

赵振奇 编

冶金工厂

除尘设备性能测定

YEJIN GONGCHANG CHUCHEN SHEBEI XINGNENG CEDING

冶金工业出版社

# 冶金工厂除尘设备 性能测定

赵振奇 编

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

根据通风除尘和环境保护的实际需要，本书以冶金工厂为对象，详细地阐述了工厂除尘设备的测定试验方法。主要内容包括除尘设备测定试验仪表；粉尘特性的测定；气体特性的测定；除尘设备性能的测定；除尘设备测定的有关计算；除尘设备测定试验组织与计划和各种气体的物理参数附表等。可供通风除尘、环境保护和工业卫生工作者参考。

### 冶金工厂除尘设备性能测定

赵振奇 编

冶金工业出版社出版

(北京灯市口 74 号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 6 5/8 字数 171 千字

1981年 1 月第一版 1981年 1 月第一次印刷

印数 00,001~4,700 册

统一书号：15062·3601 定价 0.67 元

## 编 者 的 话

解放后，党和政府十分重视厂矿企业的劳动保护和环境保护工作。国务院在一九五六年三月做出了“关于防止厂矿企业中矽尘危害的决定”，以后又相继颁发了《工业企业设计卫生标准(GBJ 1—62)》、《工业“三废”排放试行标准(GBJ4—73)》等文件，推动了劳动保护和环境保护工作的开展。冶金工厂的防尘工作取得了不少成绩。有尘作业场所的粉尘浓度大幅度下降，粉尘合格率逐年上升，矽肺发病率逐年下降，劳动条件显著改善。

通风除尘设备是保护工人身体健康的重要设施。及时而准确地做好通风除尘设备的测定试验工作。对于正确评价通风除尘设备，取得最佳工作参数，确定合理的运行制度，提高通风除尘设备的完好率和利用率，充分发挥通风除尘设备作用具有重要的意义。

根据通风除尘设备测定试验工作的需要，从冶金工厂除尘工作的实际出发，立足于实用、常规的测试方法，参考了收集到的有关现代化测试技术资料，编写了《冶金工厂除尘设备性能测定》一书，供通风防尘、环境保护与工业卫生工作者参考。

在本书编写过程中，得到了冶金系统有关厂矿、科研、设计单位和高等院校的支持和帮助；在审稿过程中，不少单位和个人提出了很多宝贵的意见，在此一并表示衷心感谢。

由于水平所限，书中不妥之处在所难免，请读者批评指正。

一九八〇年二月

# 目 录

第一章 除尘设备测定试验仪表	1
第一节 气体温度测定仪表	1
第二节 气体湿度测定仪表	8
第三节 气体成分分析仪表	11
第四节 气体压力测定仪表	13
第五节 气体流量测定仪表	17
第六节 粉尘采样设备	25
第七节 粉尘粒度分布测定仪表	28
第八节 其它测定仪表	30
第二章 粉尘特性的测定	34
第一节 粉尘真比重的测定	34
第二节 粉尘粒度分布的测定	38
第三节 粉尘在水中的自然沉降速度和效率	52
第四节 粉尘比电阻的测定	55
第五节 粉尘安息角的测定	61
第六节 粉尘含水率的测定	64
第七节 粉尘化学成分的测定	66
第三章 气体特性的测定	68
第一节 烟道气体成分及重度的测定	68
第二节 气体温度的测定	74
第三节 气体湿度的测定	81
第四节 气体压力的测定	88
第四章 除尘设备性能的测定	93
第一节 气体流量的测定	93
第二节 阻力损失的测定	99
第三节 漏风系数的测定	101

第四节	气流分布特性的测定	105
第五节	除尘效率的测定	109
第六节	通风机运行指标的测定	121
第五章	除尘设备测定的有关计算	128
第一节	热力计算	128
第二节	技术经济指标计算	131
第三节	其它计算	146
第六章	除尘设备测定试验组织与计划	153
第一节	测定试验组织	153
第二节	测定试验准备工作	153
第三节	测定试验进度计划的编制	154
第四节	测定试验报告的编写	156
第五节	除尘设备测定试验设备	156
第六节	安全须知	158
附表		159
附表 1	圆形风管的计算数据	159
附表 2	等积环的划分及测量点至管道边的距离	161
附表 3	气体的基本常数	162
附表 4	压力为 760 毫米汞柱时空气的重量、体积、水 蒸气压力和含湿量表	163
附表 5	干空气在压力为 1 公斤/厘米 <sup>2</sup> 时的物理参数	166
附表 6	空气重度计算表	169
附表 7	压力为 760 毫米汞柱时各种气体的粘度	172
附表 8	各种气体和烟尘的平均比热	173
附表 9	饱和蒸汽的性质	174
附表 10	各种粉尘的爆炸极限	175
附表 11	可燃气体与空气混合物的着火温度及其范围	175
附表 12	动压与速度换算表	176
附表 13	速度修正系数 $K_v = \sqrt{\frac{1.2}{\rho_t}}$	177

附表14	空气相对湿度 (%) 计算表	180
附表15	压力修正系数	182
附表16-1	温度修正系数	183
附表16-2	温度修正系数 (高温)	185
附表17	压力为 760 毫米汞柱时混合气体的饱和含湿量及湿度修正系数	186
附表18	水的物理参数	189
附表19	自然对数表	190
附表20	采样体积 (米 <sup>3</sup> ) 计算表	193
附表21	毫克/米 <sup>3</sup> 与 ppm 换算表	194
附表22	车间空气中生产性粉尘最高容许浓度 (GBJ1-62)	198
附表23	烟尘及生产性粉尘排放标准 (GBJ4-73)	198
附表24	各种计量单位换算表	199

# 第一章 除尘设备测定试验仪表

## 第一节 气体温度测定仪表

### 一、液体膨胀式温度计

液体膨胀式温度计是根据液体热胀冷缩的原理来制造的，玻璃水银温度计及玻璃酒精温度计就是常见的液体膨胀式温度计。其中摄氏温度是在760毫米汞柱的大气压力下，按水的冰点为0°C、沸点为100°C来均分刻度的。

膨胀液体不同，液体膨胀温度计的应用范围也不同（见表1-1）。

液体膨胀温度计的应用范围

表 1-1

工 作 液 体	测 量 温 度 范 围 (°C)
汞 (水银)	-30~600
甲 苯	-90~100
乙 醇 (酒精)	-100~75
石油醚	-130~25
戊 烷	-190~20

玻璃水银温度计分为实验室用和工程用两种，实验室用玻璃水银温度计的基本参数见表1-2。

在测定介质温度与环境温度相差较大时，应对玻璃水银温度计露出部分按图1-1和公式1-1进行温度修正。

$$\Delta t = h\alpha(t - t_1) \quad (1-1)$$

式中  $\Delta t$ ——液柱露出的温度修正值(°C)；

$h$ ——以温度计指示值表示的液柱露出高度(°C)；

$\alpha$ ——水银相对线膨胀系数， $\alpha = 0.00016 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ；

$t$ ——主温度计读数(°C)；

$t_1$ ——辅助温度计读数(°C)。



实验室用玻璃水银温度计基本参数

表 1-2

序号	测量范围 (℃)	分度值 (℃)	最大全长 (毫米)	标尺最 小长度 (毫米)	贮液球底 至标尺最 点距离 (毫米)	直径 (毫米)	浸没长度 (毫米)	允许示值 误差 (℃)
H	0~50	0.5	250	100	70	6~7.5	局浸 70	±0.5
	0~100							±1.0
	100~200							±1.5
	200~300							±2.0
I	0~50	1	250	100	70	6~7.5	局浸 70	±1.0
	0~100							±1.5
	0~150							±2.0
	0~200		300	140	±3.0			
	0~300		380	210	±4.0			
0~350	420	250	±6.0					
J	0~300	2	300	140	70	6~7.5	局浸 100	±4.0
	0~400		350	175	100	6~8.0		±6.0
	0~500		380					
	0~600		420					210

注：表内数据摘自国标《JB1066—67》。

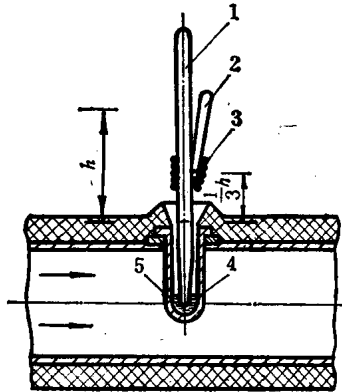


图 1-1 液柱露出部分的温度修正

- 1—主温度计；2—辅助温度计；3—石棉绳；4—套管；  
5—轻油或煤油

修正后的温度值

$$t' = t + \Delta t \quad (1-2)$$

当  $t - t_1 < 50^\circ\text{C}$ ，且  $h < 20^\circ\text{C}$  时，可不修正。

## 二、半导体点温计

半导体点温计（见图 1-2）

是根据平衡电桥的原理制成的，它具有携带方便，测量准确等特点，适于设备表面温度的测定。

上海分析仪器厂生产的半导体点温计是常用的一种，量程分为  $0 \sim 50 \pm 0.5^\circ\text{C}$  和  $0 \sim 100 \pm 1.0^\circ\text{C}$  两种。在使用时，首先拨动开关，分别校准 0 和满度，再将开关拨至测试位置，即可读出测定温度值。

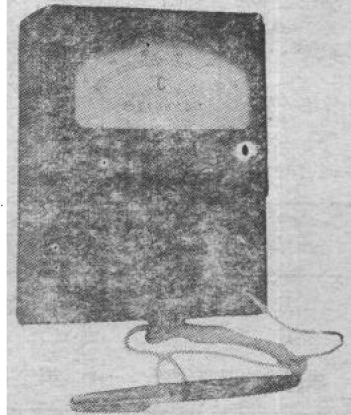


图 1-2 95型半导体点温计

## 三、热电偶温度计

热电偶的感温元件是两根不同材料的导线，其一端彼此连接；当连接的一端与不连接的一端有温度差时，即产生电动势，与温度保持一定的对应关系，并由二次仪表显示出来，这就是热电偶温度计的工作原理（见图 1-3）。

热电偶温度计的技术特性见表 1-3；配合热电偶工作的二次仪表按表 1-4 选用；热电偶补偿导线技术数据见表 1-5。

热电偶温度计在安装使用过程中须注意以下几点：

(1) 所有接线应有很好的绝缘，不许几个热电偶共用一根导线，连接点应压紧，保证接触良好。

(2) 接线时应注意热电偶、补偿导线及二次仪表

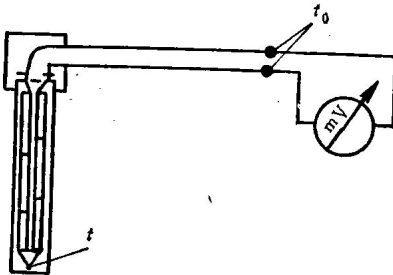


图 1-3 热电偶温度计工作原理  
 $t$ —热端； $t_0$ —冷端；mV—毫伏计或电位差计

热电偶温度计的技术特性

表 1-3

种 类	分度号	使用温度(℃)		热电势允许偏差		偶丝直径 (毫米)	备 注
		长 时	短 时	<600℃	>600℃		
铂铑—铂铑	LL	1600	1800	±3℃	±0.5%	0.5	
铂铑—铂	LB-3	1300	1600	±2.4℃	±0.4%	0.5	
镍铬—镍硅	EU-2	1000	1300	0~<400℃	>400℃	1~2.5	
				±4℃	±0.75%		
镍铬—考铜	EA-2	600	800	0~<400℃	>400℃	1~2	
				±4℃	±1%		

热电偶测温用二次仪表

表 1-4

仪 表 名 称	刻 度 范 围	精 度 等 级	基 本 误 差
便携式测温毫伏计	按热电偶类型	0.5 1.0	全刻度的±0.5% 全刻度的±1.0%
便携式实验室电位差计	0~71毫伏	Ⅲ级	±0.1毫伏
电子自动电位差计	按热电偶类型	0.5	全刻度的±0.5%

热电偶补偿导线技术数据

表 1-5

热电偶名称	补 偿 导 线				工作端为100℃、 冷端为0℃时 的标准热电势 (毫伏)	截面为1.5毫 米 <sup>2</sup> 的导线, 每米长的阻值 (欧姆)
	正 极		负 极			
	材 料	颜 色	材 料	颜 色		
铂铑—铂	铜	红	铜镍	绿	0.64±0.03	0.03
镍铬—镍硅 (镍铬—镍铝)	镍 铬 铜	紫 红	镍铝 康铜	黑 棕	4.10±0.15	0.35
镍铬—考铜	镍铬	紫	考铜	黄	6.90±0.30	0.77
铁—康铜	铁	白	康铜	棕	5.02±0.05	0.41
铁—考铜	铁	白	考铜	黄	5.75±0.25	0.41
铜—考铜	铜	红	考铜	黄	4.76±0.15	0.33

的极性，不得接错线。

(3) 二次仪表、补偿导线及热电偶在使用前必须校准。

二次仪表读值必须根据出厂校正曲线及自由端温度、线路电阻、环境温度的变化进行如下修正：

- 1) 二次仪表读值误差按出厂校正曲线修正。
- 2) 自由端温度修正用热电势相加或调整仪表零位的办法，使二次仪表指示真实温度位置。
- 3) 线路电阻及环境温度的影响按下式修正读值

$$E = E' \frac{R_n + R_x}{R_n^0 + R_x^0} \quad (1-3)$$

式中  $E$ ——二次仪表真实温度 ( $^{\circ}\text{C}$ 或毫伏)；

$E'$ ——二次仪表指示温度 ( $^{\circ}\text{C}$ 或毫伏)；

$R_n$ ——二次仪表实际工作时的内电阻 (欧姆)；

$R_n^0$ ——二次仪表标称内电阻 (欧姆)；

$R_x$ ——线路实际电阻 (欧姆)；

$R_x^0$ ——二次仪表要求的外电阻 (欧姆)。

一般环境温度在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，线路外电阻在 $10\sim 25$ 欧姆的范围内，二次仪表读值可不进行修正。有关热电偶温度计的安装、使用应符合出厂技术说明书的要求。

在高温烟气温度测定时，热电偶需加设保护管，以消除辐射热的影响。此时，推荐使用抽气热电偶温度计。

#### 四、辐射高温计

辐射高温计是根据物体的热辐射效应，测量物体表面温度的仪器。被测物体发射的热辐射能量，经过透镜聚集在热敏元件上转换成热电势，物体在不同的表面温度下发射的热辐射能量也不

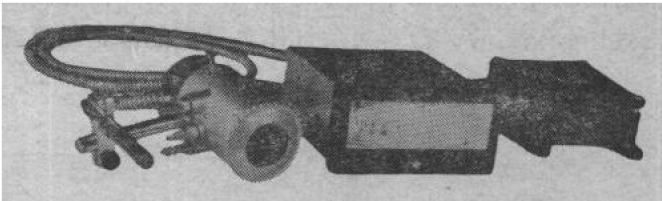


图 1-4 WFT-202型辐射高温计

同，产生的热电势也随之改变，这样从已知的热电势与物体表面温度之间的关系，就可以确定被测物体的表面温度。

目前，鞍山光学仪表厂和上海自动化仪表三厂大量生产WFT-202型辐射高温计（见图1-4），其技术特性见表1-6。

WFT-202型辐射高温计技术特性

表 1-6

(GB1995—76)

温度范围 (℃)	透镜材料	基本允许误差 (℃)		配显示仪表
		温度范围	误差值	
400~1000  600~1200	石英玻璃 (分度号T <sub>1</sub> )	<700	±12	电子电位差计
		<900	±14	
		<1100	±18	
		>1100	±22	
700~1600  1100~2000	石英玻璃 或 K <sub>2</sub> 玻璃 (分度号T <sub>2</sub> )	<700	±12	电子电位差计 或 毫伏计
		<900	±14	
		<1100	±18	
		>1100	±22	

各种辐射高温计应按出厂说明书进行安装与使用。

使用 WFT-202 型辐射高温计时，应符合下列要求：工作量程选用合适，感温器工作距离保持  $\frac{D}{L} = \frac{1}{20}$ （L为被测物体到感温镜的距离，D为被测物体的有效直径或厚度）；观察镜内“米”字格全部清晰；读值稳定时间不低于4秒；最后读值要求进行黑度影响校正。

辐射高温计在进行高温测量时必须对仪表读值进行黑度修正（见公式1-4及表1-7、8）。有关气体、黑度的修正见第三章第二节。

$$T = T_p \sqrt[4]{\frac{1}{\epsilon_T}} \quad (1-4)$$

式中 T——修正后的真实温度(K)；  
T<sub>p</sub>——二次仪表温度读数 (K)；

$\varepsilon_T$ ——被测物体的全辐射黑度 (见表1-7)。

被测物体的全辐射黑度

表 1-7

材 料	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\varepsilon_T$	材 料	温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\varepsilon_T$
未加工的铸铁	925~1115	0.8~0.95	镍铬合金	125~1034	0.64~0.76
抛光的铁	425~1020	0.144~0.377	铂丝	225~1375	0.073~0.182
铁	1000~1400	0.08~0.13	铬	100~1000	0.08~0.26
银	1000	0.035	硅砖	1000	0.80
抛光的铸钢件	370~1040	0.52~0.56		1100	0.85
磨光的钢板	940~1100	0.55~0.61	耐火粘土砖	1000~1100	0.75
氧化铁	500~1200	0.85~0.95	煤	1100~1500	0.52
熔化的铜	1100~1300	0.15~0.13	钽	1300~2500	0.19~0.30
氧化铜	800~1100	0.66~0.54	钨	1000~3000	0.15~0.34
镍	1000~1400	0.056~0.069	生铁	1300	0.29
氧化镍	600~1300	0.54~0.87	铝	200~600	0.11~0.19

辐射高温计所测得辐射温度与真实温度对照

表 1-8

辐射 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	在 不 同 $\varepsilon_T$ 值 时 的 真 实 温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )										
	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
400	400	408	417	427	437	448	461	474	489	505	523
600	600	611	623	636	649	664	680	698	718	739	763
800	800	814	828	844	861	880	900	921	945	972	1002
1000	1000	1016	1034	1053	1073	1095	1119	1144	1173	1204	1240
1200	1200	1219	1239	1261	1284	1310	1337	1367	1400	1437	1478
1400	1400	1422	1445	1469	1496	1525	1556	1590	1628	1669	1716
1600	1600	1624	1650	1678	1707	1740	1775	1813	1855	1902	1954
1800	1800	1827	1855	1886	1919	1955	1993	2036	2082	2134	2192
2000	2000	2030	2063	2096	2128	2173	2212	2262	2309	2371	2430

### 五、光电比色高温计

辐射体的温度和它的颜色是有一定关系的。WDS型光电比色高温计就是利用光电方法,根据辐射体在两个不同波长下的辐射能量的比值来测量温度的。它具有反应速度快,误差小,测量温度接近真实温度等特点。适于在有粉尘、水蒸气、烟雾等非近似选择性的吸收介质环境中工作。

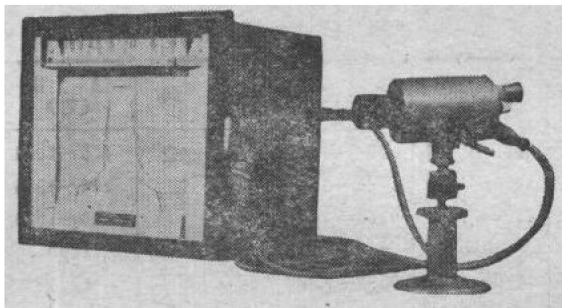


图 1-5 WDS-II 型光电比色高温计

鞍山光学仪表厂生产的 WDS-II 型光电比色高温计（见图 1-5）就是这种高精度仪表。二次仪表同时具有自记和瞬时两种显示方式，读值不再修正，其技术特性见表 1-9。

WDS-II 型光电比色高温计技术特性

表 1-9

测量范围 (°C)	测量精度 (%)	仪表反应速度	距 离 系 数 (d/L)	环 境 条 件
900~2000	按上限 1	随二次仪表	$\frac{1}{30}$ , $\frac{1}{40}$ , $\frac{1}{100}$	气温 5~40°C, 相对湿度 < 80%

WDS 型光电比色高温计的安装、使用详见使用说明书。

## 第二节 气体湿度测定仪表

### 一、通风湿度计

通风湿度计（见图 1-6）主要由两支相同的水银温度计和一个通风器组成。为防止太阳照射及热辐射的影响，温度计外罩一层套管。在通风器工作时一个温包为干球，一个温包为湿球，通道风速为 1.7~3.0 米/秒，由干、湿球温度差即可由附表 14 计算出相对湿度。

相对湿度按公式 1-5 计算

$$\varphi = \frac{f}{f_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中  $f_0$ ——气体在工况温度下的饱和含湿量  
(克/标米<sup>3</sup>);

$f$ ——气体在同一温度下的实际含湿量  
(克/标米<sup>3</sup>)。

天津气象仪器厂生产的DHM<sub>2</sub>型通风湿度计和  
上海气象仪表厂生产的DHM<sub>3</sub>型通风湿度计广泛  
应用在气象条件的测定上。

通风湿度计的技术特性如下:

(1) 温度范围为-26~51°C, 精度为±  
0.2°C;

(2) 通风器工作时间不少于9分钟;

(3) 通风器工作时间为6分钟时, 温包  
处通道风速不小于1.7~3.0米/秒;

(4) 仪器净重为1公斤, 毛重为2.5公  
斤;

(5) 仪器尺寸为120×460×190毫米。

## 二、管道用干湿球温度计

在测定管道内气体的相对湿度时, 建议采用图1-7所示的  
干湿球法装置。在使用过程中应注意做好进入干湿球温度计之前  
管道的保温、除尘和保证不低于2.5米/秒的通道速度。

相对湿度按公式1-6、7或附表14、17计算。

$$P_w = P'_w - c(t - t')(B + P'_s) \quad (1-6)$$

式中  $P_w$ ——气体水蒸气分压 (毫米汞柱);

$P'_w$ ——湿球温度 $t'$ 时的饱和水蒸气分压 (毫米汞柱), 见附  
表17;

$t$ ——干球温度 (°C);

$t'$ ——湿球温度 (°C);

$c$ ——系数,  $c=0.00066$ ;

$B$ ——大气压力 (毫米汞柱);

$P'_s$ ——干湿球处管道静压 (毫米汞柱)。

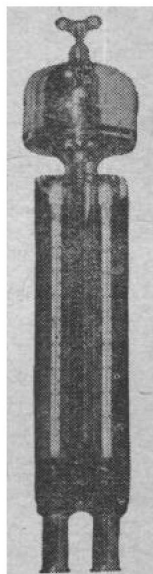


图 1-6 通风湿度计



$$X_w = \frac{P_w}{B + P_c} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中  $X_w$ ——体积百分数 (%)；  
 $P_c$ ——管道静压 (毫米汞柱)；  
 $B, P_w$ ——同上。

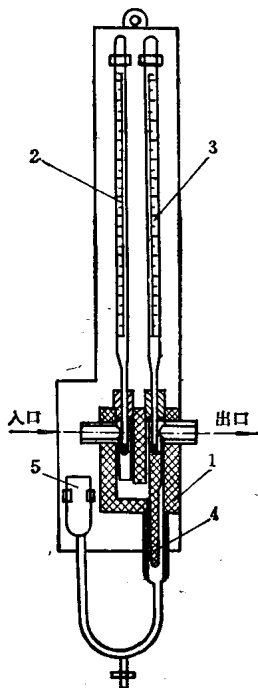


图 1-7 管道用干湿球温度计

1—保温层；2—干球温度计；3—湿球温度计；4—纱布；5—供水管

### 三、电阻温度计

电阻温度计是根据空气中相对湿度的变化而引起热敏电阻的变化，通过显示仪表指示湿度的。它具有反应迅速，精确度高，体积小，携带方便等特点。

北京北新桥电子仪器厂生产的 DSH-1 型电阻湿度计，测量范围为 8~98%，精确度为  $\pm 2\%$ ，灵敏度为  $\pm 0.14\%$ ，适应在气