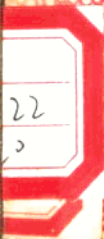


鍋爐省煤節電的方法

童 銳 剛編著

水利電力出版社



目 录

第一章 省煤节电的重要意义和方向	2
第二章 省煤节电的方法	7
第一节 堵漏风	8
第二节 防止結焦堵灰和积水垢	19
第三节 改进操作方法	22
第四节 降低制粉系統耗电量的方法	46
第五节 降低送吸风机耗电量的方法	56
第六节 多台鍋爐負荷的合理分配方法	65
第七节 检修及設备改进方面的措施	68
第八节 其他措施	78
第三章 省煤节电的小指标竞赛	81
第一节 几种竞赛指标的比較	82
第二节 小指标的制訂和效果的計算	86
第三节 如何組織竞赛和怎样掌握分析	90

第一章 省煤节电的重要意义和方向

在火力发电厂中，烧的是煤，而发出来的是电。燃料费用佔发电总成本的60%左右，如果我们能想办法在发同样多电的情况下少用些煤，那么节约的价值就很大。同时，还可以把节省下来的煤，用到其他部门去，来加速我国的社会主义建设。在发电厂中，同样也需要用电，如果我们想办法，把厂用电量尽量减少，那么就会有更多的电，去满足工矿企业生产的需要。

下面先解释两个名词——煤耗和厂用电率：

每发一度电所耗用的煤，称为煤耗，单位是公斤/度，也可以用克来计算，单位就是克/度。但是各种煤的发热量都不一样，即使是同一煤种，发热量也有差别，所以我们就以7,000大卡/公斤作为标准发热量。

$$\text{标准煤耗} = \frac{\text{耗用煤量} \times \text{低位发热量} \textcircled{1}}{7000 \times \text{发电量}}$$

$$\text{厂用电率} = \frac{\text{厂用电量}}{\text{发电量}} \times 100\%$$

让我们来算个小帐：

如果一个发电厂，平均每小时发电量是10万度，只要煤耗降低0.01公斤/度，每年就可节省煤：

$$365 \times 24 \times 100000 \times 0.01 = 8760000 \text{公斤} = 8760 \text{吨。}$$

同样容量的电厂，如果厂用电率能降低0.5%，那么一年就可以节约电量：

$$365 \times 24 \times 100000 \times 0.005 = 4380000 \text{度。}$$

①低位发热量 = 高位发热量(实测的) - 6.2 × (水份% + 9 × 氢%)。

节省下来的煤、电，就能用到更需要的地方去，尤其我国现在正在建设时期，千方百计地来省煤节电，是有很重要意义的。

电厂能否省煤节电，锅炉车间要起决定性的作用。锅炉车间工作的好坏，直接影响着煤耗与厂用电率。煤，是在锅炉中烧的，锅炉附属机械所消耗的电量，占厂用总电量的50~60%，有时还要高些。因此，锅炉车间的工作人员，就有必要想尽一切办法来省煤节电。

几年来，许多发电厂，在这方面做了很多工作，使煤耗和厂用电率有了很大的降低。但是，我们也必须要看到：许多发电厂的潜力仍然很大，没有完全发挥出来。这就要依靠全体工作人员积极地采取措施，来完成这一任务。

在节约方面，也有些不正确的思想和做法。

有些发电厂单纯强调安全，认为电业最大的增产节约是保证安全供电，这当然是对的，但问题在于有些职工只注意了安全，对经济却一点也不管或管得太少。实际上，如果经济指算不好，那么安全情况也不见得很可靠，我们可以想象，如果一个锅炉水垢很多，漏风、结焦很严重，这时经济是谈不上的，也同样谈不到安全。要想当一名优秀的司炉，他应该既能保证安全运行，又能使运行达到最大的经济性，否则，他的技术水平就不能认为是高的。

也有这样的情况，表面上看来对经济方面是重视了，但是方法不对头，实际上不但没有达到经济效果，反而影响了设备的安全。例如某发电厂，为了降低煤耗和减少蒸汽的消耗，就采用了减少吹灰次数的措施，结果经过了一段时间，锅炉管、省煤器管、空气预热器管的外皮都积上了灰，减低了各受热面的传热能力，这样反而提高了耗用的煤量，以后甚至被迫停炉

扫灰。

又如某发电厂为了省煤，他们考虑到排污放走很多热水，也没做什么试验，就采取了对策——减少排污量，但经过了一个时期，过热器管和水管内结上了水垢，多用了煤。过了两个多月，发现过热器管已被烧坏，需要更换新管。从这两个例子可以看出来，如果没有正确的方法，不但得不到经济效果，而且往往还会招引出事故来。

也有的厂在节约方面考虑得比较片面，仅仅考虑了省煤，而忘记了节电，或仅为了节电而浪费了煤。例如有过这样一个电厂，为了省煤，把煤粉磨得很细，使燃烧更好些，这样，煤可能节省一些，但是磨煤所耗用的电量却大大地增加了，损失的价值大于节约的价值。这种做法，很明显是错误的。

也有些地方，在小的方面，下了不少工夫，但对关键性的问题却不去解决，例如有的厂对照明用电考虑得很多，但对主要设备的用电方面却考虑得很少，我们提倡既拣芝麻又抱西瓜，光拣芝麻丢了西瓜，不是一个好办法。

有些同志只看到煤耗，厂用电率年年下降的一面，对潜力也看不到了，认为已快到顶了，没有什么可做的了。是不是真的没有潜力了呢？根据全国鍊式炉燃烧经验交流会议的统计，全国约有1/3以上的锅炉，远远没有达到设计效率；还有许多设备通过一些改进，是可以大大超过设计效率的，这就是一个很好的证明。

下面我们来分析一下，在锅炉车间要省煤节电，应从哪些方面着眼：

先介绍一个公式：

$$B = \frac{D \times \Delta t}{\eta \times Q_p}$$

式中 B ——每小时的耗用煤量，公斤；
 D ——每小时的蒸发量，公斤；
 Δi ——过热蒸汽热焓减去给水热焓，大卡/公斤；
 Q_p^H ——煤的低位发热量，大卡/公斤；
 η ——鍋炉效率，%。

我們从公式中可以看出，当蒸发量一定时，要降低耗煤量，主要有两个办法：

(1) 提高给水温度，那么公式中的“分子” Δi 小了，耗煤量自然要少，这是汽机車間应設法的。

(2) 提高鍋炉效率，也就是公式中的“分母” η 大了，那么耗煤量自然也要少，这是鍋炉車間的工作。

要提高热效率，必須要降低热损失，因为：

$$\eta = [100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5)]\%$$

式中 q_2 ——排烟热损失；
 q_3 ——化学未完全燃烧热损失；
 q_4 ——机械未完全燃烧热损失；
 q_5 ——散热损失。

这里简单地講一下热损失的来源：

q_2 ——排烟热损失，也就是說从烟筒里往大气中跑掉的热损失，排烟温度愈高，热损失愈大，烟气体积愈多，这项热损失也愈大，它是鍋炉热损失中的主要部分，一般約为8~10%。

q_3 ——化学未完全燃烧热损失，也就是說在燃烧过程中，产生了象一氧化碳、沼气等可燃性气体，这时燃料的热量沒有完全发挥出来。一公斤碳，在完全燃烧时，可发出7,800大卡/公斤的热量，如果没有完全燃烧变为一氧化碳，那只能发出四千多大卡的热量，其余的热量就损失掉了。在现代化的鍋炉中，燃烧情况如果是很正确的， q_3 应该等于零，但是当燃烧情

况不正常的时候，例如燃烧时空气不足， q_2 常常会达到 3~4%。

q_3 ——机械未完全燃烧的热损失，也就是飞灰和灰渣中含有可燃物，这种可燃物都是碳粒子，每一公斤碳燃烧的时候还可以发出 7,800 大卡/公斤的热量，它也是各项热损失中较大的一项，如果运行掌握得不好，有时还会超过 q_2 ，有的锅炉灰中可燃物高达 30~40%，浪费程度是惊人的。

q_4 ——散失于四周的热损失，这一项热损失与锅炉大小、锅炉外表皮保温的好坏有关，负荷愈低，保温愈坏，则这项热损失也就愈大，一般中等容量的锅炉， q_4 约为 1~2%。

从上面介绍的各項热损失来看，在锅炉車間要节省燃煤，主要的办法是：消灭化学未完全燃烧热损失，尽量设法降低排烟热损失和机械未完全燃烧热损失，当然我們也要考虑加强保温来降低散失热损失，因为保温层太薄，不但增加热损失，而且会使劳动的环境劣化。

在厂用电方面，鍊式炉耗用最大的是送吸风机；煤粉炉耗用最大的是风机和制粉系统的设备（磨煤机、排粉机），所以要降低锅炉車間的厂用电，主要应从降低送吸风机和制粉系统的耗电量着手。

技术措施做得正确是一方面，另一方面組織措施也是非常重要的。組織运行人員学习燃烧理論，当运行人員了解到燃烧过程的特性以后，他就可以和实际的操作相結合起来，作出更多的贡献。实践証明，如果司炉同志掌握了理論知識，那么锅炉的效率就可以大大提高。

同时还需要交流、推广先进經驗，統一操作方法。因为到目前为止，还不可能有一套放在每台锅炉上都能应用的操作方法。每一个司炉，在实际操作过程中，都摸索了不少的經驗，

如果能够广泛地交流經驗，互相学习，取长补短，那么操作水平就可以很快地提高。

各項指标的計算、統計也是很重要的，只有通过具体数字的比較，我們才可以判断誰的工作好，誰的工作还不够好；而且这样也有了学习的榜样，可以互相竞赛共同提高。

为了使設備本身运行得更經濟，有时我們要做一些改进工作，但是要注意一点，就是应尽量先从运行上着手，在改进設備以前要周密地考虑各种条件，不但要考虑改进部分的設計、施工，而且要考虑改了以后对其他部分的影响，当然在应用一些很有效的成熟經驗时，就可以簡單些和方便些。

鍋炉省煤节电，是一項非常复杂而細致的工作，但只要我們每个同志能認識到省煤节电的重要意义，明确省煤节电的主要方向，积极采取各种技术組織措施，那么这个目的是完全可以达到的。

第二章 省煤节电的方法

鍋炉車間要省煤节电就必须做很多工作，有些工作是很簡單的又非常重要，但是往往容易被大家忽視。例如漏风，在目前各火力发电厂中还是很普遍的，虽然大家也知道漏风的坏处，但在这方面的总是跟不上去；有的工作就比较复杂，例如消除受热面内部的水垢和外部的結焦需要分析原因、对症下药才能解决问题；有些措施的实行，对省煤或节电都有好处；有些措施是單考虑了一方面而忽略了另一方面；另外还有些措施是要通过經濟性的比較，来看看是不是值得做。

运行操作方面的方法是比較細致的，需要有耐心，一步一

步通过試驗来肯定合理的部分，另外还要加强檢修并且对一些设备进行改造，使結構更为合理，以期达到省煤节电的目的，当然在设备改造以前还需要做更多的研究和分析工作。

每个发电厂的鍋炉車間，都有很大的潛力，都有提高运行經濟的可能性，只要我們工作人員积极努力去想办法，这些可能性就会变成现实。

下面分別从堵漏风、消除受热面内部結水垢和外部堵灰結焦、改进操作方法、鍋炉負荷如何分配以及檢修和设备改进方面的措施作一些介紹。

第一节 堵 漏 风

一、漏风对經濟性的影响

鍋炉本体（通过炉膛、隔火牆、人孔門、看火門、出灰口）、烟道以及制粉系統的漏风，从目前各发电厂的鍋炉車間来講，还是存在比較普遍的现象。漏风往往不被重視，很多人的思想上存在着“漏一点沒啥，孔縫太多，要堵太麻煩”的思想，实际上鍋炉及制粉系統的漏风对鍋炉的經濟性影响极大，漏风不仅会降低鍋炉的热效率，多耗用燃煤，同时还会使厂用电增加，严重的时候还会使鍋炉出力降低。有这样一个例子，某厂有一台鍋炉，出力达不到額定的标准，最初研究时認為是吸风机出力小影响了鍋炉出力，因为它已到了最高段数，因此决定要更換大容量的电动机来解决这一問題，以后經過檢查发现漏风的地方很多，于是就对漏风进行了彻底的堵塞，結果吸风机还没有达到最高段数，鍋炉出力已达到了銘牌。

下面我們来分析一下漏风对經濟性的影响：

鍋炉炉膛各处漏风过多，对燃燒产生的影响主要有：

(1) 由各部漏入大量冷风，降低了炉膛温度，使炉内吸收

的輻射热减少了，也就是水冷壁管、排管的吸热量减少了，这样排烟温度就要高，排烟热损失就增加，同时因为炉膛温度低，燃烧不容易完全，因此也增加了化学和机械未完全燃烧的热损失。

(2) 漏入大量冷风使炉内空气量增加了，因为空气量的增加，烟量也必然增加，排烟热损失增加，吸风机的耗电量也就增加了。

(3) 炉膛漏风大，必定要减少一部分送入炉内的热风，也就是要减少进入空气预热器的空气量，这样就使烟道中的烟气没有得到应有的冷却，温度降不下来，热量就从烟筒中跑掉了，同时因为热风送进来少，还会影响燃料的燃烧。

炉膛的漏风不但对经济有影响，对安全也有很大坏处，例如锅炉出力降低、汽温过高等等。为了全面的了解，列出下表供参考（见表1）。

省煤器、空气预热器等处烟道的漏风，同样会降低各受热面的吸热量，有时还会产生错觉，看到排烟温度似乎低了一些，认为我们的工作做得很好了，但实际上却是很坏，热量没有充分利用，并且增加了吸风机的耗电量。

漏风增加10%，热效率约降低2~3%，燃煤率就要增加3~4%。

煤粉炉的制粉系统也是一样，制粉系统愈复杂，漏风的可能性就愈大。如制粉系统漏风，会使着火延迟，因为漏风大了一次风速就增加，同时气粉混合物的浓度稀薄了，颗粒间距离拉长，这些都会使燃烧发生困难，因此机械与化学未完全燃烧热损失也就要相应地增大。制粉系统的漏风，对厂用电的影响也很大，首先是增加了排粉机的耗电量，同时还由于磨煤机大罐内风速增大从粗粉分离器返回的颗粒加多，使磨煤机的电能

消耗增大。

漏风对于鍋炉，可以說是**有百弊而无一利**，所以說要想省煤节电，首先应从堵漏风开始。

二、漏风率的标准和各部位漏风率的确定

要使一点漏风也沒有，事实上是不可能的，某些部件因为热胀冷縮的关系多少得留些間隙，这些間隙在热膨胀的时候不一定能完全紧密地配合上，所以难免要漏入一定数量的冷空气，但在数量上應該是愈少愈好。“电力工业技术管理暫行法規”第206条規定：

“由于鍋炉机組各部分封閉不严密，由于漏入空气而增加的过剩空气系数不应超过下列数字：

鍋炉本体及过热器——0.10；

蛇型管式省煤器，每一級——0.02；

生鉄省煤器——0.10；

板式空气預热器，每一級——0.07；

生鉄空气預热器，每一級——0.01；

管式空气預热器，每一級——0.05；

旋轉式空气預热器——0.20；

烟道，每10公尺長——0.01；

电气除尘器——0.10；

多管式除尘器及其他型式的离心式除尘器——0.05。

制粉系統的漏风率应小于磨煤机入口风量的30%。

下面簡單地介紹一下过剩空气系数：

在运行中，煤和空气，不是在每一个地方都是配合得很理想的，所以除了理論上必需的空气量外，还得多給点空气，使燃料燃燒得更完全。实际需要的空气量和理論空气量的比值，就叫做过剩空气系数（或过剩空气率），我們說过剩空气系数

为1.20,就是假定理論空气量为100%,过剩空气量是它的20%,用公式表示就是:

$$\text{过剩空气系数} = \frac{\text{实际空气量}}{\text{理論空气量}}$$

过剩空气系数也可以用二氧化碳量来计算,其公式为:

$$\text{过剩空气系数} = \frac{\text{理論上最大二氧化碳含量}}{\text{实际二氧化碳含量}}$$

測量鍋炉烟道某一部位的漏风率,可以利用它前后二氧化碳含有量来进行比較,得出来的数字,和“法規”对照一下,看看合不合标准。

理論二氧化碳含有量是随着煤种变化的,計算起来比較麻煩,为了方便起见,我們可以取它的一般值——18.5%或18%,因为計算数值是比較性質,所以也够准确。

下面举一个計算的例子:

某鍋炉蛇形管式省煤器共兩級,入口二氧化碳=14%;出口二氧化碳=13%;那么:

$$\text{省煤器入口过剩空气系数} = \frac{18.5}{14} = 1.32;$$

$$\text{省煤器出口过剩空气系数} = \frac{18.5}{13} = 1.42;$$

$$\text{增加的过剩空气系数} = 1.42 - 1.32 = 0.10;$$

“法規”規定的是0.04,所以不合标准,因此就要想办法来降低它。

现在在各发电厂运行的鍋炉及制粉系統,它們的漏风率絕大部分大于上面所說的标准,有的鍋炉总漏风率达到了0.40。

漏风率只是一个比較数字,它只是說明漏风的大小,合不合标准;并不能告訴我們那个地方漏,所以我們还应想办法来寻找漏风的地方,并及时加以堵补。

三、漏风处和找寻漏风处的办法

在鍋炉部分最容易产生漏风的地方是：炉頂、炉牆的磚縫、擋火牆、前后碓、挂磚縫、煤閘、人孔、看火門、炉前盖板、出灰口、放灰筒、联箱隙縫、各汽水管和汽鼓的穿牆处、空气預热器联接处、省煤器联接处、风机的轉弯部分等。

制粉系統經常漏风的地方是：容易磨損的地方及經常不注意的地方，尤其是管道弯曲处最容易磨損产生漏风。磨煤机进出口軸頸，因为是旋轉部分，没有办法严密封閉，所以漏风量也很大。原煤进出口因为里面是負压也易漏入大量冷风。另外一些平时不够注意的地方象鎖气器、防爆門、閘板、取样孔、各联接法蘭以及燒焊处，都有可能漏风。这些地方的漏风量看起来都很小，但加在一起却是一个很大的数字。

寻找鍋炉部分漏风处的办法，一般是用蜡燭（或用沒有罩的煤油灯）和烟幕等两种方式。

(1) 用蜡燭（或油灯）找漏风地点的方法。

因为这个方法比較簡單，故在各发电厂中应用得比較普遍。因为在鍋炉运行中，从炉膛到吸风机入口的整个烟道，都是处在負压的状态下，所以点上蜡燭，沿着鍋炉各部的接头和接合縫，慢慢移动，当发现火焰往里抽时，就表示那个地方有漏风。

(2) 用烟幕找漏风地点的方法。

如果没有現成的烟幕彈，自己可以想办法来配制，它的成分是：氯酸鉀19份；硝酸鉀11份；氯化銨27份；松香油7份；柏油屑5份；煤粉2份。

“份”的單位为重量，如以“兩”为單位，那么5份就是5兩。每一次的总用量大約为3~5公斤。

按上面的比例把药配齐后，放在一个大盒子里，用人工攪拌

均匀，然后用烘炉烘乾(要注意温度不能太高，否则会着火)，再拿一个直径为100公厘的圆管剖开，使用时把圆管扣上，用绳子在外面绑住，内部用报纸垫成圆筒型。把烘干的药品放到圆筒里，用木棒捣撞结实，最后放入引火綫，用浆糊把上下口封住，将绳打开，里边就是一个圆型的烟幕彈了。

使用烟幕的方法，是在锅炉冷状态的时候，把吸风机出口挡板关严，各部人孔、看火門亦关严，做好送风机起动前的准备工作，并在外部固定好监视人員。然后，在炉内点燃起烟幕，起动送风机，保持炉内风压为 $+5\sim 10$ 公厘水柱，这时在外边观察的人員要注意，看到那里有冒烟的现象，就在那里用粉笔画上记号，表示这是漏风的地方，以便检修人員来补修。

如果没有烟幕彈的材料，利用蒿草洒上点水，燃烧起来也有很浓的烟，可以做为代用品。另外还可以利用送风机吸入白色粉末打入炉膛，有缝的地方，就会留下白色的痕迹。

上面的两种办法是既简单又有收效的措施，最好能用來經常检查。在检修的时候，还可以利用电灯光来进行检查，在进出方便比較寬敞的地方，象联箱隙縫，各设备的外皮，用行灯照射，内部如有透亮的地方就可以看得很清楚。

对于制粉系統，可用两种方法来检查漏风的地方：

(1)在检修中用送风机把空气单独送入制粉系統，看那儿冒烟，那里就是漏风的地方。

(2)运行中用細灰、鷄毛帚、肥皂水或小紙条检查，如有吸入的现象，那就是漏风地点。但是要注意一点，在运行中千万不能用火把在制粉系統中找漏风，因为火焰如果給吸进去，就会引起爆炸，这是非常危险的。

四、漏风的堵补

找到了漏风的地方后，堵补起来就比較容易。堵漏风的材

料，一般可用：

(1) 金屬与金屬的隙縫，用石棉繩堵比較好，不建議塗耐火泥等材料，因為這些材料在受熱後容易脫落不解決問題。

(2) 各種人孔、看火門等的金屬面，可以在上面鋪上較厚的石棉墊，但經常開動的門應注意要更換。

(3) 磚縫，用耐火泥糊上還比較好，但最好是裨上去，加熱後不易脫落；金屬和磚牆間的隙縫，可先用石棉塞緊，然後糊上耐火泥，耐火泥中可以加入5%的食鹽，這樣加熱後不易裂開。另外在耐火泥中加水玻璃和瀝青，堅韌程度較強，也是個好辦法。

檢修過程中如果不注意堵漏風，鍋爐起勁以後，漏風的情況可能會更嚴重，因為部件拆卸過了，同時過去填縫的石棉經過長時間的高溫，失去了彈性起不了作用，所以在這方面絕不能馬虎。

在堵漏風的時候，還要特別注意兩點：

(1) 從外面堵補是一個比較消極的辦法，最好是從里边堵，同時提高檢修質量，這是根本的辦法。

(2) 不要把受熱面留作膨脹間隙的地方也給堵上，不然膨脹就會受到影響，使鍋爐遭到不應有的損傷。

下面再介紹幾個比較關鍵性地方漏風的防止方法：

(1) 出灰口裝水封。出灰口處因為經常要放灰，同時因為擋板溫度變化很劇烈，一會兒高，一會兒低，容易變形，不能保持嚴密性，所以應裝

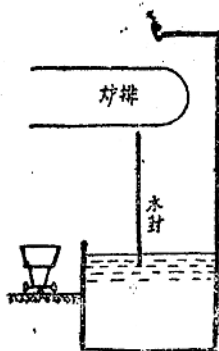


圖 1 出灰口的水封

設如图 1 那样的水封，那么在平时：

下部漏入炉膛，煤粉炉飞灰落灰管出口，应装锁气器；如果用水力除灰，应加水封。

(2) 鍊式炉加装擋风角鉄。炉排兩側与炉牆有一段很大的空隙，在那里漏风非常厉害（如果是双炉排，那么兩炉排之間也同样是漏风最厉害的地方），可以加装擋风角鉄来减少漏风量。图 2 是双炉排擋风角鉄的安裝示意图。

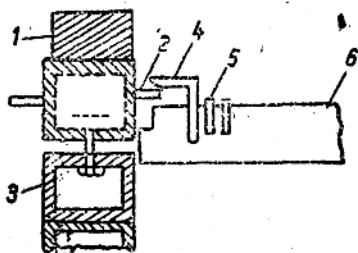


图 2 双爐排的擋风角鉄

1—保护耐火磚； 2—擋风鉄； 3—鑄鉄座；
4—边条； 5—小管； 6—爐排

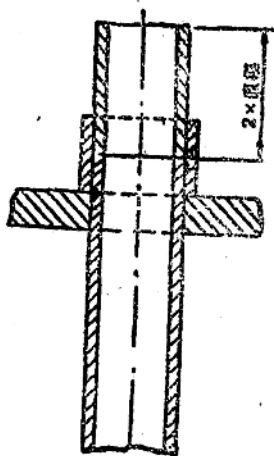


图 3 空气預热器管磨损示意图

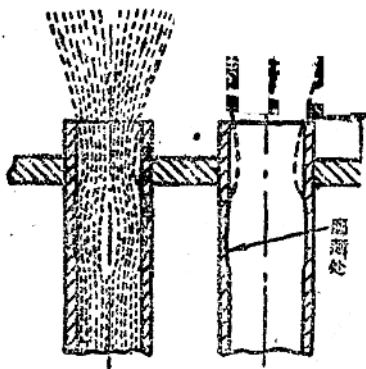


图 4 空气預热器的防腐保护装置(加套管)

某发电厂的鍊式炉在未安擋风角鉄时，漏风量很大，炉膛二氧化碳值仅为6~7%，安裝擋风角鉄以后，二氧化碳值提高到11~12%，很有效果。

(3)管型空气預热器的防磨。管型空气預热器入口处，烟气是收縮的，以后又扩散，所以在管子下50~100公厘处磨得最厉害(如图3所示)。空气預热器的漏风，不但降低了它本身的效率，同时还多消耗了送吸风机双重的电能，空气通过送风机送进去，但結果却没有利用又被吸风机抽跑了，这是一項很大的浪费，为了防止磨損，可以在入口处加裝保护裝置，如图4所示。

上面所述为鍋炉部分。在制粉系統有：

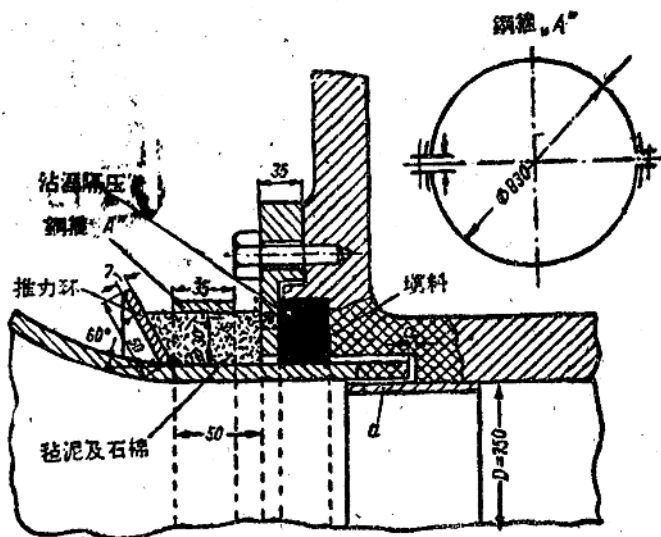


图5 磨煤机軸頸部分的密封