

ICS 27.100

F 23

备案号: 15342-2005

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 942 — 2005

---

## 直吹式制粉系统的煤粉取样方法

Method of pulverized coal sampling in direct firing pulverizing systems

( ISO 9931: 1991, Coal-Sampling of pulverized coal  
conveyed by gases in direct fired coal systems, MOD )

2005-02-14 发布

2005-06-01 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 原理.....	1
3 取样.....	1
3.1 取样装置.....	1
3.2 取样条件.....	2
3.3 取样程序.....	3
4 取样报告.....	4
附录 A (资料性附录) 本标准章条编号与 ISO 9931:1991 (E) 章条编号对照.....	5
附录 B (资料性附录) 本标准与 ISO 9931:1991 (E) 技术性差异及其原因.....	6
附录 C (资料性附录) 辅助装置的描述和操作.....	7
附录 D (资料性附录) 煤粉分配和修正系数.....	12

## 前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2001 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2001〕44 号文）的要求制定的。

本标准修改采用 ISO 9931:1991（E）《直吹式燃煤系统的煤粉取样》（英文版）。

本标准根据 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第 2 部分：采用国际标准的规则》重新起草。为了方便比较，在附录 A 中列出了本标准条款和国际标准条款的对照一览表。

考虑到我国国情，本标准对 ISO 9931:1991（E）做了下列编辑：

- “本国际标准”一词改为“本标准”。
- 删除国际标准的前言。
- 将“1 范围”内的取样点处的煤粉圆形管道内径为 250mm~700mm，改为 150mm~800mm，扩大了本标准的适用范围。
- 删除国际标准“3.1 条”下的悬置段文字，以符合 GB/T 1.1 的规定。
- 增加了明确“要求在取样间隔时间和运行条件不变的情况下，再抽取一个煤粉样品，来评价煤粉样品质量的重复性。两次煤粉取样的质量差值不大于±8%。”的内容。
- 增加了“5 取样报告”章内的“表 1 煤粉取样试验报告”内容，方便试验使用。
- 删除国际标准的附录 C，该附录内容为参考资料目录，在国际标准中未注明引用处。
- 本标准与 ISO 9931:1991（E）的主要技术性差异和原因，参见本标准附录 B。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会归口并解释。

本标准负责起草单位：西安热工研究院有限公司、华东电力试验研究院、上海绿诚环保设备有限公司。

本标准的主要起草人：张心、王忠元、周龙成。

## 直吹式制粉系统的煤粉取样方法

### 1 范围

本标准规定了一种在火力发电厂直吹式制粉系统的圆形煤粉管道内多点采集煤粉样品的方法。通过对采集的煤粉样品的分析，确定进入各燃烧器的煤粉质量分配、煤粉细度，并可对磨煤机的性能进行诊断。

本标准适用于满足以下条件的圆形垂直煤粉管道上进行的煤粉取样：

- a) 最大的煤粉粒径小于 1/3 取样头直径，例如，小于 1.5mm，使采集的样品具有代表性，并避免堵塞取样枪。
- b) 取样点处的煤粉圆形管道内径为 150mm~800mm。
- c) 煤粉管道内的风煤比值在直吹式制粉系统的通常范围内。

注 1：如果无法在合适的位置上选定取样点，根据测量的目的，使用本方法也可获得满意的结果。在这种条件下，需要作更详细的研究。包括使用某些其他的方法，如使用单头取样枪对整个煤粉管道横截面进行取样。

注 2：本标准章条编号与 ISO 9931:1991 (E) 的对照和技术差异参见附录 A 和附录 B。

### 2 原理

多头取样枪在 4min 内，由圆形横截面上均匀分布的 64 个取样点抽取一个代表性的煤粉样品。取样枪通过密封座插入煤粉管道。取样前后，用热空气对取样装置进行反向吹扫，以保证取样管路的清洁。取样时，应维持抽吸速度恒定；煤粉样品在分离器中分离。

### 3 取样

#### 3.1 取样装置

##### 3.1.1 取样枪

取样枪上装有 4 个取样头，同时进行取样，见图 1。

利用人字形棘齿机构（齿轮比 2:1），使 4 个取样头进行转动。在转盘上按 45° 分割，划分成 8 等份，用来指示取样头的位置。沿转盘转动两圈，可使取样头转动一圈，这就有 16 个位置，每个位置之间相隔 22.5°。

4 个取样头的位置分别从管道横截面上划分的相等面积中取样，见图 2。在 16 个位置点，用相同的时间进行各个位置点的取样，其结果是在取样管道横截面上，总计 64 个等面积区域上抽取了一个有代表性的煤粉样。

取样时，取样枪配备的调节部件可使取样枪头部处于管道中心轴线上，保证了取样头处在正确位置。

取样枪外置的定位销与取样头处于同一个垂直平面上，定位销与管道轴线方向一致，使取样平面与管道轴线相垂直。

##### 3.1.2 辅助装置

辅助装置应具备的性能和特点如下：

- a) 测量和控制取样期间的抽吸流量；
- b) 可确定选定好的取样间隔时间；
- c) 可高效地从抽吸出来的气粉流中分离出煤粉；
- d) 配备的取样瓶容积能盛下预计的煤粉最大采集量；

e) 保证取样期间取样系统不出现结露现象。

可参见附录 C 描述的满足以上要求的辅助装置。

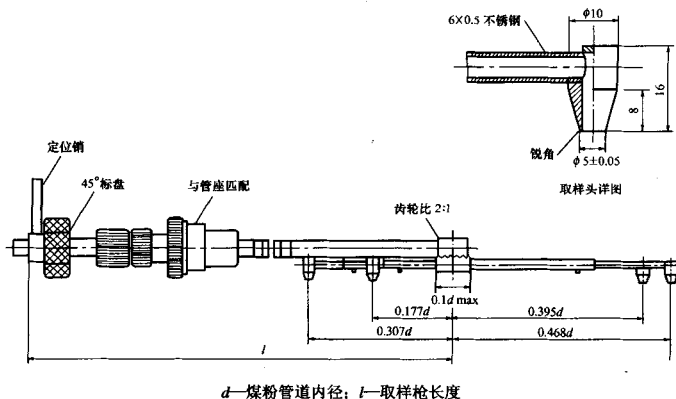


图 1 取样枪

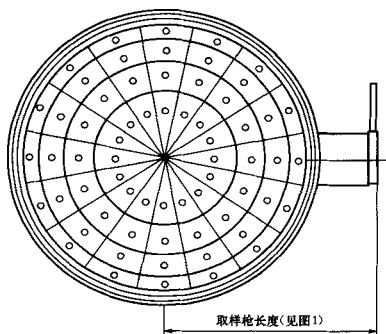


图 2 采样点分布图

### 3.2 取样条件

#### 3.2.1 取样位置的选择

取样点应选择圆形垂直煤粉管道, 同一台磨煤机的各根煤粉管道的取样位置, 应布置在相类似的部位, 各取样点分离器、弯管等干扰部件的距离应相等, 各根煤粉管道内的煤粉偏离情况应相同。参见附录 D。

如取样点位于煤粉分配器上游, 则其距离应是煤粉管道内径的 5 倍以上; 如取样点位于煤粉分配器下游, 则其最短距离应是煤粉管道的内径。如果受结构的限制, 可以在选定的取样点上, 采用另外的取样方法。

取样点不允许有煤粉涡流现象, 应避开“弯头”、“磨煤机下游部位”等, 禁止在长水平管道上布置取样点。

在取样点的煤粉管道上要配置管座。管座的轴线与管道径向直径间的最大偏差为  $\pm 3.5^\circ$ 。管座上螺纹应与丝堵和取样枪相匹配。在正压管道上, 管座应是密封管座, 以使插入和移出取样枪的操作在无外

喷煤粉状态下进行。适宜的密封管座描述参见附录 C.1.1。

### 3.2.2 运行工况的稳定性

在整个取样过程中，进入磨煤机的煤量和风煤比要保持稳定。

在磨煤机的各根煤粉管道上进行逐个取样时，只有当各根煤粉管道内的流动状态在整个取样过程中处于稳定状态，取样结果才有效。

### 3.2.3 取样抽吸速度

取样是在煤粉气流进入取样枪时开始的，取样头的抽吸速度与煤粉管道里的气流速度之比应控制在  $1.1 \pm 0.1$  范围内。

注：由于煤粉颗粒运动速度与空气速度之间存在速度差，因此取样抽吸速度要比携带煤粉的气流速度高。经验表明，遵守上述几节对取样的要求，会得到较好的代表煤粉质量和煤粉细度的取样结果。

## 3.3 取样程序

### 3.3.1 选定抽吸速度

计算取样点处管道里的平均气流速度所需数据如下：

- 测量进入磨煤机的风量；
- 测量或确定取样点处的温度；
- 测量或确定取样点处的静压；
- 确定在磨煤机中干燥煤粉产生的水蒸气含量。

### 3.3.2 取样装置的调整准备

将取样枪与辅助装置连接好，用热空气对取样装置进行反吹（与取样枪抽吸的流向相反），以达到清洗和加热取样装置的目的，避免冷凝结露。

按图 1 所示，将取样枪长度调整到合适位置。

### 3.3.3 插入取样枪

在插入取样枪、固定取样枪，直到取样开始的期间内，要连续进行反吹，防止煤粉进入取样装置。

调整取样枪长度（图 1 和图 2 中的  $L$ ），使取样枪头部中心点的位置偏离管道轴线的距离不超过管道内径的 0.3%。

在插入取样枪前，转动取样枪手轮，使装有 4 个取样头的抽吸管处在同一条直线上。

卸下取样管座的堵头，如果是密封管座，应先通入压缩空气，再打开堵头。

小心地通过管座插入取样枪，注意不要碰伤取样头。用管接头螺母将取样枪固定，检查排成一条线的取样头是否与管道的中心线平行。

插入取样枪并抓紧，取样开始时，煤粉进入取样装置，这时不要进行连续的反吹。

如密封座通入了压缩空气，则应关闭压缩空气。

注：应保证取样枪与管道内壁之间留有一定的间隙。在取样前，最好先脱开手轮，在管道内横截面上整圈旋转一下取样枪。

### 3.3.4 取样

按照计算速度值（见 3.3.1）开始取样，关闭反吹。取样期间，要进行一些调整，维持抽吸速度恒定。

在第一个位置抽取 15s 后，转动手轮到下一个指示刻度处，继续抽吸 15s。反复转动，连续抽吸，直到在 16 个角度位置上均完成取样抽吸过程为止。

注：也可以选择较慢的取样枪头部旋转时间，推荐旋转一圈的时间是 240s。

关闭抽吸，取样结束，转为反吹。

要求在取样间隔时间和运行条件不变的情况下，再抽取一个煤粉样品，来评价煤粉样品质量的重复性。两次煤粉取样的质量差值不大于  $\pm 8\%$ 。

取样期间，如果文丘里差压减小，则增大抽吸力；如差压不增加，则可判断取样头堵塞，终止取样，清理堵塞。

## 3.3.5 移出取样枪并收集煤粉样

转动手轮使 4 个抽吸管与取样头和取样枪在一条线上。

如果采用了密封座，则先开启压缩空气，使压缩空气进入密封座，再拧开取样枪上的管接头螺母，小心地移出取样枪，在管座上拧上堵头，关闭压缩空气。

由取样枪上卸下取样瓶。如果取样瓶是取样系统的一个部分，则应仔细地清空取样瓶里的煤粉，把煤粉装入采集样品的容器内。

用密封盖封好取样瓶或容器，写上标签，以便识别。

用反吹空气对取样系统进行清扫。

若开始下一个煤粉取样工作，则程序可按 3.3.3 要求开始。

## 4 取样报告

取样报告（如表 1 所示）应包括以下内容：

- 参考标准；
- 取样时间和地点；
- 操作者签字确认；
- 取样条件，如煤种、磨煤机运行工况、计算抽吸速度所需的参数；
- 样品编号；
- 取样期间出现的任何不正常和无规律的情况说明。

表 1 煤粉取样试验报告

取样时间	年 月 日	环境温度 ℃	
取样地点		环境湿度 %	
取样煤种		试验仪器	
样品编号		参照标准	
测试计算结果			
测试计算内容	符 号	单 位	数 值
磨煤机入口总风量	$Q_{\text{ck}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	
磨煤机内干燥煤粉产生的水蒸气量	$Q_{\text{zq}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	
磨煤机密封风量	$Q_{\text{mf}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	
磨煤机出口总风量 ( $Q_{\text{ck}}=Q_{\text{ck}}+Q_{\text{zq}}+Q_{\text{mf}}$ )	$Q_{\text{ck}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	
煤粉管道总断面面积	$F$	$\text{m}^2$	
单根煤粉管道中平均流速 [ $w=Q_{\text{ck}}/(3600F)$ ]	$w$	$\text{m/s}$	
文丘里喷嘴差压 (查图 C.7)	$\Delta p$	$\text{kPa}$	
煤粉质量 1	$m_1$	$\text{g}$	
煤粉质量 2	$m_2$	$\text{g}$	
煤粉质量差值 $\Delta m=(m_1-m_2)\div m_1\times 100\%$	$\Delta m$	%	
煤粉细度	$R_{200}$	%	
煤粉细度	$R_{90}$	%	
备 注			

**附 录 A**  
(资料性附录)

**本标准章条编号与 ISO 9931:1991 (E) 章条编号对照**

表 A.1 给出了本标准章条编号与 ISO 9931:1991 (E) 章条编号对照一览表。

**表 A.1 本标准章条编号与 ISO 9931:1991 (E) 章条编号对照表**

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
1	1
2	2
3	3
3.1	3.1 部分内容
3.1.1	3.1.1
3.1.2	3.1.2
3.2	3.2
3.2.1	3.2.1
3.2.2	3.2.2
3.2.3	3.2.3
3.3	3.3
3.3.1	3.3.1
3.3.2	3.3.2
3.3.3	3.3.2
3.3.4	3.3.4
3.3.5	3.3.5
4	4
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	附录 B
	附录 C



**附 录 B**  
(资料性附录)

**本标准与 ISO 9931:1991 (E) 技术性差异及其原因**

表 B.1 给出了本标准与 ISO 9931:1991 (E) 技术性差异及其原因的一览表。

**表 B.1 本标准与 ISO 9931:1991 (E) 技术性差异及其原因**

本标准的章条编号	技术性差异	原 因
1	ISO 标准原文“取样点处的煤粉圆形管道内径为 250mm~700mm。”；现改为“取样点处的煤粉圆形管道内径为 150mm~800mm。”	根据在小于 250mm 和大于 700mm 的煤粉圆形管道内径已使用了该煤粉取样器的实际情况，扩大该标准的使用范围
3.2.1	ISO 标准原文“管座的轴线与管道径向直径间的最大偏差为 $\pm 0.35^\circ$ 。”；现改为“ $\pm 3.5^\circ$ ”	无法达到 ISO 标准原文的要求，也没必要达到如此高的要求，估计是打印错误
3.3.4	原标准对煤粉取样的次数和两次煤粉取样质量的差值没有明确的规定。本标准明确规定“要求在取样间隔时间和运行条件不变的情况下，再抽取一个煤粉样品，来评价煤粉样品质量的重复性。两次煤粉取样的质量差值不大于 $\pm 8\%$ 。”	对煤粉取样做出明确规定，保证了试验的准确性
4	原标准无表 1	增加表 1，方便试验记录

## 附录 C

### (资料性附录)

#### 辅助装置的描述和操作

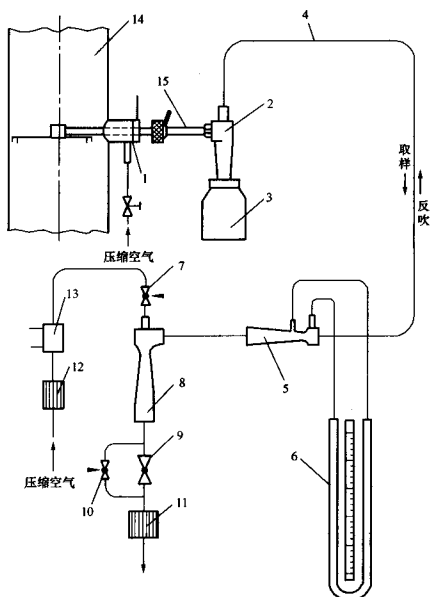
#### C.1 辅助装置描述

##### C.1.1 对本标准的 3.1.2 辅助装置的说明

该装置应能承受取样处的管压。

取样设备连接示意图 C.1。取样枪在 3.1.1 中说明。

辅助装置包括密封管座、分离器、取样瓶、加强软管、文丘里喷嘴、水位计或差压表、控制阀、喷射器、截流阀、旁路阀、过滤器、空气过滤器、空气电加热器。



1—密封管座；2—分离器；3—取样瓶；4—加强软管；5—文丘里喷嘴；6—水位计；7—控制阀；8—喷射器；9—截流阀；10—旁路阀；11—过滤器；12—空气过滤器；13—空气电加热器；14—煤粉管道；15—取样枪

图 C.1 取样设备连接示意

##### C.1.2 密封管座

密封管座是为了保证在从正向压力的煤粉管中取煤粉时，可在无尘状态下插入取样枪和移动取样枪。详见图 C.2。

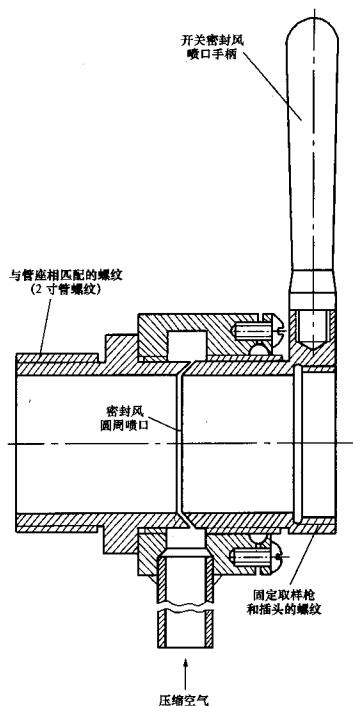


图 C.2 密封管座

### C.1.3 分离器

分离器是为了保证从取样气流中分离出煤粉。详见图 C.3。

分离器分离的煤粉颗粒大小可根据实际空气流量按“Perry”方法算出。对密度为  $1400\text{kg/m}^3$  的煤粉，其分离结果见图 C.4。

分离其他规格颗粒的分离器效率可按“Leith”和“Licht”方法计算。结果见图 C.5 中曲线。

为保证取样瓶与分离器安装方便，取样瓶固定在分离器底端。

### C.1.4 取样瓶

500ml 聚乙烯瓶可用作取样瓶。

### C.1.5 加强软管

软管连接分离器与文丘里喷嘴（见图 C.1），软管应尽可能短（2m~3m），以避免煤粉沉积。管内径为 10mm~13mm，以达到最小的压降和适宜的抽吸速度。

### C.1.6 文丘里喷嘴

文丘里喷嘴测量取样过程中的空气流量，见图 C.6。标定曲线见图 C.7。

也可用标定曲线中的数据推导出公式 C.1，来代替标定曲线，即

$$p = \frac{0.856v^2}{273+t} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$p$ ——压力, kPa;

$v$ ——抽吸速度, m/s;

$t$ ——抽吸的气流温度, °C。

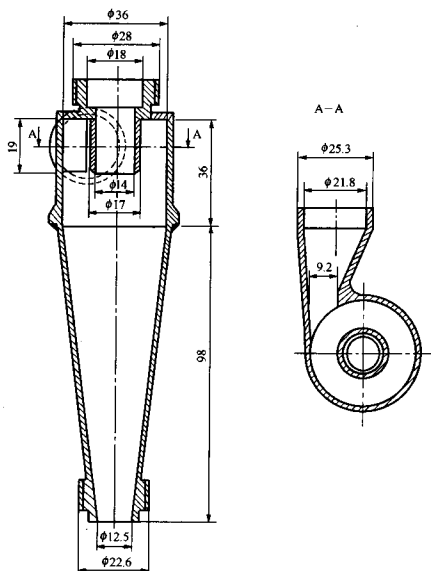


图 C.3 分离器尺寸

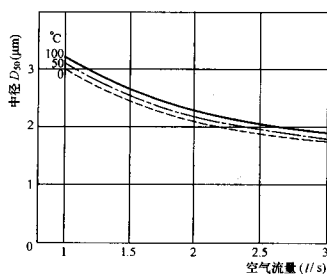


图 C.4 图 C.5 中分离器内煤粉颗粒的中径

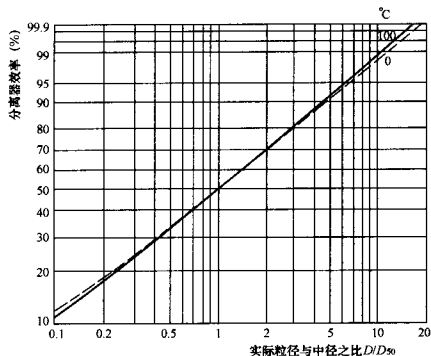


图 C.5 颗粒大小与分离器效率的关系

**C.1.7 水位计或差压表**

水位计或差压表接在文丘里喷嘴上，水位计或差压表最大量程为 4kPa。

**C.1.8 控制阀**

控制阀的作用如下：

- a) 调节进入喷射器的压缩空气量，以便调整抽吸速度（见图 C.1 中的 8）。
- b) 控制反吹。

**C.1.9 喷射器**

根据取样点处的静压调节喷射器开度，以达到足够的抽吸力。

**C.1.10 截流阀**

用于取样与反吹之间的快速转换，反之亦然。

**C.1.11 旁路阀**

用于取样瓶和软管在抽吸或反吹转换中的压力释放。

**C.1.12 过滤器**

“如洁净的真空纸袋”用于收集从分离器中逸出的煤粉。

**C.1.13 空气过滤器**

用于滤掉进入取样系统压缩空气中的油和水份。

**C.1.14 空气电加热器**

用于加热压缩空气，防止粉尘在取样系统中沉积。正常情况下，功率为 0.5kW。空气温度应控制在不超过辅助装置所能承受的温度。

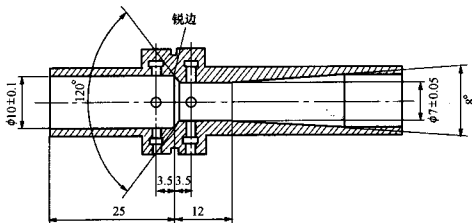


图 C.6 文丘里喷嘴

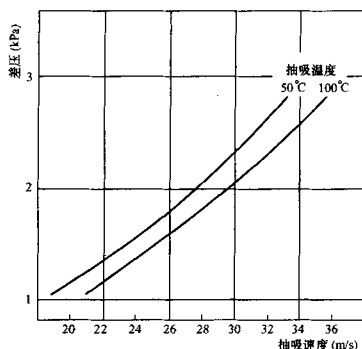


图 C.7 图 C.6 中文丘里喷嘴标定曲线

## C.2 操作

取样时，辅助装置应按以下步骤使用。

### C.2.1 确定抽吸速度（见 3.3.1）

若已经计算出抽吸速度，相应的水位计读数，应用文丘里喷嘴标定曲线中数据（见图 C.7）或 C.1.6 中的公式确定。

### C.2.2 取样装置的准备工作（见 3.3.2）

取样装置应先加热（以避免煤粉沉积），然后按以下步骤进行：

打开空气电加热器开关，温度调整在 80℃～85℃ 范围之间。取样瓶装在分离器下。接好压缩空气后，关闭截流阀，打开控制阀进行反吹。

当分离器和取样瓶有手感温度时，即可取样。在整个取样过程中，加热系统应保持常开状态。

关闭控制阀，更更换取样瓶。

在插入取样枪前，应先用手指堵住取样枪口，检查文丘里喷嘴前后差压是否降为零，以检验系统的密封性。在抽吸过程中，调整控制阀和旁路阀，测试所要求的抽吸速度。

### C.2.3 取样枪的插入（见 3.3.3）

在插入取样枪时，控制阀和旁路阀一直处于反吹设置状态，直到开始取样。

### C.2.4 取样（见 3.3.4）

打开截流阀，开始进行取样。用控制阀调整抽吸速度，使水位计或差压表的读数适当，并保持稳定。旁路阀保持在预置位置上。

结束取样时，关闭截流阀，系统由抽吸状态转为反吹状态。

### C.2.5 移出取样枪并取出样品（见 3.3.5）

反吹状态一直保持到移出取样枪，关闭控制阀，停止反吹，取下取样瓶。

附录 D  
(资料性附录)  
煤粉分配和修正系数

### D.1 气流分配

气流在管道中输送煤粉时,煤粉会从输送的气流中分离出来。

由于分离器、弯管及倒流板处产生的离心力对煤粉颗粒的作用,以及煤粉颗粒在经过长的水平管时的重力作用,导致煤粉在这些部位的管壁上出现“沉积”,形成高煤粉浓度区域。

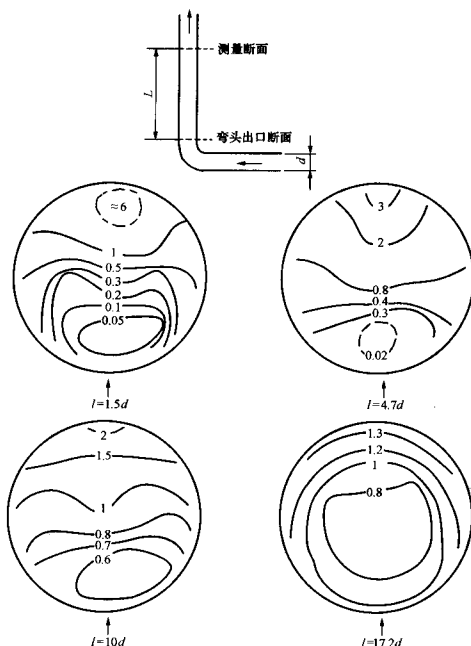
在垂直管道内,这种分离现象会消失。煤粉又在气流中均匀分布。参见图 D.1。

“沉积”是获得具有代表性样品的主要障碍。为对此问题有一清楚的认识,在实验室进行了管道内煤粉输送试验,在 90° 弯管后的不同取样点进行了煤粉质量和细度的测量。

试验结果表明,所取得的样品质量和细度应随取样点距转弯处的距离乘上修正系数。

试验表明,所获得的样品质量比理想取样点的量小。

图 D.1 给出了在内径为 150mm 的垂直管中煤粉平均直径为 35 $\mu\text{m}$ 、密度为 1380 $\text{kg}/\text{m}^3$ 、速度为 14 $\text{m}/\text{s}$ 、气粉比为 1.7 的质量流量等值线。质量流量与离中心点的距离有关。



$d$ —煤粉管道内径;  $L$ —取样位置与弯头等部件间的距离

图 D.1 垂直管中煤粉分布示意

## D.2 修正系数

### D.2.1 样品质量修正

按国际标准采集的煤粉样品其质量流量（用同一磨粉机磨制的煤粉），在每一根管道中的分布无需修正系数即可计算出来。

试验表明，在理想取样状态下，每根管道中煤粉的实际质量近似值可用公式 D.1 估算，即

$$m_a = g m_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

$m_a$ ——实际样品质量，g；

$m_s$ ——测量样品质量，g；

$g$ ——从表 D.1 中得到的质量修正系数，表中的  $L/d$  为取样点与干扰元件之间的距离  $L$  和管道内径  $d$  的比值。

表 D.1 对不同的  $L/d$  值给出相应的质量修正系数。

表 D.1 质量修正系数

g

$L/d$	5	6	8	10	15	20	30	40
$g$	1.12	1.11	1.10	1.08	1.06	1.04	1.03	1.02

### D.2.2 颗粒大小分布修正

颗粒大小分布通常由 Rosin-Rammler 图得出。该图表示通过筛网的质量百分数与筛网孔径的关系。

试验表明，实际颗粒大小的近似分布，如理想状态下颗粒大小的分布可以通过在 Rosin-Rammler 图中将分布曲线向右平移来获得。可用下面的公式表示：

$$A(x_2) - M(x_1) \text{ and } x_2 = f x_1 \quad (\text{D.2})$$

式中：

$A$ ——实际颗粒大小分布，即通过量是筛网孔径的函数；

$M$ ——测量的颗粒大小分布，即通过量是筛网孔径的函数；

$x$ ——筛网孔径；

$f$ ——颗粒大小修正系数，由表 D.2 给出，其中  $L/d$  为取样点与干扰元件之间的距离  $L$  和管道内径  $d$  的比值。

表 D.2 颗粒大小分布修正系数

$L/d$	5	6	8	10	15	20	30	40
$f$	1.10	1.09	1.08	1.07	1.04	1.03	1.02	1.01

示例：A 样品是在距上游 90° 弯管 10d 距离处垂直管中采集的。

可以看出，该样品颗粒大小分布  $M$  通过筛网的百分数为 70% 时，筛网孔径为  $x_1 = 75 \mu\text{m}$ （如图 D.2 中的点 1 所示），且该分布曲线有斜度。

使用表 D.2 中  $L/d=10$  对应的修正系数，实际颗粒大小分布  $A$  为：煤粉通过筛网百分数为 70%，筛网孔径为  $x_2 = 75 \times 1.07 = 80 \mu\text{m}$ （如图 D.2 中的点 2 所示）。

实际颗粒大小分布与采集的样品颗粒大小分布有相同的斜率，可以看出通过筛网的百分数为 66% 时，筛网孔径为 75  $\mu\text{m}$ （如图 D.2 中的点 3 所示）。



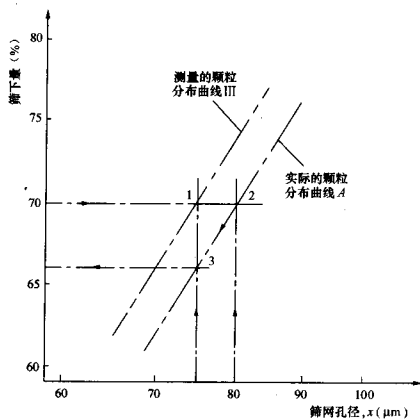


图 D.2 颗粒大小的修正曲线 (Rosin-Rammler 曲线局部)