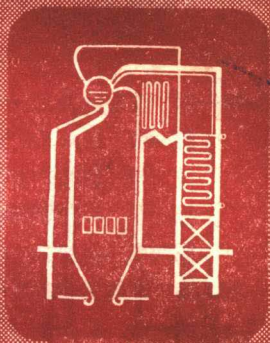


鍋爐工人叢書

第三冊



# 煤粉制造設備和运行

王 瑞 华著

水利电力出版社

# 煤粉制造设备和运行

王 瑞 华著

\*

1755R377

水利电力出版社出版 (北京西郊科學路二號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第106号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

\*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 \* 2 $\frac{1}{16}$ 印張 \* 50千字

1958年12月北京第1版

1958年12月北京第1次印刷(0001—6,100册)

統一書号: T15143·341 定价(第9类)0.27元

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 煤粉的特性.....          | 3  |
| 第一节 燃煤的可磨性系数.....       | 3  |
| 第二节 煤粉的自流动性.....        | 5  |
| 第三节 煤粉的爆炸性.....         | 6  |
| 第四节 煤粉细度.....           | 8  |
| 第二章 燃煤的粉碎及干燥装置.....     | 10 |
| 第一节 碎煤装置.....           | 10 |
| 第二节 干燥机.....            | 15 |
| 第三节 干燥管.....            | 19 |
| 第三章 煤粉制造设备和应用.....      | 20 |
| 第一节 磨煤机.....            | 20 |
| 第二节 粗粉分离器和旋风分离器.....    | 32 |
| 第四章 煤粉制造设备的运行.....      | 37 |
| 第一节 煤粉制造设备的主要系统.....    | 37 |
| 第二节 制粉系统的起动和停止.....     | 44 |
| 第三节 制粉系统的正常操作.....      | 46 |
| 第四节 制粉系统最正确的运行方式.....   | 48 |
| 第五章 如何提高钢球鼓型磨煤机的出力..... | 57 |
| 第一节 加强磨煤机的通风.....       | 57 |
| 第二节 提高燃煤的干燥程度.....      | 60 |
| 第三节 消除制粉系统的漏风.....      | 60 |
| 第六章 制粉系统的运行试验.....      | 62 |
| 第七章 给粉机.....            | 68 |
| 第八章 煤粉制造设备的事故防止方法.....  | 75 |
| 第一节 煤粉制造设备的防爆要求.....    | 75 |
| 第二节 制粉系统的事故防止措施.....    | 79 |



## 第一章 煤粉的特性

### 第一节 燃煤的可磨性系数

(一)燃煤可磨性系数的实用意义 我们在运行操作过程中常常会感觉到，同样的一个制粉设备，在操作上没有什么区别时，如果改变了煤种，磨煤机的出力有时会有很大的变化，这是什么道理呢？这主要是由于各种煤的硬度不同而造成的。软的煤就比硬的煤容易磨碎。

每一个发电厂都有它一定的技术经济指标，如：煤耗、厂用电等，它们就决定了每个发电厂的生产成本。我们知道，在生产过程中，制粉系统所耗用的电能占全厂厂用电的很大一部分，因此降低制粉系统的耗电量是很重要的。在同一时间内，制粉系统的出力愈大，单位电能消耗率就愈小。制粉设备磨制较软的燃煤时比磨制硬的燃煤时出力要大，所以发电厂在选用燃煤的品种时，很重视燃煤的软硬度。为了比较燃煤的软硬度，需要有一个标准，目前我们都用燃煤的可磨性系数来表示。

(二)什么是可磨性系数 所谓试验室的可磨性系数  $K_{A0}$ ，是指在风干的状态下，把采用作标准的燃料（一般以无烟煤块为标准，把它的可磨性系数当作1）和燃料  $x$  由相同的粗度磨制到相同的细度时的能量消耗比值

$$K_{A0} = \frac{\partial_{sm}}{\partial_x}.$$

式中  $\partial_{sm}$ ——标准燃料的能量消耗。

$\partial_x$ ——燃料  $x$  的能量消耗。

(三)表示可磨性系数的方法 既然可磨性系数是表示燃

煤軟硬程度的一个相对标准，有了这个标准，就可以給我們選擇煤种帶來很多方便。下面談談燃煤可磨性系数是怎样定出来的。

在規定燃煤的可磨性系数时，人們采用了很多不同的方法。一般常用的有：

1. 全苏热工研究所的方法，简称 ВТИ 标准；
2. 苏联中央机炉研究所的方法，简称 ЦКТИ 标准；
3. 球磨法；
4. 哈特果夫法。

上列的四种方法，因其測定方法不同，測出的結果也不同。总的來講，不論采用那种方法，它們之間都可以用公式來換算。一般可磨性系数愈小表示煤愈硬，愈大則表示煤愈軟。

**(四)可磨性系数的应用实例** 近代发电厂中所用的鍋炉，因其容量較大，大都是煤粉炉。因此在建厂前就需要先肯定使用的煤种和它的可磨性系数。按照可磨性系数的大小，選擇將使用的磨煤机型式。

苏联曾經根据不同可磨性系数的燃煤，用在不同磨煤机上的研究結果和积累的一些运行經驗，規定了如表 1 所列的原則。

根据我国的具体条件，为了符合多快好省地建設社会主义的方針，只要燃煤可磨性系数大于 1.2、可燃質揮发份大于 30%，都要采用中速磨煤机或豎井磨煤机，只有在不得已的情况下才采用鋼球鼓型磨煤机。这一規定无疑將會大大地促进我国电站的建設速度，給国家節約大量鋼材，同时也將會大大提高运行的經濟性。根据我国的一些动力燃料特性，很多是适合于上述規定的，因此中速磨煤机和豎井磨煤机將會有很大的發展。

表 1

| 燃料的种类及主要规格       | 磨煤机的型式   |          |
|------------------|----------|----------|
|                  | 推荐使用的    | 可以代用的    |
| 可磨性系数小于1.2的燃煤    | 鋼球磨煤机    | 鋼球磨煤机    |
| 可磨性系数大于1.2的烟煤:   |          |          |
| 可燃質挥发分 8 ~ 25 %  | 中速磨煤机    | 鋼球磨煤机    |
| 可燃質挥发分 25 ~ 30 % | 中速磨煤机    | 豎井或鋼球磨煤机 |
| 可燃質挥发分大于30 %     | 豎井或中速磨煤机 | 鋼球磨煤机    |

## 第二节 煤粉的自流性

煤粉具有象水一样的性質，不容易堆集，与空气混合时容易輸送。干而細的煤粉，其重量大約是 400 ~ 500 公斤/公尺<sup>3</sup>，潮湿和較粗的煤粉，其重量約为 800 ~ 900 公斤/公尺<sup>3</sup>。

煤粉的自流性与細度和水分有关。增大煤粉的水份、粗度时，自流性就会消失。煤粉具有自流性的原因，是因为当煤粉很細时，每个煤粉顆粒的周围由于包围着一层空气，形成一种帶电体，每一个顆粒都是一个帶电体，它們是同性的。根据同性相斥、异性相吸的道理，由于煤粉顆粒之間的相斥作用，使煤粉难以集結，形成它的流动性。这种流动性随煤粉堆集的时间而减弱，堆集时间愈久，包围在煤粉顆粒周围的空气层就会慢慢的消失，流动性也随之减低。

在實踐中，我們利用浮标測量貯粉高度。为了不使貯粉仓內的煤粉貯藏时间太長，失去自流性而造成煤粉堆集現象，要定期降粉、补充新煤粉以保持自流性。必須指出，自流

性也有它的缺点，当煤粉的流动性很大时，会给锅炉运行操作上带来不少的困难。例如容易造成给粉机的给粉不均，促成锅炉燃烧的不稳定和难以控制锅炉负荷，特别是在低负荷运行时尤为显著。

不少发电厂制粉系统的运行经验指出，锅炉给粉不均的现象是比较普遍的，它除去受给粉机的结构影响外，也与煤粉过细、过干有关。按照煤粉的自流特性，为了消除给粉不均现象，有时在燃烧允许的条件下，适当地将煤粉加粗是值得考虑的。

### 第三节 煤粉的爆炸性

燃煤在粉状时，受包围在每一个煤粉颗粒四周空气的影响，燃煤愈细，与空气的接触面积愈大，与其混合得也愈好。我们都知道，空气中含有21%的氧，氧是一种助燃气体，当燃煤达到着火温度时，与空气中的氧气接触便开始燃烧，与空气接触得愈好，燃烧也愈完全。发电厂中将大块燃煤磨制成煤粉燃烧，为的是获得良好的燃烧性能。但是因此也容易引起爆炸。

什么叫煤粉爆炸呢？爆炸最通俗的解释就是物质的突然燃烧。煤粉爆炸就是煤粉的突然燃烧。煤粉是易于燃烧的一种物质，因此煤粉具有爆炸性。对使用煤粉的发电厂应比燃用块状燃煤的发电厂要求严格些，在那里为了防止由于煤粉爆炸所引起的各种事故，必须采用各种防爆措施以防止由于煤粉爆炸所遭致的设备损伤、人身伤亡等。

煤粉突然燃烧会促使包围在它周围的空气体积增大，因而产生压力。经验证明，压力最大时可达2.2~2.5个大气压力。



煤粉的爆炸性与下列几个因素有关：

(1)煤粉的挥发份含量；(2)煤粉的水分；(3)煤粉的細度；(4)煤粉的温度；(5)周围空气的温度；(6)燃煤的灰分。

一般說来，煤粉的挥发分含量愈高、水分愈少、細度愈細、温度愈高或接触的周围空气温度愈高、燃煤的灰分愈小，就愈容易爆炸。

如果要問，煤粉在多大的温度下才能够着火而爆炸呢？回答是：一切物質都有着一定的着火点，煤粉也不例外，它的着火点是随上边所說的几个条件而变的，条件不同，着火点温度也不同。苏联在这方面曾經做过許多試驗。这里只举基滋洛夫所作煤的試驗來說明：

当煤粉細度在30微米时，如果温度加到  $231^{\circ}\text{C}$  时沒有着火現象，將温度升高到  $238^{\circ}\text{C}$  时，經過25分鐘后就开始了燃燒。如果再將温度提高到  $323^{\circ}\text{C}$  时，經過4分鐘就可以着火。当煤粉細度在  $30\sim 60$  微米时，温度达到  $300^{\circ}\text{C}$  时才开始着火。

从这个例子可以看出，煤粉細度不同时，它的着火特性仍是一样的，其差別仅仅是時間問題。

制粉系統运行时，为了防止煤粉爆炸，在防爆規程上作了以下規定：

鋼球磨煤机在磨制燃煤水分不大于25%时，如果制粉系統为帶有貯粉仓的，磨煤机出口煤粉空气混合物温度不应超过  $70^{\circ}\text{C}$ 。單位式制粉系統不应超过  $80^{\circ}\text{C}$ 。燃煤水分大于25%时，允許温度为  $80^{\circ}\text{C}$ 。貧煤可以允許到  $100^{\circ}\text{C}$ ，无烟煤因无爆炸危險，不受限制。豎井磨煤机則不同，在豎井中的煤粉空气混合物的温度，对于烟煤可以允許达到  $130^{\circ}\text{C}$ ，褐煤达到  $100^{\circ}\text{C}$ ，割采泥煤达到  $80^{\circ}\text{C}$ 。

#### 第四节 煤粉細度

燃煤是一种可磨的物質，因此煤粉是燃煤加工后的产品。燃煤磨制成煤粉后，必需經常檢查加工質量，除煤粉的水分外，还必須对煤粉細度进行檢查。因为磨制燃煤的硬度不同，制粉設備的構造不同，所以煤粉細度也是不同的。例如鋼球磨煤机磨的煤粉是比較細的，但并不均匀。豎井磨煤机磨的煤粉比較粗，但較均匀。測量煤粉細度的方法是取出一定量的煤粉使它通过各种不同孔徑的篩网，然后根据煤粉通过篩网的重量百分数和残留在篩网上的重量百分数而确定。測量煤粉細度用的篩网分美制和公制两种。

(一)美制篩網 美制篩网是指：在每一英吋的長度上有多少个孔眼。发电厂中使用的美制篩网最常用的是200号，200号美制篩网在一英吋的長度上有200个孔眼，在一平方英吋的面积上有40,000个孔眼。美制篩的各种規格如表2所示。

(二)公制篩網 公制标准篩是我們发电厂中最常用的，它是指在每一公分長度上的孔数，將这个孔数叫做篩号。例如公制70号篩是代表在一公分的長度上有70个孔，在一平方公分的面积上有 $70 \times 70 = 4900$ 个孔。一般公制篩的規格如表3所示。

发电厂中一般是用公制70号和30号两种篩来測量煤粉細度，用70号篩測得的残留在篩网上的煤粉量是表示煤粉的粗細程度，用30号篩測量残留在70号篩上的煤粉量可以知道煤粉的粒度組成情况。监督煤粉質量最好是70、30号篩配合使用。

我們习惯上常說煤粉細度是百分之几，例如煤粉細度是30%，这就表示残留在篩网上的煤粉量是30%。有时用  $R =$

表2

| 篩子<br>号数 | 每一吋<br>長度上的<br>孔数 | 篩孔边的內<br>部長(公厘) | 金屬絲直徑<br>(公厘) | 篩子<br>号数 | 每一吋<br>長度上的<br>孔数 | 篩孔边的內<br>部長(公厘) | 金屬絲直徑<br>(公厘) |
|----------|-------------------|-----------------|---------------|----------|-------------------|-----------------|---------------|
| 2 号      | 2.58              | 8.00            | 1.85          | 30       | 27.62             | 0.59            | 0.33          |
| 3        | 3.03              | 6.73            | 1.65          | 35       | 32.15             | 0.50            | 0.29          |
| 3 号      | 3.57              | 5.66            | 1.45          | 40       | 38.02             | 0.42            | 0.25          |
| 4        | 4.22              | 4.76            | 1.27          | 45       | 44.44             | 0.35            | 0.22          |
| 5        | 4.98              | 4.00            | 1.12          | 50       | 52.36             | 0.297           | 0.188         |
| 6        | 5.81              | 3.36            | 1.02          | 60       | 61.93             | 0.250           | 0.162         |
| 7        | 6.80              | 2.83            | 0.92          | 70       | 72.46             | 0.210           | 0.140         |
| 8        | 7.89              | 2.38            | 0.84          | 80       | 85.47             | 0.177           | 0.119         |
| 10       | 9.21              | 2.00            | 0.76          | 100      | 101.01            | 0.149           | 0.102         |
| 12       | 10.72             | 1.68            | 0.69          | 120      | 120.48            | 0.125           | 0.086         |
| 14       | 12.58             | 1.41            | 0.61          | 140      | 142.86            | 0.105           | 0.074         |
| 16       | 14.66             | 1.19            | 0.54          | 170      | 166.67            | 0.088           | 0.063         |
| 18       | 17.15             | 1.00            | 0.48          | 200      | 200               | 0.074           | 0.053         |
| 20       | 20.16             | 0.84            | 0.42          | 230      | 238.10            | 0.062           | 0.046         |
| 25       | 23.47             | 0.71            | 0.37          | 270      | 270.26            | 0.053           | 0.041         |

表3

| 篩子<br>号数 | 每一平方<br>公分上的<br>孔数 | 篩孔边的內<br>部長(公厘) | 金屬絲直徑<br>(公厘) | 篩子<br>号数 | 每一平方<br>公分上的<br>孔数 | 篩孔边的內<br>部長(公厘) | 金屬絲直徑<br>(公厘) |
|----------|--------------------|-----------------|---------------|----------|--------------------|-----------------|---------------|
| 4        | 16                 | 1.5             | 1.00          | 20       | 400                | 0.300           | 0.20          |
| 5        | 25                 | 1.2             | 0.80          | 24       | 576                | 0.250           | 0.17          |
| 6        | 36                 | 1.02            | 0.65          | 30       | 900                | 0.200           | 0.13          |
| 8        | 64                 | 0.75            | 0.50          | 40       | 1,600              | 0.150           | 0.10          |
| 10       | 100                | 0.60            | 0.40          | 50       | 2,500              | 0.120           | 0.08          |
| 11       | 121                | 0.54            | 0.37          | 60       | 3,600              | 0.102           | 0.065         |
| 12       | 144                | 0.49            | 0.34          | 70       | 4,900              | 0.088           | 0.055         |
| 14       | 196                | 0.43            | 0.28          | 80       | 6,400              | 0.075           | 0.050         |
| 16       | 256                | 0.385           | 0.24          | 100      | 10,000             | 0.060           | 0.040         |

30% 表示。为了区别是用什么规格的筛子测得的煤粉细度，有时写成  $R_{30}$ ， $R_{70}$ …。例如用30号筛测得的煤粉细度等于30，则写成  $R_{30}=30\%$ 。

为什么要测量煤粉细度呢？因为煤粉太粗和太细都不好。煤粉太粗会影响锅炉燃烧的经济性，煤粉太细又会过多地消耗电能，并且太细时容易造成煤粉的自流和爆炸等现象。所以制粉系统运行人员要随时注意监督和控制煤粉细度。

## 第二章 燃煤的粉碎及干燥装置

### 第一节 碎煤装置

运入发电厂的煤，一般颗粒都很大，如果是没有经过筛选，就更大了，有的高达300公厘以上。大块燃料不论对链条炉或煤粉炉都不适用，因此发电厂为了获得合格的初碎燃料，多装有碎煤装置。碎煤装置一般有：（1）锤击式碎煤机；（2）滚轮式碎煤机；（3）颚式碎煤机等几种。

发电厂所选用的碎煤机型式，是根据具体条件决定的，例如煤粉炉要求燃煤的颗粒比较小，适合使用锤击式碎煤机或滚轮式碎煤机。链条炉允许使用颗粒较大的燃料，故多使用颚式碎煤机。锤击式碎煤机可以将燃料破碎至20公厘以下，颚式碎煤机可以破碎至50公厘，在这一节里主要介绍锤击式和滚轮式碎煤机。

**（一）锤击式碎煤机** 锤击式碎煤机主要是由带有击锤的转子和机壳组成，在转子上装有多排圆盘和悬挂在圆盘上的击锤，碎煤机的机壳上并附有带栅格的筛子，其构造如图1-1所示。

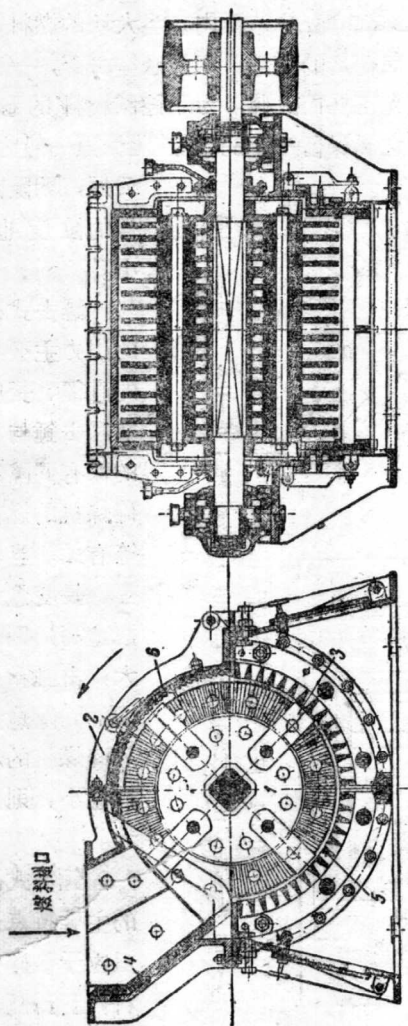


图 1-1 锤击式碎煤机

1—转子；2—外壳；3—锤子；4—粉碎板；5—由虚条组成的栅格；6—装甲虚板。

碎煤机由电动机通过联轴器或用皮带传动，碎煤机的轉数一般是在 500~1,000 轉/分范围内。当大块的燃料进入碎煤机后，遇到高速回轉着的击錘，即被悬空击碎，一部分燃料同时被击錘和机壳压挤而破碎。为了控制燃料的破碎粒度，在击錘与机壳之間保留一定的間隙，此間隙一般为 5~15

公厘，間隙愈小破碎的粒度也就愈小。

錘击式碎煤机的出力主要与轉子的直徑、長度、轉数，击錘与机壳間的保有間隙和进入碎煤机的燃料顆粒等有关。当轉子直徑、長度愈大，轉数愈高，則出力愈大，击錘和机壳之間の間隙愈大，进入碎煤机的燃料顆粒愈小，則出力愈大。

錘击式碎煤机的主要特点是能够适应于破碎各种燃料，运行經驗表明，打碎硬的燃料时击

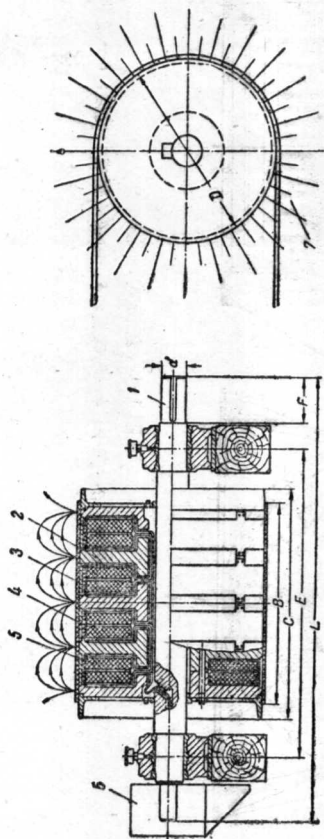


图 2-1 皮带式磁鉄分离器的構造及它的磁力場圖

1—軸；2—磁生管；3—皮帶；4—保护鋼环；5—激磁綫圈；6—引入电流用接触裝置  
保护盒；7—磁力場。

錘易于磨損，出力比打碎軟的燃料時低，因此錘擊式碎煤機特別适用于打碎褐煤。

錘擊式碎煤機轉數很高，為了避免燃料中夾雜的金屬物損壞設備，在碎煤機前要求裝有磁鐵分离器，磁鐵分离器一般布置在碎煤機前的輸煤皮帶上。如果經碎煤機破碎的燃料是供給豎井式磨煤機的，那么在碎煤機后的輸煤系統上，亦需裝設磁鐵分离器。磁鐵分离器分為懸吊式和皮帶式兩種。實際应用中多使用懸吊式，有時懸吊式和皮帶式混合使用，其一般結構如圖2-1，2-2所示。

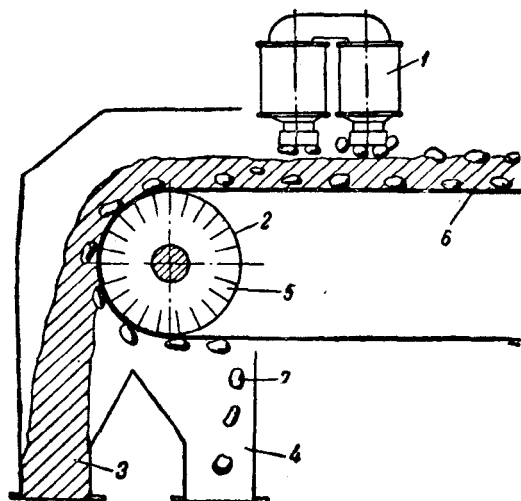


圖2-2 皮帶式及懸吊式磁鐵分离器的工作與裝置圖

1—懸吊式分离器；2—皮帶式分离器；3—燃料管道；4—金屬管道；

5—磁場；6—運輸機；7—金屬。

(二)滾輪式碎煤機 滾輪式碎煤機，是由兩個不同轉向的滾輪組成的，滾輪上裝有棒釘。當燃料從輸煤皮帶上被帶

至碎煤机后，即被轉动着的滾輪帶到一个由兩不同轉向滾輪構成的空腔內被挤压碎。燃料的破碎程度取决于兩滾輪之間的間隙，以此間隙控制燃料的最終粒度，为調整滾輪之間的間隙，在碎煤机的兩滾輪之間裝有調整彈簧。

滾輪式碎煤机由于結構簡單，运行維護极为便当，故很多电厂采用此种碎煤机。

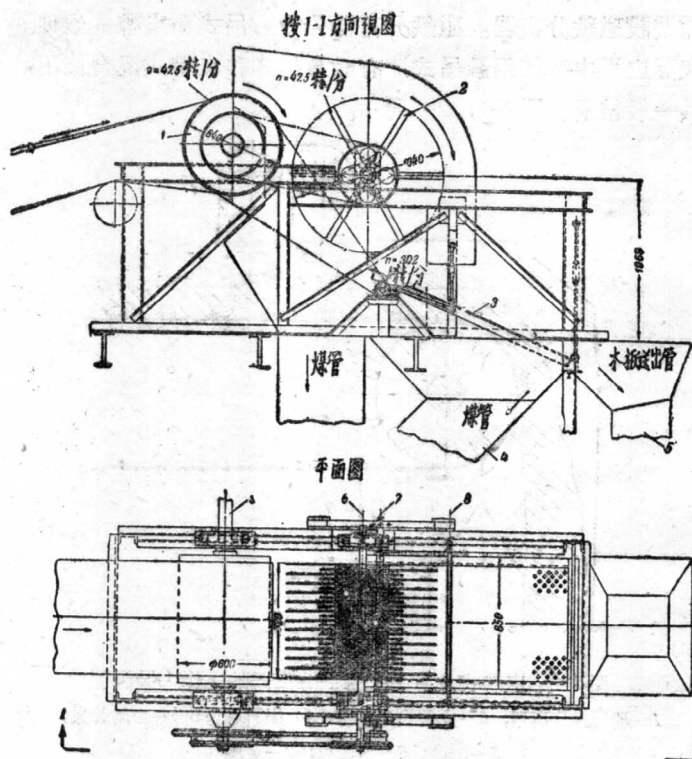


图 2-3 木屑清除器

- 1—拖动站的圓筒；2—梳子軸；3—篩子；4—煤管道；5—木片管道；  
6—梳子軸軸綫；7—振动篩軸綫；8—篩子軸綫；9—圓筒的軸綫。



顎式碎煤机主要应用在燃用块状燃料的鏈条炉上，一般供煤粉炉用的輸煤系統，多不采用这种碎煤裝置，因此在这里不予叙述。

为了保証鍋炉的安全运行，不间断地向鍋炉供粉，一般在电厂的輸煤系統上还裝有木屑清除器，此分离器多布置在碎煤机的后边。木屑清除器的構造如图 2-3 所示。

清除器的主要組成部分是轉动的梳形轉子，当煤流进入清除器后，燃煤便通过梳形轉子間的孔隙落入煤管中，而其中所夾帶的木屑由于其体积較大，随梳形轉子的轉动梳齿被帶至另一面，落入木屑收集器中。木屑清除器的效率很高，一般在90%左右。

## 第二节 干 燥 机

(一)蒸汽干燥机 磨煤机的产量受燃煤水分大小的影响，一般进入磨煤机前的燃煤水分在8%左右，如果是磨制多水分燃煤，如水洗煤、泥煤等，燃煤所含有的水分就更要多，最大的高达20%左右。因此如何去掉燃煤的水分，是制粉系統运行中不可忽視的問題。磨煤机在磨制干燥不好含水分多的燃煤时，出力降低，容易堵塞和挂蜡。为了解决这个問題，一般在磨制湿煤的制粉系統上都裝有燃煤的干燥裝置。

下面介紹一种圓筒管式回轉型的干燥机。帶有圓筒管式干燥机的干燥系統示于图 2-4 中。

图 2-4 所示的帶回轉型干燥机的干燥系統的主要特点是閉式的，所謂閉式的制粉系統，就是指制粉系統的空气循环和鍋炉的燃燒情况沒有联系。例如：潮湿的煤从原煤斗进入干燥机，干燥后落入干燥原煤斗，从干燥原煤斗进入磨煤机，經磨煤机磨碎后的煤份被空气帶到粗粉分离器、旋风分离