

苏联 Д.И.吉里别尔曼著
恽肇强译 王一鸣校



竖井式

磨煤机燃烧室的运行

水利电力出版社

КА. ХИМИКАМ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛАГНОМЕЛЬНИЧНЫХ ТОПОВ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ. МОСКВА 1952

豎井式磨煤機燃燒室的运行

根据苏联国立动力工程学院莫斯科版翻譯

熊爭強等 中 國 編 譯

2148 K471

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

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排印

新华书店北京科技发行所发行 各地新华书店經售

187×1092毫米开本，526印张，1/32开

1959年9月北京第1版

1959年9月北京版，水利部（出）9（10册）

统一书号：15111·0111 定价（第1类）：0.05元

前 言

最近十年来，在苏联动力工程中广泛地采用了豎井式磨煤机燃燒室。豎井式磨煤机燃燒室設備簡單、制粉耗用的電量少、經濟性高，因此已成為燃用褐煤、頁岩及割切泥煤等燃燒室設備的一種優越型式。

由於科學研究院、調整和設計機關進行了大量的、具有很大成效的工作，以及工廠製造部門解決了許多關於提高這些設備的出力、經濟性和可靠性等方面的重要問題，促使豎井式磨煤机燃燒室得到了廣泛的採用。

中央鍋爐汽輪机研究所、全蘇熱工研究所和科美格製造工廠在解決豎井式磨煤机燃燒室的運用問題上起了極大的作用。這些單位的工作人員的領導小組由於創造了豎井式磨煤机燃燒室的結構，進行了調整並掌握了這些設備，因此榮獲了斯大林獎金獲得者的稱號。

本書彙編了豎井式磨煤机燃燒室運行方面的資料，這些運行資料主要是從蘇聯電站部所屬企業中得來的，在本書中也收集了科

學研究院、調整和設計機關以及工廠製造部門的資料。

作者承擔了本書的編著工作，並領會到要充分地对安裝在各個不同工業部門的許多企業中的豎井式磨煤机燃燒室的運行經驗加以綜合是一項非常艱巨的任務。因此，作者對於這些把自己的經驗提供出來、或者對本書所涉及問題提出意見的個人及組織表示感謝。

作者對在校閱本書中作了大量工作的技術科學碩士 M. И. 基謝里果夫同志致謝。

本書第12、13、14、15及16各節由作者與 M. И. 基謝里果夫同志共同編寫；第4、20、21、22、23、24、27和29各節由 M. И. 基謝里果夫同志編寫。

M. M. 許里德克烈特及 M. A. 納德查羅夫兩位技術科學碩士對本書作了有價值的建議和指示，致使本書的質量得以提高，作者僅對他們表示感謝。

作 者

目 录

第一章 豎井式磨煤机燃燒室及其

应用范围 3

1. 工作原理 3

2. 优点和缺点 3

3. 应用范围 4

第二章 燃料的技术特性 4

第三章 燃料的准备、在鍋炉房的儲存

及向燃燒室設備的供应 10

4. 碎煤及防止碎煤机堵塞 10

5. 煤仓及下煤管的堵塞 13

6. 燃料的冻结 14

7. 从燃料中分离出金属 14

8. 从燃料中分离出木料 17

9. 从燃料中分离出黄铁矿 18

10. 給煤机 20

11. 給煤机及豎井式磨煤机两者

电动机之間的連鎖裝置 24

第四章 豎井式磨煤机設備內的煤粉

制造 25

12. 設備的工作系統 25

13. 豎井式磨煤机 27

14. 煤粉分离器 33

15. 燃料的干燥 38

16. 煤粉制造系統及其設備的布置方式 42

17. 出力及所需功率 46

18. 煤粉制造所用的电力 48

19. 豎井式磨煤机內部的磨損

及其防止方法 51

20. 豎井式磨煤机設備的防爆措施 58

第五章 煤粉在豎井式磨煤机燃燒室

內的燃燒 59

21. 燃燒室的构造 59

22. 燃燒室設備的流体动力性 61

23. 煤粉质量及燃燒过程 63

24. 燃燒室的空气情况 66

25. 燃燒室运行主要導則 70

第六章 升火設備 72

26. 升火設備的构造及其运行特点 72

27. 升火設備的計算 79

第七章 豎井式磨煤机燃燒室的燃燒

自动控制及在运行中的監督 82

28. 燃燒过程的自动控制 82

29. 磨煤机設備工作中的監督 85

附录 豎井式磨煤机設備

檢修主要導則 91

第一章 豎井式磨煤机燃燒室及其應用範圍

1. 工作原理

豎井式磨煤机燃燒室是由浮懸式燃燒室及豎井式磨煤設備組成的，磨煤設備按照單位式制粉系統進行燃料的磨碎工作。

豎井式磨煤机燃燒室的工作原理如图 1 所示。將在碎煤机內碎到一定大小的燃料送入鍋炉房的煤倉內，再經過磅秤（或經過旁路下煤管而不經過磅秤）由給煤机送入豎井中。細小的煤粒便隨着沿豎井向上運動的氣流經過噴火孔進入燃燒室。粗煤粒由氣流中析出進入磨煤机內進行磨碎及干燥。磨碎工作在磨煤机內一直進行到煤被磨碎至一定的細度時為止，此時煤粉被通過磨煤机的氣流（干燥介質）帶出，經過具有分離作用的豎井而進入燃燒室。

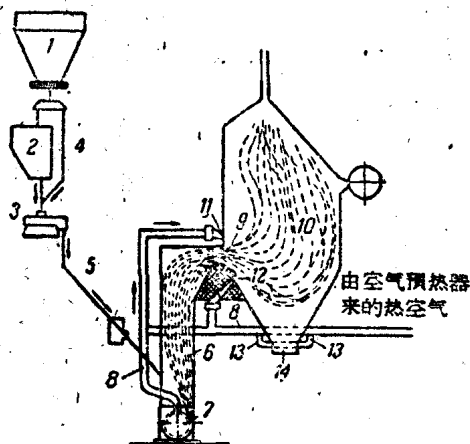


图 1 豎井式磨煤机燃燒室工作系統圖

1—原煤倉；2—磅秤；3—給煤机；4—旁路下煤管；5—下煤管；6—豎井；7—磨煤机；8—热风管；9—噴火孔；10—燃燒室；11—上空氣噴咀；12—下空氣噴咀；13—向灰渣斗送空氣的空氣箱；14—灰渣斗。

根據磨煤机构造的不同，氣流可由與磨煤机轉子中心綫平行方向（沿切綫）或從磨煤机之兩端（沿軸向）進入磨煤机。

一次風送入豎井式磨煤机，由磨煤机出來進入燃燒室參與燃燒過程。

二次風經過位於噴火孔上面及下面的上噴咀與下噴咀送入燃燒室。在個別情況下，二次風由灰渣斗（冷灰斗）口送入燃燒室，以供從火炬中分離落下的煤粒燃燒之用。

煤粉空氣混合物由噴火孔出來後即着火，在燃燒室內形成強烈的火炬。煤粉的燃燒是在浮懸情況下進行的。

豎井式磨煤机制粉系統的特性，是它不具有中間儲粉倉，因此其惰性很小。在此種制粉系統中，存煤量極小，僅供鍋炉運行一個極短的時間，約0.5~3分鐘之需。

2. 优点和缺點

與最普遍採用的鼓形鋼球式磨煤机相比較，豎井式磨煤机具有以下優點：

1. 無論大小容量的鍋炉（由10噸/時至230噸/時）裝配豎井式磨煤机時都一樣簡單。

鼓形鋼球式磨煤机因其構造複雜、用金屬多、價錢昂貴以及其他的理由，只能用於容量大於30~40噸/時的鍋炉。

2. 豎井式磨煤机磨煤的單位耗電量比鼓形鋼球式磨煤机少三分之一到二分之一。

單位耗電量之所以這樣低是由于豎井式磨煤机磨出的煤粉粗細較均勻，因此可以燃用比在使用鼓形鋼球式磨煤机時較粗的煤粉（燃用褐煤時，煤粉細度可為 $R_{90}=50\sim70\%$ ，以代替 $R_{90}=30\sim40\%$ ）。

此外，由於設備較簡單（沒有旋风分离器及長的煤粉管道），豎井式磨煤机制粉系統輸送煤粉所消耗的電力要少4~6瓩時/噸。

3. 製造豎井式磨煤机制粉系統設備所用

的金属材料比制造鼓形鋼球式磨煤机制粉系統所用的金属材料要少得多。如蒸发量为200吨/时的鍋炉，用豎井式磨煤机时，其制粉系統金属材料要少用200吨左右。

豎井式磨煤机与鼓形鋼球式磨煤机两者按重量比也是远不相同的。同容量的鍋炉燃烧同样的煤，如用豎井式磨煤机，其重量（不包括电动机）比用鼓形鋼球式磨煤机小7/9或7/8。

4. 由于豎井式磨煤机燃烧室布置紧凑，因此在将炉床燃烧式鍋炉改为豎井式燃烧室时，常常可以使鍋炉的蒸发量增加一倍而不必增大建筑物。

对于新装的鍋炉，可以利用豎井式磨煤机燃烧室的这个特点使在建筑厂房时可能获得更多的經濟性。

5. 装置豎井式磨煤机的投資費用比装置鼓形鋼球式磨煤机少些。对于蒸发量为200吨/时的鍋炉，如采用豎井式磨煤机时可节省投資費用約七十万卢布。

豎井式磨煤机的主要缺点是碎煤部分——击錘——磨損得較快。由于磨損引起的单位金属消耗量对豎井式磨煤机来讲要比鼓形鋼球式磨煤机低些，但是修理击錘的手續比之在鼓形鋼球式磨煤机中添补鋼球要复杂而且費力得多。所以对进一步减少击錘磨損

的問題（增加設備运行可靠性的問題）現在正給予特別的注意。

3. 应用范围

豎井式磨煤机燃烧室由于其构造簡單，燃用各种煤时的經濟性高，因此近十年来在苏联得到了广泛的采用。

豎井式磨煤机燃烧室特別适于粗磨煤粉，所以在这种設備中，为了运行經濟而可靠只燃用揮发分大的燃料（褐煤、削切泥煤、頁岩）及某些揮发分大于30%的烟煤。在豎井式磨煤机燃烧室中燃用的褐煤范围，其特性如下：干燥質灰分在40%以下，工作質水分在40%以下，可磨系数（按全苏热工研究所标准）为1.0到2.5。現已掌握了水分达58%的削切泥煤的燃燒。

現在已有燃燒下列各种燃料的經驗，爱沙尼亚、格道夫、卡許比尔、薩維里也夫及奥齐諾夫等地的頁岩、削切泥煤，莫斯科近郊、苏留金、林格洛夫、安格林、吉泽尔吉、舒拉布、拉伊其辛、堪斯克、伯格斯洛夫、齐略宾、塔尔伯加泰、卡拉崗金等处及其他各处的褐煤，以及下列各处的烟煤：頓巴斯煤区的I及II号煤，庫茲涅茨、卡拉崗金、英金、沃尔庫、切列姆霍夫等处以及其他各处的烟煤。

第二章 燃料的技术特性

燃料的质量特性将决定对豎井式磨煤机燃烧室設備的选择及其运行条件。設備的出力及运行上的經濟性和可靠性与燃料的质量有关。

表1中列出了可以在豎井式磨煤机燃烧室中燃燒的燃料的特性資料（根据全苏热工研究所的資料）。

燃料的最大水分(W^p_{max})、工作質水

分(W^p)、固有水分(分析水分)(W^a)、可燃質揮发分(V^z)、干燥質灰分(A^a)以及燃料干燥时及潮湿时的可磨性(K_{a0} 及 $K_{a0.6}$)为燃料的主要特性。此外，煤粉細度(R_{90})、煤粉水分(W_n)以及灰分的熔化温度(t_1, t_2 及 t_3)为设备运行的主要特性。

豎井式磨煤机燃烧室的設備系統及干燥介质的规范由燃料的工作質水分(W^p_{max})

W^p)所決定。燃料的水分愈高,所需干燥用的干燥介质的温度愈高。

燃料水分高会使燃料結成块,以致在碎煤时降低磨煤机的出力。为了恢复燃料的脆性,必須將燃料干燥到接近于空气干燥的状态,即使燃料中的水分接近于固有水分。燃料的預先干燥还可以获得經濟燃燒。

在表1中列有全苏热工研究所介紹的在豎井式磨煤机燃燒室中燃燒的煤粉水分的数值。

揮发分决定燃料的着火温度、燃燒的快慢及燃燒完全的程度。燃料的揮发分愈高,燃燒愈快,愈完全(損失小)。所以燃燒揮发分高的煤时,可以用粗些的煤粉,燃燒揮发分低的煤时用細的煤粉。

根据各种燃料的經濟燃燒的經驗,表1中介紹了在豎井式磨煤机燃燒室中燃燒的煤粉細度 R_{80} 的数值。

可磨性系数 K_{ao} 表示原料的磨碎特性的数值。試驗室的相对可磨性系数,就是在同一条件下(由同一大小的块粒磨到相同的細度)將經空气干燥过的标准燃料进行研磨所耗的电量(ϑ_{sm})与将进行試驗的燃料加以研磨时所耗的电量(ϑ)之比,即

$$K_{ao} = \frac{\vartheta_{sm}}{\vartheta}.$$

在苏联采用两种决定可磨性系数的方法:全苏热工研究所(ВТИ)的方法及中央鍋炉汽輪机研究所(ЦКТИ)的方法。由实验确定出这两种方法所得的可磨性系数有下列关系:

$$K_{ao(вти)} = \frac{K_{ao(цкти)} + 1.56}{2.67}, \quad (1)$$

式中 $K_{ao(цкти)}$ 为中央鍋炉汽輪机研究所試驗室的相对可磨性系数。

根据这两种方法所求出的可磨性系数之間存在的关系,可以由用其中任何一种方法

所求出的可磨性系数去求另一方法的可磨性系数。

表1中列出了根据全苏热工研究所的資料得的可磨性系数 K_{ao} 。

企业中燃用的燃料磨碎时的水分与試驗室条件下磨碎时的水分是不同的。因此必須对試驗室测定的可磨性系数加以校正,換算成企业条件下的可磨性系数。

潮湿燃料的可磨性系数为

$$K_{ao.s} = K_{ao} \sqrt{\frac{(W_n^p)^2 - (W_{cp})^2}{(W_n^p)^2 - (W^a)^2}} \cdot \frac{100 - W^a}{100 - W^p}, \quad (2)$$

式中

$$\sqrt{\frac{(W_n^p)^2 - (W_{cp})^2}{(W_n^p)^2 - (W^a)^2}} \text{——考虑到燃料在}$$

平均水分 (W_{cp}) (代替試驗室条件下的水分 W^a) 下磨碎时,由于燃料失去脆性而使其可磨性系数变坏的緣故,对于 K_{ao} 的校正值。

$$\frac{100 - W^a}{100 - W^p} \text{——从經空气干燥的燃料換算}$$

到湿燃料时的校正值,此校正值有条件地与 K_{ao} 值有关。

在豎井式磨煤机中, W_{cp} 为燃料在磨煤机內磨碎时的水分。全苏热工研究所建議 W_{cp} 按下列公式^①計算:

$$W_{cp} = \frac{W^p - 0.6W_n}{6.91g \frac{W^p + 2.4W_n}{3W_n}} \% \quad (3)$$

在公式(2)及公式(3)中, W^p 为燃料的工作質水分%, W_n 为煤粉的水分%; W_n^p 为燃料的正常水分,此数值可由表中資料查出(表1中 $W_n^p = W^p$)。

在表1中同样列有燃料的元素成分、理論必需的燃燒空气量、燃燒产物最小的体积以及灰分的熔化温度等資料。

① 根据M. I. 基謝里果夫的資料。

② 根据M. M. 許里德克烈特及Г. А. 舍伏宁的資料。

产 区	产 地 名 称	牌 号 和 种 类	开 采								
			水分 W ^p (%)	灰分 A ^p (%)	硫		C ^p (%)	H ^p (%)	N ^p (%)	C ^p (%)	低位发热量 Q _{net} ^p (大卡/公斤)
					S ^p _K (%)	S ^p _{opz} (%)					
顿巴斯煤区	—	Д	12.0	19.8	2.4	1.6	51.1	3.7	1.1	8.3	4900
	—	Г	8.0	14.7	1.9	1.4	62.2	4.2	1.2	6.4	5900
	—	ПЖ	6.0	18.8	3.6		62.5	3.8	1.1	4.2	5980
	—	ПНМ	7.0	41.8	2.6	0.6	40.9	2.8	0.9	3.4	3850
	—	ПНЦ	4.0	33.6	3.5	0.7	51.5	3.1	1.0	2.6	4900
庫茲涅茨煤区	列宁斯克	Г	8.5	10.1	0.6		67.6	4.7	2.2	6.3	6350
	克梅洛夫	ПС及К	8.0	14.0	0.4		67.9	3.9	1.5	4.3	6280
	普洛河彼也夫	СС	8.5	11.0	0.4		70.0	4.0	1.8	4.3	6480
卡拉岡金煤区	—	ПЖ/НС	8.0	26.0	0.7		56.1	3.4	0.9	4.9	5230
	—	БР	28.0	15.0	0.4		42.2	2.8	0.5	11.1	3650
莫斯科近郊煤区	—	БР	33.0	27.0	1.3	1.1	26.8	2.0	0.5	8.3	2300
烏拉尔	基泽洛夫	ПЖ	9.0	30.0	2.9	1.8	49.1	3.4	0.8	3.0	4690
	基泽洛夫	ПНМ	8.0	36.8	3.9	1.6	43.6	3.0	0.9	2.2	4150
	伯格斯洛夫	БР	28.0	25.0	0.3		32.9	2.1	0.7	11.0	2710
	齐略宾	БР	19.0	24.3	0.5	0.4	41.4	2.9	1.0	10.5	3700
	高尔金斯克和也曼热林	БР	16.0	31.0	0.9	0.5	37.9	2.7	0.9	10.1	3380
	布兰纳什	Г	10.0	18.0	0.5	0.6	58.0	3.9	1.1	7.9	5450
	沃尔庫特	ПЖ	10.0	20.7	0.4	0.5	58.9	3.7	1.6	4.2	5530
巴什基尔苏維埃共和国	庫尤尔干金	БР	46.0	17.8	0.5		23.8	2.3	0.2	9.4	1940
卡拉察也夫自治省	馬林	Г/Д	9.0	22.8	0.3	0.3	53.9	3.9	1.0	8.8	5030
克拉斯洛雅尔边区	堪斯克	БР	32.0	13.0	0.2	0.2	39.1	2.6	0.8	12.1	3280
哈卡斯自治省	明努辛	Д	12.0	10.6	0.2	0.4	61.1	4.3	1.7	9.7	5710
伊尔庫茨克省	切列姆霍夫	Д	12.0	15.0	0.4	0.6	56.9	4.2	1.2	9.7	5330
齐省金	塔尔伯加泰	БР	28.0	12.9	0.3	0.6	43.7	3.0	0.8	10.7	3860
	阿拉伯加尔	БР	27.5	10.1	0.2	0.5	44.8	3.1	0.9	12.9	3920
	哈拉尔金	БР	33.0	13.4	0.9		37.1	2.4	0.7	12.5	3030
	切尔諾夫	БР	33.0	7.4	0.4		45.0	3.0	0.8	10.4	3910
	古辛諾-湖区	БР	21.0	18.2	0.5		45.6	3.0	0.7	11.0	4070
阿穆尔省	布卡查金	Г	14.0	14.6	0.4		57.1	3.9	0.8	9.2	5270
	基夫金	БР	37.0	13.2	0.1		35.4	2.1	0.6	11.6	2840

燃料的特性(根据全苏热工研究所的资料)

固 有 水 分 W_a (%)	挥发分 V_s (%)	完全燃 烧所必 需的理 论空气 量 V_0 (标 准 公尺 ³ 公斤)	烟 气 的 最小体积 V_{min} (标 准 公尺 ³ 公斤)	灰 熔 点			BTI可磨性系数		煤 粉 特 性	
				开始变形温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	软化温度 $t_2, ^\circ\text{C}$	液化温度 $t_3, ^\circ\text{C}$	实验室 燃 料 K_{AO}	潮 湿 燃 料 $K_{AO.s}$	留在 88 μ 筛子上剩 余百分数 R_{88} (%)	煤粉水分 W_n (%)
4.5	43.0	6.38	5.88	1000~1100	1100~1200	1150~1250	1.1	1.12	40	4.5
3.0	39.0	6.54	7.02	1050~1100	1100~1200	1200~1250	1.02	1.02	35~40	3.0
1.0	32.0	6.54	6.96	1000~1050	1150~1200	1200~1250	1.46	1.49	30	1.0
1.3	30.0	4.37	4.70	—	—	—	—	—	25	1.5
1.0	25.0	5.45	6.28	—	—	—	—	—	—	—
1.8	39.0	7.06	7.59	1050~1250	1150~1300	1150~1400	1.20	1.23	35~40	2.0
1.0	26.0	6.94	7.40	1000~1150	1150~1300	1150~1350	1.37	—	—	—
1.0	25.0	7.15	7.63	1050~1500	1150~1500	1250~1500	2.0	—	—	—
2.0	27.0	5.74	6.15	1150~1500	1400~1500	1450~1500	1.40	1.43	25	2.0
10.0	43.0	4.14	4.79	1100	1180	1200	1.37	1.46	55~60	14.0
8.0	45.0	2.72	3.35	1100~1500 1300	1050~1500 1500	1100~1500 1500	1.73	1.92	55	17.0
1.0	40.0	5.32	5.73	1000~1400	1200~1500	1250~1500	1.0	1.06	35~40	1.0
1.0	40.0	4.78	5.14	1100~1250	1350~1500	1400~1500	—	—	35	1.0
15.0	43.0	3.13	3.72	1150~1250	1250~1350	1300~1400	1.1	1.22	55	14.0
9.0	43.0	4.13	4.67	1000~1150	1100~1350	1150~1400	1.02	1.08	55	10.0
9.0	45.0	3.80	4.28	1000~1100	1100~1350	1150~1500	1.33	1.30	55	9.0
2.5	40.0	5.96	6.46	1200	1250	1300	1.33	1.38	35~40	2.5
1.5	30.0	6.11	6.57	1000~1150	1100~1300	1150~1400	1.38	1.47	25~30	1.5
10.0	63.5	2.43	3.24	1050	1430	1470	1.77	2.28	70	23.0
2.5	40.0	5.55	6.04	1100~1500	1300~1500	1350~1500	—	—	35~40	2.5
11.0	48.0	3.77	4.46	—	—	—	1.19	1.31	60~65	16.0
3.5	42.0	6.27	6.83	1150	1300	1350	—	—	40	3.5
4.0	45.0	5.88	6.43	1000~1200	1000~1350	1150~1400	1.4	1.44	40~45	4.0
8.0	43.0	4.35	5.01	1000~1100	1150~1300	1150~1450	0.98	1.03	55~60	14.0
11.5	38.0	4.40	5.08	1100	1150	1250	0.93	0.98	50	14.0
12.0	43.0	3.54	4.23	1050~1150	1150~1250	1250~1300	—	—	55~60	16.0
11.0	40.0	4.46	5.18	1050~1100	1100~1200	1150~1300	1.15	1.27	55	17.0
4.0	43.0	4.50	5.08	1000~1150	1050~1350	1100~1400	1.29	1.29	55~60	10.0
4.0	37.0	5.82	6.37	1100~1300	1200~1450	1250~1500	1.33	1.41	35	4.0
10.5	41.0	3.32	4.03	1050	1100~1250	1150~1300	1.24	1.47	55	18.0

續表

产 区	产 地、名 称	牌 号 和 种 类	水 分 W^p (%)	灰 分 A^p (%)	硫		C^p (%)	H^p (%)	N^p (%)	O^p (%)	低位发 热 Q_{pH}^p (大卡 公斤)
					S_{κ}^p	S_{opz}^p					
					(%)	(%)					
沿海边区	拉伊其辛	BP	40.0	8.4	0.2		36.1	2.2	0.6	12.5	2910
	苏昌	ПЖ	10.0	21.1	0.3		59.3	3.4	1.0	4.9	5450
	阿尔杰莫夫	BP	27.0	18.2	0.3		39.2	3.1	0.9	11.3	3460
	塔夫里昌	BP	13.0	21.7	0.5		48.9	3.7	1.0	11.2	4480
伯力边区	伏罗希洛夫	ПЖ	5.0	42.8	0.3		45.5	2.8	0.5	3.1	4220
	爱尔金	BP	40.0	13.8	1.1		29.6	2.5	0.5	12.5	2550
	布列伊恩	Г	8.0	27.6	0.3		52.1	3.9	1.3	6.8	4950
乌克兰苏维埃共和国	亚历山大及其他区	BP	55.0	15.8	0.4	1.0	19.5	1.8	0.2	6.3	1510
格鲁吉亚苏维埃共和国	德克瓦尔切里	ПЖ	6.0	32.9	0.7	0.6	49.2	3.6	1.0	6.0	4630
	德克瓦尔切里	ППМ	10.0	36.0	0.8	0.4	42.7	3.2	0.9	0.6	3900
哈萨克苏维埃共和国	德克維布里	Г	12.0	26.4	0.7	0.7	47.8	3.6	0.9	7.9	4470
	别尔却古尔	Г	6.0	37.6	2.4	0.6	43.4	3.7	0.8	5.5	4190
	林格洛夫	BP	27.0	15.6	1.3	0.8	43.5	2.9	0.6	9.3	3860
	曼格什拉克	BP	30.0	13.0	2.2	0.3	43.3	2.3	0.6	8.3	3750
烏茲別克蘇維埃共和國	安格林	BP	32.5	23.6	0.7	0.6	32.5	1.7	0.4	8.0	2620
吉尔吉斯苏维埃共和国	吉泽尔-吉	BB	27.0	12.0	1.3	0.4	45.7	2.6	0.6	10.4	3980
	苏留金	BB	21.0	14.2	0.5	0.1	49.9	2.6	0.5	11.2	4250
	闊克-延卡克	Г	14.0	21.5	1.2	0.4	49.7	3.2	0.7	9.3	4540
	塔什庫米爾	Г	9.0	11.8	0.5		62.5	3.9	1.0	11.3	5730
塔吉克蘇維埃共和國	舒拉布	BP	26.0	12.0	0.4	0.4	47.8	2.1	0.5	10.2	3940
可 燃											
列宁格勒省	格道夫	—	11.5	46.0+ +16.4	0.9	0.3	19.3	2.5	0.1	3.0	2040
古比雪夫省	卡許比爾	—	16.0	50.2+ +8.8	1.5	1.9	15.2	1.9	0.3	3.6	1550
薩拉托夫省	薩維里也夫	—	17.0	48.1+ +10.8	1.4	1.8	15.0	1.9	0.3	3.7	1509
其 他											
削切泥煤	—	—	50.0	5.5	0.1		25.7	2.7	1.1	14.9	2030

Г, ПЖ, К, ПС, ПП等牌号的煤为粘結性煤; Л, СС牌号的煤为弱粘結性煤, 其余牌号为粉状煤。ППМ为湿法
換算公式: 烟气体积 $V_z = V_z^{ППМ} + (\alpha - 1)$

由干燥質換算成工作質

由可燃質換算成工作質

計算工作質低位發熱量公式

固有水分 W_a (%)	挥发分 V (%)	完全燃烧所必需的理论空气量 V_0 (标准公尺 ³ /公斤)	烟气的最小体积 V_{min} (标准公尺 ³ /公斤)	灰 熔 点			BTI可磨性系数		煤 粉 特 性	
				开始变形温度 $t_1, ^\circ C$	软化温度 $t_2, ^\circ C$	液化温度 $t_3, ^\circ C$	实验室燃料 K_{AO}	潮湿燃料 $K_{AO.e}$	留在88 μ 筛子上剩 余百分数 R_{88} (%)	煤粉水分 W_n (%)
10.5	41.0	3.38	4.15	1000~1150	1150~1250	1200~1300	1.37	1.68	55	20.0
1.5	32.0	6.01	6.46	1050~1150	1200~1300	1300~1400	—	—	30	1.5
9.0	49.0	3.94	4.58	1150~1350	1200~1400	1300~1450	0.89	0.92	60~65	14.0
8.5	45.0	4.97	5.50	1050~1400	1100~1500	1200~1500	0.89	0.77	60	9.0
0.5	25.0	4.69	5.01	1500	—	—	1.33	—	—	—
10.0	55.0	2.91	3.68	1000~1100	1100~1350	1150~1400	—	—	70	20.0
2.0	41.0	5.44	5.89	1200~1500	1400~1500	1500	0.79	0.81	35~40	2.0
10.0	57.0	2.05	2.91	1100~1300	1150~1500	1200~1500	1.24	2.09	70	25.0
1.2	37.0	5.16	5.56	1150~1500	1400~1500	1400~1500	1.55	1.55	35	1~1.5
1.2	43.0	4.48	4.89				—	—	40	1~1.5
3.5	40.0	4.99	5.47	1400~1500	1500	—	1.37	1.43	35~40	3.5
2.0	47.0	4.76	5.15	1300~1400	1400~1500	1500	—	—	40~45	2.0
8.0	40.0	4.39	5.02	1000~1050	1050~1200	1100~1250	1.37	1.41	50~55	14.0
12.0	32.0	4.26	4.90	—	—	—	2.21	2.40	40~45	15.0
7.0	40.0	3.12	3.73	1050~1150	1100~1200	1150~1250	1.9	2.10	50	16.0
10.0	38.0	4.46	5.08	1000~1250	1030~1300	1050~1350	1.46	1.51	50	14.0
10.0	36.0	4.77	5.34	1050~1250	1100~1350	1150~1400	1.24	1.25	45~50	11.0
6.5	35.0	5.04	5.53	1000~1500	1100~1500	1100~1500	—	—	30~35	6.5
5.0	35.0	6.23	6.74	1000~1450	1050~1500	1100~1500	1.28	1.26	35	5.0
13.0	31.0	4.50	5.09	1100~1350	1280~1400	1300~1420	1.24	1.33	40	13.0
頁 岩										
1.2	81.0	2.31	2.66	1100~1400	1200~1500	1200~1500	2.46	2.66	70~75	1~1.5
4.0	70.0	1.85	2.21	1050~1150	1100~1200	1150~1200	1.20	1.31	60	4.0
4.5	71.0	1.82	2.19	1050~1250	1150~1300	1150~1300	1.00	1.09	60	4.5
燃 料										
11.0	70.0	2.51	3.42	800~1400	990~1500	1010~1500	—	—	—	25.0

选煤的中间产物; ППС为干法选煤的中间产物。

V_0 : 式中 α 为过剩空气系数。

$$A^p = A^c \cdot \frac{100 - W^p}{100}$$

$$C^p = C^c \cdot \frac{100 - W^p - A^p}{100}$$

$$Q_R^p = Q_R^c \cdot \frac{100 - W^p - A^p}{100} - 6W^p$$

第三章 燃料的准备、在鍋炉房的儲存及 向燃燒室設備的供应

在豎井式磨煤机煤粉制造系統中沒有中間儲粉仓，这就給燃料供应設備的可靠性及連續运行提出更高的要求。在沒有中間儲粉仓时，即使停止燃料供应的时间极短也可能使燃燒室內的火焰熄灭。所以在豎井式磨煤机設備中要采取措施以預防碎煤机堵塞和預防燃料在煤仓及下煤管中粘积和堵塞。

4. 碎煤及防止碎煤机堵塞

由矿井开采出来的煤中混有大小达 200~250公厘的煤块。从露天煤矿开采出来的原煤中其所含煤块的大小达到 500~600 公厘。这种燃料是不允許送入鍋炉房的，其原因如下：

1. 大块的燃料通过下煤管及煤仓时会使煤堵塞住管子，使向磨煤机的供煤停止。当大块煤通过給煤机时会损坏給煤机。

2. 由于它会显著的加剧磨煤机击錘的磨損，将使磨煤机的运行可靠性大大降低。

3. 在磨碎大块燃料时使耗电量增加很多。

4. 磨煤机的出力降低。

为了消除上述不正常的情况，在燃料进入鍋炉房以前要預先击碎。

根据煤块的大小采用兩級或單級碎煤机。当用兩級碎煤机时，在第一級里将煤中的最大块碎到 50~60公厘以下，在第二級中由 50~60公厘碎到 15~20公厘以下。

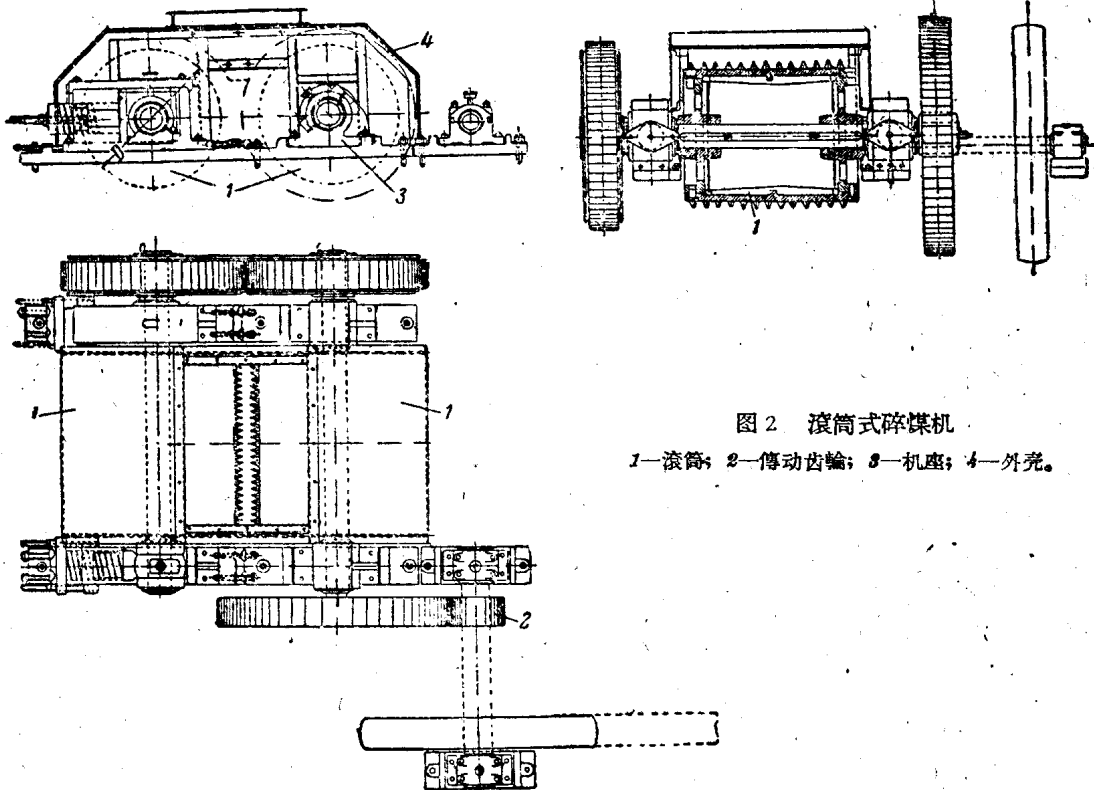
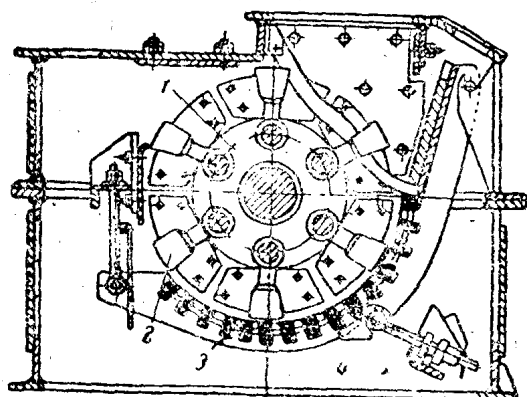


图 2 滾筒式碎煤机

1—滾筒；2—傳动齿輪；3—机座；4—外壳。

当只有一级碎煤机时，将最大的煤块碎到15~20公厘以下。

一般在第一级采用滚筒式碎煤机(图2)，



其碎击倍率^①为3~5。第二级或者只用一级碎煤机时采用锤式碎煤机(图3)，其碎击倍率为10~15。

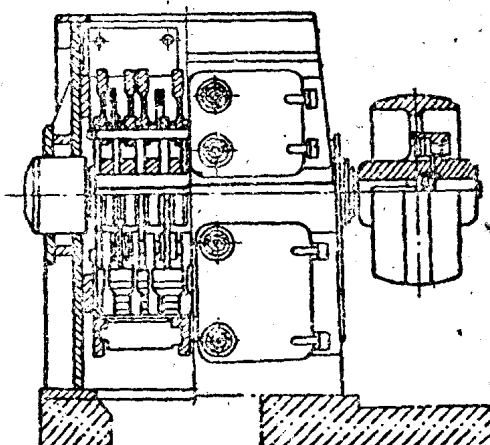


图3 锤式碎煤机

1—筛子；2—击锤；3—篦子；4—外壳。

对竖井式碎煤机来讲，碎煤的标准如下：在5×5公厘筛子上过筛时，其剩余量不超过20%，在10×10公厘筛子上过筛时，剩余量不超过4~6%。在表2中列举了莫斯科近郊原煤及击碎后块粒的筛分特性。

表2 莫斯科近郊原煤及击碎后的筛分特性表

筛孔大小 (公厘)	原煤	经第一级 碎煤机击碎后	经第二级 碎煤机击碎后
1×1	96	90	85
2×2	93	82	58
3×3	90	77	45
5×5	87	68	20
10×10	80	50	6
25×25	65	27	0
50×50	45	10	0
75×75	32	0	0

碎煤质量不合标准将使竖井式磨煤机多消耗电力，其数据列于表3中^②。

表3 磨煤所消耗的电力与燃料击碎后块粒大小的关系表(根据苏联热工研究所资料)

留在5×5公厘 筛子上的百分数 (%)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
消耗电力(%)	93	97	100	102	104	106	107	108	109

从这个表中可很明显的看出来，当碎煤后的煤块变大，由 $R_5=20\%$ 到 $R_5=45\%$ (发电厂中当碎煤分场运行不当时会发生这种情况)，则可使竖井式磨煤机所耗电力多8%。

在夏季可以保证碎煤无特殊困难。在秋冬及春季由于运到电厂的燃料水分高，可使筛子及碎煤机堵塞而使碎煤发生困难。

在燃料中含有大量(达50%)细末(0~12公厘)时，照例要比块煤更湿些。此外，这种燃料将含有更多的石子及粘土。因此将这些煤送入碎煤机时，细末将促使碎煤机堵塞而停止碎煤。在碎煤机击碎水分大的煤时，碎煤机将经常被堵塞而使运行人员无法对付清理工作。在这种情况下，为了保证煤的供应，就得将碎煤机上的篦子抽去，因而碎得不好的煤开始进入锅炉房中。

为了不使碎煤机被堵塞，重要措施是使细末从煤中分离出来，使细末经另一管路旁通碎煤机而过。这个工作一般由装在碎煤机前的大筛子来完成。但是，运行经验证明，

① 煤在击碎以前最大块的尺寸击碎后最大块的尺寸之比称为碎击倍率。

② 见第5页注2。

一般构造的大筛子仅当煤的水分正常时，才能满意地运行。当来煤水分增大时，大筛子会被堵塞并停止把细末分离出来。

关于从湿煤中将细末分离出来的问题已在莫斯科电业局某一电站中得到了解决。为了分离细末，在碎煤机前装置了不动的扇形筛子。该筛子由 $15 \times 60 \times 2000$ 公厘的铁片组成，铁片的两端固定在两根直径为25公厘的长铁杆上(图4中，8)。在铁杆上套一块厚的垫片以保持铁片之间的固定距离。此筛子的特点为铁片之间的距离在两端是不同

的。进燃料的一边小些，出燃料的一边大些。

图4表示此种筛子的装置图，燃料首先落到第一个筛子上，这个筛子上的缝隙是10公厘，下面的缝隙为15公厘，然后落到第二个筛子上，其上面的缝隙为60公厘，下面的缝隙为80公厘。在第一个筛子上可分离出0~12公厘的细末，第二个筛子可分离出小于60公厘的小块燃料，大于60公厘的大块则进入碎煤机内。经过碎煤机的燃料然后与第二个筛子所分离出来的燃料相混合，一起进入第二级碎煤机。

碎煤机及筛子的运行及试验证明，在破碎莫斯科近郊煤时，虽然煤中水分达到36~38%，但碎煤机不会堵塞。筛子应安装得与水平成40~45°的角度。

根据筛子的试验资料，当筛子出力为每平方公尺140吨/时时，可分离出75~90%的细末。碎煤机组的出力增加了30%，而碎煤机的击锤、筛子及筛子的磨损程度也显著地降低了，碎煤机的用电量也减少了。在装上筛子以后，进到锅炉房的煤达1300吨时才磨损一个击锤，而以前是950吨时就磨损一个。

表4中列出了作为破碎燃料用的锤式、滚筒式及齿盘式碎煤机的技术特性。

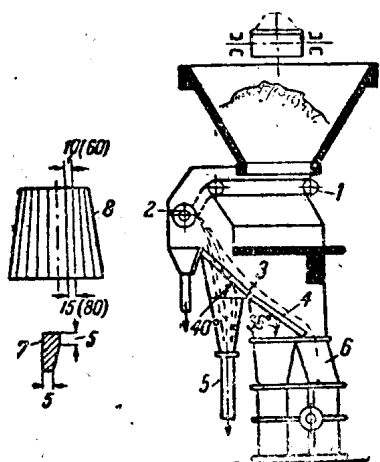


图4 分离燃料中细末的扇形筛子装置图

1—给煤机；2—磁铁分离器；3—分离0~12公厘细末的筛子；4—分离0~60公厘煤块的筛子；5—旁通碎煤机的下煤管；6—碎煤机；7—具有切削边缘的铁片；8—筛子平面图。

表4

锤式、滚筒式及齿盘式碎煤机的特性表

制 造 厂	型 式	碎 煤 时 的 出 力 (吨/时)	击 锤 转 子 滚 筒 或 圆 盘 的 直 径 (公 厘)	击 锤 转 子 或 滚 筒 的 长 (公 厘)	每 分 钟 转 数	电 动 机 功 率 (瓩)	击 碎 前 后 煤 块 的 大 小 (公 厘)	重 量 (吨)
維 克 松 厂	ДМ-2	12/20	800	400	950/1300	27/47	100/13	2.0
維 克 松 厂	ДМ-3	52/74	800	800	950/1300	54/93	100/13	4.0
維 克 松 厂	ДМ-4	67/106	1000	800	580/950	76/120	200/40	5.85
維 克 松 厂	ДМ-5	100/150	1000	1200	580/950	110/180	200/40	7.1
維 克 松 厂	ДМ-7	150/200	1300	1600	580/730	150/200	300/10	12.55
科 特 略 科 夫 厂	ДВД-2	125	600	750	50	18.1	250/125	7.182
科 特 略 科 夫 厂	ДВД-3	150	900	900	40	23.5	350/125	9.39
維 克 松 厂	ДВЗ-99	125	930	900	40	23.5	360/100	9.13
伊 万 诺 夫 厂	ДВЗ-500-6	300	500	1000	117.5-235	40	500/150	3.0

5. 煤倉及下煤管的堵塞

煤倉及下煤管的堵塞是由于燃料的水分及其組織結構所造成的。燃料(例如, 削切泥煤)纖維質的結構造成纖維的聯結物, 形成拱狀物, 并不易从煤倉中出来。

当燃料的水分增加时, 顆粒的聯結性增加, 这也会使燃料粘附到下煤管、煤倉、輸送設備以及其他設備的表面上粘着力增加。在水分高时, 燃料的自然堆积角度可能达到 90° 及 90° 以上。

可以看到各种燃料在不同水分下失去其散粒性, 例如莫斯科近郊煤失去其散粒性是在水分为 $36\sim 37\%$ 时出現的。对于拉伊其辛煤, 当水分高于 $40\sim 42\%$ 时出現, 对于沃耳日的頁岩在水分高于 18% 时出現。

雨雪增加燃料的水分, 它对燃料的散粒性起很不利的影响。經驗証明, 当莫斯科近郊煤的原始水分为 30% 及运煤車上有25公厘厚的雪的情况下, 則在用載重量为50吨的底开門車时, 煤的水分可增加到 33.5% , 在用載重量为20吨的平板敞車时, 煤的水分增加到 34.3% , 在用載重量为16吨的平板敞車时, 煤的水分增加到 35.7% 。

当煤倉的高度很高, 其形状为角錐形时, 則燃料上会产生很大的力量压在下层燃料上, 同时燃料可以形成一个拱支持在煤倉的傾斜壁上。对于每一种燃料当其煤层超过一定的高度时就会形成拱, 而当煤倉內的燃料只装到較低高度时就不会形成。用人工来破坏燃料所形成的拱, 其效率是很低的, 并且是一项很繁重的操作。大家知道这么一个情况, 当进入煤倉的燃料的水分很大时, 撥动燃料的人数超过了鍋炉机組运行人員的人数; 虽然如此, 还不能保証燃料可靠的由煤倉进入磨煤机中去。

采用机械撥动时, 由于必須克服很大阻力, 所以这种方法在运行中也証明无效。

恢复燃料散粒性的最有效的方法是消除

燃料的表面水分。在現有的設備条件下可以采用下述方法:

1. 儲煤場設疏水以便排除雨水及地下水;

2. 燃料进行部分干燥。为了恢复燃料的散粒性, 只要消除燃料中的水分 $4\sim 6\%$ 就可以了, 經驗証明, 假定只使一部分煤好好干燥, 然后使其与原煤混合, 就可以恢复煤的散粒性。在某些情况下, 燃料干燥是保証設備可靠运行的唯一可行的对策(例如, 对于拉伊其辛煤以及其他煤种, 另見下述)。

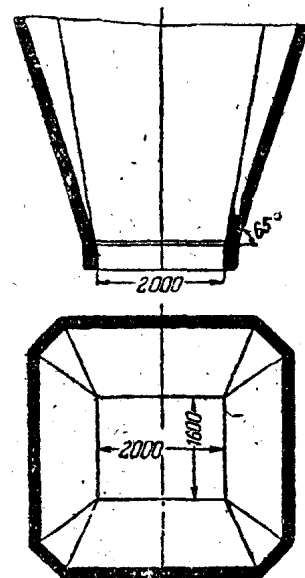


图5 四角具有斜的角錐形煤倉图

3. 向湿煤中混以 $15\sim 20\%$ 从儲煤場取来的較干燥的煤。这对增加煤的散粒性是有利的。夏天准备的并正确地堆成堆的煤要比新入厂的煤干燥些。

在設計应用水分大的煤的設備时, 要考虑到这样一种构造的煤倉, 其斜壁要陡, 出煤口的切面要大。煤倉壁的傾斜角度超过 65° , 壁与壁間所成的四角形成斜面(如图5所示), 一边或两边斗壁是垂直的或有向內傾斜的斗壁(图6)。这种煤倉在运行中証明很好。在个别情况下, 对湿的煤有时用“之”字形的煤倉, 这种煤倉可以減輕上面煤层所加之于下面煤层的压力(图7)。

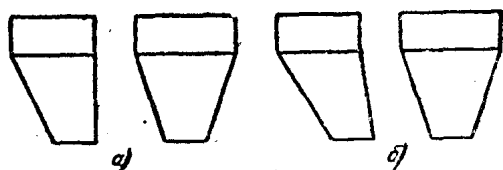


图6 供湿煤用的煤仓

a—有一边垂直斗壁的煤仓；b—有向内倾斜的斗壁的煤仓。

水泥煤仓的内表面要平整光滑。

下煤管要装得倾斜，与水平的角度不要小于 60° 以免被煤堵塞。

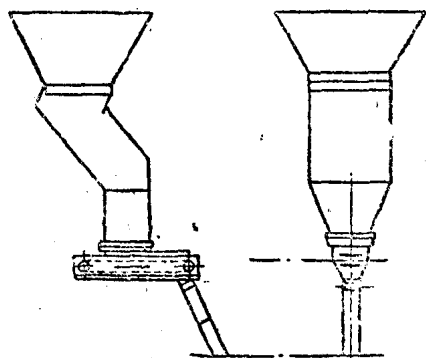


图7 供湿煤用的“之”字形煤仓

在煤仓及下煤管上预先作有小孔，以供拨煤及推煤之用。

6. 燃料的冻结

在冬季燃料会冻结成很大的块，卸下冻结燃料是很困难的，并需要很多人力。

冻结的煤失去了散粒性，它冻结到煤仓壁及下煤管壁上。天气极寒时，煤的冻结，可达到如此程度，以致使供煤到磨煤机的工作完全停止。

煤中只有一部分水分变成冰。经验证明，仅超过以下列举的水分值的这部分煤中水分才冻结，莫斯科近郊煤为 $19 \sim 24\%$ ，削切泥煤为 $28 \sim 33\%$ ，拉伊其辛煤为 $19 \sim 21\%$ ，伯格斯洛伐煤为 $25 \sim 28\%$ 。

煤中水分越高，冻结得越坚固，要使冻结的燃料保持运动只有不断地去移动它，因为煤在储存过程中会冻结成很大的煤块。

防止煤的冻结主要在于减低煤的表面水分。为此，由煤中消除 $4 \sim 6\%$ 的水分已足够了，同时煤的散粒性也可得到恢复。

在实际情况下，削切泥煤在水分超过 45% 时就冻结。所以在矿区防止泥煤冻结的对策在于将泥煤干燥到使其水分在 $40 \sim 45\%$ 以下，并且在以后储存及运输时要保持不再增加水分。

为了防止莫斯科近郊煤及齐略宾煤不致于冻结，可采用在供煤道上设置暖气的方法，为此须保持供煤道上四周空气温度在 $+5$ 至 $+10^\circ\text{C}$ 之间。当煤在供煤过程中流动时就被加热，并且煤的温度可由负值变成正值（例如，由 -4 到 $+2^\circ\text{C}$ ）。煤在受热时，结块性能降低了，因此冻结现象消除了。

对某些煤（例如，拉伊其辛煤，亚历山大煤）来讲，在供煤过程中预先进行干燥是必须的。为此采用炉烟干燥筒或其他干燥设备。

某一发电厂燃用水分达 45% 的拉伊其辛煤，由于煤发生堵塞和堆积而不能可靠地运行。

在冬天为了推动冻结的煤，要用 150 个人。

为了改进煤的供应工作，并消除其存在的缺陷，根据全苏热工研究所的建议，在供煤过程开始前装置了炉烟干燥筒设备。

干燥设备一般从十一月用到四月（六个月）， $40 \sim 60\%$ 的煤通过干燥设备，其余的煤不经过干燥筒输送而与干燥后的煤混合。

在干燥设备中，煤的水分干燥到 38% 以下，这样，全部用煤中的水分降低了 $3 \sim 4\%$ ，而消除了煤的堵塞现象。

将煤预先进行干燥的设备，包括炉烟干燥筒在内，是很大而且价钱很高的，所以只有在绝对必要时才用这种设备。

7. 从燃料中分离出金属

同燃料一起进入碎煤机、给煤机及竖井

式磨煤机的金属时常会损坏这些机件。为了使有磁性的金属不致进入设备里去，在燃料供应过程中装置磁铁分离器。

磁铁分离器可以作成悬吊式的(图8)、

或转动的磁性皮带轮式(图9)的或磁铁筒式的(图10)，后一型式是在皮带轮内装设固定扇形磁铁系统。

悬吊式磁铁分离器装在运煤皮带上，

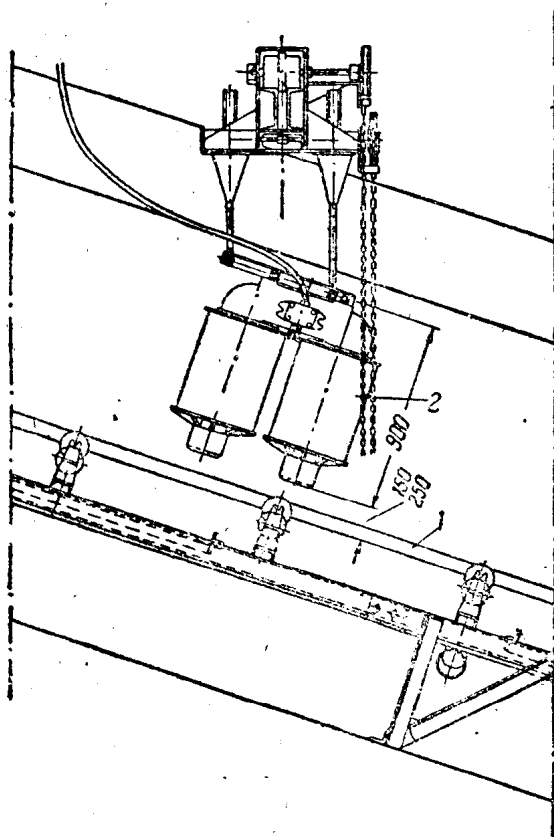


图8 悬吊式磁铁分离器装置图

1—皮带运输机；2—马蹄形磁铁分离器；3—磁力线。

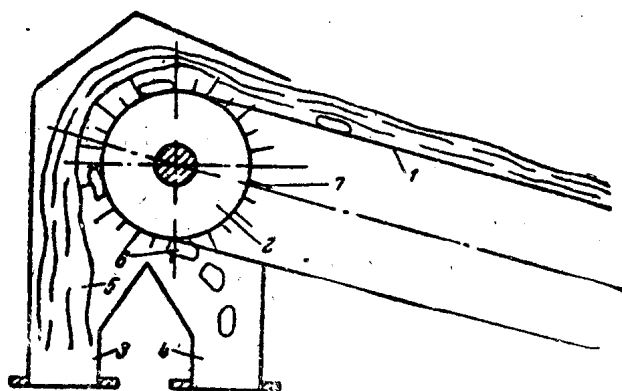
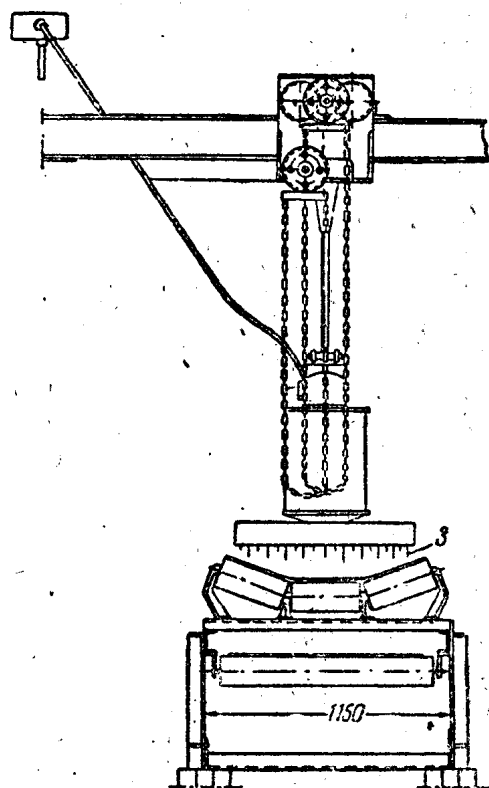


图9 皮带轮式磁铁分离器装置图

1—皮带运输机；2—磁性皮带轮式磁铁分离器；3—下煤筒；4—除金属的筒；5—煤层；6—金属；7—磁力线。

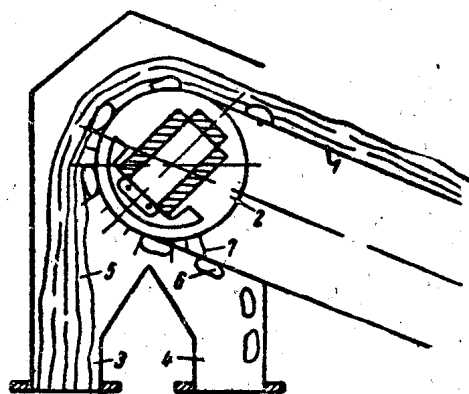


图10 筒式磁铁分离器装置图

1—皮带运输机；2—筒式磁铁分离器；3—下煤筒；4—除金属筒；5—煤层；6—金属；7—磁扇。