

# 化工园区大气环境风险监控预警系统

## 产品解决方案

深圳市英威雅环境技术有限公司

二〇一九年十二月

## 目 录

1	化工园区污染排放分析与排查.....	1
1.1	化工园区大气污染物分析需要考虑的因素.....	1
1.1.1	有机气体与无机气体.....	1
1.1.2	有组织排放和无组织排放.....	2
1.1.3	一次污染物和二次污染物.....	2
1.1.4	短寿命污染物与长寿命污染物.....	2
1.1.5	腐蚀性气体.....	3
1.1.6	气象及其他因素.....	3
1.2	化工园区废气污染排放的行业分析.....	3
1.2.1	石油化工.....	3
1.2.2	医药化工.....	6
1.2.3	农药.....	6
1.2.4	印染行业.....	7
1.2.5	印刷工业.....	7
1.2.6	电子工业.....	7
1.2.7	家具制造业.....	8
1.2.8	合成树脂工业.....	8
1.3	化工园区恶臭污染分析.....	9
1.3.1	典型的恶臭污染物及其官能团.....	9
1.3.2	嗅阈值及“检出限”.....	9
1.3.3	国家恶臭污染物排放标准管控项目.....	14
1.4	化工园区有毒有害危险大气污染物分析.....	16
1.4.1	EPA 认定的 HAPs.....	16
1.4.2	化工园区现有的 HAPs.....	22
1.5	大气污染分析小结.....	23
2	大气环境监测技术分析.....	25

2.1	化工园区废气监测技术分析 .....	25
2.1.1	采样方法 .....	25
2.1.2	分析技术 .....	30
2.2	化工园区环境空气质量监测技术分析 .....	38
2.2.1	“点式”监测技术分析 .....	38
2.2.2	“线式”监测技术分析 .....	43
2.2.3	“面式”监测技术分析 .....	57
2.3	大气监测技术分析的小结 .....	70
3	监测网络建设 .....	71
3.1	固定污染源废气排放在线监测系统建设 .....	71
3.1.1	固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统 .....	71
3.1.2	固定污染源特征有机废气及恶臭气体在线监测 .....	74
3.1.3	固定污染源无机气体在线监测 .....	74
3.2	化工园区环境空气质量预警监测系统建设 .....	78
3.2.1	常规环境空气质量在线监测系统选型 .....	78
3.2.2	环境空气挥发性有机物在线监测系统选型 .....	95
3.2.3	环境空气甲烷/非甲烷总烃分析仪选型 .....	110
3.2.4	环境空气苯系物分析仪 .....	113
3.2.5	环境空气有机硫化物在线分析仪选型 .....	115
3.2.6	环境空气 HCL、HF、Cl <sub>2</sub> 等无机有毒有害气体分析仪选型 .....	118
3.3	化工园区空气网格化（溯源）监测系统 .....	121
3.3.1	基于电化学方式的微型检测仪 .....	122
3.3.2	微型气体光谱分析仪 .....	128
3.4	化工园区空气质量移动监测系统 .....	131
3.4.1	移动监测车 .....	131
3.4.2	车载设备-便携式 .....	133
3.4.3	车载设备-机柜式 .....	142

4	管理平台软件开发.....	149
4.1	数据库子系统.....	149
4.1.1	数据集成.....	150
4.1.2	化工园区二维、三维地图.....	151
4.1.3	“一企一档” .....	154
4.2	预警子系统.....	160
4.2.1	阈值设置.....	160
4.2.2	自动预警.....	164
4.2.3	智能预案.....	164
4.3	应急响应子系统.....	164
4.3.1	系统响应.....	164
4.3.2	模拟与标绘.....	165
4.3.3	记录与展示.....	166
4.3.4	应急终止.....	166
4.4	数据分析子系统.....	166
4.4.1	数据表征形式.....	166
4.4.2	分析报告.....	169
4.5	信息公开子系统.....	169

# 1 化工园区污染排放分析与排查

## 1.1 化工园区大气污染物分析需要考虑的因素

已确认的大气污染物有 100 多种，这些污染物以分子状和粒子状两种状态分布于大气中。分子状污染物主要有硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳、臭氧、卤代烃、碳氢化合物等。粒子状污染物主要有降尘、总悬浮颗粒物、飘尘等。针对化工园区大气污染物（比如  $PM_{2.5}$  和 VOCs）的分析，遵循如下基本技术路线：污染物浓度监测—污染物成分分析—污染来源解析—污染来源追踪。其中污染来源追踪即污染溯源是最困难的。要实现化工园区污染气体的监测预警溯源，需考虑到如下因素：

### 1.1.1 有机气体与无机气体

**有机物**即有机化合物。含碳化合物（一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、金属碳化物、氰化物除外）或碳氢化合物及其衍生物的总称。有机物是生命产生的物质基础。多数有机化合物主要含有碳、氢两种元素，此外也常含有氧、氮、硫、卤素、磷等。部分有机物来自植物，但绝大多数是以石油、天然气、煤等作为原料，通过人工合成的方法制得。和无机物相比，有机物数目众多，可达几百万种。有机化合物的碳原子的结合能力非常强，互相可以结合成碳链或碳环。碳原子数量可以是 1、2 个，也可以是几千、几万个，许多有机高分子化合物甚至可以有几十万个碳原子。此外，有机化合物中同分异构现象非常普遍，这也是造成有机化合物众多的原因之一。除少数有机化合物以外，大多数有机化合物都能燃烧。和无机物相比，它们的热稳定性比较差，电解质受热容易分解。有机物的熔点较低，一般不超过  $400^{\circ}\text{C}$ 。有机物的极性很弱，因此大多不溶于水。有机物之间的反应，大多是分子间反应，往往需要一定的活化能，因此反应缓慢，往往需要加入催化剂等方法。而且有机物的反应比较复杂，在同样条件下，一个化合物往往可以同时进行几个不同的反应，生成不同的产物。

原环境保护部等六部委联合印发《**“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案**》意在加速并加强对于 VOCs 防治，并规定 VOCs 是指参与大气光化学反应的有机化合物，包括非甲烷烃类、含氧有机物、含氮有机物、含硫有机物等，是形成臭氧和细颗粒物污染的重要前体物。准确监测是治理的基础，2017 年 12 月原环境保护部印发了《**2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案**》，确定了监测技术要求，并规定监测的组分共 117 种，包括沸点在一  $104^{\circ}\text{C}\sim 230^{\circ}\text{C}$  的乙烷、乙烯、甲醛、苯、氟利昂、六氯丁二烯等，而非甲烷总烃等总量型的指标，由于无法真实反映 VOCs 的污染情况，没有作为监测的因子列出。

**无机物**即无机化合物。一般指碳元素以外各元素的化合物，如水、食盐、硫酸、石灰等。但一些简单的含碳化合物如一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳酸盐和碳化物等，由于它们的组成和性质与

无机物相似，因此也作为无机物来研究。绝大多数的无机物可以归入氧化物、酸、碱、盐四大类。

### 1.1.2 有组织排放和无组织排放

化工园区废气排放总体上可分为有组织排放和无组织排放两大类。

针对**有组织**排放的监测，可选用传统的“点式”在线监测手段，比如：

✓ 固定污染源 VOCs 在线监测系统，主要基于色谱分析技术。监测数据为非甲烷总烃、苯系物或其他特征排放因子。该数据可用于污染源阈值预警和污染溯源等。

✓ 固定污染源  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  或颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ ) 的在线监测系统。

监测**无组织**排放是有难度的，因为大范围的工业活动所产生的污染物同时排放到空气中，而不同污染物又来源于成千上万个的小排放源。排放源的位置以及排放浓度都是不确的，在监测时也很难区分化工园区空气质量和无组织排放，因此，针对**无组织**排放的监测，使用传统的点式采样监测是不能满足要求的；建议采用“线式”、“面式”监测手段。

### 1.1.3 一次污染物和二次污染物

污染物可以直接由污染源（一次污染物）排放，或者可以形成空气中的化学反应（二次污染物）的产物。有助于形成二次污染物的一次污染物也称为前体物。一次污染物是指从污染源直接排入大气的污染物，比如从固定污染源排放的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、甲烷、苯、铅、黑炭等。一次污染物的浓度最大值通常最接近其排放源。当污染物被输送和分散时，浓度通常在排放源的前几百米内快速下降。

二次污染物是指排入环境中的一次污染物在物理、化学因素或生物的作用下发生变化，或与环境中的其他物质发生反应所形成的物理、化学性状与一次污染物不同的新污染物。又称继发性污染物。如一次污染物  $\text{SO}_2$  在空气中氧化成硫酸盐气溶胶，汽车排气中的氮氧化物、碳氢化合物在日光照射下发生光化学反应生成的臭氧、过氧乙酰硝酸酯、甲醛和酮类等二次污染物。 $\text{O}_3$  也是一个典型的二次污染物。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{NO}_2$  等既可能是一次排放，也可能是二次排放。

一次污染物的空间差异可能很大，特别是附近没有其他污染源的情况。二次污染物的空间差异可能较小，即较为均匀。

### 1.1.4 短寿命污染物与长寿命污染物

大气污染物的寿命是污染物在通过反应形成新分子或沉积到表面上而除去之前在大气中停留的平均时间量。根据其与其他物种反应的可能性（反应性）或沉积，每个污染物的这个寿命显着变化。

具有较长大气寿命的物种倾向于在大气中更均匀地分布，而具有较短大气寿命的物质的浓度在空间和时间上可能更加可变。一些化学品的大气寿命可能受季节性温度的影响。短期污染物在排放之后反应迅速，在空间和时间上可能是高度可变的。长寿命污染物通常显示出随距离或时间变化较小。

检测短期污染物需要快速响应的传感器或分析仪器。响应速度较慢的传感器或分析仪器响应

可用于检测长寿命污染物。

污染物的大气寿命决定了污染源是否会影响地方，区域或全球规模的空气质量。虽然一些空气污染问题仅限于发生污染的地方（如 1, 3-丁二烯，短寿命的污染物），其他空气污染问题被运输并影响到整个城市或整个国家的整个地区的空气质量（如臭氧、PM<sub>2.5</sub>）。对于一些污染物，来自地球上任何地方的排放都会导致全球性问题（如二氧化碳）。

### 1.1.5 腐蚀性气体

不同的企业会排出不同的气体，一般以酸性气体为主，如氯气、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮、三氧化二氮、硫化氢、氯化氢、碘化氢、溴化氢、氟化氢等，也有碱性气体，如氨气等，还有一些中性有毒气体，如一氧化碳和一些氯化气体、氟化气体甚至氰化气体。

强酸、强碱的水溶液有腐蚀性。弱酸、弱碱也是有腐蚀性的。除元素周期表第八主族的惰性气体无腐蚀性外，剩下的气体多多少少都有一些腐蚀性。

氯气是典型的腐蚀性气体，对腐蚀性气体的监测必须有特别的设计。

HCl 气体是垃圾焚烧排放的污染气体之一，不仅能够对焚烧设备和监测仪器造成腐蚀，而且会对人体产生危害。对 HCl 浓度进行有效在线监测关系到焚烧设备的使用和监测仪器的运行。对于这类气体建议采用开放光程的监测技术。

### 1.1.6 气象及其他因素

污染物浓度也受天气控制，包括阳光、温度、湿度、云、降水和风。当风停滞时，浓度可以更快地增加。较高的风通常稀释污染物浓度，但可能导致其他污染物（例如灰尘）的浓度增加。

由于源模式或气象变化，还有一些污染物具有强烈的日/夜模式；一些污染物的浓度根据来源的活动时间表（如交通模式、工业时间表）而变化；由于排放模式，形成过程和大气寿命的差异，一些污染物显示出强烈的季节变化。

可见，大气污染与气象条件密切相关，因而在大气污染监测中应包括风向、风速、气温、气压、太阳辐射强度、相对湿度等气象参数的测定。

## 1.2 化工园区废气污染排放的行业分析

化工园区企业类型多样，工业产品种类繁多，工艺复杂，污染物排放情况各异。以下就化工园区典型行业为例简要分析工业企业生产过程的废气排放情况。

### 1.2.1 石油化工

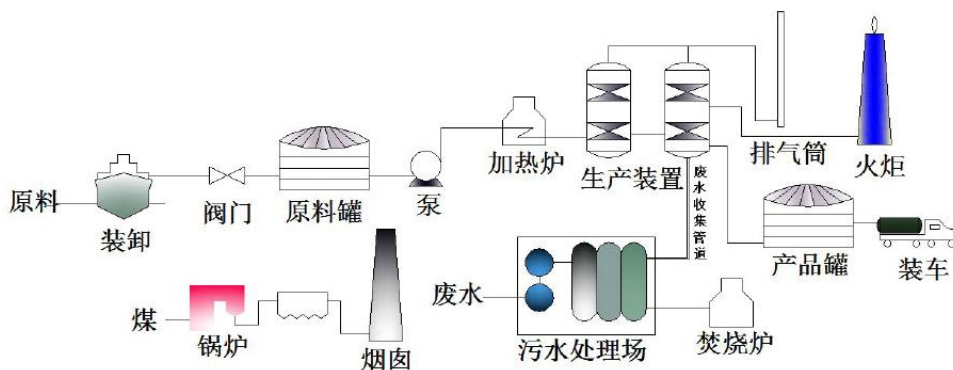
石油化学工业大气污染物排放源有燃烧源、工艺源和面源。燃烧源主要有工艺加热炉、裂解炉等烟气。主要污染物为二氧化硫、氮氧化物；工艺源包括氧化反应、氯化反应、氨氧化反应工艺尾气，固体颗粒物料输送尾气等，主要污染物是有机物；面源包括储罐呼吸排气、设备阀门泄漏、采样过程、序批式反应器的进料、出料及惰性气体保护过程、设备阀门检修过程、非正

常工况等，主要污染物是有机物。

由于石油化学工业产品种类、生产工艺众多，通过研究，根据生产过程污染物排放源种类分类制定污染物排放标准，可以涵盖石油化学工业生产过程污染控制的各个方面，因此基于生产设施要素，将石油化学工业（含各类化工企业、装置）VOCs 废气排放源解析为9 种，可涵盖任何石油化学工业企业的生产过程中VOCs 排放，见下表和下图：

化工过程VOCs 排放污染源归类解析表

过程解析	排放形式
原料、产品装卸过程	无组织
原料、半成品、产品储存、调和过程	无组织
生产设备机泵、阀门、法兰等动、静密封	无组织
生产过程（如氧化、干燥）等的尾气	有组织
废水和固体废物集输、储存、处理处置过程	无组织
生产装置非正常生产工况排放	有组织
热（冷）供给设施燃烧烟气	有组织
设备、管线检维修过程	无组织
采样过程	无组织



典型石油化学工业生产企业设施图

具体说明如下：

1) **原料、产品装卸过程：**石化企业原料卸车（船）过程本身不产生挥发性有机物排放，液体有机产品装车、装船、灌装（小包装）产生挥发性有机物排放，其排放量是装、灌方式、液体有机产品的性质的函数。

2) **原料、半成品、产品储存、调和过程（有机液体储罐）：**有机液体储罐是化工企业数量最多的设备，从原料储存、中间品储存、产品调和到产品储存，主要包括固定顶罐、浮顶罐（内浮顶罐、外浮顶罐）、可变空间储罐（气柜）、压力储罐四种，储存的物料有纯有机化学品和混合物两类，其排放量可以根据储存液体的物理性质（蒸汽压）、储存温度、物料周转量、储罐的结



构、环境温度变化、光线辐射强度等参数进行较准确数值模拟估算。

3) **生产设备机泵、阀门、法兰等动、静密封：**每一个化工生产工艺装置都是由压缩机、泵、阀门、法兰等设备组成，用于有机液体介质的机泵、阀门、法兰动、静密封泄漏排放受设计、施工标准，维护保养水平有关，很难用一种数学模型量化，对于这样的设施挥发性有机物排放监管和控制，只能采用监测和加强维护程序的方法。

4) **生产过程（如氧化、干燥）等的尾气：**生产过程尾气是一种有组织排放源，其挥发性有机物的排放受工艺条件、物料性质限制，是容易监测和控制的排放源。

5) **废水和固体废物集输、储存、处理处置过程：**废水、固废的集输、储存和处理设施主要是敞开式的沟/渠、池/罐。废水、固废沟/渠、储存池/罐的排放主要是表面蒸发，排放量是储存废水、固废性质、储存温度、气候条件的函数；废水浮选处理、好氧生物处理过程挥发性有机物的排放是强制气提、吹脱和表面蒸发造成的，挥发性有机物的排放量是污水中挥发性有机物的性质、气提强度的函数。

6) **生产装置非正常生产工况排放：**化工行业一般指火炬系统。这个过程可通过增加回收设施、加强管理达到减小排放的目的。

7) **热（冷）供给设施燃烧烟气：**主要是指化工企业为物料提供热源、冷源所燃烧燃料的排放，主要设备有锅炉、加热炉、燃气轮机、燃油动力设备，一般属于有组织排放过程。

8) **设备、管线检维修过程：**设备、管线维修过程是化工企业正常生产的一部分，其排放过程包括卸料、设备、管线吹扫气体放空。通过加强管理和增加必要的设施可以有效控制挥发性有机物的排放。

9) **采样过程：**排放过程主要发生在采样管线内物料置换和置换出物料的收集储存过程，可以通过增加设施，加强管理控制挥发性有机物的排放。

石油化学工业工艺加热炉和裂解炉的燃料一般选用天然气或裂解干气，燃烧烟气的污染物种类主要是二氧化硫和氮氧化物。

石油化学工业废气中有机污染物种类随企业生产使用的原料、生产过程遵循的反应原理和产品种类变化，为了方便一般选用非甲烷总烃和特征有机物为指标控制含有机污染物废气的排放。根据特征污染物对环境空气质量的影响选取特征有机污染物的种类。

石油化学工业的大气污染物主要有以下三种：

- (1) 工艺加热炉排气筒排放的大气污染物，主要包括 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等；
- (2) 石油化工物料储罐排放的污染物，主要为挥发性有机物（VOCs）；
- (3) 石油化工化纤工业工艺废气，主要为挥发性有机物（VOCs）。

部分储罐呼吸阀气体直接排向大气，造成大气污染；装置停车期间大气污染更为严重；装置在异常状态下，安全系统泄放物料时存在一定的大气环境污染隐患，主要由于在安全阀起跳后，

泄放物料的储罐容积偏小，热的物料未经冷却直接排入大气环境，将会造成环境污染。

### 1.2.2 医药化工

医药化工企业可分为化学合成类制药行业、生物医药制药行业、综合性制药行业三大类。

#### (1) 化学合成类制药行业废气排放情况

化学合成类制药行业废气常见的排放因子有：苯、甲苯、甲醛、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、甲醇、乙醇、乙酸、四氢呋喃、乙腈、二甲基甲酰胺、异丙醇、丙酮、丙烯腈、吡啶和乙酸丁酯等。

#### (2) 生物医药制药行业废气排放情况

生物医药制药行业废气常见的排放因子有：丙酮、乙酸乙酯、1、3、5-三甲基苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯、二氯甲烷、氯乙烯、二硫化碳等。

表：生物制药行业主要有毒害大气污染物的化学名称、分子式

化学名称	分子式
甲醇	CH <sub>4</sub> O
苯酚	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O
氯苯	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl
甲醛	CH <sub>2</sub> O
丙酮	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
二甲苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
二氯甲烷	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
三氯甲烷	CHCl <sub>3</sub>
二甲基酰胺（DMF）	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO
乙腈	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N
正庚烷	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>

#### (3) 综合性制药行业废气排放情况

综合性制药行业废气常见的排放因子有：甲醇、丙酮、苯、甲苯、二甲苯、二氯甲烷、乙酸乙酯、三乙胺、二甲基甲酰胺、醋酸丁脂、正丙醇、乙醇、异丙醇、乙腈、环氧乙烷、甲醛等。

### 1.2.3 农药

除草剂类农药在生产过程中用到大量甲苯、二甲苯等芳香烃以及卤代烃类有机物，其排放VOCs的成分包括：烷烃类、卤代烃、芳香烃、烯烃、含氧有机物等。各类有机物中含量最丰富的为烷烃类（如：正己烷、环己烷），种类最丰富的为卤代烃（以二氯甲烷占比最大，其余还有三

氯甲烷、氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、二硫化碳等）。

#### 1.2.4 印染行业

印染行业在带来一定经济、社会效益的同时也造成了较为严重的大气环境污染问题。定型机烘房中产生大量的高温气体，其中含有机油分、染料、染料助剂、润滑油、纤维类细颗粒物等污染物质。主要大气污染物包括颗粒物、甲醛、苯、苯系物、氯乙烯、二甲基甲酰胺、甲醇等。

不同的企业由于产品不同，检出的物种也不同，且有一定的差距。但总体上看，含量比较高的是苯系物（甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯、间乙基甲苯）、酮类（甲基乙基酮、甲基异丁基甲酮、丙酮）、醇类（甲醇、异丙醇）以及酯类和烷烃类。

#### 1.2.5 印刷工业

印刷生产过程中产生的大气污染物包括挥发性有机化合物（VOCs）及颗粒物等，其中颗粒物产生量较少，VOCs 为主要污染物，且大多为有毒物质。

印刷生产活动 VOCs 排放主要集中在印刷、干燥（如烘干）、复合和清洗等生产工艺过程中，主要来源于油墨、稀释剂、胶粘剂、涂布液、润版液、光油、清洗剂、各类溶剂等含 VOCs 原辅材料的挥发。印刷生产活动排放的 VOCs 成分复杂，异味重，易燃易爆，废气未经净化排出后对周边环境影响较大，近年印刷厂废气异味投诉频发。

各印刷工艺主要排放的 VOCs 种类见下表：

工艺类型	主要排放 VOCs 物料	VOCs 特征污染物
平版印刷	油墨及稀释剂	异丙醇、二甲苯、环己酯、乙酯、乙醇、丙二醇甲醚醋酸酯、戊二酸二甲酯等
	润版液	异丙醇、乙醇、乙二醇等
	洗车水	汽油、甲苯、乙醇等
凸版印刷	油墨及稀释剂	丙二醇、乙醇、乙二醇醚等
	洗车水	乙醇
凹版印刷	油墨及稀释剂	乙醇、正丙醇、异丙醇、甲基异丁基酮、甲乙酮、乙酸乙酯、正丙酯、甲苯、丙酸、异丙酸等
	洗车水	乙醇、甲苯、乙酯、甲乙酮等
孔版印刷	油墨及稀释剂	乙醇、丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯、戊二酸二甲酯、异佛尔酮、石油醚、丙醇、二丙二醇单甲醚、正己烷、乙酸乙酯、醋酸等
	洗车水	丙醇、二丙二醇单甲醚、正己烷等

#### 1.2.6 电子工业

家用电器制造、电子通信等都属于电子行业。电子行业的原材料构成、生产工艺和产品结构等都比较复杂，很多污染物都具有明显的行业特征。电子工业电子产品制造过程中排放的废气包括有机废气、酸性废气以及碱性废气等。

**有机废气**主要来源于电子清洗、感光成像、表面涂层等工序大量使用的有机溶剂的挥发，是臭氧的前体物；

**酸性废气**主要来源于酸洗、腐蚀工序中大量使用氢氟酸、硝酸、盐酸、硫酸，污染因子包括 HF、NO<sub>x</sub>、HCl、硫酸雾等，这些污染物是生成酸雨的前提因子，也是生成二次细颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 的前提因子。有机废气、酸性废气的排放转化为二次污染是导致形成区域性光化学烟雾、酸雨和灰霾/雾霾复合型污染物的重要原因之一。

**碱性气体**主要来源于光刻、显影、化学机械抛光等工艺，主要污染物为四甲基氢氧化胺、氢氧化化物、氨气等。碱性废气通过酸液喷淋吸收系统（吸收液为 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液）进行处理。因此，电子行业排放的大气污染物主要有氟化物、HCl、硫酸雾、氮氧化物、Cl<sub>2</sub>、氰化氢、NH<sub>3</sub>、苯、铅及其化合物、锡及其化合物等。

### 1.2.7 家具制造业

木材加工和家具制造行业是 VOCs 排放的重点行业。家具制造过程会带来空气污染，涂装过程产生的 VOCs 是污染的主要来源，由于家具类型不同，涂料的类型和涂装工艺会有所不同，挥发性有机化合物的排放也会不同。涂料中的溶剂和辅料中的有机成分是 VOCs 主要来源，产生的挥发性有机化合物主要为：苯、甲苯、二甲苯、甲醛、酚类、漆雾及其他 VOCs。

### 1.2.8 合成树脂工业

合成树脂是由人工合成的一类高分子聚合物，是由低分子原料——单体（如乙烯、丙烯、氯乙烯、苯乙烯等）通过聚合反应结合成大分子而制得的；合成树脂为粘稠液体或加热可软化的固体，受热时通常有熔融或软化的温度区间，在外力作用下可呈塑性流动状态。

合成树脂生产原料大多是危险化学品，其中不乏多种列入重点防控的环境危险性化学品，在合成树脂生产过程中，上述危险化学品及环境危险性化学品具有转化为废弃物的可能性，最终以废气、废水（液）、废渣的形式排出，因此，合成树脂工业污染物排放具有“两多”特点，即排放的污染物种类多，且危险性废物种类多。

聚合工艺是主要的合成树脂生产工艺，是《首批重点监管危险化工工艺目录》中确定的危险化工工艺，自聚和燃爆以及裂解和暴聚是其发生危险的主要方式，因此合成树脂生产过程潜在着由安全事故而引发的突发性环境污染事故的风险。

合成树脂生产过程中排放的废气污染物主要有：

乙烯、丙烯、苯乙烯、丙烯腈、氯乙烯、光气、苯酚、甲醛、环氧氯丙烷、甲苯二异氰酸酯（TDI）、二苯基甲烷异氰酸酯（MDI）、氨、氟化氢、氯化氢、丙烯酸、丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯、甲基丙烯酸甲酯、乙醛、二氧化硫、硫化氢等，以及苯、甲苯、乙苯、氯苯、二氯甲烷等。

## 1.3 化工园区恶臭污染分析

化工园区恶臭污染物是一类特殊的、有异味的物质，属于典型的扰民污染，也是当前投诉的焦点污染物，也被很多学者认为是世界公认的七大公害之一。恶臭污染物，也可以称为臭味物质或者异味物质，是指具有强烈气味的物质。从化学结构来看，臭味物质的分子多为因为有剩余电子而具有刺激人类嗅觉特征。一般具有剩余电子对的官能团有不饱和物质、含氧、含还原态氮、含还原态硫、含卤素等碳氢化合物具有特殊味道。另外薄荷醇、樟脑油、柠檬油等植物油也具有不饱和电子对及含氧等特性，而有异味。

### 1.3.1 典型的恶臭污染物及其官能团

典型的恶臭污染物及其官能团如下表：

分类	名称	非臭味官能团	味道
脂肪烃	1, 3-丁二烯	烯基	瓦斯味
芳香烃	苯乙烯	苯环、烯基	塑胶味
含还原态氮化物	氨	还原态氮	氨味
	甲胺	还原态氮	氨味
	三甲胺	还原态氮	鱼腥味
	吡啶（粪臭素）	还原态氮	粪便味
	3-甲基吡啶（甲基粪臭素）	还原态氮	粪便味
还原态硫化物	硫化氢	还原态硫	臭鸡蛋味
	甲硫醇	还原态硫	瓦斯、腐菜味
	二甲基硫	还原态硫	腐菜味
	二甲基二硫	还原态硫	洋葱味
卤代烃	氯仿	羰氯基	醚味
含氧烃	乙醛	羰氧基	刺鼻味
	丙酮	羰氧基	刺激性甜味
	乙酸乙酯	酯基	凤梨香
	乙酸	酸基	醋酸味
	植物油等	羰氧基、羰环烯	樟脑味、薄荷味、柠檬味

### 1.3.2 嗅阈值及“检出限”

恶臭扰民是化工园区普遍面临的问题之一。人的鼻子灵敏度较高，根据日本环境管理中心的研究，甲硫醇的嗅阈值小到  $0.00014\text{mg}/\text{m}^3$ 。这就要求检测仪器的检出限达到 ppb 量级以下，最好是 ppt 量级。否则就会出现公众已经闻到异味、而仪器检测不到污染物的情况。

其他污染气体的嗅阈值见下表，嗅阈值的单位是  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表：日本环境管理中心 223 种化学物质嗅觉阈值

序号	物质名称	嗅阈值	序号	物质名称	嗅阈值	序号	物质名称	嗅阈值
1	氨	0.23	2	三甲胺	0.0024	3	硫化氢	0.0018
4	甲硫醇	0.00014	5	甲硫醚	0.0055	6	二甲二硫	0.046

7	二硫化碳	0.58	8	羰基硫	1.2	9	苯乙烯	0.16
10	甲苯	0.4	11	乙苯	0.085	12	邻二甲苯	1.3
13	间二甲苯	0.43	14	对二甲苯	0.57	15	1,2,4-三甲苯	1.6
16	丙酸	0.029	17	正丁酸	0.0051	18	异丁酸	0.012
19	正戊酸	0.011	20	异戊酸	0.0007	21	乙醛	0.035
22	丙醛	0.041	23	正丁醛	0.0027	24	异丁醛	0.0014
25	正戊醛	0.0061	26	异戊醛	0.0011	27	异戊二烯	0.076
28	柠檬烯	0.10	29	$\alpha$ -蒎烯	0.061	30	$\beta$ -蒎烯	3.0
31	乙醇	1.1	32	异丙醇	70	33	正丁醇	0.13
34	异丁醇	0.036	35	丙酮	109	36	甲基乙基酮	1.4
37	甲基异丁基酮	0.76	38	乙酸乙酯	3.4	39	乙酸丁酯	0.083
40	乙酸异丁酯	0.041	41	甲醛	0.67	42	正己醛	0.0013
43	正庚醛	0.00092	44	正辛醛	$5.7 \times 10^{-5}$	45	正壬醛	0.0022
46	正癸醛	0.0028	47	丙烯醛	0.009	48	丁烯醛	0.072
49	异丁烯醛	0.027	50	甲醇	47	51	正丙醇	0.25



52	仲丁醇	0.73	53	叔丁醇	15	54	正戊醇	0.39
55	异戊醇	0.0067	56	仲戊醇	1.1	57	叔戊醇	0.35
58	正己醇	0.027	59	正庚醇	0.025	60	正辛醇	0.016
61	异辛醇	0.054	62	正壬醇	0.0058	63	正癸醇	0.0054
64	2-乙氧基乙醇	2.33	65	2-正丁氧基乙醇	0.20	66	1-丁氧基-2-丙醇	0.94
67	土臭素	5.3	68	苯酚	0.024	69	邻甲酚	0.0014
70	间甲酚	0.00048	71	对甲酚	0.00026	72	二氧化硫	2.5
73	甲基烯丙基硫	0.00055	74	二乙基硫	0.00013	75	烯丙基硫	0.00072
76	二乙基二硫醚	0.011	77	二硫化二烯丙基	0.0014	78	乙基硫醇	$2.4 \times 10^{-5}$

79	正丙基硫醇	$4.4 \times 10^{-5}$	80	异丙基硫醇	$2 \times 10^{-5}$	81	正丁基硫醇	$1.1 \times 10^{-5}$
82	异丁基硫醇	$2.7 \times 10^{-5}$	83	仲丁基硫醇	0.00012	84	叔丁基硫醇	0.00012
85	正戊基硫醇	$3.6 \times 10^{-6}$	86	异戊基硫醇	$3.6 \times 10^{-6}$	87	正己基硫醇	$7.9 \times 10^{-5}$
88	噻吩	0.0021	89	四氢噻吩	0.0024	90	二氧化氮	0.25
91	甲胺	0.049	92	乙胺	0.093	93	正丙胺	0.163
94	异丙胺	0.066	95	正丁胺	0.56	96	异丁胺	0.0049
97	仲丁胺	0.56	98	叔丁胺	0.56	99	二甲胺	0.066
100	二乙胺	0.16	101	三乙胺	0.024	102	乙腈	24
103	丙烯腈	21	104	甲基丙烯腈	9	105	吡啶	0.23
106	吡啶	0.0016	107	粪臭素(3-甲基吡啶)	$3.3 \times 10^{-5}$	108	邻甲基苯胺	0.14
109	环己胺	11	110	醋酸丙酯	1.1	111	醋酸异丙酯	0.73
112	醋酸仲丁酯	0.012	113	醋酸叔丁酯	0.37	114	乙酸己酯	0.012
115	丙酸甲酯	0.39	116	丙酸乙酯	0.032	117	丙酸丙酯	0.3

118	丙酸异丙酯	0.021	119	丙酸丁酯	0.21	120	丙酸异丁酯	0.12
121	丙酸异丁酯	0.12	122	丁酸甲酯	0.032	123	异丁酸甲酯	0.0087
124	丁酸乙酯	0.00021	125	异丁酸乙酯	0.00011	126	丁酸丙酯	0.064
127	丁酸异丙酯	0.036	128	异丁酸丙酯	0.012	129	丁酸丁酯	0.20
130	异丁酸异丙酯	0.031	131	丁酸异丁酯	0.01	132	异丁酸丁酯	0.14
133	异丁酸异丁酯	0.48	134	戊酸甲酯	0.011	135	异戊酸甲酯	0.011
136	戊酸乙酯	0.00063	137	异戊酸乙酯	$7.6 \times 10^{-5}$	138	戊酸丙酯	0.021
139	异戊酸丙酯	0.00036	140	异戊酸丁酯	0.085	141	异戊酸异丁酯	0.037

142	丙烯酸甲酯	0.013	143	丙烯酸乙酯	0.0012	144	丙烯酸正丁酯	0.0031
145	丙烯酸异丁酯	0.0051	146	甲基丙烯酸甲酯	0.94	147	2-醋酸乙氧基乙酯	0.29
148	甲酸甲酯	349	149	甲酸乙酯	8.90	150	正甲酸丙酯	3.8
151	甲酸异丙酯	1.1	152	甲酸丁酯	0.40	153	甲酸异丁酯	2.2
154	乙酸甲酯	5.6	155	2,3-二甲基丁烷	1.6	156	庚烷	3
157	2-甲基己烷	1.9	158	3-甲基己烷	3.8	159	3-乙基戊烷	1.7
160	2,2-二甲基戊烷	170	161	2,3-二甲基戊烷	20	162	2,4-二甲基戊烷	4.2
163	正辛烷	8.7	164	2-甲基庚烷	0.56	165	3-甲基庚烷	7.6
166	4-甲基庚烷	8.7	167	2,2,4-三甲基戊烷	3.4	168	正壬烷	13
169	2,2,5-三甲基己烷	5.2	170	正十一烷	6.1	171	正癸烷	3.9



172	正十二烷	0.84	173	丙烷	2953	174	正丁烷	3114
175	正戊烷	4.54	176	异戊烷	4.2	177	正己烷	5.8
178	2,2-二甲基丁烷	77	179	甲基环戊烷	6.4	180	甲基环己烷	0.66
181	丙烯	24	182	1-丁烯	0.9	183	异丁烯	25
184	1-戊烯	0.31	185	1-己烯	0.53	186	1-庚烯	1.63
187	1-辛烯	0.005	188	1-壬烯	0.003	189	1,3-丁二烯	0.56
190	2-甲基戊烯	26	191	3-甲基戊烯	33	192	正丙基苯	0.02
193	异丙基苯	0.045	194	1,3,5-三甲苯	0.91	195	邻乙基甲苯	0.4
196	间乙基甲苯	0.097	197	对乙基甲苯	0.045	198	邻二乙苯	0.0565
199	间二乙苯	0.42	200	对二乙苯	0.0023	201	正丁苯	0.054

202	1,2,3,4-四甲基苯	0.066	203	1,2,3,5-四氢化萘	0.055	204	乙酸	0.016
205	正己酸	0.0031	206	异己酸	0.0021	207	甲基正丙基甲酮	0.11
208	甲基异丙基甲酮	1.91	209	甲基正丁基甲酮	0.11	210	甲基仲丁基甲酮	0.11
211	三氯甲烷	20	212	三氯乙烯	23	213	四氯化碳	32
214	甲基叔丁基甲酮	0.19	215	甲基正戊基甲酮	0.035	216	甲基正戊基甲酮	0.011
217	双乙酰(2,3-丁二酮)	0.00019	218	氯	0.16	219	二氯甲烷	607
220	四氯乙烯	5.7	221	臭氧	0.0069	222	呋喃	2762
223	2,5-二氢呋喃	0.29						

按照嗅阈值进行分类的污染物如下表。从表中可以看出，即使是小于  $0.01\text{mg}/\text{m}^3$  的物种也是非常多，因此针对这类恶臭污染主要需兼顾健康影响与恶臭风险的优先权、同时考虑实际上生产使用是否普遍来筛选优先的恶臭污染物。

表：按照嗅阈值进行分类的恶臭污染物

嗅阈值 (mg/m <sup>3</sup> )	恶臭污染物
≤0.01	甲硫醇、戊醛、正庚醛、正癸醛、异戊醇、间甲酚、甲基烯丙基硫、正丙基硫醇、异丁基硫醇、正戊基硫醇、噻吩、吡啶、丁酸乙酯、戊酸乙酯、异戊酸丙酯、丙烯酸异丁酯、1-辛烯、1,2,3,4-四甲基苯、双乙酰(2,3-丁二酮)、三甲胺、甲硫醚、正丁酸、异戊酸、正丁醛、异戊醛、正辛醛、丙烯醛、正壬醇、二乙基硫、二硫化烯丙基、异丙基硫醇、仲丁基硫醇、异戊基硫醇、四氢噻吩、粪臭素(3-甲基吡啶)、异丁酸乙酯、丁酸异丁酯、异戊酸乙酯、丙烯酸乙酯、1-壬烯、对二甲苯、异己酸、臭氧、硫化氢、异丁醛、正己醛、正壬醛、正癸醇、邻甲酚、烯丙基硫、乙基硫醇、正丁基硫醇、叔丁基硫醇、正己基硫醇、异丁胺、异丁酸甲酯、丙烯酸正丁酯。
≤0.10	丙酸、正戊酸、丙醛、柠檬烯、异丁醇、乙酸异丁酯、异丁烯醛、正己醇、异辛醇、二乙基二硫醚、甲胺、异丙胺、醋酸仲丁酯、丙酸异丙酯、丁酸异丙酯、异丁酸异丙酯、丙烯酸甲酯、异丙苯、间乙基甲苯、1,2,3,4-四甲基苯、乙苯、α-蒎烯、正庚醇、苯酚、乙胺、三乙胺、丙酸乙酯、丙酸丁酯、丁酸甲酯、戊酸甲酯、异戊酸丁酯、对乙基甲苯、1,2,3,5-四氢化萘、甲基正戊基甲酮、二甲二硫、异丁酸、乙醛、异戊二烯、乙酸丁酯、丁烯醛、正辛醇、二甲胺、乙酸己酯、异丁酸甲酯、丁酸丙酯、异戊酸甲酯、戊酸丙酯、异戊酸异丁酯、正丙基苯、邻二甲苯、正丁苯、乙酸、甲基戊基甲酮。

### 1.3.3 国家恶臭污染物排放标准管控项目

#### (1) 国标

GB14554-93恶臭污染物排放标准只针对氨(NH<sub>3</sub>)、三甲胺(C<sub>3</sub>H<sub>9</sub>N)、硫化氢(H<sub>2</sub>S)、甲硫醇(CH<sub>4</sub>S)、甲硫醚(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S)、二甲二硫醚(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S<sub>2</sub>)、二硫化碳(CS<sub>2</sub>)、苯乙烯(C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>)8种有机和无机气体以及无量纲的臭气浓度。

国家新的恶臭污染物排放标准选定了如下15种气体，有挥发性有机物，也有无机气体。有的还属于危险气体，比如硫化氢作为一种无色、剧毒、弱酸性、具有明显臭鸡蛋气味的气体，其毒性仅次于氰化钾，在700 mg/m<sup>3</sup>下瞬间就可致人伤残或死亡。

序号	物质名称	分子式	CAS 号	气味特点	主要来源
1	氨	NH <sub>3</sub>	7664-41-7	刺激性恶臭气味	化工、化肥、制药、合成纤维、塑料、染料、制冷
2	三甲胺	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N	75-50-3	鱼腥味	海产品加工、制药、农药、化纤溶剂等
3	硫化氢	H <sub>2</sub> S	7783-06-4	臭鸡蛋味	石油化工、化工、造纸、污水处理、垃圾处理等
4	甲硫醇	CH <sub>4</sub> S	74-93-1	烂菜心味	石油化工、合成树脂、医药、农药、污水处理等
5	甲硫醚	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S	75-18-3	烂白菜味	石油化工、农药、化肥等
6	二甲二硫	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	624-92-0	洋葱味	石油化工、农药等

7	苯乙烯	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	100-42-5	芳香气味	合成橡胶、合成塑料、制药、农药等
8	乙苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	100-41-4	芳香气味	有机合成
9	丙醛	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	123-38-6	水果香味	涂料、塑料、食品、轻纺、饲料等
10	丁醛	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	123-72-8	花香、水果香味	有机合成、制药、香精香料等
11	戊醛	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	110-62-3	脂肪臭味	香精香料、橡胶等
12	乙酸乙酯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	141-78-6	果香味	精细化工、香精香料、制药、涂料等
13	乙酸丁酯	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	123-86-4	果香味	精细化工、香精香料、制药、涂料等
14	甲基乙基酮	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	78-93-3	类似丙酮气味	医药、涂料、染料、洗涤剂、香料和电子等
15	甲基异丁基酮	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	108-10-1	令人愉快的香味	喷漆、涂料、香精香料、橡胶等

## (2) 地方标准

### 《恶臭污染物排放标准》（DB31 1025-2016）

上海市地方标准 DB31/1025-2016 于 2017 年 2 月 1 日开始实施。控制项目包括臭气浓度和 22 种恶臭（异味）特征污染物：氨、硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二硫化碳、苯乙烯、乙苯、丙醛、正丁醛、正戊醛、甲基乙基酮、甲基异丁基酮、丙烯酸、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、一甲胺、二甲胺、三甲胺、乙酸乙酯、乙酸丁酯。

### 《恶臭污染物排放标准》（DB12 059-2018）

控制项目包括臭气浓度和 16 种恶臭（异味）特征污染物：氨、硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫、二硫化碳、苯乙烯、乙苯、丙醛、丁醛、戊醛、2-丁酮、甲基异丁基酮、三甲胺、乙酸乙酯、乙酸丁酯。

## 1.4 化工园区有毒有害危险大气污染物分析

危险空气污染物（Hazardous air pollutants, HAPs）是已知会导致癌症和其他严重健康影响的那些污染物。恶臭气体和有毒气体是困扰化工园区发展的两大难题，必须着重予以解决。

### 1.4.1 EPA 认定的 HAPs

根据美国“清洁空气法案”，EPA 需要管理有害空气污染物的排放。原始的 HAPs 清单包括 189 种污染物。自 1990 年以来，EPA 通过规则制定修改了该清单，包括 187 种有害空气污染物，具体清单见下表：

表：187 种危险空气污染物清单

中文名称	英文名称	CAS 号	分子式	备注
<b>乙醛</b>	<b>Acetaldehyde</b>	<b>75070</b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O</b>	
乙酰胺	Acetamide	60355	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO	
乙腈	Acetonitrile	75058	CH <sub>3</sub> CN	
苯乙酮	Acetophenone	98862	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	
2-乙酰氨基苻	2-Acetylaminofluorene	53963	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> NO	
丙烯醛	Acrolein	107028	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	是最简单的 不饱和醛
丙烯酰胺	Acrylamide	79061	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ON	
丙烯酸	Acrylic acid	79107	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	
<b>丙烯腈</b>	<b>Acrylonitrile</b>	<b>107131</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N</b>	
烯丙基氯	Allyl chloride	107051	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	
4-氨基联苯	4-Aminobiphenyl	92671	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N	
<b>苯胺</b>	<b>Aniline</b>	<b>62533</b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>N</b>	
邻联甲苯胺	o-Anisidine	90040	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub>	
石棉	Asbestos	1332214	Mg <sub>3</sub> [(OH) <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ] <sub>2</sub>	
<b>苯</b>	<b>Benzene</b>	<b>71432</b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	
联苯胺	Benzidine	92875	C <sub>12</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub>	
苯并三氯	Benzotrichloride	98077	C <sub>7</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>4</sub>	
苄基氯	Benzyl chloride	100447	C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> Cl	
联苯	Biphenyl	92524	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	
邻苯二甲酸酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	117817		
双(氯甲基)醚	Bis(chloromethyl)ether	542881		

溴仿	Bromoform	75252	CHBr <sub>3</sub>	
1, 3-丁二烯	1, 3-Butadiene	106990	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	
氨基氰	Calcium cyanamide	156627	CH <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	
己内酰胺	Caprolactam	105602	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO	
	Captan	133062		
	Carbaryl	63252		
二硫化碳	Carbon disulfide	75150	CS <sub>2</sub>	
四氯化碳	Carbon tetrachloride	56235	CCl <sub>4</sub>	
羰基硫化物	Carbonyl sulfide	463581		
儿茶酚	Catechol	120809	1, 2-(HO) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	
草灭平	Chloramben	133904	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>	
氯丹	Chlordane	57749	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>	
氯	Chlorine	7782505	Cl <sub>2</sub>	
氯乙酸	Chloroacetic acid	79118	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ClO <sub>2</sub>	
2-氯苯乙酮	2-Chloroacetophenone	532274	C <sub>8</sub> H <sub>7</sub> OC1	
氯苯	Chlorobenzene	108907	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	
苯甲酸盐	Chlorobenzilate	510156	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	
氯仿	Chloroform	67663	CHCl <sub>3</sub>	
氯甲基甲基醚	Chloromethyl methyl ether	107302		
氯丁二烯	Chloroprene	126998	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> Cl	
甲酚	Cresols/Cresylic acid (isomers and mixture)	1319773	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	
邻甲酚	o-Cresol	95487	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	
间甲酚	m-Cresol	108394	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	
对甲酚	p-Cresol	106445	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	
异丙苯	Cumene	98828	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	
	2, 4-D, salts and esters	94757		
二氯乙烯	DDE	3547044	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	
重氮甲烷	Diazomethane	334883		
二苯并呋喃	Dibenzofurans	132649		
1, 2-二溴-3-氯丙烷	1, 2-Dibromo-3-chloropropane	96128		
邻苯二甲酸二丁酯	Dibutylphthalate	84742		
1, 4-二氯苯	1, 4-Dichlorobenzene (p)	106467	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	
3, 3-二氯苯	3, 3-Dichlorobenzidene	91941	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	
二氯乙醚	Dichloroethyl ether (Bis(2-chloroethyl)ether)	111444	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>2</sub> O	

1, 3-二氯丙烯	1, 3-Dichloropropene	542756	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	
敌敌畏	Dichlorvos	62737	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P	
二乙醇胺	Diethanolamine	111422	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	
N, N-二甲基苯胺	N, N-Dimethylaniline	121697		
硫酸二乙酯	Diethyl sulfate	64675	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub> S	
3, 3-二甲氧基联苯胺	3, 3-Dimethoxybenzidine	119904		
二甲基氨基偶氮苯	Dimethyl aminoazobenzene	60117		
3, 3'-二甲基联苯胺	3, 3'-Dimethyl benzidine	119937	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub>	
二甲基氨基甲酰氯	Dimethyl carbamoyl chloride	79447		
<b>二甲基甲酰胺</b>	<b>Dimethyl formamide</b>	<b>68122</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO</b>	<b>DMF</b>
1, 1-二甲基肼	1, 1-Dimethyl hydrazine	57147		
邻苯二甲酸二甲酯	Dimethyl phthalate	131113		
硫酸二甲酯	Dimethyl sulfate	77781	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> S	
	4, 6-Dinitro-o-cresol, and salts	534521		
2, 4-二硝基苯酚	2, 4-Dinitrophenol	51285	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
2, 4-二硝基甲苯	2, 4-Dinitrotoluene	121142	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	
	1, 4-Dioxane (1, 4-Diethyleneoxide)	123911		
1, 2-二苯肼	1, 2-Diphenylhydrazine	122667		
表氯醇	Epichlorohydrin (1-Chloro-2, 3-epoxypropane)	106898		
1, 2-环氧丁烷	1, 2-Epoxybutane	106887		
丙烯酸乙酯	Ethyl acrylate	140885	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	
乙苯	Ethyl benzene	100414	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	
氨基甲酸乙酯（聚氨酯）	Ethyl carbamate (Urethane)	51796		
乙基氯（氯乙烷）	Ethyl chloride (Chloroethane)	75003	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	
二溴乙烷	Ethylene dibromide (Dibromoethane)	106934	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	
二氯乙烷（1, 2-二氯乙烷）	Ethylene dichloride (1, 2-Dichloroethane)	107062	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	
乙二醇	Ethylene glycol	107211	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	
乙烯亚胺（氮丙啶）	Ethylene imine (Aziridine)	151564		
<b>环氧乙烷</b>	<b>Ethylene oxide</b>	<b>75218</b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O</b>	

乙烯硫脲	Ethylene thiourea	96457		
亚乙基二氯 (1, 1-二氯乙烷)	Ethylidene dichloride (1, 1-Dichloroethane)	75343		
甲醛	Formaldehyde	50000	CH <sub>2</sub> O	
七氯	Heptachlor	76448	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub>	
六氯苯	Hexachlorobenzene	118741		
六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	87683		
六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77474		
六氯乙烷	Hexachloroethane	67721	C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	
1, 6-己二异氰酸酯	Hexamethylene-1, 6-diisocyanate	822060		
六甲基磷酰胺	Hexamethylphosphoramide	680319		
己烷	Hexane	110543	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	
肼	Hydrazine	302012		
氯化氢	Hydrochloric acid	7647010	HCl	
氟化氢	Hydrogen fluoride (Hydrofluoric acid)	7664393	HF	
硫化氢	Hydrogen sulfide	7783064	H <sub>2</sub> S	
氢醌	Hydroquinone	123319		
异佛尔酮	Isophorone	78591		
林丹 (所有异构体)	Lindane (all isomers)	58899		
马来酸酐	Maleic anhydride	108316		
甲醇	Methanol	67561	CH <sub>3</sub> O	
甲氧基氯	Methoxychlor	72435		
甲基溴 (溴甲烷)	Methyl bromide (Bromomethane)	74839	CH <sub>3</sub> -Br	
甲基氯 (氯甲烷)	Methyl chloride (Chloromethane)	74873	CH <sub>3</sub> -Cl	
甲基氯仿 (1, 1, 1-三氯乙烷)	Methyl chloroform (1, 1, 1-Trichloroethane)	71556	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	
甲基乙基酮 (2-丁酮)	Methyl ethyl ketone (2-Butanone)	78933		
甲基肼	Methyl hydrazine	60344	CH <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	
甲基碘 (碘甲烷)	Methyl iodide (Iodomethane)	74884	CH <sub>3</sub> -I	
甲基异丁基酮 (己酮)	Methyl isobutyl ketone (Hexone)	108101		
异氰酸甲酯	Methyl isocyanate	624839		

甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	80626	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	MMA
甲基叔丁基醚	Methyl tert butyl ether	1634044		
4, 4'-亚甲基双(2-氯苯胺)	4, 4'-Methylene bis(2-chloroaniline)	101144		
二氯甲烷	<b>Methylene chloride (Dichloromethane)</b>	<b>75092</b>	<b>CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b>	
亚甲基二苯基二异氰酸酯 (MDI)	Methylene diphenyl diisocyanate (MDI)	101688		
4, 4'-二氨基二苯甲烷	4, 4'-Methylenedianiline	101779	C <sub>13</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	
萘	<b>Naphthalene</b>	<b>91203</b>	<b>C<sub>10</sub>H<sub>8</sub></b>	
硝基苯	<b>Nitrobenzene</b>	<b>98953</b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub></b>	
4-硝基联苯	4-Nitrobiphenyl	92933		
4-硝基苯酚	4-Nitrophenol	100027	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>3</sub>	
2-硝基丙烷	2-Nitropropane	79469	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>	
N-亚硝基-N-甲基脲	N-Nitroso-N-methylurea	684935		
N-亚硝基二甲基胺	N-Nitrosodimethylamine	62759	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O	
N-亚硝基吗啉	N-Nitrosomorpholine	59892		
对石	Parathion	56382		
五氯硝基苯	Pentachloronitrobenzene (Quintobenzene)	82688		
五氯苯酚	Pentachlorophenol	87865	C <sub>6</sub> HCl <sub>5</sub> O	
苯酚	<b>Phenol</b>	<b>108952</b>	<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O</b>	
对苯二胺	p-Phenylenediamine	106503		
光气	Phosgene	75445	COCl <sub>2</sub>	
磷	Phosphine	7803512		
磷	Phosphorus	7723140		
邻苯二甲酸酐	Phthalic anhydride	85449	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> BrO <sub>3</sub>	
多氯联苯	Polychlorinated biphenyls (Aroclors)	1336363		
1, 3-丙烷磺内酯	1, 3-Propane sultone	1120714		
β-丙内酯	beta-Propiolactone	57578		
丙醛	Propionaldehyde	123386	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	
	Propoxur (Baygon)	114261		
丙烯二氯	Propylene dichloride (1, 2-Dichloropropane)	78875		
环氧丙烷	<b>Propylene oxide</b>	<b>75569</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</b>	
1, 2-丙亚胺 (2-甲基氮丙啶)	1, 2-Propylenimine (2-Methyl aziridine)	75558		



喹啉	Quinoline	91225	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N	
	Quinone	106514		
苯乙烯	Styrene	100425	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	
氧化苯乙烯	Styrene oxide	96093		
2, 3, 7, 8-四氯二苯并 对二恶英	2, 3, 7, 8- Tetrachlorodibenzo-p- dioxin	1746016		
1, 1, 2, 2-四氯乙烷	1, 1, 2, 2- Tetrachloroethane	79345	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	
四氯乙烯	Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)	127184	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	
四氯化钛	Titanium tetrachloride	7550450		
甲苯	Toluene	108883	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	
2, 4-甲苯二胺	2, 4-Toluene diamine	95807		
甲苯异氰酸酯	2, 4-Toluene diisocyanate	584849	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
邻甲苯胺	o-Toluidine	95534	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> N	
毒草	Toxaphene (chlorinated camphene)	8001352		
1, 2, 4 - 三氯苯	1, 2, 4-Trichlorobenzene	120821	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	
1, 1, 2-三氯乙烷	1, 1, 2-Trichloroethane	79005	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	
三氯乙烯	Trichloroethylene	79016	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	
2, 4, 5-三氯苯酚	2, 4, 5-Trichlorophenol	95954		
2, 4, 6-三氯苯酚	2, 4, 6-Trichlorophenol	88062		
三乙胺	Triethylamine	121448	C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> N	
氟乐灵	Trifluralin	1582098		
	2, 2, 4-Trimethylpentane	540841		
醋酸乙烯酯	Vinyl acetate	108054		
乙烯基溴	Vinyl bromide	593602		
氯乙烯	Vinyl chloride	75014	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	
偏二氯乙烯	Vinylidene chloride (1, 1-Dichloroethylene)	75354		
二甲苯（异构体和混 合物）	Xylenes (isomers and mixture)	1330207	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	
间二甲苯	o-Xylenes	95476	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	
对二甲苯	m-Xylenes	108383	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	
邻二甲苯	p-Xylenes	106423	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	
锑化合物	Antimony Compounds	0		

砷化合物	Arsenic Compounds (inorganic including arsine)	0		
铍化合物	Beryllium Compounds	0		
镉化合物	Cadmium Compounds	0		
铬化合物	Chromium Compounds	0		
钴化合物	Cobalt Compounds	0		
焦炉排放	Coke Oven Emissions	0		
氰化物	Cyanide Compounds	0		
乙二醇醚	Glycol ethers	0		
铅化合物	Lead Compounds	0		
锰化合物	Manganese Compounds	0		
汞化合物	Mercury Compounds	0		
细矿物纤维	Fine mineral fibers	0		
镍化合物	Nickel Compounds	0		
多环有机物	Polycyclic Organic Matter	0		
放射性核素（包括氡）	Radionuclides (including radon)	0		
硒化合物	Selenium Compounds	0		

#### 1.4.2 化工园区现有的 HAPs

对照 EPA 187 种危险空气污染物清单，可以发现许多有毒有害的危险气体：HCL、Cl<sub>2</sub>、HF、丙烯腈、苯、氯苯、氯仿、二甲苯、环氧丙烷等。

Cl<sub>2</sub>

车间空气卫生标准：中国 MAC 1 mg/m<sup>3</sup>；美国 ACGIH TLV-STEL 2.9mg/m<sup>3</sup> (1 ppm)；TLV-TWA 1.5 mg/m<sup>3</sup> (0.5 ppm)。氯气吸入后，主要作用于气管、支气管、细支气管和肺泡，导致相应的病变，部分氯气又可由呼吸道呼出。人体对氯的嗅阈为 0.06mg/m<sup>3</sup>；90mg/m<sup>3</sup>，可致剧咳；120~180mg/m<sup>3</sup>，30~60min 可引起中毒性肺炎和肺水肿；300mg/m<sup>3</sup>时，可造成致命损害；3000mg/m<sup>3</sup>时，危及生命；高达 30000mg/m<sup>3</sup>时，一般滤过性防毒面具也无保护作用。

HCl

在芳烃生产过程中，产生一定的氯化氢气体，通过无组织或排放筒排放到大气中，监测无组织排放的污染情况必须准确测定氯化氢含量。用弱碱性溶液吸收富集采样，分别用硫氰酸汞分光光度法和离子色谱法进行定量测定吸收溶液中 Cl<sup>-</sup>含量的方法，并对两种方法进行比较。离子色谱法检出限为 0.003 mg/m<sup>3</sup>。能同时满足污染源和环境空气中氯化氢监测的要求。

(待补充)

## 1.5 大气污染分析小结

名称	分子式	是否为恶臭 气体	是否为有毒 有害气体	是否是 VOCs	在本化工园区 是否有排放
氨	NH <sub>3</sub>	是	否	否	是
硫化氢	H <sub>2</sub> S	是	是	否	是
氯	Cl <sub>2</sub>	否	是	否	是
氯化氢	HCl	否	是	否	是
氟化氢	HF	否	是	否	是
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	否	是	是	是
甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	否	是	是	是
甲醛	CH <sub>2</sub> O	否	是	是	是
氯苯	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	否	是	是	是
甲硫醇	CH <sub>4</sub> S	是		是	
甲硫醚	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	是		是	
二甲二硫	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	是			
二硫化碳	CS <sub>2</sub>	是	是	否	是
苯乙烯	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	是	是	是	否
乙苯	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	是	是	是	是
丙醛	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	是	是	是	
正丁醛	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	是		是	
甲基乙基酮	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	是		是	
甲基异丁基酮	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	是		是	
丙烯酸	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	是	是	是	
丙烯酸甲酯	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	是		是	
丙烯酸乙酯	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	是		是	
甲基丙烯酸甲酯	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	是		是	
一甲胺	CH <sub>5</sub> N	是	否	是	

二甲胺	$C_2H_7N$	是	否	是	是
三甲胺	$C_3H_9N$	是	否	是	
乙酸乙酯	$C_4H_8O_2$	是	否	是	是
乙酸丁酯	$C_6H_{12}O_2$	是	否	是	是

## 2 大气环境监测技术分析

按照监测对象，环境监测分为环境质量监测和污染源监测两种。环境质量监测是一种环境监测内容，主要监测环境中污染物的分布和浓度，以确定环境质量状况，定时、定点的环境质量监测历史数据，可以为环境质量评价和环境影响评价提供必不可少的依据；为对污染物迁移转化规律的科学研究也提供的基础数据。污染源监测是一种环境监测内容，主要用环境监测手段确定污染物的排放来源、排放浓度、污染物种类等，为控制污染源排放和环境影响评价提供依据，同时也是解决污染纠纷的主要依据。

### 2.1 化工园区废气监测技术分析

#### 2.1.1 采样方法

连续排放污染源及过程气体的监测，经历了从无到有，从手动到半自动最后到全自动的发展过程，监测分析方法和技術也得到了长足的发展。20 世纪 70 年代以前人们采用手工采样再回到实验室分析的方法；70—80 年代开始应用气体样品和分析仪器直接连接的模式，经历了由稀释采样系统到直接抽取采样系统（包括湿热采样和干采样），再到 2 种系统（统称抽取采样监测系统）并存的发展路径。

对于气体的连续监测可能需要专门的采样和分析程序，因为反应性和可冷凝气体的测量可能特别困难。理解排气筒中烟气流的组成、感兴趣的组分的行为以及可能发生在排气筒中或采样系统内的潜在的物理和化学反应是非常必要的，可以理解和测量可能遇到的采样问题。

通过不同的系统配置（包括热/湿提取系统、稀释系统、紧耦合系统和原位监测系统），以不同程度提供非标准气体的取样问题的解决方案。每个配置都有其优点和缺点。所选择的取样系统必须与用于测量气体浓度的分析仪器兼容。取样和分析系统的选择将在很大程度上取决于污染物的化学特性。

##### 2.1.1.1 化学反应性和可凝性气体的取样问题

反应和可冷凝气体例如  $\text{HCl}$ ， $\text{NH}_3$  和甲醛存在很大的测量难度。这种气体可以与烟道气流内的其它组分反应；它们可以在提取采样系统内冷凝或被液体冷凝物吸收，它们可以吸附到表面上，或者它们可以在到达分析仪之前聚合。发生这些和其他相关现象时，测量结果将受到影响。这些影响的范围从将偏差引入数据到完全无效所有测量。连续监测反应性和可冷凝气体比监测标准污染物（如

NO<sub>2</sub>) 要困难得多。根据组成烟道气流的组分, 可能需要特殊的取样设备, 并且可能需要特殊的操作和维护程序以获得可靠的结果。

### 表面吸收

不同的化合物可以吸附在取样系统部件内的各种材料的表面上, 因此在到达分析仪之前从样品流中除去。吸附的程度取决于许多因素, 包括: 目标化合物的物理性质、分析物的气体浓度和干扰、包含吸附表面的材料类型、暴露表面积的量、表面状况、气体和表面温度、以及吸附过程达到平衡所需的时间等。许多这些因素的影响是相互依赖的, 并且随着时间和先前使用 (或滥用) 取样系统而变化。

选择合适的取样系统材料可以使许多化合物的吸附程度最小。通常, 惰性材料的选择使吸附最小化, 但是必须考虑几个其它因素。例如, 通常可以使用由高质量不锈钢、Teflon 或玻璃制造的取样系统部件来实现诸如 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 等标准污染物的 ppm 水平的测量。在许多应用中, Teflon 被视为完全惰性的材料。然而, 对于用于 ppb 水平的有机化合物的测量应用的管道, 可能需要较少的吸附性材料, 例如聚醚醚酮 (PEEK)。类似地, 不推荐使用 Teflon 来测量 “有机氟” 化合物, 因为它们化学上类似于 Teflon 聚合物并且可能导致正的测量偏差, 已证明某些材料可以渗透 Teflon。

一般来说, 提高固体的表面温度将减少固体上的气体吸附。从表面传递的热量增加吸附分子的内能, 帮助它克服弱分子吸引力并从表面逸出。对于高吸附性气体, 样品管线可以在物理温度极限附近操作。然而, 对于一些化合物如 CO, 在更高的温度下会使得 Teflon 管壁上的渗透发生得更大。

### 溶解性和冷凝

固定源的烟道气流包含样品温度一旦降低则会冷凝的化合物。根据所使用的取样系统的类型, 水蒸汽可能随着样品温度降低而冷凝。其它化合物, 例如硫酸, 可与水蒸汽一起冷凝以形成酸冷凝物, 或者即使当样品温度保持在水分露点以上时, 硫酸也可冷凝。通过冷却烟道气样品形成的冷凝物可以是物质的复杂混合物。该冷凝物可能对采样系统材料有害, 并导致腐蚀或其他问题。

一些化合物, 例如 HCl 和 NH<sub>3</sub>, 非常易于溶于水。采样系统内冷凝物的存在会洗涤水溶性化合物如 HCl。显然, 如果 HCl 是感兴趣的化合物, 则在取样系统中存在冷凝的水分将使测量失效。在其它情况下, 其中在含有 HCl 的样品流中进行不溶性化合物的测量, 在取样系统中存在冷凝的水分可以保护分析仪免受损害。因此, 使用冷凝器系统去除水分的决定取决于感兴趣的化合物和堆气体基质中存在的其它材料的溶解度。

工业过程排放流将反映大范围的水分含量, 这取决于过程的性质和安装的控制设备的类型。在特定应用中遇到的水分含量必须是已知的; 燃烧源排气流的水分含量通常为 8-20% (以体积计算), 这取决于燃烧的燃料。具有急冷塔和喷雾干燥器的有害废物焚烧炉可具有含有多达 50% 水的排放流。

稍微水溶性组分的吸收将在给定足够时间和气相中组分的恒定浓度的情况下达到液相和气相之间的平衡。然而, 大多数取样系统连续形成新的冷凝物, 并且气体样品中的浓度也可随时间变化。萃取系统中的冷凝器的设计应当使冷凝物和样品流的接触最小化, 以使得微水溶性化合物的吸收最

小。不允许冷凝物积聚也很重要；应该连续除去以最小化可溶性化合物的吸收和与其它烟道气成分反应的机会。

许多污染物的溶解度损失也很明显。VOCs 或有机有害空气污染物监测应用可能含有可溶、微溶和不溶组分的混合物。一些关于危险废物焚烧炉和污泥焚烧炉的研究表明，具有总烃（THC）分析仪的加热取样系统比包括制冷剂除湿系统的系统测量更高浓度的挥发性有机物。因此，即使使用“冷”系统能广泛地减少操作问题，一些监管应用规定了使用加热系统。另外，在水冷凝器中除去的特定化合物的特性和它们被除去的程度在很大程度上是未知的，因为 THC 系统不提供关于存在的单个有机物质的信息。

### 化学反应

排气筒的各种气体组分之间可能会发生化学反应，导致形成新的化学物质。由于一些固定源排放的复杂性质，很难确定这些化学反应的程度。聚合、中和和升华/缩合反应经常引起取样和分析问题。确定在进行提取测试时化学反应在排气筒中还是在采样系统中发生是非常困难的，因为分析仪仅检测采样系统可以提供什么。检测在源内发生的化学反应实际上是不可能确定的，因为一些物种是短寿命的，而另一些达到化学反应的产物与反应物平衡的状态。

**聚合反应**是当化合物与其自身（或类似化合物）反应以形成更大的分子。这种现象的一个例子是甲醛与其自身反应形成低聚甲醛。多聚甲醛是可以在存在冷点的取样系统中形成的固体。各个甲醛分子在这些冷点的表面处彼此反应以形成聚合物层。这种沉积导致甲醛的负测量偏差。聚合反应的结果以类似于表面吸附的方式表现出来。

**中和反应**是那些对减少烟道气中的酸性或碱性成分具有净效应的反应。中和反应通常发生在其中氢离子（ $H^+$ ）和氢氧根离子（ $OH^-$ ）反应形成水的溶液中，在气相中，中和反应可以通过首先溶解和中和，在袋式除尘器中由  $CaO$ （石灰）表面去除  $HCl$  是这种类型的反应的实例。在玻璃表面中  $HF$  与二氧化硅反应形成  $SiF_4$  是另一种中和反应。

**成盐反应**。当两种或更多种气体化合物反应时可以形成盐。一个重要的实例是气态盐酸（ $HCl$ ）和氨（ $NH_3$ ）之间的平衡反应以形成固体氯化铵（ $NH_4Cl$ ）。 $HCl$  和  $NH_3$  都是挥发性的不可冷凝的气体，而氯化铵是具有特别低的蒸气压的水溶性固体化合物。成盐反应的另一个例子是  $SO_2$ 、 $NH_3$  和水的组合以形成硫酸氢铵。该反应可以在排放源的下游的大气中发生，产生分离的羽流，并且在一些情况下颗粒脱落。该反应也可以发生在 CEM 系统的冷凝器内。

#### 2.1.1.2 取样问题的解决办法

萃取取样系统的设计和操作必须能够向分析仪提供一致的代表性样品。采样系统的设计必须消除或至少使感兴趣分析物在到达分析仪之前的任何反应或损失最小化。样品采集和样品处理部件的操作必须确保在源操作条件的整个范围内保持必要的条件，以提供反应性和可冷凝气体的代表性测量。

### 热/湿系统



“热/湿系统”是指其在整个取样系统和分析仪内保持样品温度高于其露点温度。这些系统可用于测量水溶性化合物并且通常用于监测非标准污染物例如 HCl,  $\text{NH}_3$  和 VOCs。其它化合物也可以测量, 条件是可使用合适的加热分析仪。热/湿系统已经使用多年来监测标准污染物排放, 例如  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  和 CO。

热/湿采样系统不仅必须保持样品温度高于露点以避免冷凝, 它们还必须使吸附最小化并避免发生化学反应的可能性。例如, 考虑 HCl 的监测, 其 1) 非常水溶性, 2) 吸附到共同的取样系统材料上, 和 3) 参与在某些来源的其它烟道气成分的化学反应。通过在 350° F 和 375° F (Teflon 的最大工作温度) 之间的温度下操作 Teflon 取样管线, 已经使用提取式 HCl 取样系统使吸附效应最小化。保持高取样流速 (20 升/分钟), 并且在这些系统中使用短取样管线以使停留时间最小化并使吸附的表面积最小化。

HCl 可参与与氨的反应以形成氯化铵盐。该反应对样品温度敏感。在分析器内的样品温度基本上低于排气筒气体温度的情况下, 反应可消耗 HCl, 因此在 HCl 测量结果中引入负 (低) 偏差。相反, 当测量系统保持在比排气筒温度高的温度时, 部分氯化铵可能挥发以形成 HCl 和  $\text{NH}_3$ , 从而在 HCl 监测结果中产生正偏差。对于热/湿测量系统, 必须检查在特定源处发生这种偏差的可能性以及排气筒和分析器之间的温度变化的影响。

### 稀释系统

稀释系统使用干净的干燥空气定量稀释烟道气体样品, 以降低相对含水量, 使得样品在很少或不加热的情况下保持在露点以上。因为水分冷凝作为潜在问题被消除, 所以加热的样品管线和歧管可以用更简单、更便宜的部件替换。也消除了样品气体冷凝器或渗透干燥器。通常使用吸气器或喷射器来移动样品和稀释气体, 从而不需要样品泵。另一方面, 可能需从稀释气体中去除水分、 $\text{CO}_2$ 、油、烃或其它组分的净化系统。

### 紧耦合系统

紧耦合系统通过将测量传感器有效地放置在靠近采样点处, 使得采样分量最小。消除了在其他采样系统中观察到的许多问题。

比如测量  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_3$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的紧耦合系统, 包括使样品气流与在取样探针出口处的吸收溶液接触的装置。吸收溶液可以简单地吸收感兴趣的化合物, 或者可以促进将该组分转化为更稳定形式的化学反应。化学溶液连续更新, 并且在暴露于气体样品之后, 其被传送一定距离到分析仪, 其提供浓度的确定。该方法提供感兴趣的组分的立即反应, 并且可能选择性地化学去除干扰物质, 以进行测量。在这种方法中不需要许多在其它系统中明显的防止冷凝、最小化吸附或避免化学反应的预防措施。

另一种紧耦合系统配置使用固态可调谐二极管激光分析方法。这种技术能够测量红外光谱中的许多成分, 并且可以用于监测  $\text{NH}_3$ 、HF、 $\text{H}_2\text{S}$  和其他有毒气体。在这些系统中, 测量所需的激光源和光电检测器被包含在位于远程方便位置的控制模块中, 如在提取监控系统中的分析器。光纤电缆



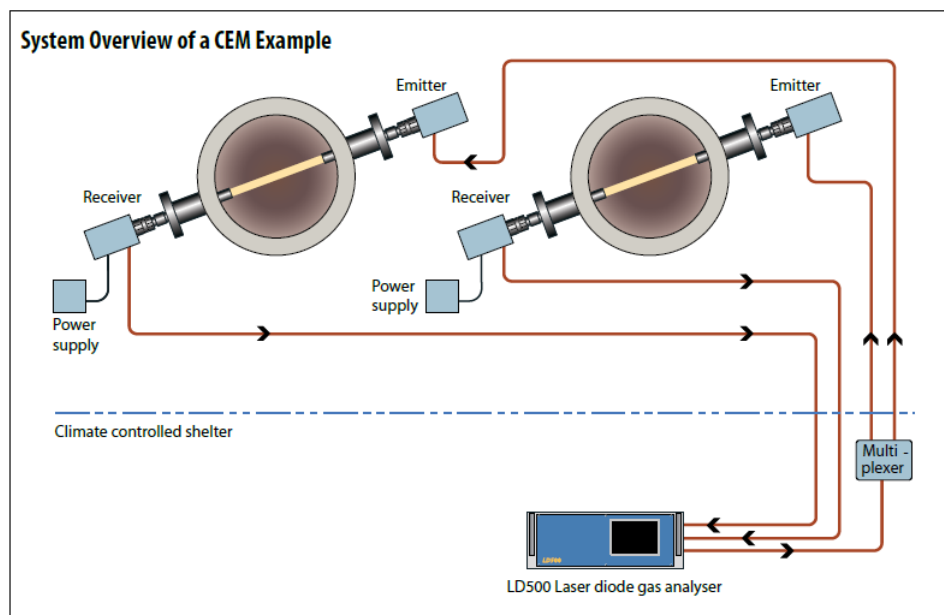
用于将控制模块连接到样品探针。

### 原位测量系统

用于测量气体的原位系统通过将检测器放置在排气筒内或通过光束投射通过排气筒气流的一部分并分析各种光谱现象来感测排气筒内感兴趣的气体的浓度。点原位系统测量在特定点处或在通过堆气体的相对短的路径长度上的浓度。跨排气筒系统在排气筒上投射光束。这些系统可以是单通道系统或双通道系统，这取决于光源和检测器是在光路的相同或相对端上。

由于抽取采样监测系统固有的特点，如采样分析周期长、漂移较大、需定期频繁校准等，以及一些明显的缺点如采样管线故障维护难(老化、腐蚀、堵塞、结晶等)，样气变化(稀释、结露、除水等)导致结果偏差等，促使人们推动原位在线(即无需抽气采样而直接在烟囱烟道或管道内进行)监测分析方法和技术的发展。随着计算机和光电技术的发展，目前，在线**非抽取式**监测系统(包括探头式和贯穿式)得到广泛应用。

抽取采样监测系统和在线**非抽取式**监测系统各有特点，在不同的应用领域都有各自优点和不足。采用不同的监测分析方法和技术的，监测系统体现的优点和受限制条件也不一样。目前应用比较广泛的方法和技术有紫外吸收、紫外荧光、化学发光、非分散红外(NDIR)、气体过滤相关分析、傅里叶变换红外(FTIR)光谱、调频激光吸收光谱(DTLAS)和差分吸收光谱法(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)等。其中这里的FTIR、DOAS、TDLAS等光谱监测技术采样**原位**监测模式，而不是长光程(open-path)模式。目前，DOAS可以实现工业烟道SO<sub>2</sub>排放的实时测量，还可以对二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、一氧化氮(NO)、臭氧(O<sub>3</sub>)、苯(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)、甲苯(C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>)、甲醛(CH<sub>2</sub>O)和氨(NH<sub>3</sub>)等污染气体实施有效的实时监测，DOAS系统还可以同时对烟道的温度、烟气流速、烟尘和含氧量进行监测。



图

半导体激光光谱吸收技术(diodelaser absorption spectroscopy, DLAS)与非分散红外、电化学、色谱等传统工业过程分析仪表相比,具有可以实现现场**原位**测量、无需采样和预处理系统、测量准确、响应迅速、维护工作量小等显著优势。

非分散红外线技术(nondispersive infrared, NDIR)是一种基于气体吸收理论的方法。红外光源发出的红外辐射经过一定浓度待测的气体吸收之后,其吸收关系服从朗伯—比尔(Lambert-Beer)吸收定律。与气体浓度成正比的光谱强度会发生变化,因此计算出光谱强度的变化量就可以推导出待测气体的浓度。比如CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等其他在红外波段都有自己的特征吸收带,特征吸收就如同指纹一样具有可鉴别性,通过在特征吸收带对红外能量的吸收,可以反映出气体浓度的大小。当红外能量经过高浓度的待测气体时,其特征吸收峰附近的红外能量会被全部吸收。而光通路上不存在待测气体时,红外辐射在其特征吸收峰处没有影响。因此,气体就可以看做是一种可以吸收红外能量的滤波器。NDIR红外气体分析仪作为一种快速、准确的气体分析技术,特别在连续污染物监测系统(CEMS)以及机动车尾气检测应用中十分普遍。

针对固定污染源 VOCs 在线监测系统,多采用完全“**抽取式**”取样,并利用气相色谱仪和氢火焰离子检测器(FID)进行分析。

## 2.1.2 分析技术

危险空气污染物(HAPs)的分析不如无机标准污染物如SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的测量那么直接,因为与不同类别的HAPs(有机化合物、金属、颗粒物),许多方法用于分析通过萃取或原位系统取样后的烟道气,包括用于分析有机和无机化合物的气相色谱方法,用于颗粒监测的光吸收和散射方法,以及用于分析金属的原子发射光谱法。

由于在烟道气基质中分析多种危险空气有毒物质的困难性,通常使用色谱分离技术来分离气体混合物中的化合物。然后通过某些类型的检测器例如火焰离子化检测器(FID)、热导检测器(TCD)、光电离检测器(PID)或电子捕获检测器(ECD)单独测量化合物。不进行气态化合物分离的其它技术,例如傅立叶变换红外(FTIR)光谱,可同时鉴定和定量样品中的所有化合物。分离和分析方法(例如气相色谱和质谱(GC-MS))的组合也可以提供通用的分析系统。

### 2.1.2.1 气相色谱

气相色谱通常用于将有机和无机化合物的混合物的各个组分彼此分离,用于随后的定性和定量分析。色谱分离原理用于EPA参考方法。例如,详细的气相色谱方法在EPA方法106中指定用于氯乙烯,EPA方法16提供用于四种总还原硫(TRS)化合物的色谱分离,EPA方法18给出用于气相色谱测试的一般取样和分析标准。

气相色谱法基于化合物在固定相和流动相(载气)之间的选择性分布。在该方法中,流动气相

通过固定材料，其选择为吸收或吸附包含在气体中的有机分子。在气相色谱中，固定相可以是液体或固体，并且包含在被称为“柱”的长而细的管中。柱子由熔融石英、玻璃或不锈钢制成，并且不同直径取决于使用的柱填料（固定相）的类型。

在理想条件下操作的理想柱中，每种分子物质将在不同的时间离开色谱柱。各个化合物和柱固定相之间的平衡是 1) 化合物相对于流动相对固定相的亲合力，2) 柱的温度，3) 流动相载气的流速的函数。通过在固定相和流动相之间进行一系列平衡，单个分子在柱中分离。选择合适的色谱柱和优化色谱柱温度和载气流速应能使气体样品分离成其各个组分。

简单的色谱系统由用于将样品注入柱中的装置，吹扫样品气体通过柱的载气，柱温箱和检测器组成。载气，例如氢气或氮气，将样品从注射区域扫入系统的心脏（即色谱柱）。在柱末端的检测器最终产生与存在的分子的量成比例的电信号。

通过将它们的峰面积与使用已知气体标准物的校准进行比较来识别和量化分离的峰。然而，对于未知的样品混合物，不知道在校准中包括什么标准，除非对烟道气组成有一些现有的了解。在这种情况下，必须使用诸如红外，紫外或质谱的技术首先鉴定化合物，然后选择柱和适当的标准品。

在色谱柱中进行的分离由检测器感测并记录。任何设计用于气相色谱系统的检测器必须对低浓度的有机分子具有高灵敏度，并具有快速的响应时间。许多检测器可以满足这些要求；在污染源监测应用中最常见的是火焰离子化检测器（FID）和光电离检测器（PID）。在更复杂的应用中，采用光谱学或质谱技术。

#### 2.1.2.1.1 FID(flame ionization detector)检测器

火焰离子化检测器 FID 是利用氢火焰作电离源，使有机物电离并产生微电流而响应的检测器，它是众多的气相检测器之一，是破坏型、常用的质量检测器。

当有机物经过检测器时，在火焰中燃烧产生离子，在极化电压的作用下，喷嘴和收集极之间的电流会增大，对这个电流信号进行检测和记录即可得到相应的谱图。FID 检测器是一种高灵敏度通用型检测器，它几乎对所有的有机物都有响应，而对无机物、惰性气体或火焰中不解离的物质等无响应或响应很小，它的灵敏度比热导检测器高 100-10000 倍，检测限达  $10^{-13}$ g/s，对温度不敏感，响应快，适合连接开管柱进行复杂样品的分离，线性范围为  $1-10^7$ ，是气体色谱检测仪中对烃类（如丁烷，己烷）灵敏度最好的一种手段，广泛用于挥发性碳氢化合物和许多含碳化合物的检测。

FID 的突出优点是对几乎所有的有机物均有响应，特别是对烃类灵敏度高，响应与碳原子数成正比，它对水、CO<sub>2</sub>、二硫化碳等无机物不敏感，对气体流速、压力、温度变化不敏感。FID 线性范围宽，结构简单，操作方便；它的死体积几乎为零，可与毛细管柱直接相连。

FID 的缺点是需要三种气源（氢气、零空气和载气）及其流速控制系统。

#### 2.1.2.1.2 PID(photo ionization detector)检测器

典型的 PID 包含适用于电离分析物和一对电极的紫外（UV）灯，以测量与浓度成比例的电流。

O<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 的烟道气的主要组分不被离子化。

PID 与气相色谱仪一起使用，或单独用作 EPA 参考方法 21 中用于检测炼油厂泄漏的便携式分析仪。根据仪器具体配置，PID 检测到的化合物包括：脂族和芳族烃，卤代有机物，醇，酮，醛，环氧乙烷，氯乙烯和无机化合物如肟，磷和硫化氢。

光离子化检测器 PID 是一种具有极高灵敏度、用途广泛的检测器，可以检测从低浓度的 10ppb 到较高浓度的 10000ppm 的 VOCs 和其他有毒气体（很多隐患的根源是有毒有害物质超标）。PID 对几乎所有的含碳有机挥发性化合物和部分无机物有着很强的灵敏度。尤其适用于芳烃类有机化合物的检测，灵敏度比 FID/TCD 检测器高 1~2 个数量级。

PID 检测器的优点是：具有结构简单，成本较低；它们具有优于 FID 检测器的优点，因为不需要氢气，并且甲烷（不需要监测的气体）不被离子化，因此不会被 PID 检测到。

PID 检测器的缺点是：只对部分 VOCs 有响应，对部分企业排放中出现有机废气等无响应或响应较弱，无法进行所有特征因子的测量，且样气浓度较高易导致 PID 灯老化失效，导致测量出现偏差，降低寿命。

注：

FID 常用甲烷来标定，但是 PID 对甲烷没有任何的响应，需要有一个 12.6eV 的紫外光源才能将甲烷离子化，目前 PID 是不能做到的。因此 FID 是检测天然气（主要有甲烷组成）的有利武器。另一方面，PID 能很好的检测垃圾填埋场的有毒 VOCs，如果用 FID 来检测垃圾填埋场的 VOCs，那么现场的甲烷气体会对 FID 产生极大的干扰。

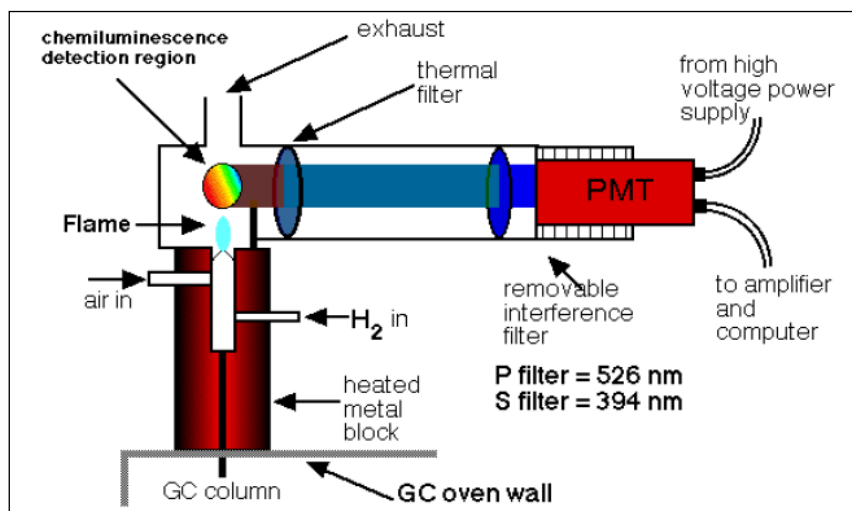
PID 和 FID 性能对照表

参数	PID	FID
使用方式；尺寸和重量	手提式，重量轻，体积小	体积大，重，氢气瓶
数据线性	低浓度下线性良好	在整个范围内都线性都较好
检测范围	1ppb~10000ppm	1~50000ppm
检测的化合物	检测 VOCs 气体，某些无机气体	检测 VOCs 气体，很少几个无机气体
选择性	选用低能量紫外灯增加选择性	无选择性
惰性气体影响	无影响	需要提供氧气，或空气作为稀释气体
样品采集	检测完毕对样品无破坏，可收集样品作进一步分析	检测完毕后样品已被破坏，不可收集用以再分析
使用	个人用检漏检测器	检漏，个人用过于笨重
可靠性	可靠，寿命长	频繁的氢焰问题和更换氢气瓶带来不可靠性

安全性	本质安全	防爆
费用	低	高

#### 2.1.2.1.3 FPD(flame photometric detector)检测器

FPD（火焰光度检测器）是一种对含硫、含磷化合物有高选择性、高灵敏度的检测器。样品在富氢火焰燃烧时，含硫化合物以  $S_2$  分子的形式发射出波长为 394nm 的特征光，光电倍增管将光信号转换成电信号，经微电流放大纪录下来。



FPD 原理示意图

此类检测器的灵敏度可达几十到几百库仑/克，火焰光度检测器的检出限可达 10-12g/s（对 P）或 10-11g/s（对 S）。同时，这种检测器对有机硫的响应值与碳氢化合物的响应值之比可达  $10^4$ ，因此可排除大量溶剂峰及烃类的干扰，非常有利于痕量硫的分析，是检测有机含硫污染物的主要工具。

#### 2.1.2.1.4 电子捕获检测器（ECD）

电子捕获检测器对某些有机化合物组分，例如含有卤素原子或硝基的那些有选择性。电子捕获检测器通过使用放射性同位素处理的电极工作，其随着其衰变（ $\beta$  发射）而发射高能电子。13 个电子与载气反应以产生次级自由电子，其移动到带正电荷的阳极以产生通过系统的电流。当氮载气包含电子吸收分子例如卤化碳时，电流将减小，因为自由电子的流动将通过吸收而减少。

ECD 对于特定的化合物组分比对 FID 更敏感，但是响应也可以随化合物而变化。但放射性物质的运输、储存和处置有关的问题也是存在的。

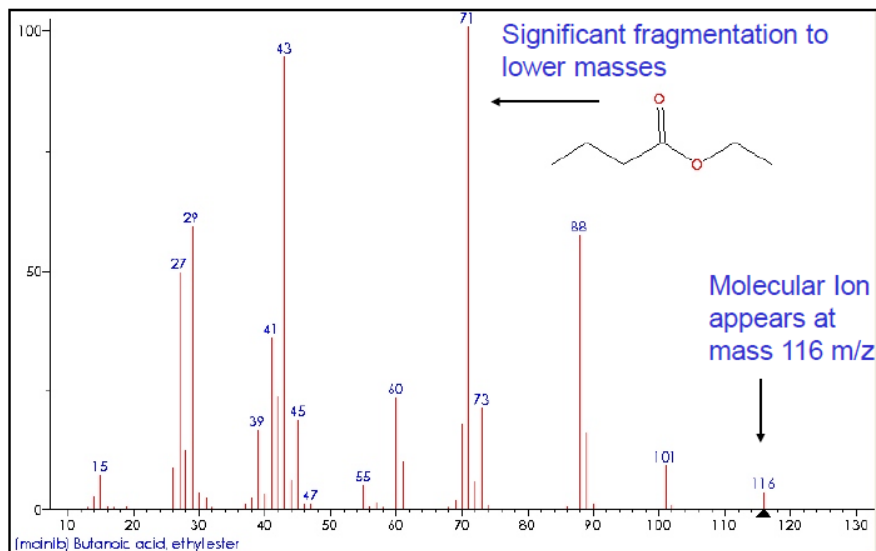
#### 2.1.2.1.5 用作检测器的质谱仪

面对痕量水平分析有毒物质不断增加的需求，需要新的方法以提高色谱系统的分辨能力和灵敏度。已经使用多种检测器组合，但是将气相色谱仪与用作检测器的质谱仪组合为识别和定量提供了



最强大的组合之一。这种 GC-MS 组合已经成为大多数低浓度监测的基础，并且应用越来越广泛。

在质谱技术中，分子通过高能电子或其它方式（例如化学或光电离过程）电离，并且根据其质荷比 ( $m/e$ ) 分离所得分子离子和离子碎片。这种分离产生了由高能电子 - 分子碰撞引起的碎裂产生的不同离子的“质谱”。质谱是原始分子所独有的，就像红外或紫外光谱一样。



质谱仪的特点取决于所使用的质量分离器的类型。磁偏转器、飞行时间分离器、四极杆质量分析器和离子阱都被使用。对于环境监测应用，四极杆质量分析器最常用。在该技术中，电磁能的振荡场过滤具有特定质荷比的离子。线性四极质量分析器通过在叠加在充电的圆柱棒上的射频场中振荡离子来操作。大多数离子将以增加的振幅振荡并撞击棒，但是一组棒电压和无线电频率将存在，其中特定  $m/e$  比的离子将能够通过到检测器。因此扫描射频或棒电压以获得质谱。

GC-MS 组合提供定性和定量信息，因为它从柱上分离时分别观察每种不同类型的分子。GCMS 输出给出了随时间变化的三维图，给出了样品中化合物类型和存在量的信息。

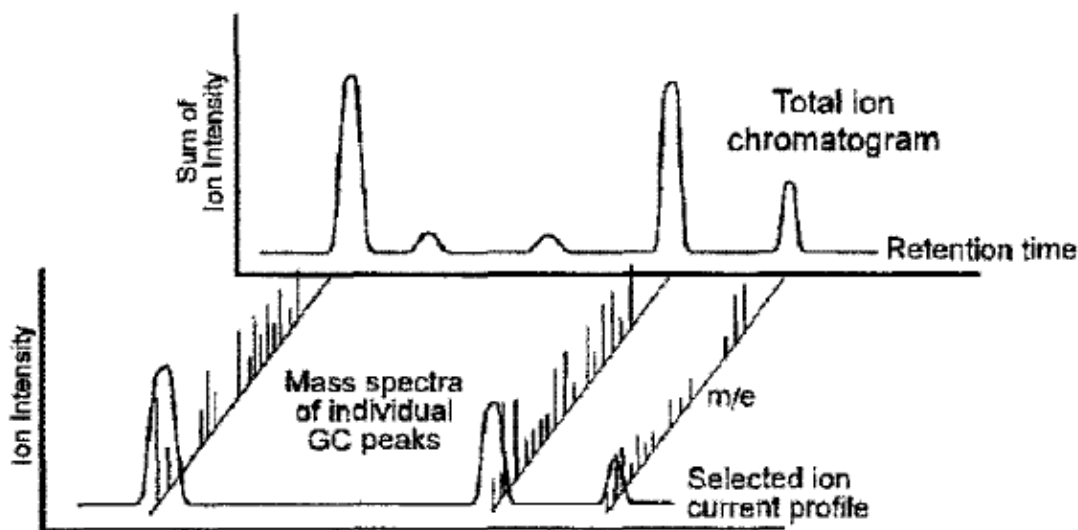


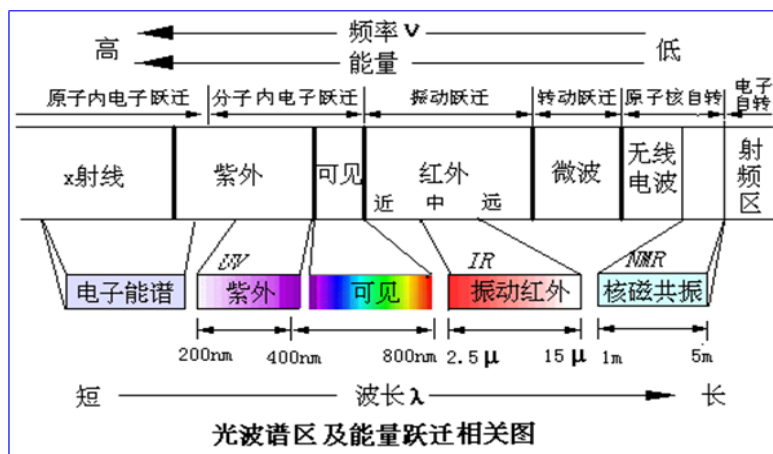
图 总离子流色谱图

## 2.1.2.2 光吸收技术

### 2.1.2.2.1 分子吸收光谱概述

吸收光辐射是物质的一般属性，每种气体都具有自己独特的吸收光谱，称之为特征吸收光谱。当一束光穿过待测空间时，光会被该空间中的分子吸收，导致光强及光谱发生变化，通过分析接收到的光谱，可以定性和定量分析该光路上的物质组分及其含量。光吸收现象遵守**比尔-朗伯光吸收定律**。

分子吸收光谱技术基于有机化合物的键吸收不同频率的光的原理。目前在宽带分子吸收光谱中，红外、紫外和可见光源可以用于选择性地检测一些特定的化学物质。将光源导向目标气体样本，并观察所得到的光吸收图案。分析吸收峰图案以鉴定化合物，同时分析峰的强度以鉴定化合物的浓度。



采用现代仪器分析方法，可以快速、准确地测定有机化合物的分子结构。在有机化学中应用最广泛的测定分子结构的方法是四大谱法：**紫外光谱、红外光谱、核磁共振和质谱**。

红外线和可见光一样都是电磁波，而红外线是波长介于可见光和微波之间的一段电磁波。红外光又可依据波长范围分成近红外（NIR）、中红外（MIR）和远红外（LIR）三个波区，其中MIR中红外区（ $2.5 \sim 25 \mu\text{m}$ ； $4000 \sim 400\text{cm}^{-1}$ ）能很好地反映分子内部所进行的各种物理过程以及分子结构方面的特征，对解决分子结构和化学组成中的各种问题最为有效，因而中红外区是红外光谱中应用最广的区域，一般所说的红外光谱大都是指这一范围。

红外光谱作为“分子的指纹”广泛的用于分子结构和物质化学组成的研究。根据分子对红外光吸收后得到谱带频率的位置、强度、形状以及吸收谱带和温度、聚集状态等的关系便可以确定分子的空间构型，求出化学键的力常数、键长和键角。从光谱分析的角度看主要是利用特征吸收谱带的频率推断分子中存在某一基团或键，由特征吸收谱带频率的变化推测临近的基团或键，进而确定分子的化学结构，当然也可根据特征吸收谱带强度的改变对混合物及化合物进行定量分析。

紫外吸收光谱、可见吸收光谱也都属于分子光谱。它们都是由于价电子的跃迁而产生的。利用

物质的分子或离子对紫外和可见光的吸收所产生的紫外可见光谱及吸收程度可以对物质的组成、含量和结构进行分析、测定、推断。

#### 2.1.2.2.2 色散与非色散

光吸收技术被分类为色散或非色散的。

	是否色散	精度	能否快速响应	是否多组分
NDIR	N	PPM	Y	N
TDLAS	N	PPB/PPM	Y	N
GC-FID	N	0.1ppm	N	N
PID	N	PPB/PPM	Y	N
GC-MS		Ppb & Sub-ppb	N	N
FTIR	Y	0.5PPM	M	Y
DOAS	Y	Ppb/Sub-ppb	Y	Y

##### 色散 (dispersive)

在色散方法中，在电磁谱的有限区域上测量分子的光谱吸收。获得分子特征的光谱吸收图谱或光谱，其可用于识别分子和确定样品中分子的浓度。扫描光谱仪和傅里叶变换红外 (FTIR) 光谱仪产生这样的光谱。FTIR 光谱法是一种色散技术，其中对于样品中包含的所有红外光吸收化合物获得在有限光谱范围内的吸收光谱。DOAS 也是色散的。

##### 非色散 (nondispersive)

在非色散方法中，所谓的非色散红外 (NDIR) 和非色散紫外 (NDUV) 技术，不扫描光谱，这里，吸收光能的波长被用作仪器设计的基础，相当简单。TDLAS 是一种的非色散方法。

#### 2.1.2.2.3 分子吸收光谱的分类

分子内部的运动有转动、振动和电子运动，相应状态的能量 (状态的本征值) 是量子化的，因此分子具有转动能级、振动能级和电子能级。通常，分子处于低能量的基态，从外界吸收能量后，能引起分子能级的跃迁。电子能级的跃迁所需能量最大，大致在  $1 \sim 20$  eV (电子伏特) 之间。根据量子理论，相邻能级间的能量差  $\Delta E$ 、电磁辐射的频率  $\nu$ 、波长  $\lambda$  符合下面的关系式：

$$\Delta E = h \nu = h \times c / \lambda$$

式中  $h$  是普朗克常量， $c$  是光速，应用该公式可以计算出电子跃迁时吸收光的波长。

相应地，分子吸收光谱也分为三类——转动、振动和电子光谱。

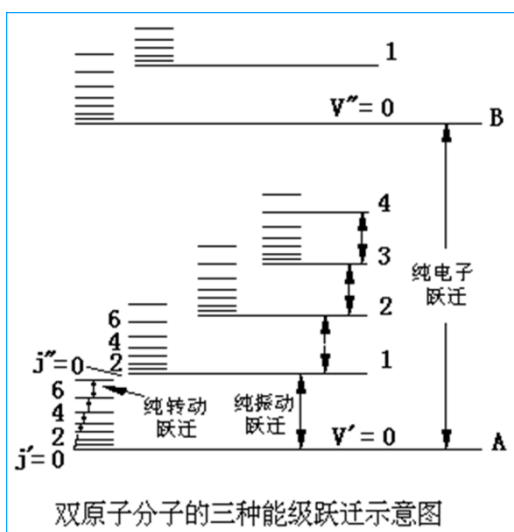
1. 纯粹的转动光谱只涉及分子转动能级的改变，不产生振动和电子状态的改变，转动能级间距很小，吸收光子的波长长，频率低。两个转动能级相差  $10^{-3} \sim 10^{-2}$  kcal/mol。单纯的转动光谱发



生在远红外和微波区。

2. 振动光谱反映分子转动能级改变，分子吸收光子后产生振动能级跃迁，在每一振动能级改变时，还伴有能级改变，谱线密集，显示出转动能级改变的细微结构，吸收峰加宽，称为“振动—转动”吸收带，或“振动”吸收。引起这种改变的光子能量比第一种的高，两个振动能级相距为  $0.1 \sim 10 \text{ kcal/mol}$ ，产生于波长较短，频率较高得近红外区，主要在  $1 \sim 30 \mu\text{m}$  的波长区。

3. 许多有机分子中的价电子跃迁，须吸收波长在  $200 \sim 1000 \text{ nm}$  范围内的光，恰好落在紫外—可见光区域。因此，紫外吸收光谱是由于分子中价电子的跃迁而产生的，也可以称它为电子光谱。分子吸收光子后使电子跃迁，产生电子能级的改变，即为电子光谱。引起这种改变所需的能量比前两种高，为  $20 \sim 300 \text{ kcal/mol}$ 。电子能级的变化都伴随有振动能级与转动能级的改变。所以两个电子能级之间的跃迁不是产生单一吸收谱线，而是由很多相距不远的谱线所组成的吸收带。



电子能级的跃迁所需能量见下表：

光谱范围	波长范围	吸收光谱类型	能级 (eV)
紫外-可见	紫外光谱范围：10nm ~ 380nm 可见光波段为：380nm ~ 780nm	电子光谱	1~ 20
红外	近红外：是指波长范围从 $0.7 \mu\text{m}$ 至 $2.5 \mu\text{m}$ 的红外光。美国材料检测协会 (ASTM)，将其定义为波长 $780 \sim 2526\text{nm}$ 的光谱区。 中红外：是指波长范围从 $2.5 \mu\text{m}$ 至 $25 \mu\text{m}$ 的红外光，是分子结构分析最有用、信息最丰富的区域。	振动光谱	$0.05 \sim 1$
	远红外：是指波长范围从 $25 \mu\text{m}$ 至 $300 \mu\text{m}$ 的红外光。	转动光谱	$0.005 \sim 0.05$

## 2.2 化工园区环境空气质量监测技术分析

从上世纪开始，大气环境污染问题逐渐引起各国的关注，人们对环境质量的的要求不断提升。大气环境监测的概念和方法不断深化，监测气体的种类与范围不断扩大。早期的环境监测是以化学分析为主，依靠物质间发生的化学反应，实现对测定对象间断的、定时、定点局部的分析，但该技术已经不能适应日益增长的及时、准确、全面大气环境监测需求。随着科学技术的不断进步，大气环境监测技术迅速发展，新的仪器设备、计算机控制等手段在大气环境监测中得到了广泛应用。大气环境监测从单一的依靠传感器进行分析，发展到化学监测、物理监测、生物检测、光学遥感（卫星）监测等技术手段。监测范围从一个点发展到一个区域，大气环境监测的气体种类也日益增多，一个以大气环境分析为基础，以物理测定为主导，以生物监测为补充的大气环境监测技术体系已初步形成。

### 2.2.1 “点式”监测技术分析

VOCs 是化工园区的主要污染因素之一。VOCs 的监测可以分为手工监测和自动监测两大类。相对于“现场采样—实验室分析”的手工监测，自动监测具有时效性强、数据量大、代表性较好、较节省人力、仪器较复杂等特点。目前我国大气 VOCs 自动监测方法主要是两大类：直接进样-软电离-质谱法、富集-热脱附-气相色谱法。

#### 2.2.1.1 传感器

广义的传感器（sensor）是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

传感器主要依据三类基本感测原理：化学、电离和光谱学。

##### 2.2.1.1.1 化学式传感器

化学传感器通常包含感测基板，通常是金属或聚合物膜，其与污染物相互作用以在基板的物理性质（例如电阻率或质量）上产生可测量的变化。下面是几种典型的化学传感器：

##### 电化学气体传感器

电化学传感器通常由包含电解质（固体或液体）和电极（一个称为工作电极，另一个称为参考电极）的电化学电池组成。进入的气体在工作电极处反应并且在工作电极和参考电极之间产生与目标气体浓度成比例的可测量的电势差。有的电化学传感器还使用纳米材料，或通过改变电解质或电极组成来提高传感器的灵敏度、选择性和成本效益。

### 金属氧化物半导体（MOS）传感器

也称为化学电阻器。金属氧化物半导体传感器通常由 n 型或 p 型氧化物构成的厚、薄或多孔膜，金属电极和用于提高反应速率的内部加热装置组成。进入的气体或污染物吸附到沉积在薄硅层上的膜，通常是过渡金属氧化物或重金属氧化物，例如  $\text{SnO}_2$ 、 $\text{WO}_3$  或  $\text{ZnO}$  进行催化氧化。氧化反应导致感测材料的电阻变化，其变化值通常与存在的气体或污染物的浓度成比例。研究表明，对各种 n 型或 p 型氧化物膜组成，电极组成和内部加热温度的主动研究以产生更灵敏，响应和成本有效的感测系统。纳米级材料代表了活性研究领域，其使用具有感测基底的线、棒、粒子和碳纳米管（CNT），以增加反应性表面积，从而增加灵敏度和减少反应时间。

### 聚合物膜（有机和杂化）

有机聚合物膜用作感测材料，其中薄膜聚合物提供通常高度敏感的导电或荧光表面。使用有机膜相对于无机膜的优点包括具有在室温下操作的能力。薄膜聚合物包括聚（甲基丙烯酸 2-（乙酰乙酰氧基）乙酯）（PAAEMA）、聚苯胺（PANI）、聚吡咯（PPy）。这些膜有时用纳米材料例如单壁碳纳米管（SWCNT）改性以增加灵敏度。

聚合物膜还包括由无机氧化物和有机材料组成的混合膜。对于这些杂化物，无机氧化物的有限的化学反应性由有机物质的高比反应性平衡。类似地，有机材料的有限的热稳定性由热稳定的无机氧化物平衡。混合膜具有许多额外的优点，包括易于制造、可控的孔隙率和表面特性，高热稳定性和在传感器反应性和特异性方面的良好的灵活性。

### 表面声波传感器

表面声波传感器包含选择性吸附气态分析物以产生可测量的质量变化的化学膜，其通过表面传播波的变化来检测。

### 基于纳米技术的传感器

这个类别是横向的，因为许多使用纳米技术的传感器涉及化学技术。纳米晶体金属氧化物、碳纳米管（CNT）、有机纳米复合材料和其他纳米材料和涂层正用于开发越来越小的传感器。一些纳米级材料被作为独立的感测薄膜使用，而其他纳米级材料被并入到集成系统中以通过增加的表面积来改善感测特性。

## 2.2.1.1.2 电离式传感器

这些（广义的）传感器以前是作为固定的、非便携式传感器；然而，一些传感器例如光电离检测器和质谱仪正在被改进，以使它们更便携和更具有成本效益。

### 质谱法

质谱仪由离子源、分析器、检测器和数据记录器组成。可以改变这些系统的若干元件以解决特定的化学物质。主要的离子形成技术包括电子碰撞电离、化学电离、快速原子轰击、电子扫描电离和基质辅助激光解吸电离。质谱分析仪包括磁、静电、四极杆、离子阱、飞行时间和傅立叶变换离

子回旋共振等。检测器部件包括二次电子倍增器，光电倍增管和多通道板。

### 气相色谱法

在传统的气相色谱（GC）系统中，将气体样品（纯的或混合的）注入色谱仪，其中它选择性地溶解或吸收在色谱柱中。当气体样品通过色谱柱时，气体样品的组分以不同的速率与吸收剂相互作用，允许选择性分离。生成计算机图表，其描绘气体样品的各种组分离开柱的速率。一般速率峰与特定化学品或化学物质相关。在使用 GC 进行选择分离的系统中，光电离和火焰离子化检测器（PID 和 FID）和质谱仪是通常使用的检测器。

### 光电离检测器（PID）

光电离探测器利用物质特定的电离电位（IP）。该系统的核心部件是发射特定光频率的紫外线（UV）灯。可以检测电离电位小于或等于灯的 IP 的气体。基于沉积在收集电极上的离子（由来自 UV 灯的光子的吸收产生的）的量来测量这些气体的浓度。

### 火焰离子化检测器（FID）

火焰离子化检测器通常是气相色谱系统的一部分。输入的气体样品在被引入火焰之前与氢气混合，这将导致电子的释放。电子在电极处收集并转换成电输出信号。灵敏度受气体流速（火焰离子化之前和之后）、火焰射流出口直径、部件的定位和检测器温度影响。

## 2.2.1.1.3 光谱式传感器

光谱技术包括检查由分子和能量源（例如光）之间的相互作用产生的物质特异性发射和/或吸收光谱。该技术基于化学物质在特定频率吸收光的原理操作。这个类别包括并且通常被称为基于光学感测技术。

### 宽带分子吸收光谱

分子吸收光谱技术基于有机化合物的键吸收不同频率的光的原理。目前在宽带分子吸收光谱中，红外、紫外和可见光源可以用于选择性地检测一些特定的化学物质。将光源导向目标气体样本，并观察所得到的光吸收图案。分析吸收峰图案以鉴定化合物，同时分析峰的强度以鉴定化合物的浓度。

### 激光吸收光谱

该方法涵盖多种激光器，包括量子级联激光器（QCL）、可调谐二极管激光器和经调整以在特定光频率范围内或之内操作的有机微激光器。可以基于对应的光吸收光谱的知识来制造污染物特异性传感器。使用这种技术的一些设备还可以包括光纤，检测路径或单元和光电检测器。开发更响应的聚合物涂层和聚合物纳米线可以增加传感器的灵敏度。

### 分子和原子发射光谱

#### （a）发光

发光是“冷体”辐射的一种形式，意味着反应不是由热源引起的。在样品气体从源（例如辐射或化学反应）吸收能量，使其处于不稳定的激发态之后发生放射。当物质经历转变回到优选的基态

时，吸收的能量作为光释放。因为只有小百分比的反应分子发光，所以这些传感器可以是化学特异性的。该类别中的技术包括生物发光，催化发光，化学发光和荧光。

#### (b) 激光诱导击穿光谱法 (LIBS)

该技术使用高功率脉冲激光束产生激光诱导等离子体，然后蒸发，雾化和激发气体样品的原子。所得到的发射强度和频率用于确定物质的身份和浓度。

#### 光散射（比浊法）

光散射或比浊技术测量由与由光束和光学检测器的视场的交叉点限定的特定体积或面积内的微粒接触而产生的散射光的辐照度。所得到的电信号与存在的颗粒的浓度成比例。这种技术对微粒浓度的快速变化非常敏感，但它仅响应具有恒定光学性质的物质。

#### 激光雷达 (LIDAR)

该检测技术可以应用于多个光谱感测系统，包括激光吸收和荧光发射。使用激光或其它光源照射目标气体样品。记录和分析背向散射光以确定样品组成和浓度。

### 2.2.1.1.4 传感器所检测的污染因子

方式	检测技术	对应的检测因子
化学式传感器	电化学（特别是 MOS 和膜传感器）	乙醛、丙酮、醇、氨、苯、CO、二氧化碳、甲醛、NO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、酚盐、PM、TVOC
	基于纳米技术	乙醛、氨、苯、CO、二氧化碳、甲醛、硫化氢、甲烷、NO <sub>2</sub> 、氧气、SO <sub>2</sub> 、VOCs
	聚合物膜	乙醛、氨、CO、甲醛、三硝基甲苯
	表面声波	H <sub>2</sub> S、NO <sub>x</sub>
光谱式传感器	吸收	氨、苯、CO、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、爆炸物
	发射	丙烯醛、氨、硫化氢、SO <sub>2</sub> 、VOCs
	激光吸收	丙烯醛、BTEX、CO、NO <sub>2</sub> 、PM、VOCs
	激光雷达	氨、硫化氢、NO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、PM
	光散射	PM
电离式传感器	质谱	PM 超细颗粒、VOCs
	色谱	苯系物及其它 VOCs

### 2.2.1.2 气相色谱技术

气相色谱法（gas chromatography 简称 GC）是色谱法的一种。色谱法中有两个相，一个相是流动相，另一个相是固定相。如果用液体作流动相，就叫液相色谱，用气体作流动相，就叫气相色谱。



谱。气相色谱属于柱色谱，根据所使用的色谱柱粗细不同，可分为一般填充柱和毛细管柱两类。一般填充柱是将固定相装在一根玻璃或金属的管中，管内径为 2~6 毫米。毛细管柱则又可分为空心毛细管柱和填充毛细管柱两种。空心毛细管柱是将固定液直接涂在内径只有 0.1~0.5 毫米的玻璃或金属毛细管的内壁上，填充毛细管柱是近几年才发展起来的，它是将某些多孔性固体颗粒装入厚壁玻管中，然后加热拉制成毛细管，一般内径为 0.25~0.5 毫米。

### 2.2.1.3 质谱技术

质谱法 (Mass Spectrometry, MS) 即用电场和磁场将运动的离子（带电荷的原子、分子或分子碎片，有分子离子、同位素离子、碎片离子、重排离子、多电荷离子、亚稳离子、负离子和离子-分子相互作用产生的离子）按它们的质荷比分离后进行检测的方法。测出离子准确质量即可确定离子的化合物组成。这是由于核素的准确质量是一多位小数，决不会有两个核素的质量是一样的，而且决不会有一种核素的质量恰好是另一核素质量的整数倍。分析这些离子可获得化合物的分子量、化学结构、裂解规律和由单分子分解形成的某些离子间存在的某种相互关系等信息。

#### 2.2.1.4 GC-MS

气相色谱 (GAS CHROMATOGRAPHY, GC) 具有极强的分离能力：当多组分的混合样品进入色谱柱后，由于吸附剂对每个组分的吸附力不同，经过一定时间后，各组分在色谱柱中的运行速度也就不同。吸附力弱的组分容易被解吸下来，最先离开色谱柱进入检测器，而吸附力最强的组分最不容易被解吸下来，因此最后离开色谱柱。如此，各组分得以在色谱柱中彼此分离，顺序进入检测器中被检测、记录下来。

质谱 (MASS SPECTROMETRY, MS) 对未知化合物具有独特的鉴定能力，且灵敏度极高，因此 GC-MS 是分离和检测复杂化合物的最有力工具之一；质谱分析是一种测量离子荷质比（电荷-质量比）的分析方法，其基本原理是使试样中各组分在离子源中发生电离，生成不同荷质比的带正电荷的离子，经加速电场的作用，形成离子束，进入质量分析器。在质量分析器中，再利用电场和磁场使发生相反的速度色散，将它们分别聚焦而得到质谱图，从而确定其质量。

#### 2.2.1.5 离子迁移谱技术

迁移率光谱法是一种类似于质谱中使用的飞行时间技术的技术，除了分析器在环境压力下操作，并且离子在电场中漂移到检测器。商用离子迁移仪器是单组分仪器，已经针对 HF、HCl、NH<sub>3</sub>、过氧化氢 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、氢氰酸 (HCN)、Cl<sub>2</sub> 和二氧化氯 (ClO<sub>2</sub>) 的测量进行了优化。醛、酮、胺、聚芳族化合物等，也可以通过这种技术测量。然而，这些气体的具体仪器没有商业上用于排放源监测的应用。

#### 2.2.1.6 “点式”监测系统的优劣分析

“点式”监测系统具有如下优点：

准确定量，有标准可依，有的设备还通过了环保认证和计量许可证，监测数据有法律依据，可应用于排污收费等环境监管工作。比如针对化工园区环境空气质量监测，“点式”监测是国家评价区域环境空气质量标准监测方法，仪器检测限低，精度高，旨在精确分析特征污染因子浓度，为化工园区环境空气质量分析提供科学可靠的数据，结合环境空气质量监测系统软件，实现对数据的分析和应用。

“点式”监测系统的缺点是：

其监测因子单一，监测浓度更为精确，但由于化工园区监测因子多而复杂，需配置多台监测设备，成本较高。

对于腐蚀性较强的、有毒有害的污染气体，也不宜采用抽取式在线监测。

## 2.2.2 “线式”监测技术分析

“线式”监测手段是指测量一段直线上的平均浓度，包括傅里叶红外技术、差分光学吸收光谱技术和可调谐半导体激光吸收光谱技术等。三者在使用长光程（open-path）监测时，都需要在光路的末端安装角反射镜。

### 2.2.2.1 傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）

一定频率的红外线经过分子时，被分子中相同振动频率的键振动吸收，记录所得透过率的曲线称为红外光谱图。红外光谱图是由于化合物分子振动时吸收特定波长的红外光而产生的，化学键振动所吸收的红外光的波长取决于化学键动常数和连接在两端的原子折合质量，也就是取决于化合物的结构特征。这就是红外光谱测定化合物结构的理论依据。

在有机物分子中，组成化学键或官能团的原子处于不断振动的状态，其振动频率与红外光的振动频率相当。所以，用红外光照射有机物分子时，分子中的化学键或官能团可发生振动吸收，不同的化学键或官能团吸收频率不同，在红外光谱上将处于不同位置，从而可获得分子中含有何种化学键或官能团的信息。

红外光源发出的红外辐射经过一定浓度待测的气体吸收之后，其吸收关系服从朗伯—比尔（Lambert-Beer）吸收定律。与气体浓度成正比的光谱强度会发生变化，因此计算出光谱强度的变化量就可以推导出待测气体的浓度。比如  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  等其他在红外波段都有自己的特征吸收带，特征吸收就如同指纹一样具有可鉴别性，通过在特征吸收带对红外能量的吸收，可以反映出气体浓度的大小。当红外能量经过高浓度的待测气体时，其特征吸收峰附近的红外能量会被全部吸收。而光通路上不存在待测气体时，红外辐射在其特征吸收峰处没有影响。因此，气体就可以看做是一种可以吸收红外能量的滤波器。

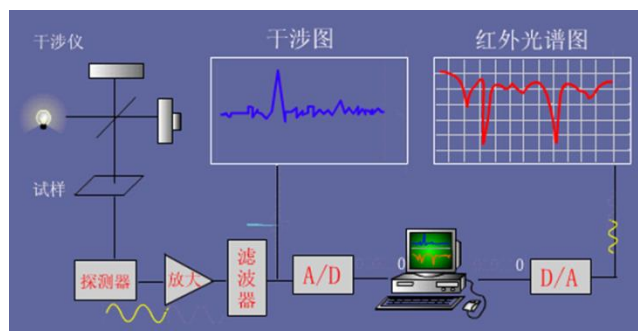


### 2.2.2.1.1 傅里叶变换红外（FTIR）光谱技术原理

傅里叶红外可通过对大气痕量气体成分红外辐射“指纹”特征吸收光谱测量与分析，可实现同时定性和定量分析多种气体，并可数公里的远距离检测。在化工园区边界布置环境空气自动监测监控站点，以预警预报为主，其要求分析快速，数秒或数分钟内即需获得监测数据，根据需求特点，可选用傅里叶红外监测，且选用可实现对测试区域面扫描的主动式傅里叶红外技术，对边界多组分气体预警监测。

傅里叶红外分析仪通过对对大气痕量气体成分红外辐射“指纹”特征吸收光谱测量与分析，实现多组分气体的定性和定量在线自动监测。仪器如果检测到污染、有毒有害气体，专用的软件会自动报警，并提供污染物质的名称、相对浓度、飘散方向等信息。

傅里叶变换红外光谱仪（Fourier Transform Infrared Spectrometer，简称为 FTIR Spectrometer），简称为傅里叶红外光谱仪。它不同于色散型红外分光的原理，是基于对干涉后的红外光进行傅里叶变换的原理而开发的红外光谱仪，主要由红外光源、光阑、干涉仪（分束器、动镜、定镜）、样品室、检测器以及各种红外反射镜、激光器、控制电路板和电源组成。可以对样品进行定性和定量分析。



FTIR 原理图

光源发出的光被分束器（类似半透半反镜）分为两束，一束经透射到达动镜，另一束经反射到达定镜。两束光分别经定镜和动镜反射再回到分束器，动镜以一恒定速度作直线运动，因而经分束器分束后的两束光形成光程差，产生干涉。干涉光在分束器会合后通过样品池，通过样品后含有样品信息的干涉光到达检测器，然后通过傅里叶变换对信号进行处理，最终得到透过率或吸光度随波数或波长的红外吸收光谱图。

光源发出的光被分束器（类似半透半反镜）分为两束，一束经透射到达动镜，另一束经反射到达定镜。两束光分别经定镜和动镜反射再回到分束器，动镜以一恒定速度作直线运动，因而经分束器分束后的两束光形成光程差，产生干涉。干涉光在分束器会合后通过样品池，通过样品后含有样品信息的干涉光到达检测器，然后通过傅里叶变换对信号进行处理，最终得到透过率或吸光度随波数或波长的红外吸收光谱图。

FTIR 监测系统，是指在监测区域以及区域内监测点源之间，建设多个边界和厂界反光站点，利

用多个傅立叶红外监测设备发射光源，对区域内各监测点源排放的污染因子进行主动、实时、连续、立体的全自动 360° 红外扫描，在重点监测点源附近分阶段建设多个有一定高度的、多层次的中心反光立面，从而覆盖整个监测区域。通过分析区域内污染气体对大气的吸收光谱来反演污染物的浓度，进行定性化、定量化测量。

FTIR 有主动和被动之分。主动 FTIR 发射红外光到被检测气体，检测的是反射镜返回的、被测气体的吸收光谱。被动 FTIR 是检测被测气体的辐射光谱，不需要反射镜。

#### 2.2.2.1.2 傅里叶变换红外光谱仪的特点

FTIR 监测系统具有以下特点：

**信噪比高：**傅里叶变换红外光谱仪所用的光学元件少，没有光栅或棱镜分光器，降低了光的损耗，而且通过干涉进一步增加了光的信号，因此到达检测器的辐射强度大，信噪比高。

**重现性好：**傅里叶变换红外光谱仪采用的傅里叶变换对光的信号进行处理，避免了电机驱动光栅分光时带来的误差，所以重现性比较好。

**扫描速度快：**傅里叶变换红外光谱仪是按照全波段进行数据采集的，得到的光谱是对多次数据采集求平均后的结果，而且完成一次完整的数据采集只需要一至数秒，而色散型仪器则需要任一瞬间只测试很窄的频率范围，一次完整的数据采集需要十分钟至二十分钟。

**非接触性：**可监测大气中痕量气体及有毒有害气体浓度。以非接触的方式对空气中多种气体进行连续在线监测，避免了采样带来的人为干扰。

**高可用性：**高分辨率、高光通道量、多通道测量。可以在线无人看守连续监测，及时反映测量区域内污染信息。

#### 2.2.2.1.3 FTIR 的常见组分

通过 FTIR 监测设备的内建图谱，可检测以下组分：

表 FTIR 常见组分

Species		
acetaldehyde	1,4-dimethyl piperazine	methyl mercaptan
acetic acid	1,4-dioxane	methyl methacrylate
acetone	ethane	2-methyl propene
acetonitrile	ethanol	morphaline
acetylene	ethyl acetate	nitric acid
acrolein	ethylamine	nitric oxide
acrylic acid	ethylbenzene	nitrogen dioxide
acrylonitrile	ethylene	nitrous acid
ammonia	ethylene oxide	ozone
benzene	ethyl mercaptan	pentane
1,3-butadiene	formaldehyde	phosgene
butane	formic acid	phosphine
butanol	furan	propane
1-butene	halocarb-11 (CCl3F)	propanol
cis-2-butene	halocarb-12 (CCl2F2)	propionaldehyde
trans-2-butene	halocarb-22 (CHClF2)	propylene
butyl acetate	halocarb-113 (CFC12CF2Cl)	propylene dichloride
carbon disulfide	hexafluoropropene	propylene oxide
carbon monoxide	hydrocarbon continuum	pyridine
carbon tetrachloride	hydrogen chloride	silane
carbonyl sulfide	hydrogen cyanide	styrene
chlorobenzene	hydrogen sulfide	sulfur dioxide
chloroethane	isobutene	sulfur hexafluoride
chloroform	isobutanol	1,1,1,2-tetrachloroethane
m-cresol	isobutyl acetate	1,1,2,2-tetrachloroethane
o-cresol	isobutylene	tetrachloroethylene
p-cresol	isoprene	toluene
cyclohexane	isopropanol	1,1,1-trichloroethane
1,2-dibromoethane	isopropyl ether	1,1,2-trichloroethane
m-dichlorobenzene	methanol	trichloroethylene
o-dichlorobenzene	methylamine	trimethylamine
p-dichlorobenzene	methyl benzoate	1,2,4-trimethylbenzene
1,1-dichloroethane	methyl chloride	vinyl chloride
1,2-dichloroethane	methylene chloride	m-xylene
1,1-dichloroethylene	methyl ether	o-xylene
dimethylamine	methyl ethyl ketone	p-xylene
dimethyl disulfide	methyl isobutyl ketone	

#### 2.2.2.1.4 傅里叶变换红外光谱仪的优劣分析

下表是主动式 FTIR 的优劣分析：

优势	局限性
相对便宜	气相水、CO、CO <sub>2</sub> 的干扰问题
FTIR 设备相当坚固耐用，便携	典型的设置时间可以从几分钟到几个小时，需要最少两个人操作
有大量的化合物是红外活性的（吸收 IR 光）	对许多无机分子如二氧化硫和氮氧化物只有较弱的 IR 吸收特征
可同时分析大量化合物	红外线束具有有限的范围，并且可能不够灵敏以满足环境数据质量目标。最大路径长度约为 400-500 米。
无需气体校准标准（使用标准参考光谱库）	计算排放通量（排放速率）、面浓度分布将需要多个垂直或水平路径测量，这可能需要大量的时间和成本（多个反射镜）来建立和实施 FTIR 系统。
FTIR 可用于在设施/区域源处定位离散的排放热点。一些仪器是电冷却和敏感的。	典型的红外探测器需要低温冷却才能工作。用于检测器冷却的液氮必须定期（每周）重新填充和维护。
多组分监测使得 FTIR 非常适合于监测设施存在多种化合物的泄漏检测或源定位。	不适用于同核双原子气体，如氯气，氧气和氮气等。
可以允许设备长时间无人值守运行，可以远程访问以检查仪器操作和恢复数据。	单光束开路方法测量沿着路径的平均浓度。该路径必须捕获大多数（如果不是全部）分析物通量以提供精确的排放测量。
无需样品收集，处理或准备	现场实施和数据收集需要经验丰富的人员

#### 2.2.2.2 差分光学吸收光谱仪（DOAS）

差分吸收光谱（DOAS）技术是基于分子对光辐射的吸收，不同的分子对光辐射的吸收是不同的，有各自独特的吸收“指纹”。当一束光穿过大气或被测气体的样品池，光线会被其中的分子选择性地吸收，使得其在强度上和结构上都会发生变化，与原先的光谱进行比较就可以得出吸收光谱。通过分析吸收光谱不但可以定性地确定某些成分的存在，而且可以定量地分析这些物质的含量。

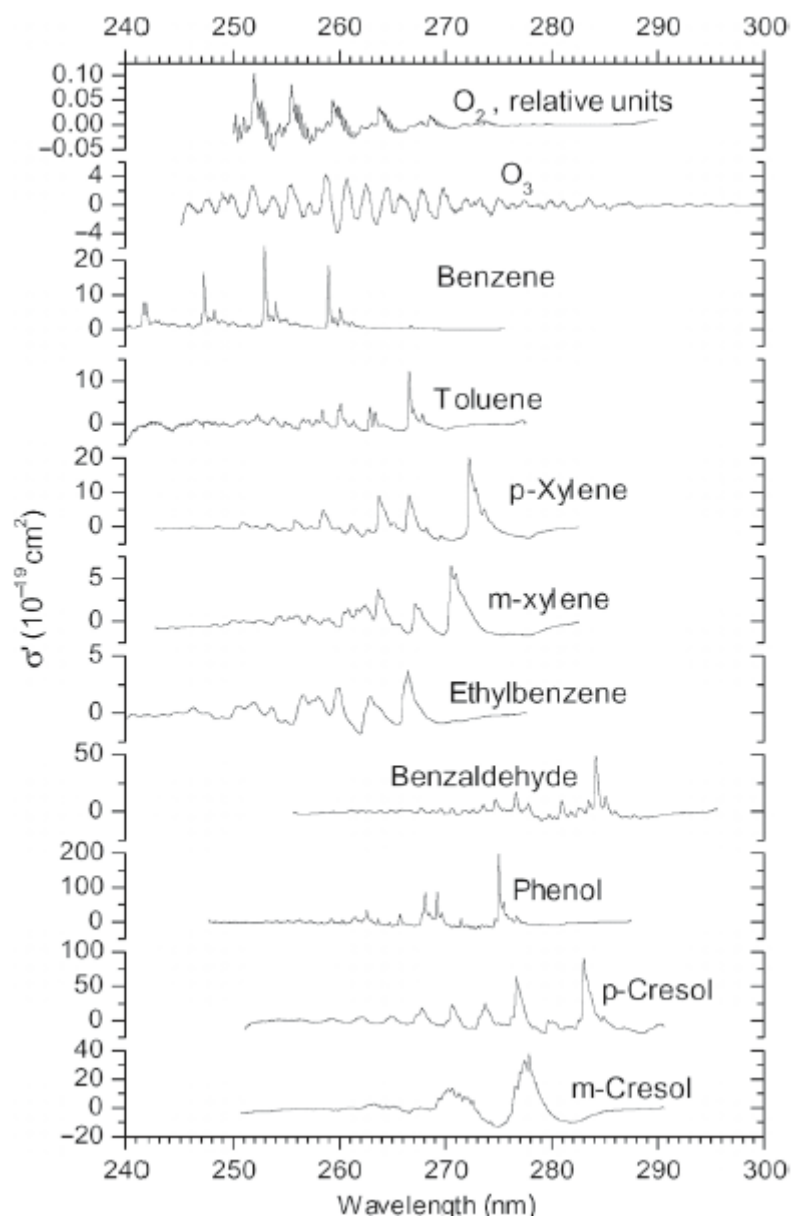
差分光学吸收光谱技术是对诸如探测器、光谱仪和光源类型等都没有特定要求，对光程也没有限定，因此既可以采用远处放置后向反射镜的开放光路，也可以采用短距离的开放光路。为了提高检测灵敏度，短距离测量时通常采用多次反射池结构。而在开放光程大气测量时，由于不存在池壁吸收或损耗等问题，因此特别适用于对大气化学循环中不稳定、短寿命的中间体如自由基的测量。

#### 2.2.2.2.1 DOAS 的工作原理

来自高功率卤钨灯、氙灯或氙弧灯的光束通过共轴望远镜，直接照射到远处的反射镜上，反射回的光线经光导纤维传入光谱仪的入射口，经平面衍射光栅色散后，由安装在出口狭缝处的线性扫描器以高于大气湍流形成测量噪声的速率进行扫描，以减小湍流对测量的影响。通过扫描器的光线由光电倍增管放大，输出信号被光谱仪内的数据采集系统记录下来，再通过 A/D 转换器传送至计算机的内存储器。用上述方法获得足够数据后，就可建立起吸收光谱数据库。通过吸收光谱与参比光谱对照，可以对气体组分作定性分析，通过测量光吸收强度，可以算出该气体的浓度。

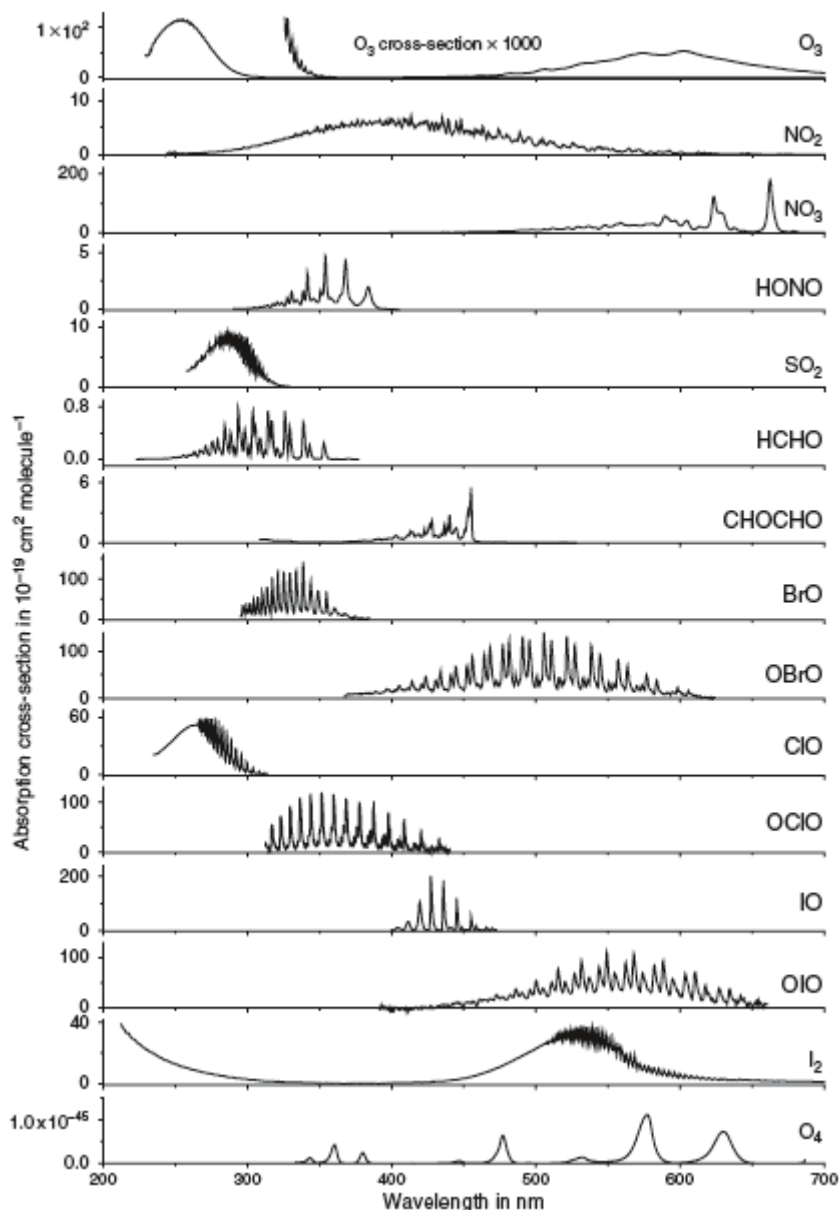
在理论上，可以测量在紫外、可见或近红外中具有这些窄吸收带的所有气体。然而，这些化合物在大气中的浓度和当今 DOAS 仪器的检出限限制了可检测的微量气体的数量。随着 DOAS 仪器在未来的改进，可检测气体的名单很可能会增加。

吸收紫外波段的气体其吸收光谱也具有独特的形状，即“指纹”。参见下图：



气体指纹图





气体指纹图

长光程差分光谱分析仪(DOAS)以线监测代替“点式”监测,能更准确地反映大气污染情况,对空气中十几种污染物的含量可同时进行自动定性、定量分析,具有快速准确,体积小,校正简单等特点。

近年来,DOAS 技术的应用已经得到了极大的发展,包括用太阳光、天空散射光作光源的**被动** DOAS 技术,以及测量痕量气体三维浓度分布场的断层扫描 DOAS 技术,已被广泛应用于各种测量平台如地基、机载、星载和球载平台进行各种大气痕量气体、污染气体和大气垂直廓线的测量。

#### 2.2.2.2 UV-DOAS 常见组分

UV-DOAS 常见组分见下表:



Species	Species	Species
<b>1,3-Butadiene</b>	<b>Formaldehyde</b>	Ozone
<b>Acrolein</b>	Hydrogen Fluoride	<b>Sulfur Dioxide</b>
<b>Ammonia</b>	Isoprene	<b>Styrene</b>
<b>Benzene</b>	<b>Mercury</b>	<b>Toluene</b>
<b>Carbon Disulfide</b>	Nitric Oxide	<b>m,p-Xylene</b>
<b>Chlorine</b>	Nitrogen Dioxide	<b>o-Xylene</b>
<b>Ethyl Benzene</b>	Nitrous Acid	

\*Compounds in **bold** are EPA Hazardous Air Pollutants (HAPs).

UV-DOAS 的检出限参考下表：

Pollutant	Lower Detection Limit (ppb)	Path Length (m)
Ammonia	800	200
Benzene	single digit ppb	500
Carbon Disulfide	500	5000
Formaldehyde	single digit ppb	500
Nitrous Acid	single digit ppb	500
Nitrogen Dioxide	single digit ppb	1000
Nitrogen Oxide	240	200
Ozone	single digit ppb	1000
Sulfur Dioxide	single digit ppb	1000
Toluene	single digit ppb	200
m,p-Xylene	10	500
o-Xylene	single digit ppb	500

#### 2.2.2.2.3 差分光学吸收光谱技术的特点

差分光学吸收光谱技术的特点包括：

- ✓ 精度高，浓度测量下限低，可实时连续测量。
- ✓ 维护方便，运行成本低，可同时测量不同气体成分。
- ✓ 不需样气，可进行固定和流动测量，有自我标定系统。
- ✓ 监测距离长、适用范围广。

#### 2.2.2.2.4 典型产品举例—OPSIS AR500 系列

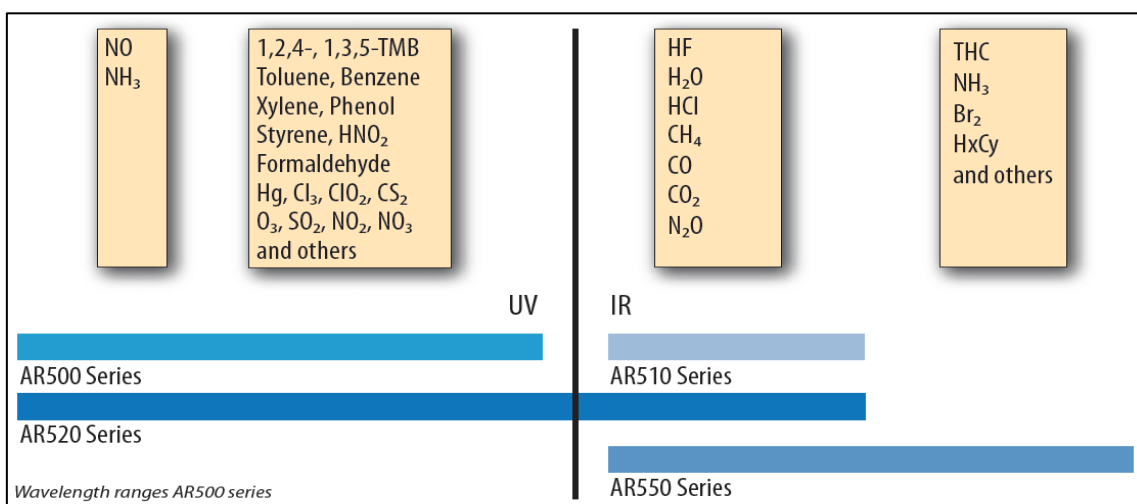
常用的 DOAS 包括紫外（200nm-400nm）的 UV-DOAS 和红外（2.5um-15um）的 IR-DOAS。有的仪器可同时配置紫外和红外探头，比如 OPSIS AR520 系列。

OP SIS AR500 分析仪是 OP SIS 环境空气质量监测系统的核心单元。它可以接受一条或多条光路通过光纤传送来的光信号，同时提供数据给 OP SIS 软件进行显示，它包括一台调制解调器，可以把数据上传到远程的电脑，还可以进行远程监控和调节。AR500 分析仪有一个高性能的分光计。可以把收到的光信号转换成数字信号，同时用内置的电脑来分析。计算机软件包括若干被测气体的唯一的吸收光谱。根据 Beer Lambert 的定律，任何元素的分子都有它们特定的实收光谱，通过接收到的吸收光谱来监测空气中混合气体的成分与浓度。

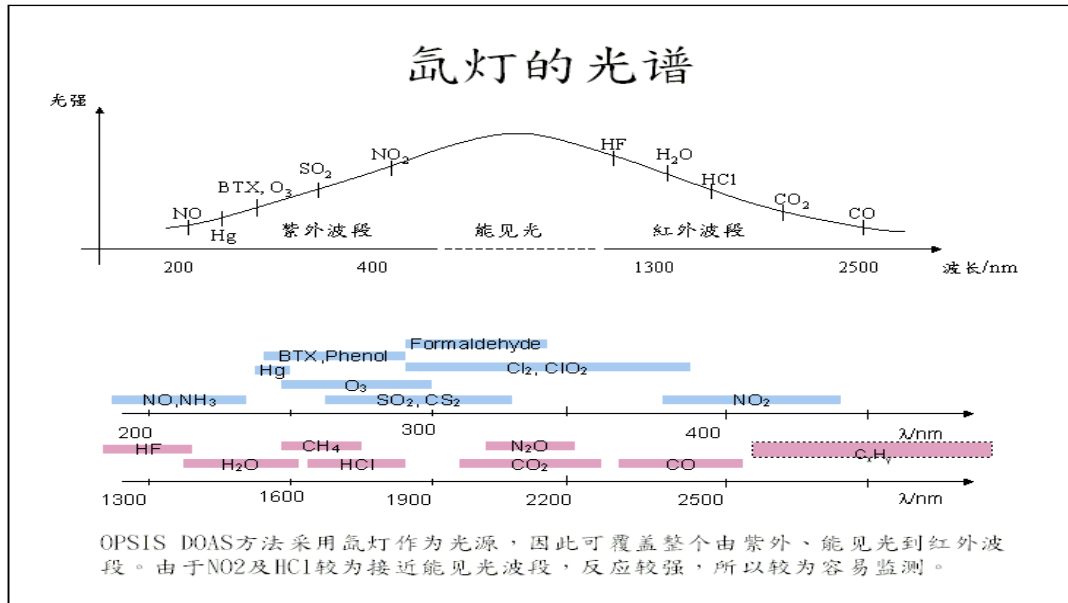
系统对每个来自接收器的信号进行数学计算，除去混合物中其他无关气体和尘埃的干扰吸收光谱。

OP SIS 是模块化的系统，可以随时进行升级或者扩展。一套 OP SIS 分析仪包括以下标准接口配置，如一个多路器（使用到多条光路时）和一个数据采集器（整合来自气象传感器的信号时）。此外，AR500 分析仪可以配备一套自动校准设备。

升级 OP SIS 监测系统来监测另外的气体，只需要简单的软件模块化升级。



氙灯发出的光谱包含包括整个由紫外(UV)、可见光(VIS)到红外(IR)组成的波段。UV 分析仪 AR500S 可在 200–500nm 波段内分析，所以可监测不同项目，如 BTX（苯、甲苯、二甲苯）、苯酚、CS<sub>2</sub>、CL<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>…等。当然还可以在同一个分析仪中，增加 IR 探测器，以监测红外波段的气体，比如 HF、HCl 等。



AR500/520 可以同时测量环境空气中的 NH<sub>3</sub>、CS<sub>2</sub>、苯、甲苯、Cl<sub>2</sub>、HF、HCL 等化工园区常见污染气体：

Compound	Max. measurement range <sup>(3)</sup> (500 m path) <sup>(4)</sup>	Min. detectable quantities (monitoring path 500 m, measurement time 1 min.)	Zero drift (500 m path, max. per month)	Span drift (per month, better than)	Span drift (per year, better than)	Linearity error (of measurement range, better than)	Max. length of fibre optic cable (when measuring several compounds) <sup>(1)</sup>	Hardware requirement
<b>AR500/AR520 Analyser</b>								
NO <sub>2</sub>	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
SO <sub>2</sub>	0-5000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
O <sub>3</sub>	0-1000 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	±4 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
NO <sup>(2)</sup>	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	±4 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
NH <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	0-500 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	±4 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
NO <sub>3</sub>	0-500 µg/m <sup>3</sup>	0.1 µg/m <sup>3</sup>	±0.2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
HNO <sub>2</sub>	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
HF	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	±40 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR520
Hg	0-2000 ng/m <sup>3</sup>	20 ng/m <sup>3</sup>	±40 ng/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
H <sub>2</sub> O	0-100 g/m <sup>3</sup>	0.2 g/m <sup>3</sup>	±0.4 g/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR520
Styrene	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	±10 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
CS <sub>2</sub>	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	±40 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Cl <sub>2</sub> <sup>(5)</sup>	0-10000 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	±100 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Formaldehyde	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	±4 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Acetaldehyde	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	±40 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Phenol	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Benzene	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
Toluene	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
p-, m-Xylene	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/m <sup>3</sup>	±2 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
o-Xylene	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	±20 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
o-, m-, p-Cresol	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	±10 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	±10 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520
C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	0-2000 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	±10 µg/m <sup>3</sup>	±2%	±4%	±1%	10 m	AR500/520

## 2.2.2.2.5 UV-DOAS 的优劣分析

下表是主动式开放光程 UV-DOAS 的优劣分析：

优势	局限性
可以 7*24 遥感监控	设置远程接收光学器件或反射器可能很困难。
有的仪器可同时监测三种标准污染物和痕量物质。	许多物种没有适当的紫外-可见吸收结构，使得它们不能被 UV-DOAS 检测到。
可校准。	需要准确的参考光谱，不过参考光谱可能是误差来源之一。
典型路径长度为 500 m，可能的测量路径长度更长，高达 10 km。	过长的路径可能会导致数据可用性较差。
非接触测量可以检测不稳定的大气物种。	受可见度差的影响。
可提供近实时数据。	数据应用比较困难。
便携。可用于移动应用。	

### 2.2.2.3 可调谐半导体激光吸收光谱（TDLAS）

可调谐二极管激光吸收光谱法是在二极管激光器与长光程吸收池技术相结合的基础上发展起来的一种新的痕量气体检测方法，这种方法不仅精度较高、选择性强而且响应速度快。

#### 2.2.2.3.1 TDLAS 的原理

可调谐半导体激光吸收光谱（TDLAS）技术也是一种光谱吸收技术，通过分析激光被气体的选择性吸收来获得气体的浓度。它与传统红外光谱吸收技术的不同之处在于，半导体激光光谱宽度远小于气体吸收谱线的展宽。因此，TDLAS 技术是一种高分辨率的光谱吸收技术，半导体激光穿过被测气体的光强衰减遵循朗伯-比尔（Lambert-Beer）定律。可调谐半导体激光非常适于在**红外谱区**特别是**中红外谱区**对痕量气体或污染气体进行高分辨光谱测量。

激光（LASER）是产生具有小横截面积的窄波长光的技术。OP-TDLAS 已经被公认为一种可靠的技术用于现场测量各种气体污染物。激光器发射单一波长的光。在 TDLAS 中，可以通过调节温度和偏置电流在小范围内“调谐”波长以匹配目标化合物的准确吸收波长。激光器的波长在目标物质的选定的吸收特征上调谐。记录测量的吸收光谱，并结合测量的气体温度和压力，有效路径长度和已知的线强度，用于确定浓度的定量测量。。

调制光谱检测技术是一种可以获得较高检测灵敏度的 TDLAS 技术。它通过快速调制激光频率使其扫过被测气体吸收谱线的定频率范围，然后采用相敏检测技术测量被气体吸收后透射谱线中的谐波分量来分析气体的吸收情况。调制类方案有外调制和内调制两种，外调制方案通过在半导体激光器外使用电光调制器等来实现激光频率的调制，内调制方案则通过直接改变半导体激光器的注入工作电流来实现激光频率的调制。

OP-TDLAS 是相对便宜的技术，其在**近红外**范围中发射非常窄的波长。虽然**中红外**波长激光器

是可用的，但是它们更难以操作或者目前对于一般使用来说成本过高。因为发射的波长非常窄，可以选择特定于特定化合物的振动或旋转，所以 OP-TDLAS 消除了大多数干扰。缺乏干扰和激光束的高强度允许更长的开放路径长度，高达 1 至 2km，因此，TDLAS 可以测量更高的灵敏度。当前使用的近红外 OP-TDLAS 单元受到可从通常可用的 TDLAS 获得的小数目的化合物特定波长以及对于每种感兴趣的化合物使用不同的 TDLAS 的必要性的限制。

### 2.2.2.3.2 TDLAS 常见组分

OP-TDLAS 常见组分见下表：

Species	Approximate near-IR $\lambda$ (nm)	Reported Detection Limit (ppm-m)
ammonia	760, 1500	0.5-5.0
carbon monoxide	1570	40-1,000
carbon dioxide	1570	40-1,000
hydrogen chloride	1790	0.15-1
hydrogen cyanide	1540	1.0
hydrogen fluoride	1310	0.1-0.2
hydrogen sulfide	1570	20
methane	1650	0.5-1
nitric oxide	1800	30
nitrogen dioxide	680	0.2
oxygen	760	50
water	970, 1200, 1450	0.2-1.0

acetylene	1520	These compounds are not commonly measured, therefore detection limits are not readily available.
ethylene	1693	
formaldehyde	1930	
hydrogen bromide	1960	
hydrogen iodide	1540	
nitrous oxide	2260	
phosphine	2150	
propane	1400, 1500, 1700	

### 2.2.2.3.3 OP-TDLAS 的优劣分析

下表是开放光程 TDLAS 的优劣分析：

优势	局限性
现场设备重量轻，通常低于 75 公斤，相对容易运输和设置。	每个激光器只检测一种组分。

比替代技术便宜。	较少的可测量化合物和有限的灵敏度。
宽线性响应导致许多目标化合物的测量从 0.1 到 1,000 ppm。	定量受限于在近红外和中红外范围内具有强吸收的化合物。
测量更长的路径长度（与其他 ORS 技术相比为 1 公里）。	对于所有开放光路光学测量，被阻挡的光束导致没有测量
坚固的现场使用，低维护，最少消耗品操作。	
快速反应 - 通常为 1 秒钟。	
无人值守的测量数据收集。	
来自其他气体的干扰较小，可获得较高的化合物特异性	
降低每次测量的设备成本，复用信号的能力强	

#### 2.2.2.3.4 TDLAS 的其他应用

TDLAS 一般与多次反射吸收池及调制光谱技术结合在一起，结果使某些分子的检测限达到了几个 ppm，而对大多数痕量气体和污染气体，检测限一般也可达到 ppm 级。目前，TDLAS 一般采用波长调制技术和二次谐波检测技术进行调制和检测，具有高分辨率、快速响应的特点。

光腔衰荡光谱仪（CRDS）和积分腔输出光谱仪（ICOS）是激光吸收光谱法的应用范例，其测量在封闭的样品路径中散射和吸收光的化合物的光学消光。可得到 ppt 级的水平。这种技术最常用于测量弱吸收或高度稀释的大气样品。

传统的吸收光谱技术测量通过样品后的光强度相对于光的初始强度的变化。CRDS 技术通过测量从高精度光学腔出射的光强度的衰减速率来改进这些方法。使用衰减速率而不是光强度的变化使得 CRDS 技术对源激光强度的波动或环境条件（例如湿度）的变化较不敏感。此外，闭合光学（或衰荡）腔的反射率产生更长的有效样品路径长度，以获得更大的检测灵敏度。

#### 2.2.2.4 “线式”监测的主要缺点

开放光程的 FTIR、DOAS、TDLAS 等“线式”监测系统计算得到的是测量光程内的平均浓度，距离约远，准确性越差。不能直接反映目标区域的污染信息，很难适应化工园区污染监测的需要。

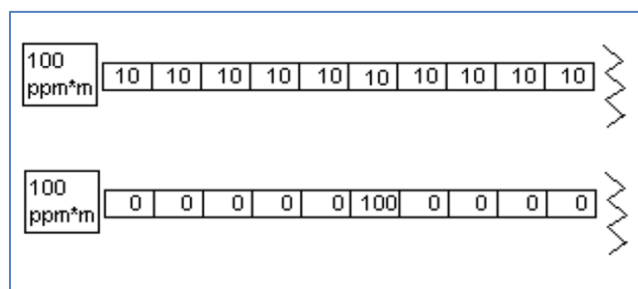




图 平均浓度的数据失真问题

如果要用“线式”监测系统获得平面上的数据，需要大量布设反射镜，系统成本较高，仪器校准等施工难度大。

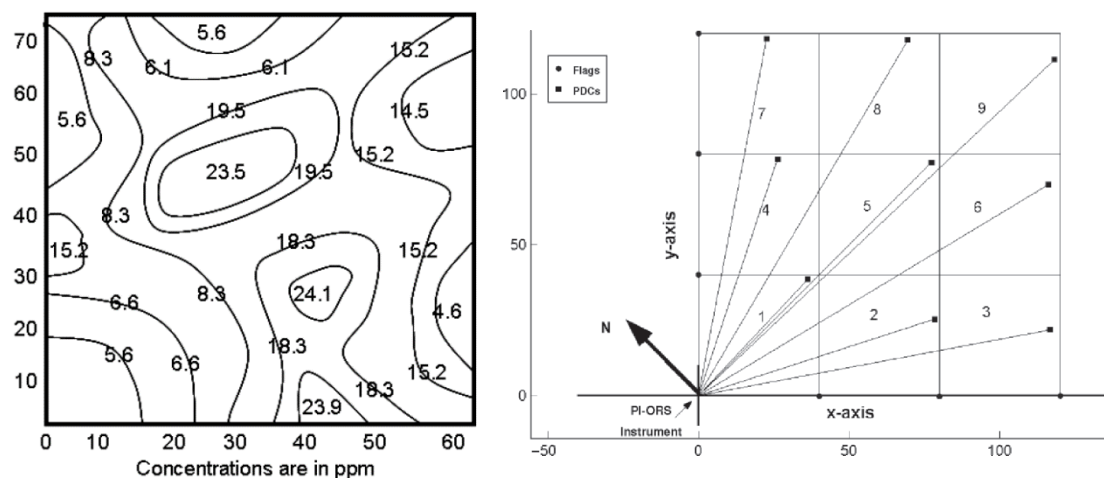


图 用“线式”监测获得平面浓度的示意图

### 2.2.3 “面式”监测技术分析

“面式”监测系统是指能得到化工园区大范围污染气体浓度分布的技术。在本方案中比较了以下三种手段：

- (1) 红外成像+被动式 FTIR 监测系统（被动式）；
- (2) 差分吸收激光雷达 DIAL（主动式）；
- (3) 网格化监测。

#### 2.2.3.1 红外成像+被动式 FTIR 监测系统

主动式傅里叶红外 AFTIR 和被动式傅里叶红外 PFTIR 都是开放光程的遥感技术，二者的主要区别在于主动式 FTIR 需要远程传感器比如反射镜与人造光源对准；而被动式 FTIR 简单地检测作为热量发射的红外辐射（即，PFTIR 使用热成像），既不需要红外光源，也不需要安装反射镜。

##### 2.2.3.1.1 工作原理

红外线辐射是自然界存在的一种最为广泛的电磁波辐射，它在电磁波连续频谱中的位置是处于无线电波与可见光之间的区域。这种红外线辐射是，基于任何物体在常规环境下都会产生自身的分子和原子无规则的运动，并不停地辐射出热红外能量。分子和原子的运动愈剧烈，辐射的能量愈大；反之，辐射的能量愈小。

在自然界中，一切物体都会辐射红外线，因此利用探测器测定目标本身和背景之间的红外线差，可以得到不同的红外图像，称为热图像。同一目标的热图像和可见光图像不同，它不是人眼所能看到的可见光图像，而是目标表面温度分布的图像。或者说，它是人眼不能直接看到目标的表面



温度分布，而是变成人眼可以看到的代表目标表面温度分布的热图像。运用这一方法，便能实现对目标进行远距离热状态图像成像和测温，并可进行智能分析判断。

用于环境测量的热红外照相机类似于普通照相机，所不同的是，前者使用红外辐射，而后者使用可见光的方式形成图像。

红外热成像技术是一种被动红外夜视技术，其原理是基于自然界中一切温度高于绝对零度（-273℃）的物体，每时每刻都辐射出红外线，同时这种红外线辐射都载有物体的特征信息，这就为利用红外技术判别各种被测目标的温度高低和热分布场提供了客观的基础。利用这一特性，通过光电红外探测器将物体发热部位辐射的功率信号转换成电信号后，成像装置就可以一一对应地模拟出物体表面温度的空间分布，最后经系统处理，形成热图像视频信号，传至显示屏幕上，就得到与物体表面热分布相对应的热像图，即红外热图像。

红外热成像技术主要用于定性检测。如果需要定量泄漏气体，还可以将 IR 相机与其它技术耦合，例如被动 FTIR 系统。

被动式傅里叶红外技术是红外成像技术与傅里叶变换分析技术的结合。与主动式 FTIR 相比，被动式 FTIR 监测是由来自热烟囱、天空或其它来源的能量来替代红外光源。被动式傅里叶 360° 红外光谱仪是一台对大气中气态污染物进行扫描监测的设备，能够对有毒有害气体及其气团进行定性、定位和实时识别、成像分析。

### 2.2.3.1.2 定量监测

将 IR 相机与另一种技术耦合不仅提供了量化的手段，而且可以验证检测到的泄漏以及确定其化学成分。

热红外摄像机可以检测在 8~12 μm 波长红外吸收范围内具有吸收的化合物。通常，3~5 μm 波长范围用于某些 VOCs。根据各种因素，包括透镜焦点、距离光源的距离和气象条件，照相机可以检测到几百 ppm 范围（> 500 ppm）的气态化合物浓度。下表提供了一个使用 IR 相机检测的化合物的示例列表。这个列表不是全面的，但显示许多化合物可以用该技术检测。

中文名称	英文名称	分子式
醋酸（乙酸）	Acetic Acid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>
乙基氰基丙烯酸酯	Ethyl Cyanoacrylate	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>
辛烷	Octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
无水氨	Anhydrous Ammonia	NH <sub>3</sub>
乙烯	Ethylene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
戊烷	Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
苯	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
庚烷	Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>

1-戊烯	1-Pentene	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>
丁烷	Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
己烷	Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
丙烷	Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
一氧化碳	Carbon Monoxide	CO
异戊二烯	Isoprene	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>
丙烯	Propylene	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
二氧化氯	Chlorine Dioxide	ClO <sub>2</sub>
甲烷	Methane	CH <sub>4</sub>
六氟化硫	Sulfur Hexafluoride	SF <sub>6</sub>
二氯二氟甲烷	Dichlorodifluoromethane	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
甲醇	Methanol	CH <sub>4</sub> O
甲苯	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
乙烷	Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
甲基乙基酮	MEK- Methyl Ethyl Ketone	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O
二甲苯	Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
乙醇	Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
甲基异丁基酮	MIBK-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O
乙苯	Ethylbenzene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
一氧化氮	Nitrous Oxide	NO

另外，采用被动 FTIR 技术，理论上可分析的物种与主动式 FTIR 一样，可达到 300 多种。这里不再一一列举。

### 2.2.3.1.3 红外成像+被动 FTIR 监测系统的优劣分析

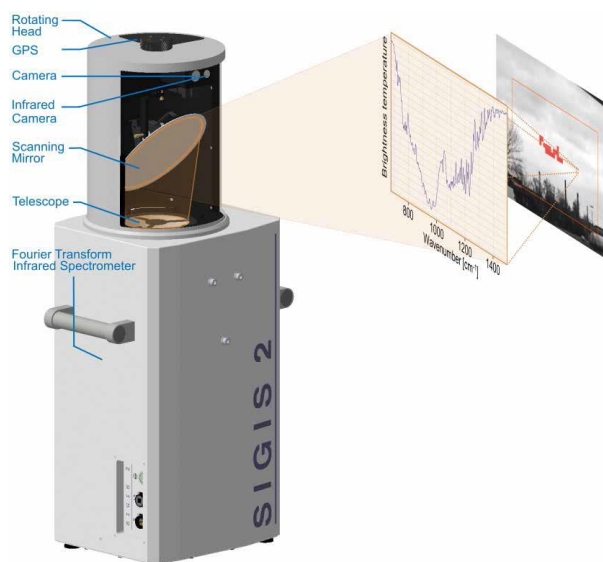
优势	局限性
远距离遥测，不需要安装反射镜	被动 FTIR 的主要缺点是依赖被测烟羽的温度，能定性，定量时精度较差。
可检测的物种较多	空间分辨率较差，不能溯源
与常规泄漏检测方法相比，筛选速度更快。	如果没有额外的技术，无法量化泄漏的浓度。
可以在不中断工厂操作的情况下进行泄漏评估。	红外相机的使用需要具有特定培训的人员。一些模型比其他模型更容易使用。

与传统的泄漏检测方法相比具有成本效益。	不能在雨天或雾天使用，并且在阴天天空没有效果。
能准确评估每个泄漏的大小。	摄像机具有指定的环境温度标称工作范围。
更好地能够隔离泄漏的确切来源，实时接近其他泄漏源并以视频格式记录。	操作本质上还不安全，在危险区域使用受限
宽视场：更可能识别非常规地方的泄漏组件。	
暴露风险小，因为泄漏的组件可以在远处查看。	

#### 2.2.3.1.4 典型产品举例—德国布鲁克 SIGIS 2 被动式傅里叶红外（PFTIR）检测仪

推荐德国布鲁克 SIGIS 2-扫描式红外遥测遥感成像系统。SIGIS 2 可以远距离、鉴定、定量和成像危险有毒化学云团。SIGIS2 (Scanning Infrared Gas Imaging System) 是将单元检测器的红外光谱仪和自动扫描系统完美的结合在一起的全自动扫描式红外遥测遥感系统。该系统测量选择的区域并且作为自动分析的结果覆盖在视频图像上。

SIGIS 2 基于被动傅里叶红外技术（Passive FTIR 技术），在监测过程中不需要任何外部的激发光源，比如（太阳光、月光）等，即使是在漆黑的夜晚也可以能正常分析与成像。SIGIS 2 的图库广泛，可实现大多数常见有毒有害气体及化学战剂的检测，可以非常直观的分析出气体排放的位置、有毒有害气体及毒气云团的轮廓和成像、扩散范围、浓度分布梯度等动态变化。



SIGIS2

SIGIS 2 可以横向 360°、纵向 60° 旋转扫描。通过设备自带算法，几秒钟内可以算出大气中污

染物的范围和现状。此设备基于被动傅里叶红外技术，在监测过程中不需要任何外部光源，即使是在漆黑的夜晚也可以能正常分析与成像。设备图库广泛，可实现大多数常见有毒有害气体检测，可以非常直观的分析出气体排放的位置、有毒有害气体及毒气云团的轮廓和成像、扩散范围、浓度分布梯度等动态变化。

望远镜将几个场减少到 10mrad，以实现远程检测。 这对应于对于每个测量点在 1Km 距离处的 10m×10m 的视场。



所选区域由扫描镜快速地逐点扫描（在上图中的小橙色正方形），并且在每个测量位置测量全红外光谱。光谱分析的结果覆盖在场景图像上。 上图中的红色表示化合物的识别。

### 2.2.3.2 差分吸收激光雷达（DIAL）

#### 2.2.3.2.1 激光雷达简介

激光雷达（LIDAR）是一种用于测量区域源，短时或环境空气污染物而不需要视线或回复反射器测量路径的技术。LIDAR 的工作原理与无线电检测和测距（RADAR）相同，只是使用光而不是无线电波。在 LIDAR 的早期应用中，研究者使用搜索灯、望远镜和光电光检测器来收集关于地球大气的信息。该技术用于通过研究沿探照灯光束路径的反向散射光强度来确定大气密度。自 20 世纪 30 年代以来，LIDAR 的使用已经扩展到在航空测量，三维成像，化学战剂检测和林业中的应用。LIDAR 还用于研究大气参数，如气溶胶和云的性质，温度，风速和物种浓度。

激光雷达作为近年快速发展的新型光波主动式遥感技术，由于具有高精度及高时空分辨率的遥测特性，已经在大气及海洋环境探测等领域得到广泛的应用。随着激光器技术、精细分光技术、光电检测技术和计算机控制技术的飞速发展，激光雷达在遥感探测的高度（检测距离）、空间分辨率、时间上的连续监测和测量精度等方面具有独到的优势。尤其在大气探测方面取得显著发展，对各种参数的测量空间覆盖高度已经可以实现从地面到 120 km 的高度。

可视型激光雷达主要用于连续监测大气气溶胶的分布，分析气溶胶的组成结构和时空演变。设备可安装在车上或建筑物顶部，进行水平扫描、垂直扫描、3D 扫描，实时生成扫描图像，与 GIS 系统结合，可以更加直观地对工业区污染源进行监测与追踪，捕获污染源位置。

激光雷达由偏振脉冲激光器、激光发射和信号接收的光学系统、高灵敏度光电探测器、一个高速多道计数器和计算机、以及控制和数据处理软件等组成。激光雷达发射激光束到大气中，经过大气中的气体污染物、颗粒物散射，被激光雷达光学系统接收，将光信号转换为电信号，通过计算光在空气中的传播时间，得到不同距离（高度）上的回波信号从而得到沿光束发射方向的气溶胶粒子分布情况。

激光雷达的探测距离为可达 30km(与大气状况有关)，能够直观的监测出扫描扇形区域内大气污染物分布情况，并将监测情况反映在地图上，为污染物溯源工作提供了条件。

### 2.2.3.2.2 DIAL 理论基础

差分吸收激光雷达技术（Differential Absorption Lidar, DIAL）是从 20 世纪 70 年代开始发展的一种能对各种微量气体进行主动探测的先进技术。差分吸收激光雷达的探测机理是被探测气体对激光束能量的吸收。气体组分对某些波长激光的选择性吸收是由原子、分子内部能级的固有特性所决定的，因此，借助这种选择性吸收可以辨认被探测气体的组分及浓度。不同的物质，对不同波长激光的选择性吸收的程度是不一样的，差分吸收激光雷达以同一光路向大气中发射波长接近的两束脉冲激光，其中一个波长处于被测气体的吸收线上，它被待测气体强烈吸收；另一个波长处于待测气体的吸收线的边翼上或吸收线外，待测气体对它吸收很小或没有吸收。由于这两束激光波长相近，对其它气体分子和气溶胶的消光基本相同，两束激光的回波强度的差异只是由待测气体分子的吸收引起。从而根据两个波长回波强度的差异可以确定待测气体分子的浓度。

基于 LIDAR 的 DIAL 技术的目标是使用简单的遥感技术精确测量环境空气的成分，这种技术没有传统光学技术（如 FTIR）的复杂性。目前，DIAL 已经发展成为一种商业上可用的技术，能够绘制多种大气污染物的浓度分布图。

差分吸收激光雷达的探测机理是被探测气体对激光束能量的吸收。气体组分对某些波长激光的选择性吸收是由原子、分子内部能级的固有特性所决定的，因此，借助这种选择性吸收可以辨认被探测气体的组分及浓度。不同的物质，对不同波长激光的选择性吸收的程度是不一样的，利用这一性质，选择两束波长相近的激光，其中一束激光的波长选在被探测组分的吸收峰的中心，使其受到最大的吸收，该波长记为  $\lambda_{on}$ ，另一束激光的波长选在吸收峰的边缘，使其受到的吸收尽可能小，或者不吸收，该波长记为  $\lambda_{off}$ 。针对这两个波长，其相应的激光雷达方程可写为：

$$P(\lambda_{on}, R) = \frac{K(\lambda_{on})}{R^2} \beta(R, \lambda_{on}) \exp \left\{ -2 \int_0^R [\alpha_0(\lambda_{on}, R) + N_g(R) \sigma_g(\lambda_{on})] dR' \right\}$$

$$P(\lambda_{off}, R) = \frac{K(\lambda_{off})}{R^2} \beta(R, \lambda_{off}) \exp \left\{ -2 \int_0^R [\alpha_0(\lambda_{off}, R) + N_g(R) \sigma_g(\lambda_{off})] dR' \right\}$$



式中：K 表示激光雷达常数；R 表示被探测组分的高度或距离； $\beta(R, \lambda)$  表示散射系数； $\alpha_0(\lambda, R)$  表示除被探测组分吸收以外的所有大气物质的消光系数，它包括了大气气溶胶的消光和所有大气分子的散射； $N_g(R) \sigma_g(\lambda)$  表示被探测组分吸收的部分，其中  $N_g(R)$  表示被探测组分密度随高度的分布， $\sigma_g(\lambda)$  为被探测组分的吸收系数，它是波长  $\lambda$  的敏感函数。

将以上两个公式相除，可得到

$$\frac{P(\lambda_{on}, R)}{P(\lambda_{off}, R)} = \frac{K(\lambda_{on})}{K(\lambda_{off})} \exp \left\{ -2 \int_0^R N_g(R) [\sigma_g(\lambda_{on}) - \sigma_g(\lambda_{off})] dR' \right\}$$

由此可求得被探测组分随高度或距离的分布，即：

$$N_g(R) = \frac{1}{2[\sigma_g(\lambda_{on}) - \sigma_g(\lambda_{off})]} \frac{d}{dR} \left[ \ln \frac{P(\lambda_{off}, R)}{P(\lambda_{on}, R)} + \ln \frac{K(\lambda_{on}, R)}{K(\lambda_{off}, R)} \right]$$

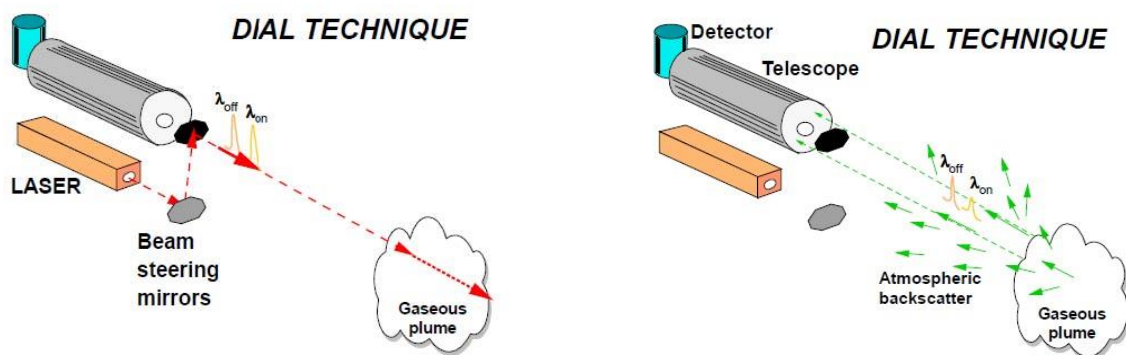
由此可知，只要知道了  $\lambda_{on}$ 、 $\lambda_{off}$  这两个通道的回波信号的功率比，以及这两波长的吸收截面差，就可以求出被探测组分的浓度或成分。当然，这里作了近似考虑，即  $K(\lambda_{on}, R) = K(\lambda_{off}, R)$ 。而 1 的对数是 0。即：

$$N_g(R) = \frac{1}{2[\sigma_g(\lambda_{on}) - \sigma_g(\lambda_{off})]} \frac{d}{dR} \left[ \ln \frac{P(\lambda_{off}, R)}{P(\lambda_{on}, R)} \right]$$

由此可以得到网格化的浓度分布图。网格精度一般为 3.75m。

### 2.2.3.2.3 DIAL 工作原理

DIAL 使用可调谐激光作为激光源，选择一对波长作为目标气体的测量波长，目标气体对一种波长有强烈吸收，对另一种波长无吸收。当激光源发出激光后，光到达气体烟羽后，与其中的颗粒物相互作用产生后向散射，监测器监测后向散射回来的光，根据吸收状况判断气体浓度。原理图如下。



DIAL 利用两个很接近的波长同时探测，可以将相关的干扰量差分掉，并反演出被测气体的浓度分布。该系统具有自校准性，不易受外界干扰，而且其回波信号由米散射和瑞利散射组成，相比拉



曼散射回波信号强，结合一些降噪技术在白天也能够达到较高的探测精度。

激光雷达能够克服传统探测仪器的不足，能有效测量污染气体的浓度廓线，具有很高的空间和时间分辨率，是一种有效的遥感手段。

对于 LIDAR 的 DIAL 应用，选择合适的波长（ $\lambda_{on}$ ）用于待测物质，以及选择不会被目标化合物吸收的附近波长（ $\lambda_{off}$ ）是检测的关键。

#### 2.2.3.2.4 差分吸收激光雷达技术的优劣分析

DIAL 的优势和局限性分析：

优势	局限性
与 FTIR 或其他开放光路监测仪器系统进行的平均线浓度测量相反，DIAL 中的浓度数据是沿着光束路径距离的函数。	可测量的物种限于具有独特吸收带的物质。具有共同吸收特性的化学物质只能作为化合物类别来测量。 不同探测物相互之间也存在由于吸收导致的影响，很难对不同物质进行同时观测。
报告的路径长度可达 3000 米，甚至 5000 米。	物质的吸收波长是温度和压力相关的。有必要基于目标吸收的温度和压力变化来检查选择用于测量的波长的适用性。
收集反向散射光，而不使用反光镜	大气中必须有足够多的气溶胶或分子材料，以产生足够的反向散射信号。
沿测量平面扫描需要 10 到 15 分钟	快速变化的风速或方向可能导致测量快速变化并且可能影响测量的精度。
仪器在测量站点周围移动，从各个位置获得多个烟羽扫描，提高烟羽排放通量表征的精度。	少数供应商提供 DIAL 系统和服务。
DIAL 仪表也可以安装在机载平台上，以提高移动性和扩展应用	高成本限制了商业 DIAL 系统的普及。
实时数据允许泄漏识别和污染溯源	车载 DIAL 系统的光束路径受测量位置的地理约束的限制
允许同时进行多种物种和类别的“面”浓度测量	在操作上仅使用两个波长，这使得难以后处理数据和调查谱伪影。 怎样合理的选择波长，并且在如何实现所需波长的选择技术上存在相应的难度。

### 2.2.3.2.5 典型产品举例—英国 NPL 差分吸收激光雷达系统

英国 NPL 差分吸收激光雷达系统 (DIAL) 可以在允许覆盖大量大气物种的红外和紫外光谱区域中操作。其中的一个扫描器系统引导输出光束和检测光学器件，在水平和垂直平面中几乎全部覆盖。系统原理图示意如下：

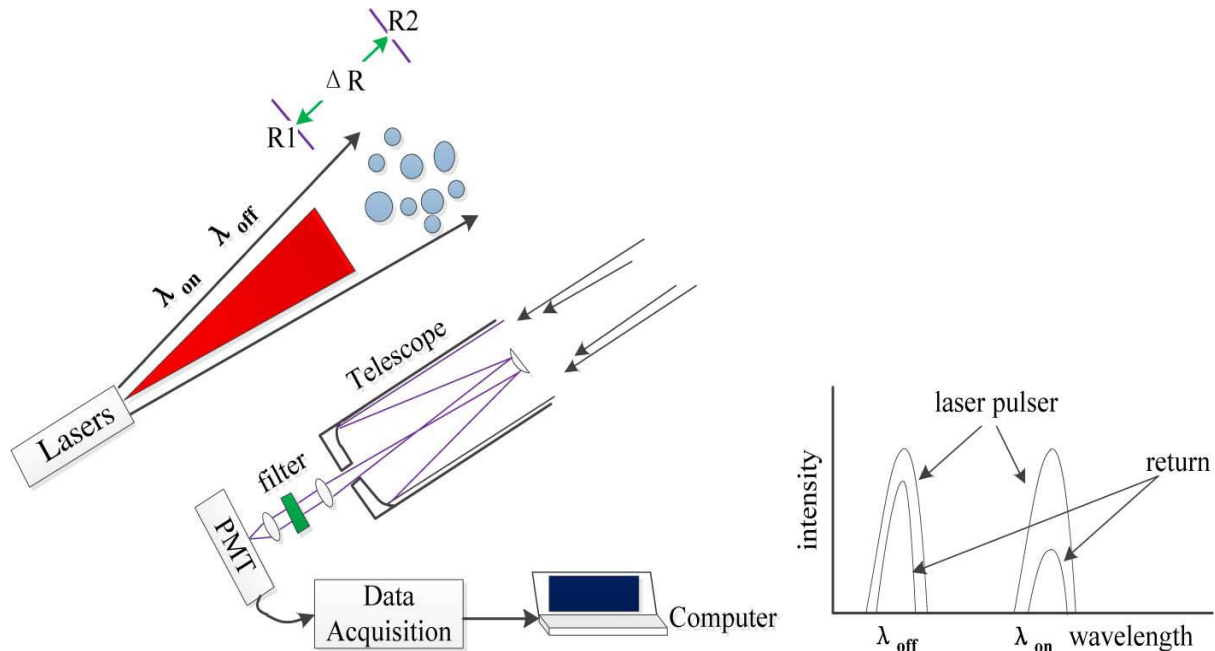


图 DIAL 系统原理图

该系统的具体描述如下：

#### 激光源

NPL DIAL 系统的激光源采用 Nd-YAG 和染料激光器与各种非线性光学级的组合以产生可调谐的红外和紫外波长。该源具有 10Hz 的脉冲重复速率和约 10ns 的输出激光脉冲持续时间。每个通道中的输出光束的一小部分由分束器分离并由热电检测器 (PED) 测量以提供用于使所测量的反向散射返回归一化的透射能量的值。

Nd-YAG 激光器属于固体激光器，可激发脉冲激光或连续激光，发射的激光波长为红外线波长 1064nm。

染料激光器属于液体激光器，工作物质为有机染料，调谐范围为 0.3—1.2 微米，是应用最多的一种可调谐激光器。

#### 信号接收和检测系统

返回的大气反向散射信号由扫描望远镜收集。这将收集的光引导到用于红外和紫外通道的单独路径。返回的光通过与每个检测通道相关的带通滤波器，然后被聚焦到检测元件上。固态低温冷却探测器用于红外通道和低噪声光电倍增管中的紫外线。

信号接收和检测系统由主光学器件、光谱滤波单元、检测器和光子计数器组成。接收光学元件收集反向散射光用于分析。主光学器件根据应用不同而不同，并且可以包括卡塞格伦或牛顿望远镜，

多个小反射镜和液体镜望远镜等。光谱滤波系统去除背景光并减少信号噪声。光谱滤波可以通过使用诸如窄带宽干扰滤波器的简单系统或诸如去极化技术的更复杂的系统来实现。

检测器将输入光谱信号转换为用于光子计数的数字信号。典型的检测器包括传统的光电倍增管（PMT），电荷耦合器件（CCD），汞镉碲化物（MCT）检测器和雪崩光电二极管。光子计数器执行两个步骤。第一步去除暗计数，这是由检测器产生的一种信号噪声。第二步基于它们被接收的时间来计数光子的数量。通过连续计数光子，实现能粪便范围的浓度测量。

### 数据采集系统

信号被放大后，来自这些检测器的信号使用高速数字化仪进行数字化。

数字转换器使用由传输链中的光学检测器触发的时钟发生器来计时。这确保了距离选通与激光脉冲传输正确同步。来自监测所发射能量的 PED 的信号也被数字化并存储。

### 数据分析系统

使用下面描述的 DIAL 技术分析所获得的数据，以给出沿着每个扫描视线的范围分辨浓度。该浓度是检测距离的函数。数据分析过程包括以下步骤：

**背景扣除：**从信号中减去任何 DC 背景值。该测量的背景考虑了由于电子偏移和入射背景辐射而可能存在的任何 DC 信号偏移。背景水平从返回的激光雷达信号的远场的平均值导出，其中不存在显着水平的反向散射光。

**透射能量变化的归一化：**使用用于开和关谐振波长脉冲的传输能量的监测值来归一化两个信号返回。平均发射能量用于归一化平均返回信号。对于这种应用，这已被证明等效于针对传输的能量归一化单独的射击，然后平均归一化的值。

**路径积分浓度的计算：**通过将返回的归一化信号的比率的对数与差分吸收相乘来计算目标物质到达范围 R 的路径积分浓度（path-integrated concentration）。

在该计算中使用的吸收系数来自使用 NPL 下的参考气体混合物进行的高分辨率光谱。

**范围分辨浓度的推导：**为了更好地可视化数据，用可选择的范围分辨率对积分的浓度分布进行分段微分，以提供沿着视线的范围分辨的浓度（range-resolved concentrations）。

### NPL DIAL 常见的监测因子

NPL DIAL 系统的紫外线检测能力（根据 2010 年的实验结果）：

组分	分子式	灵敏度	检测距离
一氧化氮	NO	5ppb	500m
二氧化硫	SO <sub>2</sub>	10ppb	3km
臭氧	O <sub>3</sub>	5ppb	2km
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	10ppb	800m
甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	10ppb	800m

NPL DIAL 系统的红外线检测能力（根据 2010 年的实验结果）：

组分	分子式	灵敏度	最大检测距离
甲烷	CH <sub>4</sub>	50ppb	1km
乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	20ppb	800m
乙烯	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	10ppb	800m
乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	40ppb	800m
总烃	THC	40ppb	800m
氯化氢	HCL	20ppb	1km
甲醇	CH <sub>3</sub> O	200ppb	500m
一氧化二氮	N <sub>2</sub> O	100ppb	800m

注：检测物种和检测距离由所选择的激光器决定。NPL DIAL 沿测量光束的理论距离分辨率为 3.75 米，垂直和水平扫描分辨率在 100 米处可小于 1 米。然而，由所使用的信号平均确定的实际范围分辨率将取决于大气条件和所测量的污染物的浓度，有可能达到 20-30m。

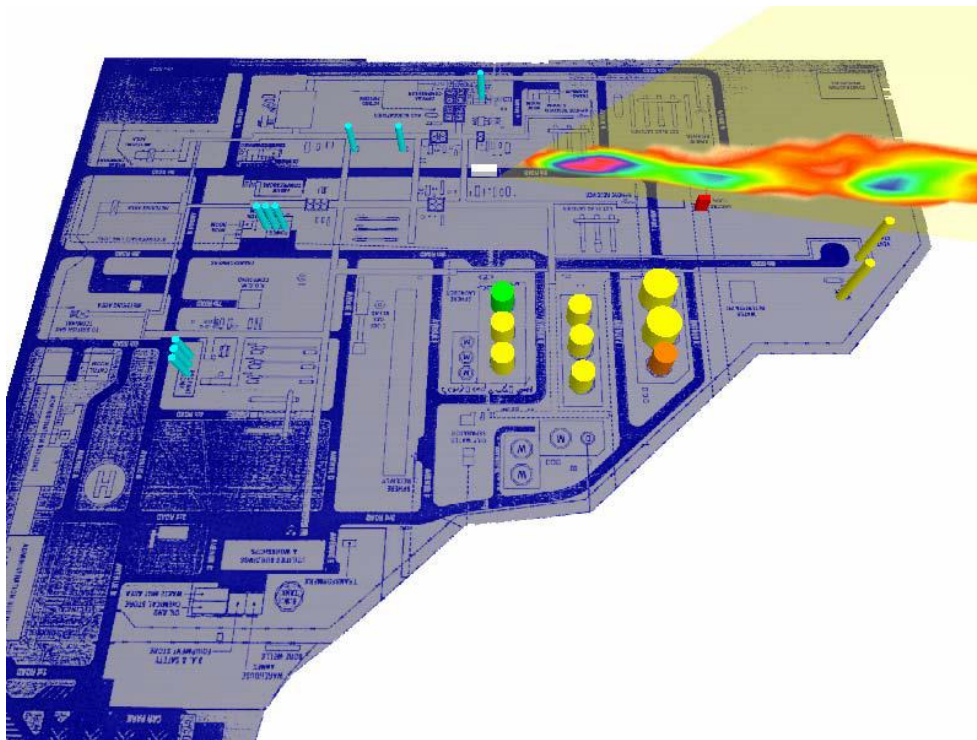


图 “面式” 监测-平面浓度分布图

### 2.2.3.3 网格化监测

网格化监测技术系统，是通过采用最新的微型化、小型化的组合监测技术，专门针对城市居民区、农村乡镇、重点工业企业、道路交通、建筑工地、区域边界、污染物传输通道等多种环境监测对象和监测参数，进行科学合理的“组合布点”，并由此组成“群体式”协同监测网络和专业性的数据校准体系，持续实时感知采集海量污染指标动态变化数据，以“多点覆盖面式”监测

的方式，达到环境监测网络全覆盖。

针对化工园区大气污染防治的网格化监测技术系统，一般由感知及传输层、计算及存储层、应用及展示层三大部分组成，同时系统全程贯穿数据质量控制。

感知及传输层一般由高精度、易部署的微型传感设备、小型空气自动站等组合布点，构成监测网络全覆盖的感知体系。可监测 TVOC、氯气、硫化氢、氨气、氯化氢、氟化氢等多种特征污染参数，并能够根据客户需要，提供定制化的传感模块，实现监测指定的污染物指标。

计算及存储层一般通过无线传输方式接收监测数据，进行数据的存储和处理，并对监测数据进行监控，甄别异常数据。

应用及展示层一般都会利用大数据技术，挖掘海量的采集回传数据之间的关系，结合气象数据、地理信息数据、环境质量模型，可实现实时监控、污染源解析、空气质量预报预警等各种环境业务及管理应用，为环境管理部门有效监管及科学决策提供数据支撑。

网格化监测技术与一般“面式”监测技术的最大不同之处在于，其利用了最先进的物联网与传感器技术，以价格相对低廉的前端感知探头，来实现大范围、大面积的密集部署，并通过物联网技术实现自组网或无线回传数据，实现实时获取污染指标动态。

根据不同区域网格化监测项目的建设要求，可在环境空气质量监控网格的基础上，增加不同的监控网格，实现区域环境空气质量监测的全覆盖。各个网格相辅相成，数据融合应用，共同分析整个区域的污染状况及变化趋势。

### 2.2.3.3.1 布点原则

首先需要对化工园区进行整体网格化调研，掌握区域整体环境状况后，在各敏感监测点、重点监测点、周界监测区域内，根据实际监测要求，进行一定密度的点位部署。

#### ◆ 全覆盖

要求所设置的监测网格能覆盖整个化工园区及化工园区周边的环境敏感区域。

#### ◆ 均匀性

网络格点相对均匀，便于做数据插值处理。

#### ◆ 检测因子一致性

每个格点的检测因子尽量保持一致，这样的监测数据才有关联性、可比性。

#### ◆ 检测因子独特性

PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、TVOC、VOCs 都是笼统的名词，它们代表了很多物理、化学成分。用这些浓度值来表征环境，只能是粗略的。针对化工园区，建议检测 HCl、H<sub>2</sub>S、Cl<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、苯、甲苯等恶臭气体或有毒气体。



### 2.2.3.3.2 网格化监测技术的优劣分析

优势	局限性
极具性价比的前端感知采集设备，相同建设成本下，能够更加密集的进行部署，或覆盖更大监测区域，布点灵活性更高，监测对象种类可定制，适用于各类不同条件的监测对象环境、部署地点。	监测灵敏度受小型传感器件性能限制，测量精度一般低于专业测量设备，但在其测量精度范围内，其监测精度具有保障，足以满足网格化监测污染动态发展趋势的目的。
支持自动化数据采集回传，无需人工干预，运行维护压力小。	数据回传稳定性受回传链路质量影响，需要提供数据质量校验措施，保障数据质量。
通过大规模部署监测点位，能够在一定程度上通过数据分析显示污染监测对象的扩散方向、扩散过程、扩散趋势，为控制污染发展提供切实的决策依据。	部署密度越高，动态趋势监测效果越好，部署密度不够时，其监测成效将打折扣。
海量的采集数据，为支持大数据分析提供了有效的数据分析资源，前端感知层不消耗运算资源，所有分析处理由后端平台完成，能够实现对所有数据来源的统一利用和信息共享。	需要搭建相应的后端平台系统，才能实现更多的数据业务应用功能。
采用高密度网格点布设实测的方法，能够实现整个区域高时间分辨率、高空间分辨率和多参数的实时动态监测。对区域内污染源重点监控，科学评估区域内主要固定污染源、化工园区、道路交通、无组织排放源的污染排放状况及其对环境空气质量的影响，具有重要的决策参考作用。	部署密度越高，动态趋势监测效果越好，部署密度不够时，其监测成效将打折扣。
结合环境质量分析模型，以及 GIS 地理信息系统，能够实现更精准的区域预报预警，增强重污染天气、环境突发事件快速反应和处置能力。  结合颗粒物成分实时监测数据及动态源解析模型，掌握不同区域、不同行业的污染贡献，实现靶向治理。	需要搭建相应的后端平台系统，才能实现更多的数据业务应用功能。



## 2.3 大气监测技术分析的小结

迄今为止，没有一种测量技术甚至可以满足所有检测需求；因此，在特定应用中，技术的选择将基于具体要求：要测量哪些组分？是否需要同时测定几种组分？什么是所需的精度，对时间分辨率和空间分辨率有什么要求？

针对化工园区大气环境立体监测预警及溯源需求，点式监测技术的主要问题是监测数据的代表性差，不能映物理世界的真实状况，建议通过网格化布点，建设网格化监测系统；而 DIAL 面式监测的主要问题是技术复杂、成本太高。

关于线式监测，考虑以下因素：

- ✓ 检测因子数量从多到少：FTIR、DOAS、TDLAS。其中 FTIR 能检出的分子种类最多，但 DOAS 既可以用紫外光源，也可以用可见光或红外光源，其波谱范围最广。
- ✓ 检出限从高到低：TDLAS、DOAS、FTIR。FTIR 的检出限一般在 ppm 级，很难满足环境空气质量监测需求。
- ✓ 技术复杂程度从易到难：DOAS、TDLAS、FTIR。
- ✓ 成本从低到高：DOAS、TDLAS、FTIR。傅里叶变换红外光谱仪包含干涉仪、需要制冷的 MCT 检测器，成本较高。

综合以上考虑，建议化工园区选用开放光路（open path）但短程的 DOAS 技术，以紫外和近红外光谱为主，构建化工园区网格化监测系统，实现化工园区污染气体的精细化预警和溯源。

## 3 监测网络建设

化工园区或大气环境风险监控预警系统承建单位应按照 HJ 169 进行化工园区环境风险识别，明确危险单元、风险源、主要危险物质、环境影响途径、可能受影响的环境敏感目标等内容，确定重点监控因子和监控点位。

化工园区应依据监控对象和范围，构建“点、线、面”相结合的监测网络。

监测网络应覆盖化工园区重点监控因子，需包括硫化氢、氨气等重点关注的突发环境事件危险物质。

化工园区应综合考虑周边地形等影响因素，参考 HJ/T 55 在大气环境特征污染物监测站点增设气象监测设备，观测风向、风速等相关气象参数。

监控点位的布设按照 GBZ/T 223、AQ 3036、HJ/T 55、HJ 169、HJ 589、HJ 664 等相关标准的要求执行。

各类监测站应为增加监测因子预留空间，数采仪应预留接口。

监测网络获取的监测数据，应当通过数据采集传输管理软件实时传输至管理平台。传输协议应符合 HJ 212 的要求。

### 3.1 固定污染源废气排放在线监测系统建设

企业废气排放包括有组织和无组织两种情况。

在化工园区这一较小区域内，企业废气无组织排放和化工园区空气质量很容易混合在一起，对它们的监测可统一由面向企业边界、化工园区边界、环境敏感点的网格化监测系统来实现。

企业有组织排放又包括有机废气和无机废气。其中 VOCs 是挥发性有机化合物（Volatile Organic Compounds）的英文缩写。通常指在常温下容易挥发的有机化物。较常见的有苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯、甲醛、6-16 个碳的烷烃、酮类等。无机废气主要指 SO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CO、CO<sub>2</sub>、HCL、HF、NH<sub>3</sub> 等。

#### 3.1.1 固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统

##### 3.1.1.1 相关技术规范和标准

《固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ1013-2018）

针对有组织排放非甲烷总烃在线监测，非甲烷总烃的定义中即说明需要采用气相色谱法，FID 检

测器监测。采样 GC-FID 法，充分结合了气相色谱法和 FID 检测器的优点，测量准确，灵敏度高，样品浓度较高条件下无损耗，长时间稳定性好，寿命长，且对所有的 VOCs 均有响应。PID 法因只对部分 VOCs 有响应，没有成为非甲烷总烃的标准方法。

因此，针对化工园区内其他企业排口 VOCs 自动监控，选用国家标准规定的气相色谱法（FID 检测器），具有技术先进和准确可靠的优点。

VOCs 的组分和定量对于过程控制和优化可能是有用的，但是这些信息对于诸如焚烧源的一些设施来说是不需要的，而且非常昂贵。在这些或其他情况下，总碳氢化合物分析仪可能足以监测各个 VOCs 排放的总和。总烃分析仪将样品直接导入检测器，无需柱分离。采样系统可以是冷或热的，对于 THC，热的 FID 系统能提供更准确的测量。

针对废气排放工况多样的特点，**预处理选用全程伴热法技术路线，符合国家固定污染源采样规范**，具有**测量准确和稳定可靠**的优点。系统采用全程高温法进行样品的传输。从探头、伴热管线到分析仪器内部均采用 120℃ 以上高温伴热，保证测量组份无损失。高温伴热的样品直接进入色谱系统进行分析检测，得到分析检测结果。

预处理系统针对样品气的具体工况，实现样品采集、过滤、稳流、标定、自动化控制等功能，使得样品在不失真条件下，满足在线分析仪表的要求，从而保证在线分析系统的长期、可靠、准确运行。

- 全程高温加热式采样方式，减少冷凝带来的被测组分的损失
- 整套预处理集成在机柜中，采用盘装式结构，美观稳固
- 主要部件采用进口品牌，例如采样泵及电磁阀等
- 控制单元选用 PLC 控制
- 可根据特殊工况优化配置，具有“个性化”的特点

采用高温伴热采样系统，还可以有效避免样品中水蒸气的冷凝，导致的样品组份的损失。同时样品前处理系统还具有两级样品过滤模块，有效的避免样品中的颗粒物组份对分析系统的影响，延长仪器的使用寿命。

### 3.1.1.2 SDL SCS-900VI

固定污染源 VOCs 主要监测指标包括：非甲烷总烃（NMHC）、苯系物（苯/甲苯/二甲苯等）、酯类、酮类、醇。其中非甲烷总烃（NMHC）、苯系物的检测频率最高。

SCS-900VI 由气态污染物（非甲烷总烃、苯系物等 VOCs 组分，具体监测项目根据行业要求确定）监测子系统、可附加废气参数（流量、压力、温度等）监测子系统以及数据采集与处理子系统。

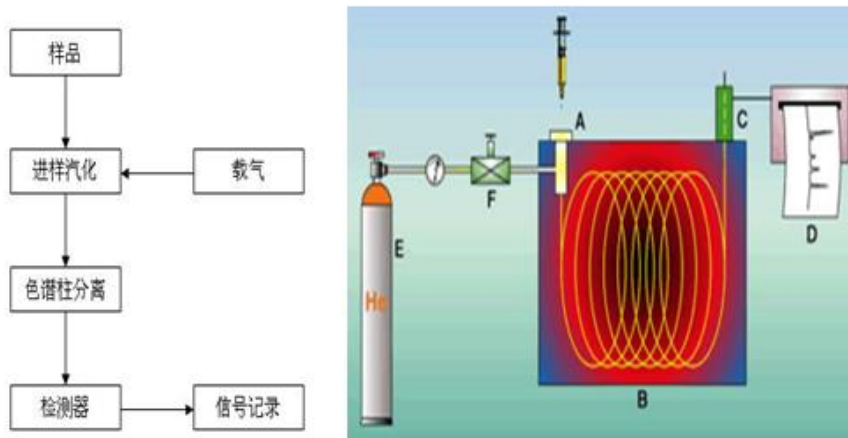


如上图所示：

- 气体污染物监测子系统：采用在线色谱分析仪测量非甲烷总烃（NMHC）、苯系物等挥发性有机气体浓度。
- 烟气参数监测子系统：包括烟气流速、温度和压力的测量，烟气流速采用差压变送器测量，通过测量烟气流动中的静压和动压，得到烟气的流速，统计 VOCs 的排放总量。

数据采集与处理子系统：由中央单元、上位机、VOCs 在线连续监测系统监测软件、DCS 预留接口、数据远传单元等构成。中央单元接收所有设备的信号输出，通过内部的处理单元转换为 RS485 接口与外界进行数据传输，并实现生成报表、存储数据、查询历史记录、与环保部门联网通讯等功能。

样气（一般由多种气体组成）经过取样阀取样后，进入色谱柱分离成单个组分，再进入检测器检测，输出信号。



图： VOCs 分析仪测量原理示意图

### 3.1.2 固定污染源特征有机废气及恶臭气体在线监测

有排口排放恶臭气体“甲硫醇”，将恶臭气体—甲硫醇作为自动监控的主要因子。

#### 3.1.2.1 仪器技术路线选择

针对有机废气特征因子及恶臭气体的在线监测，目前主要的技术路线包括：

(1) 传统光学法：如红外和紫外法，其具有响应快，测量准确等优点，但其灵敏度相对较低，无法满足 ppb 级别的恶臭类物质的检测需求，且多种因子同时检测成本较高。

(2) 传感器法：如电子鼻，其响应快，价格较低，且更换方便，恶臭气体检出限一般要求低至 ppb 级别，电子鼻无法准确定量测量，且易受气体温度和湿度影响，导致测量出错；使用寿命短；因此不适合工况较为复杂的焚烧炉中恶臭气体的监测。

(3) 气相色谱法：气相色谱法为国标规定的恶臭测量标准，不易受焚化炉复杂工况干扰，具有灵敏度高，测量准确的优点，且一套气相色谱仪设备即可完成建设方案中要求的硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫和二硫化碳等多种因子的同时检测，几乎涵盖了恶臭排放标准中所有的监测因子，大大节省了监测成本。

#### 3.1.2.2 相关技术规范 and 标准

《空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法》（GB/T 14678-1993）

《恶臭污染物排放标准》（GB/T 14554-1993）。

针对固废、废液焚烧炉中恶臭气体在线监测，我们选用国家标准规定的气相色谱法+FPD，具有技术先进和准确可靠的优点。

《固定污染源排放烟气连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ/T 76-2007）

恶臭气体吸附性强，部分气体水溶性强，加上焚烧废气水汽含量大，腐蚀性强，烟温较高等特点，本方案排除了冷法预处理的可能，选择全程伴热的预处理方法。系统全程高温（120℃-200℃）伴热，从采样探头、伴热管线、采样泵至气体连接盒，均进行加热，无水汽凝结，可有效解决污染源中恶臭样品损失的问题，提高测量的准确性，可适用于高温/高湿/腐蚀性工况。

参考标准：

#### 3.1.2.3 XXX

烟气采样方法：完全抽取法

监测方法：气相色谱法

检测器：FPD, FID

### 3.1.3 固定污染源无机气体在线监测

固定污染源无机气体污染物包括：颗粒物、二氧化硫、硫化氢、氯化氢、氯气、硫酸雾、氟化

氢、氰化氢、氮氧化物、氨、铬酸雾、重金属及其化合物等。

### 3.1.3.1 现有监测方法

针对废气中的 SO<sub>2</sub> 等无机气体采样方法和监测方法的选型比较，见下表：

序号	采样方法	测量方法	最低量程	优缺点	监测因子	推荐指数
1	冷干抽取式	非分散红外法 (NDIR)	0-100mg/m <sup>3</sup>	1、干基测量 2、可采用渗透除水技术，SO <sub>2</sub> 几乎无损失 3、市场占有率极高，可在原 CEMS 基础上改造 4、性价比高	采用 ULTRAMAT 23 分析仪，可同时测量三个气体组分 SO <sub>2</sub> ，NO，CO	★★★★★ ★
2	冷干抽取式	紫外差分吸收法 (UV-DOAS)	0-75mg/m <sup>3</sup>	1、干基测量 2、光源寿命短		★★★★
3	高温抽取式	高温红外吸收法	0-50mg/m <sup>3</sup>	1、全程高温，SO <sub>2</sub> 几乎无损失 2、量程低，测量精度高	采用 MC 04 分析仪，最多 14 个红外+O <sub>2</sub> ，例如 SO <sub>2</sub> 、NO、NO <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> O、CO、CO <sub>2</sub> 、HCL、HF、H <sub>2</sub> O、NH <sub>3</sub> ，可扩展 TOC 测量	★★★★★
4	高温抽取式	傅里叶变换红外法 (FTIR)	0-50mg/m <sup>3</sup>	1、全程高温，SO <sub>2</sub> 几乎无损失 2、量程低，测量精度高 3、价格高		★
5	稀释抽取式	紫外荧光法	0-3ppm	1、湿基测量，需要湿度计算 2、量程低，可测 ppb 含量 3、光源寿命短 4、价格高		★★★★



6	原位测量	激光法	0-10ppm		选用单通道 LDS 6 激光分析仪可测量 HCL、NH <sub>3</sub> ，可最多组成 3 通道。	★★★
---	------	-----	---------	--	---	-----

### 3.1.3.2 相关技术规范标准

按照国标《生活垃圾焚烧污染控制标准》（征求意见稿），所有现有和新建的生活垃圾焚烧厂应对焚烧烟气中主要成分含量进行自动连续在线监测，监测项目至少应包括 HCl、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、烟尘等，在一些环保要求更高的场合，还需要检测 CO 和 HF。其中 HCl 和 HF 是检测的难点，原因如下：①垃圾焚烧场合工况条件差，粉尘和水分含量高；②样气中的水蒸气易与 HCl 和 HF 结合形成强酸，对预处理和仪表产生腐蚀；③HCl 和 HF 含量低，且吸附性强，对仪表的检测下限要求高。

固定污染源在线监测首先需保证的是长期运行的稳定性及可靠性及数据有效性，针对化工园区内其他企业排口 HCl、NH<sub>3</sub>、HF 等自动监测，我们选用激光分析法或高温红外法进行测量。

### 3.1.3.3 德国西门子 LDS6 氨逃逸激光分析仪

也可以选用单通道激光分析仪测量 HCL/NH<sub>3</sub>，LDS6 中央单元放置在室内电控柜中，激光分析仪输出 4-20mA 信号送至数据采集系统。

分析方法：激光光谱吸收

测量方式：原位测量

测量范围：0-10ppm

通道数量：1

激光级别：class 1，对眼睛无害

校准方法：内置校准回路，不需要外部校准

响应时间：<1 秒

线性偏差：≤1%测量值

精度：<2%测量值

零点漂移：自动校准，可以忽略

量程漂移：自动校准，可以忽略

激光光源寿命：正常使用情况下可确保 10 年

**中央单元**

安装位置：中心控制室或现场机柜

本机显示：大屏幕 LCD 液晶显示屏（带背光）

模拟输出：4~20mA 750 Ω

模拟输入：4~20mA

接点输入：6 点，24VDC，1A

接点输出：6 点，24VDC，1A

通 讯：工业以太网

安装方式：机架式安装

尺寸：177x440x380 mm

重 量：13kg

供 电：220VAC±10%，50~60Hz 最大功耗 70VA

### 探头

安装位置：现场检测点

安装方式：ANSI 4" 150#

材质：不锈钢

防护等级：IP65

安装方向：垂直或平行气流方向

电源：由中心单元提供，24VDC，2W

环境温度：-30 ... +70 ° C

环境湿度：<95%

介质温度：5 ... +1300 ° C，

光程：一般为 1-12 米

粉尘浓度：70g/Nm<sup>3</sup>（允许范围）

尺寸：直径 163mm，长度 395mm

### 复合光缆，回路电缆

复合光缆由两根光纤、一对电缆及连接附件组成

电缆外径：8mm

抗拉强度：500N

最小弯曲半径：10cm

适用温度：-40 至 +80 ° C

仪器特点：

- ✓ 原位测量，不需要采样
- ✓ 测量准确；高选择性，不存在交叉干扰
- ✓ 响应时间快，< 1 - 3 s
- ✓ 内置校准池，不需要配置标气

- ✓ 无零点和量程漂移
- ✓ 安装容易，维护量低
- ✓ 尘含量可达  $100 \text{ g/Nm}^3$
- ✓ 可最多组成三通道

## 3.2 化工园区环境空气质量预警监测体系建设

化工园区大气预警站是以监测化工园区的空气质量整体状况和变化趋势为目的而设置的。环境空气质量及特征污染物监测采用点式在线监测设备，固定安装在指定的监测点位，自动连续的监测周边环境空气污染物的质量。

另外建议增加恶臭气体在线监测设备，用于环境空气恶臭气体浓度监测评价，可用于城市居民污染气味投诉事件的恶臭气味分析。

化工园区大气预警站拟选用常规空气监测设备、环境 VOCs 在线监测设备、甲烷/非甲烷总烃分析仪、有机硫化物在线分析仪及其他特征污染物在线分析仪等。

监测点位依据《HJ 664—2013 环境空气质量监测点位布设技术规范》的技术要求选址。本项目建议把大气超级预警站建在化工园区管委会大楼的楼顶上，便于维护。



### 3.2.1 常规环境空气质量在线监测系统选型

环境监测是环境保护工作的重要组成部分，是环境管理的基础和技术支持，而空气质量监测又是环境监测的一个重要组成部分。通过空气自动监测站的建设，可实现对化工园区空气中的二氧化硫、二氧化氮、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、臭氧、一氧化碳等 6 项污染因子以及风速、风向、温度、湿度、大气压

等气象要素进行 24 小时连续和自动监测。

### 3.2.1.1 相关标准规范

《环境空气气态污染物 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO) 连续自动监测系统安装验收技术规范》(HJ 193-2013)

《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2013)

《环境空气气态污染物 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 654-2013)

《环境空气质量监测点位布设技术规范》(HJ 664-2013)

《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ 655-2013)

《污染物在线监控 (监测) 系统数据传输标准》(HJ 212-2017)

具体的针对每个检测因子的环境行业标准还有：

HJ 965-2018：环境空气 一氧化碳的自动测定非分散红外法

HJ 590-2010：环境空气 臭氧的测定 紫外光度法

HJ 1043-2019：环境空气 氮氧化物的自动测定 化学发光法

HJ 1044-2019：环境空气 二氧化硫的自动测定 紫外荧光法

HJ 1097-2020：环境空气中颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) β 射线法自动监测技术指南

所有仪器设备应符合国家相关标准和要求同时满足以下基本要求：

- (1) 工作电源为 AC 220V±10%，(50±1)Hz；
- (2) 工作环境温度位于 0~45℃；
- (3) 工作环境湿度范围 0~90%；
- (4) 工作方式为连续自动工作；
- (5) 安装方式为导轨安装组合式标准机架；
- (6) 各监测仪器具备停电自恢复功能；
- (7) 所有监测分析仪和数据采集传输系统均须具备符合国家标准要求的标况和实况数据监测及采集、传输功能。

空气质量监测系统的组成：

#### 分析仪器

环境空气质量监测系统设备采用国际先进技术的进口在线分析仪器，系统标准配置为六参数 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>)。

#### 校准设备

环境空气质量监测系统的校准单元选用高精度动态气体校准仪、高纯零气发生器和标准气体等，支持手动或自动模式对系统中的所有气体分析仪进行校零、校标。

校准仪采用稀释配比完成标气的配置。还可扩展紫外光度计，对臭氧分析仪和校准仪内的臭氧发生器实现臭氧标准传递。

零气发生器采用内置空压机的紧凑结构，配置物理净化单元、化学净化单元、一氧化碳、碳氢化合物（HC）去除单元，可高效净化环境空气中的污染物，满足分析仪器对零气的要求。

### 气象监测

气象监测系统可连续监测站点周边的气象参数，选用高精度、坚固耐用的工业级气象传感器，可测量风速、风向、大气压力、温度、湿度等气象参数。还可增加对雨量、太阳辐射、紫外辐射、能见度等其他参数。

### 采样系统

综合考虑我国的气候环境，地域广、南北气候区别大的特性，而量身设计的一系列采样管，可与国内外各种大气监测仪器相配套，满足各监测仪器厂家的需求，能够适合各种空气采样亭、监测子站房和砖混结构房屋的不同空间，现已应用到全国各地环境保护局、环境监测站和国内外空气自动监测仪器厂家，得到了用户认可。

### 数据采集与传输单元

数据采集系统是专为空气质量自动监测子站配置的数据采集平台，由工业级计算机、数据采集模块、数据采集软件组成。用于采集分析仪器和气象监测设备的监测数据。

工业计算机可靠稳定，提供多种标准接口，可与多台分析仪器连接数据采集。

数据采集模块支持多种采集接口，可采集模拟量、数字量。配有专业的 A/D 采集卡、数字多串口卡，支持 MODBUS 协议。

数据采集软件可实时采集和显示监测数据，并按照分钟/小时均值要求存储数据，生成本地数据库。可供随时查阅本地污染物浓度数据和气象监测数据。能够记录设备工作和采集日志，方便查阅仪器采集工作状况。

数据采集仪可通过无线 3G、GPRS、有线宽带和光纤设备远程数据传输。

### 中心数据管理与质控

中心数据管理软件平台可通过网络与子站连接组成空气质量监测网络。

软件平台可实时下载查阅各监测子站的监测数据和仪器的工作状态，并可通过软件菜单对监测子站的分析仪进行诊断和远程控制。

### 站房及其附属设施

#### 3.2.1.2 仪器选型-法国 envea

##### 1、SO<sub>2</sub>分析仪

工作原理：二氧化硫分析仪采用紫外荧光法，通过检测激发态二氧化硫向基态跃迁时释放的荧光强度，利用朗伯比尔定律（Beer-Lambert），求得二氧化硫浓度。

工作流程：通过电磁阀控制样气、零气、标气的进入。当正常采样时，样气口接通，样气进入分析仪，流经碳氢涤除器，进入测量光室，二氧化硫吸收光子能量，跃迁到激发态，激发态的二氧化硫回到基态释放荧光，通过光电检测器检测光强，得出二氧化硫浓度；样气流经检测光室后，通过排气管排出。仪器自动零点校准时，气体由室内空气产生，经活性炭过滤器和碳氢涤除器后，进入测量室，得出零气的测量值，经校准，使显示值为零。


 ESA SO<sub>2</sub>分析仪

- 用途：环境空气中 SO<sub>2</sub> 浓度的自动分析
- 测量方法：紫外荧光法
- 测量量程 (nmol/mol)：0~500 或用户可选
- ★最低检出限 (nmol/mol)：≤0.2
- 零点噪声 (nmol/mol)：≤0.1
- 量程噪声 (nmol/mol)：≤0.7
- 20%量程精密度 (nmol/mol)：≤0.3
- 80%量程精密度 (nmol/mol)：≤0.6
- 24h 零点漂移 (nmol/mol)：≤±1
- 24h 20%量程漂移 (nmol/mol)：≤±2
- 24h 80%量程漂移 (nmol/mol)：≤±4
- 响应时间 (上升/下降)：≤70s
- 环境温度变化的影响：≤0.1ppb/°C
- 流量稳定性：≤±1.5%
- 内置零气发生器，内置零气、标气双电磁阀。开机自动零点校准, 24 小时自动校零。
- 接口：以太网口 (RJ45), 3 个 USB 口, 2 路干接点输出
- 重量：不超过 10Kg
- 宽度深度：19 英寸标准机柜；高度：≤3U
- 功耗：≤45w

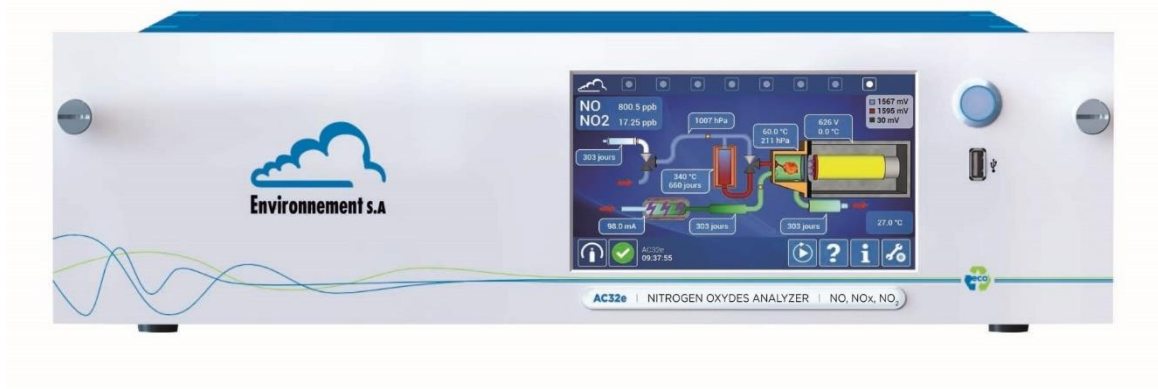


- 可扩展监测  $H_2S$ 。

## 2、 $NO_2$ 分析仪

**工作原理：**氮氧化物分析仪采用化学发光法，即一氧化氮与臭氧反应生成激发态的二氧化氮，激发态的二氧化氮回到基态时释放波长在 600nm~1200nm 的发光能量，通过检测释放光子的能力，利用朗伯比尔定律（Beer-Lambert），求出二氧化氮的浓度。但空气中的二氧化氮是通过  $NO_x$  与  $NO$  之差求得。

**工作流程：**通过电磁阀控制样气、零气、标气的进入。当正常采样时，样气口接通，样气进入分析仪，一部分经过钼炉转换把氮氧化物转化成一氧化氮，进入反应室，与臭氧发生反应生成激发态二氧化氮，激发态二氧化氮释放光子能量，被光电倍增管检测，后通过排废口排出。臭氧由室内空气产生，室内空气经过粉尘过滤器，干燥器后进入臭氧发生器内，通过高压法产生臭氧。



ESA  $NO_2$  分析仪

- 用途：环境空气中  $NO_2$  浓度的自动分析
- 测量方法：化学发光法
- 量程（nmol/mol）：0~500 或用户可选
- 零点噪声（nmol/mol）：≤0.1
- 量程噪声（nmol/mol）：≤0.4
- ★最低检出限（nmol/mol）：≤0.1
- 响应时间（上升/下降）：≤70s
- 20%量程精密度（nmol/mol）：≤0.7
- 80%量程精密度（nmol/mol）：≤1
- 24h 零点漂移（nmol/mol）：≤±0.4
- 24h 20%量程漂移（nmol/mol）：≤±1.5
- 24h 80%量程漂移（nmol/mol）：≤±2.5
- 环境温度变化的影响：≤0.2ppb/°C
- 流量稳定性：≤±2%

- 模拟输出：至少有 3 种模拟输出，0-1V、0-10V、0-20mA 或 4-20mA
- 数字输出：至少有 2 个 RS232 或 RS422 数字接口
- 接口：至少有 1 个以太网接口（数据采集+远程控制）及 1 个 USB 接口（数据导出+系统备份）
- 重量：不超过 12Kg
- 宽度深度：19"标准机柜；高度：≤3U
- 功耗：≤160W
- 可扩展监测  $\text{NH}_3$ 。

### 3、 $\text{O}_3$ 分析仪

**工作原理：**臭氧分析仪采用紫外分光光度法，即通过臭氧对 253.7nm 处的紫外光的吸收，用光电探测器检测被吸收光的强度，利用朗伯比尔定律（Beer-Lambert），求出臭氧的浓度。

**工作流程：**样气经过标准的空气进气系统(采样管，烟道，特氟隆管)进入分析仪。特氟隆管连接在监测仪后部。气路进气口处的特氟隆粉尘过滤器提供防尘保护。样气被气泵直接吸入检测室进行检测，约四秒后，电磁阀切换，样气先经过臭氧涤除剂去除臭氧，而后进入检测室检测。在气泵的排气口处，利用向气泵供电的调节板卡的调节作用，通过控制流量计将样气流速调节到 55 升/小时。样气直接由分析仪气路排气口排放到分析仪外部。



ESA  $\text{O}_3$ 分析仪

- 用途：环境空气中  $\text{O}_3$ 浓度的自动分析
- 测量方法：紫外吸收法
- 量程（nmol/mol）：0~500 或用户可选
- 零点噪声（nmol/mol）：≤0.1
- 量程噪声（nmol/mol）：≤0.4

- ★最低检测限 (nmol/mol) :  $\leq 0.1$
- 20%量程精密度 (nmol/mol) :  $\leq 0.5$
- 80%量程精密度 (nmol/mol) :  $\leq 0.6$
- 24h 零点漂移 (nmol/mol) :  $\leq \pm 0.7$
- 24h 20%量程漂移 (nmol/mol) :  $\leq \pm 3$
- 24h 80%量程漂移 (nmol/mol) :  $\leq \pm 3$
- 响应时间 (上升/下降) :  $\leq 60s$
- 流量稳定性:  $\leq \pm 3\%$
- 内置零气、标气双电磁阀
- 接口: 以太网 (RJ45) 输出口, 3 个 USB 口, 2 路干接点输出
- 重量: 不超过 10Kg
- 宽度深度: 19"标准机柜; 高度:  $\leq 3U$
- 功耗:  $\leq 30W$
- ★采用 LED 灯作为紫外灯光源。

#### 4、CO 分析仪

**工作原理:** 一氧化碳分析仪采用非分散红外吸收法, 即通过一氧化碳对  $4.67 \mu m$  红外吸收的特性, 用光电检测器检测被吸收光的强度, 利用朗伯比尔定律 (Beer-Lambert), 求出一氧化碳的浓度。

**工作流程:** 样气经过标准的空气进气系统 (采样管, 烟道, 特氟隆管) 进入分析仪。特氟隆管连接在监测仪后部。气路进气口处的特氟隆粉尘过滤器提供防尘保护。利用放置在气路末端的气泵将样气吸入检测室。在气泵的排气口处, 利用向气泵供电的调节板卡的调节作用, 通过控制流量计将样气流速调节到 60 升/小时。样气直接由分析仪气路排气口排放到分析仪外部。



ESA CO 分析仪

- 用途：环境空气中 CO 浓度的自动分析
- 测量方法：气体滤波相关红外吸收法
- 量程（ $\mu\text{mol/mol}$ ）：0~50，或用户可选
- ★最低检出限（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq 0.2$
- 零点噪声（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq 0.1$
- 量程噪声（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq 0.1$
- 20%量程精密度（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq 0.1$
- 80%量程精密度（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq 0.1$
- 24h 零点漂移（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq \pm 0.3$
- 24h 20%量程漂移（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq \pm 0.2$
- 24h 80%量程漂移（ $\mu\text{mol/mol}$ ）： $\leq \pm 0.4$
- 响应时间（上升/下降）： $\leq 75\text{s}$
- 流量稳定性： $\leq \pm 2\%$
- 环境温度变化的影响： $\leq 0.1\text{ppm}/^\circ\text{C}$
- 内置零气发生器，内置零气和标气双电磁阀。开机自动零点校准, 24 小时自动校零。
- 接口：以太网连接（RJ45），3 个 USB 口，2 路干接点输出
- 重量：不超过 10Kg
- 宽度深度：19"标准机柜； 高度： $\leq 3\text{U}$
- 功耗： $\leq 50\text{ W}$
- 可扩展监测二氧化碳

## 5、PM<sub>10</sub>分析仪

ESA MP101M 型 PM<sub>10</sub> 分析仪采用  $\beta$  射线吸收原理， $\beta$  射线是一种高速电子流，当它穿过颗粒物时，部分能量被颗粒物吸收，导致强度衰减。低能量  $\beta$  射线的衰减量大小，仅与吸收物质的质量有关，而与吸收物质的其他物理特性（如颗粒物分散度、颜色、光泽、形状等）无关，因此通过测量  $\beta$  射线的衰减量大小，来计算大气中颗粒物的质量浓度。



### ESA PM<sub>10</sub> 分析仪

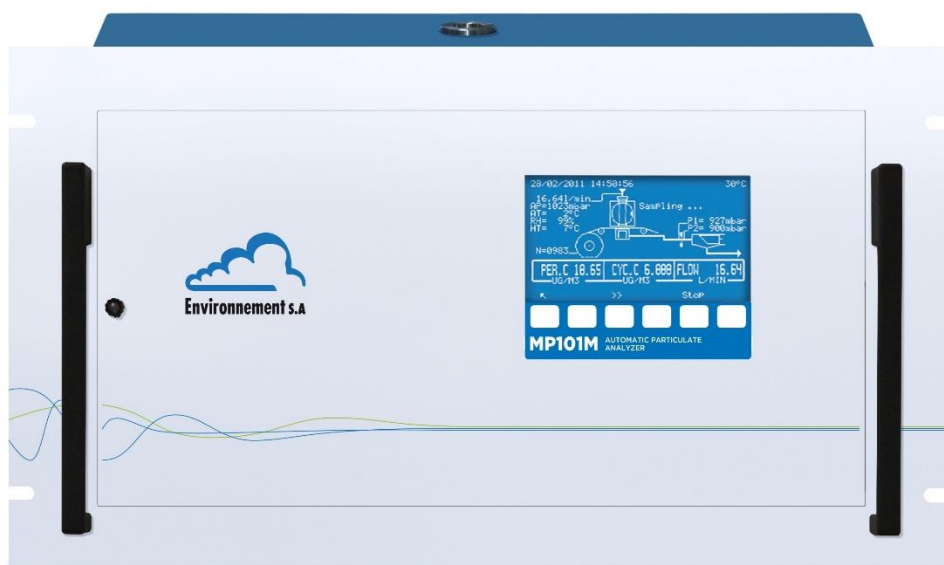
- 用途：环境空气中 PM<sub>10</sub> 浓度的自动分析
- 测量方法：β 射线吸收法
- 量程：0-100/200/500/1000/2000/5000/10000 μg/m<sup>3</sup> 可选，具有量程自动切换功能
- 最小显示单位：0.1 μg/m<sup>3</sup>
- ★最低检测限：0.5 μg/m<sup>3</sup>
- 采样周期：0.25/0.5/1/2/3/6/12/24/48/96 小时可选，
- ★检测器：高性能的盖格米勒计数器
- 平均稳定性（24h 平均值）：≤±0.4%
- 平行性：≤10%
- 计数时间：10 到 300 秒可选
- 放射源：密封的碳 14（1.67 Mbq±10%）
- 采样流量：16.67 L/min（1.0 m<sup>3</sup>/h，国家标准）

- 切割头：符合美国 EPA 标准的 PM<sub>10</sub> 切割头
- 模拟输出：至少有 3 种模拟输出，0-1V、0-10V、0-20mA 或 4-20mA
- 数字输出：至少有 2 个 RS232 或 RS422 数字接口
- 接口：至少有 1 个以太网接口（数据采集+远程控制）及 1 个 USB 接口（数据导出+系统备份）
- 宽度深度：19"标准机柜；高度：≤6U
- 功耗：≤330 VA
- 全程动态加热采样杆：标准的 RST 采样杆能够根据实际的大气温度和湿度，对采样温度进行自动调整，以减少环境变化对于颗粒物监测的影响，保证数据的准确性
- 仪器配有 32 个通道，可记录包括温度、湿度、压力以及露点等主要信息
- 配有三个大气压力和温度传感器，能够实现对于流量的精确控制
- 测量期间可进行流量校准

## 6、PM<sub>2.5</sub>分析仪

ESA MP101M 型 PM<sub>2.5</sub> 分析仪采用 β 射线吸收原理，β 射线是一种高速电子流，当它穿过颗粒物时，部分能量被颗粒物吸收，导致强度衰减。低能量 β 射线的衰减量大小，仅与吸收物质的质量有关，而与吸收物质的其他物理特性（如颗粒物分散度、颜色、光泽、形状等）无关，因此通过测量 β 射线的衰减量大小，来计算大气中颗粒物的质量浓度。




 ESA PM<sub>2.5</sub> 分析仪

- 用途：环境空气中 PM<sub>2.5</sub> 浓度的自动分析
- 测量方法：β 射线吸收法
- 量程：0-100/200/500/1000/2000/5000/10000 μg/m<sup>3</sup> 可选，具有量程自动切换功能
- 最小显示单位：0.1 μg/m<sup>3</sup>
- ★最低检测限：0.5 μg/m<sup>3</sup>
- 采样周期：0.25/0.5/1/2/3/6/12/24/48/96 小时可选，
- ★检测器：高性能的盖格米勒计数器
- 平均流量偏差：≤±0.2%
- 平行性：≤15%
- 计数时间：10 到 300 秒可选
- 放射源：密封的碳 14 (1.67 Mbq±10%)

- 采样流量：16.67 L/min (1.0 m<sup>3</sup>/h, 国家标准)
- 切割头：符合美国 EPA 标准的 PM<sub>2.5</sub> 切割头 (VSCC)
- 模拟输出：至少有 3 种模拟输出，0-1V、0-10V、0-20mA 或 4-20mA
- 数字输出：至少有 2 个 RS232 或 RS422 数字接口
- 接口：至少具有 1 个以太网接口（数据采集+远程控制）及 1 个 USB 接口（数据导出+系统备份）
- 宽度深度：19"标准机柜；高度：≤6U
- 功耗：≤330 VA

## 7、动态校准仪

多元动态校准仪内置两个质量流量控制器(100mL&10L)，小量程的用来控制标气的进气量，大量程的用来控制稀释气体的进气量。通过输入所需标气的浓度，仪器会自动计算出标气和稀释气体的进气量，配出所需要的气体。如有需要，最多可配三个质量流量控制器。



ESA 动态校准仪

- 流量计准确度：±1% 满量程
- 流量计重现性：±0.1% 满量程
- 标气流量计量程：0-100 mL/分钟
- 零气流量计量程：0-10L/分钟
- 臭氧输出：0.2 ppb - 0.5 ppm（选配：0.5 ppb - 1 ppm 或 100 ppb - 6 ppm），流速可选 5-10L/分钟
- 臭氧发生器准确度：±2%
- 预热时间：不大于 30 分钟

- 接口：零气接口 1 个、标气接口 4 个、标气出口 1 个，1/4"Swagelok
- 可编程输入：输入/输出（8I/8O）
- 输出：RS232 串口连接
- 工作温度：4℃-50℃
- 宽度深度：19"标准机柜；高度：≤4U
- 电源：220±10% VAC，50Hz
- 功耗：≤250 VA

## 8、零气发生器

零气发生器能够将采集到的空气经过除水、活性炭吸附、絮凝、催化转化后得到零空气。

工作流程：环境空气经过压缩冷凝后经过絮凝沉淀，后经过干燥器去除水分，经过压力调节阀调节后，进入催化转化炉（可选）将碳氢化合物转化成二氧化碳，后经过活性炭吸附去除二氧化硫、氮氧化物等，最后经过粉尘过滤器后排出干净的零气。



ESA 零气发生器

- 设备用途：作为稀释校准仪器的零气源
- 零气纯度：NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S：< 0.1 ppb  
O<sub>3</sub> < 0.4 ppb  
CO：< 20 ppb（装有选配的涤除器）  
碳氢化合物：< 5 ppb（装有选配的涤除器）
- 流量：1-20 NL/min 【2.07 bars (30 psig)】
- 露点：
  - < -30 °C 【10 NL/min】

- < -10 °C 【20 NL/min】

- 泵：内置高寿命、微油式活塞泵
- 碳氢化合物涤除器温度：300 °C ~ 480 °C，用于提高 THC 的去除
- 工作温度：4°C-44°C
- 宽度深度：19"标准机柜；高度：≤5U
- 电源：220±10% VAC，50Hz/60Hz
- 功耗：≤500 W
- 冷凝水过滤器对湿空气进行初级过滤，冷凝水自动排出。
- 再生洗涤器对空气进行完全干燥，涤除效率高，无需维护。
- 零气通过空气压力调节器控制，保证输出压力稳定。
- 内置安全阀作为过压保护。
- 空气压力开关自动控制压缩机的起停。
- 整个仪器由 CPU 进行自动控制。具有来电自动启动功能。
- 内置双缸压缩机。

## 9、采样系统

- (1) 采样管长度应满足各子站采样高度设置要求；
- (2) 采样总管内径在 5-15cm 之间，采样总管内的气流保持层流状态，气体在总管内的滞留时间小于 20 秒；
- (3) 采样总管为多支路防水采样管路，应采用温控可调节加热式除湿、内衬特氟龙的处理措施；
- (4) 采样管入口应设有防雨伞状帽和纱网，应能防止雨水和粗大尘粒随空气一起被收入；
- (5) 采样系统密封，与房体联接具有法兰或其他型式多级防渗水连接；与房体外联接的法兰必须为耐腐蚀和坚固不锈钢；
- (6) 采样系统主管路为可拆卸式，在不影响房顶外部法兰连接和仪器端连接情况下方便拆洗维护。

## 10、机架等辅助设备

配置立式机柜，散热性能良好，可容纳本次采购的仪器，机柜采用航空级导轨抽拉连接装载仪器，方便拆卸仪器与清洗仪器内部管路，所有的连接管线、接头等应采用防腐材质，不与被测污染物发生化学反应。

## 11、数据采集系统

- (1) 采集硬件工控机要求
  - ①4U 上架式机箱卡槽；
  - ②CPU：主频不低于 2.4G，双核；
  - ③内存容量：不低于 2GB；

- ④硬盘容量：不低于 500GB；
- ⑤配置 8 路标准 RS-232 串口；
- ⑥网络通信：速率 100M 或以上；
- ⑦I/O 接口：前置 2 个 USB 2.0 接口，复位开关，电源、硬盘指示灯，带锁安全门；
- ⑧电源：标准 ATX 电源；
- ⑨配置操作系统：正版操作系统；
- ⑩随机附件：鼠标键盘；
- ⑪液晶显示器：配备一台不小于 19 英寸的液晶显示器。

#### (2) 采集软件要求

①执行规范：系统统计与报表符合《环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）》、（HJ 633-2012）、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）《环境空气质量评价技术规范（试行）》（HJ 663-2013）相关规范。

②数据采集项目包括：CO、NO<sub>x</sub>（NO/NO<sub>2</sub>）O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、气象五参数（风速、风向、气温、湿度、气压）仪器状态信息（采样流量、机箱温度、反应室压力等）仪器报警信息等。

③数据采集：数据采集可按照一定的采样周期（采样周期可配置）向各个分析仪器采集实时数据，并按照相关技术规范自动计算出 1 分钟值、5 分钟值、小时值、日均值等统计数据和报表等。

④仪器状态监控：系统具备定时自动查询当前监测仪器的状态信息（采样流量、机箱温度、反应室压力等）的功能，可定时采集、存储，按需上传到平台。

⑤支持品牌：支持主流的大气监测设备，支持主流的气象监测设备，支持主流的温室气体监测设备。

⑥通讯接口支持：支持多种通讯接口：串口（RS-232、RS-485）网口（TCP、UDP）模拟口。

⑦统计功能：具备常规统计，如日均值，最小、最大值等；分析功能，如历史数据查询，可查实时数据、1 分钟数据、5 分钟数据、小时数据、日均数据；历史 AQI 查询；报表统计，如 AQI 实时报表，AQI 日报表。

⑧系统安全：该系统具备系统备份、还原功能，提高系统及数据安全性和完整性。确保数据的有效率和安全性。

⑨系统成熟，运行稳定：安装部署调试后，系统可 7\*24 小时稳定运行。

## 12、气象五参数分析仪

(1) 设备用途：用于气象五参数的测定

(2) 系统配置：能够支持接入子站相关数据采集系统

(3) 主要参数

①温度：原理 能隙式，范围 -40—+65℃，精度 ≤0.3℃

②湿度：原理 薄膜湿敏电容，范围 0-100%RH，精度 ≤0.1%

③气压：原理 硅薄膜电阻，范围 540-1100hPa，精度  $\leq 0.1\text{hPa}$

④风向：原理 360 度电位器，范围 0-360°，精度  $\leq 3^\circ$

⑤风速：原理 三杯式风轮，数字磁脉冲，范围 0-80m/s，精度  $\pm 0.1\text{ m/s}$ ，最小检出限 1m/s

(4) 仪器性能

①防护等级：IP66

②输出形式：数字 RS-232, RS-485, USB

(5) 总体性能

①集大气温度、相对湿度、气压、风向、风速于一身，无移动部件，免维护具有气象塔。

②配置专用气象塔和气象杆，其垂直高度应 3 米、5 米、8 米可选（根据监测平台离地面高度）。

③具有良好的抗酸雨、抗腐蚀性，不漏电漏雨。

### 13、站房

该监测站房适用于任何场地的安装，特别适于楼顶屋面安装，一步到位，终年无须维修。电源由外接市电供给。

(1) 设计原则

①站房总体安全可靠：严格控制站房重量，站房整体结构可靠。站房内部布局要注意避免产生尖锐突出物。

②站房结构安全可靠：各类设备、设施、物品在站房设计时均要考虑连接可靠性与安放稳定性，避免在使用过程中出现松动松旷、变形移位等现象，保证仪器与设备安全。

③站房的安装实用性：合理设计站房的外形总体尺寸，充分考虑安装的实用性。满足安置环境空气自动监测成套设备，满足仪器正常运行所需的供电、网络、安环等基础条件

④站房环境适应性：按照使用要求设计满足当地环境的站房，满足操作，适应周边环境，站房的设置避免对相关单位（人员）生产、生活和环境造成影响。

⑤站房结构的密封防水性：充分考虑站房的防腐密封性，防水、防雨、防尘。所有地板穿线、穿管、骨架设备安装位置均要做涂胶密封处理，保证地板的密封防尘性。

⑥站房的使用方便性：站房与各系统的设计要满足灵活、方便、快捷、安全的使用要求，保证站房到达现场后能尽快进入工作状态。

⑦站房的抗震性：站房与各系统要充分考虑减震、降噪、隔音以及人机工程的要求，从结构上、材料上、工艺上确保各设备安全正常工作，并保证内部人员良好舒适的工作环境。

抗震性能要通过多种减震方式灵活运用，根据不同的设备抗震要求，选择合适的手段。

(2) 技术指标

监测站房主要由站房和房顶护栏组成，面积不低于 15 平方米。

站房地基块：不低于 20cm 高度



尺寸：5000mm×3000mm×2600mm(长×宽×高)

①总体、基本布置：美观大方、坚固耐用、防盗防火、抗腐蚀、重量轻、寿命长、装拆方便；站房可设为缓冲间和仪器房，缓冲间位于站房的前端，顶部装有顶灯，使工作环境更舒适。缓冲间与仪器房间设有门。

②站房整体设计：站房整体采用无骨架拼装结构，安装方便、快速、美观。采用结构防水，彻底防漏雨、避免密封胶防漏的弊病。

③站房结构：前、后、左、右、屋顶采用双层净化彩钢板、超厚保温层，厚度 75mm(中间保温层为阻燃材料)；门选用标准防盗门或净化密封门双密封结构进行安装；屋顶安装护栏，侧面安装踏步梯（防滑钢板）。

④站房墙体：站房内外墙采用不小于 0.5mm 厚度的净化彩钢板板材，彩钢板喷涂工艺为：底层采用环氧树脂，面漆采用聚酯、硅改性聚酯工艺，板材间采用插入式拼装结构，有足够的强度，并防止漏水。

⑤站房地板：站房底部为六层结构，最下两层为钢方管支架和镀锌钢板，中间两层为防水油毡和优质细木板，最上边两层为防潮气垫膜和优质复合木地板，整个底架部分喷涂防锈及相应油漆。整个站房和地面架空 20cm，起到防潮、防水的作用。

⑥踏步直梯：为方便工作人员到屋顶操作，室外安装钢制踏步直梯，两边安装扶手，脚蹬和支撑梁均为热镀锌 C 型钢和方钢焊接，登顶处设置平台，铺镀锌钢板，整个钢梯有很好的耐腐蚀性，更为安全方便。

⑦屋顶护栏：屋顶安装护栏，采用不锈钢管进行安装，并于顶部进行连接固定，高度 75cm。

⑧监测站房防护措施：站房的外露紧固件（除高强度螺栓外）采用铝合金件，外表面喷涂三防底漆和优质面漆。大门应设置为向外开，并安装门禁装置。

⑨配电：站房内设配电箱一个，配电箱内配置 40A 三相电度表 1 个、60A 三相空气总开关 1 个；分三组单相 220V/20A，各项分别设 25A 空气开关一个；具体为稳压插座一相（仪器用）、非稳压插座一相（采样泵和临行用电）、空调和照明一相；室内空调插座 2 个（220V/16A），其余安全电源插座 8 个，其中 4 个稳压 4 个非稳压（220V/10A 带地线插孔）；电源线不小于 4 平方毫米，合适走线槽若干。

⑩站房内采样装置抽气风机排气口和监测仪器排气口的位置，设置在靠近站房下部的墙壁上，排气口里站房地面的距离在 20cm 以上。

⑪站房有防雷和防电磁干扰设施，防雷接地装置选材和安装参照 YD5098 标准的相关要求，验收时站房出具防雷检测报告。站房设火灾自动报警及自动灭火装置，火灾自动报警系统的设计应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116）的规定，灭火材料应对人和仪器无损害，与站房和仪器系统整体协调。

⑫站房应依照电工规范中的要求制作保护地线，用于机柜、仪器外壳等的接地保护，接地电阻

应小于  $4\Omega$ 。

⑬站房的线路走线美观，布线加装线槽。

⑭站房内应配备照明设备。

⑮配备吊顶式自动灭火器 1 只，每只 4 公斤，灭火器的灭火剂为含氟环保型，加装烟雾报警器实现远程报警。

⑯站房内部配备工作台一张，面积至少  $1.1\text{m} \times 0.6\text{m}$ ，供操作维护人员放置记录本、物品及修护工作用。工作椅一张。

⑰站房配备空调一台：1.5 匹、冷暖空调、具有断电自启功能。

⑱配备稳压电源及 UPS 一台：保证站房内仪器所需的稳定电压；能够满足各分析仪器、零气发生器、动态气体校准仪、数据采集系统等设备用电需求，确保上述仪器设备长期稳定运行，不受感应电影响跳变电压，稳压电源可负载超过 5KW 以上，供仪器正常使用，稳压电源接地。UPS 要求能供电 4 小时。

⑲站房在正式施工前，施工现场满足水通、电通、道路通和场地平整等，达到“三通一平”的要求。

### 3.2.2 环境空气挥发性有机物在线监测系统选型

目前市面上使用较为广泛、成熟的挥发性有机物连续监测系统，方法原理均为气相色谱法。不同厂家的仪器，在采样控制、质控单元、检测器等方面多有差异，所使用的色谱柱、前处理方式也不尽不相同。其中检测器种类包括火焰离子化检测器（FID）、质谱检测器（MSD）和光离子化检测器（PID）。一般低碳组分采用 FID 检测器定性定量；但存在个别设备使用纯 MS 检测器进行所有组分。比较这三种检测器，FID 和 MSD 属于质量型、通用型检测器，而 PID 属于浓度型、选择性检测器。综合考虑稳定性、产品成熟度和在稳定性和抗干扰能力上，PID 有一定劣势，相对易衰减且受湿度影响较大。

#### 3.2.2.1 相关标准规范

《环境空气挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附气相色谱-质谱法》（HJ644-2013）

《环境空气挥发性有机物的测定 罐采样气相色谱-质谱法》（HJ 759-2015）

《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 1010-2018）

### 3.2.2.2 GC-FID

环境 VOCs 在线监测系统主要由均配有 FID 检测器的一台 C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 分析仪和一台 C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 分析仪组成。用于分析环境空气中的微量/痕量（ppb/ ppt）级挥发性有机物（含轻的和重的 VOCs 组分）和苯及其衍生物。由于采用了 FID 检测技术和采用 H<sub>2</sub> 做载气，组分的分离度和检测灵敏度都极好，检测级别可达 ppt 水平。

#### 分析系统具有以下特点：

- 配有气体发生器，全自动运行；
- 通过调制解调器或以太网将数据传输到数据采集器；
- 稳定性和可重复性好；
- 线性好（0.01 - 100ppb）；
- 符合欧洲标准 EN 14 662-3 的要求，无干扰现象出现；
- 获得了中国的 CPA，德国 TUV 实验室及英国 Mcerts 关于苯系物 BTEX 检测的认证；

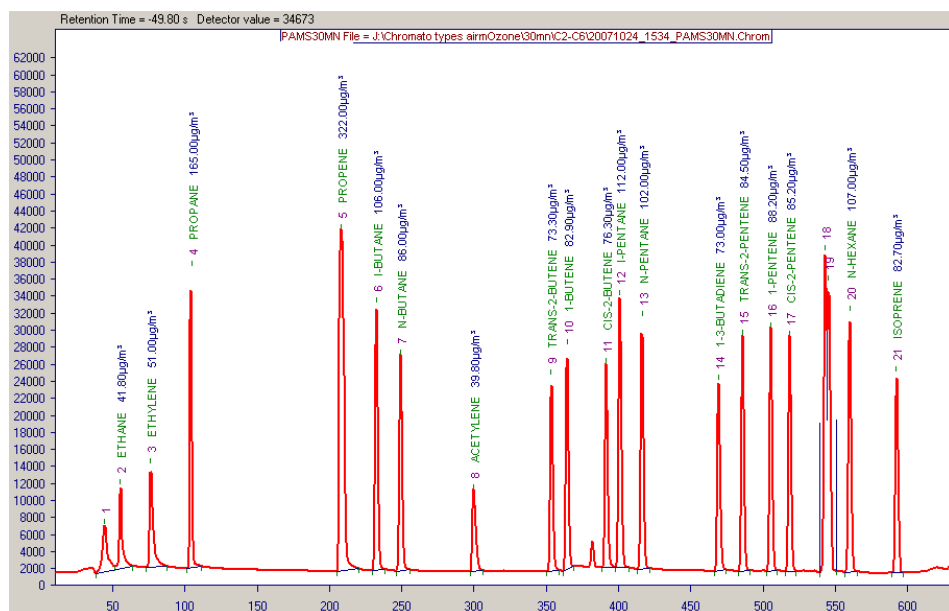
可监测 TO14/PAMS 中所列的 88 种 VOCs 组分，详见下表：

序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	乙烷	23	顺-2-戊烯	45	2, 2-二甲基丁烷	67	对乙基甲苯
2	乙烯	24	2, 2-二甲基丁烷	46	苯	68	1, 3, 5-三甲苯
3	丙烷	25	甲基环戊烷	47	环己烷	69	邻乙基甲苯
4	氟利昂-12	26	2, 3-二甲基丁烷	48	2, 3-二甲基戊烷	70	1, 2, 4-三甲苯
5	丙烯	27	2-甲基戊烷	49	3-甲基己烷	71	正癸烷
6	异丁烷	28	3-甲基戊烷	50	2, 2, 4-三甲基戊烷	72	1, 2, 3-三甲苯
7	正丁烷	29	二氯甲烷	51	正庚烷	73	间二乙苯
8	乙炔	30	正己烷	52	甲基环己烷	74	对二乙苯
9	反式-2-丁烯	31	异戊二烯	53	2, 3, 4-三甲基戊烷	75	正十一烷
10	氯甲烷	32	氟利昂-113	54	甲苯	76	1, 1-二氯乙烷
11	1-丁烯	33	2-甲基-1-戊烯	55	2-甲基庚烷	77	1, 2-二氯乙烯
12	异丁烯	34	1-己烯	56	3-甲基庚烷	78	三氯甲烷
13	氯乙烯	35	2, 4-二甲基戊烷	57	正辛烷	79	1, 2-二氯乙烷
14	顺式-2-丁烯	36	氯苯	58	乙苯	80	1, 1, 1-三氯乙烷
15	环戊烷	37	1, 3-二氯苯	59	间&对二甲苯	81	四氯化碳

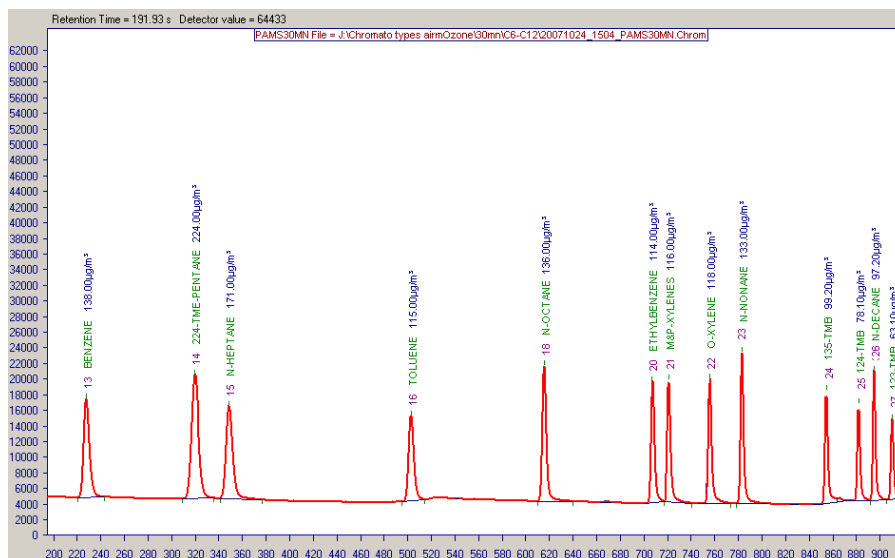
16	氟利昂-11	38	1, 4-二氯苯	60	苯乙烯	82	1, 2-二氯丙烷
17	异戊烷	39	1, 2-二氯苯	61	邻二甲苯	83	三氯乙烯
18	正戊烷	40	1, 2, 4-三氯苯	62	正壬烷	84	反式 1, 3-二氯丙 烯
19	1, 3-丁二烯	41	正十二烷	63	异丙苯	85	顺式 1, 3-二氯丙 烯
20	1, 1-二氯乙 烯	42	六氯-1, 3-丁二 烯	64	丙基苯	86	1, 1, 2-三氯乙烷
21	反-2-戊烯	43	烯丙基氯	65	$\alpha$ -蒎烯	87	1, 2-二溴乙烷
22	1-戊烯	44	$\beta$ -蒎烯	66	间乙基甲苯	88	四氯乙烯

注:

- **T0-14A 方法:** EPA 关于大气中有毒有机化合物测定方法汇编; 使用特殊处理的采样罐/气相色谱仪检测环境大气中的挥发性有机物。
- **PAMS 光化学评估监测站:** 是 EPA 在美国 24 个城市地区建立的光化学评估监测站网络。该项目以臭氧、氮氧化物、NMHCs、部分含氧有机物等为监测目标建立相应的监测网络, 空气质量的数据库, 以获得对臭氧及其前体物更全面的信息, 分析环境空气质量变化的趋势。
- **色谱图, 示例如下:**



C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 色谱图



C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 色谱图

### (1) 法国可马特泰克 VOCs 在线色谱分析仪

#### ■ 低碳氢 C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 分析仪

C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 分析仪，采用 FID 检测器，用于 C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 挥发性烃类的分析，即从组分乙烷 - 组分苯（或其它 C<sub>6</sub> 组分）包括 1, 3 丁二烯。

##### 特点：

- 仪器使用一个六通阀、一个独特的吸附式能阱和一个金属毛细管色谱柱；
- 最低检测限：环境空气中：15 ppt （例如 1, 3 丁二烯）；
- C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 分析仪使用一个热电子冷却系统 以便在需要时控制能阱的温度。例如分析乙炔时；
- 微型化、灵敏性、移动性和灵活性是该设备的主要特点；
- 整个系统，从进样到数据存档均内置在一个 19 英寸 5U 的机箱里；
- 色谱炉程序升温，并用一个电子阀控制载气的压力和流量；
- 在发货前，分析仪要由质量控制部门进行一个星期的测试；
- VistaCHROM 软件使用户可在工业计算机上观察和储存数据。它给用户提供了在以后进行再计算、数据的校准和输出以及测量配置等应用的便利条件；
- 软件可以进行保留时间、面积、质量和浓度曲线等（计量单位可选）的计算。

#### ■ 高碳氢 C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 分析仪

选用 C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 分析仪，采用 FID 检测器，用于分析 32 种以上的 C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> 组分的分析。

##### 仪器特点：

- 仪器使用一个六通阀、一个独特的吸附式能阱和一个内径为 0.2mm 的金属毛细管色谱柱；
- 微型化、灵敏性、移动性和灵活性是该设备的主要特点；

- 色谱炉程序升温，并用一个电子阀控制载气的压力和流量；
- 仪器上 VistaCHROM 软件使用户可在工业计算机上观察和储存数据。它给用户提供了进行再计算、数据的校准和输出以及测量配置等应用的便利条件；
- 软件可以进行保留时间、面积、质量和浓度曲线（计量单位可选）的计算。

#### ■ 校准仪

校准装置，安装在 19 英寸 4U 机箱中，设计用于在不同浓度时的检测结果的自动校准。校准仪通过 VISTACHROM 软件控制，通过标气瓶和渗透管对系统中 VOCs、硫化物分析仪进行自动校准。

- 配备校准用渗透管、有机物标准气和标气减压阀；
- 可用钢瓶标气或渗透管做校准；
- 校准周期可自行设定；
- 支持单点/多点校准；
- 内置电磁阀，可实现分析仪器采样通道和校准通道的自动切换。

#### ■ 零空气发生器

为系统提供干燥、干净的零空气，并且输送到校准仪、VOCs、硫化物、氢气发生器中。

工作压力:45 PSI

电气规格: 230 / 110 / 60 赫兹 vac50hz 功率: 310 瓦 (0.18hp)

噪声: 35 分贝 (A)

零空气最大流量: 1 升/分钟露点<0° C.

零空气总烃浓度: <0.1 ppb nmthc 周围空气无污染.

#### ■ 氢气发生器

采用电解水质子交换膜 (PEM)，固体聚合物膜过滤的方法产生干燥高纯度氢气，为气相色谱分析仪提供干燥高纯度的载气。

- 可持续输出 100ML/min 的氢气。
- H<sub>2</sub> 纯度达到 99.9999% (连续干燥装置)，碳氢化合物。
- 外置 5L 电解水箱满足长期制氢需求。

#### (2) 德国 AMA GC5000

AMA-GC5000 系列臭氧前体物 (C2-C12) 在线监测系统由德国 AMA 公司积 20 年的经验开发、设计和制造，技术先进，性能稳定，无需人员值守，具有 ppt 级的高检测灵敏度，连续自动测量大气中的臭氧前体物含量。系统技术指标符合欧盟和美国 EPA 对大气中臭氧前体物的最新监测规范要求 (the VDI guideline 2100 of the EU guideline 2002/3/EC from February 12th 2002 and the guidelines of the Technical Assistance Document EPA/600-R-98/161 of US EPA, from September 30th 1998.)



该系统主要包括 GC5000VOC、GC5000BTX 两个分系统组成，分别测量 C2-C6 范围的低沸点物种和 C4-C12 范围的高沸点物种。



德国 AMA GC5000

### 检测因子

C2 及以上的直链烃（乙烷，， 乙烯， 乙炔， 1， 3-丁二烯等）  
 C1 及以上的氯代`烃（氯甲烷， 氯乙烷， 二氯甲烷， 氯乙烯等）  
 芳香族化合物（苯系物， 苯乙烯， 三甲苯， 乙烷基甲苯、等）  
 脂肪烃（1， 3-丁二烯， 甲基环戊烷， 甲基己烷、等）  
 氯代烃（氯乙烯， 三氯乙烯， 四氯乙烯、等）

### 典型配置

GC5000VOC-FID 分析色谱一台  
 GC5000BTX-FID 分析色谱一台  
 DIM200 稀释模块 2 台 + C2-C6 标准气 + C4-C12 标准气  
 辅助气源：零气、高纯氮、高纯氢  
 数据计算机  
 19' 智能组合机柜

### 技术特点

内置微电脑和系统控制软件，可实现全系统的自动无人运行、校准/系统响应测试和无人遥控  
 时间分辨率高，30 分钟内即可完成一个采样/分析周期  
 高清晰度彩色操作/显示屏，既可直接触摸操作，完成系统参数设定、编辑及结果处理等，直观方便，又可以显示色谱图、校准曲线、参数表格、运行状态信息  
 内置压力控制集成组件，确保仪器载气、氢气和辅助气流量稳定，全部采用质量流量计测定流量，不受环境压力、温度变化影响，准确计量气体体积  
 可编程的最大 3 段线性升温，升温速率快

恒温 FID 检测器技术，灵敏度高，性能稳定，线性范围 $> 10^7$ ，最小检测限 $< 0.03 \text{ ppb}$ （苯）

常温（ $10^\circ\text{C} / 30^\circ\text{C}$ ）富集技术，免去繁琐的制冷系统

采用二级富集/反吹柱技术富集低沸点组分，既提高低沸点组分的富集效率，又可排除水分和高沸点有机物的影响，保证出峰时间稳定，峰形完美

倍率最大达 2500 倍的稀释模块，可充分利用标准气体，保证获得校准效果

19' 标准机箱，结构紧凑，采用立式智能组合机柜，占地小，便于日常维护操作

### GC5000VOC-FID/PID 分析色谱技术指标

功能：以 30-60 min 的运行周期，连续自动（两级）富集、分析 C2-C6 的有机物种，最低检测限 0.1ppb 级

#### 色谱柱箱

最大可安装 60 m 毛细管色谱柱

温度范围  $40-210^\circ\text{C}$ , 3 段线性升温程序, 升温速率范围  $1-25^\circ\text{C}/\text{min}$  (调节量  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ )

强制换风快速冷却方式

恒温 6 位阀 (x3, 对应空气样富集、再富集和进样管路), 恒温范围  $30-150^\circ\text{C}$

集成的载气、氢气和辅助气压力控制组件

使用高纯氮载气 (最小供气压力 3bar)

火焰离子化检测器 (FID), 同时可选用光化离子检测器 (PID)

使用氢气和压缩空气源

恒温模块组件

检测信号线性范围 $> 10^7$

最小检测限 $< 0.03 \text{ ppb}$ （苯）

#### 采样/预富集

使用免维护隔膜气泵和质量流量控制器

双柱富集/热解吸/自动采样工作方式

使用大容量吸附介质的前级（预）富集柱对 $\geq \text{C1}$ 物种进行预富集

吸附温度  $10^\circ\text{C}$ , 最高热解吸温度  $350^\circ\text{C}$ , 热解吸升温速率最大  $40^\circ\text{C}/\text{s}$

采样时间 0-99 min 可调, 流量 2-50 ml/min 可调

（推荐）采样体积 200-800 ml (标准状态, 可调)

二级富集柱聚焦温度  $30^\circ\text{C}$ , 最高热解吸/进样温度  $350^\circ\text{C}$

#### 反吹柱

使用电磁阀控制反吹气路, 脱去抑留在反吹柱中的水分和高沸点有机物

#### 自动控制和软件/通讯

内置微电脑和分析仪系统软件，自动完成采样、分析运行和周期性校准/系统响应测试

可实现系统自动无人运行和无人遥控

GESYTEC II 数据通讯端口

监控计算机外接端口

智能显示/操作面板

可直接触摸操作，通过系统菜单完成各种参数设定、编辑及结果处理等操作，无需另外使用键盘和鼠标，直观方便

高清晰度彩色显示屏可直接显示色谱图、校准曲线、参数表格、运行状态和错误信息

### GC5000BTX-FID 分析色谱技术指标

功能：以 15-60 min 的运行周期，连续自动富集、分析 C4-C12 有机物种

色谱柱箱

最大可安装 60 m 毛细管色谱柱

温度范围 40-210 ° C, 3 段线性升温程序, 升温速率范围 1-25 ° C/min(调节量 1 ° C/min)

强制换风快速冷却方式

恒温 6 位阀, 恒温范围 30-150 ° C

集成的载气、氢气和辅助气压力控制组件

使用高纯氮载气 (最小供气压力 3bar)

火焰离子化检测器 (FID)

使用氢气和压缩空气源

恒温模块组件

检测信号线性范围 > 10<sup>7</sup>

最小检测限 < 0.03 ppb (苯)

采样/预富集

使用免维护隔膜气泵和质量流量控制器

单柱自动富集/热解吸工作方式

富集柱采样温度 30 ° C, 最高热解吸温度 350 ° C, 热解吸升温速率最大 40 ° C/s

采样时间 0-99 min 可调

流量 2-50 ml/min 可调

(推荐) 采样体积 200-800 ml (标准状态, 可调)

自动控制和软件/通讯

内置微电脑和分析仪系统软件，自动完成采样、分析运行和周期性校准/系统响应测试

可实现系统自动无人运行和无人遥控

GESYTEC II 数据通讯端口

监控计算机外接端口

智能显示/操作面板

可直接触摸操作，通过系统菜单完成各种参数设定、编辑及结果处理等操作，无需另外使用键盘和鼠标，直观方便

高清晰度彩色显示屏可直接显示色谱图、校准曲线、参数表格、运行状态和错误信息

外观

19 “，6 H 标准机箱

重量 33 kg

供电电源 230 VAC，50 Hz

### **DIM 200 标气稀释模块技术指标**

功能

在 GC5000BTX 分析色谱或 GC5000VOC 分析色谱的系统软件控制下，完成采样旁路、零气和标准气流路的切换以及零气和标准气流量的精确控制，实现对色谱系统的校准或检测标准气流量控制

不锈钢材质数字式质量流量计，流量范围 2 -100 sccm，准确度+/- 0.5% 读数+ 0.1 % 满量程

零气（稀释气）流量控制

铝质数字式质量流量计，流量范围 100 -5000 sccm，准确度+/- 0.5% 读数+ 0.1 % 满量程

标气稀释倍数范围

0-2500

电磁阀组

由系统软件控制内置电磁阀切换采样、零气和标准气管路  
两种（可选）工作方式

通过内部通讯链路连接 AMA 色谱系统，由色谱系统软件控制，可最多执行 20 点自动校准或检验

加装选配的独立运行软件或外部控制接口，实现自主运行或通过外部数字 I/O 联机遥控工作时，可最多执行 5 点自动校准或检验

气体管路接口

标准气路为 1/8” 标准接口

零气及采样旁路为 1/4” 标准接口

背光 LCD 显示屏

指示当前的校准点、浓度、参数、状态和错误信息

触摸屏

可为用户提供菜单式操作界面

外观

19” ， 3H 标准机箱

重量 4 kg

供电电源 230 VAC, 50 Hz

### 3.2.2.3 GC-MS

GC-MS 检测的常见组分：

PAMS (57 种)		T015 (65 种)		T014a (39 种)	
乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	丙酮		二氯二氟甲烷	
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	丙烯醛		氯甲烷	
正丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,2-二氯-1,1,2,2- 四氟乙烷	
1-丁烯		氯化苄		氯乙烯	
顺-2-丁烯		一溴二氯甲烷		溴甲烷	CH <sub>3</sub> Br
反-2-丁烯		三溴甲烷		氯乙烷	
环己烷		溴甲烷		三氯氟甲烷	
环戊烷		1,3-丁二烯		1,1-二氯乙烯	
正癸烷		2-丁酮		二氯甲烷	
间-二乙苯		二硫化碳	CS <sub>2</sub>	1,1,2-三氯三氟乙烷	
对-二乙苯		四氯化碳	CCl <sub>4</sub>	1,1-二氯乙烷	
2,2-二甲基丁烷		氯苯	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	顺式-1,2-二氯乙烯	
2,3-二甲基丁烷		氯乙烷		三氯甲烷	
2,3-二甲基戊烷		氯仿		1,2-二氯乙烷	
2,4-二甲基戊烷		氯甲烷		1,1,1-三氯乙烷	
正十二烷		环己烷		苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
乙烷		二溴一氯甲烷		四氯化碳	
乙苯		1,2-二氯苯		1,2-二氯丙烷	
乙烯		1,3-二氯苯		三氯乙烯	
间-乙基甲苯		1,4-二氯苯		顺-1,3-二氯丙烯	
邻-乙基甲苯		1,1-二氯乙烯		反式 1,3-二氯丙烯	
对-乙基甲苯		1,2-二氯乙烯		1,1,2-三氯乙烷	

正庚烷		1,1-二氯乙烷		甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
正己烷		1,2-二氯乙烷		1,2-二溴乙烷	
1-己烯		顺-1,2-二氯乙烯		四氯乙烯	
异丁烯		反-1,2-二氯乙烯		氯苯	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl
异戊烷		1,2-二氯丙烷		乙苯	
异戊二烯		顺-1,3-二氯丙烯		间二甲苯	
异丙苯		反-1,3-二氯丙烯		对二甲苯	
甲基环己烷		1,4-二恶烷		苯乙烯	
甲基环戊烷		乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	1,1,2,2-四氯乙烷	
2-甲基庚烷		乙酸乙酯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	邻二甲苯	
3-甲基庚烷		乙苯		1,3,5-三甲基苯	
2-甲基己烷		1,2-二溴乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>2</sub>	1,2,4-三甲基苯	
3-甲基己烷		4-乙基甲苯		间二氯苯	
2-甲基戊烷		三氯氟甲烷（氟利昂 11）		邻二氯苯	
3-甲基戊烷		二氯二氟甲烷（氟利昂 12）		对二氯苯	
正壬烷		1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷（氟利昂 113）		1,2,4-三氯苯	
正辛烷		1,2-二氯四氟乙烷（氟利昂 114）		六氯丁二烯	
1-戊烯		庚烷			
顺-2-戊烯		六氯-1,3-丁二烯			
反-2-戊烯		正己烷			
丙烷		2-己酮			
正丙苯		4-甲基-2-戊酮			
丙烯		二氯甲烷			
苯乙烯		甲基叔丁基醚			
甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	甲基丙烯酸甲酯			
1,2,3-三甲苯	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	萘			
1,2,4-三甲苯	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	2-丙醇			
1,3,5-三甲苯	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	丙烯			
2,2,4-三甲基戊烷		苯乙烯			
2,3,4-三甲基戊烷		1,1,2,2-四氯乙烷			



正十一烷		四氯乙烯			
邻二甲苯		四氢呋喃			
间/对二甲苯		甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>		
		1, 2, 4-三氯苯			
		三氯乙烯			
		1, 2, 4-三甲苯			
		1, 3, 5-三甲苯			
		乙酸乙烯酯			
		氯乙烯			
		邻二甲苯			
		间/对二甲苯			

### (1) 英国 Markes+美国热电

环境空气 VOCs 连续监测系统，实现苏码罐、气袋样品的自动连续分析。也可在线进样，吸附管进样，集多种进样方式于一体，广泛适用于多种大气环境 VOC 监测需要，符合国内外多个标准方法要求，例如 美国 EPA T0-14/15/17，我国环境标准 HJ 583/644/734/759 以及《2018 年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》等。同时可配置 100 位吸附管自动进样器，实现吸附管样品和苏码罐样品的全自动混合分析，有效提高工作效率。

用于在线或离线实时测量环境空气中的 VOCs 浓度，要求系统能分析检测多种 VOC 化合物，包括 C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub> 挥发性范围内的醛类、酮类、醇类、酯类、醚类、烯烃类、苯系物类、烷烃类、卤代烃类、含氧环烷烃类、含氮化合物类等上百种物质大于等于 100 种。

整套设备需包含气体采样预浓缩系统、气体分析系统、化学工作站（数据处理）等部件；其中采样预浓缩系统和分析子系统的气相色谱-质谱联用仪均采用原装进口产品。

环境空气 VOCs 连续监测系统除能实现实时在线直接进样分析外，还具备以苏码罐，气袋或吸附管采样，离线分析大气中 VOCs 的功能，并且可进行分流流路的定量重新收集，以便进行重复分析和方法/数据验证。采用先进的电子制冷技术，无需液氮制冷，节省开支。最多可接 27 位苏玛罐和气袋，提高运行效率。所有气路惰性且均匀加热（最高至 200° C），且特有的吹扫程序可有效减少交叉污染。两种进样方式可选，通过 MFC 大体积进样，可分析环境浓度样品；小体积定量环进样，可分析高浓度污染源样品（无需稀释仪），方便筛查未知样品，无样品过载担忧，并有利于方法开发和验证。

#### ■ 气体采样预浓缩系统

- ✓ 可实现高低浓度进样，2 种进样方式可选：1) 0.5 mL 体积定量环进样 2) MFC 进样。
- ✓ 可提供 14 个进样通道，可联用两个进样器实现高达 27 个进样通道。

#### 采样前准备阶段:

- ✓ 每次采样前, 系统内部气路进行检漏, 确保气路密闭性。
- ✓ 预吹扫气流: 2 - 250 mL/min, 时间 0 - 99.9 min.
- ✓ 采样体积: 0.5 - 15 000 mL, 精度 0.1 mL; 采样时间: 0 - 99.9 min, 精度 0.1 min; 采样气流: 2 - 250 mL/min, 精度 1 mL/min

#### 采样后准备阶段:

- ✓ 自动添加内标: 可通过 1 mL 定量环, 自动添加各种体积内标。
- ✓ 采样后, 用载气对气路进行吹扫去除样品残留。
- ✓ 吹扫气流: 2 - 250 mL/min, 时间 0 - 99.9 min.
- ✓ 冷阱吹扫: 采样后, 用载气对冷阱进行吹扫去除冷阱上的氧气、水汽等空气杂质残留
- ✓ 冷阱吹扫气流: 2 - 500 mL/min, 时间 0 - 99.9 min.

#### 冷阱解析阶段:

- ✓ 冷阱采用带有 1 种或多种吸附剂的极细石英管设计, 且反向气流解析, 可同时监测宽范围的 VOCs 种类;
- ✓ 冷冻富集和高温解析采用两个独立的温控模块, 可分别设置为富集温度和解析温度, 以保证瞬时解析;
- ✓ 半导体冷冻富集模式, 冷阱低温范围:  $-30 \sim +50$  °C, 控制精度为 1 °C;
- ✓ 电子制冷聚焦冷阱, 无需液体制冷剂, 要求冷阱加热迅速, 脱附效率高, 冷阱更换方便等;
- ✓ 冷阱解析温度范围: 35-425°C (实际操作最高量程应根据其中所填吸附剂种类而定); 控制精度为 1 °C
- ✓ 冷阱升温速率可调 1-40°C/s, 最高可达 100 °C/s;
- ✓ 冷阱高温解析保持时间: 0~60 min; 控制精度为 0.1 min; 并可单独解析以检测系统空白。
- ✓ 气路温度范围 50~200 °C; 精度 1 °C。

#### 其他参数:

- ✓ 界面控制软件要求采用 Windows 操作系统, 控制软件能实时监测仪器运行状态。
- ✓ 软件可对在线、气罐、气袋、吸附管、标气、空白、内标等多种样品进行自动切换和排序; 并可修改运行中的序列。
- ✓ 可进行分流流路的定量重新收集, 以便进行重复分析和方法/数据验证。

## ■ 气相色谱仪

- ✓ 全电子气路控制 EPC
- ✓ 压力精度 $\leq 0.001\text{psi}$
- ✓ 需具备自动载气节省控制、载气压力控制、压力电子读数、漏气自动检测和自动关闭等功能；
- ✓ 柱箱工作温度： $8^{\circ}\text{C}$ – $425^{\circ}\text{C}$ ；
- ✓ 升温速率： $\geq 120^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；
- ✓ 降温速度：从  $450^{\circ}\text{C}$  到  $50^{\circ}\text{C}$ ，最快只需要 3.5 min
- ✓ 5 个独立的加热区（不包括柱温箱）：（两个进样口，两个检测器，一个辅助区）
- ✓ 带 EPC 的分流/不分流毛细柱进样口
  - 需具备电子压力/流量控制个别；
  - 最大工作温度： $400^{\circ}\text{C}$ ；
  - 压力设定范围：0–100psi；
  - 总流量设定范围：氮气：0–200ml/min，氢气或氦气：0–500ml/min；
  - 最大分流比：250:1；
  - 柱接口径范围：0.05–0.53mm；
  - 毛细管柱：DB624 0.25mm60m1.4um plot 0.32mm15m3um
- ✓ 带 EPC 的氢火焰检测器 FID
  - 量程：0–100，300ppb；
  - 最低检出限： $<1.4\text{pgC/s}$ ；
  - 重现性： $\text{C}_2$ – $\text{C}_5$ ：1,3–丁二烯或者丁烯 $<3\%$  10ppb；
  - $\text{C}_6$ – $\text{C}_{12}$ ：苯 $<3\%$  10ppb；
  - 线性动态范围： $>10^7$ ；
  - 需具备电子压力/流量控制；
  - 最大数据采集数率：500Hz；
- ✓ 三通道辅助 EPC
  - 三通道压力控制
  - 设置精度：0.001psi
  - 当连接到指定的毛细管柱时，EPC 可补偿大气压和温度的变化
  - 需具备 Psig（压力表读数）和 psia（绝对压力）控制功能
  - 需具备前压控制功能

## ■ 质谱仪

- ✓ 质量数范围：1.6–1050amu；
- ✓ 分辨率：单位质量数分辨；

- ✓ 质量轴稳定性：优于 0.10amu/48 小时；
- ✓ 模式：EI；
- ✓ 最大扫描速率：12,500amu/秒；
- ✓ 备有长效灯丝的高效电子轰击源；
- ✓ 离子源类型：高温，可加热至 350℃；
- ✓ 分析器：整体镀金双曲面**四极杆**；
- ✓ 检测器：具体长寿命 EM 的三轴 HED-EM ；
- ✓ 泵系统：扩散泵≥（65 升/秒）

#### ■ 化学工作站

- ✓ 手动/自动调谐，数据采集，数据检索，分析结果报告，定量分析及谱库检索功能；
- ✓ 含 NIST2011MS 库套装
- ✓ 单灵活的报告工具，信息管理读取方便；
- ✓ 数据存储处理功能齐全；
- ✓ 具有全扫描/选择离子检测同时采集功能；
- ✓ 具备早期维护预报功能（EMF）；
- ✓ 可提供质量认证功能（OQ/PV）；
- ✓ 可实现与常规站服务器软件的数据通讯和上传

#### ■ 质量控制

- ✓ 仪器自动完成标准样品的进样操作；
- ✓ 标准样品包括内标或测量物种的标准气体；
- ✓ 可通过软件设定日校准时间，定时自动完成日校准标样的分析；
- ✓ 定期对测量物种 PAMS 或 TO-15 的标准气体的测量操作或采用标准气体（含所有待测物质）进行校准；

### （2）杭州谱育 EXPEC 2000 系列 大气 VOCs 在线监测系统

大气中的挥发性有机物样品，具有组成复杂、含量低、活性强、浓度和化学活性差异大等特点，系统通过与深冷预处理装置配合使用，质谱检测器技术（MSD）进行大气中 VOCs 样品的在线分析监测。在线气相色谱-质谱分析仪充分利用了色谱的分离技术和质谱的定性技术，可有效用于环境大气中复杂多组分 VOCs 样品监测。一次采样可检测 100 多种各类 VOCs（碳氢化合物、卤代烃、含氧/含氮类挥发性有机物）样品。

#### 产品特点：

##### 检测因子多

GC-MS/FID 双检测器系统进行大气 VOCs 检测，一次采样可检测 100 多种 VOCs，包括碳氢化合物、卤代烃、含氧/含氮类挥发性有机物，覆盖典型有机污染因子（PAMS 57 种，TO-15 65

种，T0-14 43 种）。

#### 灵敏度优异

样品低温富集，样品富集效率高；结合高灵敏工业级检测器，各类 VOCs 检测灵敏度优异；

#### 定性定量分析准确

配置环境 VOCs 专用数据库，用于对环境 VOCs 快速准确鉴定；

采用质谱特征离子和色谱保留时间双重确证，超标报警准确，大大减轻数据审核的工作量。

#### 可靠性高

采用工业级在线 GC-MS 联用仪，温度、湿度、振动等方面环境适应性强；

无油涡旋泵结合分子泵的全无油真空系统设计；

断电开机后，系统自动循环运行。

#### 安装维护方便

整机采用标准机柜设计，可直接在站房安装，安装维护方便；

系统集成度高，体积小，功耗低；

开机到分析时间短；

#### 软件简单易用

全中文软件操作，图形化操作界面；

自主知识产权，可根据实际应用需求快速对硬件、软件进行定制和升级

### 3.2.3 环境空气甲烷/非甲烷总烃分析仪选型

非甲烷总烃（nmHC）通常指初甲烷以外所有的可挥发性碳氢化合物（其中主要是 C<sub>2</sub>-C<sub>8</sub>）。

#### 3.2.3.1 相关标准规范

目前我国已出台的标准有：

《环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法》（HJ 604-2017），

《环境空气质量非甲烷总烃限值》（DB13/1577-2012）河北省地方标准

《环境空气非甲烷总烃在线监测技术规范》（DB31/T 1090-2018）上海市地方标准

以上三种标准均采用气相色谱法配备 FID 检测器完成测定。

#### 3.2.3.2 法国科马特泰克甲烷和非甲烷总烃分析仪

甲烷（CH<sub>4</sub>）和非甲烷总烃（nmTHC）分析仪，采用氢离子火焰检测器监测和分析甲烷和非甲烷总烃。是一台等温、全自动的工业气相色谱仪，设计用于（室内、室外、燃烧）空气中的挥发性有机物组分分析、工业卫生中 VOCs 组分分析。像所有的自动化仪器一样，分析仪 24 小时连续运行，并且在其投入使用后只需少量的监测即可。

#### 仪器特点：

- 样品的注入由一个取样环和安装在一个 80° C 等温炉中的一个电子阀来实现。
- 在 ppb 级应用时，采用一个能阱用于浓缩非甲烷总烃 nmTHC。
- 甲烷和非甲烷总烃的分离采用带热脱附的逆向吹扫能阱来获得。
- 与此种类型的其它分析仪相反，该分析仪没有氧的干扰。
- 一个阀门调节载气（氢气、氮气或空气）。保留时间的标准偏差小于 0.3%。
- 仪器拥有一个氢离子火焰检测器（FID），加热温度到 150° C 或 200° C。

系统软件允许使用者在一台计算机上观看和储存数据。此外，它拥有一个工作界面用于再计算、校准和数据传输和用于分析参数的配置。软件允许进行对物种的保留时间、面积、质量和浓度外形轮廓的计算。

### 技术参数

- 分析甲烷组分和非甲烷组分并进行总烃计算
- 检测范围：
  - NMTHC（相当于 CH<sub>4</sub>）：20 - 2000 ppb
  - CH<sub>4</sub>：20 - 2000 ppb
  - THC = CH<sub>4</sub> + NMTHC
- 检测限：
  - CH<sub>4</sub>（甲烷）：20 ppb
  - NMHC（非甲烷总烃）：50 ppb（丙烷计）
  - CH<sub>4</sub>（环境空气中）：1800 ppb
  - Xylènes（二甲苯）< 10 ppb
- 自动校准：通过接入标气钢瓶或渗透管进行自动校准
- 漂移：<2% 48 h（浓度）或<0.3% 超过 48 小时（保留时间）
- 测量周期：≤180 秒
- 分离方式：甲烷和非甲烷总烃的分离采用带热脱附的逆向吹扫能阱来获得。
- 接口：4-20 mA 或 0/10 V 模拟输出；MODBUS / JBUS 或 MGS1 通讯协议
- 气源：
  - H<sub>2</sub>（FID 和载气用气）：流量：30 ml/min（进口压力：2 bars；1/16'' Swagelok 接头）
  - Air（FID 用气）流量：180 ml/min（进口压力：3bars）
  - 进样：取样泵进样（1/4 Swagelok 接头）
- 取样体积：由专用测量范围的取样环注入
- 电源：市电：230V / 50 Hz 或 110 V / 60 Hz
- 耗电量：150 VA



■ 外形尺寸和重量：

- 机箱：19"（高度：4U）
- 高：180 mm
- 宽：482 mm
- 深：600 mm

### 3.2.3.3 谱育甲烷和非甲烷总烃分析仪



仪器特点：

1) 方法符合标准

采用双柱双阀单 FID 法，系统流路设计简洁，方法与国标一致，具有标准可比的优点

2) 全热法设计

系统采用全热法设计，采样通道最高伴热至 200℃，高浓度样品无残留，具有测量准确数据可靠的优点

3) 工业现场标准

使用电子压力流量控制技术（EPC、EFC）控制载气、空气和氢气，精度高，重复性好

FID 检测器火焰熄灭后自动关闭氢气，保证系统安全

核心部件均使用知名品牌，可靠性高，寿命长。

### 3.2.3.4 磐诺甲烷和非甲烷总烃分析仪

### 3.2.4 环境空气苯系物分析仪

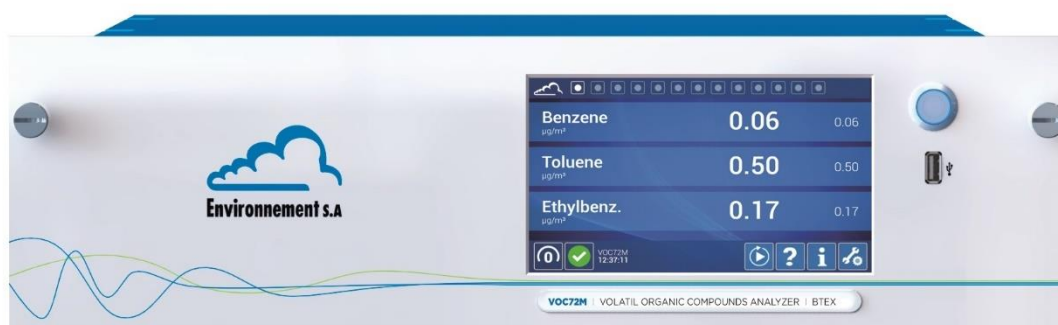
#### 3.2.4.1 相关技术规范 and 标准

HJ 583-2010 : 环境空气 苯系物的测定 固体吸附热脱附-气相色谱法

HJ 584-2010 : 环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附二硫化碳解吸-气相色谱法

#### 3.2.4.2 法国 Envea VOC72M 型挥发性有机化合物（苯系物）分析仪

ESA VOC72M 型挥发性有机化合物（苯系物）分析仪采用气相色谱法，搭配光离子化检测器（PID），可实现对挥发性有机化合物（苯系物）的连续监测，测量原理遵照 EN14662-3 中苯测量的标准。



ESA 苯系物分析仪

- 用途：环境空气中挥发性有机化合物（苯系物）浓度的自动分析
- 测量方法：气相色谱法+PID
- 检测物质：苯、甲苯、乙苯、间+对二甲苯、邻二甲苯（根据需求可检测其它物质）
- 测量范围：最大  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （可调节）
- 单位：ppb 或  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （可调节）
- 测量周期：10、12、15、20、30 分钟（可调节），默认设定为 15 分钟
- 测量噪音（ $\sigma$ ）：在苯浓度  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的情况下小于  $0.025 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 检测限（ $2\sigma$ ）： $\leq 0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  苯

- 样品残留（记忆效应）：在首次调零后小于 0.5%
- 长期的跨度漂移：≤4%（15 天）
- 失真检验，最大残留：≤测量值的 4%
- 重复性标准偏差：在苯浓度  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的情况下小于  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （小于年度限值的 1%）
- 采样流量：50ml/min
- 流量控制：集成的真空泵+可加热的微型毛细管
- 捕集器吸附剂：Carbopack®
- 采样温度：35° C
- 解吸温度/升温速率：380° C（可调节）/ > 160° C/秒
- 进样阀：六通阀（可加热）
- 气相色谱柱：不锈钢 15m x 0.25mm x 1  $\mu\text{m}$  非极性
  - 载气控制：电子压力控制
  - 温度控制：20-170° C  $\pm$  0.1° C，每分钟可升温 5-30° C
  - 冷却：液体热交换和热电冷却器
- 色谱检测器：充有氮气的 10.6eV 光离子化检测器（PID）
- 检测器温度：140° C（可调节）
- 气源：氮气 6.0（99.9999%）3.2  $\pm$  0.2 bar 15 ml/min
- 显示器：LCD 240 x 128 文本及图表模式
- 串口连接：RS232 或 RS422
- 网络端口：RJ45 插口，UDP 协议
- USB 接口：USB 1.0 接口
- 尺寸（长 x 宽 x 高）：601 mm x 483 mm x 133 mm
- 重量：12.5 kg
- 功耗：平均 130VA，峰值 200VA，待机 50VA
- 电源：100 - 240V + 接地；50 - 60Hz
- 操作温度：+ 5° C 到 + 35° C

### 3.2.4.3 谱育苯系物在线分析仪

仪器采用低温富集高温热解吸技术进行分析,样品通过质量流量控制器(MFC)定质量采样,在低温条件下经吸附管富集后,通过直热式高温脱附,被快速送入至毛细管色谱柱进行分离,并对分离后的苯系物进行检测,得到准确的定性定量分析结果。

#### 产品特点:

#### 直热式吸附热解吸技术

使用质量流量控制（MFC）实现定质量采样,避免样气温度、压力变化对检测结果的影响  
直热式加热技术升温快（ $>40^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ），解析迅速彻底，可避免热脱附引起的峰展宽，使色谱分离效果更好，定性定量更准确

#### 切割反吹分离技术

使用预分离合阀切换反吹技术，避免高沸点组分进入分析系统，提高色谱柱的使用寿命；  
使用电子压力控制技术（EPC）控制载气 精度高，重复性好；

#### 高灵敏度PID 检测器

PID 检测器对非饱和烃类的响应更高，提高了苯系物等物质的检测灵敏度。

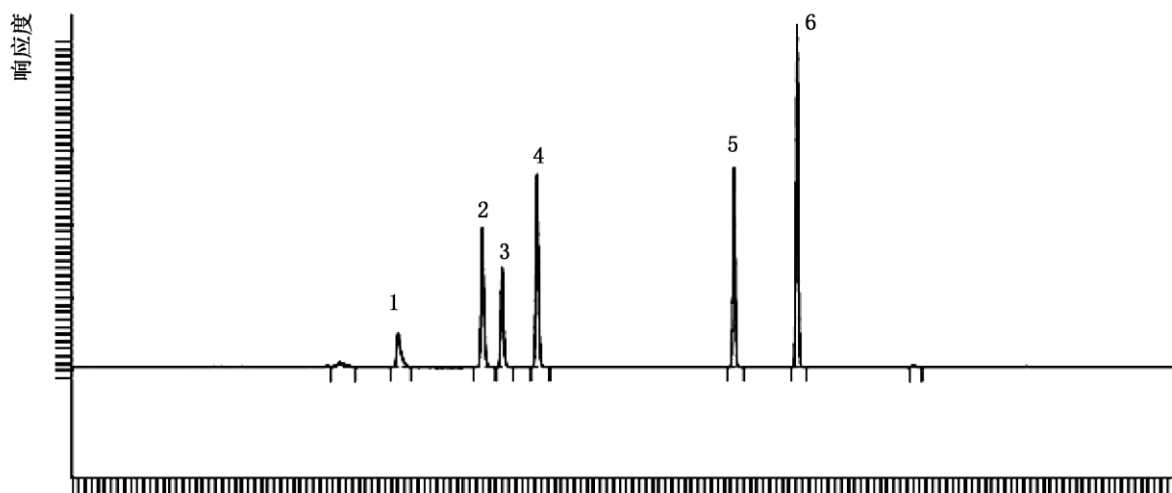
### 3.2.5 环境空气有机硫化物在线分析仪选型

有机硫是指含有碳硫键的有机化合物。

#### 3.2.5.1 相关标准规范

DB31/T 1089-2018 《环境空气有机硫在线监测技术规范》

推荐采用气相色谱配备 FPD 检测。



等效柱色谱图

（1-甲硫醇、2-乙硫醇、3-甲硫醚、4-二硫化碳、5-乙硫醚、6-二甲二硫醚）

#### 3.2.5.2 法国科马特泰克 chroma S 系列

采用FPD 检测器用于分析和监测含硫组分。



科马特泰克chroma S系列

分析仪用于对炼化行业的特征空气进行监测，分析空气中的硫化氢、甲硫醇、乙硫醇、二甲硫醚、二硫化碳、二乙硫醚、二乙基二硫醚、二氧化硫，其最低检测限为1ppb。

### 技术特点

- ✧ 连续且不间断取样，样品气被注入到一个色谱柱内进行分离。
- ✧ 根据应用的不同，色谱炉可调节到一个理想的温度。
- ✧ 检出由一个专门的硫检测器进行，检测器为双火焰光度检测器。
- ✧ 双火焰检测器保证无火焰熄灭的危险。
- ✧ 对每个组分的检测结果进行自动线性化处理。
- ✧ 组分的鉴别建立在保留时间的基础上（在色谱柱中洗提）
- ✧ 由于采用了渗透管内标，检测结果自动确认。
- ✧ 软件：实现远距离控制通过检测结果归档和质量控制实现完全的可追溯性。

### 技术参数

- ✧ 检测限 1ppb  $\text{H}_2\text{S}$
- ✧ 检测范围 0.01~10.00  $\text{mg}/\text{m}^3$  （低范围）  
0~600  $\text{mg}/\text{m}^3$  （高范围）
- ✧ 相对标准偏差 保留时间：<0.3%（48h 以上）
- ✧ 浓度：<3%（48h 以上）
- ✧ 循环时间  $\text{H}_2\text{S} + \text{COS}$  : 200s
- ✧ 所有含硫组分：600s
- ✧ 气源载气：空气、氮气或氢气，流量为 5ml/min
- ✧ 样品气进口：压力 1bar
- ✧ 检测器：氢气：压力 2bar 空气：压力 3bar
- ✧ 取样体积： 30~700ml（可设置）
- ✧ 监测器类型： PFD 检测器
- ✧ 输出类型： 4~20 mA 模拟输出（可选件）
- ✧ 通讯协议： MODBUS / JBUS 或 MGS1（可选件）

### 3.2.5.3 谱育硫化物分析仪

谱育硫化物分析仪采用气相色谱法，通过深冷技术进行除水和样品富集，结合脉冲火焰光度检测器技术（PFPD）对大气中有机硫化物在线分析监测。样品经深冷预处理装置除水、低温富集浓缩后，通过高温脱附，经过分流后进入有机硫专用色谱柱进行分离，分离后的有机硫样品使用 PFPD 进行检测：通过保留时间定性，采用峰面积进行定量分析。

仪器充分利用低温高效率富集和脉冲火焰光度检测器的选择能力强的优势，具备超低检测灵敏度（0.1ppb）和超高选择性（不存在常规碳氢化合物干扰），可有效用于大气中复杂有机硫化物在线监测。



#### 产品特点：

##### 1）深冷除水富集技术

超低温制冷技术，对样品深度除水，除水效率高

样品低温捕集，提高硫化物捕集效率

##### 2）硫化物专属性设计

采用 PFPD 硫化物专用选择性检测器，不仅具有超低检测灵敏度，而且避免其它因子对硫化物干扰；

硫化物专用复合捕集阱，提高有机硫化物检测灵敏度；

采用全惰性化管路，避免有机硫化物吸附；

分流进样技术，解决大容量采样，热解吸引起的峰拖尾和峰展宽问题，系统定性定量分析结果更准确；

##### 3）现场在线设计



整机采用 19 “标准机柜设计，安装维护方便

全中文软件操作，历史数据信息独立保存，数据自动上传。

### 3.2.6 环境空气 HCL、HF、Cl<sub>2</sub>等无机有毒有害气体分析仪选型

对环境空气种无机有毒有害气体，特别是腐蚀性气体的监测是比较困难的。对于抽取式取样需要考虑选用抗腐蚀性材料。对于开放式监测，则需关注仪器的检出限。

#### 3.2.6.1 相关标准规范

#### 3.2.6.2 选择离子流动管质谱仪

选择离子流动管质谱 (Selected Ion Flow Tube Mass Spectrometry: SIFT-MS) 是专门用于监测挥发性有机物 (VOCs) 的新一代质谱仪器。结合流动管技术、软化学电离和质谱, 有选择地使用  $H_3O^+$ 、 $NO^+$  和  $O_2^+$  等初始离子与样品反应, 产生简单的谱图。可在几秒之内对空气、呼吸气体和液体表面蒸气中的痕量挥发性有机物 (如乙醇、乙醛、丙酮、氨和 2-甲基丁二烯等) 进行多组分实时在线分析。

SIFT-MS 采用负离子模式可检测 HCL、HF、Cl<sub>2</sub> 等无机危险气体。

#### 3.2.6.3 离子迁移谱仪

离子迁移谱 (IMS) 是一种用于单独检测分析物混合物中的气态化合物的分析技术。分离基于特定漂移时间, 电离化合物需要在限定的电场中通过固定距离 (漂移管)。

与其他技术 (比如飞行时间质谱仪) 相比, 离子在大气压下相对于惰性漂移气体流移动。每种物质的漂移时间由其离子的质量和几何结构决定, 因为与漂移气体分子的减慢的碰撞更频繁。因此 IMS 甚至可以区分同量异位分子。对于检测, 作为时间的函数通过静电计测量所得到的离子电流。分子的大气电离可以通过几种技术获得。比如使用由低辐射氚 ( $^3H$ ) 源 (低于原子能机构和欧洲原子能机构的最低限度) 发起的软化学电离。

首先通过在从  $\beta$ -辐射体发射的快速电子与漂移气体分子的碰撞之后的级联反应产生离子。可形成代表所有可用离子总量的所谓反应离子峰 (RIP)。在氮气和空气中, 相应地, 反应物和离子可以被描述为  $H^+(H_2O)_n$  和  $O_2^-(H_2O)_n$ 。当与水相比, 分析物对反应物和离子的亲和力更高时, 通过反应物和离子的分析物的化学电离然后导致特定分析物离子的形成。水的质子亲和力为 691 kJ / mol, 因此具有较高质子亲和力的所有分子将通过**质子转移**而电离, 其通常对于所有的杂原子-有机化合物给出好的检测结果。

### 3.2.6.4 激光吸收光谱仪

#### (1) 美国 ABB 公司 LGR 分析仪

几乎所有小的气相分子（如  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ）均具有特有的近红外吸收光谱，在负压条件下，每种微小的气相分子都能在其特征吸收波长处形成窄的锐谱线（尖峰），也就是一对一的特征光谱线。因为这些线是很好的分离开的，而且其波长也是事先知道的，因而通过测定某种波长的吸收强度，也就是某种波长的特定吸收峰值就可以确定是哪种气体并计算出其浓度。但是对于传统的红外光谱仪来说，由于痕量气体吸收而形成的峰值太低而不能检测到，追其原因就是其最好的灵敏度限制在 ppm 级。

光腔衰荡光谱（CRDS）技术中，激光二极管发射出的单频光束进入含有两个或更多个高反射率镜子的腔室进行连续反射，这样就增加了传输距离和吸收强度，可以在极短的时间内监测到 ppb 水平甚至 ppt 水平的气体。

LGR 专利设计的高轴积分腔输出光谱（OA-ICOS）技术，它消除了 CRDS 技术在测量期间需要连续进行光腔与激光波长匹配以改善型号强度微弱的缺点，使得分析仪不再需要进行复杂的激光准值调整、温度控制和波长监控，可以实时显示高分辨率激光吸收光谱。

美国 Los Gatos Research 公司（2013 年被 ABB 收购）最新推出的 **HC1**、**HF** 分析仪用来测量大气环境或者工业流程中的  $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$  浓度，高精度、高灵敏度。分析仪可以提供秒级的测量速度，同时精度达到 ppb 级，节省成本和时间。仪器安装简单，全部安装时间可以再几分钟内完成。测试结果表明，分析仪不受其他气体种类和气压的干扰。



美国 LGR 分析仪-机架式性能增强型

分析仪采用 LGR 专利设计的高轴积分腔输出光谱（OA-ICOS）技术，它消除了光腔衰荡光谱仪（CRDS）技术在测量期间需要连续进行光腔与激光波长匹配以改善型号强度微弱的缺点，使得分析仪不再需要进行复杂的激光准值调整、温度控制和波长监控。可以实时显示高分辨率激光吸收光谱。

采用内置计算机（Linux OS）以提供数据的联系存储和测量。具有远程控制功能，用户可以通过网络在任意地点对分析仪进行操作，也可以通过远程登录实时共享时间，并进行一期诊断。

**技术优势：**

- 响应快，可提供秒级的测量速度
- 浓度测量范围宽
- 高分辨率测量光谱，可实现实时测量
- 检出限低，ppb 级检出限，完全满足环境空气质量低浓度的检测需求
- 低能耗，更适合野外现场应用
- 采用 LGR 专利控温技术，实现最小漂移与超高稳定性

**（2）瑞典 OPSIS 开放光路激光吸收光谱仪**

Opsis LD500 分析仪是激光二极管气体监测系统的中央单元。它可以容纳多达四个激光二极管探头。每个探头是一个完整的激光控制和数据采样系统。带有 LCD 显示屏的内置 PC 控制仪器的功能。LD500 将通过光纤电缆从内部激光二极管发射光到发射器。接收机转换信号，并通过第二条光纤通信电缆将其发送回 LD500 分析仪。LD500 将处理和评估信号，并提供响应时间低至 1 秒的测量结果。LD500 分析仪可以测量多达 8 条路径。



图 OPSIS LD500

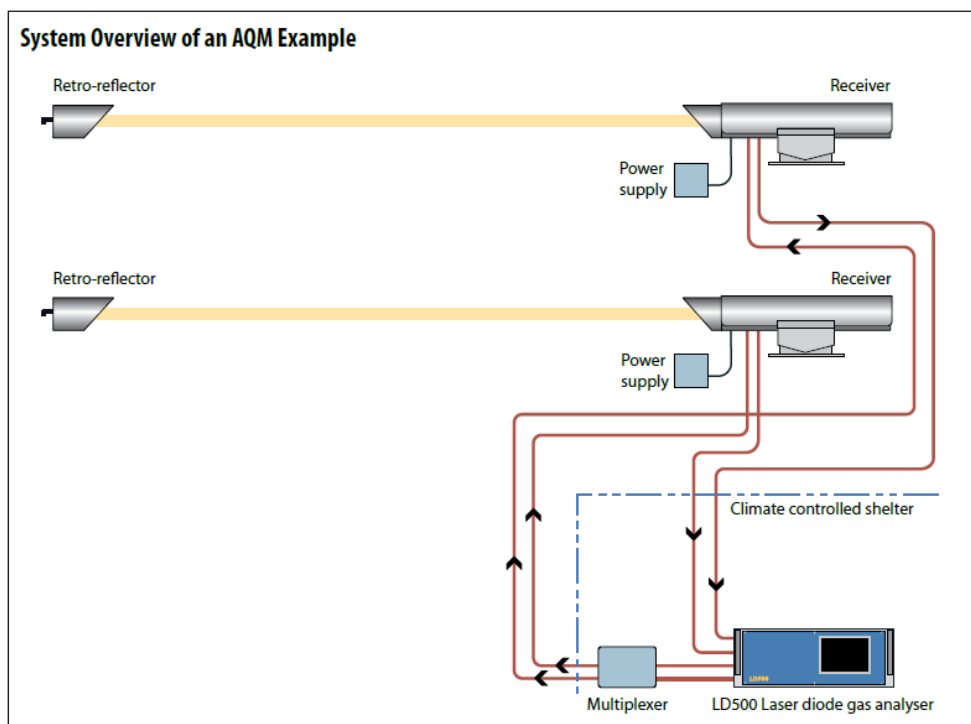


图 LD500 应用原理图

OPSIS LD500 使用**红外**波段，可同时测量 HCL、HF 等，精度达到  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  量级。

Compound	Max. measurement range <sup>(2)</sup> (500 m path) <sup>(4)</sup>	Min. detectable quantities (monitoring path 500 m, measurement time 1 min.)	Zero drift (500 m path, max. per month)	Span drift (per month, better than)	Span drift (per year, better than)	Linearity error (of measurement range, better than)	Max. length of fibre optic cable (when measuring several compounds) <sup>(1)</sup>	Hardware requirement
<b>LD500 Laser Diode Gas Analyser</b>								
CO	0–100 $\text{mg}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
CO <sub>2</sub>	0–100 $\text{g}/\text{m}^3$	1 $\text{mg}/\text{m}^3$	$\pm 2 \text{ mg}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
NH <sub>3</sub>	0–100 $\text{mg}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
HCl	0–100 $\text{mg}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
HF	0–10 $\text{mg}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
CH <sub>4</sub>	0–100 $\text{mg}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500
H <sub>2</sub> O	0–100% vol.	0.1% vol.	$\pm 0.2\%$ vol.	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	500 m	LD500

### 3.3 化工园区空气网格化（溯源）监测系统

化工园区废气排放复杂，针对无组织排放、企业边界、化工园区边界、环境敏感点等处的监测，如果需要同步定性、定量监测多个气体组分，FTIR 是理想选择。如果只对少数组分感兴趣，则可选择 DOAS 或 TDLAS。通过对化工园区网格化布点，实现化工园区大气环境高时间分辨率、高空间分辨率和多参数的实时动态监测。化工园区网格化监测为污染溯源提供了技术支撑。

网格化的检测节点也有多种选择，包括基于电化学检测原理的微型检测仪、电子鼻和基于光学吸收原理的微型气体光谱分析仪。本项目建议选用基于物联网传感器技术的网格化监测系统。它包

括微型空气检测仪、微型光谱分析仪和电子鼻等微型监测设备，价格便宜，便于大规模网格化部署。

### 3.3.1 基于电化学方式的微型检测仪

化工园区特征气体检测仪是一款高性能的室外环境气体参数监测仪器，采用模块化设计，防水恒温外壳，防雷设计，可对化工园区环境中多种气体进行测量，满足多种污染物同时监测。

#### 3.3.1.1 相关技术规范 and 标准

《环境空气 氯气等有毒有害气体的应急监测 电化学传感器法》(HJ 872-2017)

规定了 9 种有毒有害气体： $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HCL}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{HN}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{COCl}_2$ （光气）、 $\text{SO}_2$ 。

#### 3.3.1.2 英威雅 E3000 系列微型特征气体监测仪

可选择 E3000 系列微型环境空气检测仪。该检测仪主要由数据通讯模块、气体检测模块、电源模块等组成。该仪器通过下位机接口 RS485 将 TVOC、 $\text{HCL}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等各项数据，提供标准以太网接口 LAN 及 GPRS（或 3G、4G）无线传输。

##### 系统特点

- 产品体积小易于布点，同时测量环境中的多种气体参数；
- 便于化工园区污染源无组织排放监控；
- 功耗低，可采用太阳能供电。
- 数据反应及时，具备数据存储及数据传输功能。适合作为网格化监测的节点。

##### 系统组成

空气质量微型检测仪由以下部分组成：

- 气体检测模块；
- 数据通讯模块；
- 电源模块，可选太阳能供电



E3000 系列

### 性能参数

采样方式： 扩散式  
 信号输出： GPRS 或 3G、4G  
 精 度：  $\pm 2\%F.S$   
 工作环境温度：  $(-20 \sim +50) ^\circ C$   
 工作环境湿度：  $(15 \sim 95)\% RH$  无凝露  
 供电方式： 市电 AC220V 或太阳能供电  
 最大功耗：  $\leq 5W$   
 安装高度：  $>3$  米

### 技术参数

cSensor E1106 的详细技术参数如下：

序号	气体	监测原理	检测范围	分辨率
1	硫化氢	电化学	0-10ppm	0.01ppm
2	氯气	电化学	0-10ppm	0.1ppm
3	氨气	电化学	0-50ppm	0.01ppm
4	氯化氢	电化学	0-10ppm	0.1ppm
5	氟化氢	电化学	0-10ppm	0.1ppm
6	TVOC	PID	0-50ppm	0.01ppm

#### 3.3.1.3 恶臭在线监测设备（电子鼻）

化工园区恶臭气体网格化监测系统依托物联网技术，采用高精度传感器，对大气污染物进行精确、稳定的连续监测。每个监测点可以检测 TVOC、 $NH_3$ 、HCL、 $CL_2$ 、 $H_2S$ 、恶臭等特征污染物的浓度值，



增加氯化氢、氟化氢、氯气等监测指标，同时对于未来需要还可以通过增加传感器，很方便地扩展监测其他特征污染物。恶臭在线监测设备预制采样袋，在监测数据超标时可以通过采样袋进行留样，便于以后进行分析。

本项目选择韩国（株）科学技术分析中心生产的 Odorcatch Network type 恶臭在线监测系统。

韩国 Odorcatch Network type 恶臭在线监测系统是对大规模化工园区及基础环境设施中排放的气体污染物质或恶臭进行实时监测、并向管理人员传送数据的系统。Odorcatch 可设定为每 15 分钟（或更小间隔）回传一次数据。

该系统利用气象监测设备（温度、湿度、风向、风速）测定的数据展现的模型，对气体污染物质或恶臭的流向及扩散进行预测，了解其对周边地区的影响。



电子鼻示意图

采用世界气体传感器信号分析技术，可实时监测大气中引发恶臭的物质及有害物质。该设备不仅有效的对居民对恶臭投诉，也可通过对产生有害气体的工厂的作业进行环境监控，保护劳动者工作环境舒适和安全。

1) 测量原理：依据中国现行恶臭检测标准《恶臭污染物排放标准 GB14554-93》和《三点比较式臭袋法 GB/T 14675-93》实现检测结果与人类嗅觉的关联，采用多路逐点采样系统(manifold system)吸附和脱落的同时进行检测。

## 2) 恶臭在线监测

系统除了按照国标检测 3 大类（S 系、N 系、VOCs 系）8 种气体物质单一气体及复合恶臭浓度，另外半导体传感器的反应物质可扩展至检测其他（VFAs 系、Aldehyde 系）共约 22 种人类嗅觉能闻到的气味。

3) 可扩展安装恶臭自动捕集装置进行恶臭采集。恶臭在线监测设备预制采样袋，在监测数据超标时可以通过采样袋进行留样，便于以后进行分析。



图 恶臭自动捕集装置（选配）

4) 通过建设气象检测设备（温度、湿度、风向、风速）测定的数据展示模型，对气体污染物质或恶臭的流向及扩散进行预测，了解其对周边地区的影响。



Odorcatch Network type 设备外形图

## 主要功能及特点

1、恶臭监测结果的视觉化技术，通过恶臭扩散模型联动恶臭影响程度、恶臭污染物跟踪、预测恶臭扩散程序；

2、恶臭传感器和洗涤装置为一体化而延长传感器寿命，大大稳定了输出信号，提高现实恶臭浓度的可靠性；

3、用其他传感器输出信号来换算恶臭浓度技术；

4、认证介绍

- ✓ 电机安全性评价：CE 认证产品
- ✓ 相关权威机构提供的公认试验分析报告
- ✓ 已通过 ISO14001:2009/ISO14001:2004 环境经营系统认证，ISO9001:2009/ISO9001:2008 质量管理体系认证
- ✓ 配套的实时在线监测系统软件，已在中国信息主管部门取得《软件产品登记证书》(可选)。

5、恶臭装置模拟人的嗅觉进行监测，当臭气浓度大于《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)规定浓度时，进行留样。

## 技术参数

序号	项目	指标或性能
1	检测传感器数目	8个
2	传感器类型	2个金属氧化物传感器 Metal Oxide Sensors (MOS#1, MOS#2), 5个EC 电化学传感器 (NH <sub>3</sub> 、H <sub>2</sub> S、Cl <sub>2</sub> 、HCl、HF) 1个PID 光离子传感器 (TVOC)
3	半导体式 (M.O.S) 气体传感器 2种	① 复合恶臭传感器 • 传感器类型：金属氧化物半导体式 (MOS) 气体传感器 • 传感器元件类型：D1 • 标准包装：T0-5 金属罐 • 检测范围：[厂界] 1~1,000 OU；[排放口] 1~10,000 OU；0.0~5.0 恶臭强度
4	电化学式 (E.C) 传感器 2种	
5	光离子式 (PID) 传感器1种	

		<p><b>** 检测范围会根据现场嗅辨度变动**</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>分辨率：1.00U， 0.5 恶臭强度</li> <li>响应时间：:10 秒以下 (T90 条件下)</li> </ul> <p>② 硫化氢传感器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>传感器类型：电化学式 (EC) 气体传感器</li> <li>检测范围：0~5 ppm 或 0~100ppm</li> <li>分辨率[最低检测限]：0.005 ppm</li> <li>响应时间：50 秒以下 (T90 条件)</li> </ul> <p>③ 氨传感器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>传感器类型：电化学式 (EC) 气体传感器</li> <li>检测范围：0~5 ppm 或 0~100ppm</li> <li>分辨率[最低检测限]：0.05 ppm</li> <li>响应时间：60 秒以下 (T90 条件)</li> </ul> <p>④ 总挥发性有机化合物传感器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>传感器类型：光离子化检测器 (PID) 气体传感器</li> <li>检测范围：0~25 ppm (异丁烯标准)</li> <li>分辨率[最下检测限]：0.005 ppm (异丁烯标准)</li> <li>响应时间：3 秒以下 (T90 条件)</li> </ul> <p>⑤ 氯化氢</p> <p>⑥ 氯气</p> <p>⑦ 氟化氢</p>
6	传感器工作温度	最高达到400° C
7	采样泵流量:	内置长寿命“震动电枢泵”(Vibrating Armature pump)，进样泵采样速度1.5L/min
8	检测周期	5 秒-24 小时，5 秒钟连续监测
9	数据存储功能	内置 4GB SD 存储卡
10	自动修复功能	停电后有自动修复功能（2分钟左右），实时保护监测数据不丢失
11	通讯设备	支持LAN(TCP/IP 有线通讯)， GSM 或CDMA 无线数据通讯方式传输数

		据
12	操作系统及认证	采用PHP+MySQL JAVA方式的操作系统软件（Monitoring system SLC-OM020-J-V-1.1），配套的实时在线监测系统软件，已在中国信息主管部门取得《软件产品登记证书》
13	内置计算机	内置4.5"高性能嵌入式计算机(IEC667-07) Win CE现场实时显示检测结果
14	自调温度	安装了可自动调节温度的保温设备（110~220V 50~60Hz），内置雷击保护器（SL-1104）
15	认证要求	1) 电机安全性评价：CE 认证产品 2) 相关权威机构提供的公认试验分析报告 3) 已通过 ISO14001:2009/ISO14001:2004 环境经营系统认证，ISO9001:2009/ISO9001:2008 质量管理体系认证
16	外部电源	AC 110~250V. 60 Hz, 60W

### 3.3.2 微型气体光谱分析仪

#### 3.3.2.1 相关技术规范和标准

《便携式紫外吸收法 多气体测量系统技术要求及检测方法》（DB37/T 2641-2015）

《环境空气 挥发性有机物的测定 便携式傅里叶红外仪法》（HJ 919-2017）

《环境空气 无机有害气体的应急监测 便携式傅里叶红外仪法》（HJ 920-2017）

《环境空气和废气 挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法》（HJ 1011-2018）

《环境空气 硫化氢等气态污染物的测定 开放光程紫外吸收光谱法》（DB37/T 3786-2019）

#### 3.3.2.2 英威雅 E2000 系列微型气体光谱分析仪

微型气体光谱分析仪继承了“点式”和“线式”监测的优点，克服了“点式”和“线式”监测的不足，通过云计算，大幅降低了设备成本，适合大规模网格化部署，通过对化工园区污染气体浓度的“面式”监控，为实现化工园区环境精细化管理提供了大数据支撑。



微型气体光谱分析仪

## 检测因子

气体光谱分析仪多采用氙灯作为光源。下图是氙灯光谱范围及其对应的典型检测组分：

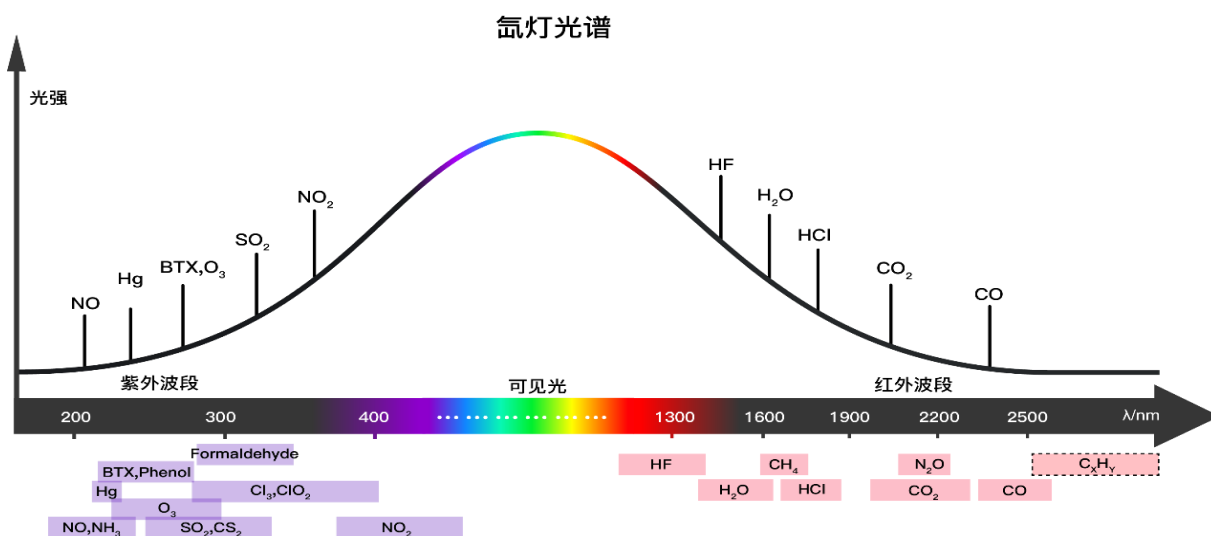


图 氙灯光谱范围

需要说明的是，物质光谱吸收峰或吸收带并不是唯一的，比如  $\text{SO}_2$  在紫外  $190\text{nm}\sim 230\text{nm}$ 、 $290\text{nm}\sim 320\text{nm}$ 、 $350\text{nm}\sim 390\text{nm}$  和红外  $3.98\text{ }\mu\text{m}$ 、 $7.35\text{ }\mu\text{m}$ 、 $8.70\text{ }\mu\text{m}$  附近都有比较大的吸收带。

## 紫外吸收对应的检测因子

DOAS 技术用于污染气体监测，具有时间分辨率高、检测限低、无需进行采样等优点。因而该项技术已被广泛用于大气污染气体监测。实现了对在紫外可见波段具有特征吸收结构的多种气体的检测，如  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{HCHO}$ 、 $\text{HONO}$ 、 $\text{Cl}_2$  以及多数的芳香烃等。



VOCs		TICs		AQM	
1,3 Butadiene	1,3-丁二烯	Acetaldehyde	乙醛	Ammonia	氨气
1,2,3 dichlorobenze	1,2,3-二氯苯	Acetonitrile	乙腈	Ozone	臭氧
1,2,4,5-tetrafluorobenzene	1,2,4,5-四氟苯	Acetylene	乙炔	Nitric Oxide	一氧化氮
1,2,4,5-tetramethylbenzene	1,2,4,5-四甲苯	Acrolein	丙烯醛	Sulphur Dioxide	二氧化硫
1,2,4-trichlorobenzene	1,2,4-三氯苯	Acrylonitrile	丙烯腈	Nitrogen Dioxide	二氧化氮
1,2,4-trifluorobenzene	1,2,4-三氟苯	Ammonia	氨		
1,2,4-trimethylbenzene	偏三甲苯	Carbon Disulfide	二硫化碳		
1,3,5-trichlorobenzene	1,3,5-三氯苯	Chlorine Dioxide (ClO2)	二氧化氯		
1,3,5-trifluorobenzene	1,3,5-三氟苯	Cyanogen	氰	Other	
1,3,5-trimethylbenzene	1,3,5-三甲苯	Difluorocarbene		Amphetamine	苯丙胺
Acetone	丙酮	Formaldehyde	甲醛	Formic acid	甲酸
Benzene	苯	Methacrolein	异丁烯醛	Furfural	糠醛
Ethyl Benzene	乙基苯	Nitrogen Dioxide	二氧化氮	Isoprene	异戊二烯
m, n, o-bromotoluene	溴甲苯	Propyne	丙炔	Ketene	烯酮
m, n, o-chlorotoluene	氯甲苯			Naphthalene	萘
m, o, p-difluorobenzene	间二氟苯、邻二氟苯、对二氟苯			Nitrobenzene	硝基苯
m, p-bromochlorobenzene	间溴氯苯、对溴氯苯	Via Add On		Oxygen	氧气
m-dibromobenzene	间二溴苯、对二溴苯	Methane	甲烷	Phenol	苯酚
methylamine	甲胺	Carbon Dioxide	二氧化碳	Phenyl fluoride	氟苯
O-Xylene, M-Xylene, P-Xylene	邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯	Carbon Monoxide	一氧化碳	Phenylacetone	苯基丙酮
p-dibromobenzene		Hydrogen Sulfide	硫化氢	Phosphine	磷化氢
Toluene	甲苯				
Trimethylbenzene	三甲苯				

注：TICs 是指有毒工业化学品（toxic industrial chemicals）。上表还遗漏了氯气（Cl<sub>2</sub>）等。

### 近红外吸收对应的检测因子

对于化工园区，红外波段对应的检测因子主要是 HCl、HF、CO、CO<sub>2</sub>、甲烷及其它烃类。

### 英威雅 E2000 系列微型气体光谱分析仪的特点：

气体光谱分析仪具有以下特色：

1、DOAS：基于比尔-朗伯定律，利用差分吸收光谱技术，实现对化工园区污染气体的实时在线监测。

2、折叠光路：为了增加对污染气体的感知能力，对较长的光路进行折叠，既突破了传统“点式”监测采集数据的局限性，又改进了“线式”监测精度的不足。

3、光纤接入：光源和光谱仪都采用光纤接入，使待测气体脱离了样品池的限制，安装方式变得更为灵活，使仪器内部与外界环境隔绝，可增强对化工园区环境的抵抗能力，保证了光谱仪的长期可靠运行。

4、微型光谱仪：采用全息光栅作为分光器件，杂散光低，提高了测量精度。以 CCD（电荷耦合器件）、CMOS（互补金属氧化物半导体）、InGaAs 等作为检测器，对光谱的扫描不必移动光栅，可进行瞬时采集，响应速度极快。

5、针对性强。能同时检测化工园区常见的苯系物和恶臭气体，包括紫外：苯系物：苯（C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>）、甲苯（C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>）、二甲苯（C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>）；H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub>、CS<sub>2</sub>、甲硫醇（CH<sub>3</sub>S）、苯乙烯（C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>）、二甲二硫醚（C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S<sub>2</sub>）、三甲胺（C<sub>3</sub>H<sub>9</sub>N）等典型恶臭气体。

6、云计算：光谱仪输出的数据可用 4G 网络传输到化工园区私有云上，进行统一管理和计算，降低气体分析仪的成本。

7、网格化布点：利用监测设备的成本优势，对化工园区污染气体进行网格化布点监测，同时获得每个格点的污染气体浓度和风速、风向等数据。

## 3.4 化工园区空气质量移动监测系统

### 3.4.1 移动监测车

移动应急监测车采用小型客车根据监测项目的需求改造成专用移动监测车。监测车能在应急状态下快速到达监测地点，快速完成各种气体检测，并通过无线网络传输监测数据到监控中心。在日常情况下，又是一台移动的环境空气自动监测站，可以定点连续 24 小时进行空气监测，完成常规环境空气监测任务，监测数据通过无线网络传输到监控中心。车辆如下图所示：



空气质量移动监测车（示意图）

#### 3.4.1.1 汽车

符合工业和信息化部环境监测车、监测车或多功能检测车等专用车公告。

### 3.4.1.2 监测车整车改装

内部尺寸：长约 4000 mm、宽约 2000 mm、高不低于 1800 mm。车体分为三个功能区：驾驶区、实验区、承载区，区域间有隔断，隔断上有内开门；与驾驶舱隔离（隔离处带窗）；车体结构为高硬度、高强度全金属结构，其中内墙体为 ABS 材质；车顶及侧壁安装加强筋；车体保温处理，车厢地面防滑、防腐蚀、防静电处理；具有较好的电绝缘性、热绝缘性、阻燃性和较好的保温性；双后开门或电动门；车体侧窗后部和后门窗封闭，其它窗贴膜窗帘。

1) 驾驶区：保持原车驾驶室不变，驾驶区内安装倒车后视系统以及工程警灯控制器。倒车后视采用彩色液晶监视器，显示器安装于原车车内后视镜上，不占用车内空间。

#### 2) 车内检测支持设备要求

配能满足车载及便携仪器工作需要的固定工作台（整体耐酸碱，理化板工作台）及座椅；2-3 列减震机柜；配车载便携仪器储存柜，并带有锁定和减震装置；预留便携式应急检测仪器的存放空间，带减震垫，配备专用仪器导轨；

#### 3) 供电、及照明系统

所有用电器具均可由车载发电机和市电供电，部分照明用电由汽车动力驱动，配电系统能满足市电和发电系统电源输入和输出的要求；敷设车载仪器配用专用接地系统；配车载式静音式汽油发电机（5000w 或 8000W），带 50 米线卷 2-4 组，3 芯，线径不小于 2.50 mm，220V、50-60Hz 电源供电系统，带电源保护装置，并根据车载仪器设备的需要，配置相应的防水电源插口；配备配电柜、蓄电池、3000w UPS 车体专用外接电源接口、车载发电机专用舱和伸缩托盘（带导轨，车体侧开门）照明系统满足通用实验室要求。

#### 4) 空调及排风系统

空调系统（双系统：车配空调、附加空调）：车载式驻车车顶空调，冷却量 3KW、加热量 2.2KW。空调供电既可接入市电，也可由车载发电机供电。双向排风系统，满足实验室通风要求。

#### 5) 车顶及驾驶区，试验区支持设备要求

驾驶区内安装倒车监视器，LCD6 寸彩色液晶监视器 DVD，并配有车载 GPS（和倒车监视器一起，带地图）装配 LED 显示屏，可以显示检测数据。

#### 6) 车控系统及独立控制开关

- 蓄电池电压、电流和剩余电量的显示监控；
- 清水和污水液位显示及高低液位报警；
- 三路 220V 电源防水插座；
- 空调和仪器用电分路；
- 车载专用工作照明和应急照明；
- 工作环境温湿度计及烟感报警；
- 泵、应急照明、空调独立开关。

#### 7) 车体外部

- 装备后车门爬梯;
- 可根据客户意愿喷涂外部标识;
- 车体下部装有电动(或手动)式支撑装置保持车体平衡。

#### 8) 其他要求

- 配备纸巾分送器和液体洗手皂发送器;
- 车用小型灭火器 2 个;

#### 9) 车内标配装备:

- 外部照明、摄像系统(选装)
- 车体外部可升降(1.5-2 米)照明摄像系统,摄像 20 倍光学变焦,360 度旋转。配操作键盘及硬盘刻录等设备,图像传输设备满足应急监测现场与中心控制室的视频传输。配笔记本电脑一台可无线上网;

### 3.4.2 车载设备-便携式

#### 3.4.2.1 相关技术规范 and 标准

《便携式紫外吸收法多气体测量系统技术要求及检测方法》(DB37/T 2641-2015)

《环境空气挥发性有机物的测定 便携式傅里叶红外仪法》(HJ 919-2017)

《环境空气无机有害气体的应急监测 便携式傅里叶红外仪法》(HJ 920-2017)

《环境空气和废气挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法》(HJ 1011-2018)

《环境空气和废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法》(HJ 1012-2018)

《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB37822-2019)

#### 3.4.2.2 便携式多组分气体紫外分析仪



##### (1) 简介

便携式多组分气体紫外分析仪利用污染气体分子对紫外光的“指纹”吸收光谱，通过差分吸收光谱技术来定量得到污染源现场气体的浓度。根据便携式、小型、可移动的要求，采用独特设计的光谱探测结构，即差分吸收光谱技术、多次反射池技术、光纤光谱仪相结合，利用多次反射池来增加光程，达到无组织排放现场探测的灵敏度。

针对气体泄漏、无组织排放等气体现场监测需求，用于工业源排放的苯系物、硫化物、二氧化硫、氮氧化物等污染气体现场监测。适用于包括气体泄漏、无组织排放、烟气排放等多种污染源、多种有害污染气体的现场自动监测以及污染泄漏事故的应急监测的需求。

## （2）特点

独特设计的紫外光谱探测结构、紫外多次反射池技术和光纤光谱探测技术结合，具有小型、便携、可移动的特点；

多种数字滤波方法解决紫外波段环境及多组份交叉干扰问题；

多组份污染物现场在线测量；

高精度，高灵敏性，反应迅速，维护量低。

符合《便携式紫外吸收法多气体测量系统技术要求及检测方法》（DB37/T 2641-2015）；

## （3）技术指标

监测气体：苯、甲苯、丁二烯、 $H_2S$ 、 $NH_3$ 、 $Cl_2$ 、 $CS_2$ 、甲醛、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 等；

检测限： $C_6H_6$ ：0.015ppm； $C_7H_8$ ：0.04ppm； $C_4H_6$ ：0.003ppm； $H_2S$ ：0.03ppm； $NH_3$ ：0.015ppm； $Cl_2$ ：0.5ppm； $CS_2$ ：0.1ppm； $CH_2O$ ：0.5ppm； $SO_2$ ：0.02ppm； $NO_2$ ：0.12ppm。

测量精度： $\pm 1\%$ ；

线性度： $\pm 1\%$ ；

时间分辨率：0.5~5 min（可根据实际情况自由设定）；

重量： $< 10kg$ ；

具有自动“零”和标气校准功能；

### 3.4.2.3 便携式质谱分析仪

采用便携式 TOFMS 气体分析仪，解决现场气体快速分析已知和未知组分的需求。

便携式 TOFMS 气体分析仪核心是便携汇聚式环形飞行时间质量分析器（CAT），CAT 的高灵敏度是此仪器成为便携仪器的关键。使用的是 EI 电离源，技术成熟，应用面广，是经典、常规的有机物电离方法，标准质谱图基本都是采用 EI 源得到的，有数万种有机化合物的标准谱图库可供检索。

#### （1）MS-200 飞行时间质谱仪



MS-200 飞行时间质谱仪

采用了特殊设计的离子源，避免了在电离样品过程中对灯丝可能产生的污染，延长了灯丝使用寿命，使质谱仪能够进行持续的、一致的定量分析。

#### 产品特点：

- 便携式气体分析质谱仪，电池驱动，放置于携行箱内方便移动
- 将实验室质谱仪的优点带到现场。测量未知样品的功能强大，拥有很好的鉴别能力、良好的精确度和极高的灵敏度等优点
- 质谱仪内置主动气体进样装置，仪器能够鉴别和测量浓度范围从 ppb 到百分比（%）的多种气体
- 使用 PDMS 薄膜进样器及混合物自动分析软件，使其可以不需要 GC（气相色谱）也可正确分析多种 VOCs（如 EPA T0 15 测试法）
- 基于 Windows 软件操控，只需简单操作即可完成测试得到结果
- 真空系统使用、维护方便，无需专业知识

#### 参数性能：

- 检测范围：0~1000amu；
- 检出限：<5ppb（苯）；
- 质量分辨率：>250 FWHM@78 amu；
- 响应时间：约 20us；
- 动态线性范围：6 个数量级（优于 5%）；
- 温度范围：15° C --35° C(环境温度)；
- 湿度范围：非凝聚；



- 电池运行时间：分析可连续使用 6.6 小时（以每 5 分钟分析一个光谱为基准）；
- 泵运行时间（只运行泵）：4 天；
- 重量：仪器包括电池整体质量不超过 20kg。

#### 仪器配置：

- 灰色硬塑料箱（含 MS-200 仪器）
- 安装操作系统的笔记本电脑以及操作手册
- 数据转移电缆
- Grams 软件以及 Horiba Kore MS-200 软件备份光盘
- MS-200 及软件的操作说明
- 1 年耗品耗材

#### 应用范围：

- 检测环境修复区的挥发性或半挥发性有机污染物 – 快速和低成本的分析检测， 可有效的筛检修复区的进程；
- 城市中空气质量监测 – 测定污染物在区域的空间分布；
- 工业卫生 – 超净空间的空气净化系统和防护设备厂或衣服的除污监测；
- 应急测试 – 快速明确地鉴别未知样品；
- 火灾和犯罪现场的调查 – 确认引发火灾的原凶；
- 环保 – 垃圾埋填区的 VOC 排放检测。

### 3.4.2.4 便携式傅里叶红外分析仪

#### （1）EXPEC 1630 便携式傅里叶红外分析仪

EXPEC 1630 基于不同气体在红外光谱范围内有不同特征吸收的特性，采用傅里叶红外分光原理和多元分辨校正方法，实现气体的定性、定量测量。仪器可用于燃煤/燃气电厂、垃圾焚烧厂以及钢铁厂等固定污染源烟气监测，也可用于环境空气中无机气体、部分有机气体的快速应急检测。



#### 产品特点:

##### 便捷

整机重量轻，支持手提模式，可单人操控；

可车载至现场开展快速监测工作；

仪器准备时间 10 分钟，5 秒内出数据。

##### 易用

一键开机，无人值守情况下可实时诊断仪器状态，进行系统自我保护；

内置计算机、WIFI 模块，支持 AP 工作模式，可无线远程监控设备；

内置定量分析和定性搜索数据库，并支持用户自行构建相应分析库；

全中文工作站，数据库模式管理数据，便于进行数据分析。

##### 数据可追溯

内置 4G 网络模块，保证数据传输及时性，自动上传至指定服务器；

北斗+GPS 双定位系统，丰富的 GIS 信息，自动记录数据采集点地址，数据可追溯。

## (2) 英国 Protea atmosFIRt 便携式傅里叶红外气体分析仪

atmosFIRt 主要用于环境空气挥发性有机物、无机有害气体应急监测、排放气体的快速定量分析，并提供定制化气体模型库。英国 Protea 公司是专门从事傅里叶红外多组分气体分析仪的研发生产，为英国第一家使用 FTIR 进行排放测试并得到认证。atmosFIRt 为来自 Protea 公司 FTIR 气体分析技术最新一代产品，以便携或可移动的形式设计，代表了目前市场上最具性价比和最灵活的分析产品之一。设备的核心是一个高分辨率、坚固耐用和久经证明的 FTIR 光谱仪，提供高信号输出、低噪音和长寿命组件。atmosFIRt 融入了最新的技术，包括：

- 一台设备可以测量 1000 种气体
- 软件使用强大的 PLS 算法，不限制气体测量的数量
- 数据可下载，新气体可离线再次分析
- 内置 O2 传感器和采样控制模块
- 低成本、低维护费用；
- 坚固轻便，包括最新的制造材料；

atmosFIRt 融合了 FTIR 分析仪和内置采样系统，设计用于 ppm 级排放监测，可作为便携或台式或 CEM 系统的一部分；

AtmosFIRt 装于坚固的运输箱中，用于移动式现场监测；



由于新型、低噪声、高分辨率干涉仪的研制，使得产品性能得到很大改善。atmosFIRt 配有一个灵敏的 DTGS 传感器，可在环境温度下运行，无需液氮或其他冷却装置。Protea 提供强大的 PAS 软件套装、培训和支持，从而使客户获得更优的设备性能。

### 3.4.2.5 便携式挥发性有机气体分析仪

谱育 EXPEC 3100 便携式挥发性有机气体分析仪配备 FID（氢火焰离子化检测器）和 PID（光离子检测器），对大部分的有毒有害气体（包括挥发性有机气体以及部分常见的导致恶臭异味的无机气体）均有响应。仪器分析方法符合总烃检测和泄漏检测的技术要求，采用 FID 检测器进行

总烃检测。产品采用防爆设计，适用于爆炸性危险气体现场应用，满足安全使用的规范。仪器整机体积小、重量轻、检测性能佳、操作简单，满足客户对于检测现场快速准确分析的要求，且满足《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）日常无组织排放快速检测总烃的应用要求。



EXPEC 3100 便携式挥发性有机气体分析仪

产品特点：

1) 整机防爆设计

分析仪整机电路采用本安防爆设计，核心 FID 检测器模块采用隔爆设计，手操器采用本安防爆设计，满足爆炸性危险气体场所的使用要求。

2) 现场检测能力强

可选配 FID 和 PID 双检测器，对几乎所有有机气体和部分无机气体均有响应，响应时间小于 3.5 秒，适合于现场挥发性有机气体泄漏筛查及无机异味气体溯源排查；

紧凑的结构设计，严选轻量的器件和复合材料，使主机重量只有 3.7kg，便于工业现场随身携带。

3) 新一代便携式现场解决方案

适合网络化应用，一键上传云平台，操作更便捷；

手操器扫码识别调用图片式点位信息，更高效；

手操器和分析仪使用无线连接，比传统仪器界面操作更灵活。

4) 人性化的附件设计

安全、快速的充放氢模块，30s 内完成充氢，1min 内完成放氢操作；

无线传输：采用高可靠性工业 wifi 模块实现手操器和分析仪间稳定快速的数据传输；

可选配储氢合金气瓶，满足不同工况下的应用需求。

### 3.4.2.6 便携式甲烷非甲烷总烃色谱分析仪

#### （1）谱育 EXPEC 3200 便携式甲烷非甲烷总烃色谱分析仪

谱育 EXPEC 3200 便携式甲烷非甲烷总烃色谱分析仪（可扩展苯系物等因子），仪器完全符合 HJ 1012 标准相关技术要求，也可用于 HJ 38，HJ 604，GB 37822-2019 标准的日常应用。分析仪采用最高至 180℃ 高温伴热样品传输和高温 FID 检测技术，可有效避免高沸点、高浓度样品的损失。分析仪内置采样泵，样气经二级过滤后，进入定量环实现准确定量，随后样品经分析柱分离进入氢火焰离子化检测器。产品可准确测量固定污染源废气和无组织排放中总烃、甲烷、苯系物等组分，检测限可达 ppb 级。



EXPEC 3200 便携式甲烷非甲烷总烃色谱分析仪

产品特点：

#### 1) 高集成度

将载气气瓶、氢气气瓶、标气气瓶、电池、伴热管线和分析模块集成于主机一体，体积小，可轻松手提。

#### 2) 无需市电，电池超长续航更安全

自带超大容量的电池，可同时供主机和伴热管线至少运行 4h；在现场可不接 220V 市电，人员使用更加安全。

#### 3) 现场检测效率高

即到即测，支持热机现场多点转移，具备超高的现场检测效率；高集成度，保障了多点切换无需重复拆卸与安装。

#### 4) 支持检测机构扩项，可出具原始谱图

国家 CPA 认证，支持导出原始测试数据和原始测试谱图，供第三方检测机构出具含原始谱图的 CMA 报告。

### 5) 操控方便，配件丰富

仪器可选配平板电脑，手机，高压气瓶和储氢合金气瓶。

### (2) 磐诺 PGC-86 便携式非甲烷总烃气相色谱分析仪

该仪器根据总烃、甲烷、非甲烷总烃以及苯系物的检测要求进行配置，能够满足分析项目的要求和分析频次，同时进行仪器配置的优化处理，能够最大限度的提高仪器使用率，能够保证样品分析工作的持续性和可靠性，同时保证仪器操作方便，便于携带。



PANNA PGC-86

### 技术参数：

项目	指标参数
检测能力	总烃、甲烷、非甲烷总烃以及苯系物
检测器	氢火焰离子化检测器 FID
检出限	0.03mg/m <sup>3</sup> (非甲烷总烃，以碳计)；0.2mg/m <sup>3</sup> (苯)
定性重复性	≤1%
定量重复性	≤1%
线性误差	±2%F.S. (甲烷)
零点漂移	无零漂
量程漂移	±2%F.S.

量程	0-300mg/m <sup>3</sup> 可定制
分析周期	≤2min
准确度（与 NMHC-CEMS）	≤10%
准确度（与实验室）	≤5%

#### 特点：

##### ➤ 真正便携

PGC-86 便携式气相色谱仪仅重 12kg，包括内置电池和气瓶，可轻松实现单手拎持

##### ➤ 二合一配置

非甲烷总烃和苯系物一次进样同时检测，无需 2 套设备，1 套设备轻松搞定

##### ➤ 不用市电

自带超大容量电池 DC24V,避免现场拉市电的烦恼，续航能力大于 6h

##### ➤ 全套电子流量控制（EPC）

载气、燃气、助燃气全部采用电子流量控制

##### ➤ 分析速度快

分析周期短，可为现场快速检测提供解决方案

##### ➤ 友好的人机界面

采用彩色触控大屏，测试数据大字体显示，显示屏背光可调，方便客户户外观测，实时显示测试谱图，方便历史查询

##### ➤ 便携专用采样器

样品接触材质采用特殊工艺处理，可以有效避免对样品造成污染和吸附；全程高温伴热，加热温度 120~200℃可调，确保样品的真实性；体积小，方便携带

##### ➤ 支持 WIFI 连接

自带 WIFI 功能，可连接手机和平板使用，方便客户恶劣现场的远程操控使用

##### ➤ 维护成本低

自带气瓶，可反复充放，为用户节约成本。

### 3.4.3 车载设备-机柜式

可选用光学方法检测、附件少、精度高的环境分析仪器，固定在机架中应用于车载监测化工园区特征污染物。





车载机柜示意图

### 3.4.3.1 SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 分析仪

法国 Envea（原 ESA）硫化氢分析仪的型号是 AF22e-CH<sub>2</sub>S。H<sub>2</sub>S 转换模块内置在 AF22e 分析仪中。如果安装了这个选项，则可以连续测量 H<sub>2</sub>S，或周期性的测量 SO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S。

工作原理：采用紫外荧光原理

量程显示：0-50ppb 至 0-2000ppb 或以上，量程可调

零点噪声：≤0.1ppb（以环护部检测报告为准）

检测下限：≤0.2ppb（以环护部检测报告为准）

线性：±1%F.S

精度：20%量程精密度≤0.3ppb, 80%量程精密度≤0.6ppb（以环护部检测报告为准）

响应时间：（上升/下降）≤80s（以环护部检测报告为准）

零漂(24 h)：<1.0ppb

跨漂(24 h)：±1% F.S

通信规格：1 路以太网：10/100BASE-T

工作温度：20-30℃

电源要求：220 V ±10% 50 赫兹 功耗≤50W

具备校零、校标和校满功能，用于对系统和仪器进行自动、手动校准

配置清单：

序号	产品名称	产品说明	数量
1	紫外荧光法 H <sub>2</sub> S/SO <sub>2</sub> 分析仪		1 台
2	颗粒物过滤器		1 个
3	导轨		1 个
4	SO <sub>2</sub> 标气 (50ppm)		1 瓶
5	H <sub>2</sub> S 标气 (50ppm)		1 瓶
6	不锈钢减压阀		2 个

### 3.4.3.2 NO、NO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>分析仪

法国 Envea（原 ESA）NO<sub>x</sub> 及 NH<sub>3</sub> 分析仪的型号为 AC32e-CN<sub>H3</sub>，由 2 个相互关联的模块构成：

NH<sub>3</sub>→NO 转化炉；

NO<sub>x</sub> 分析仪。



ESA NO<sub>x</sub>/NH<sub>3</sub> 分析仪

基本要求：采用化学发光法进行测量。

量程显示：0-50ppb 至 0-2000ppb，量程可调

零点噪声：≤0.1ppb（以环护部检测报告为准）

检测下限：≤0.1ppb（以环护部检测报告为准）

线性：±1%F.S

精度：20%量程精密度≤1.0ppb, 80%量程精密度≤1.0ppb, (以环护部检测报告为准)

响应时间：(上升/下降)≤80s (以环护部检测报告为准)

零漂(24 h)：<1.0ppb

跨漂(24 h)：±1% F.S

通信规格：1 路以太网：10/100BASE-T

工作温度：15-35℃

电源要求：220 V ±10% 50 赫兹功耗≤250W

具备校零、校标和校满功能，用于对系统和仪器进行自动、手动校准

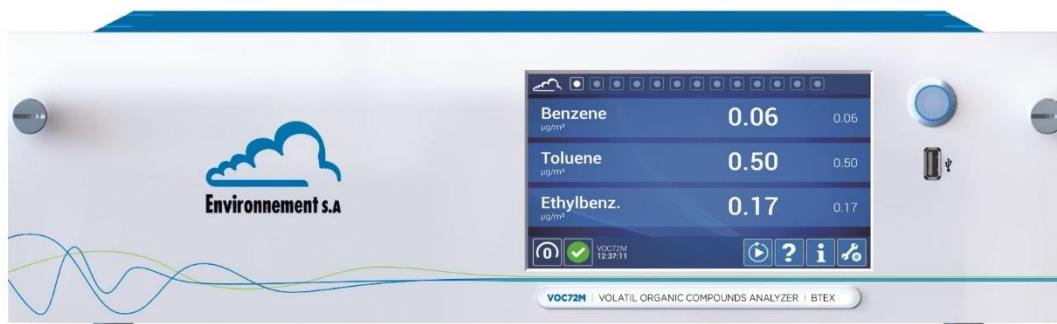
配置清单：

序号	产品名称	产品说明	数量
1	化学发光法 NO-NO <sub>2</sub> -NH <sub>3</sub> 分析仪		1 台
2	颗粒物过滤器		1 个
3	导轨		2 个
4	NO 标气(50ppm)		1 瓶
5	NH <sub>3</sub> 标气(50ppm)		1 瓶
6	不锈钢减压阀		2 个

### 3.4.3.3 苯系物分析仪

#### 法国 Envea VOC72M 型挥发性有机化合物（苯系物）分析仪

ESA VOC72M 型挥发性有机化合物（苯系物）分析仪采用气相色谱法，搭配光离子化检测器（PID），可实现对挥发性有机化合物（苯系物）的连续监测，测量原理遵照 EN14662-3 中苯测量的标准。



### ESA 苯系物分析仪

- 用途：环境空气中挥发性有机化合物（苯系物）浓度的自动分析
- 测量方法：气相色谱法+PID
- 检测物质：苯、甲苯、乙苯、间+对二甲苯、邻二甲苯（根据需求可检测其它物质）
- 测量范围：最大  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （可调节）
- 单位：ppb 或  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （可调节）
- 测量周期：10、12、15、20、30 分钟（可调节），默认设定为 15 分钟
- 测量噪音（ $\sigma$ ）：在苯浓度  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的情况下小于  $0.025 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 检测限（ $2\sigma$ ）： $\leq 0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  苯
- 样品残留（记忆效应）：在首次调零后小于 0.5%
- 长期的跨度漂移： $\leq 4\%$ （15 天）
- 失真检验，最大残留： $\leq$  测量值的 4%
- 重复性标准偏差：在苯浓度  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的情况下小于  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （小于年度限值的 1%）
- 采样流量：50ml/min
- 流量控制：集成的真空泵+可加热的微型毛细管
- 捕集器吸附剂：Carbopack®
- 采样温度：35° C
- 解吸温度/升温速率：380° C（可调节）/  $> 160^\circ \text{C}/\text{秒}$
- 进样阀：六通阀（可加热）
- 气相色谱柱：不锈钢 15m x 0.25mm x  $1 \mu\text{m}$  非极性
  - 载气控制：电子压力控制
  - 温度控制：20–170° C  $\pm 0.1^\circ \text{C}$ ，每分钟可升温 5–30° C
  - 冷却：液体热交换和热电冷却器
- 色谱检测器：充有氮气的 10.6eV 光离子化检测器（PID）

- 检测器温度：140° C（可调节）
- 气源：氮气 6.0（99.9999%）3.2 ± 0.2 bar 15 ml/min
- 显示器：LCD 240 x 128 文本及图表模式
- 串口连接：RS232 或 RS422
- 网络端口：RJ45 插口，UDP 协议
- USB 接口：USB 1.0 接口
- 尺寸（长 x 宽 x 高）：601 mm x 483 mm x 133 mm
- 重量：12.5 kg
- 功耗：平均 130VA，峰值 200VA，待机 50VA
- 电源：100 - 240V + 接地；50 - 60Hz
- 操作温度：+ 5° C 到 + 35° C

#### 3.4.3.4 有机硫化物分析仪

法国科马特泰克airmo S系列采用FPD 检测器，用于分析和监测含硫组分。

分析仪用于对恶臭气体进行监测，分析空气中的甲硫醇（CH<sub>3</sub>S）、乙硫醇（CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>SH）、甲硫醚（CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>）、乙硫醚（C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>S）、二甲二硫醚（C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S<sub>2</sub>）、二乙基二硫醚（C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>S<sub>2</sub>）、二硫化碳（CS<sub>2</sub>）。还可以检测H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub>等。

注、①有下划线的为GB 14554-201X《恶臭污染物排放标准》中的9种恶臭污染物。

②标红的为DB31/T 1089-2018《环境空气有机硫在线监测技术规范》中注明的有机硫化物。

有机硫化物分析仪具体技术参数如下：

分析方法：在线气相色谱

富集方式：该仪器使用一个带样品能阱的注入阀和一个金属毛细管色谱柱。这个等温解决方案专门用于要求检出浓度极低的含硫组分的应用。

进样方式：气动自动进样阀或定量环

测量范围：0-200ppb，二甲基硫（甲硫醚）

带捕集阱的检测限：

0.1 ppb（双硫组分，例如：二甲二硫醚、二硫化碳，…）

0.2 ppb（单硫组分，例如：甲硫醇、二甲硫醚，…）

零点漂移：0.1% F.S. 或 0.2ppb/24 小时

跨度漂移：≤0.5%满量程/24 小时

重复性：≤5%，二甲基硫

测量周期：≤60min

色谱柱：毛细管柱

色谱柱温度控制：柱上加热+强制通风

管路处理：主要管路、接头和阀门需要有 Sulfinert®涂层，避免吸附

气体压力控制：采用压力调节阀或 EPC 控制所有载气、燃气、助燃气体，精度不低于 0.01psi

气路控制：全流路高精度 MFC 控制，精度 0.01Psi，包括所有载气、燃气、助燃气体

检测器：双火焰光度计（FPD）

检测信号线性范围：>10<sup>7</sup>

检测器保护：自动点火，灭火自动切断气体和报警功能

燃气：H<sub>2</sub>，≥99.999%

助燃气：零级空气

载气：H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>，99.999%

控制器：内置工业电脑, Intel 双核主机，4G 内存，64G 固态硬盘

触摸屏：12”（标配），显示色谱图、校准曲线、参数表格、运行状态和错误信息

仪器反控软件：内置系统控制软件，自动完成采样、分析和周期性校准/系统响应测量，可实现系统 7x24 自动无人运行与自动校准，老化等功能

安装：标准 19” 机柜

电源要求：220VAC±10%，50-60Hz

操作温度：0℃-40℃

储存温度：-20℃到 75℃

通讯方式：Ethernet；Modbus TCP（标配）；Modbus RS-485（标配）

配置清单：

- 1、硫化物分析仪。
- 2、硫化物校准仪

## 4 管理平台软件开发

针对山东省化工园区，管理平台包括数据库子系统、预警子系统、应急响应子系统、数据分析子系统、信息公开子系统 5 个子系统，具备实时监控、风险预警、数据处理、应急响应、信息发布等功能。

管理平台系统应能直观展示化工园区和企业危险单元、风险源、监测站点/装置、应急资源与设施以及周边环境等的基本信息与分布位置，并具备存储、查询、统计、动态数据展示、对象分布与识别、搜索、定位、二三维地图切换等功能。

管理平台同时支持在线和离线工作模式。GIS 地图操作时无延迟感。

管理平台在同一时刻处理的数据最大用户并发数 $\geq 10000$  个，数据存储容量 $\geq 100\text{TB}$ 。

管理平台生态环境数据元及生态环境数据共享等应符合省相关生态环境技术规范要求，预留与生态环境主管部门监管数据接口。

根据以上需求，本项目应用展示层总体设计如下：

### 4.1 数据库子系统

根据化工园区现有的资料，利用二、三维地理信息系统，并与化工园区现有的信息系统进行数据集成；构建化工园区“一园一档”子系统，能够统一管理各类数据；提供数据查询和分析功能以及数据维护功能。数据库子系统包括化工园区企业信息库、化学品基础数据库、事故案例库、法律法规标准库、气象信息库以及三维模型数据库 6 部分，具备属性定义、修改、查询、搜索、定位、权限设置等功能。其中：

**化工园区企业信息库**包含企业基本信息、生产信息（各企业危险单元、风险等级、工艺、原料、规模等）、监测网络信息、化工园区及企业应急预案信息、化工园区应急资源信息（应急人员、应急物资、救援通道、救援队伍等）、基础地理信息等内容。

**化学品基础数据库**包含覆盖化工园区所有危险化学品安全技术说明书的相关信息，包括理化特性和危险性描述、急救措施、消防措施、处理措施以及相关法律法规标准等信息。

**事故案例库**包含化工园区近年内重大环境安全事故案例及处置报告，包括事故名称、事故时间、事故地点、伤亡人数、事故类型、处置措施和应急过程等信息。

**法律法规标准库**包含现行有效的国家及山东省相关的法律法规、管理办法、管理规范、环境标准等。



气象信息库包含化工园区所在区域的风速、风向、温度、湿度、气压等相关信息。

三维模型数据库包含化工园区监控区域内 1:1 仿真 3D 建模的所有要素，具有更新建模组件的功能。三维模型场景空间采用山东省地理信息公共服务平台相一致的平面坐标系统，管理平台中各类要素的地理位置、水平位置需与现实场景一致。

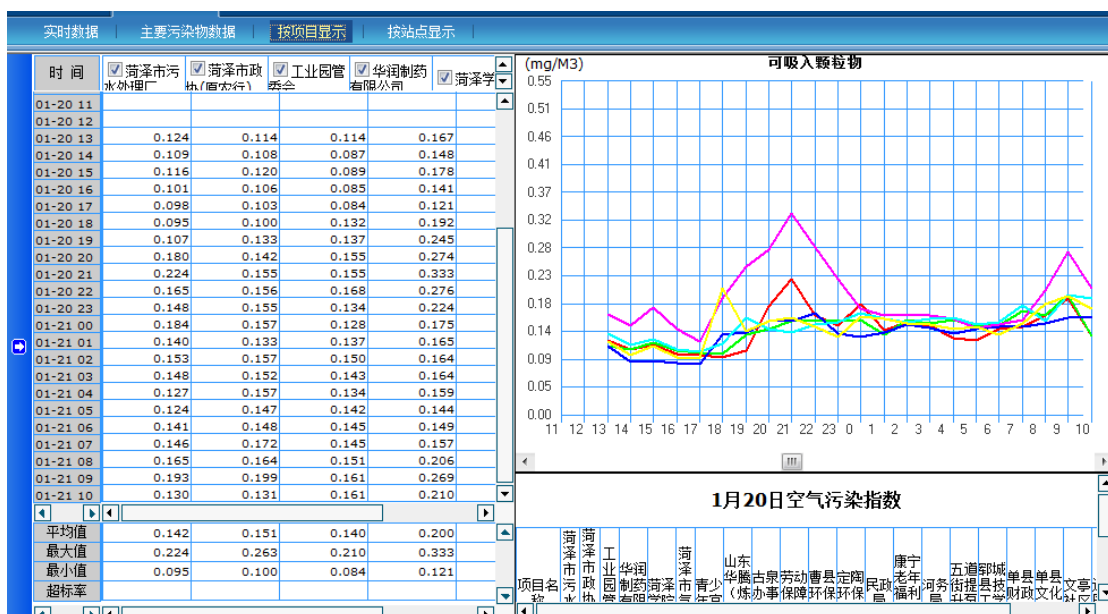
#### 4.1.1 数据集成

在环境大数据库的基础上，整合现有各类信息系统，形成统一应用的大数据平台，通过一个平台提供厂界无组织监控、敏感点在线监控、环境质量自动监控、环境视频监控、综合预警分析预计一厂一档等业务。

##### 4.1.1.1 数据查询

通过环境大数据中心提供对监测数据的统一查询和展示，用户通过环境监控大数据中心可以在线查询各项环境监测数据。环境大数据中心可按照用户关注度对资源进行排序，轻松查看热门监测数据，并提供多种检索方式帮助用户快速找到自己想要的数

据。数据查询提供按项目查询、基于 GIS 地图的查询方式以及报表查询等。



项目查询

##### 4.1.1.2 数据审核

###### 自动审核

对上传数据进行自动审核；可人工对异常数据进行剔除，并说明原因。系统根据环保在线监测相关规范中质量控制的规定对漂移控制限内的仪器零点和跨度漂移自动进行修正，漂移控制限外则数据判断为无效，同时通知当地管理人员。对某一项目的一条或多条监测数据进行等多种审核操作。对于正常数据、超标数据、无效数据用不同的颜色区别表示，审核必须注明审核数据来源，不同数

据来源的数据也用不同颜色区别表示。被审核处理过的数据以红色标识，点击该数据显示修改值和原始数据以及修改原因。系统按照国家自动监测数据自动补遗办法自动补充数据。审核完成后按环境要素监测数据特点自动同步相关历史数据，保证数据的一致性。

## 人工审核

对自动审核后的历史数据库中异常数据可以通过加、减、乘、除、替换等进行人工审核，仪器故障、传输故障等造成的数据异常可人工修改或标识，其审核规则也必须符合有关监测数据有效性判别的要求，修改记录自动保存。

### 4.1.1.3 查询与统计分析

为了更好地支持领导的决策，根据环保日常工作需要，将审核后的监测数据按点位、行政区划、时段对监测项目、污染指数等单一方式或组合方式进行数据查询或统计分析，计算空气质量污染指数、综合污染指数、优良天数，空气质量优良比率等。查询及统计结果可以以报表、曲线图等直观方式进行表示，并可以根据要求的格式导出，如 EXCEL、TXT、DBF 等通用数据格式。主要包括数据上报率、有效率、现场维护情况、良好率排名报表、任意时段报表、空气质量指数报表、空气质量报表等，并通过网络系统发布。统计结果以报表或曲线图显示，以 EXCEL、TXT、DBF 等通用格式导出；能够自动实现目前监测站空气质量指数时报、空气质量指数日报、空气质量指数月报等格式中的各项指标，并根据用户选择，可删除或合并表中的列。

### 4.1.1.4 数据分析及维护

数据分析服务通过提供报表服务、OLAP 服务、数据挖掘，以及 GIS 专题服务等数据加工服务，为环境大数据中心提供各种形式的数据分析应用产品，最后通过平台集成层形成数据的展现，为局领导，各业务处室用户提供各自权限的数据综合展现，让各级分析业务人员能利用系统所提供的上述各项分析功能进行分析，辅助生成分析报告，最终为领导决策提供科学依据。

系统利用报表工具、数据分析工具、数据挖掘工具及自定义分析应用，数据查询分析服务可提供报表制作、多维数据集制作、各种统计图表及 GIS 展现等功能。

数据分析的功能定位是一个面向专业数据统计分析业务人员的查询建模产品，可以通过简单的配置实现复杂查询的设计和个性化的报表展现。数据分析为数据中心各模块的数据统计、分析、展现提供有力的支持，协助用户快捷、简便地生成统计图表。

## 4.1.2 化工园区二维、三维地图

环境地理信息系统将业务数据进行空间数据化表征，基于 GIS 的所有应用全覆盖，做到“一张图应用管理”；系统为厂界无组织在线监控、化工园区敏感点在线监控、环境质量自动监测、环境视频监控和综合预警分析等提供基本的电子地图和专题地图；系统能进行空间与属性信息的双向查询、地图定位、业务查看以及空间直观定位与分析等应用。

#### 4.1.2.1 专题地图

专题地图主要用于直观地在地图上展现业务应用相关的环境数据信息。平台提供专题地图框架模板插件，该模板包括专题地图的整体显示框架，业务应用系统只可以基于该专题地图模板插件，进行相关参数的配置，指定地图访问参数，就可以从环境地理信息组件上获得专题地图的 Web 界面，实现包括地图加载、浏览、常规地图操作、常规查询分析等基本功能，并且结合地图客户端组件库，可以快速扩展其他功能。

根据获取的空间信息，提供污染源分类定位专题图层，包括固定源专题图、自动监控专题图、建设项目专题图、水污染排放和气污染排放

固定源专题图：按污染源管理属性类别分别建立专题图展现各类污染源分布。可以实现污染源的 GIS 查询

自动监控专题图：自动监控企业的空间分布。

建设项目专题图：建设项目地区分布。

气污染排放专题图：氮氧化物、二氧化硫排放量区域分布。

#### 4.1.2.2 双向查询

环境地理信息系统提供空间信息与属性信息的双向查询，实现从空间信息到属性信息以及从属性信息到空间信息的双向查询，以减少属性数据与空间数据不匹配的可能性。

#### 4.1.2.3 地图定位

系统支持地图定位功能，能够将各类监测点位实时标注在地图实际位置，并以颜色或数据方式动态展示点位监测状态。

#### 4.1.2.4 业务查看

实现基于 GIS 地图的相关业务查看。包括厂家无组织排放查看、敏感点在线监控查看、环境自动监测查看以及环境视频监控等。

(1) 通过在地图上点击或框选厂家无组织污染源监测点位，可显示该污染源的基本信息，包括排污企业信息、污染源经纬度、监测设备信息等，同时可将该污染源放大显示；



污染源基本信息查看

(2) 通过在地图上点击或框选敏感点在线监测以及环境自动监测点位，可有选择性地分类显示该监测点位的瞬时监测数据，数据可分别以数字和折线图的形式显示；

可在 GIS 上显示站点的布点情况及监测点的类型。



GIS 上的监测点布点情况

(3) 通过在 GIS 地图上点击视频监控点位，实现对视频监控的实况以及录像的查询调阅。

#### 4.1.2.5 空间直观定位与分析

在 GIS 信息系统中引入了环保专业模型，通过污染物扩散模型计算并预测污染的范围、扩散趋势、危害程度，通过位置空间进行污染事态趋势变化的显示，直观的表现出污染事件扩散的时间和空间分布特征，为突发环境污染事件处理提供了有力的工具。



#### 4.1.2.6 化工园区三维地图展示



#### 4.1.3 “一企一档”

通过将污染源企业相对集中的化工园区，及其内部具体工矿企业的资料数据进行归档，形成“一园一档”、“一企一档”，为污染源分析以及数据共享服务提供数据基础。提供关联展现、污染源基本信息历史版本查询等关联查询功能。支持多种方式的污染源档案查询功能：模糊查询、条件查询、自定义查询。提供污染源预警，可自行选择预警提示项，设计预警提醒范围，系统将根据预警提醒范围，进行污染源预警。

##### 4.1.3.1 污染源档案管理

摸清污染源基本状况和历史变化情况，建立污染源档案，将污染源集中的化工园区、企业从审批起所有的资料收集整理归档，实现污染源“一园一档”“一企一档”管理。提供关联查询化工园区、及内部具体企业基本概况及其生产工艺流程、排放污染物种类及浓度、环评和批复数据、日常监察笔录、行政处罚情况、信访举报记录、环境事故应急方案等各项环境监管内容，并实现数据平台与业务应用系统中的数据同步更新。

- 摘要信息：反映污染源最新环境管理动态，包括基本信息、业务办理、排污监测、环境行为评价等方面；
- 基本档案：整理出污染源唯一一套基本信息，供其他业务系统、各部门业务人员统一调用；
- 污染源监管信息：反映污染源动态监管的结果数据，经过对业务系统数据的整理、归纳及分类，以环评与三同时、许可申报收费、守法执法情况等模块分别展示；
- 污染物排放数据、专调数据：实现多数据源污染物排放量查询、对比、趋势分析，也为业务人员提供环境统计、排污申报等专调数据的表格原始形式展现；
- 污染源监测数据、风险源管理及其他：可进行污染源监督性监测和在线监测数据查询、分析，可查看风险源应急管理信息；此外，涵盖了全面的管理数据，可查看放射源台账、污染源档案所涉及的所有基础文档资料（企业资质文件、环境法律法规等）及动态文档资料（环评与三同时、申报收费、清洁生产审计等）。

污染源档案部分的特点在于：

- 污染源一源一档：以化工园区及具体企业唯一编码为身份识别，建立唯一的基本信息档案，可对化工工业集中化工园区、集团企业、合并企业进行身份追踪。
- 全过程监管：项目验收后，能够自动提示，并立刻转为污染源企业进行监管，环统、排污申报工作能够跟进开展。
- 有效监管：对化工园区、企业的环境行为进行评价，通过一定的评价规则对化工园区、企业评级，对申报不真实、被投诉次数多的企业加强监管频次。

#### 4.1.3.1.1 摘要信息

污染源“一园一档”“一企一档”摘要信息将排污化工园区、企业核心的问题，如最新的环境违法违规行及环境管理漏洞、未进行排污申报的、排污超标以及企业信息最新动态在同一个页面突出显示，让环保局工作人员通过摘要信息即可对相关化工园区内相关企业的整体状况有全方位的把握，实现“精确打击”企业环境问题，提高业务办理效率。

水源保护区		重点监察对象		放射源		风险源		在线监控		环境行为评价		夜间施工		报警提醒													
污染源概况										详细信息>>		企业图片															
污染源名称: 大众汽车变速器(上海)有限公司 污染源地址: 上海市市辖区嘉定区新成路街道博乐南路100号 法人名称: Christian Koch      法人代码: 63057672-5(00) 行业: 汽车零部件及配件制造      建成时间: 2000年5月 监管类型: 区控      是否重点源: 是 是否纳管: 是      排水去向: 进入城市污水处理厂或工业废水集中处理厂 环保联系人: 刘光伟      环保联系人电话: 13812345678 废水排放标准: 《废水综合排放标准》二级      废气排放标准: 噪声排放标准:																											
资质证书 <table border="1"> <thead> <tr> <th>证书名称</th> <th>发证日期</th> <th>有效期限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>排污许可证</td> <td>2008-1-1</td> <td>2008-1-1 至 2013-1-1</td> </tr> <tr> <td>辐射许可证</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>危废经营许可证</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																证书名称	发证日期	有效期限	排污许可证	2008-1-1	2008-1-1 至 2013-1-1	辐射许可证			危废经营许可证		
证书名称	发证日期	有效期限																									
排污许可证	2008-1-1	2008-1-1 至 2013-1-1																									
辐射许可证																											
危废经营许可证																											
GIS定位 																											

### 企业信息摘要

摘要信息能够将污染源动态信息进行展示,包括行政许可审批动态、环保监察管理动态、污染物排放动态、环境监测动态等内容,摘要信息所涉及的具体的问题以链接的形式与具体页面相关联。

建设项目审批信息				详细信息>>	
树脂砂再生车间建设项目		化工车间建设项目		树脂车间建设项目	
项目名称:		树脂砂再生车间建设项目		GIS定位	
项目地址:		上海市金山区宝安公路2189弄192支弄8号			
项目所处阶段:		试生产		项目申请时间: 2010-5-10	
项目状态:		审核中		经办人: 王明	
申请人:		郁雄健		联系电话: 021-69904323	
环评管理类别:		环评报告表		环评报告编制单位: 上海市环科所	
环评批复文号:		沪环发[2010]532号		环评批复时间: 2010-6-10	
试生产审批文号:				试生产批复时间:	
竣工验收审批文号:				竣工验收批复时间:	

### 建设项目信息

#### 4.1.3.1.2 基本档案

针对每一个排污企业较为集中的化工园区,及其内部相关企业,形成唯一套基本信息,包含污染源基本管理、产品及原辅材料、生产设备及工艺、环保设施运行情况、排口情况以及能耗用水等信息,供其他业务系统、各部门业务人员统一调用。



基本信息：		GIS定位
污染源名称：	大众汽车变速器（上海）有限公司	
行政区：		
污染源地址：		
法人名称：		
法人代码：		
污染源类型：	标准污染源/审批污染源/“三无”污染源	
行业：		
建成时间：		
环保联系人：		
环保联系人电话：		
环境属性：		
管理属性：		
企业图片：		
<p>企业全景</p>		<p>包装车间</p>
		<p>排污口</p>

企业基本档案

#### 4.1.3.1.3 在线工况监控

平台为每个企业预留工况数据接口，根据各家化工企业的开工状况、视频监控、设备运行情况（开关机时间、运行状况等）等预留数据对接接口，各家企业按要求将自身的工况数据实时上报对接，实现在线工况的监控。

#### 4.1.3.1.4 污染源监管信息

反映污染源动态监管的结果数据，经过对业务系统数据的整理、归纳及分类，在形成统一的污染源名录基础上，反映污染源动态监管的结果数据，经过对业务系统数据的整理、归纳及分类，按环保局目前实际需要，分为环评与三同时、申报许可收费、守法执法情况、危险废物管理等类别。

#### 4.1.3.1.5 污染物排放数据

对不同数据来源的排污数据，如环境统计数据、污染源普查及其更新数据、排污申报数据、排污收费数据以及常规监测数据，工作人员在使用时可根据具体情况进行有选择的使用。

工作人员可在选择数据来源后查看相应的污染物废水排放情况、废气排放情况、噪声排放情况以及治理项目情况。

#### 4.1.3.1.6 污染源监测数据

- 常规监测数据

列表显示污染源的废水、废气常规监测，工作人员可以选择监测点位、监测时间后查看某一时间、某一排口的相关监测指标的查询。

当前位置：常规监测

废水监测

废气监测

排口名称：

全部

监测任务类型：

全部

监测时间：至

搜索

选择列

数据最后更新时间：2010-12-5

监测时间	排口名称	监测任务类型	废水排放量 (t/d)	COD浓度 (mg/L)	氨氮浓度 (mg/L)	石油类浓度 (mg/L)	挥发酚浓度 (mg/L)
2010-10-8	FS-001	监督性监测		100	30	1.5	0.5
2010-10-8	FS-002	监督性监测		80	30	1.5	0.5
2010-11-10	FS-001	监督性监测		45	30	1.5	0.5
2010-11-10	FS-002	监督性监测		40	30	1.5	0.5

注：表格中红色字体显示的监测项目为排放超标的污染物。

每页显示

10

第1页 共3页

#### 企业数据查询

也可以查看某一监测点位某特定监测指标的年度变化情况。

- 在线监测数据

对经过有效性校核的污染源在线监测数据进行数据集成，可以查看实时数据，并对集成的日均值、月均值、年均值等均值数据进行相应的查看与分析。

#### 4.1.3.1.7 污染源关联

当污染源有关联企业时，在展示当前污染源档案时，还能切换到其相关联的企业，查看详细档案。

#### 4.1.3.2 污染源档案查询

污染源分析系统中的最基本的功能是对各类污染源的查询，考虑到不同级别、不同业务领域的用户对污染源查询的个性化要求，环保数据中心实现了污染源档案的组合条件查询、模糊查询、自定义列显示、查询结果导出功能。

##### (1) 模糊查询

模糊查询主要适用于对数据分类体系不清楚或是对查询目标不清晰的用户。模糊查询主要面向信息元数据，在查询文本框中输入指标名称的部分内容，系统将自动查找与输入相匹配的所有指标

元数据名称，返回能够匹配的所有指标。从返回的指标元数据列表中选择所需指标，系统列出所选指标过滤条件，选择过滤条件后，系统返回符合条件数据。

#### （2）条件查询

通过关键字、行政区、行业、重点源类型、监管类型以及环境管理属性等条件，对环保数据中心的污染源进行筛选。

符合筛选条件的污染源以列表形式进行展示，包括污染源名称、污染源类型、重金属指标、组织机构代码、行政区、监管类型、行业等，并且可以进一步了解污染源详细的监管、监测以及统计数据。

#### （3）自定义查询

提供对不同来源的污染源活动水平基础数据报表的配置，用户可以任意设定查询条件及列表显示内容，实现了根据需求自定义数据查询的功能。

通过固定查询配置定制固定模板，实现固定模板查询。

### 4.1.3.2.1 数据分析服务

数据分析发布平台为环境管理工作提供了良好的展现平台，同时通过专题的形式对环境质量、污染排放和环境监管进行详细的分析和预警提示。

环保数据中心实现面向主题的信息资源的整合、统计、分析，提供数据接口，推送相关数据给环境地理信息系统，支持基于环境地理信息系统的发布展示。同时，可支持用户根据实际需求，灵活进行报表的设计和数据分析。

### 4.1.3.2.2 污染源监测监控分析

#### （1）污染源专题图

根据获取的空间信息，提供污染源分类定位专题图层，包括固定源专题图、自动监控专题图、建设项目专题图、水污染排放和气污染排放

固定源专题图：按污染源管理属性类别分别建立专题图展现各类污染源分布。可以实现污染源的 GIS 查询

自动监控专题图：自动监控企业的空间分布。

建设项目专题图：建设项目地区分布。

气污染排放专题图：氮氧化物、二氧化硫排放量区域分布。

#### （2）关键业务指标监控

自动监控和建设项目根据项目中集成的环境监管业务数据范围，梳理其关键业务信息，对其中重要业务指标进行监控，包括自动监控超标企业数、建设项目许可数量。以 GIS 地图与各种分析统计图表相结合的方式，对自动监控和建设项目的关键业务指标进行分析，关注区域污染源监管工作

的开展情况，锁定区域内重点监管污染源。

大气污染排放关键业务指标包括各类污染源数量、主要污染物排放量等。以 GIS 地图与各种分析统计图表相结合的方式，对污染源关键业务指标进行分析和监控，得出区域的污染源分布情况及污染排放的空间分布、变化趋势和构成情况。

### （3）关联分析

能够对 GIS 地图上任意污染源点位进行周边指定半径范围缓冲区域查询，也可对地图中任意点位或者区域进行点选和框选，选择对附近污染源或者环境质量监测站点、断面进行筛选，获得所选区域内的污染源和监测站的清单，并且可以对污染源进行按管理属性和区域行业的二次筛选，直至最终锁定重点污染源，并可以关联污染源档案进行查看。

#### 4.1.3.2.3 污染源监管分析

在展现污染源监管总体情况的同时，对污染源监管业务按各自业务分类展现其办理动态和分类成果，包括行政许可审批、建设项目、固危废管理、信访投诉、环境监察、行政处罚、排污许可、环境监察等，各分类均可关联至相应的明细业务记录。

## 4.2 预警子系统

风险物质预警阈值的设定非常关键，关系到人民群众健康及生命安全。如果设置不当，则会出现极大的影响。当浓度阈值设置偏高时，污染物可能已经对周围区域环境造成污染，系统不能起到及时预警的作用；当浓度阈值设置偏低时，短时间的浓度偏高形成的报警对相关工作人员造成过大的工作压力和精神刺激，预警系统不能全面反映化工园区污染的真实状况。

### 4.2.1 阈值设置

监控预警阈值参考 GBZ 2.1、HJ 169 及国际、国家和山东省相关标准，依据化工园区环境风险预测因素及监控因子的物化特性、职业卫生接触限值、排放限值等要求确定，并按照不同功能区（点、线、面）分类设置。

#### 4.2.1.1 有组织排放的阈值设定

表：有组织排放的挥发性有机物及臭气浓度排放限值

序号	污染物项目	最高允许排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>d</sup>	与排气筒高度对应的最高允许排放速率 (kg/h) <sup>e</sup>				
			15m	20m	30m	40m	50m
1	氯甲烷 <sup>a</sup>	20	1.1	2.2	5.6	10	16
2	二氯甲烷 <sup>a</sup>	50	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
3	三氯甲烷 <sup>a</sup>	20	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
4	1,2-二氯乙烷 <sup>a</sup>	7.0	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
5	环氧乙烷 <sup>a</sup>	5.0	0.15	0.29	0.77	1.4	2.2
6	1,2-环氧丙烷 <sup>a</sup>	5.0	0.43	0.86	2.3	4.2	6.5
7	环氧氯丙烷 <sup>a</sup>	5.0	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
8	氯乙烯	10	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
9	三氯乙烯 <sup>a</sup>	30	0.72	1.5	3.8	7.0	11
10	1,3-丁二烯 <sup>a</sup>	5.0	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
11	苯	6.0	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
12	甲苯	25	2.2	4.3	12	21	32
13	二甲苯	40	0.72	1.5	3.8	7.0	11
14	氯苯类	20	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
15	酚类	20	0.07	0.14	0.38	0.70	1.1
16	苯乙烯	20	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
17	硝基苯类	12	0.04	0.07	0.19	0.35	0.54
18	苯胺类	20	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
19	甲醇	60	3.6	7.2	19	35	54
20	正丁醇 <sup>a</sup>	40	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
21	丙酮	40	1.3	2.5	6.7	12	19
22	甲醛	10	0.18	0.36	1.0	1.7	2.7
23	乙醛	20	0.04	0.07	0.19	0.35	0.54
24	丙烯腈	5.0	0.18	0.36	1.0	1.7	2.7
25	丙烯醛	10	0.36	0.72	1.9	3.5	5.4
26	丙烯酸 <sup>a</sup>	20	0.9	1.8	4.8	8.7	14

27	丙烯酸酯类 <sup>a、b</sup>	20	0.11	0.22	0.58	1.0	1.6
28	丙烯酰胺	5.0	0.15	0.29	0.77	1.4	2.2
29	乙酸乙烯酯 <sup>a</sup>	20	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
30	乙酸酯类 <sup>c</sup>	50	1.1	2.2	5.6	10	16
31	乙腈 <sup>a</sup>	30	1.1	2.2	5.6	10	16
32	吡啶 <sup>a</sup>	4.0	0.29	0.58	1.5	2.8	4.3
33	N,N-二甲基甲酰胺	30	0.54	1.1	2.9	5.2	8.1
34	非甲烷总烃	80	7.2	14	38	70	108
35	臭气浓度	1500 (无量纲)	—	—	—	—	—

注：a 待国家污染物监测方法标准发布后实施。

b 丙烯酸酯类排放限值指丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯的排放限值的数学加和。

c 乙酸酯类排放限值指乙酸乙酯、乙酸丁酯的排放限值的数学加和。

d 当排气筒高度<15m时，最高允许排放浓度按表2厂界挥发性有机物监控点浓度限值5倍执行。

e 当排气筒高度>50m时，执行排气筒高度为50m所对应的最高允许排放速率。

#### 4.2.1.2 厂界监控点的阈值设定

表：厂界监控点的挥发性有机物及臭气浓度排放限值

序号	污染物项目	厂界监控点浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )	序号	污染物项目	厂界监控点浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )
1	氯甲烷	1.2	19	甲醇	1.0
2	二氯甲烷	4.0	20	正丁醇 <sup>a</sup>	0.50
3	三氯甲烷	0.40	21	丙酮	0.80
4	1,2-二氯乙烷	0.14	22	甲醛	0.05
5	环氧乙烷 <sup>a</sup>	0.04	23	乙醛	0.01
6	1,2-环氧丙烷 <sup>a</sup>	0.10	24	丙烯腈	0.15
7	环氧氯丙烷 <sup>a</sup>	0.02	25	丙烯醛	0.10
8	氯乙烯	0.30	26	丙烯酸 <sup>a</sup>	0.25
9	三氯乙烯	0.60	27	丙烯酸酯类 <sup>a、b</sup>	1.0
10	1,3-丁二烯	0.10	28	丙烯酰胺	0.10
11	苯	0.12	29	乙酸酯类 <sup>c</sup>	4.0
12	甲苯	0.60	30	乙酸乙烯酯	0.20
13	二甲苯	0.30	31	乙腈 <sup>a</sup>	0.60
14	氯苯类	0.20	32	吡啶 <sup>a</sup>	0.08
15	酚类	0.02	33	N,N-二甲基甲酰胺	0.40
16	苯乙烯	0.50	34	非甲烷总烃	4.0
17	硝基苯类	0.01	35	臭气浓度	20 (无量纲)
18	苯胺类	0.20	—	—	—

注：a 待国家污染物监测方法标准发布后实施。

b 丙烯酸酯类排放限值指丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯的排放限值的数学加和。

c 乙酸酯类排放限值指乙酸乙酯、乙酸丁酯的排放限值的数学加和。

#### 4.2.1.3 化工园区边界及化工园区其它预警点的阈值设定

参考国家或地方相关标准，结合化工园区环境监察实际工作需要，开展预警阈值体系研究，建立相应的预警阈值。

污染物名称	阈值 mg/m <sup>3</sup>		参考来源
	小时平均/一次	24 小时平均	
SO <sub>2</sub>	0.50	0.15	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012)
NO <sub>2</sub>	0.2	0.08	
CO	10	4	
O <sub>3</sub>	0.2	0.16(8 小时平均)	
PM <sub>2.5</sub>	/	0.075	
PM <sub>10</sub>	/	0.15	

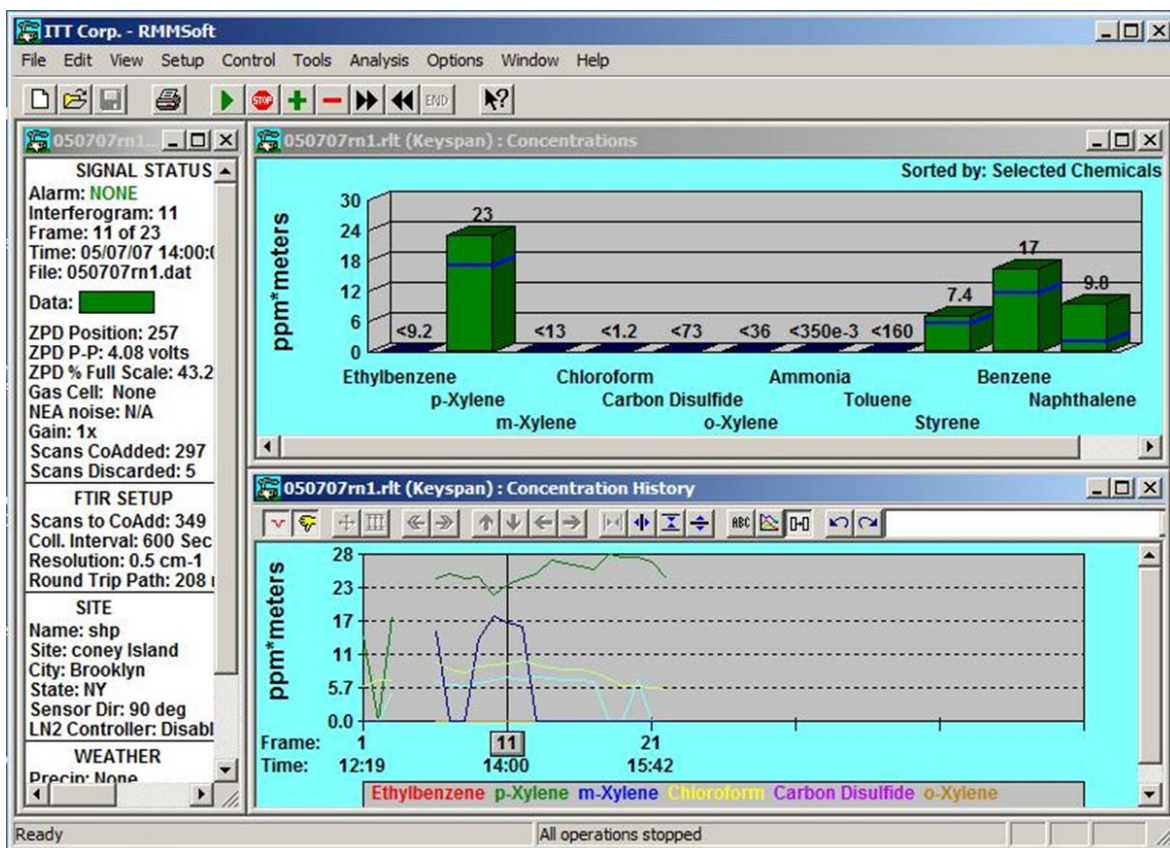


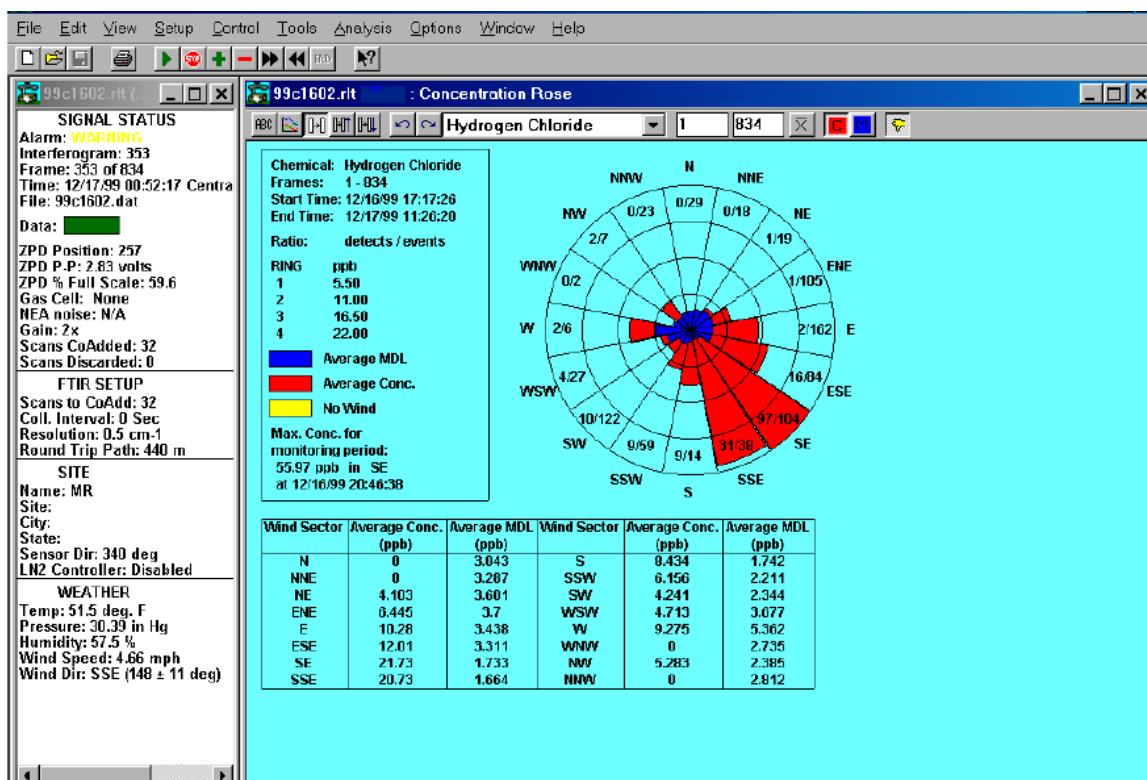
HCl	0.05	0.015	《工业企业设计卫生标准》 (TJ36-79) 居住区大气中 有害物质的最高允许浓度
硫酸雾	0.30	0.10	
氨	0.20	/	
二甲苯	0.30	/	
甲苯	0.6	0.6	前苏联标准 CH245-71 《居民区大气中有害物质的最大允许浓度》
丙酮	0.35	0.35	
臭气浓度	20 (无量纲)	/	参照执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93) 表1 恶臭污染物厂界标准值中二级标准
TVOC	/	0.60 (8 小时均值)	参照执行《室内空气质量标准》 (GB/T 18883-2002)

### 化工园区边界大气特征污染物在线监测

空气特征污染物在线监测主要实现检测设备上传数据的查询展示和数据的一些处理、汇总功能，主要包括以下几方面：

1. 监测站信息及监测站设备和参数信息维护。
2. 可以实时查看设备运行情况。
3. 对空气特征污染物实现 24 小时数据监控和历史数据查询统计；
4. 对污染物进行超标数据展示；
5. 可以对污染物浓度数据动态形成各种图形，例如表格、曲线、柱形图等，从而更加直观地看到各污染物数据走势情况。





#### 4.2.2 自动预警

当监测点位数据超过设置的阈值时，界面应能自动报警并立即通知（语音、电话、短信、邮件等方式）相关人员，支持一键定位和详细信息展示。

#### 4.2.3 智能预案

系统应能对化工园区及企业应急预案进行分级分类存储，将应急预案生成可配置的卡片式智能预案。

发生环境风险事件时，系统应根据事件信息对应应急预案等级、涉及风险物质等因素智能匹配应急预案并分配任务信息。

### 4.3 应急响应子系统

#### 4.3.1 系统响应

化工园区发生突发环境事件并采取应急措施时，管理平台应启动场景模拟和应急标绘。系统平均响应时间≤2 秒，系统最大响应时间≤5 秒。

### 4.3.2 模拟与标绘

系统应可动态模拟和预测分析在泄漏、火灾、爆炸等多种情形下的气体扩散过程以及可能造成的大气影响范围与程度，并对应急响应过程中可能涉及的应急资源、人员、临时监测点、疏散路径等进行标绘。模拟和预测应采用 HJ 169 推荐的模型。

应急响应方案的确定应综合考虑科学性、可行性、实用性和有效性。所谓科学性是指污染溯源的原理是否科学、可靠；可行性是指溯源的技术路线和成本是否可行；实用性是指溯源的方法能否被化工园区环境监察人员掌握，是否易于使用；有效性是指溯源的结果是否有说服力，能否得到企业的认同。

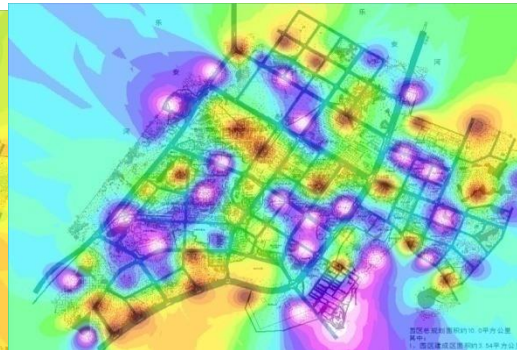
基于网格化在线监测（传感器）的化工园区气体浓度分布图，利用“快照回放”方法可实现无组织排放的污染溯源。

#### 4.3.2.1 污染云图

根据预警阈值和在线监测数据，经过浓度数据插值处理，可得到化工园区各类污染气体的浓度分布图，并可在各类终端（包括监控中心的大屏幕）上直观地展现浓度分布和报警信息：



TVOC 浓度分布示意图



H<sub>2</sub>S 浓度分布示意图



NH<sub>3</sub> 浓度分布示意图

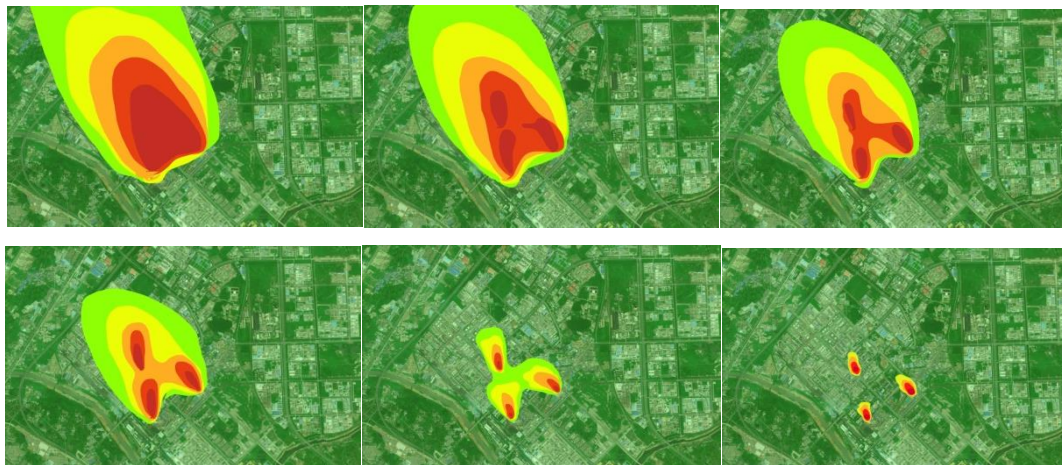


SO<sub>2</sub> 浓度分布示意图



#### 4.3.2.2 化工园区污染气体快照回放

依据报警或预警的时间，并从“智慧化工园区”调取化工园区企业用电、用水、用气等能源监控数据，判断企业生产开始的时间，由此确定污染快照回放的时间起点，可快速锁定目标污染源。



污染溯源示意图

#### 4.3.3 记录与展示

通过管理平台可全过程记录事件应急流程，进行视频、画面直播与展示。


#### 4.3.4 应急终止

应急处置结束后管理平台应急终止。管理平台应支持手动、自动生成应急处置报告。


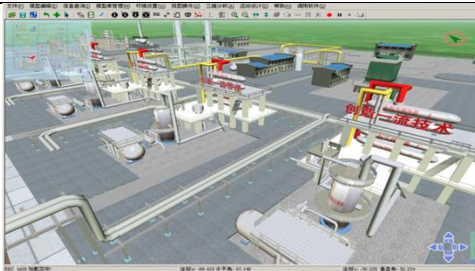
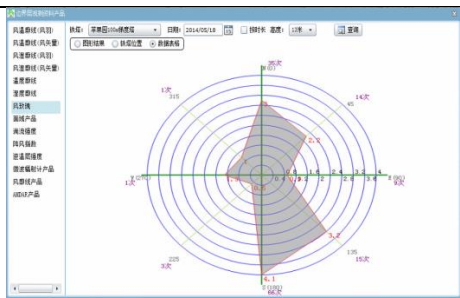
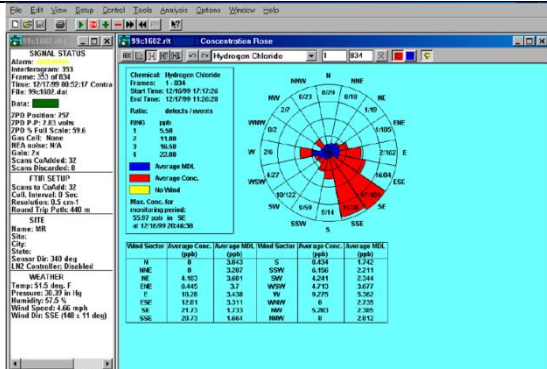
### 4.4 数据分析子系统

#### 4.4.1 数据表征形式

系统可采取曲线图、柱状图、饼状图、图表等多种方式进行数据表征。

图形类别	说明	示意图
视频	视频监控	

图形类别	说明	示意图
线性趋势图	以线形图来展示数据，线图经常用来表示数据的走势，也称趋势图。	
柱状图	以柱状图来展示数据，柱状图经常用来表示数据的分布状况，包括单一柱状图和多重柱状图。	
饼状图	以饼图来展示数据，饼图可以比较直观的看出某一块数据占总体数据的比例。	
钟表图	把每小时的监测数据以特定颜色填充到钟表内，每天24小时以2个钟表的形式来表达。	
SD 波动图		
时间序列图		

图形类别	说明	示意图																																																																		
时间序列与饼图堆叠图																																																																				
二维矢量图																																																																				
二维影像图																																																																				
三维 GIS																																																																				
风玫瑰图	在极坐标底图上点绘出的某一地区在某一时段内各风向出现的频率或各风向的平均风速的统计图。前者为“风向玫瑰图”，后者为“风速玫瑰图”。																																																																			
污染玫瑰图		 <table><thead><tr><th>Wind Sector</th><th>Average Conc.</th><th>Average MEI</th><th>Wind Sector</th><th>Average Conc.</th><th>Average MEI</th></tr></thead><tbody><tr><td>N</td><td>0</td><td>0.00</td><td>S</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>NNE</td><td>0</td><td>0.00</td><td>SSW</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr></tbody></table>	Wind Sector	Average Conc.	Average MEI	Wind Sector	Average Conc.	Average MEI	N	0	0.00	S	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00	NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00
Wind Sector	Average Conc.	Average MEI	Wind Sector	Average Conc.	Average MEI																																																															
N	0	0.00	S	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															
NNE	0	0.00	SSW	0.00	0.00																																																															



#### 4.4.2 分析报告

分析报告应包括化工园区危险单元管理情况、应急资源管理情况、监测数据统计分析、报警任务处理情况、应急预案响应等信息。管理平台自动生成的日、周、月运行报告，按要求发送给相关部门。

### 4.5 信息公开子系统

系统可采用网站以及主流信息发布平台等载体，实现化工园区介绍、化工园区动态、数据公开、信息发布等功能。