，因此用氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及氫氧化鈉 (NaOH) 來處理送到鍋爐的補給水，使水中的鈣鹽和鎂鹽都被鈉鹽代替，也就是使水軟化了。這種事先處理水的方法就叫做軟化法。

石灰水溶液 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 仅对水中重碳酸鈣 ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)、重碳酸鎂 ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) 及碳酸鎂所引起的硬度能够有效地去除；而在处理硫酸鎂、氧化鎂及磷酸鎂时，就其反应结果来看，水内仍会有硫酸鈣及氧化鈣存在。如果加氢氧化鈉輔助处理，即可將剩余的有害鹽去除。但氢氧化鈉不能單獨用于含碳酸鹽的生水，因所生成的碳酸鈉存留在水中，碱性过高，常易使鍋炉金屬发生苛性脆化。

(3) 沸石鈉化法，以离子交换方法去除水的硬度所用的物質为沸石，是用阳离子物質来軟化的。有天然的海綠砂及人造硫化鈉与鈉沸石。所謂海綠砂是天然的砂子，深綠色，大小是0.2~0.6公厘，比重为2.2~2.85。硫化鈉的作用是当水通过后，水中一部分鹽質去掉而交换成另一种对鍋炉設備无害的鹽質。硫化鈉因为酸性溶液中不能溶解，故可以用酸作再生剂。使沸石在鈉离子完全与水中鎂鈣离子互換后，即失去軟化作用，而可以用鹽水使其再生，仍恢复其原有的成分与性質，可以繼續使用，鈉沸石是我們常用的一种軟化剂。

水在用沸石軟化以前，最好先用过滤器將水中的悬浮固体去除。不然污物粘結在沸石上层表面，会使沸石軟化效率在运用一极短时期后，就很快地下降。

(4) 蒸发：这是一种最妥善的水处理方法。用蒸发器来蒸发鍋炉的补充水，对中型发电厂的蒸发器是很可靠的設備。它可以改善发电厂的經濟性，因为有了它就可以不装其他化学水处理設備。这比裝置化学处理水設備工作可靠。

蒸发作用的理論：物質由液体状态轉成气体状态的作用称为蒸发。当然由水轉成汽也称为蒸发了。

水蒸发成汽、汽再冷凝成蒸餾水，蒸餾水所含溶解固体及悬浮固体量最低，这种水是最理想的鍋炉給水。

蒸发器虽有不同的型式，而且运用状况也各有不同，但都基于一相同的理論。蒸发器可以分为二主要部分：(1)蒸发部分——水被加热而汽化，(2)冷凝部分——蒸汽冷凝而成为蒸馏水。

蒸发器无论在高压或低压下运用，通常都用蒸汽来供給热能。蒸汽在傳遞其潛热后，自身也被冷凝成水，故蒸发器所产生的蒸馏水有二种来源，即生水被加热汽化而冷凝的水，以及蒸汽于供給热能后，自身所凝結成的水。

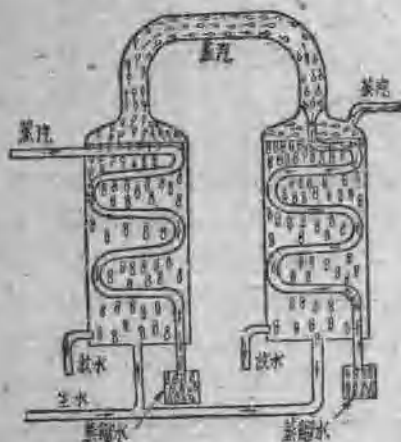


图 9-1 蒸发器运用的图解

蒸发器有其冷凝部分，也有利用表面冷却式冷凝器作为蒸发器的冷凝部分的。

生水在經過蒸发器处理后，所得的蒸馏水质地甚为純淨，原来水內所含的溶解固体都可以去除，然而这也不过对小規模蒸馏而言，如果大規模进行，蒸馏水內仍有可能含微量物質。

图 9-1 为一簡單蒸发器运用的图解。

(5) 排除水中气体的方法：

排除溶解于水中的气体是现代化学水处理必要过程之一，排除这些气体可以防止鍋內壁金屬的腐蝕，排除給水中气体有热处理和化学处理二种法方。

热处理的方法，是把未进锅炉的给水加热到沸点，使溶于水中的气体逸出水外，这种排除气体的装置叫做除氧器。

热处理的除氧器可分为两大类，即大气压力式除氧器和真空式除氧器，他们运用的原则是相同的。其主要区别是大气压力式的压力为 $1.15 \sim 1.2$ 公斤/公分²绝对压力，水的沸点是 $104 \sim 106^{\circ}\text{C}$ ；真空式除氧器水的沸点要低一些，约在 $92 \sim 95^{\circ}\text{C}$ 之间，沸点高低与真空度有关，当给水在除氧器内沸腾时，把溶于水中的氧和二氧化碳分解出来，由排气管排到大气中。

热除氧器设备系统如图9-2所示，其主要部分是除氧塔，除氧塔下面为一储水箱，所有凝结水及受化学处理的水，均自除氧塔上部注入塔内，经过淋雨装置变成细小的水滴滴向下部，与自除氧器下部引入的蒸汽相混合，温度升到沸点后，水滴沸腾起来，溶于水中的氧气便被排出；如果是大气压力式的除氧器则氧气从排气管跑出来，如为真空式除氧器则用抽气器将气抽去；至于自下部引入之加热蒸汽则变为凝结水了。

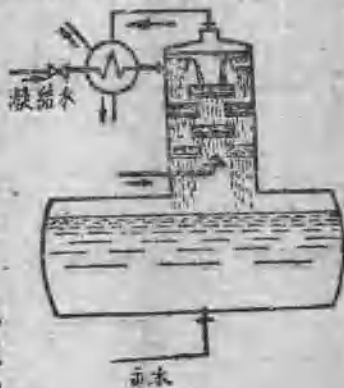


图 9-2 除氧器

一般用于除氧器的加热蒸汽，不必采用过热蒸汽和饱和蒸汽，可以用从蒸汽泄水器中引来之蒸汽，或从连续排污膨胀器中引来的蒸汽或汽机的抽汽，总之是利用使用过的蒸汽来加热给水。真空式除氧器与大气压力式除氧器没有多大区别，只是前者所用的加热蒸汽是从第二蒸发器的二次蒸汽中

引来的，其设备的简单系统如图9-3所示。真空式除氧器内容易漏入大气，失去除氧效用，并需用一抽气器，故一般电厂不常采用。

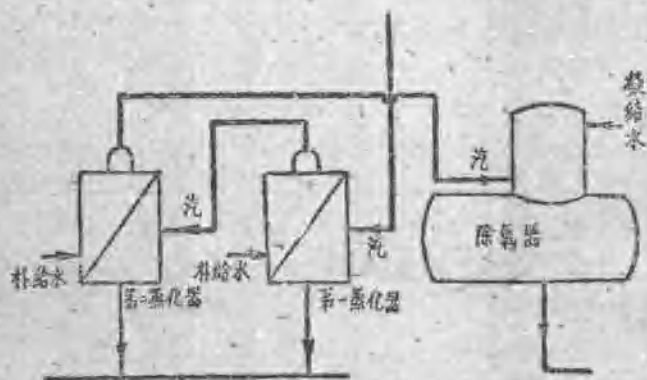


图9-3 真空式除氧器

混合式除氧器略如图9-4所示，这种除氧器是一面加热，一面化学处理。金属箱的中部放金属格板，格板上放置干淨的铁屑，它能生锈变成 Fe_2O_3 ，而具有吸收水中氧的特性。

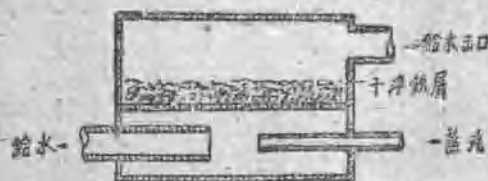


图9-4 混合式除氧器

普通用化学除氧，是在锅炉给水未进锅炉前进行的，往往是先经热除氧器除氧后，再用化学除氧的方法。这样可彻底消除给水中的氧，同时也可节省使用化学药品，象亚硫酸

總對於鍋爐是没有什么好处的，并尽量地少用才好。关于鍋爐給水中含氧的标准定額，中压鍋爐为0.05毫克/公升，高压鍋爐还要低些。热除氧器可保証鍋爐給水中含氧量低于定額数字，約可达0.01~0.015毫克/公升。如果想要得到不含氧的鍋爐給水，則必須再經過化学处理方法。

2. 爐內水处理:

經過了爐外水处理以后，并不能將水中含鹽完全除掉，而只是將特別不利于鍋爐的鹽質，代以另一种鹽質；这类鹽質在正常运行情况下，对于鍋爐是无害的，甚至或多或少是有益的。

經過处理的水，其含鹽量并不是减少而是加多了，不过他对于鍋爐的作用不同。經過化学处理的水，可以防止鍋爐內部結垢，但并不能完全防止鹽質被帶入过热器甚至汽輪机內，因此泡沫的問題及蒸汽帶入鹽質的問題仍旧存在着。所以鍋爐給水的預行处理，并不是否定了鍋爐內水处理的必要性。

(1) 磷化法：为了使經過处理的水中的殘留硬度全部消除，一般在鍋爐給水中注入磷酸鹽溶液，它可使水垢之組成物变粘質物而沉淀在水底随放污排出。这种化学变化过程謂之磷化法。一般常用磷酸鈉溶液 ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 来进行处理。

(2) 鍋爐排污:

为了保持炉水具有固定的鹽質濃度，必須使进入鍋爐的鹽質数量等于被排除的鹽質数量，要达到这个要求必須对鍋爐进行排污。

鍋爐排污分两种：連續排污和定期排污，利用連續排污的方法可使炉水長期的保持良好品質，使含鹽量的大小不致发生泡沫現象，并使鍋爐長期使用不致結垢。排污量百分数

与鍋炉給水質量有关，也与汽鼓內防止发生泡沫防止蒸汽帶出鹽質的設備有关。鍋炉給水永远較炉水純淨，炉水因不断蒸发結果使含鹽濃度增加，因此連續排污量只等于給水量很小的百分数。实验已經証实，炉水含鹽質最多的部分是在接近鍋炉汽鼓內水面部分，故連續排污設備就裝在汽鼓內接近水面部分。不过炉內粘質物是必須自鍋炉最低点排除的，因此还需要进行定期排污。

連續排污裝置如图 9-5，由一主管通到汽鼓內，在中間

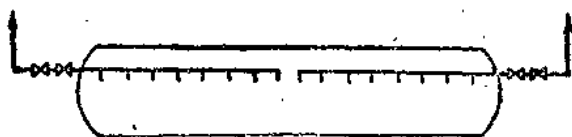


图 9-5, a 連續排污裝置

截断分成二段，并將断口焊死，在主管內裝賢管或在主管內鑽眼也可，引出部分裝二个截門，一在完全开启或关闭时用，一在調整时用。

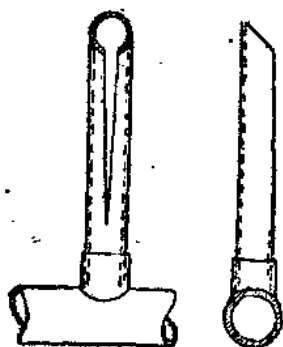


图 9-5, 6

連續非污水的溫度为飽和溫度，可用以加熱給水。

排污热量可以利用，但只是在排污量較大时才合算，排污量很小时則用不着。

我們采用应有的水处理方法，适当的进行定期排污，排出粘質物，再利用連續排污来防止炉水含鹽量的增加，就不会发生鍋炉管及过热器管結垢或变形的現象。

(3) 分段蒸发法:

当锅炉需要大量经过化学处理的补充水，而汽鼓内盛水容积又不太大时，为了保持锅炉水含盐量的正常，就必须大量排污。然而排污增多，必然使锅炉的经济性降低。锅炉的排污量与锅炉水的含盐浓度有直接关系。因此若能使排污水中的含盐量增加，就可以减少排污水量。现在利用分段蒸发方法正是为了达到这一目的。简单的说，分段蒸发的作用有二：(1)减少排污水量；(2)提高蒸汽品质。

二段蒸发是增多排污水中含盐浓度的方法之一。此外，更进一步尚有三段蒸发法。除了二段蒸发外，在系统中另装置一旋转分离式的排污分离器及蒸汽冲洗装置，这种旋风分离器的制造原理很简单，就是使蒸汽流动方向变更，借不同重量的物质的离心作用，把蒸汽中的水分分离出来，改善蒸汽品质。

分段蒸发法具有这些优点，但不一定各个电厂都要安装，必须考虑是否需要和有利。如使用凝结水和蒸馏水的锅炉，不论其蒸发量及汽压为若干，均不需要安装此类装置。

一般锅炉要改为二段蒸发，需要做以下改进工作：第一要在汽鼓内装一隔板，如图 9-6 所示，将汽鼓分为二部，前部为第一段或称为清洁部分，其容积约占全部汽鼓容积的 80%。而锅炉水管的受热面在第一段下也是占 80%。后部为第二段，约占全部汽鼓容积的 20%。隔板可用钢或铁制成，其厚度为 5~8 公厘，主要是不致使其变形。在隔板上汽鼓中綫稍低处开一孔，使第一段锅炉水可进入第二段。至于洞孔之大小可和汽鼓之入孔相同。隔板下部及两侧与汽鼓相连接处要焊接。而在上部要留一空间，其高度为 250~300 公厘。但隔板之高度要保证水位最高时不会溢流。汽鼓内所有的水

管或艙管都要彼此分開，使其分成為二個系統。

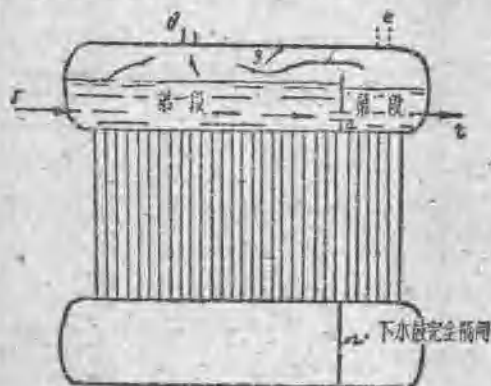


圖 9-5 二段蒸发簡圖

a—隔板；b—進水門；c—飽和汽出口；d—排污門；
d—分離器；e—第二段飽和汽出口。

由圖示可以看到鍋爐給水由b處進入，在第一段所生之蒸汽由c處出去。因此在第一段之鍋爐水由於蒸汽的蒸发而含鹽濃度加大時，就需要排污，但只排至第二段。至於第一段鍋爐水的含鹽濃度是完全適合蒸汽質量的要求的，同時也不會發生泡沫現象。第二段中鍋爐水的濃度要比第一段大，有時高至三、四倍，甚至於五倍。這些濃度大的鍋爐水系由d處排至爐外。如果第二段的濃度大，則相對的排污水量就減少。所以濃度若大三倍四倍或五倍，則排污量就減少到原來排污量的三分之一，四分之一或五分之一。在第二段蒸發出之蒸汽亦由e處出去，因其質量較壞，所以在d處裝一汽水分離裝置，同時由d處出去之蒸汽需經過一個相當長的行程，盡量使第二段所生的蒸汽品質變好，並且蒸汽由d處出去時尚須與第一段之蒸汽混合受到補給水的沖洗，故其最後由c處送

出之蒸汽品質要比在 ϕ 处直接送出去的好得多了。

以上即为二段蒸发之主要情况。这种装置运行得好，效果也好，但如运行不良时，则可产生更坏的结果。第一，如水位高过隔板时，则含盐浓度大的炉水就要倒流到浓度小的部分去，使整个汽鼓的浓度超过定额，此时蒸发出来的蒸汽品质一定很坏，甚至比不用分段蒸发还要坏。第二，如第二段排污量不够时，容易发生泡沫现象，此时第二段有泡沫之污水也可流入第一段或被带至过热器及汽轮机。第三，因为第二段浓度高，所以当水管接口不严密时，则可因盐质的腐蚀作用而发生脆裂现象。

(4) 用给水洁淨蒸汽的方法：

事实证明，用给水清除蒸汽中的盐质是一个很好的办法。因此现代锅炉的给水进入汽鼓，不仅作给水用，同时也作洗涤蒸汽之用。以前锅炉给水是集中两点进入汽鼓的，现在是接一根管子，在管子上鑽一二十个小孔通至水槽，这水槽安装成水平的。给水由水槽溢流到金属孔板上，再由眼孔下落，而蒸汽则由眼孔上升至受到给水的冲洗而变得洁淨，使水分的平均含盐量大大减少了。

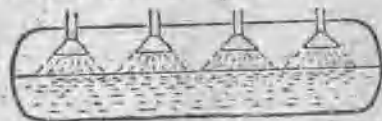


图 9-7 给水洁淨蒸汽图

再有一种是装很多喷嘴形给水管，如图 9-7。或者另一种分离器装置，如图 9-8。蒸汽由铁槽上升，水则逆流向下，因此蒸汽中的盐质就被冲洗去了。

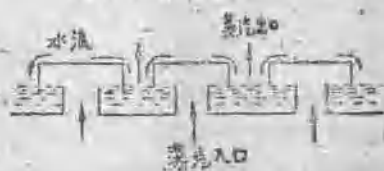


图 9-8 给水洁淨蒸汽图