

ICS 27.100

F 22

备案号: 13558-2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 466 — 2004

代替 DL 466 — 1992

电站磨煤机及制粉系统选型导则

**Guide for type selection for pulverizers and
pulverizing systems of power station**

2004-03-09 发布

2004-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 煤和煤粉特性	5
4.1 煤的可磨性	5
4.2 煤的磨损性	5
4.3 煤的粘结性	6
4.4 煤粉的爆炸性	6
4.5 煤粉细度	7
4.6 煤和煤粉水分	8
4.7 煤粉的着火和燃尽性能	9
5 设计原始数据	10
6 磨煤机类型及性能	11
6.1 低速磨煤机	11
6.2 中速磨煤机	12
6.3 高速磨煤机	17
6.4 各型磨煤机性能综合比较	19
7 制粉系统类型及性能	20
7.1 中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统	20
7.2 中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉制粉系统	23
7.3 中速磨煤机直吹式制粉系统	24
7.4 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统	25
7.5 风扇磨煤机直吹式制粉系统	26
7.6 中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉闭式和开式系统	27
7.7 双进双出钢球磨煤机半直吹式制粉系统	29
7.8 各型制粉系统性能的综合比较	29
8 制粉系统防爆设计	30
9 磨煤机及制粉系统的选择	31
9.1 选择原则	31
9.2 不同煤质条件下推荐的磨煤机及制粉系统类型	32
附录 A (资料性附录) 最大分子水和最大毛细水的测定	34
附录 B (资料性附录) 外摩擦角、内摩擦角、堆积角的测定	36
附录 C (资料性附录) 我国一些电厂燃煤的爆炸性指数	38
附录 D (规范性附录) 煤质分析基质换算	41
附录 E (资料性附录) 钢球磨煤机系列参数	42
附录 F (资料性附录) 双进双出钢球磨煤机系列参数	43
附录 G (资料性附录) RP (HP) 磨煤机系列参数	46

DL/T 466 — 2004

附录 H (资料性附录)	MPS 磨煤机系列参数	47
附录 I (资料性附录)	MP、ZGM 磨煤机系列性能参数	48
附录 J (资料性附录)	E 型磨煤机系列参数	51
附录 K (资料性附录)	风扇磨煤机系列参数	52

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于确认 2000 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力 [2000] 70 号文）的要求，对原标准 DL466—1992《电站磨煤机及制粉系统选型导则》进行修订而编制的。

原标准 DL466—1992《电站磨煤机及制粉系统选型导则》发布已 10 年，它对我国电站磨煤机及制粉系统选型技术规范和提高起到了有益的作用，但随着电站装机容量的迅猛增长，电站磨煤机和制粉系统也增加了不少新的型式，如中速磨煤机的应用范围不断扩大，双进双出磨煤机在无烟煤锅炉以及相继在烟煤锅炉中的应用，中间储仓式抽炉烟干燥热风送粉系统以及半直吹式制粉系统在无煤烟锅炉中的应用，另外细煤粉的燃烧技术无烟煤锅炉以及在烟煤锅炉中的应用等给我国电站磨煤机和制粉系统的技术增添了新的内容。原《电站磨煤机及制粉系统选型导则》已经远远不能满足锅炉清洁、高效燃烧对制粉系统提出的要求。同时，煤的输送特性（特别是粘性）、爆炸特性在制粉系统的设计中早已提出，但一直没有合适的指标来表示和加以控制，以致于在一些电厂的运行中发生严重的堵煤和爆炸问题。尽快提出合适的煤的粘结指数和爆炸指数并在制粉系统设计时对设备的选型和运行参数加以控制，是设计和运行工程师们的共同心愿。在编制《电站磨煤机及制粉系统选型导则》修改稿时，根据电厂的运行和试验实践，对上述问题进行了总结并在标准中提出了规范的要求。

本标准对原标准修改的主要内容如下：

- 增加第 3 章“术语和定义”；
- 增加第 4 章“煤和煤粉特性”；
- 增加第 5 章“设计原始数据”；
- 增加第 6 章“磨煤机类型及性能”；
- 增加第 7 章“制粉系统类型及性能”；
- 增加第 8 章“制粉系统防爆设计”；
- 取消原标准中的第 4 章“中速磨煤机的选择”，该章内容已编入现第 6 章磨煤机类型及性能；
- 取消原标准中的第 5 章“磨煤机规格及参数选择”，该章内容已编入 DL/T 5154—2002（火力发电厂制粉系统设计计算技术规定），这里不再重复；
- 增加了资料性附录“最大分子水和最大毛细水的测定”（参见附录 A）；
- 增加了资料性附录“外摩擦角、内摩擦角、堆积角的测定”（参见附录 B）；
- 增加了资料性附录“我国一些电厂燃煤的爆炸性指数”（参见附录 C）；
- 增加了规范性附录“煤质分析基质换算”（见附录 D）；
- 在原附录“磨煤机系列表”中修改了 MPS 磨煤机的基本出力数值，增加了双进双出钢球磨煤机系列内容，对钢球磨煤机的基本出力数值进行了校对和调整，对风扇磨煤机的系列参数进行了修正，上述系列参数与 DL/T 5145—2002 一致；
- 增加了规范性附录“煤粉筛规格尺寸表”。

本标准发布后代替 DL 466—1992。

本标准附录 D 是规范性附录。

本标准附录 A、附录 B、附录 C、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J、附录 K 都是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

DL/T 466 — 2004

本标准由电力行业电站锅炉标准化委员会归口并解释。

本标准起草单位：国电热工研究院。

本标准起草人：张安国。

电站磨煤机及制粉系统选型导则

1 范围

本标准规定了进行电站磨煤机及制粉系统选型和参数选择时应遵循的原则。

本标准适用于电站各类高、中、低速磨煤机及其相应的制粉系统。

本标准适用于机组容量为 100MW~600MW 级机组的凝汽式火力发电厂，也适用于 50MW 级及以上的供热式机组。600MW 级以上的机组可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 211 煤中全水分的测定方法

GB 212 煤的工业分析方法

GB/T 213 煤的发热量测定方法

GB 474 煤样的制备方法

GB 475 商品煤样采取方法

GB/T 476 煤的元素分析方法

GB 2565 煤的可磨性指数测定方法（哈德格罗夫法）（neq ISO 5074—1980E）

GB/T 15458 煤的磨损指数测定方法（neq ISO/TC 27/WG15）

DL 465 煤的冲刷磨损指数试验方法

DL/T 831—2003 大容量煤粉燃烧锅炉炉膛选型导则

DL 5000 火力发电厂设计技术规定

DL/T 5121 火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程

DL/T 5145 火力发电厂制粉系统设计计算技术规定

SD 328 KM-88 型仪测定 VTI 可磨性指数的方法

3 术语和定义

3.1

煤的可磨性 gridability of coal

煤的可磨性表示煤在被研磨时煤破碎的难易程度，用可磨性指数表示。

可磨性指数是将相同质量的煤样在消耗相同的能量下进行磨粉（同样磨粉的时间或磨煤机转数），所得到的煤粉细度与标准煤的煤粉细度的对数比而得到。根据煤的破碎理论，煤粉细度与磨粉时间之间具有如下关系：

$$R_x = 100e^{-(A_x A_0)^p} \quad (1)$$

$$A_x = k_0 x^n N_1$$

式中：

R_x —— x 粒级的煤粉细度，%；

k_x ——反映燃料研磨性质的系数；

t ——研磨时间；

p ——指数，取决于设备的性质；

A_x ——常数；

k_0 ——考虑研磨设备特性的系数；

x ——粒径；

n ——均匀指数；

N ——单位质量被研磨燃料的功率。

在同样的时间下，可磨性指数可按下式求得：

$$k_x = \left(\frac{\ln \frac{100}{R_x}}{\ln \frac{100}{R_b}} \right)^{\frac{1}{p}} \quad (2)$$

式中：

R_b ——标准煤的煤粉细度。

3.2

试验室可磨性 gridability of laboratory test

在试验室的条件下（风干的煤样以及在特定的试验仪器和常温条件下）测得的煤的可磨性。

3.3

工作燃料可磨性 gridability of as-received coal

在运行的条件下煤的可磨性。通常煤的水分和干燥气体的温度会对煤在运行状况下的可磨性产生影响。

水分和温度对工作燃料可磨性的影响因煤种的不同而有所差异。烟煤、无烟煤的可磨性随着原煤全水分的增加而下降；褐煤的可磨性随着原煤全水分的增加呈复杂的变化关系。 $V_{daf} < 30\%$ 的褐煤其可磨性随着原煤全水分的增加大部分呈下降的趋势，而 $V_{daf} > 30\%$ 的褐煤其可磨性随着原煤全水分的增加大部分呈上升的趋势。

烟煤、无烟煤的可磨性随温度的变化不明显；褐煤的可磨性随着温度的变化关系较复杂。 $V_{daf} < 30\%$ 的褐煤其可磨性随着温度的增加呈抛物线上升，而 $V_{daf} > 30\%$ 的褐煤其可磨性随着温度的增加呈 N 形上升的趋势。不同的煤种在温度上升的过程中可磨性变化的幅度也不同。因此磨煤机磨制褐煤时的出力不能套用烟煤、无烟煤的出力计算曲线而必须采用试磨或经验的计算方法。

灰分对可磨性的影响主要是灰分增加后由于煤的密度的增加使煤在磨煤机内循环量增大而使磨煤机出力下降。在中速磨煤机内当收到基灰分大于 20% 以后表现较为明显。

3.4

煤的磨损特性 abrasiveness of coal

煤的磨损特性表示煤在被破碎时，煤对研磨件磨损的强弱程度，用磨损指数来表示。

3.5

煤的粘结性 caking character of coal

由于水分的存在，在散状物料颗粒之间及物料颗粒和料仓壁之间会形成毛细力，使颗粒之间或颗粒与料仓壁之间因毛细力和机械冲击力等作用而产生粘结。物料粘结性能的好坏采用成球性指数来评价。成球性指数按下式计算求得：

$$K_c = \omega_g / (\omega_{\text{毛}} - \omega_g) \quad (3)$$

式中:

K_c ——成球性指数;

$\omega_{分}$ ——最大分子水, % (参见附录 A 的试验方法求得);

$\omega_{毛}$ ——最大毛细水, % (参见附录 A 的试验方法求得)。

成球性指数 K_c 综合反映了细粒物料的天然性质 (颗粒表面的亲水性、颗粒形状及结构状态, 如粒度组成、孔隙率等) 对物料粘结性强弱的影响。

煤的粘结性和煤的矿物组成、粒度组成、颗粒形貌及机械强度性能有关。煤中蒙脱石、多水高岭石含量越高, 煤的粘结性越强; 煤的粒度越细, 煤的粘结性越强; 多棱角的针状、片状颗粒越多, 煤的粘结性越强; 煤的机械强度越低, 煤的粘结性越强。

3.6

煤的摩擦角 friction angle of coal

摩擦角分为外摩擦角和内摩擦角。外摩擦角是指物料置于水平的平板上, 平板的一端下降至开始运动时平板与水平面的夹角。为了使煤能顺利流动, 实际料壁与水平面的夹角应比外摩擦角大 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。外摩擦角的测定方法参见附录 B。内摩擦角 (陷落角) 是指物料在陷落过程中其自由表面与水平面所能形成的最小夹角。它是计算料仓容积的重要参数。其测定原理参见附录 B。外摩擦角和内摩擦角是煤的粘结性的重要参数。

3.7

煤的堆积角 collective angle of coal

它是指煤在下泻时所形成料堆的斜面与水平面的夹角 (也称安息角)。它也是煤的粘结性的重要参数, 是设计磨煤机入口斜角的重要依据, 其测定原理参见附录 B。

3.8

煤粉的爆炸性 explosivity of pulverized coal

爆炸的过程是悬浮在空气中的煤粉的强烈燃烧过程。

判断煤粉爆炸性的分类准则是爆炸性指数 K_d 。它是考虑燃料的活性 (可燃挥发分的含量及其热值) 以及燃料中的惰性 (燃料中灰分和固定碳的含量) 的综合影响的结果。爆炸性指数 K_d 按下式计算:

$$K_d = \frac{V_d}{V_{vol, que}} \quad (4)$$

$$V_{vol, que} = \frac{V_{vol} \left(1 + \frac{100 - V_d}{V_d} \right)}{100 + V_{vol} \frac{100 - V_d}{V_d}} 100 \quad (5)$$

$$V_{vol} = \left(\frac{1260}{Q_{vol}} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$Q_{vol} = \frac{(Q_{gr, v, daf} - 7850FC_{daf})}{V_{daf}} \quad (7)$$

$$FC_{daf} = 1 - V_{daf} \quad (8)$$

式中:

K_d ——煤粉的爆炸性指数;

V_d ——煤的干燥基挥发分, %;

$V_{vol, que}$ ——燃烧所需可燃挥发分的下限 (考虑灰和固定碳), 按式 (5) 计算, %;

V_{vol} ——不考虑灰和固定碳时燃烧所需可燃挥发分的下限, 按式 (6) 计算, %;

Q_{vol} ——挥发分的热值，按式（7）计算，kJ/kg；

$Q_{\text{net, v, daf}}$ ——煤的干燥无灰基低位发热量，kJ/kg；

FC_{daf} ——煤的干燥无灰基固定碳含量，按式（8）计算；

V_{daf} ——煤的干燥无灰基挥发分含量。

示例：某电厂燃煤煤质分析如下， $V_{\text{daf}}=16\%$ ， $A_{\text{d}}=32.26\%$ ， $V_{\text{d}}=10.84\%$ ， $Q_{\text{net, v, daf}}=22580\text{kJ/kg}$ ，则其煤粉的爆炸性指数 K_{st} 可通过下述计算求得。

(1) 煤的干燥无灰基固定碳含量为： $\text{FC}_{\text{daf}}=1-0.16=0.84$ ；

(2) 挥发分的热值为： $Q_{\text{vol}}=\frac{(22580-7850\times 0.84)}{0.16}=99912.5\text{ (kJ/kg)}$ ；

(3) 不考虑灰和固定碳时，燃烧所需可燃挥发分的下限为： $V_{\text{vol}}=\frac{1260}{99912.5}\times 100=1.261\text{ (}\%)$ ；

(4) 考虑灰和固定碳时，燃烧所需可燃挥发分的下限为：

$$V_{\text{vol, req}} = \frac{1.261 \times \left(1 + \frac{100 - 10.84}{10.84} \right)}{100 + 1.261 \times \left(\frac{100 - 10.84}{10.84} \right)} \times 100 = 10.54(\%)$$

(5) 煤粉的爆炸性指数为： $K_{\text{st}}=\frac{10.84}{10.54}=1.028$

3.9

煤粉的着火、燃尽性能 Ignitability and burn-out of pulverized coal

煤粉的着火、燃尽性能表示煤粉在炉膛中在规定的燃烧条件下被燃烧着火以及燃尽的难易程度。它与煤化程度、煤质成分、矿物成分有关。在具体炉膛中还与炉膛形式、燃烧器结构、燃烧器的布置、炉内停留时间、炉膛压力、煤粉细度以及与配风状况等诸多空气动力学和热力学因素有关。

煤粉的着火、燃尽性能是制粉系统形式选择的重要因素。在煤粉的着火性能较差时，要采用热风送粉等方式以提高其着火性能；在煤粉的燃尽性能较差时，要采用较细的煤粉细度等方式以提高其燃尽性能。

煤的着火、燃尽性能大致随煤中挥发分的含量的降低而逐渐变难。对于低挥发分煤种（ V_{daf} 在 10%~25% 之间），单纯用挥发分进行判断容易引起偏差，此时需用煤粉气流着火温度（IT）以及在“一维火焰试验炉”得出的燃尽率指标 B_p 加以判断。煤的着火性能也可以用着火稳定性指数 R_w 大致判断。煤粉气流着火温度（IT）、着火稳定性指数 R_w 以及燃尽率指标 B_p 的试验方法见 DL/T 831。

混煤的着火燃尽性能更接近于混煤中挥发分较低的煤种，可以用混煤的评价挥发分（根据图 2 求取）来决定其着火燃尽性能。

3.10

磨煤机的研磨出力 grinding capacity of pulverizer

由煤的可磨性和煤粉细度所决定的磨煤机的出力，除煤的可磨性和煤粉细度外还取决于原煤的粒度、磨煤机的种类和尺寸。

3.11

磨煤机的通风出力 aerated capacity of pulverizer

由磨煤机的通风条件所决定的磨煤机出力，磨煤机的通风量不足时常表现为磨煤机的堵塞。

3.12

磨煤机的干燥出力 drying capacity of pulverizer

由磨煤机的干燥能力所决定的磨煤机出力，干燥能力不足煤粉达不到所需要的温度和水分，引起结露并对燃烧造成影响。

3.13

磨煤机的基本出力 basic capacity of pulverizer

磨煤机的基本出力（或铭牌出力）是指磨煤机在其规定的煤质条件和煤粉细度下的出力。通常

基本出力在磨煤机性能系列参数表中给出。

3.14

磨煤机的设计出力 design capacity of pulverizer

磨煤机的设计出力（或称计算出力）是指磨煤机在设计煤质条件下和设计煤粉细度下的最大出力。该出力是通过给定的公式、图表计算或试验得到。

3.15

原煤的最大水分 maximum moisture of coal

原煤的最大水分是工作燃料的最大水分，常由于下雨使原煤的水分增大。在钢球磨煤机的出力计算中，最大水分 $M_{\max}=1+1.07M_{st}$ （%），一般原煤的最大水分在校核煤种中给出。

4 煤和煤粉特性

4.1 煤的可磨性

4.1.1 根据公式（2）求得的可磨性指数有哈氏可磨性指数 HGI（按 GB2565 测定）和 VTI 可磨性指数 K_{VTI} （按 SD328 测定）。 K_{VTI} 用于钢球磨煤机的出力计算，HGI 用于除钢球磨煤机以外所有磨煤机的出力计算。

4.1.2 可磨性指数 HGI 和 K_{VTI} 可近似用下式进行换算：

$$K_{VTI}=0.0149HGI+0.32 \quad (9)$$

但在进行磨煤机的出力计算时，应以实测的可磨性数据为准。

4.1.3 混煤的可磨性宜实测。当没有实测值时也可按加权平均的办法按下式估算：

$$K_x=r_1 K_{x,1}+r_2 K_{x,2} \quad (10)$$

式中：

r_1, r_2 ——煤种 1 和煤种 2 在混煤中所占的质量份额；

$K_{x,1}, K_{x,2}$ ——煤种 1 和煤种 2 的可磨性指数。

4.2 煤的磨损性

4.2.1 制粉系统设计所需的煤的磨损特性按 DL465 进行测定，得到煤的冲刷磨损指数 K_s 。必要时（对外联系时）还可用 GB/T 15458 测得的磨损指数 AI 作为参考。

4.2.2 煤的磨损性和煤的冲刷磨损指数 K_s 的关系见表 1。

表 1 煤的磨损性和煤的冲刷磨损指数 K_s 的关系

煤的冲刷磨损指数 K_s	磨损性
<1.0	轻微
1.0~2.0	不强
2.0~3.5	较强
3.5~5.0	很强
>5.0	极强

4.2.3 煤的磨损性和煤的磨损指数 AI 的关系见表 2。

表 2 煤的磨损性和煤的磨损指数 AI 的关系

煤的磨损指数 AI (mg/kg)	磨损性
<30	轻微
31~60	较强
61~80	很强
>80	极强

4.2.4 在未取得煤的磨损指数的情况下煤的磨损性 K_c 也可按灰的成分粗略判别:

- 如果灰中 $\text{SiO}_2 < 40\%$, 磨损性 K_c 属轻微, $\text{SiO}_2 > 40\%$ 难以判别。
- 如果 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 2.0$ 时, 磨损性 K_c 在较强以下; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 2.0$ 时难以判别。
- 如果灰中石英的含量小于 $6\% \sim 7\%$, 磨损性 K_c 在不强以下; 如果灰中石英的含量大于 $6\% \sim 7\%$, 磨损性难以判别。灰中石英的含量计算如下:

$$(\text{SiO}_2)_q = (\text{SiO}_2)_t - 1.5(\text{Al}_2\text{O}_3) \quad (11)$$

式中:

- $(\text{SiO}_2)_q$ ——灰中石英含量, %;
 $(\text{SiO}_2)_t$ ——灰中 SiO_2 含量, %;
 (Al_2O_3) ——灰中 Al_2O_3 含量, %。

4.3 煤的粘结性

煤的粘结性能和成球性指数 K_c 的关系如表 3 所示。

表 3 煤的粘结性能和成球性指数 K_c 的关系

成球性指数 K_c	煤的粘结性能
< 0.2	无粘结性
$0.2 \sim 0.35$	弱粘结性
$0.35 \sim 0.60$	中等粘结性
$0.60 \sim 0.80$	强粘结性
> 0.80	特强粘结性

4.4 煤粉的爆炸性

4.4.1 煤粉的爆炸性和煤粉的爆炸性指数的关系如表 4 所示。

表 4 煤粉的爆炸性和煤粉的爆炸性指数的关系

煤粉的爆炸性指数	煤粉的爆炸性
$K_d < 1.0$	难爆
$1.0 < K_d < 3.0$	中等
$K_d \geq 3.0$	易爆

4.4.2 我国一些电厂燃煤的爆炸性指数及与煤粉气流着火温度及干燥无灰基挥发分的关系参见附录 C。煤粉的爆炸性和煤粉气流着火温度及干燥无灰基挥发分的关系如表 5 和表 6 所示。

表 5 煤粉的爆炸性和煤粉气流着火温度的关系

煤粉的爆炸性指数	煤粉气流着火温度 ℃
$K_d < 1.0$	$\text{IT}_m > 800$
$1.0 < K_d < 3.0$	$800 > \text{IT}_m > 650$
$K_d \geq 3.0$	$\text{IT}_m \leq 650$

表6 煤粉的爆炸性和干燥无灰基挥发分的关系

煤粉的爆炸性指数	干燥无灰基挥发分 %
$K_d < 1.0$	$V_{daf} < 10$
$1.0 < K_d < 3.0$	$10 < V_{daf} < 30$
$K_d \geq 3.0$	$V_{daf} \geq 25$

注： V_{daf} 在25%和30%之间煤的爆炸性有所重叠

4.5 煤粉细度

4.5.1 随着煤粉变细磨煤机电耗增加而锅炉燃烧效率提高，因此存在一个经济煤粉细度。经济煤粉细度的选取主要考虑以下三个因素：

- 煤的燃烧特性。一般来说，挥发分高、灰分少、发热量高的煤燃烧性能好，煤粉细度可以放粗。
- 燃烧方式、炉膛的热强度和炉膛的大小。旋风炉，炉膛的热强度高及大炉膛时，煤粉细度可以放粗。
- 煤粉的均匀性系数。均匀性好，煤粉细度可以放粗。

4.5.2 煤粉细度按下述方法进行选取。

- 对于固态排渣煤粉炉燃用无烟煤、贫煤和烟煤时，在无燃尽率指数 B_p 的分析值时，煤粉细度按下式选取：

$$R_{90} = 0.5nV_{daf} \quad (12)$$

式中：

R_{90} ——用 90 μm 筛子筛分时筛上剩余量占煤粉总量的百分比，%；

n ——煤粉均匀性指数；

V_{daf} ——煤的干燥无灰基挥发分，%。

- 在有燃尽率指数 B_p 的分析值时，应根据燃尽率指数 B_p 按图 1 来选取煤粉细度。

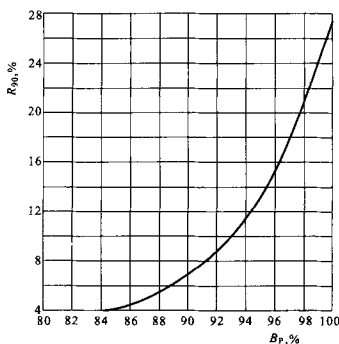


图1 煤粉细度和燃尽率 B_p 的关系（无烟煤、贫煤和烟煤）

示例：当煤的燃尽率指数 $B_p=90\%$ 时，根据图 1 可选取煤粉细度 $R_{90}=7.0\%$ 。

- 煤粉细度的最小值应该控制不低于 $R_{90}=4\%$ 。

- 当燃用褐煤和油页岩时，煤粉细度为：

$R_{90} = 35\% \sim 60\%$ (挥发分高时取大值, 挥发分低时取小值)

$R_{1.0} < 1\% \sim 3\%$

e) 进口机组的煤粉细度按外商的要求进行设计。

f) 混煤的煤粉细度应先按质量加权的方法求出挥发分, 再根据图 2 求取混煤的评价挥发分, 根据评价挥发分再按式 (12) 求取混煤的煤粉细度。

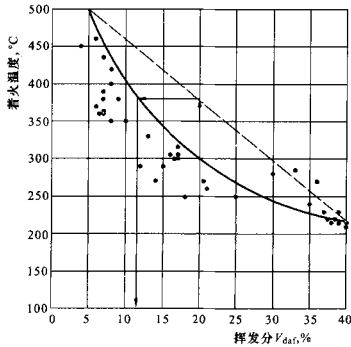


图 2 根据着火特性求混煤的评价挥发分

示例: 先按质量加权的方法求出混煤的挥发分, 例如 $V_{daf} = 20\%$, 根据图 2 中虚线的箭头指示得到评价挥发分为 $V_{daf} = 11\%$ 。

4.6 煤和煤粉水分

4.6.1 原煤的全水分 M_t 由外在 (表面) 水分 M_f 和内在水分 M_{inh} (即空气干燥基水分 M_{ad}) 组成。三者之间的关系如下:

$$M_t = M_f + \frac{M_{ad}(100 - M_f)}{100} \quad (13)$$

式中:

M_t ——原煤的全水分, %;

M_f ——煤的外在 (表面) 水分, %;

M_{ad} ——内在水分 M_{inh} (即空气干燥基水分), %。

4.6.2 为了防止钢球磨煤机入口和料仓堵煤现象的发生, 必须进行煤的全水分对煤的外摩擦角和堆积角的影响试验。应控制煤的全水分使煤的外摩擦角比料仓的壁面斜角小 $5^\circ \sim 10^\circ$, 使煤的堆积角小于磨煤机入口斜角 (钢球磨煤机和斜切进煤的双进双出钢球磨煤机入口一般为 45°)。

4.6.3 对于强粘结性的煤 (成球性指数 $0.6 \sim 0.8$), 煤的全水分必须控制在 8% (内水分为 $1\% \sim 2\%$) 以内, 否则将造成钢球磨煤机入口堵煤现象的发生。

4.6.4 煤粉水分主要和煤的全水分以及磨煤机出口温度有关。煤粉水分的取值范围为:

$$M_{pc} = (0.5 \sim 1.0) M_{ad} \quad (14)$$

式中:

M_{pc} ——煤粉水分, %;

M_{ad} ——煤的空气干燥基水分, %。

具体数值按图 3 选取。

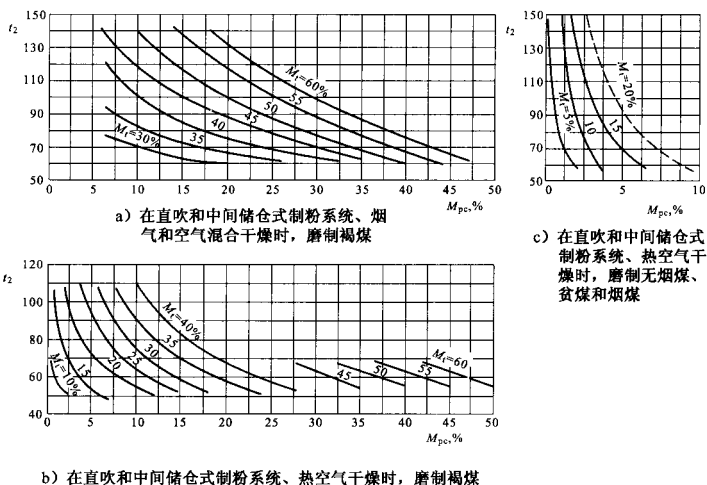


图3 煤粉水分 M_{pc} 和磨煤机的出口温度 t_2 (°C) 以及原煤水分 M_t 的关系

4.6.5 原煤的最大水分一般按校核煤种给出的数值来考虑，对于钢球磨煤机原煤的最大水分为 $M_{max} = 1 + 1.07M_t$ (%)。

4.7 煤粉的着火和燃尽性能

4.7.1 煤的着火性能和煤粉气流着火温度 IT 、着火稳定性指数 R_w 以及煤的挥发分 V_{daf} 的关系如表 7 所示。

表 7 煤的着火性能和煤粉气流着火温度 IT 以及煤的挥发分 V_{daf} 的关系

IT °C	R_w	V_{daf} %	煤的着火性能
>800	<4	<15	较难
800~700	4~5	10~25	中等
<700	>5	>20	较易

注： V_{daf} 在 10%~15% 以及 20%~25% 之间着火性能有重叠

4.7.2 煤的燃尽性能和煤的燃尽率指标 B_p 以及煤的挥发分 V_{daf} 的关系见表 8。

表 8 煤的燃尽性能和煤的燃尽率指标 B_p 以及煤的挥发分 V_{daf} 的关系

B_p %	V_{daf} %	煤的燃尽性能
<88	<15	较难
88~95	10~25	中等
>95	>25	较易

注： V_{daf} 在 10%~15% 以及 15%~25% 之间燃尽性能有重叠

5 设计原始数据

5.1 进行磨煤机和制粉系统选型及参数设计时所必需的煤质数据如表 9 所示。

5.2 根据煤质进行制粉系统参数计算时应注意表示煤工业分析和元素分析的基质（如收到基、空气干燥基、干燥基、干燥无灰基等）。各种基质的换算方法见附录 D。

5.3 在进行制粉系统设计时，应根据锅炉的设计煤种和校核煤种进行设计。当实际燃用煤种偏离设计煤种所列数据，差值在表 10 范围内时，制粉系统的参数设计应能使锅炉在最大连续蒸发量下安全、可靠地稳定运行。

表 9 磨煤机和制粉系统选型及参数设计时所必需的煤质数据

序号	项目	符号	单位	依据	用途
1	工业分析 全水分 固有水分析 挥发分 固定碳	M_t M_{ad} A_{ar} V_{ar} V_{daf} FC_{daf}	% % % % % %	GB/T211 GB 212	(1) 选择干燥方式; (2) 选择制粉系统; (3) 计算煤粉细度
2	发热量	$Q_{net, v, ar}$	kJ/kg	GB/T 213	结合工业分析计算煤的爆炸性指数 K_d , 选择制粉系统
3	元素分析 碳 氢 氧 氮 全硫	C_{ar} H_{ar} O_{ar} N_{ar} S_{ar}	% % % % %	GB/T 476	计算一次风量（结合一次风率）
4	可磨性指数 哈氏可磨性指数 VTI 可磨性指数	HGI K_{VTI}	— —	GB 2565 SD 328	结合工业分析计算磨煤机出力
5	磨损指数	K_w	—	DL 465	选择磨煤机
6	成球性指数 煤的摩擦角 堆积角	K_c ϕ α_j	— (°) (°)	本标准	(1) 煤斗及磨煤机入口角度设计; (2) 煤的水分控制
7	煤粉气流着火温度	T_f	℃	DL/T 831	选择制粉系统
8	燃尽率指数	B_p	%	DL/T 831	选择制粉系统和煤粉细度
9	煤的粒度分布 煤的堆积密度 真密度	ρ_b ρ_s	kg/m ³ kg/m ³		(1) 煤斗容量设计; (2) 煤的水分控制

表 10 运行煤质的允许波动范围

%

项目	符号	单位	无烟煤	贫煤	低挥发分烟煤	高挥发分烟煤	褐煤
干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%	-1	-2	±4	±4.5	
收到基灰分	A_{ar}	%	±4	±5	±5	+5, -10	±5
收到基低位发热量	$Q_{net, v, ar}$	kJ/kg	±10	±10	±10	±10	±7
收到基水分	M_{ar}	%	±2	±2	±2	±2, $M_{ar} \geq 12\%$ 时, ±4	±5

表 10 (续)

项 目	符号	单位	无烟煤	贫煤	低挥发分烟煤	高挥发分烟煤	褐煤
可磨性指数	HGI	—	±20	±20	±20	±20	±20
	K_{VTI}	—	±10	±10	±10	±10	±10
磨损指数	K_w	—	±20	±20	±20	±20	±20
成球性指数	K_c	—	±20	±20	±20	±20	±20
注：挥发分、灰分、水分均为绝对偏差；发热量、可磨性指数、磨损指数、成球性指数为相对偏差							

6 磨煤机类型及性能

6.1 低速磨煤机

6.1.1 钢球磨煤机

6.1.1.1 钢球磨煤机其系列性能参数表参见附录 E。

6.1.1.2 磨煤机的出力和钢球直径的平方根成反比，但是钢球直径过小在运行中易被磨碎而失去研磨能力，因此根据煤种有一个合适的钢球尺寸和配比，见表 11。

6.1.1.3 在计算磨煤机出力时应按最佳钢球装载量进行计算。最佳钢球装载量的计算公式如下：

$$B_{b,opt} = V \rho_b \phi_{b,opt} \quad (15)$$

$$\phi_{b,opt} = \frac{0.12}{\left(\frac{n}{n_{cr}}\right)^{1.75}} \quad (16)$$

$$n_{cr} = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \quad (17)$$

$$V = 0.785 D^2 L \quad (18)$$

式中：

$B_{b,opt}$ ——最佳钢球装载量，t；

V ——磨煤机体积， m^3 ；

D ——磨煤机直径，m；

L ——磨煤机长度，m；

ρ_b ——钢球堆积密度，对筛选过的钢球取 $\rho_b=4.9t/m^3$ ，对未筛选过的钢球取 $\rho_b=5.0t/m^3$ ；

$\phi_{b,opt}$ ——最佳钢球装载系数；

n ——磨煤机筒体转速，r/min；

n_{cr} ——磨煤机筒体的临界转速，r/min。

最佳钢球装载量为磨煤机最大钢球装载量的（0.8~0.88）倍。

表 11 钢球磨煤机钢球规格和配比表

煤 种	制粉系统形式	筒体直径 $D < 3m$		筒体直径 $D > 3m$	
		钢球直径 mm	钢球配比 %	钢球直径 mm	钢球配比 %
无烟煤	中间储仓式制粉系统	30	100	30/25	50/50
烟煤	中间储仓式制粉系统（带下降干燥管）	30/40/60	33/33/34	30/40	35/65
收到基硫 $S_{p,m} > 3\%$ 的褐煤	中间储仓式制粉系统（带下降干燥管）	40/60	35/65	40	100

6.1.1.4 因为径向型粗粉分离器比轴向型粗粉分离器阻力大、循环倍率高，将径向型粗粉分离器改为轴向型粗粉分离器以后，一般磨煤机出力要提高 10% 以上。

6.1.1.5 粗粉分离器应能提供最佳的循环倍率和高度的煤粉均匀性。最佳循环倍率和煤种的关系如表 12 所示。煤粉均匀性应能达到 1.0 以上，对于无烟煤和贫煤煤粉均匀性应能达到 1.1 以上。

表 12 最佳循环倍率的推荐值

煤种	钢球磨煤机	风磨磨煤机
无烟煤	3.0	—
贫煤	2.2	7.0
烟煤	—	2.5~3.5
褐煤	1.4	2~4

6.1.1.6 钢球磨煤机的阻力、电耗、磨耗的数值如表 13 所示。

表 13 钢球磨煤机的阻力、电耗、磨耗

项 目	数 值	说 明
阻力 Pa	2000~3000	煤的可磨性指数低、煤粉细，运行阻力大
磨煤电耗 kWh/t	15~20 (烟煤、贫煤) 20~25 (无烟煤)	可磨性指数低、煤粉细，磨煤电耗高
通风电耗 kWh/t	8~15	
制粉电耗 kWh/t	22~35 (烟煤、贫煤) 30~40 (无烟煤)	
磨耗 g/t	150~300	煤的磨损指数高、煤粉细、钢球耐磨性能差，磨耗大

6.1.2 双进双出钢球磨煤机

6.1.2.1 各型双进双出钢球磨煤机系列性能参数参见附录 F。

6.1.2.2 双进双出钢球磨煤机具有普通钢球磨煤机运行可靠、对煤种适应性广的特点，同时可以用于正压运行，具有直吹式制粉系统的特点。但是双进双出钢球磨煤机的磨煤电耗较高，制粉电耗高达 50kWh/t 以上。因此选用时在双进双出钢球磨煤机、中速磨煤机和普通钢球磨煤机三者之间要进行综合分析和比较。

6.1.2.3 在选用磨煤机入口为斜切方式进煤的双进双出钢球磨煤机时，要注意煤的粘结性和煤的水分，防止磨煤机入口堵煤现象的发生。

6.1.2.4 在选用双进双出钢球磨煤机的煤位测量和控制装置时，应选用压差法煤位测量装置。噪声法煤位测量装置仅作为辅助测量装置使用。

6.1.2.5 目前双进双出钢球磨煤机配用的粗粉分离器其煤粉均匀性指数不高（雷蒙型粗粉分离器其煤粉均匀性指数 $n=0.7\sim 0.9$ ，蜗壳型磨煤机粗粉分离器其煤粉均匀性指数 $n=0.6\sim 0.8$ ），对低挥发分煤种的燃烧带来不利。在设计煤粉细度时，应考虑煤粉均匀性的影响。

6.2 中速磨煤机

6.2.1 中速磨煤机有碗式磨煤机、辊轮式磨煤机和球式磨煤机。它们是以研磨件中有特征性的结构来

命名的。

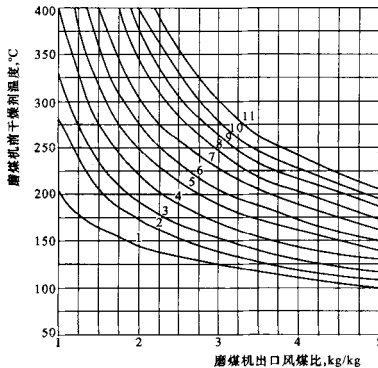
6.2.2 碗式磨煤机过去也称雷蒙磨煤机，如 RP、HP 磨煤机等。其系列参数性能表参见附录 G。在系列中划分为若干组，在每组中磨煤机的磨盘和磨辊直径皆未变，仅变动磨煤机的通风量而得到不同的出力。

6.2.2.1 HP 磨煤机是 RP 磨煤机的改进型。主要在风环结构（由固定型改为随磨碗一起旋转的动风环）、减速箱结构（由蜗轮蜗杆改为螺旋伞齿加行星齿轮传动）、磨辊辊套尺寸（宽度缩小直径加大）、加载方式（由液压加载改为外置式弹簧变加载）进行了改进，提高了风速的均匀性和初级分离效果，减少了石子煤的排放量，同时延长了风环的使用寿命；减速箱结构的改进提高了传动效率和设计使用寿命；磨辊辊套的改进提高了辊套磨损的均匀性和使用寿命；加载方式的变化简化了结构，可靠性提高，减少了检修维护工作量。因此 HP 磨煤机是碗式磨煤机的首选磨煤机。

6.2.2.2 由于 RP 磨煤机风环磨损以后风环面积变化较大，而风环间隙的调整较为困难，引起石子煤量的增加，因此当煤的磨损指数大于 3.5 时不宜采用 RP 磨煤机。

6.2.2.3 和其他中速磨煤机一样，磨煤机对煤的全水分的适应范围取决于磨煤机前的干燥剂温度。从磨煤机磨辊能承受的温度来看，此温度不能超过 400℃。锅炉回转式空气预热器能提供 370℃ 的热空气，如果再增加一级管式空气预热器则可提供约 420℃ 的热空气。在此温度下所能干燥的水分和风煤比的取用与磨煤机的出口温度有关，应通过热平衡的计算求得所能干燥的水分。

6.2.2.4 图 4 和图 5 示出了在不同磨煤机出口温度下磨煤机的入口温度和磨煤机内干燥的水分以及风煤比的关系。



1—(6-4.0)；2—(8-4.5)；3—(10-3.5)；4—(12-5.0)；5—(14-5.0)；
6—(16-5.5)；7—(18-6.0)；8—(20-6.0)；9—(22-6.5)；10—(24-7.0)；11—(26-7.5)

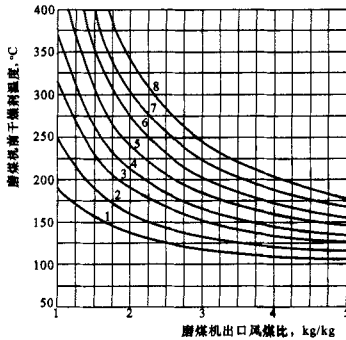
注：括号内数值含义为（进口水分—出口水分）（%）。

图 4 磨煤机出口温度 $t''=77^{\circ}\text{C}$ 时，磨煤机前干燥剂的温度和磨煤机内干燥的水分以及磨煤机出口风煤比的关系

（磨煤机密封风率 0.02kg/kg，磨煤机研磨发热 30kJ/kg，散热损失 5%）

示例：如果取 $t_1=400^{\circ}\text{C}$ ，根据图 4 可见，在磨煤机出口温度为 77°C ，磨煤机出口风煤比为 2.0 时，磨煤机内能干燥的水分约为 $\Delta M = \left(\frac{24-7.0}{100-7.0} \right) = 18.3\%$ 。如果取磨煤机出口温度为 70°C ，则磨煤机内能干燥的水分约为 $\Delta M=19\%$ 。

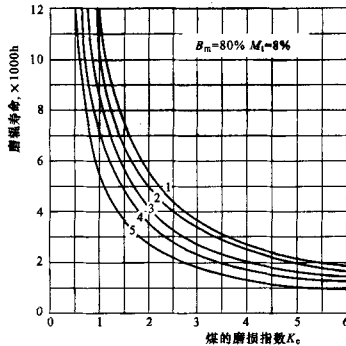
6.2.2.5 磨煤机磨辊的寿命取决于煤的磨损指数、煤粉细度和磨煤机运行的负荷率。对于碗式磨煤机，磨煤机磨辊的寿命和煤的磨损指数、煤粉细度的关系见图 6。



1—(2-1.0)；2—(4-1.5)；3—(6-1.5)；4—(8-2.0)；5—(10-2.0)；
6—(12-2.0)；7—(14-2.0)；8—(16-2.0)

注：括号内数值含义为（进口水分-出口水分）（%）。

图 5 磨煤机出口温度 $t''=82^{\circ}\text{C}$ 时，磨煤机前干燥剂的温度和磨煤机内干燥的水分以及磨煤机出口风煤比的关系（磨煤机密封风率 0.2kg/kg，磨煤机研磨发热 30kJ/kg，散热损失 5%）



1— $R_{90}=30\%$ ；2— $R_{90}=25\%$ ；3— $R_{90}=20\%$ ；4— $R_{90}=15\%$ ；5— $R_{90}=10\%$

注：采用堆焊辊套的 RP 和 HP 磨煤机辊套寿命分别为图中的 2 倍和 2.6 倍。

图 6 碗式磨煤机辊套寿命和煤的磨损指数的关系

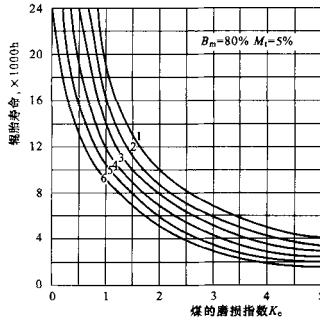
6.2.2.6 碗式磨煤机粗粉分离器出口部分装有文丘里煤粉分配器。磨煤机出口 4 根煤粉管道的煤粉分配均匀性尚可，最大的流量分配不均匀性和浓度分配不均匀性（指在恶劣工况下煤粉管中偏差最大者）分别约为 15% 和 40%。若采用动静态组合式分离器时流量及煤粉分配不均匀性会得到改善（最大的流量分配不均匀性和浓度分配不均匀性分别约为 5% 和 25%）。

6.2.2.7 碗式磨煤机由于采用相对较低的风环流速，磨煤机阻力较低，为 3.5kPa~5.5kPa（磨煤机尺

寸越大阻力越大)。石子煤量在适当提高风环流速的情况下可以达到给煤量的 0.1%。

注：在石子煤量高时要影响磨煤机的运行和锅炉的效率，根据计算，当煤的发热量为 19MJ/kg、石子煤热值为 6.27MJ/kg、石子煤量为 200kg/h、磨煤机出力为 30t/h 时，将造成 0.22% 的热损失。

- 6.2.2.8 对同一种形式的中速磨煤机，石子煤排量的多少与煤中矸石含量及灰分含量的多少等有关。对碗式磨煤机，只能用堵去部分风环的流通面积，适当提高风环流速的办法来减少石子煤量。
- 6.2.2.9 在磨制烟煤时，磨煤机的出力计算应按 DL/T 5145 进行计算。
- 6.2.2.10 在磨制高水分烟煤以及褐煤时，磨煤机的出力计算不能采用烟煤的出力计算曲线。此时的磨煤机的出力应根据试验结果来决定。
- 6.2.2.11 碗式磨煤机可以提供 $R_{90}=8\% \sim 25\%$ 的煤粉细度，需要时，在设计阶段改变分离器的尺寸以后也可以提供 $R_{90}=15\% \sim 30\%$ 的煤粉细度，煤粉均匀性 $n=1.0 \sim 1.1$ 。
- 6.2.2.12 碗式磨煤机在更换磨辊辊套时的检修工作量相对较小（磨辊可以从侧面拉出），但是在运行中需要定期调整磨辊的间隙和弹簧压缩量，和 MPS 磨煤机比较，运行中的维护工作量相对较大。
- 6.2.3 辊轮式磨煤机。
- 6.2.3.1 辊轮式磨煤机有 MPS（或 MP、ZGM）和 MBF 两种。MBF 是在 RP（HP）磨煤机的基础上发展得来的，除磨辊及磨盘按轮胎状设计外，其余都保留了 RP（HP）磨煤机的特征。本标准提出的 MPS 磨煤机的系列性能参数表参见附录 H。附录 I 列出了国内制造厂采用的 MP、ZGM 磨煤机系列性能参数。
- 6.2.3.2 附录 H 性能参数中的出力是根据国内运行实践进行了调整以后而提出的，不同煤质条件下的出力计算应根据 DL/T 5145 进行。
- 6.2.3.3 磨煤机磨辊和磨盘直接接触在磨煤机启动时会对磨煤机减速箱造成一定的损伤，但在运行中不需要对磨辊和磨盘的间隙进行定期调整。两种加载结构方式的选择（磨辊和磨盘直接接触或有间隙）需要综合考虑。
- 6.2.3.4 液压加载方式提高了加载的自动控制性能和磨煤机的最小负荷率，同时降低了电耗和节约耐磨材料。在液压加载系统质量可靠的情况下应优先采用。
- 6.2.3.5 磨煤机对煤的全水分的适应范围取决于磨煤机前的干燥剂温度。最大干燥剂温度的取用以及所能干燥的水分按 6.2.2.3 和 6.2.2.4 的方法执行。
- 6.2.3.6 磨煤机磨辊的寿命取决于煤的磨损指数、煤粉细度和磨煤机运行的负荷率。对于 MPS 磨煤机，磨辊的寿命和煤的磨损指数、煤粉细度的关系见图 7。
- 6.2.3.7 MPS 磨煤机分离器出口管道在安置了格栅型的煤粉分配器后，各管最大煤粉分配不均匀性为：风量分配不均匀性为 5%，浓度分配不均匀性为 20%，分配性能较好。但是格栅型的煤粉分配器阻力较大（约 1000Pa），高度高，锅炉喷燃器需要有一定的标高才能安置格栅型的煤粉分配器。
- 6.2.3.8 MPS 磨煤机风环风速设计较高，石子煤量一般为 0kg/h～50kg/h。但是磨煤机的阻力较大，随系列的变化，磨煤机的阻力在 5kPa～7.5kPa 范围内变化。
- 6.2.3.9 MPS 磨煤机因磨辊直径大，同时由于磨盘内存煤量较少，因此磨辊转动阻力小；相同磨盘直径下，磨盘转速较 HP 磨煤机低，因此磨煤机的磨煤电耗较小。但磨煤机的通风电耗较高，总的电耗和 HP 磨煤机相近。
- 6.2.3.10 MPS 磨煤机在磨制褐煤（包括高水分烟煤）时应进行试磨来决定其出力。
- 6.2.3.11 MPS 能提供 $R_{90}=15\% \sim 30\%$ 的煤粉细度，煤粉均匀性 $n=1.0 \sim 1.1$ 。更细的煤粉和高的煤粉均匀性需要安置动静态的煤粉分离器（即挡板式和旋转式的组合）。煤粉均匀性指数 $n=1.2 \sim 1.3$ ，最大的煤粉分配不均匀性和格栅型的煤粉分配器的性能相仿（参见 6.2.3.7）。
- 6.2.3.12 MPS 磨煤机在安装了动静态的煤粉分离器以后，磨煤机的出力与挡板分离器时的出力相同。
- 6.2.3.13 MBF 磨煤机的基本性能，例如磨煤机的阻力、煤粉分配、煤粉细度、石子煤量、检修性能



1— $R_{90}=40\%$; 2— $R_{90}=35\%$; 3— $R_{90}=30\%$; 4— $R_{90}=25\%$; 5— $R_{90}=20\%$; 6— $R_{90}=15\%$

注 1: 图中寿命系轮胎硬度 $HRC=57.8$ 时的寿命, 若硬度 $HRC \geq 61$ (高铁), 寿命则为图中寿命的 2.0 倍。

注 2: 图中寿命系轮胎磨损至原厚度一半时的单面寿命。

图 7 MPS 磨煤机轮胎寿命和煤的磨损指数的关系

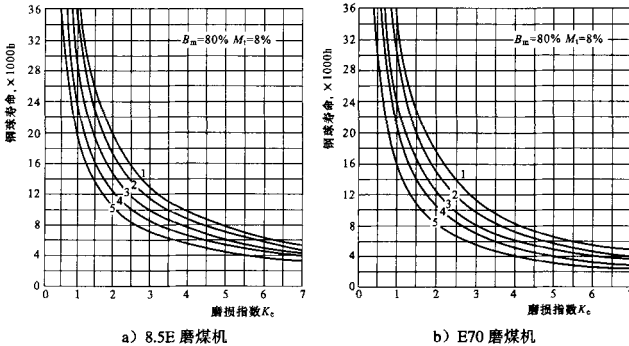
等和 RP (HP) 磨煤机的性能相仿。MBF 磨煤机将辊套的外形由 RP (HP) 磨煤机的锥柱形改为轮状以后, 在磨煤机电耗、出力计算、研磨件寿命等方面和 MPS 磨煤机相仿。

6.2.4 球环式磨煤机。

6.2.4.1 球环式磨煤机型号为 E (或 ZQM) 型, 其系列性能参数参见附录 J。

6.2.4.2 球环式磨煤机是在上下环之间安置了 9~12 个钢球, 由于钢球直径较小, 同样的磨盘行程下钢球研磨行程短, 所以在同样磨煤机直径下磨煤机出力低; 和 HP 以及 MPS 磨煤机相比, 磨煤机阻力、磨煤电耗和通风电耗都较高。

6.2.4.3 球环式磨煤机的优点是研磨件的寿命相对较长, 其滚球寿命 (补加钢球前) 和煤的磨损指数的关系见图 8。同时在滚球的磨损后期, 磨煤机的出力没有变化 (调整加载压力后)。



1— $R_{90}=35\%$; 2— $R_{90}=30\%$; 3— $R_{90}=25\%$; 4— $R_{90}=20\%$; 5— $R_{90}=15\%$

注: 磨环为镍硬铸铁 ($HB=400\sim500$) 或高铬铸铁 ($HRC>60$), 磨球为镍铬钢 ($HB>300$)。

图 8 球环磨煤机滚球寿命和煤的磨损指数的关系

6.2.4.4 磨煤机的风环在磨损以后的间隙扩大,造成石子煤量增大,风环间隙往往因为锈涩难以调整,造成运行的被动。在煤的磨损指数 K_e 大于 3.5 时,不宜使用 E 型磨煤机。

6.2.4.5 磨煤机提供的煤粉细度的范围为 $R_{90}=10\% \sim 25\%$,必要时在设计阶段改变分离器尺寸以后煤粉细度也可以变粗。磨煤机出口安置了文丘里式的煤粉分配器,磨煤机出口煤粉分配的均匀性和 RP (HP) 磨煤机相似。

6.2.4.6 和其他中速磨煤机一样,磨煤机对煤的水分的适应性取决于磨煤机前干燥剂的温度和磨煤机减速箱所能承受的温度。最大干燥剂温度的取用以及所能干燥的水分按 6.2.2.3 和 6.2.2.4 的方法执行。

6.3 高速磨煤机

6.3.1 国内应用较多的高速磨煤机是风扇磨煤机,其系列性能参数表参见附录 K。该系列性能参数已在原进口风扇磨煤机技术的基础上根据我国电厂试验的结果加以修改,并已在工程中应用和验证。

6.3.2 系列表中所列风扇磨煤机的最大冷态通风效率为 26%~32%,磨煤机的张开度(即叶轮和外壳之间的距离)较大,叶轮通风速度较低时,通风效率较高。

6.3.3 风扇磨煤机的研磨出力一般富裕量较大,现场试验证明,风扇磨煤机的出力主要取决于风扇磨煤机的热态通风量,即只要有足够的通风量,磨煤机出力可以大于按线图计算得到的出力数值。其出力计算方法按 DL/T 5145 执行。

6.3.4 风扇磨煤机的热态通风量取决于风扇磨煤机的提升压头和管道阻力的平衡点。高海拔地区风扇磨煤机的提升压头将下降(提升压头和 $p_a/101.3$ 成正比, p_a 为当地大气压, kPa),而管道阻力未变[为了携带煤粉,气流速度应按 $(101.3/p_a)^{0.5}$ 提高,以使气流混合物动能保持不变,因而管道阻力不变]。在磨煤机的尺寸相同时,由于通风量的减低磨煤机出力将下降。

6.3.5 风扇磨煤机的通风特性可以按离心通风机的理论来对待,即几何相似、不同直径的风扇磨煤机之间其流量系数及压头系数皆分别相等,即:

$$\varphi = \frac{Q_m}{\omega_2 A_2} = \frac{60Q_m}{\pi^2 n D_2^2 B} \quad (19)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta p_m}{\frac{\rho}{2} \omega_2^2} = \frac{3600 \Delta p_m}{\rho \pi^2 n^2 D_2^2} \quad (20)$$

$$A_2 = \pi D_2 B$$

式中:

φ 、 ε ——流量系数和压头系数;

Q_m ——磨煤机的通风量, m^3/s ;

Δp_m ——磨煤机进出口全压差, Pa;

ω_2 ——打击轮外缘线速度, m/s ;

n ——叶轮转速, r/min ;

A_2 ——叶轮外缘面积, m^2 ;

D_2 ——叶轮直径, m ;

ρ ——气体密度, kg/m^3 。

不同直径、几何相似的磨煤机其通风量和压头之间存在如下关系:

$$\frac{Q_{m1}}{Q_{m2}} = \frac{D_{21}^2 B_1 n_1}{D_{22}^2 B_2 n_2} \quad (21)$$

$$\frac{\Delta p_{m1}}{\Delta p_{m2}} = \frac{\omega_{21}^2}{\omega_{22}^2} \quad (22)$$

根据式(21)和式(22)可以计算在不同的磨煤机叶轮直径和宽度下的磨煤机通风量和提升压头。

6.3.6 对带粉的风扇磨煤机模拟试验结果表明, 风扇磨煤机较适合的叶片宽与叶轮外径比为 $b/D_2=0.23\sim 0.30$, 较适合的叶片高度与叶轮外径比为 $L/D_2=0.16\sim 0.18$, 叶片数以 8~10 为宜, 适当的圆周速度为 $u_2=75\text{m/s}\sim 80\text{m/s}$, 这是综合考虑了破碎效率和全效率的结果, 也是和目前 S 型及 N 型风扇磨煤机所采用的几何尺寸完全一致。

6.3.7 风扇磨煤机制粉系统的阻力包括系统出口和入口的炉膛负压、抽炉烟口至风扇磨煤机入口的管道阻力、风扇磨煤机粗粉分离器阻力、煤粉分配器阻力和燃烧器阻力。各种部件的阻力计算按照 DL/T5145 的方法进行。

6.3.8 S 型 (FM 型) 风扇磨煤机所配粗粉分离器有雷蒙、双流惯性和单流惯性三种。双流惯性和单流惯性式粗粉分离器结构示意图如图 9 所示。双流惯性式粗粉分离器阻力为 500Pa~600Pa, $R_{90}=20\%\sim 60\%$, $n=1.0\sim 1.1$ 。雷蒙式粗粉分离器阻力为 900Pa~1100Pa, $R_{90}=15\%\sim 30\%$, $n=1.0\sim 1.1$ 。单流惯性式粗粉分离器阻力为 200Pa~300Pa, $R_{90}=45\%\sim 60\%$, $n=0.7\sim 0.8$ 。

6.3.9 粗粉分离器的设计原则是控制容积强度和断面强度 (即断面流速)。按照相似关系, 容积强度和分离器的定性几何尺寸关系如下:

$$\frac{Q}{V} \approx CL^{0.5} \quad (23)$$

即分离器的容积强度随分离器尺寸的增大而减少。分离器的入口流速、分离器中部竖井出口流速、分离器出口流速皆为 $18\text{m/s}\sim 25\text{m/s}$, 折向门处断面流速为 $3\text{m/s}\sim 5\text{m/s}$ 。

双流惯性式粗粉分离器的容积强度和煤粉细度的关系如图 10 所示。

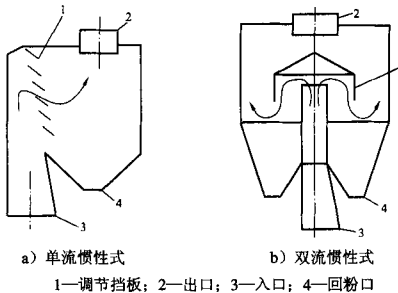


图 9 惯性式粗粉分离器

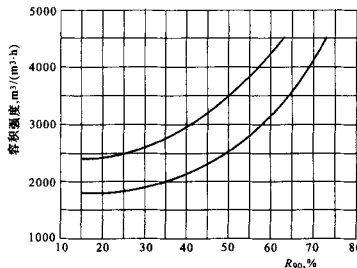


图 10 双流惯性式粗粉分离器的容积强度和煤粉细度的关系
(区域上限适用于小磨, 区域下限适用于大磨)

单流惯性式粗粉分离器的容积强度为 $4000\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 5000\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ (大磨取小值)。

6.3.10 对于大型风扇磨煤机(叶轮直径在 3m 以上), 研磨件的磨损寿命宜大于 1500h, 否则将会给运行和检修带来较大的被动。风扇磨煤机冲击板的金属磨损率可以用下式来计算(冲击板材质为 ZGMn13) :

$$E = 20.0K_c \ln\left(\frac{100}{R_{90}}\right) \ln\left(\frac{B'}{F}\right) \frac{F}{B} \quad (24)$$

$$B' = (C+1)B(100 - M_f)/100$$

式中:

E ——冲击板的金属磨损率, g/t;

K_c ——煤的磨损指数;

R_{90} ——煤粉细度, %;

B' ——冲击板负荷, t/h;

C ——循环倍率, 对褐煤取 $C=4$, 对烟、贫煤取 $C=7$;

B ——磨煤机出力, t/h;

M_f ——煤的外在水分, %;

F ——冲击板表面积, 按制造厂资料(对 S36.50, $F=3.89\text{m}^2$, 对 S45.50, $F=4.94\text{m}^2$), m^2 。

冲击板寿命按下式计算:

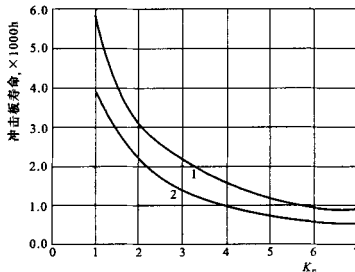
$$H = \frac{0.3T}{EB} \quad (25)$$

式中:

H ——冲击板寿命, h;

T ——冲击板质量, g。

S36.50 和 S45.50 冲击板寿命和煤的磨损指数的关系如图 11 所示。



$R_{90}=50\%$, $M_f=20\%$, 1—S36.50, $B=32\text{t/h}$; 2—S45.50, $B=40\text{t/h}$

图 11 冲击板寿命和煤的磨损指数的关系

6.4 各型磨煤机性能综合比较

各型磨煤机性能综合比较见表 14。

表 14 各型磨煤机性能综合比较

序号	项 目	低速磨煤机		中速磨煤机			风扇磨煤机
		筒式磨煤机	双进双出钢球磨煤机	RP (HP)	MPS	E	
1	阻力(压头) kPa	2.0~3.0	2.0~3.0	3.5~5.5	5.0~7.5	5.0~7.5	2.16~2.56
2	磨煤电耗 kWh/t	15~20 (烟煤) 20~25 (无烟煤)	20~25 (烟煤) 25~29 (无烟煤)	8~11	6~8	8~12	
3	通风电耗 kWh/t	8~15	10~19	12	14~15	14~16	
4	制粉电耗 kWh/t	22~35 (烟煤) 30~40 (无烟煤)	30~44 (烟煤) 35~48 (无烟煤)	20~23	20~23	22~28	13~15
5	磨耗 g/t	100~150	100~150	15~20	10~15	15~20	15~30
6	研磨件寿命 h	1~2 年	1~2 年	4000~15000	4000~15000	5000~20000	800~3000
7	煤粉细度 R_{90} %	4~25	4~25	8~25	15~35	10~25	25~50
8	煤粉分配(最大相对偏差) %	—	$\Delta Q < 5$ $\Delta \mu < 25$	$\Delta Q^a < 15$ $\Delta \mu < 40$	$\Delta Q^a < 15$ $\Delta \mu < 40$	$\Delta Q^a < 15$ $\Delta \mu < 40$	—
9	检修维护工作量	系统部件多, 故障相对较多	维护件少	维护量较 MPS 磨大	更换磨辊工作量较大	维护量大	更换叶轮工作量较大
10	煤种适应性	无烟煤、低挥发分贫煤	无烟煤、低挥发分贫煤、磨损指数高的烟煤	高挥发分贫煤和烟煤, 表面水分为 19% 以下的褐煤	高挥发分贫煤和烟煤, 表面水分为 19% 以下的褐煤	高挥发分贫煤和烟煤, 表面水分为 19% 以下的褐煤	褐煤

a 配动静态组合式分配器时 $\Delta Q < 5\%$, $\Delta \mu < 25\%$

7 制粉系统类型及性能

7.1 中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统

7.1.1 中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统示意图 12。

注: 图中配有磨煤机入口的冷风调温管道, 一般情况下可以不配, 此时仅用再循环进行调温。

7.1.2 该系统因可以热风送粉以提高煤粉的着火性能, 因此广泛用于燃烧性能中等以下的贫煤和无烟煤。

7.1.3 在选择钢球磨煤机的型号时, 磨煤机的出力余量不能太大, 以使磨煤机尽量在满负荷下运行并可以使磨煤机通风量满足锅炉三次风量的要求。

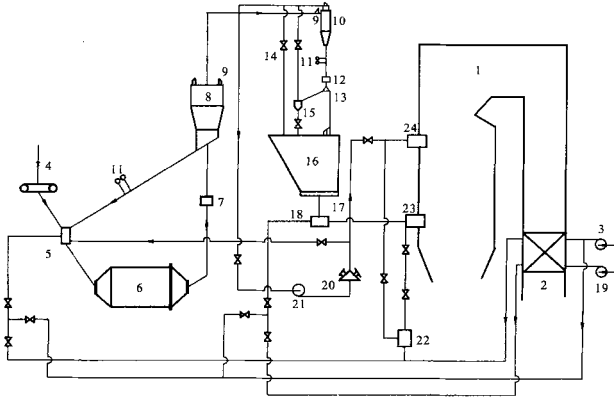
7.1.4 钢球磨煤机的通风量应按最佳通风量设计和运行, 此通风量一般大于贫煤和无烟煤锅炉的三次风量, 因此系统中应有再循环风, 以满足磨煤机通风量和锅炉三次风量的匹配。再循环风量为磨煤机通风量的 10%~50%。

7.1.5 在整个系统中磨煤机入口是系统漏风的主要部分。应该采用密闭式的给煤机以减少磨煤机入口处的漏风。

7.1.6 电磁调速的叶轮给粉机的调速性能较差, 这是造成目前中间储仓式制粉系统一次风管风粉分配

性能较差甚至堵管的主要原因。应该采用变频调速的叶轮给粉机或其他性能好的给粉机，以提高给粉机的调速性能。

7.1.7 粗粉分离器是中间储仓式制粉系统的重要部件，它的性能直接影响磨煤机的出力以及锅炉的燃烧工况。衡量粗粉分离器性能好坏的参数是：循环倍率、煤粉均匀性、阻力和调节性能、耐磨性能、煤粉质量稳定性能。粗粉分离器应能提供适合所磨制煤种的最佳的循环倍率，如表 12 所示。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—木块分离器；
8—粗粉分离器；9—防爆门；10—细粉分离器；11—锁气器；12—木屑分离器；13—换向器；14—吸潮管；
15—螺旋输粉机；16—煤粉仓；17—给粉机；18—风粉混合器；19—一次风机；20—乏气风箱；
21—排粉风机；22—二次风箱；23—燃烧器；24—乏气喷口

图 12 中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统

在循环倍率确定以后，也就确定了粗粉分离器的效率。对于低挥发分的煤种来讲，为了避免过多的粗煤粉进入炉膛，应该有适当高的循环倍率、高的煤粉均匀性和适中的效率。粗粉分离器的综合效率计算公式如下：

$$\eta = \frac{100(R_{90,1} - R_{90,2})}{(100 - R_{90,1})R_{90,1}K} \quad (26)$$

$$K = \frac{R_{90,re} - R_{90,2}}{R_{90,re} - R_{90,1}}$$

式中：

η ——粗粉分离器的综合效率，%；

$R_{90,1}$ 、 $R_{90,2}$ ——粗粉分离器入口和出口的煤粉细度，%；

K ——循环倍率；

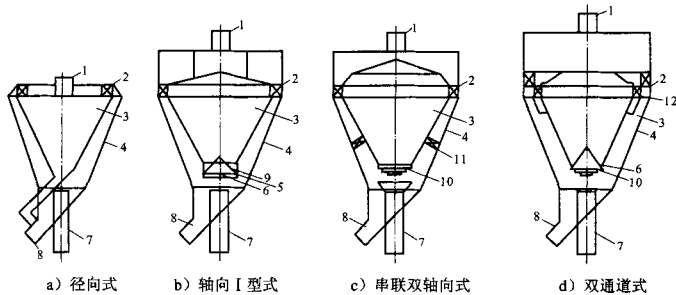
$R_{90,re}$ ——回粉细度，%。

示例：对于贫煤，根据表 12，此时最佳的循环倍率为 2.2，在粗粉分离器出口的煤粉细度为 $R_{90}=10\%$ ，粗粉分离器入口煤粉细度主要取决于钢球磨煤机自身的状况，一般为 $R_{90}=40\%$ 的情况下，根据计算，此时粗粉分离器的综合效率为 $\eta=56.8\%$ 。

7.1.8 粗粉分离器目前有径向式、轴向 I 型式、串联双轴向式、多通道式、动静态组合式等型式。经

向式、轴向 I 型式、串联双轴向式、多通道式的结构特点如图 13 所示。各种型式的粗粉分离器性能特点如下：

- a) 径向式粗粉分离器是我国过去使用的一种粗粉分离器，该种分离器阻力大，离心分离路程短，分离效果差，因而循环倍率高，而煤粉均匀性差。但内锥回粉采用导管引入外锥回粉管，回粉管不易堵塞。此种分离器在国内设计中已不再使用，但是在进口的制粉设备中仍有采用。
- b) 轴向 I 型式粗粉分离器是轴向分离器的传统形式。当分离叶片由径向改为轴向以后分离器阻力减少，同时离心分离路程延长（配合出口段的加高）以及由于回粉的二次分离作用，煤粉均匀性提高。但是内锥的回粉通道易堵，造成煤粉质量的不稳定。同时由于撞击锥使煤粉气流流向外壁，造成外壁磨损加剧。



a) 径向式 b) 轴向 I 型式 c) 串联双轴向式 d) 多通道式
 1—出口管；2—叶片；3—内锥；4—外锥；5—回粉间隙；6—撞击锥；7—入口管；
 8—回粉管；9—回粉叶片；10—台阶式撞击锥；11—一级叶片；12—固定叶片

图 13 粗粉分离器结构型式

- c) 串联双轴向式取消了内锥的回粉，消除了内锥回粉易堵带来对运行的危害。为了避免取消内锥回粉以后所带来的对分离的影响，在内外锥之间的下部增加了一级挡板，使煤粉的分离不但没有减弱反而有所增强，煤粉均匀性进一步提高。同时由于有两级挡板的调节，调节的灵活性增强。
- d) 多通道式中的通道是指在内外锥之间有两个通道，一个通道中的叶片为固定，同时内锥回粉间隙也为一个通道，在回粉通道中有螺旋装置以提高回粉通道中的煤粉分离。在正常情况下（回粉通道未堵），由于加强了回粉的二次分离作用，煤粉均匀性得以提高。但多通道式由于调节性能较弱，煤粉细时外通道挡板开度很小，使阻力增大，并在外通道叶片上产生积粉。同时回粉通道仍然易发生煤粉的堵塞，此时煤粉均匀性下降很多。
- e) 动静态组合式粗粉分离器是在原来调节挡板的内侧增加旋转叶片，形成组合分离。试验证明，该种分离器分离效果强，煤粉均匀性高。同时由于有旋转分离，因此调节灵活，又易于自动调节。但是由于有旋转部件，且又处于高浓度的煤粉气流中，因此运行中易磨损和发生故障，增加了检修工作量。

轴向 I 型式、串联双轴向式、多通道式粗粉分离器尺寸的选择按下式进行：

$$D = 3 \sqrt{\frac{Q}{KE}} \quad (27)$$

式中：

D ——粗粉分离器的直径，m；

Q ——制粉系统通风量， m^3/h ；

K —粗粉分离器结构特性系数, 轴向 I 型 $K=0.789$, 串联双轴向型 $K=0.35$, 多通道型 $K=0.868$;
 E —粗粉分离器容积强度, 轴向 I 型按表 15 选取, 串联双轴向型按式 (28) 选取, 多通道型按式 (29) 选取, $\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

表 15 轴向 I 型粗粉分离器的容积强度

R_{90} %	4~6	6~15	15~28	28~40
E $\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$	900~1100	1100~1500	1500~2000	2000~2600

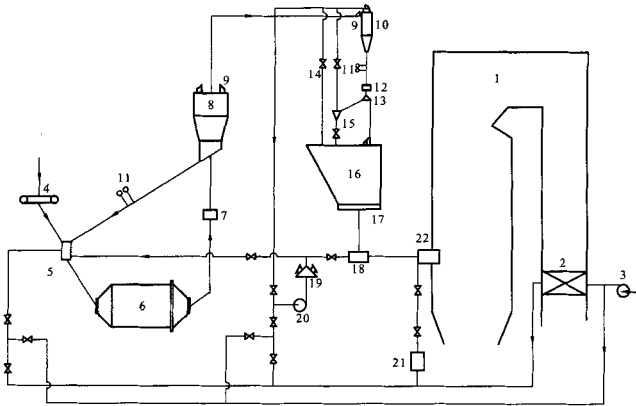
$$E = 1500 + \left(\frac{R_{90}}{0.006} \right) \quad (28)$$

$$E = 64.027R_{90} + 790 \quad (29)$$

7.1.9 粗粉分离器的选择宜根据煤种和煤粉细度的要求进行。对无烟煤、贫煤和烟煤, 宜选用串联双轴向式, 也可以选用轴向 I 型式; 在要求煤粉细度 R_{90} 大于 15% 的烟煤的选型中也可以选用多通道式。对于动静组合式旋转分离器建议仅用于中速磨煤机。在选用轴向 I 型式和多通道式粗粉分离器时更要注意选用可靠的木块分离装置, 以避免粗粉分离器回粉通道的堵塞。在选用轴向 I 型式时还要注意粗粉分离器的外壁内侧应增加防磨措施。

7.2 中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉制粉系统

7.2.1 中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉系统如图 14 所示。



- 1—锅炉; 2—空气预热器; 3—送风机; 4—给煤机; 5—下降干燥管; 6—磨煤机; 7—木块分离装置;
 8—粗粉分离器; 9—防爆门; 10—细粉分离器; 11—锁气器; 12—木屑分离器; 13—换向器; 14—吸潮管;
 15—螺旋输粉机; 16—煤粉仓; 17—给粉机; 18—风粉混合器; 19—一次风箱;
 20—排粉风机; 21—二次风箱; 22—燃烧器

图 14 中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉系统

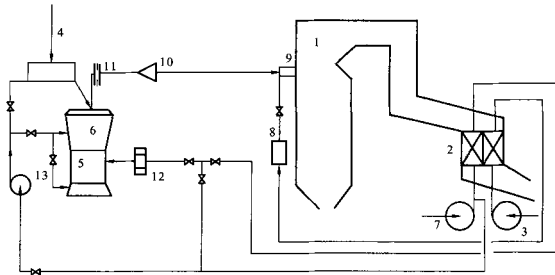
7.2.2 由于中间储仓式钢球磨煤机系统运行比较可靠, 对煤种的适应能力强, 过去在燃用烟煤时常采用中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉系统, 但是中间储仓式钢球磨煤机系统的漏风不仅对锅炉的热效率产生影响, 还影响到磨煤机的干燥能力和细粉分离器的分离效率。随着中速磨煤机运行可靠性的增强,

研磨件磨损寿命的延长,中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉系统已经被中速磨煤机直吹式制粉系统以及双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统所取代。

7.2.3 在中间储仓式钢球磨煤机乏气送粉系统的设计中,和热风送粉系统一样,在磨煤机、给煤机、给粉机和粗粉分离器的选型设计中,应按照 7.1 各条的要求执行。

7.3 中速磨煤机直吹式制粉系统

7.3.1 中速磨煤机直吹式制粉系统如图 15 所示。



1—锅炉; 2—空气预热器; 3—送风机; 4—给煤机; 5—磨煤机; 6—粗粉分离器; 7—一次风机;
8—二次风箱; 9—喷燃器; 10—煤粉分配器; 11—隔绝门; 12—风量测量装置; 13—密封风机

图 15 中速磨煤机直吹式制粉系统

7.3.2 图 15 中示出的中速磨煤机直吹式制粉系统为冷一次风机系统,冷一次风机系统较热一次风机系统(即一次风机置于空气预热器之后)对一次风机来讲可以节省电耗,但增加了一次风在空气预热器中的漏风,但电耗的节省和漏风引起的损失比较,电耗的节省较大,因此冷一次风机系统目前得到广泛的应用,但此时需设置三分仓的空气预热器。

7.3.3 在燃用燃烧性能中等以上的贫煤(着火温度 $IT < 800^{\circ}\text{C}$),配合使用着火性能好的燃烧器,应用中速磨煤机直吹式制粉系统时,锅炉表现了良好的燃烧性能。

7.3.4 采用中速磨煤机直吹式制粉系统时,磨煤机的通风量与锅炉的一次风量比较,锅炉必须采用较低的一次风率才能与磨煤机的通风量匹配。一次风率按下式估算:

$$\gamma_1 = \frac{100B_g\mu}{B_g(100-g_4)1.293V^0\alpha} \quad (30)$$

式中:

γ_1 ——锅炉的一次风率;

B_g ——锅炉设计燃煤量, t/h;

μ ——磨煤机风煤质量比,为 1.4~1.8kg/kg;

V^0 ——煤的理论空气量(在标准状态下), $\text{m}^3(\text{标})/\text{kg}$;

α ——过量空气系数;

g_4 ——未完全燃烧热损失, %。

如果取 $\mu=1.6\text{kg}/\text{kg}$, $V^0=5\text{m}^3/\text{kg}$, $\alpha=1.2$, 计算得到 $\gamma_1=0.210$ 。此一次风率对于烟煤锅炉偏低,因此必须与锅炉制造厂配合设计,或参照双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统增设旁路风来调整与锅炉所需一次风率的匹配。

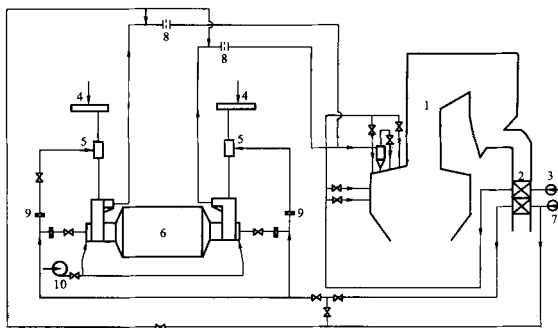
7.3.5 采用中速磨煤机直吹式制粉系统时,必须重视石子煤输送系统的设计。特别是在采用 HP 型中

速磨煤机时，石子煤量相对较多，必须采用自动的石子煤输送系统。目前石子煤输送系统有自动小车、皮带输送、水力输送等，应选择使用。如采用水力输送，宜采用单元制输送。

7.3.6 各台中速磨煤机的运行风量应平衡，各台磨煤机宜设置风量的自动平衡装置。

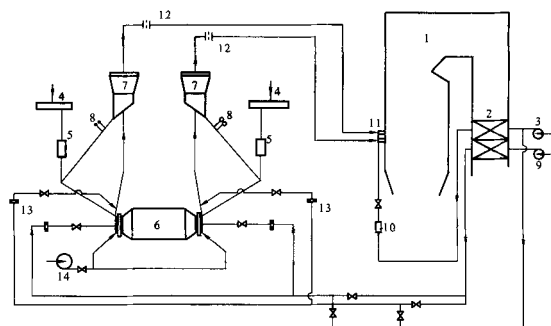
7.4 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统

7.4.1 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统如图 16 和图 17 所示。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—一次风机；
8—隔绝门；9—风量测量装置；10—密封风机

图 16 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统（带冷风吹扫系统）



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—粗粉分离器；
8—锁气器；9—一次风机；10—二次风箱；11—喷燃器；12—隔绝门；13—风量测量装置；14—密封风机

图 17 双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统（带热风旁路风系统）

7.4.2 根据双进双出钢球磨煤机通风量的要求（风煤比取 1.4kg/kg ）计算所得锅炉的一次风率约为 18% 。此一次风率对于无烟煤锅炉较为合适。燃用烟煤时，在煤的磨损指数高时，如果采用双进双出钢球磨煤机直吹式系统，上述一次风率将显得过低，此时可以从旁路风量的投入比率来调整与锅炉所需一次风率的匹配。

7.4.3 旁路风的设计有冷风吹扫旁路和热风旁路两种。冷风吹扫旁路主要是用于停磨时对管路的吹扫。

热风旁路用于磨煤机低负荷时维持一次风管的流速或运行时增加锅炉的一次风量。但是热风旁路在用于烟煤时要注意维持磨煤机的出口温度在规定范围并且运行时要定期对管路进行吹扫。管路的设计应符合 DL/T 5121 设计标准的要求。特别要注意热风旁路中不能有产生积粉地方的存在。

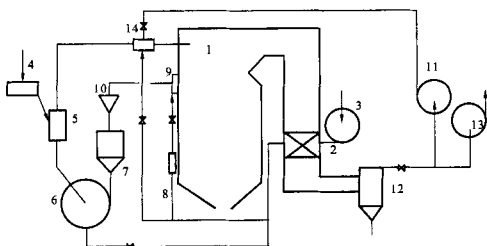
7.4.4 冷风旁路的布置见图 16。热风旁路的进入方式分为三种：从粗粉分离器入口的一次风管道中进入（见图 17）、从磨煤机入口进入以及从给煤机下方的落煤管中进入（见图 16）。

7.4.5 从给煤机下方的落煤管中进入的热风旁路系统中的热风随煤一同进入磨煤机入口，然后随煤粉进入送粉管道。该系统可以实现对煤的预干燥，同时降低进入送粉管道时热风的温度，对系统的防堵和防爆有好处。

7.4.6 双进双出钢球磨煤机配用的径向式粗粉分离器由于其循环倍率较高，影响了磨煤机出力的提高，较普通钢球磨煤机相比出力较低。应选用性能较好的轴向型粗粉分离器（按 7.1.9 执行）。

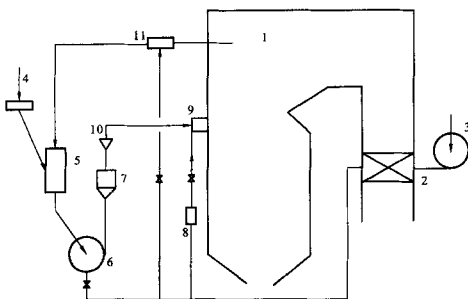
7.5 风扇磨煤机直吹式制粉系统

7.5.1 风扇磨煤机直吹式制粉系统如图 18（三介质干燥）、图 19（二介质干燥）和图 20（带乏气分离装置）所示。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—粗粉分离器；
8—二次风箱；9—喷燃器；10—煤粉分配器；11—冷烟风机；12—除尘器；13—吸风机；14—烟风混合器

图 18 风扇磨煤机直吹式三介质干燥系统

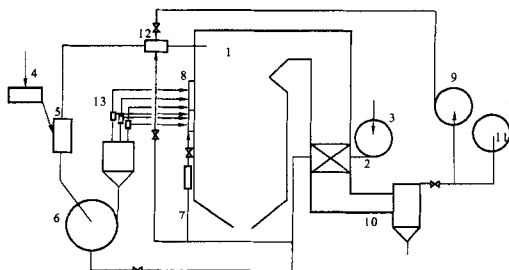


1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—粗粉分离器；
8—二次风箱；9—喷燃器；10—煤粉分配器；11—烟风混合器

图 19 风扇磨煤机直吹式二介质干燥系统

7.5.2 图 18 和图 19 是用来干燥和磨制水分在 20%~40% 的褐煤，当磨制水分大于 40% 的高水分年轻

褐煤时，磨煤机的出口需要采用乏气分离装置，富含水分的乏气进入燃烧器上部喷口，见图 20。此时风磨磨煤机（无粗粉分离器或带惯性式粗粉分离器）也需要采用较大的张开度，以满足较大的磨煤机通风量。当煤的表面水分小于 19%，根据干燥计算，此时干燥剂温度在 400℃ 以下，可以仅采用热风进行干燥，此时可以采用中速磨煤机。对于烟煤，因为此时锅炉只有四角布置或前后墙对冲布置方式，无论从管道的阻力还是煤粉的分配来考虑，都不宜采用风磨磨煤机的直吹式系统。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—二次风箱；
8—喷燃器；9—冷烟风机；10—除尘器；11—引风机；12—烟风混合器；13—乏气分离装置

图 20 带乏气分离装置的风磨磨煤机直吹式三介质干燥系统

7.5.3 对于燃烧褐煤的风磨磨煤机二介质或三介质直吹式系统，特别是可能出现的低负荷工况，必须计算制粉系统终端干燥剂的含氧量，使 O_2 的容积份额（按湿干燥剂计算）不大于下述数值：褐煤为 12%，烟煤为 14%（按 DL/T5145 进行计算）。若不能满足此要求，则应调整系统中介质的比例或将二介质改为三介质，直至符合上述要求。

7.5.4 燃烧高水分褐煤时，磨煤机出口的乏气分离装置是一个带离心叶片的分离装置，如图 21 所示。它可以将 30% 的气流和 80% 的煤粉分离出来，使其进入主燃烧器，主燃烧器的煤粉气流得到浓缩并且水分减少，燃烧得到强化。70% 的气流和 20% 的煤粉进入乏气燃烧器。

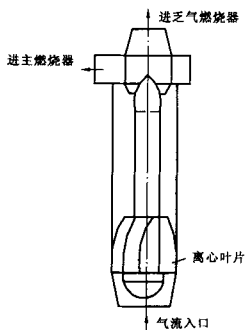
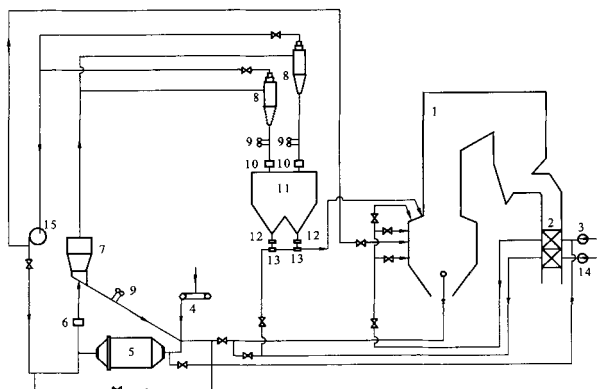


图 21 乏气分离装置

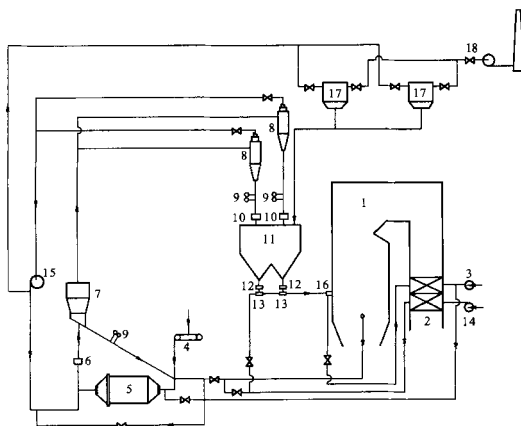
7.6 中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉闭式和开式系统

7.6.1 中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉闭式和开式系统如图 22 和图 23 所示。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—磨煤机；6—木块分离器；7—粗粉分离器；8—细粉分离器；
9—锁气器；10—木屑分离器；11—煤粉仓；12—给粉机；13—风粉混合器；14—一次风机；15—排粉风机

图 22 中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉闭式系统



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—磨煤机；6—木块分离器；7—粗粉分离器；
8—细粉分离器；9—锁气器；10—木屑分离器；11—煤粉仓；12—给粉机；13—风粉混合器；
14—一次风机；15—排粉风机；16—喷燃器；17—布袋除尘器；18—吸风机

图 23 中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉开式系统

7.6.2 7.1 所述中间储仓式热风送粉系统存在三次风对炉膛燃烧的影响，本节所述两种系统采用抽炉烟干燥，即提高磨煤机入口温度，其目的是减少磨煤机质量通风量（由于温度高，体积流量未变，磨煤机出力不受影响），也即减少了制粉系统的乏气量。根据试验，此时制粉系统的乏气量仅为中间储仓式热风送粉系统三次风量的 40%~60%，这样将会大大减少三次风对炉膛温度的冲击以及减少煤粉排

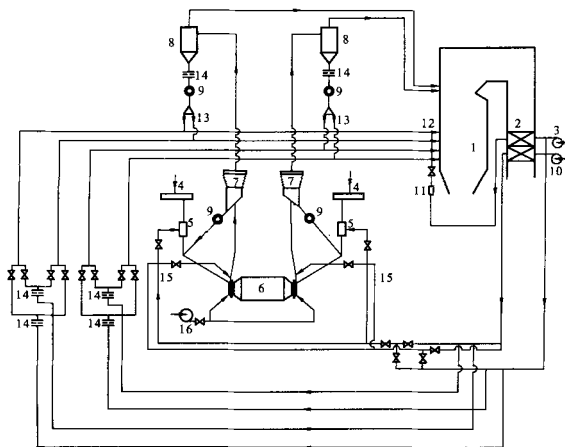
出后的热损失。因此这两种系统特别适用于贫煤和无烟煤的燃烧。

7.6.3 图 22 所示的闭式系统配有双拱燃烧炉膛，三次风进入下炉膛三次风喷口，因下炉膛温度高，射流燃尽路程也长，同时又由于三次风量的减小，对乏气中的煤粉燃尽十分有利。达到了燃用无烟煤时较好的效果。

7.6.4 在中间储仓式热炉烟干燥、热风送粉开式系统中，由于乏气中含有未除尽的煤粉，有一定的未燃碳的损失，其损失和布袋除尘器的效率有关，该种系统在布袋除尘器运行状况较好时可以达到提高锅炉热效率的效果。但是开式系统如不采用热炉烟干燥，由于乏气热损失的加大，则将失去开式系统对提高锅炉热效率的意义。

7.7 双进双出钢球磨煤机半直吹式制粉系统

7.7.1 双进双出钢球磨煤机半直吹式系统见图 24。



1—锅炉；2—空气预热器；3—送风机；4—给煤机；5—下降干燥管；6—磨煤机；7—粗粉分离器；
8—细粉分离器；9—电动给粉机（锁气器）；10—一次风机；11—二次风箱；12—喷燃器；
13—煤粉分离器；14—隔绝门；15—风量测量装置；16—密封风机

图 24 双进双出钢球磨煤机半直吹式系统

7.7.2 半直吹式系统具有中间储仓式热风送粉系统的特点，即可以提高一次风温度和和提高一次风煤粉浓度，有利于燃料的着火，但无需采用煤粉仓，又可以正压运行，消除了系统漏风对锅炉效率的影响，因此比较适用于燃烧贫煤和无烟煤，其燃烧效果要优于中间储仓式热风送粉系统。

7.7.3 半直吹式系统不设煤粉仓，采用了电动叶轮式给粉机和格栅型煤粉分配器，此时需要保证叶轮式给粉机和格栅型煤粉分配器的可靠运行。

7.8 各型制粉系统性能的综合比较

各型制粉系统性能的综合比较见表 16。

表 16 各型制粉系统性能的综合比较

项 目	中储式钢球磨煤机热风送粉系统	中速磨煤机直吹式系统	风扇磨煤机直吹式系统	双进双出钢球磨煤机直吹式系统	中储式钢球磨煤机炉烟干燥热风送粉系统	双进双出钢球磨煤机半直吹式系统
主要特点	(1) 可以提高一次风温度; (2) 煤粉细	(1) 系统无漏风; (2) 电耗低	(1) 干燥性能好; (2) 电耗低	(1) 系统无漏风; (2) 煤粉细	(1) 可以提高一次风温度; (2) 煤粉细; (3) 三次风小; (4) 防爆好	(1) 可以提高一次风温度; (2) 煤粉细; (3) 无漏风
主要问题	(1) 系统漏风; (2) 防爆差	需要清除煤中“三块”	研磨件寿命短	电耗高	系统漏风	电耗高
适用煤种	无烟煤和低挥发分贫煤	(1) 高挥发分贫煤和烟煤; (2) 表面水分小于 19% 的褐煤	褐煤	无烟煤、贫煤、烟煤	无烟煤、贫煤	无烟煤、贫煤

8 制粉系统防爆设计

8.1 当煤的干燥无灰基挥发分大于 10% (或煤的爆炸性指数大于 1.0) 时, 制粉系统设计时应考虑防爆要求; 当煤的干燥无灰基挥发分大于 25% (或煤的爆炸性指数大于 3.0) 时, 不宜采用中间储仓式制粉系统, 如必要时宜抽炉烟干燥或加入惰性气体。

8.2 煤粉细度对煤粉的爆炸性不像挥发分影响明显, 煤粉细度的变动对煤粉的爆炸性影响较小。

示例: 例如烟煤当煤粉颗粒为 30 μm 时, 在 300 $^{\circ}\text{C}$ 时着火, 当颗粒为 30 μm ~60 μm 时, 在 323 $^{\circ}\text{C}$ 时着火。如果是褐煤, 则在 160 $^{\circ}\text{C}$ 时着火。

8.3 当煤粉浓度为 0.3 kg/m^3 ~0.6 kg/m^3 时, 爆炸压力达到最大值。不爆炸的浓度随煤种的不同而有所区别, 约为 0.1 kg/m^3 ~0.2 kg/m^3 。因此制粉系统是处在爆炸最危险的浓度范围内。

8.4 制粉系统气粉混合物中含氧量降低到 12% (褐煤) 和 14% (烟煤) 时, 可以防止爆炸。

8.5 煤粉的自燃是产生爆炸的火源。煤粉长时间在管道中沉积引起煤粉的自燃, 煤粉温度越高, 自燃越快。因此为防止煤粉的爆炸, 要避免煤粉的沉积 (管道设计避免水平段处于涡流区, 以及正确设计管道的流速), 并限制气流的温度。

8.6 磨煤机出口最高温度应根据煤质和采用的制粉系统型式确定。无烟煤只受设备允许温度的限制, 其他煤质磨煤机出口最高温度按表 17 取值。磨煤机出口最低温度应满足终端干燥剂防止结露的要求。

8.7 制粉系统的爆炸绝大部分是发生在制粉设备的启动和停机阶段 (因为此时气流中的含氧相对较高), 因此制粉系统的控制设计应设定启动和停机阶段系统的吹扫程序和时间以及惰性气体的投入 (对中速磨煤机), 在启动和停机阶段应该严格控制系统的各部温度值, 特别是磨煤机的出口温度值应控制在防爆允许温度的限制之内。

8.8 中间储仓式制粉系统和半直吹式制粉系统采用热风送粉时, 当煤的干燥无灰基挥发分大于 15% 时, 燃烧器前的气粉混合物温度应小于 160 $^{\circ}\text{C}$ 。

8.9 煤仓、粉仓、制粉和送粉管道、制粉系统阀门、制粉系统防爆压力和防爆门的防爆设计按 DL/T 5121 和 DL/T 5145 执行。

8.10 制粉系统应该选择可靠的防爆门, 如 PLD 型防爆门, 以保证制粉系统爆炸时的防爆作用。

表 17 磨煤机出口最高允许温度 t_{M2}

℃

制粉系统形式	热空气干燥	烟气空气混合干燥
风扇磨煤机直吹式（分离器后）	贫煤 150 烟煤 130 褐煤、页岩 100	~180
钢球磨煤机储仓式（磨煤机后）	贫煤 130 烟煤、褐煤 70	褐煤 90 烟煤 120
双进双出钢球磨直吹式（紧凑式为分离器后，分离式为磨煤机后）	烟煤 70~75 褐煤 70 $V_{daf} \leq 15\%$ 的煤 100	
中速磨煤机直吹式（分离器后）	当 $V_{daf} < 40\%$ 时, $t_{M2} = [(82 - V_{daf}) \frac{5}{3} \pm 5]$ $V_{daf} \geq 40\%$ 时, $t_{M2} < 70$	
RP、HP 中速磨煤机直吹式（分离器后）	高热值烟煤小于 82, 低热值烟煤小于 77, 次烟煤、褐煤小于 66	
注：燃用混煤的，可按允许 t_{M2} 较低的相应煤种取值		

8.11 在设计磨煤机运行保护控制中，出现下列情况之一必须切断该磨煤机（不是全部）：

- 磨煤机和给煤机保护故障；
- 磨煤机出口温度超过最高允许温度（按制造厂要求）；
- 磨煤机通风量低于最小风量（按 DL/T 5145 最低流速规定执行）；
- 磨煤机密封风和气体压差太小（按制造厂要求）；
- 煤量低于最小值（按制造厂要求）；
- 锅炉负荷降低；
- 磨煤机前热风管上的截断装置失灵。

8.12 在设计磨煤机运行保护控制中，在下列情况下必须切断全部磨煤机：

- 安全保护控制失灵；
- 燃烧空气量下降；
- 锅炉负荷降到最低稳燃负荷以下；
- 锅炉保护失灵；
- 火焰监视故障。

9 磨煤机及制粉系统的选择

9.1 选择原则

9.1.1 在选择磨煤机型式和制粉系统时，应根据煤的燃烧、磨损、输送、爆炸特性、可磨性、磨煤机的制粉特性及煤粉细度的要求，结合锅炉炉膛和燃烧器结构统一考虑，并考虑投资、电厂检修运行水平及设备的配套、备品备件供应以及煤源特点、煤种煤质变化情况、新建厂与扩建厂的不同、锅炉容量大小诸因素，以达到磨煤机、制粉系统和锅炉燃烧装置匹配合理，保证机组的安全经济运行。

9.1.2 根据煤的磨损指数选择磨煤机的界限是依据磨煤机碾磨件的寿命近似划分。应根据煤的磨损指数和煤粉细度按磨煤机的寿命曲线或寿命的计算公式确定磨煤机碾磨件的寿命。再根据磨煤机碾磨件

的寿命选择磨煤机。中速磨煤机碾磨件和环风易损件的寿命应大于 4000h~6000h, 研磨件对 MPS 磨煤机系指轱辘的单面寿命, 对 E 型磨煤机为补加钢球前的寿命。风扇磨煤机冲击板寿命应大于 1000h~1500h (大于 3m 直径的磨煤机采用上限)。

9.1.3 磨煤机台数和出力裕量的选择按 DL5000 执行。

9.1.4 一次风管煤粉分配允许的最大偏差按 DL/T5145 执行。

9.2 不同煤质条件下推荐的磨煤机及制粉系统类型

9.2.1 无烟煤 ($V_{\text{daf}}=6.5\% \sim 10\%$)

- 可供无烟煤选择的磨煤机及制粉系统类型有中间储仓式钢球磨煤机热风送粉系统; 中间储仓式钢球磨煤机炉烟干燥、热风送粉系统; 双进双出钢球磨煤机半直吹式系统; 双进双出钢球磨煤机直吹式系统等。对于着火及燃尽特性属极难等级的无烟煤 (着火温度 $IT > 900^\circ\text{C}$), 宜优先选用中间储仓式钢球磨煤机炉烟干燥、热风送粉系统和双进双出钢球磨煤机半直吹式系统的方案。
- 在选用中间储仓式系统时, 给煤机和给粉机的选择按 7.1.5 和 7.1.6 执行。
- 在选用中间储仓式系统时应选用能提供高煤粉均匀性 ($n \geq 1.1$) 的粗粉分离器, 以保证无烟煤锅炉的燃烧。
- 煤粉细度应按公式 (16) 或图 1 的要求选用, $R_{90}=4\% \sim 6\%$ 。

9.2.2 贫煤 ($V_{\text{daf}}=10\% \sim 20\%$)

- 当煤的磨损性在较强以下 ($K_c \leq 5$)、煤的着火性能为中等 (挥发分 V_{daf} 在 15% 以上, 着火温度 $IT < 800^\circ\text{C}$) 时, 宜选用中速磨煤机直吹式系统。
- 当煤的磨损性在较强以上 ($K_c > 5$)、煤的着火性能为中等 (挥发分 V_{daf} 在 15% 以上, 着火温度 $IT < 800^\circ\text{C}$) 时, 宜选用双进双出钢球磨煤机直吹式系统。
- 当煤的着火性能为难 (挥发分 V_{daf} 在 15% 以下, 着火温度 $IT > 800^\circ\text{C}$) 时, 应按无烟煤来对待, 宜优先选用中间储仓式钢球磨煤机炉烟干燥、热风送粉系统和双进双出钢球磨煤机半直吹式系统的方案。

9.2.3 烟煤 ($V_{\text{daf}}=20\% \sim 37\%$)

- 当煤的磨损性在较强以下 ($K_c \leq 5$) 时, 宜选用中速磨煤机直吹式系统 (但 $3.5 \leq K_c \leq 5$ 时, 不宜使用 RP 和 E 型磨煤机)。
- 当煤的磨损性在较强以上 ($K_c > 5$) 时, 宜选用双进双出钢球磨煤机直吹式系统。
- 采用双进双出钢球磨煤机直吹式系统时, 热风旁路的设计宜采用使热风旁路进入给煤机下方落煤管, 旁路风随煤进入磨煤机进口部位然后进入一次风管路的布置方式。

9.2.4 褐煤 ($V_{\text{daf}} > 37\%$)

- 当磨制褐煤的磨损指数 $K_c \leq 3.5$, 且煤的外在水分 $M_f > 19\%$ 时, 宜选用风扇磨煤机炉烟干燥直吹式系统。当磨制褐煤的全水分 $> 40\%$ 时, 宜选用带乏气分离装置的风扇磨煤机 (带粗粉分离器或无粗粉分离器) 炉烟干燥直吹式系统。
- 当磨制褐煤的外水分 $M_f \leq 19\%$ 时, 宜选用中速磨煤机直吹式系统。
- 当磨制褐煤的全水分 $M_w > 30\%$ 时, 如选用风扇磨煤机炉烟干燥直吹式系统时, 在验算系统末端的烟气含氧量合格的情况下, 宜优先选用热烟—热风二介质干燥系统。

9.2.5 磨煤机及制粉系统的选择表

磨煤机及制粉系统的选择见表 18。

表 18 磨煤机及制粉系统的选择

煤种	煤特性参数						磨煤机及制粉系统
	V_{air} %	IT ℃	K_e	M_f %	R_{90} %	(R_{75}) %	
无烟煤	6.5~10	>900	不限	≤ 15	~4	~8	(1) 中间储仓钢球磨煤机炉烟干燥热风送粉; (2) 双进双出钢球磨煤机半直吹式
		800~900	不限	≤ 15	4~6	8~10	(1) 中间储仓钢球磨煤机热风送粉; (2) 中间储仓钢球磨煤机炉烟干燥热风送粉; (3) 双进双出钢球磨煤机半直吹式; (4) 双进双出钢球磨煤机直吹式 (配双拱燃烧锅炉)
贫煤	10~15	800~900	不限	≤ 15	4~6	8~10	(1) 中间储仓钢球磨煤机热风送粉; (2) 中间储仓钢球磨煤机炉烟干燥热风送粉; (3) 双进双出钢球磨煤机半直吹式; (4) 双进双出钢球磨煤机直吹式 (配双拱燃烧锅炉)
	15~20	700~800	>5.0	≤ 15	~10	~15	双进双出钢球磨煤机直吹式
700~800		≤ 5.0	≤ 15	~10	~15	中速磨煤机直吹式 (3.5 $\leq K_e \leq 5$ 时, 不宜使用 RP 和 E 型磨煤机)	
烟煤	20~37	500~800	≤ 5.0	≤ 15	10~20	15~26	中速磨煤机直吹式 (3.5 $\leq K_e \leq 5$ 时, 不宜使用 RP 和 E 型磨煤机)
		500~800	>5.0	≤ 15	10~20	15~26	双进双出钢球磨煤机直吹式 [旁路风管的布置方式见 9.2.3c)]]
褐煤	>37	<600	≤ 5.0	≤ 19	30~35		中速磨煤机直吹式 (3.5 $\leq K_e \leq 5$ 时, 不宜使用 RP 和 E 型磨煤机)
		<600	≤ 3.5	>19	45~50		三介质或二介质干燥风扇磨煤机直吹式
		<600	≤ 3.5	$M_f > 40$	50~60		带乏气分离风扇磨煤机直吹式

注: 在 V_{air} 和 IT 两者之间应优先以 IT 指标为准

附录 A
(资料性附录)

最大分子水和最大毛细水的测定

A.1 最大分子水的测定：按照 GB 474—1996 规定的原则，将燃料磨制成 0mm~3mm，缩分后取其 500g（称准到 1g）试样，加水湿润到饱和状态（过量水湿润 2h），然后放入 $\phi 60$ 的压模（底部和上部分放 20 层滤纸），采用 6.55MPa 压力加压 5h，以挤出多余的毛细水和自由水，然后称重。烘干至恒重后再称重。按下式计算最大分子水：

$$\omega_{\text{分}} = \left(1 - \frac{\theta}{A}\right) 100 \quad (\text{A.1})$$

式中：

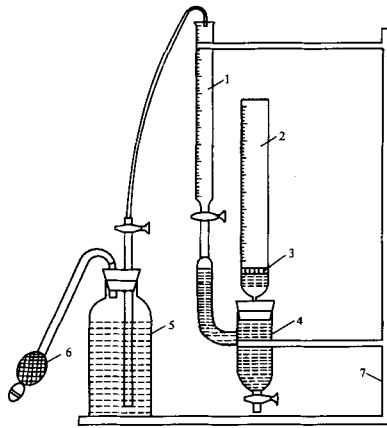
$\omega_{\text{分}}$ ——最大分子水，%；

θ ——压制的湿料烘干后质量，kg；

A ——湿料压制后的质量，kg。

允许差：平行样相对偏差为 5%。

A.2 最大毛细水的测定：测定装置及原理如图 A.1 所示。



1—滴定管；2—玻璃装料器；3—筛板；4—储水器；5—水瓶；6—打气球；7—支架

图 A.1 最大毛细水测定装置及原理

按照 GB 474—1996 规定的原则，将燃料磨制成 0mm~3mm，缩分后取其空气干燥状态的 500g（称准到 1g）试样装入装料器中，预先将水装入储水器中并使水平与筛板上表面平，煤样装入后水将自动吸入煤样中。水吸入煤样中后，储水器中的水平面降低，开启滴定管旋塞，让水进入储水器并使储水器中水与筛板上表面平。根据滴定管可计量吸入煤样的水量。根据下式计算最大毛细水：

$$\omega_{\text{毛}} = \frac{b_{\text{毛}}}{(b_{\text{毛}} + b_{\text{分}})} \times 100 \quad (\text{A.2})$$

式中：

$\omega_{\text{毛}}$ ——最大毛细水，%；

$b_{\text{吸}}$ ——总吸水量，kg；

$b_{\text{样}}$ ——装入装料器中的干煤样质量，kg。

允许差：平行样相对偏差小于5%。

附 录 B
(资料性附录)

外摩擦角、内摩擦角、堆积角的测定

B.1 按照 GB 475—1996 的规定采取原煤样。不同粒级煤的取样质量应符合表 B.1 要求。

表 B.1 不同粒级煤的取样质量

最大粒度 mm	最小质量 kg
>100	150
100	120
50	60
25	30

B.2 外摩擦角的测定：外摩擦角是指物料置于水平的平板上，平板一端下降至物料开始运动时平板与水平面的夹角。它是计算料仓几何容积的重要参数，实际料仓锥壁与水平面的夹角比外摩擦角大 $5^\circ \sim 10^\circ$ ，可使物料顺利从料仓排出。

外摩擦角测定方法为：用一块钢板（30cm×64cm），使其一端铰接固定，而另一端借助细绳牵引使其自由升降（如图 B.1 所示）。将一定量的煤样置于钢板上，使煤样在钢板上等高堆满，煤层高度为 50mm。将钢板缓慢下降，直到物料开始滑落为止。此时测量其倾斜角即为外摩擦角 ϕ' ，重复四次取其平均值，即：

$$\phi' = \sin^{-1} \left(\frac{h_1 - h_2}{L} \right) \quad (\text{B.1})$$

式中：

ϕ' ——外摩擦角， $(^\circ)$ ；

h_1 ——铰接点距水平面的距离，m；

h_2 ——平板下端距水平面的距离，m；

L ——钢板长度，m。

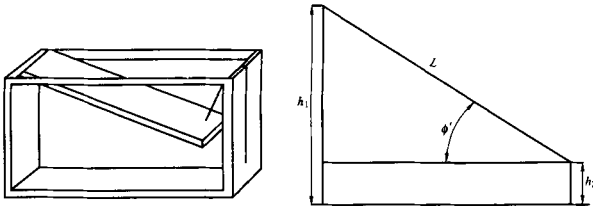


图 B.1 外摩擦角测定原理

B.3 堆积角的测定：堆积角是指散状物料自料堆顶部向下倾泻，并使其沿斜面下滑，当斜面与水平面的夹角达到最大时所对应的夹角为堆积角（或安息角）。堆积角又分静堆积角和动堆积角，物料在静止平面上所形成的堆积角为静堆积角 α_s ；而物料在运动的平面上所形成的堆积角为动堆积角 α_d ；与平面的运动速度有关，一般 $\alpha_d = (0.65 \sim 0.80) \alpha_s$ 。

静堆积角的测定方法:

- 选择一块水平地面, 选取足够质量的试样, 在保持落距 2cm~5cm 的条件下, 慢慢分层堆积, 直至煤堆的斜面与水平面的夹角达到最大。
- 选择 4 个均分斜面, 用直尺贴紧其中一个斜面, 用量角仪 (见图 B.2) 的一边贴紧直尺, 让量角仪的指针自由下垂, 待指针稳定以后, 读取所测角度值。用同样的方法测量其他三个斜面的角度, 取其算术平均值 (取整数)。
- 按 a) 和 b) 的方法重复测定一次。
- 两次测定的堆积角误差不大于 1°, 否则重新测定, 取两次测定的平均值。

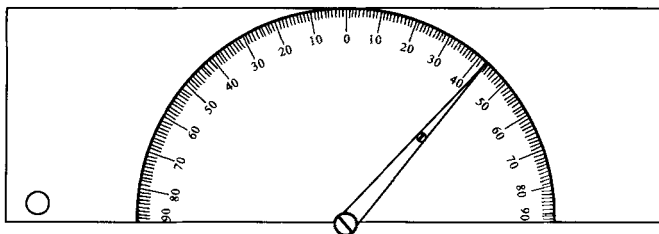


图 B.2 量角仪

B.4 内摩擦角 (陷落角) 的测定: 内摩擦角是指散状或块状物料在陷落过程中, 其自由表面与水平面所能形成的最小夹角。采用陷落法测定的原理如图 B.3 所示。圆形容器尺寸为: $D=\phi 1500$, 容器高 $H=1000\text{mm}$, $d=\phi 200$ 。物料自底部开孔处 (圆孔直径 d) 排出, 使其上部陷落, 形成的倾斜面与水平面的夹角为陷落角 ϕ , 可用下式计算, 重复 4 次取其平均值, 即:

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left[\frac{2h}{(D-d)} \right] \quad (\text{B.2})$$

式中:

- ϕ ——陷落角, ($^{\circ}$);
- h ——料堆高, m;
- D ——料堆外径, m;
- d ——圆孔陷落孔直径, m。

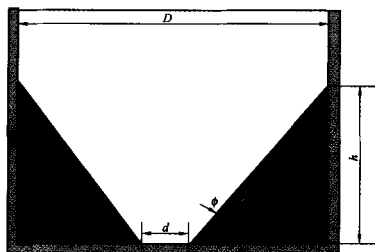


图 B.3 内摩擦角测定原理

附录 C
(资料性附录)

我国一些电厂燃煤的爆炸性指数

C.1 我国一些电厂燃煤的爆炸性指数 K_d 见表 C.1。

表 C.1 我国一些电厂燃煤的爆炸性指数 K_d

序号	电厂	煤种	M_d %	V_{daf} %	$Q_{net, ar}$ MJ/kg	A_{ar} %	A_d %	V_d %	$Q_{net, daf}$ MJ/kg	K_d	IT °C
1	平圩	烟煤	10.00	35~37	20~23	24~28	28.9	25.6	33.6	4.32	580
2	哈三	烟煤	7.00	35~37	20.5~24.5	21~28	26.3	26.5	32.9	4.51	—
3	石洞口二厂	烟煤	7.00	33~36	23~25	7~13	10.8	30.8	28.9	5.4	560~570
4	北仑港	烟煤	10.00	33~37	23~24	12~23	19.4	28.2	32.4	5.12	550~600
5	沙角 C	烟煤	7.00	30~38	23~24	7~18	13.4	29.4	29.2	5.02	550~600
6	吴泾	烟煤	16.45	35~37	21~23	8~14	13.2	31.2	30.3	5.64	540
7	外高桥	烟煤	16.45	32~36	21~24	8~14	13.2	29.5	31.0	5.45	580
8	沙角 A	烟煤	8.00	33~35	21~24	18~24	22.8	26.3	31.7	4.48	610
9	秦皇岛	烟煤	12.00	34~36	19~22	24~32	31.8	23.9	34.2	3.95	—
10	嘉兴	烟煤	14.00	35~37	22~24	8~13	12.2	31.6	30.5	5.83	550
11	珠江	烟煤	11.69	32~36	20~23	14~22	20.4	27.1	30.6	4.56	550~600
12	妈湾	烟煤	9.61	32~36	20~24	13~30	23.8	25.9	31.9	4.38	500~610
13	铁岭	烟煤	13.57	38~42	17~23	33~37	40.5	23.8	38.9	4.02	530
14	三门峡	烟煤	3.60	24~32	17~23	20~29	25.4	21.6	27.8	3.99	670
15	首阳山	烟煤	13.89	32~38	19~21	25~32	33.1	23.4	34.7	3.85	595~620
16	曲靖	烟煤	11.76	26~32	19~20	28~31	33.4	19.3	33.2	2.97	—
17	邹县	烟煤	11.67	38~42	21~24	16~22	21.5	31.4	32.5	5.65	590
18	靖远	烟煤	9.75	28~33	21~24	16~22	21.1	24.1	31.6	4.14	580
19	常熟	烟煤	6.84	28~35	20~22	19~24	23.1	24.2	29.4	3.73	600
20	望亭	烟煤	7.00	23~27	20~22	23~26	26.3	18.4	30.7	2.82	69.0
21	福州	烟煤	9.61	31~35	22~24	14~20	18.8	26.8	31.3	4.69	580
22	大连	烟煤	9.61	31~34	22~24	15~20	19.4	26.2	31.6	4.60	580
23	德州	贫煤	7.03	11~16	20~24	24~27	27.4	9.8	32.6	1.55	790
24	石门	贫煤	8.33	14~18	17.5~22	27~37	34.9	10.4	33.0	1.63	—
25	潍坊	贫煤	6.00	14~17	21~23	22~28	26.6	11.4	31.9	1.78	—
26	湛江	贫煤和无烟煤	6.34	14.5~18	21~26	17~21	20.3	12.9	31.5	2.14	—
27	马鞍山	贫煤	7.43	11.7~12.7	21~25.5	15~23	20.4	9.7	31.4	1.59	—
28	渭河	贫煤	7.15	22.8~30.6	18~22	24~36	32.3	18.1	31.8	2.68	720

表 C.1 (续)

序号	电厂	煤种	M_d %	V_{daf} %	$Q_{net, ar}$ MJ/kg	A_{ar} %	A_d %	V_d %	$Q_{net, daf}$ MJ/kg	K_d	IT °C
29	汉川	贫煤	7.00	14~18	19.6~21.9	27~32	31.7	10.9	32.6	1.63	740
30	汉川	贫煤	6.72	14~18	19.5~25.6	17~33	21.5	12.6	31.0	2.03	—
31	渭河	贫煤	7.15	22.8~30.6	18~22	24~38	33.3	17.8	32.3	2.69	720
32	石洞口一厂	贫煤	7.00	12~15	20~22	20~27	25.3	10.1	30.2	1.49	—
33	阳逻	贫煤	6.33	13~16	20~22	24~29	28.3	10.4	30.8	1.52	780
34	江油	贫煤和无烟煤	7.00	20~28	18~20	34~38	38.7	14.7	33.3	2.08	—
35	黄台	贫煤	7.01	15~19	19.5~23	20~34	29.0	12.1	32.1	1.86	740
36	太原一热	贫煤	8.26	15~17	20.5~23.5	21~30	27.8	11.6	33.2	1.88	—
37	永安	无烟煤	9.70	3.9	22.78	26.92	29.8	2.74	35.9	0.46	—
38	淮阴	贫煤	8.80	18.5	21.44	26.0	28.5	13.2	32.88	2.10	—
39	株州	贫煤	11.31	11.22	20.99	23.65	26.7	8.22	32.3	1.29	—
40	耒阳	无烟煤	9.80	5.97	21.15	24.63	27.3	4.34	32.3	0.43	—
41	通辽	霍林河	28.65	46.72	11.304	27.49	38.5	28.71	27.412	3.46	—
42	元宝山	元宝山	25.28	43.84	13.207	26.39	35.3	28.36	28.640	3.73	—
43	邹县	兴隆南屯	11.67	42.07	17.228	32.6	36.9	26.55	31.439	3.77	—
44	姚孟	义马	12.82	41.38	15.542	29.12	33.4	27.56	27.320	3.51	—
45	准格尔	准格尔	10.00	40.87	16.294	31.7	35.2	26.47	28.379	3.42	—
46	姚孟	平顶山	7.04	38.32	21.915	24.73	26.6	28.13	32.378	4.71	—
47	靖远	靖远	4.33	33.87	19.780	29.38	30.7	23.47	30.000	3.38	—
48	太原二热	古交洗中煤	10.00	29.06	17.635	36.94	41.0	17.15	33.709	2.4	—
49	石洞口二厂	神木	12.30	28.3	22.400	13.1	15.0	24.07	30.440	4.21	—
50	外高桥	神木府谷	14.00	27.0	22.496	12.0	13.9	23.23	30.875	4.16	—
51	姚孟	禹县	2.83	25.2	13.905	47.73	49.1	12.82	28.269	1.27	—
52	姚孟	禹县	1.75	23.93	17.237	40.15	40.9	14.15	29.743	1.7	—
53	洛阳	义马新安	6.73	23.56	23.761	20.98	22.49	18.26	33.102	3.2	—
54	台州	晋北烟煤	9.61	31.91	19.469	28.85	31.917	21.72	32.028	3.3	—
55	井冈山	丰城	10.02	22.83	18.316	36.23	40.26	13.63	34.543	1.96	—
56	襄樊	登封贫煤	10.05	19.76	22.032	24.55	27.0	14.42	34.073	2.43	—
57	井冈山	韩城贫煤	8.98	18.34	21.364	26.41	29.0	13.02	33.415	2.09	—
58	湛江	晋东南	6.34	10.0	23.289	25.12	26.82	7.32	34.211	1.22	—
59	岳阳	晋南	6.75	10.0	25.744	17.39	18.65	8.14	34.160	1.5	—

C.2 燃煤爆炸性指数 K_d 和煤的着火温度 IT 的关系, 见图 C.1; 燃煤爆炸性指数 K_d 和煤的挥发分 V_{daf} 的关系见图 C.2。

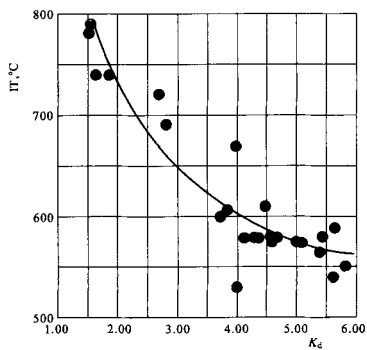


图 C.1 燃煤爆炸性指数 K_d 和煤的着火温度 IT 的关系

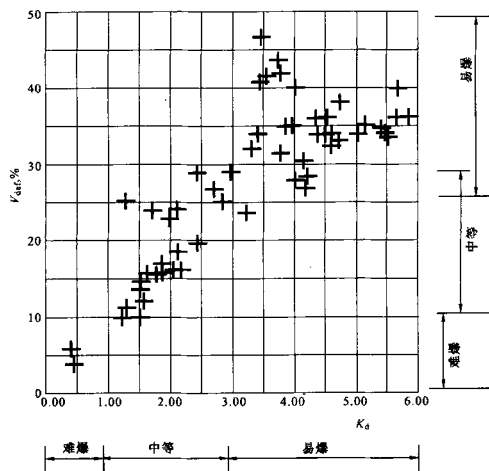


图 C.2 燃煤爆炸性指数 K_d 和煤的挥发分 V_{daf} 的关系

附 录 D
(规范性附录)
煤质分析基质换算

表 D.1 煤质分析基质换算系数

已知煤的基质	待求的煤的基质			
	收到基 ar	空气干燥基 ad	干燥基 d	干燥无灰基 daf
收到基	1	$\frac{(100 - M_w)}{(100 - M_w)}$	$\frac{100}{(100 - M_w)}$	$\frac{100}{(100 - M_w - A_w)}$
空气干燥基	$\frac{(100 - M_w)}{(100 - M_w)}$	1	$\frac{100}{(100 - M_w)}$	$\frac{100}{(100 - M_w - A_w)}$
干燥基	$\frac{(100 - M_w)}{100}$	$\frac{(100 - M_w)}{100}$	1	$\frac{100}{(100 - A_d)}$
干燥无灰基	$\frac{(100 - M_w - A_w)}{100}$	$\frac{(100 - M_w - A_w)}{100}$	$\frac{(100 - A_d)}{100}$	1

表 D.2 煤质分析结果基质表示方法

序号	基准	定 义	符号 (下角)	备 注
1	收到基	以收到状态的煤为基准	ar	设计时可将此作为应用状态对待
2	空气干燥基	与空气湿度达到平衡状态的煤为基准	ad	
3	干燥基	以假想无水状态的煤为基准	d	同义词可为“干基”
4	干燥无灰基	以假想无水、无灰状态的煤为基准	daf	以往概念的“可燃基”，现已禁用
5	干燥无矿物质基	以假想无水、无矿物质状态的煤为基准	dmmf	
6	恒湿无矿物质基	以假想含最高水分、无矿物质状态的煤为基准	mmf	

附 录 E
(资料性附录)
钢球磨煤机系列参数

表 E.1 钢球磨煤机系列参数

序号	型 号	容积 m ³	基本出力 t/h	工作转速 r/min	最大装球量 t	充填率 φ	电动机	
							型 号	功率 kW
1	MTZ1725	5.67	3	24.5	7.5	0.270	JS125-8	95
2	MTZ2126	9.00	4	22.82	10	0.227	YTM355-8	160
3	MTZ2133	11.42	6	22.82	13	0.232	YTM355-8	200
4	MTZ2532	15.70	8	20.63 20.77	18	0.234	YTM450-1-8	280
5	MTZ2539	19.13	10	20.63 20.77	22	0.235	YTM450-2-8	315
6	MTZ2935	23.11	12	19.34	26	0.230	YTM500-1-8	400
7	MTZ2941	27.07	14	19.34	30	0.226	YTM500-2-8	500
8	MTZ2947	31.03	16	19.34	35	0.230	YTM500-3-8	560
9	MTZ3247	37.78	20	18.52	40	0.216	YTM500-1-6	710
10	MTZ3258	46.62	25	18.46	55	0.241	YTM500-2-6	900
11	MTZ3560	57.70	30	17.57	59	0.209	YTM630-1-6	1000
12	MTZ3570	67.31	35	17.57	69	0.209	YTM630-2-6	1120
13	MTZ3865	73.68	40	17.0	75	0.208	YTM800-1-10	1250
14	MTZ3872	81.61	45	17.0	90	0.225	YTM800-2-10	1400
15	MTZ3879	89.55	50	17.0	95	0.217	YTM800-3-10	1600
16	MTZ3886	97.48	55	17.0	105	0.220	YTM800-4-10	1800

注：表中基本出力系指 VTI 可磨性指数 $K_{VTI}=1.0$ 、原煤全水分 $M=7\%$ 、给料粒度 $0\text{mm}\sim 25\text{mm}$ 、煤粉细度 $R_{90}=8\%$ ，在最大装球量及碾磨件为新状态时的基本出力

附录 F
(资料性附录)
双进双出钢球磨煤机系列参数

表 F.1 BBD 双进双出钢球磨煤机系列参数

项 目	单位	BBD 2536	BBD 2942	BBD 3448	BBD 3854	BBD 4060	BBD 4366	BBD 4760	BBD 4772
内径 (衬板内)	mm	2450	2850	3350	3750	3950	4250	4650	4650
筒体有效长度	mm	3740	4340	4940	2400	6140	6740	6140	7340
双锥形分离器直径	mm	1600	1800	2100	2400	2900	3100	3200	3500
磨煤机转速	r/min	20.4	19.0	18.0	17.0	16.6	16.0	15.3	15.3
装球量的一般范围 G_0	t	12~18	20~30	30~40	40~60	45~70	65~85	70~90	80~110
最大装球量	t	20	32	48	65	78	100	110	130
相应最大钢球装载系数	—	0.23	0.23	0.22	0.212	0.213	0.207	0.211	0.2085
基本出力 B	t/h	13	22	30	48	58	70	82	95
基本功率 P_{M0}	kW	163.8	277.5	478.3	695.6	898.8	1189	1351.4	1615.6
最大轴功率 P_{max}	kW	238.7	404.4	671	942.1	1222	1576.4	1822	2156
电动机功率 P	kW	280	500	800	1120	1400	1800	2100	2500
常用风煤比 R_{AC}	—	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
密封风量 Q_s	kg/h	2800	3100	3400	3800	4000	4600	4950	4950
分离器设计流量 Q_o (标准)	m ³ /h	35000	47800	64000	86800	134000	147000	163000	190000
磨煤机进口最大流量 Q_{imax} (标准)	m ³ /h	35600	50000	64300	104600	134200	165000	208500	208500
注: 表中基本出力是在 HGI=50, R_{90} =18%, M_w-M_{FC} =10%, G_0 为装球范围上限时的出力									

表 F.2 FW 双进双出钢球磨煤机系列参数

项 目		单位	D-10	D-10-D	D-11	D-11-D
磨煤机出力	75%通过 200 目, HGI=50, 含水量 8%	t/h	40	45	50	55
筒体有效内径		mm	3633	3633	3862	3862
筒体有效长度		mm	5026	5608	5456	5974
筒体转速		r/min	17.2	17.2	16.7	16.7
筒体有效容积		m ³	52.1	58.1	63.9	70
最大加球量		t		64	67	73
密封风量		kg/h	5796	5796	6246	6246
整机质量 (不包括电动机)		t		148.1	179.6	188.2
主减速机	中心距	mm	915	915	600	600
	传动比		11.5	11.5	5.824	5.824
主电动机	功率	kW	1000			1250
	转速	r/min	1490			993
	电压	kV	6000			6000
慢速传动	电动机功率				22	22
	传动比				153.72	153.72
大、小齿轮参数	模数		25	25	22	22
	大齿轮齿数		202	202	234	234
	小齿轮齿数		27	27	23	23

表 F.3 SVEDALA 双进双出钢球磨煤机系列参数

磨煤机尺寸 m	3.8×5.8	4.0×6.1	4.3×6.4	4.7×7.0	5.0×7.7	5.5×8.2
轴承尺寸 mm	1830×405	1830×405	1980×455	2285×500	2540×660	3050×660
磨煤机出力 t/h	42	50	62	80	110	141
HGI	60	60	60	60	60	60
原煤全水分 %	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
煤粉细度 (R_{75})%	15	15	15	15	15	15
分离器直径 m	2.44	2.44	2.44	2.74	3.35	3.66
风煤比 kg/kg	1.4 : 1	1.4 : 1	1.4 : 1	1.4 : 1	1.4 : 1	1.4 : 1
空气流量 kg/h	54100	64300	79880	111470	14170	182000
磨进风温度 ℃	270	270	270	270	265	265
磨出口温度 ℃	80	80	80	80	80	80
钢球装载系数 %	26	27	27	26	27	27
钢球装载量 t	76	91	111	145	186	241
轴功率 kW	1020	1215	1510	1990	2680	3450
系统差压 kPa	3.2	3.8	4.2	4.0	5.0	5.0
电动机功率 kW	1100	1300	1600	2200	3000	3700

附录 G
(资料性附录)

RP (HP) 磨煤机系列参数

表 G.1 碗式 (RP、HP) 磨煤机系列参数

型号	磨碗名义直径 mm	磨辊名义直径 mm	入料粒度 mm	基本出力 t/h	入口最大空气流量 t/h	磨碗转速 r/min	电动机额定功率 kW
HP683	1900	1100	≤38	24.0	36.06	45.2	225~260
HP703				26.3	39.48		
HP723				28.6	42.72		
HP743				31.1	46.56		
HP763	2100	1200		33.8	52.38	41.3	260~300
HP783				36.5	54.42		
HP803				39.7	59.34		
HP823	2200	1300		42.4	65.34	38.4	345~400
HP843				45.4	68.04		
HP863				48.1	72.12		
HP883	2400	1400		51.0	76.74	35.0	400~450
HP903				54.0	82.98		
HP923				56.9	85.44		
HP943				59.9	89.82		
HP963	2600	1500		62.6	94.74	33.0	450~520
HP983				65.3	97.98		
HP1003			68.0	102.06			
HP1023	2800	1600	72.6	108.84	30.0	520~700	
HP1043			77.1	115.68			
HP1063			83.9	125.88			
HP1103			91.7	136.08			

注 1: 表中的基本出力是指哈氏可磨性指数 HGI=55, 原煤全水分 $M_t=12\%$ (低热值烟煤) 或 $M_t=8\%$ (高热值烟煤), 原煤收到基灰分 $A_w \leq 20\%$, 煤粉细度 $R_{90}=23\%$ 时的基本出力。

注 2: 磨煤机的最小允许空气流量为入口最大空气流量的 70%

附录 H
(资料性附录)
MPS 磨煤机系列参数

表 H.1 MPS 磨煤机系列参数

型号	基本出力 t/h	磨盘直径 mm	磨辊直径 mm	磨盘转速 r/min	电动机功率 kW	入磨最大 通风量 kg/s	阻力 (含分离器) kPa	密封风总量/ 通过磨内风量 kg/s
MPS32	0.44	320	240	64.0	7	0.19	1.50	0.13/0.09
MPS40	0.77	400	310	57.2	10	0.37	1.82	0.13/0.09
MPS50	1.35	500	390	51.2	17	0.58	2.14	0.13/0.09
MPS63	2.41	630	490	45.6	30	1.04	2.73	0.13/0.09
MPS72	3.36	700	560	42.7	40	1.45	3.01	0.26/0.17
MPS80	4.37	800	620	40.5	50	1.89	3.32	0.26/0.17
MPS90	5.87	900	700	38.2	65	2.54	3.69	0.26/0.17
MPS100	7.64	1000	780	36.2	85	3.31	4.01	0.60/0.40
MPS112	10.1	1120	870	34.2	120	4.39	4.35	0.60/0.40
MPS125	13.3	1250	970	32.4	160	5.78	4.67	0.60/0.40
MPS140	17.7	1400	1090	30.6	185	7.73	5.17	1.16/0.78
MPS150	21.0	1500	1170	29.6	220	9.10	5.42	1.16/0.78
MPS160	24.7	1600	1240	28.6	250	10.70	5.70	1.16/0.78
MPS170	28.8	1700	1320	27.8	280	12.46	5.98	1.30/0.78
MPS180	33.2	1800	1400	27.0	315	14.38	6.17	1.30/0.78
MPS190	38	1900	1500	26.2	380	16.75	6.38	1.30/0.78
MPS200	43.2	2000	1560	26.2	450	18.55	6.57	1.42/0.95
MPS212	48.8	2120	1650	25.6	500	21.65	6.77	1.42/0.95
MPS225	58.0	2250	1750	24.1	580	24.74	6.97	1.53/1.02
MPS235	64.7	2350	1850	23.6	650	27.94	7.13	1.05/1.10
MPS245	71.8	2450	1910	23.1	710	31.43	7.29	1.65/1.10
MPS255	79.3	2550	1980	22.6	800	32.98	7.45	1.65/1.10
MPS265	87.3	2650	2060	22.2	1000	37.79	7.61	1.74/1.16
MPS275	95.8	2750	2160	22.3	1000	41.50	7.77	1.74/1.16

注 1: 表中基本出力指哈氏可磨性系数 HGI=50, 煤粉细度 $R_{90}=20\%$, 原煤水分 $M_t=10\%$, 原煤收到基灰分 $A_{ar}\leq 20\%$ 时的基本出力。

注 2: 入磨最小空气流量为最大空气流量的 75%

附录 I
(资料性附录)

MP、ZGM 磨煤机系列性能参数

表 I.1 MP 磨煤机系列性能参数表

型号	基本出力 (A/B*) 德国公司计算法 t/h	磨盘直径 mm	磨辊直径 mm	磨盘转速 r/min	电动机功率 kW	入磨最大 通风量 kg/s	阻力 (含 分离器) kPa	密封风总量/通 过磨内风量 kg/s
MP0302	0.6/0.39	320	240	64.0	7	0.19	1.50	0.13/0.09
MP0403	1.05/0.68	400	310	57.2	10	0.37	1.82	0.13/0.09
MP0503	1.83/1.18	500	390	51.2	17	0.58	2.14	0.13/0.09
MP0604	3.26/2.11	630	490	45.6	30	1.04	2.73	0.13/0.09
MP0705	4.50/2.94	700	560	42.7	40	1.45	3.01	0.26/0.17
MP0806	5.92/3.38	800	620	40.5	50	1.89	3.32	0.26/0.17
MP0907	7.95/5.14	900	700	38.2	65	2.54	3.69	0.26/0.17
MP1007	10.35/6.69	1000	780	36.2	85	3.31	4.01	0.60/0.40
MP1108	13.74/8.89	1120	870	34.2	120	4.39	4.35	0.60/0.40
MP1209	18.08/11.70	1250	970	32.4	160	5.78	4.67	0.60/0.40
MP1410	24.00/15.53	1400	1090	30.6	185	7.73	5.17	1.16/0.78
MP1511	28.50/18.44	1500	1170	29.6	220	9.10	5.42	1.16/0.78
MP1612	33.50/21.68	1600	1240	28.6	250	10.70	5.70	1.16/0.78
MP1713	39.00/25.24	1700	1320	27.8	280	12.46	5.98	1.30/0.78
MP1814	45.00/29.12	1800	1400	27.0	315	14.38	6.17	1.30/0.78
MP1915	52.60/34.04	1900	1500	26.2	380	16.75	6.38	1.30/0.78
MP2015	58.50/38.86	2000	1560	26.2	450	18.55	6.57	1.42/0.95
MP2116	67.70/43.81	2120	1650	25.60	500	21.65	6.77	1.42/0.95
MP2217	78.60/50.86	2250	1750	24.1	580	24.74	6.97	1.53/1.02
MP2419	99.30/62.65	2450	1910	23.1	710	31.43	7.29	1.65/1.10
MP2519	107.30/69.43	2550	1980	22.6	800	32.98	7.45	1.65/1.10
MP2620	118.30/76.56	2650	2060	22.2	1000	37.79	7.61	1.74/1.16
a 表中基本出力 A 指哈氏可磨性系数 HGI=80, 煤粉细度 $R_{90}=16\%$, 原煤水分 $M_f=4\%$ 时的基本出力; 表中基本出力 B 指哈氏可磨性系数 HGI=50, 煤粉细度 $R_{90}=20\%$, 原煤水分 $M_f=10\%$ 时的基本出力								

表 I.2 ZGM 磨煤机系列性能参数表

性能参数		单位	ZGM65			ZGM80			ZGM95		
			K	N	G	K	N	G	K	N	G
基本出力	HGI=80 $M_f=4\%$ $R_{90}=16\%$	t/h	16.3	20.0	24.0	28.5	33.5	39.0	45.0	51.5	58.5
	HGI=50 $M_f=10\%$ $R_{90}=20\%$	t/h	10.5	12.9	15.5	18.4	21.7	25.2	29.1	33.3	37.9
	HGI=55 $M_f=10\%$ $R_{90}=23\%$	t/h	12.1	14.9	17.9	21.2	25.0	29.1	33.5	38.4	43.6
基点一次风量		kg/s	5.21	6.39	7.67	9.10	10.70	12.46	14.38	16.45	18.69
通风阻力 (含分离器)		kPa	4.11	4.38	4.65	4.88	5.13	5.38	5.55	5.74	5.91
磨煤机轴功率		kW	106	130	156	185	218	254	293	335	380
电动机功率		kW	125	160	185	220	250	280	355	400	450
磨盘工作直径		mm	1300			1600			1900		
磨盘转速		r/min	31.9			28.7			26.4		
磨辊数量		个	3			3			3		
每个磨辊最大加载力		kN	101			154			217		
密封风量		kg/s	1.05			1.21			1.33		
消防蒸汽量 (10min~15min)		kg/h	500			750			1125		
磨煤机重量		kN	750			900			1100		
电动机重量		kN	35			40			47		
螺旋行星减速机型号			SXJ100			SXJ120			SXJ140		
稀油站型号			XYZ100			XYZ150			XYZ200		
高压油站型号			GYZ1-25			GYZ2-25			GYZ2-25		
挡板式静态分离器型号			DJF30			DJF35			DJF40		
组合式旋转分离器型号			ZXF16			ZXF19			ZXF22		
煤粉细度 R_{90}		%	2%~15%			10%~40%					

表 1.2 (续)

性能参数		单位	ZGM113			ZGM123		ZGM133		ZGM140	
			K	N	G	N	G	N	G	N	G
基本出力	HGI=80 $M_c=4\%$ $R_{90}=16\%$	t/h	67.7	78.7	87.7	97.3	107.6	118.4	129.9	148.3	168.3
	HGI=50 $M_c=10\%$ $R_{90}=20\%$	t/h	43.8	50.9	56.8	63.0	69.6	76.6	84.1	96.0	108.9
	HGI=55 $M_c=10\%$ $R_{90}=23\%$	t/h	50.5	58.6	65.3	72.5	80.2	88.2	96.8	110.5	125.4
基点一次风量		kg/s	21.63	25.14	28.02	31.08	34.37	37.82	41.50	47.37	53.76
通风阻力(含分离器)		kPa	6.23	6.41	6.54	6.78	6.93	7.15	7.35	7.98	8.28
磨煤机轴功率		kW	440	512	570	632	699	770	844	964	1094
电动机功率		kW	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
磨盘工作直径		mm	2250			2450		2650		2900	
磨盘转速		r/min	24.2			23.2		22.3		21.3	
磨辊数量		个	3			3		3		3	
每个磨辊最大加载力		kN	304			360		421		505	
密封风量		kg/s	1.50			1.62		1.75		1.90	
消防蒸汽量(10min~15min)		kg/h	1800			2500		3000		3500	
磨煤机重量		kN	1600			2220		2750		3300	
电动机重量		kN	60			80		110		150	
螺旋行星减速机型号			SXJ160			SXJ180		SXJ200		SXJ220	
稀油站型号			XYZ250			XYZ300		XYZ350		XYZ400	
高压油站型号			GYZ3-25			GYZ3-25		GYZ4-25		GYZ4-25	
挡板式静态分离器型号			DJF45			DJF50		DJF55		DJF60	
组合式旋转分离器型号			ZXF25			ZXF27		ZXF29		ZXF32	
煤粉细度 R_{90}		%	2%~15%				10%~40%				

附录 J
(资料性附录)
E 型磨煤机系列参数

表 J.1 球环式 (E 型) 磨煤机系列参数

型 号		ZQM-111 (E44)	ZQM-158 (E70/62)	ZQM-178 (7E)	ZQM-216 (8.5E)	ZQM-254 (10E)
基本出力	t/h	6.0	14.0	17.0	27.0	40.0
钢球直径及数量	mm/个数	261/12	530/9	533/10	654/10	768/10
补充球直径及数量	mm/个数	250/0	480/1	482/1	584/1	698/1
转速	r/min	107	48.5	45	40	37
电动机功率	kW	125	160	185	220	330
注：表中的基本出力是指哈氏可磨性指数 HGI=50，原煤水 $M_t \leq 10\%$ ，原煤收到基灰 $A_{ar} \leq 20\%$ ，煤粉细度 $R_{90}=23\%$ 时的基本出力						

附录 K
(资料性附录)
风磨磨煤机系列参数

表 K.1 S (FM) 型风磨磨煤机系列参数表

型 号	出力 B_{90} t/h	叶轮直径 D_2/D_1 mm	叶片 高度 L mm	叶片 宽度 b mm	转速 n r/min	通风量 Q_0 m^3/h	提升压头 (带粉) ($t''=120^\circ C$) Pa	纯空气提升压头 ($t''=120^\circ C$) Pa	电动机 功率 P kW
S9.100 (FM159.380)	9	1590/1010	290	380	1000	17000	2160	2800	225
S12.75 (FM219.380)	12	2190/1490	350	350	750	22000	2160	2800	300
S14.75 (FM220.400)	14	2200/1500	350	400	750	25000	2160	2800	340
S16.75 (FM220.440)	16	2200/1500	350	440	750	28000	2160	2800	380
S18.75 (FM220.440)	18	2200/1500	350	460	750	32000	2160	2800	400
S20.60 (FM275.480)	20	2750/2030	360	480	600	38000	2160	2800	450
S25.60 (FM275.590)	25	2750/1850	450	590	600	46000	2160	2800	560
S32.60 (FM275.755)	32	2750/1850	450	755	600	59000	2160	2800	700
S36.50 (FM318.644)	36	3180/2270	454	644	500	56000	2000	2700	800
S40.50 (FM340.760)	40	3400/2420	490	760	500	76000	2300	3000	880
S45.50 (FM340.880)	45	3400/2420	490	880	500	88000	2410	3100	1000
S50.50 (FM340.970)	50	3400/2420	490	970	500	97000	2480	3200	1100
S55.50 (FM380.940)	55	3800/2688	578	940	450	106000	2480	3200	1200
S57.50 (FM340.1060)	57	3400/2470	465	1060	500	106000	2480	3200	1250
S60.45 (FM380.1030)	60	3800/2644	578	1030	450	116000	2480	3200	1300
S65.45 (FM380.1150)	65	3800/2644	578	1150	450	130000	2580	3300	1425
S70.45 (FM380.1200)	70	3800/2644	578	1200	450	135000	2560	3300	1550
S80.42 (FM400.1310)	80	4000/2644	678	1310	425	154210	2560	3300	1750

注：表中提升压头值为冲击板磨损初期数值（不含分离器）