

第四章 大气质量控制

Robert A. Corbitt*

大气质量控制的涉及面很广。可以是改善一个小区内的大气污染问题，例如由某工厂少数几个排放源所造成的污染；也可以扩展到很大的区域，如整个城市范围内由众多污染源和污染物所形成的复杂污染情况。

大气污染指的是当大气中的某种或某些污染物含量超过一定数量时，对人体或自然环境所造成的损害现象。大气污染物从形态上可分为固体微粒、气体和气溶胶，包括尘、烟、雾和气态污染物等。初级气态大气污染物有一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和硫氧化物^[1,2,3]。

气候和地形因素对大气污染在特定地区的发生和持续影响很大。如逆温将阻止污染物向高空扩散；而风速很低时，将导致污染物聚集在排放源附近，难以被及时排走。而且各地区地形特征的不同，使污染物的流动模式也相差迥异。

大气污染源从形态上可分为静止型、移动型、飘散型。静止型大气污染源常常被看作为点污染源，如工业烟囱排放；移动型大气污染源主要与交通车辆有关，如汽车尾气排放；飘散型大气污染源则难以控制，例如风吹过堆积物时所产生的扬尘。

环境工程师的职责在于控制大气污染物中的颗粒物及有害气体，并应首先考虑对污染源头的治理。在这些工作中，对于颗粒物的治理，可采用沉降室、惯性分离器、湿式除尘器、纤维过滤器等装置；对于有害气体，可采用吸收、吸附、浓缩、燃烧、焚化等方法来净化。此外，大气污染治理还涉及其他方面，如酸雨问题、飘散型排放、臭气控制、室内空气质量、降低噪声等等。

大气污染物：来源及其影响

判断一种物质是否为大气污染物的标准为：当其出现或浓度增加到一定程度后就会产生有毒有害影响。表 4.1 列出了未受污染的干空气成分及其浓度。

表 4.1 干空气成分

成分	浓度, ppm	成分	浓度, ppm
氮气	780 800	氦	1.0
氧气	209 500	一氧化二氮	0.5
氩	9 300	氢气	0.5
二氧化碳	315	氙	0.08
氟	18	二氧化氮	0.02
氪	5.2	臭氧	0.01
甲烷	1.0		

* Harold J. Rafson 为本章内容的编写提供了大力帮助。

如前所述,大气污染源可分为静止型、移动型和飘散型。对于其中的移动型污染源,主要来自于交通车辆,如汽车尾气污染,本书不作讨论。本章主要对静止型污染源、飘散型污染源以及与大气相关的臭气、室内空气质量和噪声污染进行详细讨论。对这些内容的讨论,分别从发生源、危害作用、污染物控制等方面进行展开。

大气污染物的危害作用可以表现为单一的危害作用,也可以是与其他污染物在大气中经过复杂反应后才体现出来。

大气污染源

大气污染物来自于众多污染源所产生的具有不同相态的化学物质。本节首先对初级大气污染物的特征进行说明,然后讨论其主要来源。初级污染物指的是直接排入大气的污染物。在某些情况下,初级污染物在大气环境中通过化学反应可以产生次级大气污染物。

一氧化碳 一氧化碳为无色、无味气体,来源于含碳燃料的不完全燃烧。影响其排放浓度的因素为燃料在燃烧室中的停留时间、燃烧室中的气流湍流情况、火焰温度、氧气含量等。

到目前为止,由汽车内燃机排放的一氧化碳占了总量的绝大部分,而由其他燃烧设备及工厂生产过程所排放的一氧化碳就相对少得多。

在燃烧过程中伴随着一氧化碳所产生的气体排放物为二氧化碳,二氧化碳也可由一氧化碳在大气中缓慢氧化生成,从而成为次级污染物。

碳氢化合物 由碳和氢所组成的碳氢初级污染物包括芳香烃、烯烃、脂肪烃等,来源于石油及石化产品的生产与使用过程中。当碳氢化合物中的氢被氧、卤素或其他的基团取代后,会产生醛类、酮类、有机酸等次级污染物。

与一氧化碳的产生相似,碳氢化合物也主要由汽车中的燃油燃烧所产生。此外,在石油加工、用作溶剂、与石化产品相关的工业生产及商业消费过程中,都会产生碳氢化合物污染排放。

铅 与其他有毒重金属不同,铅在世界上的分布很广,所以它有许多可能途径通过呼吸或摄入而进入人体。在临近铅污染源的地方及稠密的居民地,铅的潜在危害作用很大。

以前,汽油中的四乙基铅添加剂是铅排放的主要来源。在美国随着控制法规的执行,已经使四乙基铅的排放大为减少。铅的静止型污染源主要为在采矿、熔炼、废弃物焚烧、钢铁生产、烷基铅生产、蓄电池生产等场合所产生的飘散型排放。

氮氧化物 氮氧化物有多种形式,其中最主要的空气污染物是一氧化氮和二氧化氮。一氧化氮是初级污染物,在高温空气燃烧过程中由氮和氧结合而生成。一氧化氮在光照作用下,与空气中的氧气反应生成次级污染物二氧化氮。

氮氧化物主要是在燃料燃烧过程中产生的,其生成量与氮气和氧气的浓度、反应时间、燃烧温度有关。化工生产过程是造成当地氮氧化物排放的另一个重要来源。

臭氧 臭氧作为主要的光化学氧化物,是由碳氢化合物和氮氧化物等污染物在光照作用下反应生成的。此外,臭氧的生成还与这些污染物的扩散和传输过程有关。

颗粒物 颗粒物主要指由有机或无机化合物所形成的固体或液体物质,这些物质的粒径很小,在空气中形成悬浮的飘散型污染。颗粒物可以由单一物质组成,也可能是混合物。在排放过程中,可能随其他气态污染物一同排出,也可能是单独排放的。

通常根据颗粒大小将其分类。例如,直径小于 $1\mu\text{m}$ 的颗粒物多产生于凝结或燃烧过程,

直径大于 $10\mu\text{m}$ 的大颗粒多产生于风力侵蚀、研磨、喷射等物理过程，而直径在 $1\sim 10\mu\text{m}$ 之间的颗粒多来源于漂浮尘粒、加工过程中产生的烟尘、燃烧产物等。

硫氧化物 作为大气污染物的硫氧化物主要为二氧化硫和三氧化硫，其中二氧化硫占主要部分。产生二者的初级污染源是燃烧过程：燃料中的硫与空气中的氧气在燃烧反应中生成硫氧化物，硫氧化物污染的产生尤其以煤燃烧过程最为严重。由硫氧化物所导致的最主要的次级污染物是硫酸。

大气污染物的危害作用

大气污染物的危害作用一般指对人体、农作物、材料、有时也考虑能见度等方面的影响。为了控制这些污染，在美国，环境保护署（EPA）制定并执行了污染物排放标准和大气质量标准（见第三章）。下面对大气污染物的危害进行讨论。

一氧化碳 一氧化碳的危害作用主要是针对人和动物，植物对一氧化碳相对不敏感，一氧化碳对其他方面的危害作用也不明显。

一氧化碳被人体吸入肺后，会减少血液的输氧能力，从而减少给机体组织提供的氧量。随着一氧化碳浓度及吸入时间的不同，会出现心理紧张、动作不协调、视觉偏差、时间判断障碍等症状。

碳氢化合物 碳氢化合物的危害作用与其组成及衍生物有关，一般来讲，碳氢化合物被认为是产生光化学烟雾的主要来源。与其相关的危害作用为刺激眼睛、会对敏感植物造成损害、降低视力等。

铅 当铅浓度高并长时间接触后，其危害作用要高于其他大气污染物，呼吸是人体接触铅的主要途径，还有一些其他方式，可使人体吸收铅。铅会对人体的组织、细胞及亚细胞产生影响，当血液中铅含量增高后，会导致贫血、认知缺陷、神经末梢损伤、脑部损伤等症状。

氮氧化物 氮氧化物通常指的是 NO 、 NO_2 、 NO_x ，其中以 NO_2 的危害作用最大。例如， NO_2 能吸收所有可见光线中的能量，因此即使在无颗粒物的情况下，也会降低能见度。

NO_2 还导致呼吸系统功能紊乱，其危害程度与浓度、接触时间和人群众体质等有关。 NO_2 对材料的危害作用包括使某些染料褪色、使纤维质量降低、造成金属腐蚀。当过多接触后， NO_2 也会对植物的叶产生损害。

臭氧 臭氧的危害作用很广泛，它是一种强氧化剂，因此对人体、植物、材料都会产生危害作用，危害程度与其浓度和接触时间有关。

颗粒物 颗粒物的危害作用是很明显的：它会降低能见度、刺激眼睛、使衣物污损等。颗粒物与其他污染物相互作用后所产生的危害作用还不明显，已知的例子有：在颗粒物存在的情况下，硫氧化物的危害作用就会上升，而且人体吸入了颗粒物后，会使呼吸系统疾病增加。

硫氧化物 有颗粒物存在时，硫氧化物的危害作用会显著增加。人们通过研究发现，硫氧化物的危害作用表现在使呼吸系统失调、视力下降、腐蚀材料、对某些敏感植物产生较大危害等方面。

另一个为人所关注的问题是，当硫氧化物与大气中的水接触后会形成酸雨。若酸雨的 pH 值小于 2，则其流经河流与湖泊后，不仅会毒死鱼类，还会使所流经的水域因酸性过强而无法养殖。对于欧洲和北美诸国，不仅要控制大气污染，还要解决酸雨流过国境后所引发的政治问题。

污染源表征

表征一个污染源要从确定污染源位置开始, 并进行一系列的相关测试。污染源的量化表征是一个采样、测量的过程, 在某些情况下还需要对周围大气进行监测。下面的讨论所针对的多是工厂情况^[4], 当然其中很多内容也适用于其他场合, 例如固体废弃物焚烧炉等。

污染源排放检查

表征来自工业设备的大气污染源的第一步是排放检查, 其中包括污染源定位、对所有的气体污染组分进行量化分析等工作。

污染源定位 污染源定位工作要从检查工业设备的生产流程图和有关数据开始, 并在设备的实际运行过程中, 对这些数据进行验证, 以保证数据的准确性。

生产流程图 设备的设计图或存档图纸有助于确定污染源位置。一个典型的生产流程图可以清晰地说明有关生产原料投放、各环节的生产特性等信息, 这样便于对污染排放进行量化分析。图 4.1 列出了一个简单、典型的生产流程中的各个元素。

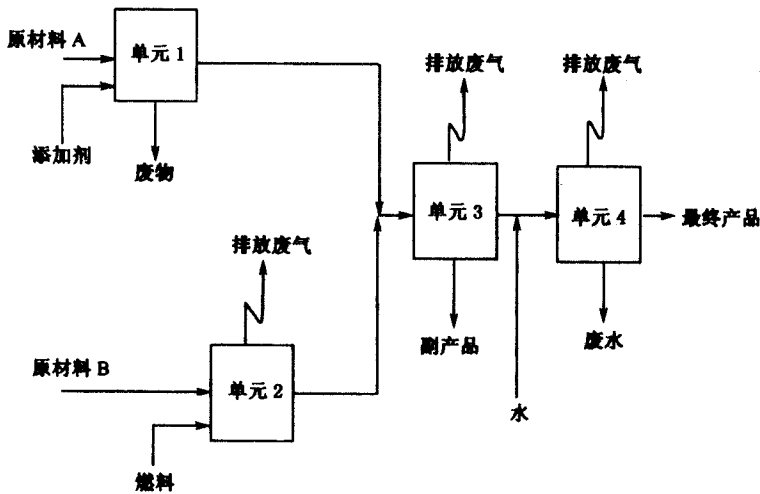


图 4.1 工艺流程示意图

生产设备的设计开发报告、适用场合说明、使用历史、排放记录（包括相似设备的）等有关数据都有助于确定污染源。

在这个阶段的排放检查中, 要对与生产过程和污染控制有关的测试数据进行总结, 并建立合理的数据分析系统^[4]。

设备运行监测 有了上述资料后, 就可着手进行设备运行中的测试工作, 以验证已有数据的正确性, 并取得新的数据, 为设计污染控制装置提供数据基础（见表 4.2）。这些工作要在公正测试的基础上完成, 以保证所得数据的准确性。

表 4.2 设计排放控制装置所需的工厂监测数据^[4]

场地特征	生产过程特征
1. 环境条件, 如周围温度、风力模式	1. 现有排放控制装置的处理能力
2. 对居民区、公共场合等易感地区的接近程度	2. 污染物、污染物副产品和废弃物的回收与再利用情况
3. 能否提供水和电力	3. 污染排放标准的现状和发展趋势
4. 有无固体废物和废水处理装置	4. 原材料和使用添加剂的变化趋势
5. 物理限制因素, 如房屋顶的承载和空间	5. 开机与停机频率
	6. 工厂扩展计划

完成工厂检测工作以获得充分的、精确的信息是另一项很重要的工作, 所获得的数据对今后建立合理的测试程序来说是必须的。

污染物量化测量 根据历史记录数据和在实际设备运行中的测量数据, 可以完成工厂排放整改计划中的排放检查。

整改计划 为了有效地实施排放控制技术, 实现整改要求, 需要对污染源进行细致测试。这样做, 还能为今后更进一步的整改工作提供参考数据。整改计划的步骤示于图 4.2 中^[5]。

量化测量过程 污染源排放检查应综合考虑以前的排放测量记录和正在进行的监测记录所获得的监测结果和新数据。这个过程包括了如下方面: 对适用场合和设计数据的考察, 对燃料和原材料使用的分析, 对物质平衡的计算, 对文献^[6]中的预计排放因子的应用情况, 对污染源进行新的测试等等。

大气排放测量

工厂排放物的测量将与其他工作的开展提供数据基础, 如新型排放控制装置的设计、现有装置的效果分析、与排放标准之间的符合程度计算、产品及副产品排放的流失量计算等等。这个过程包括采样和测试阶段以及进行物理、化学性能测量。

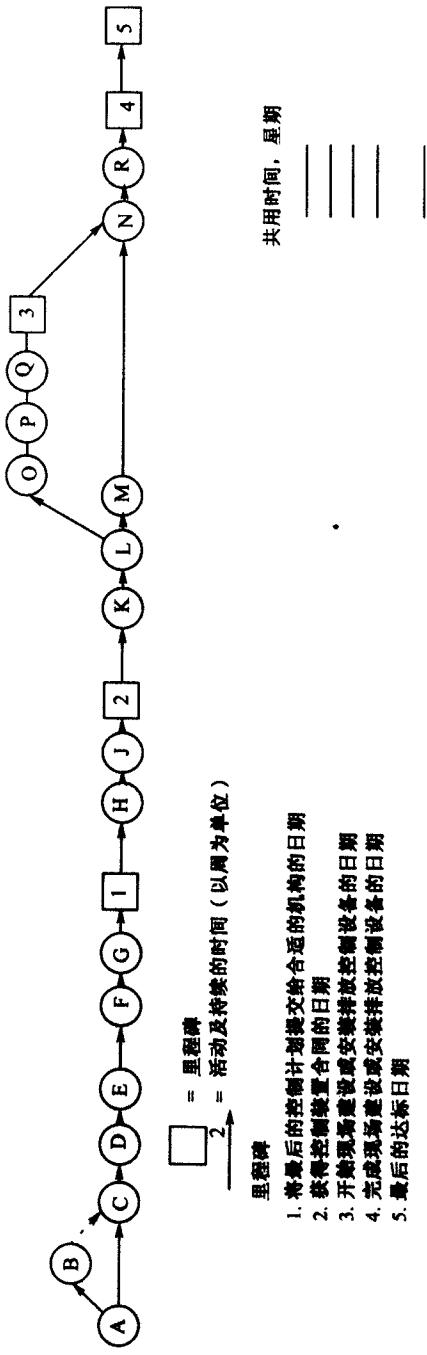
排放测试 规划和实施排放测试工作是从制定测试程序开始的, 包括对采样点的要求, 最后要确定测试方法步骤。

制定测试程序 第一步是要确定测试工作的参加者, 并协调好他们之间的关系。参加者一般来讲要包括有工厂设备操作人员、污染控制人员、测试小组、标准执行机构人员。这个整体的目的就是测试程序在总体上达成一致, 并对测试过程的各个方面进行讨论。

根据排放标准要求、排放整改计划要求、在排放检查中的发现, 形成书面的测试程序, 其内容包括采样点的位置、要测量的参数、测试期间的设备运行状况。

采样点要求 除了确定要测量的污染物外, 就采样要求而言, 必须找到最佳的、有代表性的采样点, 以便于对测试结果进行分析。在布置采样系统时, 采样位置、工作平台、电源提供等方面是需要首先考虑的方面。在图 4.3 中, 以英制单位示意出对排气进行采样的要求。

排放测量 为了标准化采样过程, EPA 颁布了一套针对大多数污染物的采样方法标准, 这些方法见表 4.3。下面对所选的测试方法进行重点说明。



- 任务
- K-L 装配图的审核及通过
 - L-M 厂商准备分段装配图
 - M-N 分段装配控制装置
 - L-O 准备工程图
 - O-P 建设投标
 - P-Q 评估建设投标
 - Q-3 建设合同决标
 - 3-N 现场建设
 - N-R 安装控制装置
 - R-4 完成建设 (系统联结)
 - 4-5 启动, 试运行及源测试

图 4.2 整改计划流程图^[4]

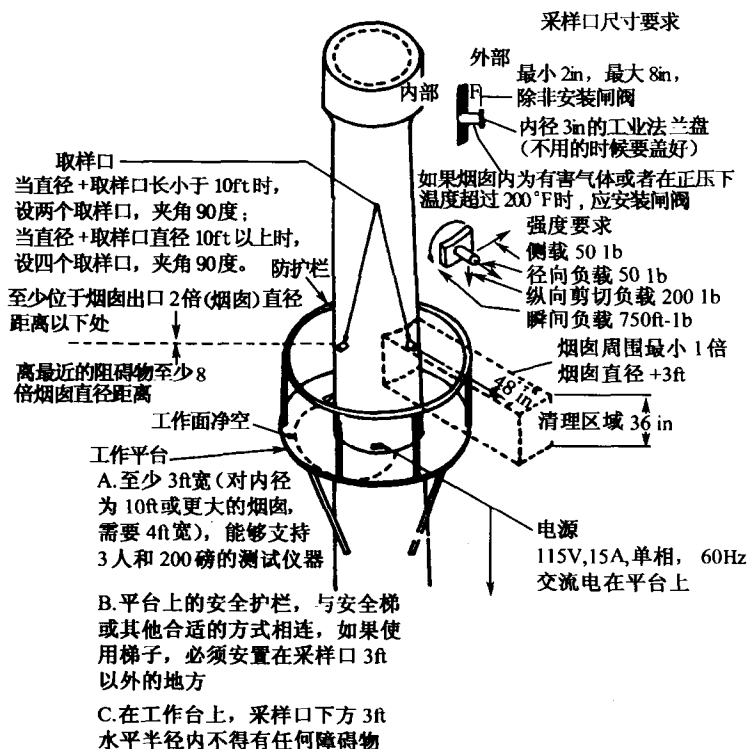


图 4.3 典型的采样点设备^[4]

表 4.3 采样参考方法^[7]

方法 1——对于静止排放源的采样和速度测量	方法 6A——测量石油燃料燃烧中释放的二氧化硫、二氧化碳和湿气
方法 2——测量烟道气流速度和体积流量 (S 型皮托管)	方法 6B——测量在石油燃料燃烧中二氧化硫、一氧化碳的日平均释放量
方法 2A——通过管道气体体积和烟尘的直接测量	方法 6C——仪器测量静止污染源释放的二氧化硫
方法 2B——汽油焚烧炉排气体积的流量确定	方法 7——静止排放源中氮氧化物的测量
方法 3——对二氧化碳、氧气、过量空气和干分子量的气体分析	方法 7A——静止排放源中氮氧化物的测量
方法 3A——对静止排放源中氧气和二氧化碳的测量 (仪器测量)	方法 7B——采用紫外光谱法测量静止排放源中的氮氧化物 (紫外光谱法)
方法 4——烟气中湿气体的测量	方法 7C——静止排放源中氮氧化物的测量
方法 5——静止排放源中颗粒物的测量	方法 7D——静止排放源中氮氧化物的测量
方法 5A——对沥青加工和沥青施工中的颗粒物测量	方法 7E——仪器测量静止排放源中的氮氧化物仪器分析步骤
方法 5B——静止污染源中非硫酸盐颗粒物的测量	方法 8——静止排放源中硫酸雾和二氧化硫的测量
方法 5D——测量正压式纤维过滤器排出的颗粒物	方法 9——静止排放源中颗粒物的透光性测量
方法 5E——纤维玻璃棉隔热材料制造厂排出的颗粒物测量	方法 10——静止排放源中一氧化碳的测量
方法 5F——静止排放源中非硫酸盐颗粒物的测量	
方法 6——静止排放源中硫氧化物的测量	

方法 10A——在石油精炼厂中连续测量一氧化碳排放	方法 21——挥发性有机物泄漏的测量
方法 11——测量石油精炼厂燃气中的硫化氢	方法 22——颗粒物与飘散烟气的测量
方法 12——静止排放源中无机铅的测量	方法 24——涂层中的挥发物、水气、密度、固体体积和重量的测量
方法 13A——静止排放源中氯化物的测量 (SPADNS 钼池法)	方法 24A——印刷墨及相关涂层材料中的挥发物和密度的测量
方法 13B——静止排放源中氯化物的测量 (离子电极法)	方法 25——非甲烷的有机气体测量
方法 14——铝加工厂电解车间中氯化物的测量	方法 25A——用火焰离子法对有机气体浓度的测量
方法 15——静止排放源中硫化氢、硫羰酰、二硫化碳的测量	方法 25B——用非扩散红外法对有机气体浓度的测量
方法 15A——石油精炼厂硫回收车间中硫的测量	方法 27——通过用真空压力试验, 测量石油运输罐的密闭性
方法 16——静止排放源中硫的半连续测量	附录 B——规范
方法 16A——静止排放源中总还原硫的测量碰撞技术	规范 1——采用大气投射仪对烟道排放能见度进行连续监测的测试过程与规范
方法 16B——静止排放源中总还原硫的测量	规范 2——对静止排放源中二氧化硫和氮氧化物进行连续监测的测试过程与规范
方法 17——静止排放源中颗粒物的测量 (过滤法)	规范 3——对静止排放源中氧气和二氧化碳进行连续监测的测试过程与规范
方法 18——有机气体成分的色谱法测量	
方法 19——二氧化硫净化率和颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放率的测量	
方法 20——固定式气体透平装置排气中氮氧化物、二氧化硫、氧气的测量	

速度 参考方法 2 用来测量气流的流速和体积流量。通过等间距地布置测量点, 来测量速度和温度, 测试系统见图 4.4。

湿气成分 参考方法 4 描述了测量气流中湿气成分的过程。图 4.5 表示了采样方法, 当有液滴存在时, 这个方法并不适用。

当排放气流中有液滴时, 可在排气中几个位置测得平均温度, 假设此时气流已处于饱和状态, 就可通过湿度表或饱和气压表确定湿气成分。

颗粒物 在参考方法 5 中, 通过将 120℃ 的颗粒物收集在过滤介质上来对颗粒物进行测量。在其他特殊场合下, 也有相应的测量参考方法。此外, 不同管理机构所规定的采样系统也不一样。

对颗粒物的采样应在排气中几个指定的位置进行, 以全面表示颗粒物在气流中的分布情况。图 4.6 中示出了最常用的采样设备。此外, 采样点的选择, 应能迅速反应出颗粒物的浓度变化。图 4.7 中示出了常见的问题。

硫氧化物 图 4.8 示出了采用参考方法 6 的采样过程, 该方法适用于除硫酸厂以外, 对所有静止型污染源中二氧化硫的测量。

对二氧化硫的采样, 只需在排放口的中心或在至少距离内壁 1 m 处选择一点就可以。此外, 必须以等速抽气采样, 这就需要有调节装置, 以免排放气流流速变动所带来的干扰。

连续排放监测 连续排放监测 (CEM) 包括两步: 选择具有代表性的采样点, 对采样气体进行分析。连续排放监测的种类有:

- 提取监测方法: 从现场抽取样气, 进行处理、分析。
- 现场监测方法: 应用分析仪器对现场的排放气流进行监测。

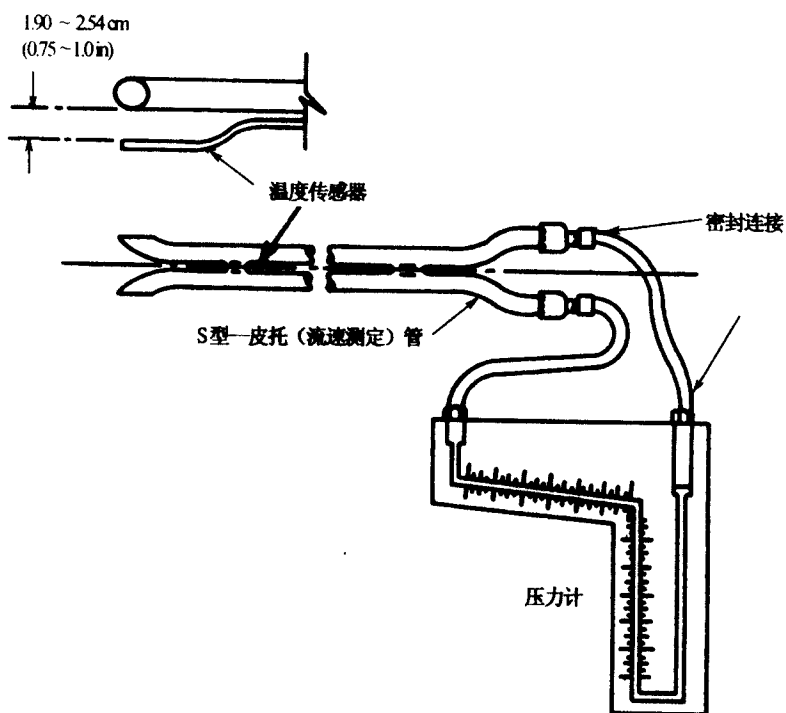


图 4.4 流速测量系统^[4,7]

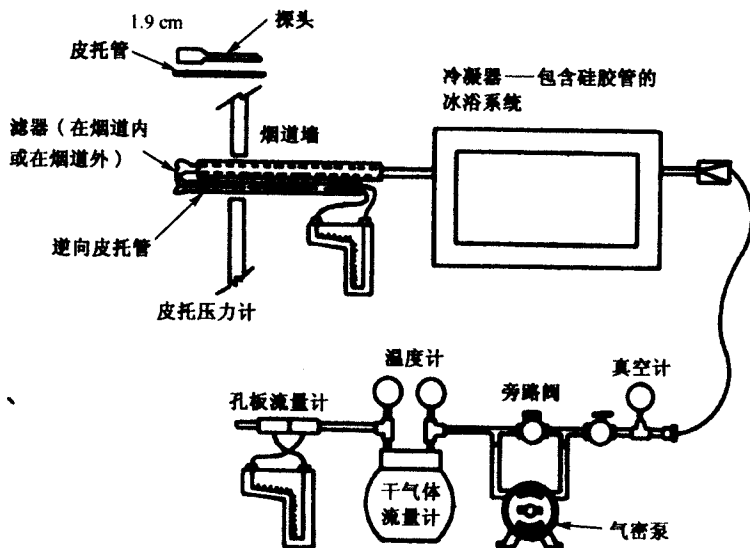


图 4.5 湿气采样示意图^[4,7]

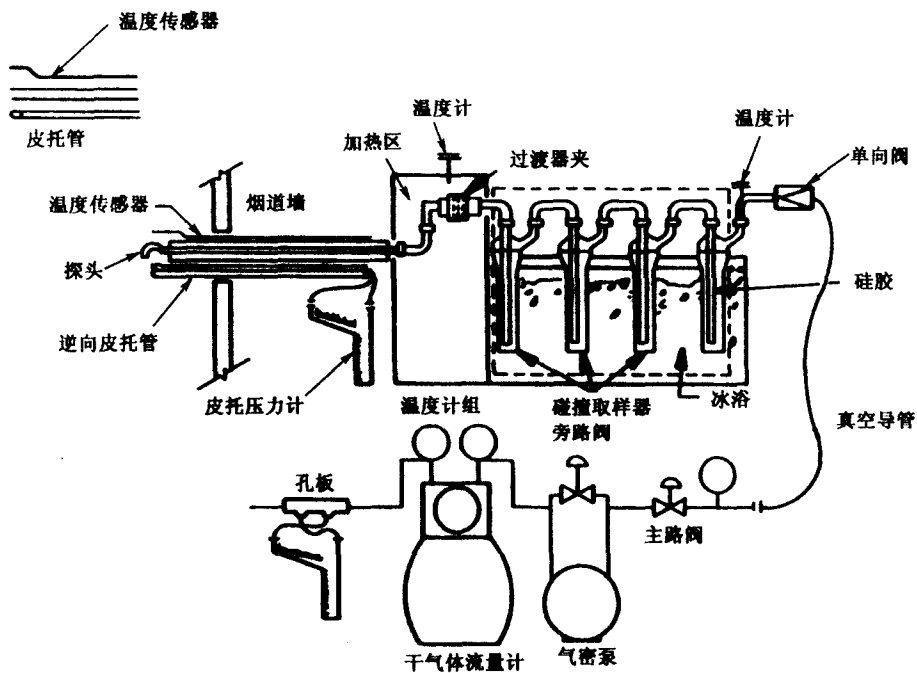


图 4.6 颗粒物采样示意图^[4,7]

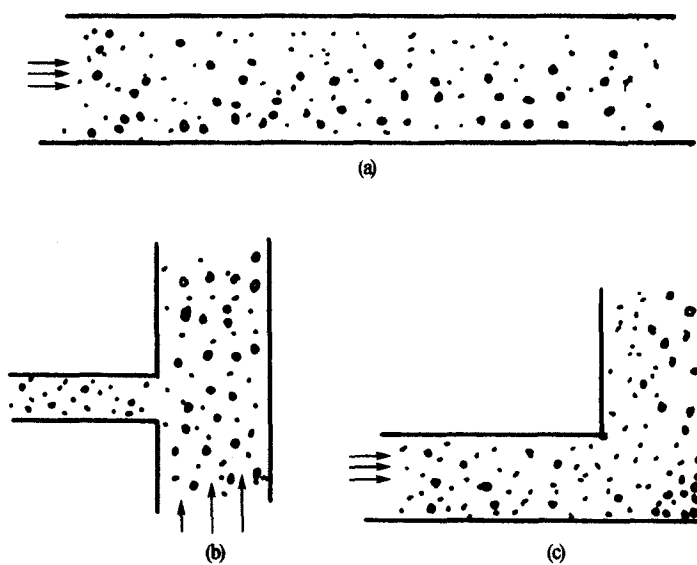


图 4.7 颗粒物的成层现象

- (a) 水平尘，由于沉降而成尘；(b) 连接和交叉，由于混合不好而成尘；
(c) 拐弯或障碍，由于颗粒物的惯性和湍流而成尘^[4]。

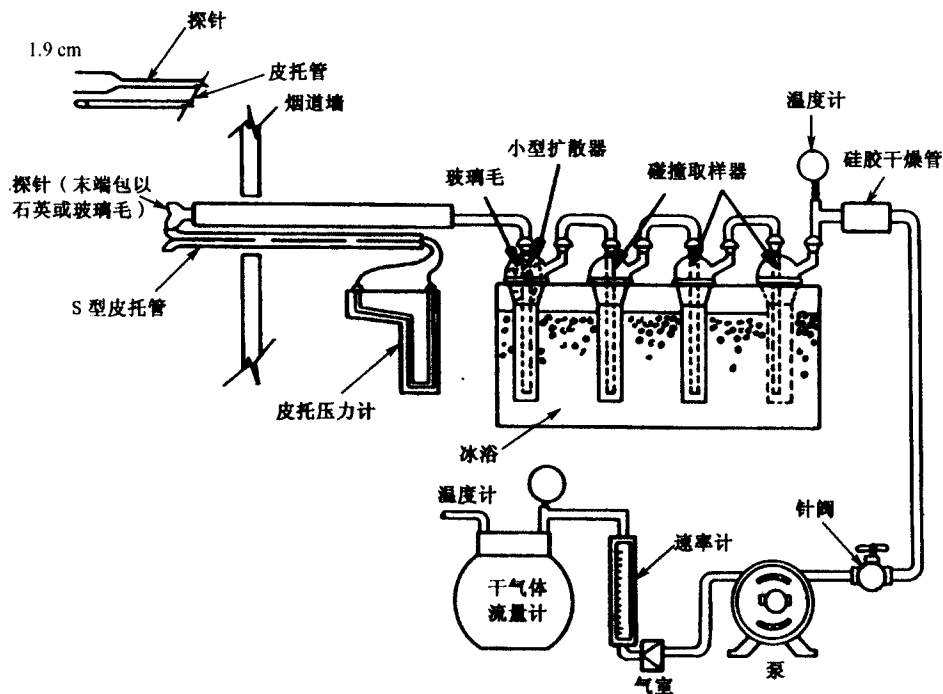


图 4.8 二氧化硫采样示意图^[4,7]

• 间接参数方法：当污染物不易测量时，可对相关的参量进行测量，以间接推测我们所感兴趣污染物的情况。

至于用哪一种方法，要取决于污染物的监测要求、污染物排放特性、排放气流特性、测试设备的条件以及测试方法^[111,112]。

目前针对不同排放源，建立了新的标准（即 NSPS）。在表 4.4 和表 4.5 分别列出了 NSPS 中的标准方法和非标准方法^[111]。可以从最新版的 40 CFR 60 中获得特定的设备、平均周期和报告需要等最新信息^[113]。

表 4.4 污染物监测的 NSPS 标准

污染源类型	监测的污染物	为 CEMS 数据的遵 从平均时间	测试过程的最 长持续时间
燃煤或燃油汽轮机组，热量输入 $> 250 \times 10^6$ Btu/h	用 O_2 或 CO_2 稀释后的 SO_2 、 NO_x 烟度	—	3 h 6 min
电厂汽轮机组，热量输入 > 73 MW (250×10^6 Btu/h)	用 O_2 或 CO_2 稀释后的 SO_2 、 NO_x 及 SO_2 净化率 烟度	平均为 30 天（锅炉 平均运行天数）	— 6 min
工、商业用汽轮机组，热量输入 > 29 MW (100×10^6 Btu/h)	用 O_2 或 CO_2 稀释后的 SO_2 、 NO_x 及 SO_2 净化率 烟度	平均为 30 天（锅炉 平均运行天数）	— 6 min

续表

污染源类型	监测的污染物	为 CEMS 数据的遵 从平均时间	测试过程的最 长持续时间
小型的工厂及商业用汽轮机 组, 热量输入 > 2.9MW, ≤29MW (10 - 100 × 10 ⁶ Btu/h)	用 O ₂ 或 CO ₂ 稀释后的 SO ₂ 及 SO ₂ 净化率	平均为 30 天 (锅炉 平均运行天数)	—
	烟度	—	6 min
城市垃圾焚烧炉, 容量 > 250 吨/天	用 O ₂ 稀释后的 SO ₂ 、 SO ₂ 净化率	24 h	—
	用 O ₂ 稀释后的 NO _x	24 h	—
	用 O ₂ 稀释后的 CO	4 h 与 24 h	—
	烟度	—	6 min
水泥厂	烟度	—	6 min
硝酸厂	NO _x	—	3 h
硫酸厂	SO ₂ (通过测量 O ₂ 和 CO ₂ 计算 SO ₂)	—	3 h
炼油厂	—	—	—
催化裂化重整装置	CO	—	1 h
	SO ₂ 及 SO ₂ 净化率	平均 7 天	—
	一氧化硫烟度	—	6 min
燃气燃烧装置	用 O ₂ 稀释后的 SO ₂ 、也 可用 H ₂ S 作为替代测量 物	—	平均 3 h
有氧化控制系统的克劳斯法硫 回收工厂, 容量 > 20 LTD*	用 O ₂ 稀释后的 SO ₂	—	12 h
有还原控制系统的克劳斯法硫 回收工厂, 容量 > 20 LTD	用 O ₂ 稀释后的 TRS 或 者用 O ₂ 稀释后的 SO ₂	—	12 h
铜冶炼厂	—	—	—
干燥装置	烟度	—	6 min
烤箱, 冶炼炉, 炼铜炉	SO ₂	6 h	—
铅铜冶炼厂	—	—	—
吹风炉, 排渣炉	烟度	—	6 min
烧结器, 电冶炼炉和转炉	SO ₂	2 h	—
铁合金生产装置, 浸入式电弧 炉	烟度	—	6 min
钢厂-电弧炉与氢保护器 (带 有某些特定控制的例外)	烟度	—	6 min
牛皮纸浆厂	—	—	—
回收炉	烟度	—	6 min
玻璃厂	烟度	—	6 min
石灰制造厂, 旋转石灰窑	烟度	—	6 min
磷酸岩石厂, 干燥机, 煅烧 炉, 粉碎机	烟度	—	6 min

续表

污染源类型	监测的污染物	为 CEMS 数据的遵 从平均时间	测试过程的最 长持续时间
海岸天然气生产装置, 脱硫装置	流速 (如果在氧化或还原控制系统后使用焚烧炉, 需测量 SO_2)	——	24 h
带干燥控制设备的矿石煅烧与干燥装置	烟度	——	6min

* LDT = 长吨/天。

表 4.5 污染物监测的 NSPS 非标准方法

污染源类型	监测的污染物	超量排放记录时间
炼油厂	——	——
燃气燃烧装置	燃气中的 H_2S (或测量排放中的 SO_2 和 O_2)	平均 3 h
带还原控制系统的克劳斯法硫回收工厂, 容量 >20LTD	用 O_2 稀释后的 TRS 或者用 O_2 稀释后的 SO_2	12 h
牛皮纸浆厂-排放来自于回收锅炉、石灰窑、消化系统、原料清洗系统、蒸发和冷凝系统	用 O_2 稀释后的 TRS	12 h
聚合物生产工厂的 VOC 排放	——	——
碳吸收器	VOC	3 h
冷凝器	温度或 VOC	3 h
带回收装置的弹性维尼纶、氨纶涂覆生产线或转轮凹板印刷线	VOC	3 h
带空气氧化反应器的合成有机化学品制造厂	特定参数或 VOC CEMS	3 h
海岸天然气生产装置, 脱硫装置	流速 (或以 TRS 或 SO_2 为替代测量参数)	24 h
带碳吸收装置的炼油厂废水回收系统	VOC	3 h
带碳吸收装置的磁带磁性材料涂覆设备	入口与出口 VOC	3 h
带碳吸收装置的聚合物涂层涂覆设备	入口与出口 VOC	3 h

环境大气监测

进行环境大气监测有多方面应用。例如, 监管机构会要求对某污染物进行环境大气监测, 而对于需要严格控制的污染物, 也需按规定要求在地界线上进行测量。与此同时环境大气监测的数据也有助于提供大气质量的背景水平及变化趋势。

环境大气监测程序的制定与执行应根据实际情况来确定, 其目标在于使对排放源的监测采样点具有代表性。此外, 应对初级污染物和次级污染物进行测量。

采样点选择 采样点数目应根据监测程序要求来定, 当地的气象和地形情况是确定采样点的主要因素。

最简单的情况是: 当排放气体从工厂排出后, 未向周围大气快速扩散, 而以一股集中气

流在较平坦的地面上流过。对于这种情况，可以布置两个采样点。一个采样点布置在排放源的上游，以测量污染物的背景浓度；另一个采样点布置在排放源的下游，以监测工厂排放所造成的影响。不过，最好布置多个采样点，以反映气象和地形因素的影响以及污染物的扩散情况。

检测仪器 大多数大气监测程序要求对风速与风向进行测量。在某些场合下，还通过测量不同高度下的温度来监测大气稳定性。颗粒物与二氧化硫是最常见的污染物监测对象。

对于颗粒物测量，通常是采用容积较大的采样器进行采样，然后用真空泵抽取其中的样气使之流经滤纸，根据颗粒物聚集在滤纸上的情况来分析颗粒物的排放情况。利用这种采样器，可对长达 24 h 之内的颗粒物平均浓度进行测量，其中对空气总量的测量，可由转子流量计的读数来确定。

根据气体污染物监测周期的长短，可以采用不同的采样装置。如果监测周期为 24 h，可采用动态采样器；当监测周期较长时（如 30 天），则应采用静态采样器。图 4.9 显示了测量二氧化硫的动态采样器，图 4.10 显示了测量二氧化硫的静态采样器。

危险品管理

《大气洁净法》第 112 部分、《化学药品事故防御草案》和 40 CFR 68，为建立危险品管理计划提供了法律和规定基础。这些规定明确了需要管制的物品，建立了一个具有三个层次的管制措施（分别为监管程序 1、2、3），并确定了对危险品管理计划的具体要求。

这些规定仅适用于对可能导致静止型污染的管制物品数量进行管理，监管物品清单中有 77 种有毒化学品，其总量范围为 500~20000 lbs (225~9070 kg)，此外还有 63 种可燃物质，总量可达 10000 lbs (4535 kg)。例如，当海洛因总量超过 2500 lbs (1135 kg) 时，其在运输或储藏中就需要被管制^[114]。

危险品管理计划随着管理程序水平的提高而逐渐复杂。程序 1 适用于下列情形：从没有发生过泄漏事故，在最严重的情况下未出现公众受害，出现紧急情况时的反应与地方机构能同步。程序 2 主要针对程序 1 和 3 所不适用的有关地点和处理情况。程序 3 的显著特点是事故处理过程与《美国职业安全与健康管理条例》、《安全管理标准》（即 29 CFR 1910.9）以及在 SIC 中的条款号码分别与 2611、2812、2819、2821、2865、2869、2879、2911 中的内容相关。

在危险品管理计划中，首先应规定所管制物品的现场阈值，然后是对其进行危害性评估，这包括要考虑在五年内所发生的事故情况以及泄漏后可能造成的后果分析^[115]。对于任何环节，都应该从最坏的角度进行考虑。对程序 2 与程序 3，也可根据有关参考情况进行分析。在分析危害后果时，可采用大气扩散模型来确定危险品泄漏后对公众和环境造成的影响。在扩散模型中所需要的参数列于表 4.6 中。危害性评估可为制定防范措施和应急处理方法提供参考基础。

程序 1 的防范计划是一个很简单的执行标准，其中未做监测要求。程序 2 与程序 3 中的防范计划则强调了安全信息、操作过程、危险性分析、操作程序、培训、维护、遵守规则、事故查因等方面的重要性。此外，程序 3 中的防范计划还包括了针对情况变化的方法管理、运行前的回顾总结、雇员参与及允许的工作强度等方面内容。

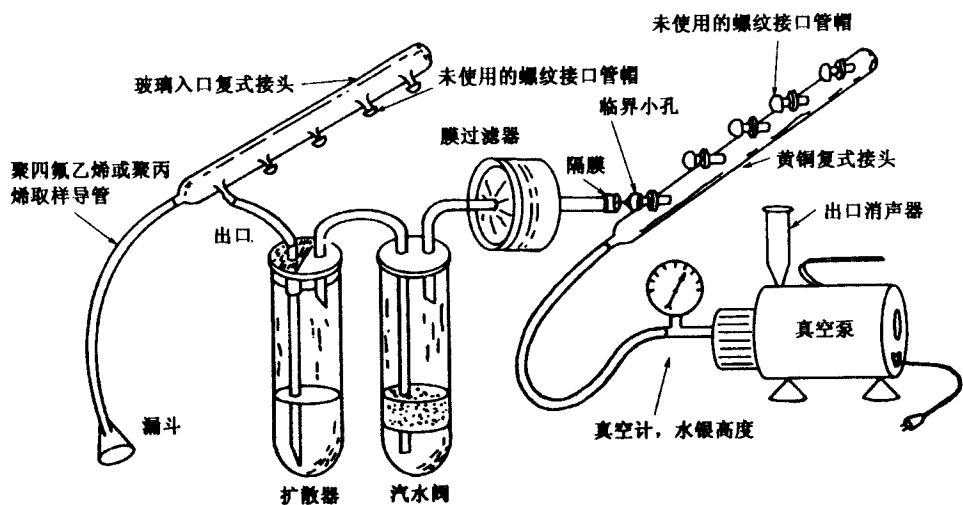


图 4.9 二氧化硫动态采样器^[4,7]

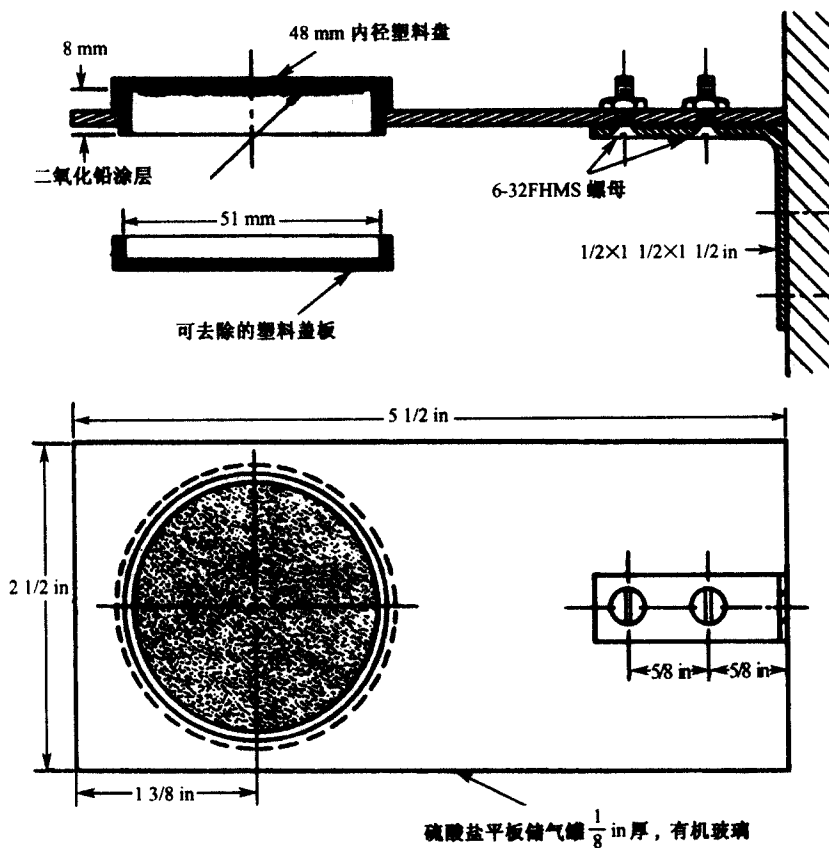


图 4.10 二氧化硫静态采样器

表 4.6 扩散模型所需要的参数^[115]

最差情况	参考情况
1. 临界点 有毒物质的临界点在参考指导中有明确说明。对于易燃物, 临界点指的是导致蒸气物爆炸的 1 psi 压力。	有毒物质的临界点列于参考指导中。 易燃物的临界点, 为导致蒸气物爆炸的 1 psi 压力或 40s 5kW/m² 的辐射热流。 非易燃物的临界点 (LFL) 在 NFPA 文献或其他资源里有说明。
2. 风速/稳定性 如在近三年的气象资料中, 无更高风速和更低稳定性记录, 则应使用 1.5 m/s 的风速和 F 级稳定类; 如果有的话, 应采用相应的数据。	为了建立某地区模型, 可采用典型的气候条件来计算。在参考指导中, 采用风速 3m/s 和 D 级稳定类。
3. 环境气温/湿度 对于有毒物质, 采用在该地区过去 3 年里平均的日最高温度和平均湿度, 在参考指导中假设 25℃ (77°F), 50% 湿度。	可以使用当地气象站收集的平均温度和湿度参考指导中采用 25℃, 50% 湿度。
4. 排放高度 有毒物质采用地水准平面高度。	排放高度可由排放情况来确定, 参考指导中假设为地水准平面高度。
5. 地势 采用城市或农村中的适当地势。	采用城市或农村中的适当地势。
6. 稠密或中性漂浮气体 在用于说明被管理有毒物质分散性的表或模型中, 必须说明气体密度, 参考指导中提供了漂浮的和稠密气体的参数表。	用于被控有毒物质的分散的表或模型必须适当的说明气体密度, 参考指导提供了漂浮的和稠密气体表。
7. 泄露物温度 认为液体 (非低温冷凝液) 以日最高温度泄露, 低温冷凝液以沸点泄露, 参考文献中给出了泄露物质的沸点并允许采用 25℃ 作为替代。	泄露物质以处理流程中的温度或环境温度释放, 参考文献中给出了泄露物质的沸点并允许采用 25℃ 作为替代。

对于事故反应计划, 程序 1 中只要求有一个委员会与地方机构进行协调处理, 程序 2 和程序 3 就比较详细, 对管制物品泄漏后的现场处理措施做了具体规定。防范程序必须在对公众警告、紧急医疗救助、紧急反应设施的布置与使用及防范训练等方面形成详细的书面计划。

综上所述, 最终所形成的危险品管理报告应包括危险评估、防范计划、紧急反应计划及计划批准证书。1999 年 6 月 21 日后将采取由上述计划所形成的管理方法, 如果向管制物品清单中增加一个新的物品, 需要在管制的三年内完成上述计划。此外, 对计划的检查与修正时间也做了明确规定。

颗粒物控制

颗粒物由离散的液体或固体微粒组成, 其生成机理复杂, 而且排放源多。控制颗粒物排放, 既可通过减少颗粒物生成的方法实现, 也可采用对已排放的颗粒物进行收集的方法来实现。通常的控制设备包括沉降室、惯性分离器、冲击分离器、湿式洗涤除尘器、纤维过滤器、静电除尘器等。

污染源控制

从源头上控制颗粒物生成量的方法比较少，这是因为主要决定于燃料的转换。因此，通常采取的措施是对生产过程进行调整及优化，以降低排放量或提高颗粒物的可收集性。

燃料替代法 采用替代燃料是降低颗粒物排放的一个有效措施，但是该方法的使用是有条件的，即燃料应能供应充足。这种方法对于小型和旧的设备非常适用，因为对于这些设备，若采用其他的新型空气污染控制设备，运行费用很高，难以负担。

不同类型燃烧设备及不同特性的燃料，对颗粒物的生成影响很大，表 4.7 列举了锅炉中采用不同燃料时的颗粒物排放因子情况。从中可见，与燃烧 6 号燃油和煤粉相比，燃用天然气后，颗粒物排放分别降低了 55% 和 85%。因此，开发具有经济型合成燃料，将促进清洁燃料的使用。

表 4.7 使用替代燃料来降低颗粒物排放能力^[8]

燃料	预计的排放率, %	单位热量燃料所释放的颗粒物排放量, ng/J
天然气	0	21
6 号燃油	0	47
烟煤	98	140

另外一种方法是不使用燃烧设备而直接采用电力能源，这样做可以避免颗粒物排放。不过这种方法成本较高，在当企业采取其他颗粒物治理设备的成本很高时，才被使用。

生产过程调整 生产过程的调整因素包括进料、各生产环节的性能、生产过程各个参数等。优化调整这些因素，不仅有利于消除或降低颗粒物生成量，也可减少排放气体的总量，改变颗粒物的粒径分布。所有这些措施还在降低治理成本、宽范围地选择治理设备上具有很好的优势^[8]。

在生产过程中，进料的物理及化学特性譬如粒径大小、化学成分组成、含湿量等，对颗粒物排放影响很大。一般来说，当采用加热空气进行干燥或进料中含有细小的颗粒物时，会导致颗粒物排放量的增加。因此，对生产原料进行过滤或清洁处理，将会减少干燥过程产生的颗粒物排放。

在某些情况下，当减少某生产工艺环节后，可降低颗粒物排放。例如，原料在一个生产环节被转到另一个生产环节的途中，可能会造成颗粒物的飘散逸出。因此，可以对长距离传输、风力输送、开放式传输等生产工艺环节进行改进，以减少颗粒物的飘散量。

另一个方法是通过处理，将原料加湿或使之形成粉粒结块。其好处是增大了颗粒物的粒径，从而提高颗粒物后处理设备的净化效率。

沉降室

沉降室是最早的颗粒物收集装置之一，其工作原理是利用重力使颗粒物在其中沉降并被收集^[1,8,9]。如图 4.11 所示，沉降室是安装在排气系统中的较长的且具有扩张结构的装置。由于其横截面积增大，气物流速降低，这就使较为粗大的颗粒物从气流中下落到沉降室内。沉降室内的工作特性示于图 4.12 中。