

第一届全国工业防尘学术会议

论文集

(续)

中国劳动保护科学技术学会工业防尘专业委员会

中国建筑学会暖通空调专业委员会

一九八五年十一月

目 录

一、粉尘测试

①·我国测尘技术发展方向与途径

马鞍山矿山研究院 刘振刚

②·工业除尘的粉尘测试技术的应用

武汉冶金建筑专科学校 梁凤珍

3·微尘和气溶胶采样及粒度分析仪器“WM型级

联撞击器系列”

王玉民

4·单片机化风压、风速仪研究

北京工业大学 曹佩祥等

5·对长周期及个体粉尘采样方法几个问题的建议

马鞍山矿山研究院 刘振刚

康淑慧

6·长周期、常规和个体粉尘采样方法相互关系的研究

马鞍山矿山研究院 康淑慧

刘振刚

二、工厂通风

1·浙江余姚、慈溪手纺石棉工厂的通风防尘

现状与展望

浙江省卫生防疫站 金春来

②·系统工程字在工厂防尘防毒实践中应用的设想

上海市经委 赵国通

3·焚尸炉烟气的净化

上海碳素厂 朱德生

④·蒸汽增湿除尘

石家庄化肥厂 张文源

⑤·马蹄形吸尘罩

广东省劳动卫生职业病研究所 李赞和

三、除尘设备

1·针刺毡滤料的性能与应用

东北工学院 王金波 于纯让 孙熙

2·耐200℃合纤滤料的研制及其工业应用

武安所高温滤料专题组

3·大型袋式除尘自动检漏仪

武安所 蔡铃、许武平

我国测尘技术发展方向与途径

刘振刚

(冶金部马鞍山矿山研究院)

一、粉尘测定技术的发展现状

随着科学技术的发展,粉尘采样和测定方法也不断发展。其分类日趋复杂。无论哪种分类方法,都是以当时技术发展的主要特征为依据。最初分类方法是计数法和计重法两种,都属短时或瞬时采样。六十年代以前,大多数国家采用计数法,只有中国、苏联和捷克等少数国家采用计重法。以后,随着矽肺病理研究的发展,英、美等国家多数学者认为,粉尘重量浓度与矽肺病有直接关系,因此一些国家都逐步采用了计重法。当然计数法仍在一些国家延用,或与计数法并用。

随着应用技术的发展,各种物理原理的快速测尘仪相继问世,并得到应用。以光学、光电、压电晶体和 β 射线为原理的快速测尘仪和方法不胜枚举。这些方法都是间接测定法,在量的转换上还存在各种名称问题,使用范围受到限制。目前除西德外,还没有国家将快速测尘定为标准的测尘方法。

自六十年代以来,随着卫生和流行病学研究的发展,各种呼吸性粉尘采样法和连续粉尘采样法几乎同时发展起来,这是由于具有

重要意义的南非约翰内斯堡国际会议上对粉尘测量提出如下建议：
(1)·从矽肺研究出发，应测量粉尘的质量浓度；(2)·尘肺发病与呼吸性粉尘有直接关系，所测定的呼吸性粉尘由采样效率曲线确定；
(3)·粉尘浓度测量用适当采样周期的粉尘平均浓度表示，例如一个工作班的平均浓度。这些建议，七十年代初期由国际卫生组织通过。目前英美等十几个国家都以连续采样方法，即工班平均环境浓度或工班平均接触浓度的测定方法为标准。

我国测尘技术发展缓慢，只是近几年来才较有起色，但总的来看较为落后，与先进国家差距较大。六十年代开始一直延用至今的滤膜称重法仍是目前主要的测尘方法。近年来快速测尘仪得到一定的发展，以压电晶体和 β 射线为原理的测尘仪已有正式产品。个体采样器和长周期采样器已生产，在采样方法的研究和推广使用方面作了许多工作。呼吸性粉尘或两级粉尘采样器的研制工作也得到很大发展。作业场所粉尘测定方法国家标准已制定完毕，有待颁布。

二、从测尘目的和需要出发确定测尘技术发展方向

(一) 测定粉尘浓度总的目的固然是为改善劳动环境、保护职工身体健康，但具体来分有多种，大致可归纳为以下三个方面：第一，测定生产工人实际接触粉尘浓度，确定粉尘对人体危害程度；第二，定期的环境卫生监测，确定作业环境被粉尘污染程度，以评价作业环境质量；第三，测定粉尘设置附近的环境浓度，以评价防尘技术措施效果。显然，为了达到不同的要求，所采用的测尘仪器和测尘方法是不同的。对同一条件下测定的结果也是不同的。

确定粉尘对人体的危害，以个体采样方法最为适宜。这种把微

型仪器佩带在工人身上、采样头固定在呼吸带附近的全工班连续采样方法，符合工人的接尘条件，反映了时间、空间条件变化对浓度的影响，较确切地表示了接尘工人工班平均接触浓度，较真实地反映了粉尘对人体危害程度。所以个体采样方法是一种先进的、科学的采样方法。目前英、美等十几个国家已采用这种方法，并规定为卫生监督的常规采样方法。我国已有一些单位研制个体采样器，但投产的为数不多。卫生部门曾用这种方法进行流行病学调查研究，冶金系统曾组织进行了大规模试用和采样方法的研究。因此，完善和提高产品质量，使之达到小型、轻便、耐用和廉价的要 求，并制定测定方法无疑是一个重要的发展方向。

确定作业环境被污染的程度较为复杂，其中作业环境的范围就难以确定，作业环境有尘源周围环境和扩散污染环境。一般来说，作业环境指工人为操作或观察和管理生产过程而经常或定时停留的地点，这主要是指尘源周围的环境。如果测定尘源周围的环境浓度，实质上等于测粉尘对人体危害，这不如采用个体采样方法更合适。严格讲，测定粉尘对环境的污染应测定较大范围的污染为合理，所以应该测定扩散污染环境浓度为宜。这种浓度应在距尘源15~20米以外尘源扩散稳定地点测定，而且应测全工班平均浓度。英国的HCB/MRE-113A型采样器就是在回风道距尘源70米处全工班连续测定环境浓度。该仪器被定为英国的标准仪器。日本测定环境浓度是测定生产场所周围粉尘分布的平均浓度。包括工作时平面测定点浓度，工人经常停留的呼吸带浓度和在最高、最低及不产生尘的浓度，共测5~20个点再按公式计算平均浓度。这是适用于采用快速测尘仪的测定方法，我国不宜发展这种方法。如果能采用

个体采样方法测定接触浓度，则环境浓度应测定扩散污染的浓度，并应全工班连续测定。冶金系统曾作过类似方法的试用和研究。这种环境浓度测定方法应受到重视和发展。

确定防尘技术措施效果，显然应测定尘源周围的环境浓度。这种环境浓度应在尘源周围按一定位置多点测定取其平均值，应在作业时间内测定，根据需要，可短时间测定，也可在一个工班连续测定。我国广泛应用的短时定点采样器和目前着手推广的长周期采样器，为这种方法提供了手段。这种测定环境浓度的方法，应继续得到发展。

我国测尘技术长期以来，由于受到科学技术和生产水平限制，在测试仪器和方法方面，既作不到小型轻便，也做不到流量恒定；既作不到连续测定，也作不到长周期采样。只能用一种原理的仪器，采用一种测定方法用于各种目的测定。在粉尘危害领域和范围不断扩大的今天，只采用一种仪器一种方法来评价粉尘危害是远远不够的，应根据不同的测定目的，发展不同的测定技术。

(二) 生产实践的需要是推动测尘技术发展的动力。当前我国哪些部门需要进行粉尘测定呢？这些部门采用哪些测尘技术最为合适呢？

(1) 厂矿企业的常规测定

这是由企业自身或卫生防疫部门定期进行的测定，测定结果按照国家卫生标准统计测点的合格率，作为企业主要指标之一。

一些国家的常规测定规定用个体采样器测接触浓度，另一些国家则测环境浓度。测环境浓度的国家，如前所述，我国、英国和日本对环境浓度的理解和测定方法各不相同。我们认为粉尘测定的根本目的

是消除粉尘对人体的危害，从这一观点出发，采用个体采样器测定接触浓度是不容置疑的。但是通过前一时期冶金企业13个厂矿的试用表明，虽然我国的科学技术和工业水平可以提供符合要求的个体粉尘采样器，但是由于管理水平和工人素质等原因，在短期内推广个体采样方法还有困难。只能作为一种辅助的方法。

我国对现行常规采样方法的规定及对环境浓度定义的理解实际上是由可提供的测定手段决定的。现行仪器笨重，不能连续运行，只好短时定点采样。而测定结果又要求能较好的反映工人实际接触粉尘量，又只好放在尘源附近工人经常活动处的呼吸带高度测定。现行常规采样方法存在一些弊端，短时采样的准确性和代表性较差，带有很大主观随意性，不能真实反映环境浓度，再加之测尘管理问题，使测定值受人为因素影响严重。

长周期采样方法是把我国常规测尘技术向前推进一步的最现实并且也是行之有效的办法。长周期采样方法虽然在测点确定、仪器安放、测尘原理等方面与现行的短时采样方法相同，但它在测定意义、采样仪器、适用范围、采样时间等方面有其特点，一些单位试用表明，这种方法能克服短时采样的弊端，揭示了防尘薄弱环节，反映了工班平均真实浓度，并易于推广使用。冶金系统已作出规定，从86年起，烧结厂、耐火材料厂和选矿厂一律改用长周期采样，并以此统计合格率。

总之，我国常规测尘的发展步骤是：第一步，推广长周期采样；第二步，以长周期采样为主，以专业人员监护仪器的个体采样法为辅；第三步，以工人使用的个体采样法为主，长周期采样法为辅。

(2) 劳动卫生部门的检查测定

劳卫部门测尘的目的，是定期或不定期对企业进行监督检查。这种检测仍着眼于对职工健康的保护。所以，从原则上讲，应测个体接触浓度。由于检查工作由专职人员承担，不存在管理问题，具备采用个体采样方法的条件。但由于个体采样受产生尘条件、接尘条件和气象条件的影响，对一个尘源一名工人多日测定之间差异较大，对一个尘源附近多名工人同时测定之间差异也较大。所以对不定期检测来看，很难得到有代表性的结果。快速测尘用于检测具有一定意义，但几秒钟至几分钟测定值，也存在代表性远远不够的问题。以此来评价防尘效果及制定防尘措施是不适宜的。鉴于这种情况，粉尘检测工作采用长周期采样、测定环境浓度较为合适。长周期方法采样时间长、信息量大、代表性好。最近劳动卫生部门已制定出粉尘危害分级标准，其中粉尘浓度和接尘时间是两个重要因素，所以更有采用长周期方法的必要。

（二）无论上述哪种测定方法，采用呼吸性粉尘采样器或二级采样器无疑是一个重要发展方向，这种仪器测定结果，既能得出总粉尘浓度，也能得出呼吸性粉尘浓度，有利于全面评价粉尘危害，一般来说，它不涉及到采样方法的一系列问题，只要仪器研制成功即可使用。但是由于国内尚未制定出呼吸性粉尘允许浓度标准，无法对测定结果评价，所以目前还不能被大量采用。但是研制、生产和发展这类仪器是十分必要的。

从粉尘对人体危害的观点来看，快速测尘由于采样时间短，取得的信息量少，使用范围受到一定限制，对企业常规测定和劳卫部门检查测定都不很适合。但是对标定除尘装置效果，掌握粉尘变化规律，从事粉尘方面的科学研究，具有重要意义。西德和日本快速

测尘之所以能发展起来，是由于有其本国的特定条件，我国不具备这些条件。快速测尘的发展方向是用于连续监测方面。由于连续监测，直接显示浓度，采用过滤计重原理是无法实现的，必须采用快速测尘原理。

对大型企业，高自动化企业和粉尘危害严重企业，采用连续监测方法是非常必要的。它能及时获得大量的浓度信息量，既可显示瞬时浓度（15~30秒显示一次），又能显示累积平均浓度。如果配置计算机，可进行储存和各种浓度的运算。为采集浓度变动规律提供了科学手段，为防尘管理提供了方便，为防尘措施选取提供了准确可靠资料。当然，由于仪器昂贵，不可能在应测点普遍采用，可在关键性测点采用。

三、发展测尘技术的重要环节——标准化

标准化是技术发展和成熟的标志，也是促进技术发展的手段。为使我国测尘技术能较快的向前发展，当前必须抓好标准化工作。测尘技术标准化包括以下五个方面的内容。

(1) 确定标准仪器

据统计，目前全国研制测尘仪的单位有十多个，生产单位有二十多家，产品品种有三十多种。产品总的来看质量不高。从使用上，耐用、轻便和噪声还不同程度地存在问题。从结构上看，在流量计准确性、稳定性和气路和采样头的气密性等方面相互之间存在差别。有人曾作过测定，国内两种广泛应用的采样器，在同一地点，同一条件平行采样，结果相差很大。所以应按类型规定出几种标准仪器，其它仪器都要和标准仪器进行对比，各项指标在规定误差范围内，

才能被确认和投产。标准仪器应能达到原理过关，参数优良、性能稳定，质量优秀要求。标准仪器的确定，应在实践中选取，在有关部门的领导和委托下，由研究单位和生产厂家共同完成这项工作。

(2) 制定方法标准

方法标准就是测定规程。方法标准中仪器部分是核心，方法是由仪器决定的。有什么样的仪器，才能制定什么规程。方法标准要做到具有先进性和实用性，它不仅是开展测定工作的具体实施办法和依据，也为仪器的研制、生产提出了方向和要求。

构成一种新方法的仪器研制成功，并通过工业性试验确认可投入使用后，即应制定相应的方法标准。有了方法标准，这种方法才能推广，这种仪器才能被采用。可以先制定一定范围的或部颁标准，待成熟后再纳入国家标准。目前我国正制定全国统一的短时定点采样方法的标准，也应对个体采样法，长周期采样法，呼吸性粉尘采样法制定相应的标准。

(3) 制定允许浓度标准

允许浓度标准是制定方法标准的依据，是对测定结果评价的依据，也是使用和推广仪器的先决条件。已颁布的《工业企业设计卫生标准》实际上是与短时定点采样方法相适应的。目前出现的许多新仪器和新方法，如呼吸性粉尘采样法，个体采样法，长周期采样法等都需要制定与之相适应的允许浓度标准。事实上，由于允许浓度标准制定工作的落后，已影响新仪器和新方法的采用，呼吸性粉尘采样器就是一例。所以制定允许浓度标准是当务之急。对于现行最高允许浓度标准，由于对矽尘只分两级，既不合理又不科学，也应迅速修订。至于制定和修订的方法，固然要遵循一定的程序进行。

但我们认为，可参照国外经验和国内实际情况，先确定出来试行，再通过一段实践和劳卫部门积累一定资料后，再正式颁布实行。

(4) 确定呼吸性粉尘粒径界限标准

呼吸性粉尘的粒径界限究竟是多少？国外看法尚不一致，但各国都有明确的规定，有5微米以下，7微米以下，10微米以下，15微米以下之分。对呼吸性粉尘采样器，需要确定分离特性曲线，目前气溶胶研究工作逐步扩大，呼吸性或两级粉尘采样器通过鉴定并投产的已有数种，但由于没有统一的呼吸性粉尘粒径界限标准，各种仪器分离特性不同，因而造成混乱和停滞。粒径标准的确定将会促进粉尘分级工作和分离技术的开展，推动分级采样器的研制。呼吸性粉尘粒径界限从学术上看很难取得一致的意见，但可以暂时规定一个界限，以便统一所涉及的各项工作的。这项任务应尽快完成。

(5) 规定标准粉尘

所谓标准粉尘就是试验粉尘标准化。日本和美国都早有规定。对测尘仪器标定，特别是呼吸性粉尘仪器的标定所用的粉尘种类和粒度有统一的规定，才能得到确切的数据，相互之间才能进行对比。当然标准粉尘还有其它方面许多用途。目前国内生产的各类测尘仪器标定方法各异，试验粉尘各异，很难对仪器作出确切的评价和比较。规定标准粉尘后，对仪器标定的统一性和准确性的提高有重要意义。目前我国已有单位开展了这方面工作，应创造条件，将各家工作组织协调起来，以推动试验粉尘标准化工作的开展。

《参考文献》

略

工业除尘的粉尘测试技术及应用

梁凤珍

(武汉冶金建筑专科学校)

工业除尘的任务是正确的设计除尘系统,将含尘气流中的粉尘有效地分离出来,而正确选用粉尘和气体参数是除尘系统设计合理和运行可靠的重要条件。工业除尘中的粉尘性质主要有粉尘的分散度、密度、粘性、电性及湿润性等。

粉尘的分散度是计算除尘器分级效率的依据。其测试方法有沉降法、光透过法及电导法等,移液管法是使粉尘分散到液体介质中令其自然沉降。介质中的尘粒将按 Stokes 公式 $d = \left[\frac{18 \eta t}{g(P_p - P_w)} \right]^{\frac{1}{2}}$ 进行沉降。测试过程中,只要在适当的时间间隔内,从一定深度取出一定量的悬浊液,将其烘干称重,便可求得粉尘的分散度。简单的仪器装置和容易掌握的操作程序,使这一方法在工厂、学校和科研单位易于推广。但操作烦琐和测定费时又使它不能满足工业除尘的需要。当前,许多根据尘粒沉降原理

制成的自动供液粉尘分散度测定仪，将逐步取代移液管法。

沉降天平以自动称量、记录沉降曲线代替了移液管法的烦琐操作。我国在五十年代都使用由西德和日本引进的 *Imhoff* 型和 *SA—II* 型沉降天平。七十年代中，上海和湘西天平厂成功地仿制了颗粒自动记录仪。其中湘西厂生产的 *KCT* 型颗粒自动记录仪（沉降天平）可测粒径范围为 $1 \sim 150 \mu\text{m}$ ，现已成为我国科研、教育等部门常用的测试仪。日本的 *SKC* 型颗粒仪，用离心方法强制尘粒在液体介质中加速沉降，然后用光透过法测量试样的颗粒分布。这种仪器完全用电子计算机操作控制。测试时，只要将试样送进后就能在电传打字机上取得测定结果，它大大地提高了样品分析的速度和准确性，可称得上是测量粒径分布的理想仪器。但它的使用范围受粉尘颜色的局限，它不适用于白色透明粉尘的测量，同时它的价格昂贵，难于普遍推广。用离心方法强制粉尘在气体介质中加速沉降，然后进行逐级分离测定的 *Bahco* 分级器，已由承德仪表厂仿制而成，并在国内普遍推广使用。它可将粉尘粒径由 $3\text{--}70 \mu\text{m}$ 分成八个粒级组。特别适用于作除尘器试验粉尘的分级测定。七十年代末北京市环境监测站等单位引进英国库尔特粒度计，利用电导法原理以检查大气飘尘的颗粒组成。八十年代初湘西仪器总厂仿制成功了 *KF—9* 颗粒分析仪，它是利用尘粒随电解液通过小孔口

引起电阻变化而形成电压脉冲，并根据脉冲高度与所通过尘粒直径成线性关系进行粉尘分级测定的。这种仪器有带自动输出电打

结果和从激光屏上读取读数两种，用它测定粉尘的粒径分布所需尘样少，分析速度快。适用于除尘器排出的微细双冲击式采样分析和大气飘尘分析。

由于不同方法和仪器测量粉尘粒径分布的原理不同，所测得的粒径的含义也不相同。例如沉降法测得 Stokes 直径，光透过法测得表面积径，而电导法测得体积相当径。如果试样为非球形粒子，各种方法所测结果就会不一致，甚至差别很大。需要用不同方法通过对同类粉尘进行测定，并根据对测定结果的分布曲线进行数学的分析归纳，找出它们之间的相关系数，才能对测定结果进行比较。这一工作对评价除尘器和分析试验粉尘是很重要的。在目前未有国家或部颁测试标准的情况下，需要对粉尘的粒径分布基准，规定一种其测定原理与除尘机理相接近的测试方法。以粒子在测试时的运动状态分析，最合适的是测 Stokes 直径的方法。以 Stokes 直径为基准，找出各种方法测试结果与 Stokes 直径的关系。然后换算成

Stokes 直径，只有这样，才能互相进行对比。

单位粉尘体积所含粉尘质量是粉尘的密度。粉尘质量用一般分析天平称量。而测量粉尘体积则比称量质量要麻烦得多。由于粉尘松体积包含了尘粒的材料体积、尘粒在生成过程中形成的闭孔体积（一般在燃烧和其他化学过程产生的尘粒才有闭孔）和开孔体积，以及尘粒间的空隙体积，所以，粉尘密度有真密度和堆积密度（表观密度）之

分。真密度是指单位尘粒材料体积的粉尘质量，而堆积密度则指单位粉尘松体积的粉尘质量。日、美等国家测定粉尘真密度用标准协会规定的统一方法。我国工业除尘中用比重瓶法，采用抽真空排出粉尘中的空气来测量尘粒的材料体积。目前国内生产的比重瓶规格有 25ml 和 50ml 两种。经较长时期使用试验证明，测试时用 50ml 比重瓶比用 25ml 比重瓶容易达到测试精度要求（平行样品中两值之差与两值算术平均值之比小于 2%）。由于粉尘真密度是除尘器选型依据，其测量结果是否正确直接关系到除尘器的选型。因此，建议在测量工业粉尘的真密度时，采用 50ml 容积的比重瓶较为合适。

测量粉尘的堆积密度。日美和苏联等国的标准是用等容积称量法。国内曾有资料介绍用等量粉尘测容积法。经试验证明，后一种方法不能成功地测量出粉尘的松体积，因 U 形管中粉尘上部的水银总比粉尘重，造成粉尘体积被压缩。因而这种方法未见使用推广。等容积称量法（图 1）是将 120ml（或 150ml）的粉尘使其通过标准漏斗（孔径 $\phi 12.7$ 斗锥度 $60^\circ \pm 30'$ ），自 115 mm 的高度落到容积为 100ml 的量筒中（量筒内径 $\phi 39$ mm，高 83.7mm），然后称取该量筒中的粉尘质量。粉尘的堆积密度可由下式算出：

$$\rho_0 = \frac{(M_1 + M_2 + M_3) / 3}{100} \quad \text{g/cm}^3 \quad (1)$$