

火力发电厂运行 分析的几个问题

苏联 E. H. 里明著

水利电力出版社

34

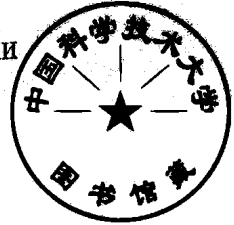
01

內 容 提 要

本書是根据苏联专家 E. H. 里明在我国前电力工业部所举办的总工程师訓練班上講課的講義翻譯过来的。主要内容是如何对电厂的运行情况进行足夠的統計和分析, 如: 鍋爐机組和汽輪机組的运行經濟指标, 电厂水的回热、热损失和厂用电, 以及机組在并列时运行的經濟方式等, 最后还闡述了如何对电厂运行指标进行統計和分析。

本書可供火力发电厂的厂长、总工程师和工程技術人員閱讀。

Е. Н. ЛИМИН
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА
РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



火力发电厂运行分析的几个問題

富拉尔基热电厂专家工作科譯

*

1972R429

水利电力出版社出版 (北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

850×1168 1/32 开本 * 2 1/2 印張 * 68 千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—3, 100册)

統一書号: 15143·1559 定价(第10类)0.46元

目 录

第一章 鍋炉机組运行經濟指标的分析	3
第1节 排烟热损失	3
第2节 化学和机械未完全燃燒的热损失以及周圍介質 散热损失	11
第3节 鍋爐的經濟运行方式	13
第4节 鍋爐变化方式下的损失	22
第5节 自动化的效果	25
第6节 鍋爐机組运行經濟性和可靠性的相互关系	26
第二章 汽輪机組运行經濟指标的分析	27
第1节 概論	27
第2节 影响真空的因素	29
第3节 凝汽设备运行的监督	36
第4节 凝汽设备运行不正常的象征和可能的原因	43
第5节 凝結水的过冷却度	48
第6节 蒸汽规范对經濟性的影响	52
第7节 軸封間隙对汽輪机运行經濟和可靠性的影响	53
第三章 电厂內水的回热	54
第1节 概論	54
第2节 对回热循环运行的监督	56
第四章 电厂的热损失	58
第五章 厂用电	62
第1节 概論	62
第2节 輸煤设备耗电量	62
第3节 制粉设备耗电量	62
第4节 吸送风耗电量	67
第5节 給水泵耗电量	68
第6节 循环水泵耗电量	69
第7节 电气设备的运行方式和厂用电	70
第六章 机組并列运行的經濟方式	71
第七章 电厂运行指标的統計与分析	75

序 言

本書是作者于1957年在前电力工业部举办的总工程师訓練班上和富拉尔基热电厂为北京、辽宁、太原及包头新建电厂培訓领导干部所講的講义稿。

运行經驗証明：保証电厂安全、經濟的运行不仅与正确維護設備有关，而且与仔細地进行电厂运行情况的分析也有关。建立严格的制度以及对电厂設備运行情况进行足够的統計和分析，能够及时而又順利地消除已发现的缺陷，从而就可避免經濟指标的降低或在运行的設備上发生事故。

本書中叙述了关于如何对电厂的运行情况进行足够的統計和分析的問題，但未完全包括电厂运行情况分析方面的所有問題，仅涉及到了此問題的某些部分。

作 者

目 录

第一章 鍋炉机組运行經濟指标的分析	3
第1节 排烟热损失	3
第2节 化学和机械未完全燃燒的热损失以及周圍介質 散热损失	11
第3节 鍋爐的經濟运行方式	13
第4节 鍋爐变化方式下的损失	22
第5节 自动化的效果	25
第6节 鍋爐机組运行經濟性和可靠性的相互关系	26
第二章 汽輪机組运行經濟指标的分析	27
第1节 概論	27
第2节 影响真空的因素	29
第3节 凝汽设备运行的监督	36
第4节 凝汽设备运行不正常的象征和可能的原因	43
第5节 凝結水的过冷却度	48
第6节 蒸汽规范对經濟性的影响	52
第7节 軸封間隙对汽輪机运行經濟和可靠性的影响	53
第三章 电厂內水的回热	54
第1节 概論	54
第2节 对回热循环运行的监督	56
第四章 电厂的热损失	58
第五章 厂用电	62
第1节 概論	62
第2节 輸煤设备耗电量	62
第3节 制粉设备耗电量	62
第4节 吸送风耗电量	67
第5节 給水泵耗电量	68
第6节 循环水泵耗电量	69
第7节 电气设备的运行方式和厂用电	70
第六章 机組并列运行的經濟方式	71
第七章 电厂运行指标的統計与分析	75

第一章 鍋爐機組运行經濟指标的分析

第1节 排烟热损失

鍋爐機組运行的經濟性，在很大程度上决定于排烟热损失的大小。这一损失是鍋爐機組损失中的主要一項，尤其是当燃煤挥发分大的时候。

降低此項损失是一个极为迫切的任务。对苏联制造的新型高压鍋爐說来，在省煤器入口給水温度为 215°C 和过剩空气不超过規定标准的条件下，最高的排烟温度是 120°C 和 150°C (視燃煤干燥或潮湿而定)，此时排烟热损失相应为 5% 和 7% 左右。

如果用增加省煤器和空气預热器受热面的方法，进一步降低排烟损失，实际上是不合算的。因为在上述排烟温度条件下，省煤器“冷端”和第一段空气預热器“热端”的温压(温度差)只为 25°C 左右。

当鍋爐运行方式与設計数据不相符合时(負荷降低，发生热偏斜等)，則此温压(温度差)近于零，此时部分受热面即失去了作用。因此，当研究降低新型鍋爐排烟损失問題时，只能从减少鍋爐烟道漏风方面着手。

通过計算得知：例如对 TII-230 型鍋爐來說，如果消除漏风就可以在保持原設計排烟损失条件下减少尾部受热面。这样总共可节省出 130 吨金屬(其中单就减少受热面而言，即可节省 100 吨)。

对旧式鍋爐还可以用增加受热面的方法降低排烟损失，但在这种情况下应确知这一损失用减少漏风和調整鍋爐燃燒的方法已不能再降低了。因此，我們着重从采取运行措施方面談談這個問題，至于設備的改造(通常都需要消耗一定数量的貴重材料和經費)，則在所有运行問題解决之后再講。

我們首先談談漏风对鍋爐機組运行經濟性的影响。

漏风是增大排烟损失的主要原因之一，为了保証鍋爐機組的

經濟而安全运行，就必須正确地組織燃燒而保持正确的燃燒和保証最小的热偏斜与空气的供应和分配有很大关系，保持有一二次风量的适当比例对合理組織燃燒是有重要作用的。鍋炉机組空气平衡的特点决定于燃料的質量、制粉設備的系統、燃燒方法和鍋炉机組的构造特点。但是，不論何时，供入鍋炉机組的总空气量都由下列两部分組成：一部分是經噴燃器供入的能控制的热空气；另一部分是在鍋炉烟道和干燥制粉系統漏入的不能控制的空气。漏风量愈少，鍋炉机組的运行就愈經濟、愈可靠。漏风地点离燃燒室愈近，則它对受热面热力状况的影响就愈大。尤其是炉墙的漏风和从制粉系統漏入而进入燃燒室的冷空气对鍋炉机組热力过程的影响更为显著。

上述現象可作如下解釋：因为受热面的輻射受热量与炉烟温度的四次方成比例。所以由于燃燒室吸入冷空气而使炉烟温度降低时，輻射受热量亦随之按四次方关系成比例地降低。又因冷空气只有一少部分参加燃燒，所以会使燃燒室受到冷却，减少水冷壁的直接受热，这样也就相当于一部分受热面失去了作用。

燃燒室中或鍋炉机組其他某一部分的傳热条件变坏时，会使后面的受热面的热負荷增加。例如：由于燃燒室漏风使水冷壁熱負荷降低了，所以过热器前炉烟的温度就要升高，这样蒸汽的过热温度就会超过規定的数值。

直接进入燃燒室的漏风，除了会影响傳热外还有一个很大的坏处，就是由于这种漏风使鍋炉机組的烟气阻力显著增加，因而大大增加了吸风机的耗电量，这一点是燃燒室漏风比其他处漏风更不利之处。

从另一方面看来漏风量增加，排烟量也增多，因此也会增大吸风机的耗电量，鍋炉机組各部烟道的漏风在个别情况下会使吸风机耗电量增加60~70%，有时甚至增加一倍以上。

上述情况給空气預热器的工作造成了更不利的条件，因为燃燒室、制粉系統漏风使热空气的需要量减少了，因之也就减少了通过空气預热器的空气量，在这种情况下热空气温度即行升高，

空气預热器的正常温度条件，也就变坏了。空气預热器中空气流速的降低会使金屬壁至空气的傳热系数减少，这样就增大了排烟温度。

漏风除了会使傳热条件变坏而引起热損失增加外，由于它使排烟量增多还能直接使此热損失增加。

如上所述，漏风能使吸风机負荷增加，因之会限制鍋炉的出力，或者被迫降低燃燒室的过剩空气系数。經常有这种情况，在火力发电厂中由于不重視消除鍋炉机組漏风的工作，使燃燒室不得不在空气不足的条件下运行。在这种条件下燃燒室的燃燒就发生了紊乱現象——拖长了燃燒过程。此时，未完全燃燒的燃料和未完全燃燒产物即排入烟道，結果造成了很大的化学和机械未完全燃燒損失。燃燒室在这种方式下运行常常会引起水冷壁管和第一排排管的結焦，有时結焦还会发展至过热器区域。結焦能破坏炉內的正常工作——引起受热不均；破坏鍋炉某些部分的循环；在运行中某些受热面发生热偏斜。受热面正常受热条件遭到破坏以后又会引起排烟温度的显著增加。

烟道部分的漏风会妨碍我們对空气供应和分配情况的正常了解，因为固定的瓦斯分析器分析的炉烟通常都取自燃燒室出口烟道，有时是取自空气預热器出口烟道，如果有了新的漏风地点（而这在制定运行卡片时沒有考虑在內）就会使瓦斯分析器的指示降低，这样就使司炉对燃燒室运行方式有了不正确的了解，在这种情况下，他就要采取措施提高 CO_2 数值，也就是减少燃燒室送风量。这样燃燒室的燃燒状况就要变坏了。

如上所述：漏风会使吸风机負荷增加，而且更重要的是会增加耗电量，在鍋炉运行中还会发生这种情况：由于空气預热器不严密而发生漏风时漏入的空气会受到两次鼓动——首先是送风机，然后是吸风机，因此，在这一漏风上所消耗的电量就要增加一倍。

总之，鍋炉机組的漏风会引起排烟热損失增加；多耗費厂用电；如果没有备用吸风机还不得不降低燃燒室的过剩空气系数，

这样就会引起燃烧的紊乱，产生化学和机械不完全燃烧损失，使燃烧室和第一排排管结焦。

漏风对锅炉机组技术经济指标的影响不能用计算方法很精确的求出，因为排烟温度和烟气阻力数值决定于锅炉机组漏风的地点，而漏风地点的分布是完全没有规律的。

锅炉烟道漏风对排烟热损失的影响大致可用下列数字说明（对大部分硬质燃料都适用）：

CO_2 含量每降低 1%（由于炉烟体积增加—— $\Delta q, v$ ）排烟热损失约增大 1.0%。

排烟温度 ($t_{y, \text{m}}$) 每升高 10°C （由于炉烟温度升高—— $\Delta q, t$ ），排烟热损失约增大 0.7%。

在某一电厂中有 6 台锅炉运行，由于引风量不足，这些锅炉都不能保持经济运行，同时所带负荷比额定数值低 10~20%，因此想把其中四台锅炉的吸风机加以改造，吸风机改造工作需要消耗大量金属材料 and 人工，经过对锅炉机组设备情况和工作情况仔细检查分析之后，发现锅炉机组和制粉系统都有极严重的漏风，此外，通过专门试验证实吸风机效率达不到出厂标准（63~65%）而只有 30~35%，因此必须对吸风机的情况作仔细研究，经过调查证明，原来这几台锅炉的多管式除尘器工作不正常，除尘器工作不正常大部分都是由于运行不当所造成的。到目前为止，我们所遇到的多管式除尘器工作不正常的情况，不仅是由于构造不良（有时是由于这种原因），而且主要的还是由于运行维护不好所造成；除尘器工作不正常不但会妨碍附近地区的卫生，而且会影响吸风机的工作，因此对此问题应该仔细加以研究。

经过检查证实该发电厂的多管式除尘器工作不正常是由于下列原因所造成的：

1) 除尘器下部灰斗内的集灰是定期排除的，但有时灰斗被充满，使某些旋风器发生堵灰现象。

从图 1 可以看出，除尘器灰斗中灰位不成水平状态，这种情况，一方面是因为各个旋风器进灰量不一样，另一方面也是主要

的一方面，是由于灰斗金属壁内部表面粘灰所造成。发生后一种情况时，随着灰斗内灰位的升高，靠灰斗四周的几个旋风器的排灰口首先被堵死，此时其余旋风器下面的灰位还远未达到排灰口水平面。在这种情况下靠除尘器灰斗四周的旋风器锥形部分集满了灰，但集灰只能达到某一限度(如图1所示)，根据经验得知：当灰斗排灰时，堵灰的旋风器经常不能将灰放出，因此这种旋风器仍旧不能加入运行，这时他们虽然不起除尘的作用，但是仍有带灰的炉烟成旋涡状通过它们排出。这样就使排烟管受到严重的磨损。没有经过除尘的炉烟从排烟管上磨穿的孔眼出来，直接进入了吸风机；

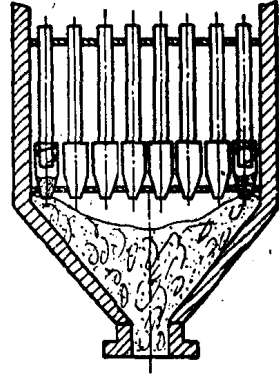


图1 多管式除尘器灰斗
(除尘器灰斗中灰位不成水平状态。甚至在灰斗未积满灰的情况下，靠近四周的几个旋风器的排灰口都有可能被堵死，从而使这些旋风器的排烟管遭致磨损)

2)发现几乎所有的灰斗和排灰管都有漏风，这会使飞灰在多管式除尘器中的清除程度大大降低；

3)由于除尘器入口炉烟速度和灰的浓度分布不均匀，使多管式除尘器排烟管受到强烈磨损。

管子磨损最严重的地方是上部、管板下面，因为当炉烟转弯时，最大的灰粒都集中于上部，磨损的结果使第一排管子的正面管壁形成了孔洞，炉烟通过这些孔洞进入管内，此时炉烟中灰粒的浓度较大(孔洞附近灰粒的浓度大于平均数值)，流速也较高(排烟管内侧和外侧的压力差几乎等于除尘器的阻力)，因此炉烟进入管内，就冲击到对面管壁的内表面上，即形成第二个穿孔。由于炉烟流速很高，所以第二个穿孔的形成比第一个要快得多。如上所述，由于在排烟管上形成了孔洞，含有大量飞灰的炉烟进入净烟室，减低了整个除尘器的除尘效能，并加剧了吸风机的磨损。

在該电厂中經過对除尘器的檢查証明，即使排烟管有較輕微的损坏也会使除尘效率有显著的降低。

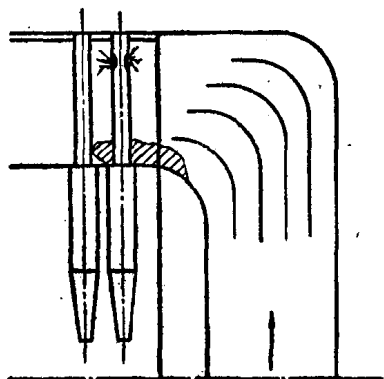


图2 多管式除尘器分配室
(由于爐烟速度和灰的濃度分布不均匀，使第一排排烟管的上部受到剧烈磨損。第一排管积灰而第二排导向装置堵灰。在入口烟道中装置导向板，以防止此两种情况)

此外，还发现有集灰現象(如图所示)，集灰都是在炉烟流速不大的地方，也就是位于排烟管磨損处的相对部位。

集聚的飞灰也会伸展到下一排(如图2为第二排)旋风筒的上部，当集到一定数量时，即塌落下来将这一排旋风器內导向叶片堵死。

除尘器入口烟道中原先并没有装置导向板(如图2所示)，关于导向板的作用将在下面再談。

由于鍋炉除尘器工作不正常，所以必須經常檢修吸风机轉子和外壳。在檢修时因为对制造

轉子的設計資料沒有注意，以致使叶片出入口角度以及叶片之間的距离不合乎标准，所有这些都引起了吸风机效率的降低。

又因对保持入口管边缘与轉子叶輪之間間隙注意不够，使部分炉烟經過这些間隙流过(如图3所示)，这样也使吸风机的效率降低了。

經過檢查还发现，从多管式除尘器到吸风机一段烟道上有严重的漏风。这段烟道的漏风平常不加以測定，因为 CO_2 测点設在鍋炉机組范围内，所以这里所談的漏风就不只是发生在上面所講的多管式除尘器中，而且也发生在吸风机內被

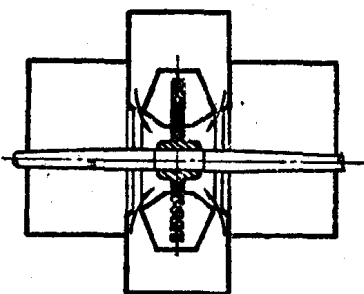


图3 吸风机結構

当入口管与轉子叶輪的边缘之間間隙大时，則发生严重的爐烟反流現象，从而使吸风机的效率降低

灰磨損的吸入室及外壳上。同时，几乎所有的吸风机軸与其吸入室之間都有大量的漏风，为了說明除尘器到吸风机这一段烟道的漏风情况，只要举出漏风数字就足够了，这时 $\Delta\alpha = 0.15 \sim 0.18$ ，显然，这是不允许的。

在該发电厂中从測定知道制粉系統的漏气是非常严重的，变化范围經常在60~70%之間。当把該电厂鍋炉分場运行情况彻底了解以后問題就很清楚了，即为了提高上述四台炉的出力并不需要装新的吸风机，但是，必須把現有的吸风机按照設計技术标准进行調整并消除鍋炉机組和制粉系統的漏风。

为了改进除尘器的工作采取了一些調整的措施，其中有：

1)建立了由除尘器灰斗中定期排出細灰的严格制度，以消除除尘器旋风筒堵灰現象；

2)檢查了除尘器灰斗的严密性，并消除了所有漏风；

3)为使第一排排烟管前的炉烟及其中的飞灰能均匀分布，以免排烟管发生損坏和减少第一排处的集灰現象，在除尘器入口烟道中装置了导向板。

这些措施是在鍋炉机組大修时完成的，实现了上述措施以后，这些鍋炉不但可以帶滿負荷运行，而且鍋炉效率也提高了1.5~2%。

我們举这个例子的目的是为了說明某些单独的设备（例如多管式除尘器）对整个鍋炉的运行調整有多么巨大的意义，另一方面也可以看出在运行中監視漏风以及消除漏风的重要性。

不重視烟风管道和鍋炉机組的严密性会引起鍋炉效率显著的降低，并使厂用电消耗增加，試問在运行中对这一問題的重視不够又該怎样解釋呢？

每个負責这方面工作的工程技術人員都明白，减少漏风，使它达到規定标准将有多大好处，同时也很清楚消除漏风一般來說并不需要任何的設備改造，而只需要运行人員經常保持各处的严密性就行了。

我們認為在消除漏风工作中有些人感到困难的并不是消除漏

风的方法，而是寻找漏风的地点，因为漏风散布面很广，而且鍋炉机組某些部件很不容易进行检查。应该指出，如今在苏联很多先进的电厂中对漏风問題給予了极大的重視，結果这些电厂中漏风不仅达到了法規上规定的标准，而且已經低于这一标准。

电厂总工程师应当教育运行人員与漏风作不調和的斗争；負責消除鍋炉漏风的組織应有系統地进行这一工作并应建立一定的制度。但是很遺憾，現在仍有一些电厂都沒有这样做。

現在我們就仔細研究一下在消除漏风方面的几个問題；烟道、风道不严密的地点是很多的，漏风的方式也各有不同。如：鍋炉机組各处孔門、吹灰孔、机組的外皮热膨胀伸縮节等处不严；炉墙細小的裂縫；鍋炉烟气管道焊縫的質量不好或有裂紋以及板型空气預热器中被飞灰磨坏的和破裂的焊縫等。

檢修以后，鍋炉机組——鍋炉本体和鍋炉的附屬部件（空气預热器、制粉系統）的严密性必須进行检查。严密性檢查的方法很多，但通常都采用鍋炉送风机向試驗部分鼓风的方法，如果是檢查空气預热器严密性，則需将其空气出口的擋板关上或用堵板堵死。檢查制粉系統时应将排粉机出口擋板关闭；鍋炉本体作檢查时将吸风机入口擋板关闭。当檢查时可用白粉送至送风机的入口，但最好用烟硝。必須指出：在鍋炉不运行时檢查燃燒室和烟道的严密性只能用烟硝的方法，其他方法的效果都不好。

鍋炉机組投入运行以后，应该用炉烟分析的方法檢查单独部件的严密性，至于漏风的地点則須用火把进行检查。通过对制粉系統运行的檢查得知：其漏风經常是很严重的，常常达到不允許的数值，但一般对消除漏风这一工作却重視不够，磨煤机頸部密封不严，鎖气器工作不正常（有时由于鎖气器調整得不好，工作不正常，运行人員就把它們吊起来不用），煤粉管磨坏了不及时修理，也造成了大量漏风。

前面已經講过，由于制粉系統的漏风，使大量的冷空气进入燃燒室，所以使燃燒过程遭到了破坏，在这种情况下排烟温度必然会升高，这一方面是由于燃燒室中燃燒过程拖长，而另一方面

是由于制粉系統大量漏风使空气預热器的利用率降低所致。制粉系統的漏风会引起排粉机耗电量的增加。

制粉系統管道漏风对制粉設備本身的运行的影响是极大的，可以引起干燥介質温度的降低，因此就会使煤粉的湿度增大；使煤粉粒度加大，磨煤机出力降低，限制了排粉机和整个制粉系統的出力。

关于鍋炉机組以及制粉系統漏风对排烟損失的影响問題我們已談得够詳細了。

現在我們再扼要地談談鍋炉机組受热面的清洁程度对排烟損失的影响。經驗証明：如果在某一发电厂中鍋炉的吹灰装置装备情况不变，鍋炉机組运行状况和維護水平（其中包括燃燒室結焦和燃燒情况）也相同，那么当这些机組在稳定状态下运行时，由于鍋炉受热面不清洁引起的排烟損失（即排烟温度的升高）大致会保持不变。鍋炉机組在停炉清扫完毕重新投入运行以后，受热面积灰結焦的稳定状态对不同的鍋炉來說是不相同的。一般說来，由于受热面不清洁而引起的排烟温度的升高和烟气阻力的增加（吸风机耗电量的增加）只发生在鍋炉投入运行后的头一两个月內。如果在以后的运行中能够严格的遵守受热面打焦和吹灰的規定，那么排烟温度以及烟气阻力即会保持固定数值。

第2节 化学和机械未完全燃燒的热損失 以及周圍介質散热損失

我們都知道，鍋炉机組的化学和机械未完全燃燒損失是决定于燃燒室过剩空气量是否合适，空气的供应和分配是否正确，噴燃器工作得是否正常（亦即一二次风速比是否保持了最佳的数值），給粉机工作得是否良好以及其他一些与燃燒过程有关的問題。

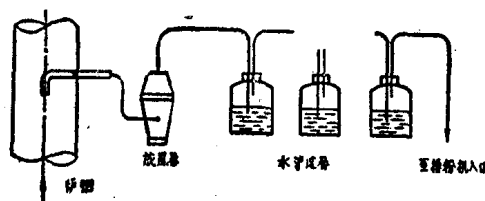
机械未完全燃燒損失还决定于煤粉的細度，而煤粉的細度通常都是根据制粉耗电量和飞灰可燃物損失确定的。

在鍋炉設備运行中由于飞灰取样器（小旋风筒）經常不好使，所以給确定机械未完全燃燒損失带来了很大困难。但同时我們又

知道，准确的测定 q_1 数值(尤其对于挥发分少的燃料)是有重要意义的。

在设备运行条件下取灰样时要求烟道中烟气的速度和取样管中的烟气速度最好要保持相同，但这是很难的，旋风器中的布质滤过装置很容易被烧坏，必须经常更换。

根据多次的观察证明，含可燃质很少的细灰粒在小旋风筒中不能分离出来，而一直送到与小旋风器吸出管连接的排粉机入口



或其他地点。为了使取样方法更精确，曾作了试验：取三个水过滤器与旋风器串联起来如图4所示。

图4 精确飞灰取样的方法(将三个分离细灰的水过滤器同旋风器串联起来)

试验结束后，将旋风器中的飞灰取出，并将过滤器中的水通过滤过纸放出。然后把旋风器中和过滤器中的飞灰试样加以称量，以测定飞灰可燃物。

试验的目的是为了确定旋风筒排出来的细粒飞灰取样的校正系数(这些小粒飞灰试样中的可燃质很少，并在求 q_1 损失时影响计算的精确性)。

此校正系数应该用下列方法求出：

假如：从旋风筒中取出的飞灰是550克，从过滤器中取出的是50克，旋风筒所取飞灰中的可燃物是2%，过滤器所取飞灰中之可燃物是0.5%，由此可求出总飞灰可燃物的百分数：

$$Z_{\phi} = \frac{G_u \cdot Z_u + G_o \cdot Z_o}{G_u + G_o} = \frac{550 \times 2 + 50 \times 0.5}{550 + 50} = 1.7\%$$

$$\text{校正系数值 } K = \frac{1.7\%}{2\%} = 0.85.$$

为了确定飞灰中实际含可燃物的百分数，须先用旋风筒取灰样，求出可燃物百分数，然后再乘以校正系数0.85。

测定灰渣可燃物则更为困难，所测出之数值不一定都能表示

实际情况。虽然如此，但是还应该每班中取平均试样作分析。实际证明，在这种情况下司炉经常须要根据这一数值进行调整，以使灰渣可燃物损失保持最低。

锅炉机组散热损失的绝对值是不变的。根据锅炉负荷的不同，此损失在1.2~0.5%范围内变化。

第3节 鍋爐的經濟运行方式

现在我们就来研究一下，为了使所有的损失能降低到最小的限度，应该根据那类指示进行锅炉机组的操作。

已经讲过，为了使燃烧正确进行，必须保持燃烧室中有适当的过剩空气量，这一点关系到锅炉机组所有损失的大小。除过剩空气以外这些损失还与其他某些因素有关，关于这一点我们已经讲过了。

过剩空气系数和燃烧过程的情况都是根据烟中 CO_2 含量来判断的。

在运行中为了有系统的监视 CO_2 值，安装了自动炉烟分析器，此装置主要分两种：化学式和物理式的。化学式炉烟分析器的原理是：从炉烟分析试样中将被分析的成份排除，然后根据炉烟体积缩小的程度来判断其含量。此种类型的炉烟分析器作为一种自动仪器来说现在已停止制造了，而仅作成一种携带式的。

如今应用最广的是物理式炉烟分析器，它是根据炉烟混合气体和空气的导热率不同（从而会引起金属丝电阻不同）以及被分析气体的燃烧效应不同的原理制成的。 $\Gamma\text{ЭYK}-21$ 型物理式炉烟分析器是测 CO_2 用的。另外还有一种 $\Gamma\text{ЭД}-49$ 型分析器，它与 $\Gamma\text{ЭYK}-21$ 型的构造相似，但带有氢氧燃烧的装置，可用来测定 CO_2 和 $\text{CO} + \text{H}_2$ 。

这里必须指出：虽然 CO_2 的数值对判断锅炉机组燃烧室的燃烧情况是一个非常重要的指标，但个别电厂对此仪表的工作情况重视不够，这是很遗憾的。我们虽然没有什么实际资料，但可以肯定的说：不需采取任何其他措施，而只靠加强炉烟分析器工作

的維護和建立對該儀表的有系統的檢查，就會使這些電廠節省很多燃料。

現在，再就我所知道的講一講電氣自動爐煙分析器的工作原理。下面將要講到的並不包括爐煙分析器的構造、安裝以及其維護的規程，因為這些資料，如果需要的話，可以在出廠說明書中找到（說明書和儀器一起到貨）。

已經講過：電氣自動爐煙分析器（測 CO_2 的）是根據氣體的導熱率變化的原理進行工作的。在爐煙中含有下列幾種氣體： N_2 ， O_2 ， CO ， CO_2 ， CH_4 ， H_2 和 SO_2 。現在就把這些氣體導熱率對空氣導熱率的比值寫入下表（當溫度為 0°C 情況下）：

空 氣	氮 N_2	氧 O_2	一氧化碳 CO	二氧化碳 CO_2	甲 烷 CH_4	氫 H_2	二氧化硫 SO_2
1.000	1.000	1.032	0.975	0.615	1.296	7.005	0.340

應當指出，導熱率與溫度有很大關係。氣體的導熱率隨溫度的升高而增大；對不同氣體說來，其導熱率的溫度系數皆不同，也就是說：當溫度升高或降低同一數值時各種氣體導熱率的增大或減小的數值並不相等。因此就必須考慮下面一種情況：例如，在溫度為 325°C 時進行 CO_2 的分析是不可能的，因為在這種情況下 CO_2 和空氣導熱率的比值等於一，同時我們從表中可以看出，在 0°C 時這一比值等於0.615，而當溫度為 100°C 時則為0.761。

根據上表中所示之數值應該了解到，在用T9Д-49型爐煙分析器分析爐煙時，其中那幾種氣體會影響儀器的正確指示。

T9Д-49型爐煙分析器可用來測定爐煙中所含 CO_2 和 $\text{CO} + \text{H}_2$ 的體積百分數。如果我們想利用空氣和 CO_2 導熱率對比的原理來測得 CO_2 含量，那麼必須使被測氣體以外的各種氣體的導熱率數值都相等。

但從表中可以看出這個條件是不能達到的。

氮、氧和一氧化碳這些氣體的導熱率與空氣的導熱率相近似，也就是說他們並不會影響 CO_2 指示值的正確性。那麼，對於