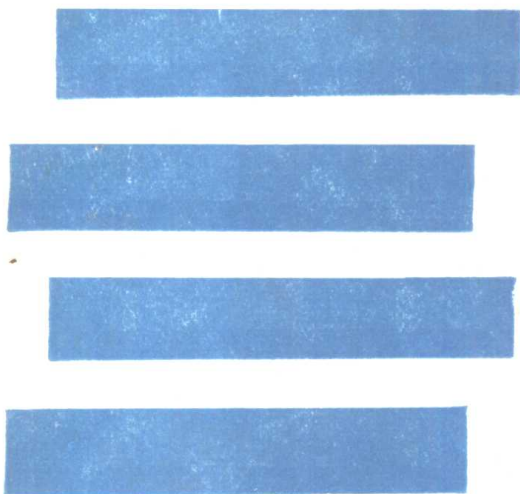


王 晶 字振东 编译

戴明志 审定



工厂 消烟 除尘 手册



科学普及出版社

工厂消烟除尘手册

王 晶 宇振东 编译

戴明志 审定

科学普及出版社

(京) 新登字026号

内 容 摘 要

本书系统地介绍了集尘装置的设计原则和各种集尘装置的原理、结构, 气体处理装置及脱臭装置的设计原则、原理、结构; 有害粉尘、尘雾、烟雾、蒸气、噪声、热应力、激光射线的允许标准以及其它有关标准和各种参数的测定方法。

本书以大量的图、表为主, 数据准确, 内容详实, 是一本实用的工厂消烟除尘手册, 可供广大的环保工作者阅读。

* * *

工厂消烟除尘手册

王 晶 宇振东 编译

戴明志 审定

责任编辑: 李国兴

封面设计: 沈 颖

科学普及出版社出版 (北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市密云县印刷厂印刷

*

开本: 850×1168毫米 1/32印张: 8.625 插页: 0 字数: 200千字

1992年9月第一版 1992年9月第一次印刷

印数: 1—3, 000册 定价: 9.90元

ISBN 7-110-02512-8/X·15

前 言

我国是个有11亿人口的大国，正处在国民经济发展的时期，对能源的需求量不断地增加。我国的能源以煤炭为主，燃煤是提供电能、热能的主要方式。据有关部门统计，1990年我国原煤的产量达11.4亿吨。这些煤炭燃烧所产生的烟尘、废气对空气的污染是非常严重的。1990年全国废气排放总量达85422亿立方米，其中燃料燃烧废气排放量为59521亿立方米，二氧化碳排放量1495万吨，烟尘排放量7324万吨，工业粉尘排放量为181万吨。

清洁的空气是人类生存和动、植物生长所不可缺少的，时刻都离不开。因此，人们应尽量减少向空气中排放烟尘和各种污染物，同时还要寻找可靠的空气净化技术来净化空气。

从某种意义上说，用现代的科学技术净化空气完全可能，但是，成本却很昂贵。人们付出了大量的心血和巨额的资金，来研究消烟除尘技术，制造高效率的除尘装置。但是，到今天为止，还没有一种在任何条件下都能圆满解决问题的除尘器。

从气体中捕集较大的粒子比较容易，粒子愈细捕集愈困难。一般，大于100微米的粒子易于沉降。而从卫生角度看，对人体有害的是小于5微米的粒子，它们可经过呼吸道进入人的肺部，到达血液和淋巴系统。因此，除尘的主要对象应该是几微米的粒子，特别是1微米以下的亚微米粒子。

人们经过长期的实践和科学研究，制造了各种高性能、适于各种环境使用的除尘装置，从其原理看，可分为下列4大类型：

1. 机械力除尘器

(1) 重力除尘器（又称重力沉降室），

- (2) 惯性力除尘器 (简称惯性除尘器) ;
- (3) 离心力除尘器 (旋风除尘器、离心机等) 。

2. 电力除尘器 (又称电力沉降室或电过滤器)

3. 过滤除尘器

4. 洗涤除尘器

上述 4 大类型除尘器由 4 个部分组成, 吸入含尘气体的除尘器进口、除尘室、排尘口和洁净气体的出口。

机械力除尘器主要用于除去较大的颗粒, 其余 3 种除尘器主要用于含细小烟尘的烟气的除尘。机械力除尘器制造安装费用较高, 运转管理费用也较高, 使用时, 应根据废气的不同, 认真加以选择。

电力除尘器。电除尘是一种通过电晕放电使气体中微粒荷电, 并在电场力作用下运移到集尘极而被捕集下来的一种方法。电除尘的特点在于对极细粒子有很高的捕集能力, 并可以捕集雾滴和粘性微粒。电除尘器可分为卧式和立式两类, 其操作有干法和湿法两种。立式多用于湿法, 卧式则干法、湿法均采用。我国目前已生产多种电除尘器, 并有各种特殊用途的电除尘器。冶金部安全技术研究所等单位研制成 SQW—5 PM 双区电除尘器, 用于氧化铬焙烧窑烟尘净化, 除尘效率为 95%~98%。武汉电池厂研制的沥青烟尘电除尘器由两部分组成: 第一级为栅板蒸喷电除尘器, 主要用于捕集烟气中的煤尘; 第二级为双区除尘器, 主要捕集烟气中的焦油颗粒, 其净化效率大于 80%。天津水泥工业设计院唐山设计所研制成功 WY85—8960~4/Ⅰ 型新型电除尘器, 采用刚度大的三角形芒刺电极, 用于长极板的上部弹性梁结构, 并按相似原理和流体力学原则研制了带有预分离性能的进气箱, 保证了气流沿电场的合理分布; 采用滚柱式的活动支座, 消除壳体各构件的热应力。在废气量为 2.2 万立方米/时, 含尘浓度 24.79 克/立方米, 收尘效率为 99.86%, 排放浓度低于国家标准。

过滤除尘器。利用固体物质作为介质来净化烟气, 可以处理高温烟气。常用的滤料有石英矿、矿石等。我国已经实用的有几

种形式：

（1）塔式颗粒层除尘法

我国武汉钢铁公司耐火材料厂已研制成功一套三层塔式机控颗粒层除尘器，采用粒径1～6毫米的硅石作滤料，颗粒层厚度100毫米，过滤风速30～40米/分，颗粒层阻力100毫米水柱以下，反吹风速40～50米/分，风压90～120毫米水柱，净化效率一般在95%以上，最高达99.8%。这种除尘器适应性广，耐高温，耐腐蚀，耐磨损，滤料价廉，已应用于净化冶炼行业的高温烟气，但不宜处理含湿大及露点温度以下的含尘烟气。这类塔式颗粒层除尘器与旋风除尘器相组合使用，适于处理高温和大风量含尘气体。

（2）沸腾颗粒层除尘法

这种方法采用流态化鼓泡床原理，进行大断面沸腾反吹，以清除积于粒状物料中的粉尘，使介质再生。粒层除尘器，对高温烟气的净化效率达96%以上，在烧结厂、水泥厂和农药厂试用，均可回收大量粉尘，获得巨大收益。

洗涤除尘器。目前较为广泛的有斜棒式洗涤栅水膜除尘器、离心式水膜除尘器和麻石水膜除尘器，以上各类水膜除尘器的除尘效率都在90%以上。湿式除尘器中还有文丘里管湿式除尘器、泡沫除尘器和旋流板湿式除尘器。湿式除尘可捕集到1微米以下的微粒，并不再产生粉尘的飞扬。装置结构简单、造价低廉，其缺点是污水需经再处理。

旋风除尘器。旋风除尘器是唯一利用离心力进行固气分离的实用集尘装置。含尘气流在圆锥内以螺旋状旋转，气体从筒上部出口管排出。尘粒在离心力作用下到达圆筒内壁或圆锥内壁表面，然后落到底部的集尘室中。因离心力约为重力的1000倍，故旋风除尘器可分离10微米的粒子，经改进的旋风除尘器，可以捕集更小的粒子。旋风除尘器结构简单，无活动部件，坚固耐用，多作为前级除尘器使用。我国目前有多种旋风除尘器生产，并不断有新型设备出现，在实际使用中亦积累有一定经验。兵器工业部

第六设计院研制成功的XS型双旋风除尘器,采用双级双灰斗收尘和平旋下排气结构,有效地减弱了除尘器内部旋转气流中的“次流”和颗粒回弹对分离效果的不利影响,具有除尘效率高,阻力低,单机处理能力强,使用方便等特点。该除尘器对200目煤粉的捕集率达93~94%,除尘效率在90%以上。

防尘剂除尘。在工艺过程中添加某些试剂,或在产生粉尘中添加防尘剂,均可起到防尘作用。如鞍钢化工总厂安全技术研究所研究成功的AGI型覆盖剂,喷洒于工业煤场及一些散状物料的露天料场,可减少粉尘的飞扬和损失。AGI型覆盖剂为褐色,稍有焦油味,比重1.01, pH 7, 喷在物料上,即凝固成一定厚度、一定硬度及韧性的硬壳,防止粉料飞散,减少损失,保护环境。上海染化五厂在染料浆液经喷雾干燥器进入旋风分离器时,滴入十二烷基苯或石蜡油,其滴加量为成品染料的0.5~0.7%,使染料细粉和汽化了的十二烷基苯相遇,形成较大的颗粒,从而减少了粉尘飞扬,降低了染料损失。

我国的锅炉绝大多数属于中小型锅炉。炉温较低,燃料不能充分燃烧,排放的烟尘量较多,如不安装除尘装置,很难达到国家规定的排放标准。因此,除尘技术和除尘装置的研究势在必行。目前,我国工业和采暖锅炉最常使用的除尘技术有:离心除尘、过滤除尘、重力沉降或惯性除尘等,但设备过于庞大、性能不太理想。

针对我国消烟除尘装置的生产现状,作者建议集中力量研制下列除尘装置:

1. 高温、高效大型袋式除尘器,静电强化袋式除尘器,
2. 高温、高压、防爆型电除尘器,多功能(除尘、脱硫、脱氮)静电除尘器,
3. 低阻、高效、耐磨损、体积小的旋风除尘器,
4. 操作灵活、密闭性好的锁气排灰装置。

对各种有害气体的净化与回收装置,目前的发展趋势是:

1. 高效烟道气脱硫装置及低浓度二氧化硫处理、回收成

会设备；

2. 高效氮氧化物净化装置；
3. 新型含氟烟气净化回收装置；
4. 新型高效有机废气净化装置；
5. 节能汽车排气净化装置。

另外，在我国城镇地区，还存在相当数量的手烧锅炉和民用煤火炉，一户一炉的现象相当普遍。即使是北京这样的城市，尚有上百万个民用煤火炉，在冬季，要耗煤60万吨。这种民用煤火炉排出的烟尘浓黑（每吨燃煤排尘20~30公斤，而在日本每吨煤只排尘5~6公斤），并难于向高空扩散，是城市空气的重要污染源。由于它们体积小，分散，多属居民私人所有，常不引起人们的重视。同时，还有一些饭馆、澡堂、理发店等公共服务行业也常使用小型手烧锅炉，由于管理不善和无人监督，这些锅炉常处于放任自流的局面。

对这一类民用煤火炉和小型手烧锅炉，除了大力发展集中供热，逐渐取代它们外，当前应对现有的炉子积极加以改装。对小型手烧锅炉，则一律要求安装除尘装置，并定期检查其排污情况。对不符合国家规定排放标准的，应禁止使用。

据不完全统计，我国生产除尘器的厂家有200多家，多属小型企业或乡镇企业，技术力量薄弱，产品质量问题不少。为了提高我国除尘器的生产水平和产品质量，现将我们于1991年赴日本考察时收集的部分资料选译成中文，汇编成册，并加入我国除尘器生产所积累的数据，定名《工厂环境除尘手册》由科学普及出版社出版发行，供我国从事除尘器设计、生产、使用的单位参考。由于时间仓促，书中缺点乃至错误难以避免，欢迎广大读者批评指正。

目 录

前 言	(1)
第1章 数据	(1)
1.1 有害粉尘、尘雾、烟雾允许浓度 (TLV表)	(1)
1.2 有害气体、蒸气的允许浓度 (TLV表)	(9)
1.3 噪声允许标准 (TLV表)	(20)
1.4 震动允许标准 (TLV表)	(21)
1.5 热应力的允许标准 (TLV表)	(23)
1.6 激光射线的允许标准 (TLV表)	(23)
1.7 有害物质对人体的影响	(24)
1.8 噪声、震动对人体生理机能的影响	(30)
1.9 可燃粉尘的爆炸极限	(30)
1.10 可燃气体的爆炸极限	(35)
1.11 燃烧数据	(48)
1.12 主要粉尘、灰尘的比重表	(53)
1.13 主要粉尘粒度表	(54)
1.14 主要粉尘颗粒的休止角	(56)
1.15 颗粒直径与沉降速度	(58)
1.16 饱和水蒸气压	(59)
1.17 硫酸烟雾的露点温度	(60)
1.18 空气粘度与运动粘度	(60)
1.19 隔热压缩引起的温度上升	(62)
1.20 气体在水里的溶解度	(64)
1.21 活性炭的各种物质的吸附能力	(66)
1.22 各种材料的吸音率和渗透损失	(70)
1.23 保温材料的热导率	(74)
1.24 各种材料的耐腐蚀性	(75)

1.25 单位换算表.....	(81)
第2章 测定	(89)
2.1 气流测定.....	(89)
2.2 压力的测定.....	(89)
2.3 流速、流量测定.....	(90)
2.4 用皮托管测定流量.....	(91)
2.5 飘浮粉尘的测定.....	(95)
2.6 粒度分布的测定.....	(97)
2.7 用于细小颗粒的标准筛比较表.....	(99)
2.8 气体的测定.....	(100)
2.9 噪声的测定.....	(104)
2.10 振动的测定.....	(106)
2.11 温度测定.....	(108)
2.12 测定数据的整理.....	(111)
第3章 集尘装置	(116)
3.1 集尘装置.....	(116)
3.2 气体处理装置与脱臭装置.....	(157)
3.3 空气动力输送装置.....	(165)
3.4 整体换气装置.....	(171)
3.5 空气过滤器.....	(175)
3.6 排风机.....	(178)
3.7 电动机.....	(194)
3.8 吸尘罩.....	(203)
3.9 通风道.....	(216)
3.10 消音装置.....	(232)
3.11 防火、防爆对策.....	(238)
3.12 强度计算基本公式.....	(240)
3.13 局部排气装置的定期检修.....	(244)
3.14 其它节能合理的设备.....	(260)

第一章 数 据

1.1 有害粉尘、尘雾、烟雾允许浓度 (TLV表)

有害粉尘、尘雾、烟雾允许浓度 (TLV表, 摘自日本的有关标准), 见表 1-1。

表 1-1 有害粉尘、尘雾、烟雾允许浓度 (TLV表)

物质名称	允许浓度(mg/m ³)	物质名称	允许浓度(mg/m ³)
4-氨基联苯	—	亚硫酸氢钠	5
艾氏剂	0.25	鸟安定	10
丙烯酰胺	0.3	铝金属及其氧化物	10
叠氮化钠	0.3	石棉 ①铁石棉	0.5条 > 5 μm/ml
锑及其化合物 (以Sb计)	0.5	②温石棉	2条 > 5 μm/ml
三亚甲基三硝基氨	1.5	③青石棉	0.2条 > 5 μm/ml
(旋风炸药)		④其它	2条 > 5 μm/ml
可溶性铝盐类	2	镉及其化合物 (以In计)	0.1
烷基铝化合物 (NOC)	2	EPN	0.5
乙酰水杨酸 (阿斯匹林)	5	钼	1
铝可燃粉末及焊接尘雾	5	杀鼠灵	0.1
沥青尘雾	5	铀 (天然) 化合物	0.2
莠去津	5	硫丹	0.1

续表 1-1

物质名称	允许浓度(mg/m ³)	物质名称	允许浓度(mg/L ³)
异狄氏剂	0.1	金属银	0.1
ANTV (α-萘硫尿素)	0.3	间-二甲苯-α、α'-二胺	0.1
乙硫磷	0.4	铬化合物(可溶性)铬酸盐(以	
氯化联(二)苯(含氯54%)	0.5	Cr计)	0.05
氯化联(二)苯(含氯42%)	1	铬酸盐、某种不溶解盐、铬矿	
氯化锌尘雾	1	石(以Cr计)	0.05
氯化铵尘雾	10	铬酸铅(以Cr计)	0.05
乙二醇(粒状)	10	铬酸锌(以Cr计)	0.05
八氯奈	0.1	铬酸特丁基(以CrO ₃ 计)	0.1
黄磷	0.1	毒死蜱	0.2
油性烟雾(矿物性)	5	益棉磷(乙基谷硫磷)	0.2
镉粉尘及其盐类(以Cd计)	0.05	氯丹	0.5
敌菌丹	0.1	氯蒽烯	0.5
四氢呋喃(呋喃丹)	0.1	氯二苯醚	0.5
氰氨化钙	0.5	铬(Ⅰ)及(Ⅱ)化合物(以	
己内酰胺粉尘	1	Cr计)	0.5
碱金属过硫酸盐(以S ₂ O ₈ 计)	2	铬金属及可溶性铬盐(以Cr计)	0.5
炭黑	3.5	铬铁矿	5
过氧化苯甲酰	5	2-氯-6-(三氯甲基)吡啶	10
克菌丹	5	除草剂粉末	10
甲基基甲酸-1-萘酯(西维因)	5	二氯二甲吡啶酚	10
玻璃纤维和粉尘	10	钴金属、粉尘、尘雾(以Co计)	0.05
可溶性银化合物(以Ag计)	0.01	羰基钴	0.1

续表 1-1

物质名称	允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	允许浓度 (mg/m ³)
四羧基氧钴	0.1	1,3-二氯-5,5-二甲基戊	
煤焦油沥青的挥发性成分(苯可溶物)	0.2	内酰胺	0.2
五硫化磷	1	二硝基-0-甲酚	0.2
可吸入性(天然)硅藻土粉尘	1.5	敌杀磷	0.2
三氧化锑(生产)	—	二氯磷	0.25
三氧化砷(生产)	—	狄氏剂	0.25
氧化镉(生产)	—	双胍	0.5
枯草杆菌蛋白分解酶(蛋白分解酶纯度以100%计)	0.00006	四氧化三锰	1
氧化镉(以Os计)	0.002	草酸	1
氧化镉尘雾(以Cd计)	0.05	旋风炸药(RDX)	1.5
三氧化锑(处理及使用以Sb计)	0.5	二硝基甲苯	1.5
氧化钙	2	氨基胍	2
氧化铁尘雾(以Fe ₂ O ₃ 、Fe计)	5	对苯二酚	2
氧化锌尘雾	5	四乙秋兰姆化二硫	2
氧化硼	10	二溴磷	3
氧化锰尘雾	10	氰化物	5
3,3'-二氯苯	—	3,5-二硝基-0-酰胺	5
地亚农	0.1	钴化合物	5
乙拌磷	0.1	双茂铁(二聚环戊二烯)	10
二磷酸盐	0.1	二苯胺	10
环戊二烯三羰基锰(以Mn计)	0.1	2,6-二叔丁基对甲酚	10
		敌草隆	10
		2,4-二氯苯氧基乙基硫酸碱	10

续表 1-1

物质名称	允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	允许浓度 (mg/m ³)
汞 (烷基化合物, 以Hg计)	0.01	可吸入的滑石 (非纤维) 粉尘	2
汞 (除烷基以外的所有汞化合物, 以Hg计)	0.05	滑石 (纤维性)	2 根 > 5 μm/ml
芳基及无机汞化合物	0.1	碲及其化合物	0.1
氯化锂	0.025	TEDP	0.2
有机锡化物	0.1	DDT	1
马钱子碱	0.15	硫酸亚铁 (可溶性, 以Fe计)	1
氢氧化铯	2	2, 4, 6-三硝基苯 (替) 甲	
氢氧化钾 (苛性钾)	2	硝胺	1.5
氢氧化钠	2	四氯苯	2
锡、氧化锡及其无机化合物	2	2, 4-D	10
氢氧化钙	5	2, 4, 5-T	10
氨基磺酸铵	10	碲化铋	10
硒化合物	0.2	2, 4, 6-三硝基苯酚 (苦	
西维因 (甲基甲酸萘酯)	5	味酸)	0.1
硒涂料	5	毒杀芬	0.5
可溶性铯化物	0.1	2, 4, 6-三硝基甲苯 (TNT)	0.5
钨及其可溶性化合物	1	铜尘雾 (以Cu计)	0.2
不溶性钨化合物 (计W计)	5	三氯苯	5
钼	5	铜粉尘和烟雾 (Cu计)	1
克草猛农药	5	三苯胺	5
4, 4'-丁硫代-双 (6-叔丁基		三环己基氢氧化物	5
间甲酚)	10	β-萘胺	—
		无机铅化合物粉尘 (以Pb计)	0.15

续表 1-1

物质名称	允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	允许浓度 (mg/m ³)
4-硝基联苯	—	呋喃双氢氧化物	5
N-亚硝基二甲胺 (二甲基亚硝基胺)	—	除虫菊粉末	5
可溶镍化物 (以Ni计)	0.1	焦亚硫酸钠	5
尼古丁	0.5	焦磷酸四钠	5
镍金属	1	毒莠定	10
p-硝基苯胺	3	氟醋酸苏打 (1080)	0.05
可溶性铂盐类 (以Pt计)	0.002	丰索磷	0.1
钒粉尘尘雾 (以V ₂ O ₅ 计)	0.05	对间苯二胺	0.1
巴拉塔合成橡胶吸入性粉尘	0.1	苯二酚	0.2
对硫磷	0.1	钒铁合金粉尘	1
可溶性钡化合物 (以Ba计)	0.5	氟化物 (以F计)	2.5
铪	0.5	邻苯二甲酸二丁酯	5
铂金属	1	邻苯二甲酸二乙酯	5
石蜡尘雾	2	邻苯二甲酸二甲酯	5
苦味酸	0.1	邻苯二甲酸二辛酸	5
杀鼠酮	0.1	酚噻嗪	5
磷酸铅 [以Pb ₃ (AsO ₄) ₂ 计]	0.15	间邻苯二甲腈	5
砷及其可溶性化合物 (以As计)	0.2	福美铁	10
PPAH	0.2	联苯胺	—
PCB (含氯42%)	1	苯并 (a) 蒽	—
PCB (含氯54%)	0.5	铍	0.002
醌醇	2	六氯萘	0.2
		七氯	0.5

续表 1-1

物质名称	允许浓度 (mg/m ³)	物质名称	允许浓度 (mg/m ³)
五氯苯	0.5	久效磷	0.25
五氯酚 (PCP)	0.5	木料粉末 (山毛榉类硬木)	1
磷锌矿	0.05	木料粉末 (软质木材)	5
硼酸钠盐 (无水, 5 H ₂ O)	1	可溶性钼化合物 (以Mo计)	5
硼酸钠盐 (10 H ₂ O)	5	不溶性钼化合物 (以Mo计)	10
锰尘雾 (以Mn计)	1	轮胎热分解生成物 (以甲醛计)	0.1
锰及其化合物 (以Mn计)	5	焊接尘雾 (NOC)	5
马拉硫磷	10	磷酸三邻苯酚	0.1
无水硅酸 (非晶质) 粉尘	6	林丹	0.5
无水硅酸 (非晶质)	3	硫化镍 (粉尘、烧结尘雾, 以	
吸入性粉尘	< 5 μm	Ni计)	1
谷硫磷	0.2	磷酸	1
棉花灰尘 (粗棉)	0.2	硫磷	1
甲基环戊二烯基三羰基锰 (以		磷酸三苯酯	3
Mn计)	0.2	可溶性铈盐类 (以Rh计)	0.001
甲基对硫磷	0.2	不溶性铈化合物 (以Rh计)	0.1
甲基内吸磷	0.5	铈金属	1
灭多虫	2.5	反蛇磷	10
甲氧氯	10		

矾土、蚂蚱石、石棉粉尘大小的比较, 见图 1-1。

矿物性粉尘的TLV计算, 如图 1-2 所示。



图 1-1 矾土、蛭石、石棉照片比较

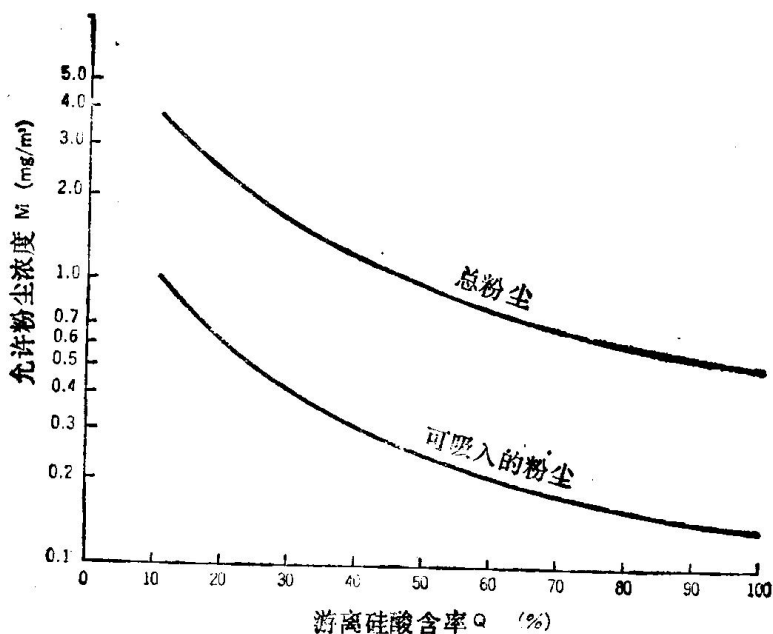


图 1-2 矿物性粉尘的TLV计算图

当矿物性粉尘的TLV游离硅酸含量在10%以上时:

$$\text{可吸入的粉尘 } M = \frac{2.9}{0.22Q + 1} \text{ mg/m}^3$$

$$\text{总粉尘 } M = \frac{12}{0.23Q + 1} \text{ mg/m}^3$$