

工作场所空气中有害物质职业暴露评估及 管理规范

2024 - 04 - 25 发布

2024 - 07 - 25 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 采样基本要求 3

5 采样设备性能要求 3

 5.1 空气采样泵 3

 5.2 空气收集器 3

 5.3 空气流量计 4

6 职业暴露评估 4

 6.1 质量控制 4

 6.2 现场调查 4

 6.3 采样方法 5

 6.4 职业病危害因素样品采集 5

7 职业暴露管理 6

附录 A（资料性） 总变异系数计算 7

附录 B（规范性） 最大暴露风险组的选择 8

附录 C（资料性） 检测结果计算 9

附录 D（资料性） 检测结果参数估计 10

附录 E（资料性） 管理要求 13

参考文献 16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由云南省疾病预防控制中心提出。

本文件由云南省卫生健康标准化技术委员会（YNTC20）归口。

本文件起草单位：云南省疾病预防控制中心、云南地矿医疗管理有限责任公司、昆明理工大学、昆明医科大学、云南煤矿安全技术中心有限公司、昆明铁路局集团疾病预防控制中心、红河州疾病预防控制中心、云南中医药大学第二附属医院、云南天朗节能环保集团有限公司。

本文件主要起草人：李刚、刘晓红、杨立新、漆骏、邢漪、付英姿、吴锡南、王雷、念昆林、苏桂琴、杨琄、黄斌、严翠兰、苟凯平。

工作场所空气中有害物质职业暴露评估及管理规范

1 范围

本文件界定了工作场所空气中有害物质职业暴露评估及管理相关术语和定义,规定了工作场所空气中有害物质监测采样的基本要求、采样设备的性能要求、职业暴露评估和管理要求。

本文件适用于工作场所空气中有害物质职业暴露评估及管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 23694 风险管理术语

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素

GBZ/T 224-2010 职业卫生名词术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工作场所 workplace

劳动者进行职业活动、并由用人单位直接或间接控制的所有工作地点。

[来源:GBZ/T 224-2010,定义2.24]

3.2

呼吸性粉尘 respirable dust

可达到肺泡区(无纤毛呼吸性细支气管、肺泡管、肺泡囊)的粉尘。亦即用呼吸性粉尘采样器,按标准测定方法,从空气中采集的粉尘。

[来源:GBZ/T 224-2010,定义6.3.2]

3.3

气溶胶 aerosol

以液体或固体为分散相,分散在气体介质中的溶胶物质,如粉尘、雾或烟。

[来源:GBZ/T 224-2010,定义3.1.2]

3.4

呼吸带 breathing zone

距离人的鼻孔30cm所包含的空气带。

[来源:GBZ/T 224-2010,定义6.2.3]

3.5

个体采样 personal sampling

将空气收集器佩戴在检测对象的呼吸带部位所进行的采样。

[来源:GBZ/T 224-2010,定义6.2.5]

3.6

定点采样 area sampling

将空气收集器放置在选定的采样点进行的采样。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.4]

3.7

空气采样器 air sampler

以一定的流量采集空气样品的仪器,通常由抽气动力和流量调节装置等组成。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.12]

3.8

无泵型采样器 passive sampler

又称扩散式采样器,指利用有毒物质分子扩散作用为原理设计制作的、不需要抽气动力的空气采样器。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.13]

3.9

空气收集器 air collector

用于采集空气中气态、蒸气态和气溶胶态有害物质的器具,如大注射器、采气袋、各类气体吸收管、固体吸附剂管、无泵型采样器和滤料采样夹等。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.14]

3.10

空气收集器空白 background concentration (blank) of air collector

空气收集器自身含有待测物的量。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.15]

3.11

样品空白 blank sample

在采集空气样品的同时制备空白样品,其制备过程除不采集工作场所空气外,其余操作与空气样品完全相同。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.18]

3.12

穿透容量 penetration capacity

在采集空气样品过程中,体吸附剂管发生穿透时所吸附待测物的量。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.20]

3.13

采样效率 sampling efficiency

空气收集器在采样过程中能够采集到的待测物量占通过该空气收集器的空气中待测物总量的百分数。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.2.17]

3.14

最低定量浓度 minimum quantitation concentration

在采集一定量(体积)的样品时,检测方法能够定量检测样品中待测物的最低浓度。

[来源: GBZ/T 224-2010, 定义6.1.9]

3.15

标准采样体积 standard sampling volume

在气体温度为20℃,大气压为101.3 kPa (760mmHg)下,采集空气样品的体积。

[来源：GBZ/T 224-2010，定义6.2.10]

3.16

暴露 exposure

组织和/或利益相关者受某事件影响的程度。

[来源：GB/T 23694-2013，定义4.6.1.2]

3.17

行动水平 action level, AL

以职业暴露限值（OELs）的二分之一作为行动水平。

“职业暴露限值”，等同于GBZ/T 224-2010中定义5.1的“职业接触限值”。

[来源：参考文献[7]，附录L]

4 采样基本要求

4.1 应满足GBZ 2.1对采样的要求。

4.2 应满足工作场所环境条件对采样的要求。如在易燃、易爆工作场所采样时，应采用防爆型空气采样器。

4.3 采样应有两人配合进行操作，同时应做好相应的记录。

4.4 采样和现场检测人员应配备个人使用的防护用品。

5 采样设备性能要求

5.1 空气采样泵

5.1.1 空气采样泵应具恒流功能，在环境温度-10℃～45℃，相对湿度<95%条件下能正常运转。

5.1.2 采用空气采样泵配置的采样时间、温度、采样流量和采样体积等功能时，应对其进行校准和核查。

5.1.3 空气采样泵，在采样期间的流量变化应≤5%。

5.2 空气收集器

5.2.1 滤料收集器

5.2.1.1 滤料应有明确的材质和孔径，孔径应均匀，阻力应<3 kPa。

5.2.1.2 收集器应具有气密性。

5.2.2 固体吸附剂管

5.2.2.1 固体吸附剂颗粒物应均匀。

5.2.2.2 固体吸附剂管在200 mL/min流量下，阻力应<4 kPa。

5.2.3 吸收管

5.2.3.1 应具有气密性，在200 mL/min流量下，阻力应<4 kPa。

5.2.3.2 空气样品采样效率应满足检测方法规范要求。

5.2.4 采气袋

5.2.4.1 应具有气密性。

5.2.4.2 在环境温度-10℃~45℃,采气袋的材质没有物质释放,且对待测物质不产生吸附。

5.2.5 粉尘预分离器

5.2.5.1 粉尘预分离器应具有气密性,在规定的流量下,阻力应 $<4\text{ kPa}$ 。

5.2.5.2 呼吸性粉尘的预分离器应符合 BMRC (英国医学研究委员会) 曲线,空气动力学直径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的采样效率应 $\geq 50\%$ 。

5.3 空气流量计

5.3.1 空气流量计应为 I 级,其阻力应 $<4\text{ kPa}$ 。

5.3.2 空气流量计的适用范围应与样品采样的流量相匹配。

6 职业暴露评估

6.1 质量控制

6.1.1 采样人员应具有职业卫生相关专业知识和掌握现场调查和采样技术。

6.1.2 用人单位应保障采样实施时生产状况处于具有代表性常规生产的状态。

6.1.3 采样前应对收集器的气密性进行检查;采样时应避免有害物质直接飞溅入空气收集器内;空气收集器的进气口应避免被衣物等阻隔;用无泵型采样器采样时应避免风扇等直吹。

6.1.4 样品采集应根据现场有害物质浓度情况确定适合的采样流量和采样时间,避免发生超出样品收集器的穿透容量。

6.1.5 样品采集过程中应检查采样仪器设备运行情况是否正常。

6.1.6 对采样仪器设备的气密性进行检查。

6.1.7 采集后的样品应密闭存放,存放的容器应不对样品造成污染或交叉污染;样品按照检测标准方法的要求进行运输和保存。

6.1.8 实验室应保留 2~3 个收集器空白;现场应制备 3 个样品空白。

6.1.9 在采样点环境温度低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、高于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、大气压低于 98.8 kPa 或高于 103.4 kPa 时,应按附录 C 中公式 (C.1) 将采样体积换算成标准采样体积。

6.1.10 采样时应注意气体温度、湿度、风速等环境条件对采样准确度的影响。

6.2 现场调查

6.2.1 现场调查

为正确选择采样点、采样对象、采样方法和采样时机等,应在采样前对工作场所进行现场调查,现场调查内容应包括但不限于下列内容:

- 现场总平面布置图和竖向布置情况;
- 各车间劳动定员、工作班制、工种或岗位划分、工作性质(固定式或流动性等)和工作内容;
- 生产工艺流程(图)、原辅材料(名称、成分、用量)、矿山地质资料、中间产物、副产品、产品(名称、成分、产量)、车间生产设备(名称、数量、参数)、设备布局(图)、生产工艺的自动化程度(原料投入方式)等;
- 防护设施设置和运转情况(位置、名称、数量、参数);
- 个人使用的职业病防护用品配备和佩戴情况(名称、技术参数、更换周期)。

6.2.2 选择最大暴露风险组

根据现场调查的情况,或有害物质检测情况,在分析工艺过程、工作类型和有害因素种类的基础上,结合工作任务选择有害物质的最大暴露风险组。选择方法见附录B。

6.3 采样方法

6.3.1 个体采样

6.3.1.1 个体采样是对作业人员进行暴露评估的采样方法。

6.3.1.2 在无有害物质暴露的场所,将空气收集器与采样泵连接后,参照有毒物质的检测方法中推荐的流量范围和现场有毒物质的浓度情况,将采样泵的流量调至拟采用的流量范围,串联收集器和流量计,测定通过收集器的空气流量并记录。

6.3.1.3 将采样泵佩戴在采样对象腰部,收集器的进气口佩带在采样对象的呼吸带;开启采样泵进行空气样品的采集,并记录开启时间。

6.3.1.4 采样结束时,将采样泵和收集器从采样对象上取下,关闭采样泵,封闭收集器的进气口,记录关闭时间。

6.3.1.5 通过收集器的采样流量前后变化应 $\leq 5\%$;当流量前后变化 $> 5\%$ 时,应更换空气采样泵,并重新进行样品采集。

6.3.2 定点采样

6.3.2.1 定点采样可作为作业环境中污染源确认,或评估工程控制方法有效性的采样方法。

6.3.2.2 在无有害物质暴露场所,将空气收集器与采样泵连接后,参照有毒物质的检测方法中推荐的流量范围和现场有毒物质的浓度情况,将采样泵的流量调至拟采用的流量范围,串联收集器和流量计,测定通过收集器的空气流量并记录。

6.3.2.3 将采样泵设置在作业人员操作的区域内,收集器的进气口尽量靠近采样对象的呼吸带,开启采样泵进行空气样品的采集,并记录开启时间。

6.3.2.4 采样结束后,关闭采样泵,记录关闭时间;将其从支架上取下,封闭收集器的进气口,并带至无有害物质暴露场所。

6.3.2.5 通过收集器的采样流量前后变化应 $\leq 5\%$ 。

6.4 职业病危害因素样品采集

6.4.1 职业暴露限值为时间加权平均容许暴露浓度(PC-TWA)的样品采集

6.4.1.1 依据现场调查和有害物质的推估情况,选择暴露风险可能最大的暴露组,采用个体采样方法,对作业人员暴露有害物质进行样品采集。最大风险暴露组的选择详见附录B。

6.4.1.2 宜采用对作业人员暴露有害物质的时间100%覆盖。当采样方法无法满足整个工作时间采样时,可采用更换收集器的方法,使采集样品时间尽可能达到70%覆盖作业人员暴露有害物质的时间。

6.4.1.3 当作业人员暴露有害物质时间内的有害物质的浓度变化不大时,采集样品时间至少应覆盖70%以上的作业人员暴露有害物质的时间。

6.4.1.4 采样天数为一天,应有代表性。

6.4.2 职业暴露限值为短时间暴露容许浓度(PC-STEL)的样品采集

6.4.2.1 可采用定点采样方法进行样品采集。

6.4.2.2 根据现场调查和采样目的确定是否需要进行定点采样。

6.4.2.3 采样时间段应有代表性;当作业人员暴露有害物质高浓度时间小于或等于15 min时,样品采集时间与作业人员暴露时间一致;当作业人员暴露有害物质高浓度时间大于15 min时,应根据有害物

质的特点，在作业人员暴露有害物质浓度高的时间段进行样品采集，每个样品的采集时间一般不大于 15 min。

6.4.3 最大容许浓度（MAC）的样品采集

6.4.3.1 可采用定点采样方法进行样品采集。

6.4.3.2 根据现场调查，选择有代表性的工作时间段，根据有害物质的特点，进行短时间样品采集，每个样品的采集时间一般小于或等于 15 min。

7 职业暴露管理

7.1 本规范给出了不同采样方式或检测方法的检测结果不确定度的评定方法，可表明检测结果的可信程度，是检测结果质量的指标。详见附录 A 和附录 D。

7.2 以职业暴露限值（OELs）的二分之一作为行动水平（AL），使用检测结果与 AL 比较，对职业暴露是否符合暴露限值进行推断。

注：统计学意义：在工作场所有害物质浓度变异足够小的情况下，如果仅一天个体采样的暴露水平小于 OELs 的二分之一，那么作业人员有害物质暴露水平超标的概率不会大于 5%。故以 OELs 的二分之一作为行动水平的决策依据，有 95% 的置信度判定作业人员有害物质暴露符合 OELs 要求。

7.3 职业暴露的管理要求的原理见附录 E。暴露管理的要求如下：

- a) 调查有害物质是否会泄露到工作场所的空气中；如果存在泄露情况，执行下一步；
- b) 记录是否有劳动者暴露 $\geq$ AL；如存在此情况，执行下一步；
- c) 明确最大风险暴露组，计算采样对象人数，对最大暴露风险组实时测定，按附录 C 计算测定结果；
- d) 根据计算结果，可有暴露值 $<$ AL、 $AL \leq$ 暴露值 $\leq$ OELs、 $OELs <$ 暴露值三种情况，不同的情况，分别执行下列步骤：
 - 1) 暴露值 $<$ AL：如果未来工艺流程不发生变更，检测工作结束；如果未来工艺流程发生变更，则执行 7.3 a)。
 - 2) $AL \leq$ 暴露值 $\leq$ OELs：根据工艺情况，考虑是否拟定管理措施，宜每两个月检测一次，如果连续 2 次检测结果 $<$ AL，则执行 7.3d) 1)；若需拟定管理措施，可参照 7.4 执行。
 - 3) $OELs <$ 暴露值：应将危害情况告知劳动者，拟定管理措施，宜每月一次检测，如果连续 2 次检测结果 $<$ AL，则执行 7.3d) 1)。管理措施可参照 7.4 执行。

7.4 暴露管理策略： $AL \leq$ 暴露值 $\leq$ OELs、 $OELs <$ 暴露值两种情况，需采取控制措施的情况，暴露管理策略按附录 E 表 E.1 进行。

附 录 A
(资料性)
总变异系数计算

CV_T 的计算原理:

$$CV_T = \sqrt{CV_P^2 + CV_A^2} \dots\dots\dots (A.1)$$

)

式中：CV_T——采样分析方法的总变异系数；
CV_P——采样器的变异系数；
CV_A——分析方法的变异系数，

采样分析方法的总变异系数CV_T，是含采样器及分析方法的总变异系数。CV_P可按5%取值。无CV_T值者，一律设定为25%（0.25）（如检测管类CV_T值以25%计）。其他直读式仪器量测则以各仪器使用说明书中的准确度计算。表A. 1为部分常见的物质采样分析方法总变异数CV_T的简易估计法。

表 A. 1 物质采样/分析方法总变异系数 CV_T 的简易估计法

采样分析方法	CV _T
石棉（采样与计数）	0.22
活性炭管（采样与分析）	0.10
比色管	0.14
全尘量（采样与称重）	0.05
呼吸性粉尘（采样与称重）	0.09

附 录 B
(规范性)

最大暴露风险组的选择

最大暴露风险组的选择，可由职业卫生技术人员依其经验及观察，选择最接近有害物发生源的作业人员，或其暴露浓度可能超过1/2容许浓度的作业人员，及抱怨可能遭受污染的作业人员等进行确定，并将其作为采样对象并实施采样。原则上，最大暴露风险组暴露量低于容许标准，那么可以预期其他低暴露作业人员组均可符合容许标准。

如果上述最大暴露风险作业人员无法确定时，先以经验中空气中有害物质可能超过1/2容许浓度的作业人员为设定的最大暴露风险组，按统计上“有90%的置信度，至少有一采样对象为暴露在前10%者”为条件，可依据表B.1来决定采样对象人数，然后以随机原则选择采样对象。

表 B.1 采样对象数目的确定（90%置信度）

作业人员数量	需要采样对象数量
≤7	所有
8	7
9	8
10	9
11~12	10
13~14	11
15~17	12
18~20	13
21~24	14
25~29	15
30~37	16
38~49	17
50	18
>50	22

附录 C
(资料性)
检测结果计算

C.1 标准采样体积换算

$$V_0 = V_t \times \frac{293}{273+t} \times \frac{P}{101.3} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：V₀——标准采样体积的数值，单位为升（L）；
V_t——在温度为t℃，大气压为 P时的采样体积的数值，单位为升（L）；
t——采样点温度数值，单位为摄氏度（℃）；
P——采样点的大气压力数值，单位为千帕（kPa）。

C.2 时间加权平均暴露浓度（C_{TWA}）计算方法

C.2.1 采样一个全程样品计算时间加权平均暴露浓度方法

$$C_{TWA} = \frac{C \cdot T}{8} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：C_{TWA}——作业人员8h时间加权平均暴露有害物质浓度，mg/m³；
C——测得空气中有害物质的浓度，mg/m³；
T——作业人员在有害物质浓度下的工作时间，h。

C.2.2 采集多个空气样品计算时间加权平均暴露浓度方法

$$C_{TWA} = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + \dots + C_nT_n}{8} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：C_{TWA}——作业人员8h时间加权平均暴露有害物质的浓度，mg/m³；
C_n——测得第n个的空气中有害物质的浓度，mg/m³；
T_n——作业人员在第n个相应的有害物质浓度下的暴露时间，h；
8——时间加权平均容许浓度规定的8 h。
当C_n的检测结果低于最低定量浓度时，以最低定量浓度值计算。

C.2.3 40h工作周时间加权平均暴露浓度计算方法

$$C_{40TWA} = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + C_3T_3 + \dots + C_nT_n}{40} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：C_{40TWA}——作业人员40h时间加权平均暴露有害物质的浓度，mg/m³；
C_n——测得第n个的空气中有害物质的浓度，mg/m³；
T_n——作业人员在第n个相应的有害物质浓度下的暴露时间，h；
40——时间加权平均容许浓度规定的40h工作周。

附 录 D
(资料性)
检测结果参数估计

D.1 标准化暴露的严重程度

$$Y = \frac{X}{OELs} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：X——即附录C中计算的 C_{TWA} ， mg/m^3 ；

OELs——暴露限值浓度， mg/m^3 ；

Y——标准化暴露的严重程度。

D.2 对检测结果的区间估计

D.2.1 全程单一样品采样 (Full Periods Single Sample)

$$UCL(95\%) = Y + 1.645CV_T \dots\dots\dots (D.2)$$

$$LCL(95\%) = Y - 1.645CV_T \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：UCL (95%) ——95%置信区间的上限 (upper confidence level)；

LCL (95%) ——95%置信区间的下限 (low confidence level)；

Y——标准化暴露的严重程度；

CV_T ——采样分析的总变异系数。

D.2.2 全程多样本-均匀暴露 (Full period uniform exposures with multiple samples)

$$UCL(95\%) = Y + \frac{1.645CV_T \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2}}{T_1 + T_2 + \dots + T_n} \dots\dots\dots$$

(D.4)

$$LCL(95\%) = Y - \frac{1.645CV_T \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_n^2}}{T_1 + T_2 + \dots + T_n} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：UCL (95%) ——95%置信区间的上限 (upper confidence level)；

LCL (95%) ——95%置信区间的下限 (low confidence level)；

Y——标准化暴露的严重程度；

CV_T ——采样分析的总变异系数；

T_n ——各样本的采样时间，h；其中，n为采样样本数。

D.2.3 全程多样本-非均匀暴露 (Full period non-uniform exposures with multiple samples)

$$UCL(95\%) = Y + \frac{1.645CV_T \sqrt{T_1^2 X_1^2 + T_2^2 X_2^2 + \dots + T_n^2 X_n^2}}{OEL(T_1 + T_2 + \dots + T_n) \sqrt{1 + CV_T}} \dots\dots\dots (D.6)$$

$$LCL(95\%) = Y - \frac{1.645CV_T \sqrt{T_1^2 X_1^2 + T_2^2 X_2^2 + \dots + T_n^2 X_n^2}}{OEL(T_1 + T_2 + \dots + T_n) \sqrt{1 + CV_T}} \dots\dots\dots (D.7)$$

式中：UCL (95%) ——95%置信区间的上限 (upper confidence level)；

LCL (95%) ——95%置信区间的下限 (low confidence level)；

F ——标准化暴露的严重程度；

CV_T ——采样分析的总变异系数；

T_n ——各样本的采样时间， n 为采样样本数， h ；

X_n ——测定的第 n 个样品的测定浓度；

OELs——暴露限值浓度， mg/m^3 。

D.2.4 作业环境测定结果为多重物质暴露具相加效应时

作业环境空气中有2种以上有害物存在而其对作业人员相互间效应非属于相乘效应或独立效应时，应视为相加效应。

1. 针对每一种有害物质的暴露严重程度计算：

$$Y_i = \frac{C_i}{L_i} \dots\dots\dots \text{(D. 8)}$$

式中： C_i ——各种有害物质的测定浓度值， mg/m^3 ；

L_i ——各种有害物质的暴露限值浓度， mg/m^3 ；

Y_i ——各种有害物质标准化暴露的严重程度。

2. 每种有害物质与总暴露的构成比为：

$$Y_{\text{mixture}} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots + \frac{C_n}{L_n} \dots\dots\dots \text{(D. 9)}$$

式中： C_n ——各种有害物质的测定浓度值， mg/m^3 ；

L_n ——各种有害物质的暴露限值浓度， mg/m^3 ；

Y_{mixture} ——多重有害物质总暴露标准化严重程度。

3. 各种有害物质的标准化严重程度构成比：

$$R_1 = \frac{Y_1}{Y_{\text{mixture}}}, R_2 = \frac{Y_2}{Y_{\text{mixture}}}, \dots, R_n = \frac{Y_n}{Y_{\text{mixture}}} \dots\dots\dots \text{(D. 10)}$$

式中： R_n ——各种有害物质的标准化严重程度构成比；

Y_n ——各种有害物质标准化暴露的严重程度；

Y_{mixture} ——多重有害物质总暴露标准化严重程度。

4. 混合有害物质计算的总体变异系数为：

$$CV_{\text{mixture}} = \sqrt{(R_1 CV_1)^2 + (R_2 CV_2)^2 + \dots + (R_n CV_n)^2} \dots\dots\dots \text{(D. 11)}$$

$$UCL(95\%) = Y_{\text{mixture}} + 1.645 CV_{\text{mixture}} \dots\dots\dots \text{(D. 12)}$$

$$LCL(95\%) = Y_{\text{mixture}} - 1.645 CV_{\text{mixture}} \dots\dots\dots \text{(D. 13)}$$

式中： CV_{mixture} ——多重有害物质采样分析的总变异系数。

R_n ——各种有害物质的标准化严重程度构成比；

CV_n ——各有害物质采样分析的总变异系数；

UCL (95%) ——95%置信区间的上限 (upper confidence level)；

$LCL(95\%)$ ——95%置信区间的下限 (low confidence level) ;

$Y_{mixture}$ ——多重有害物质总暴露标准化严重程度。

D.3 检测结果的评估

当 $LCL(95\%) > 1$ 时, 作业人员的暴露有违反工作场所空气中有害物质职业暴露限值的情况。当 $UCL(95\%) \leq 1$ 时, 未违反工作场所空气中有害物质的职业暴露限值要求。当 $UCL(95\%) > 1$ 或 $LCL(95\%) \leq 1$ 时, 作业人员的暴露有可能违反工作场所空气中有害物质职业暴露限值的情况。

附录 E
(资料性)
管理要求

E.1 AL 的应用原理

工作场所的有害物质的浓度变化呈对数正态分布，样本量过少，会导致估计偏差较大，检测到的作业人员暴露水平大概率被低估，但实际情况是作业人员存在着高暴露的风险。因此，需解决在一次检测作业人员暴露水平未超过法规标准的情况下，如何有足够的置信度判断作业人员的暴露未超过法规标准。

根据数理统计的推导，假设工作场所空气中的有害物质的浓度变异足够小的情况下，如果一次采样检测的浓度在职业接触限值（OELs）的二分之一（AL）以下时，那么工作场所有害物质暴露超标的概率不会大于5%，故以OELs的二分之一作为行动水平的决策依据，有95%的置信度做出作业人员暴露符合暴露限值的要求。做出判断的前提条件是工作场所的有害物质的浓度变化的几何标准差GSD<3。

对于自动化程度高的生产工艺，作业人员仅做短时间的巡检查看，且能正确佩戴有效的个体防护用品的作业人员的暴露评估，不适用此方法。

用人单位宜按7 职业暴露管理要求开展管理，图E.1给出了流程图。

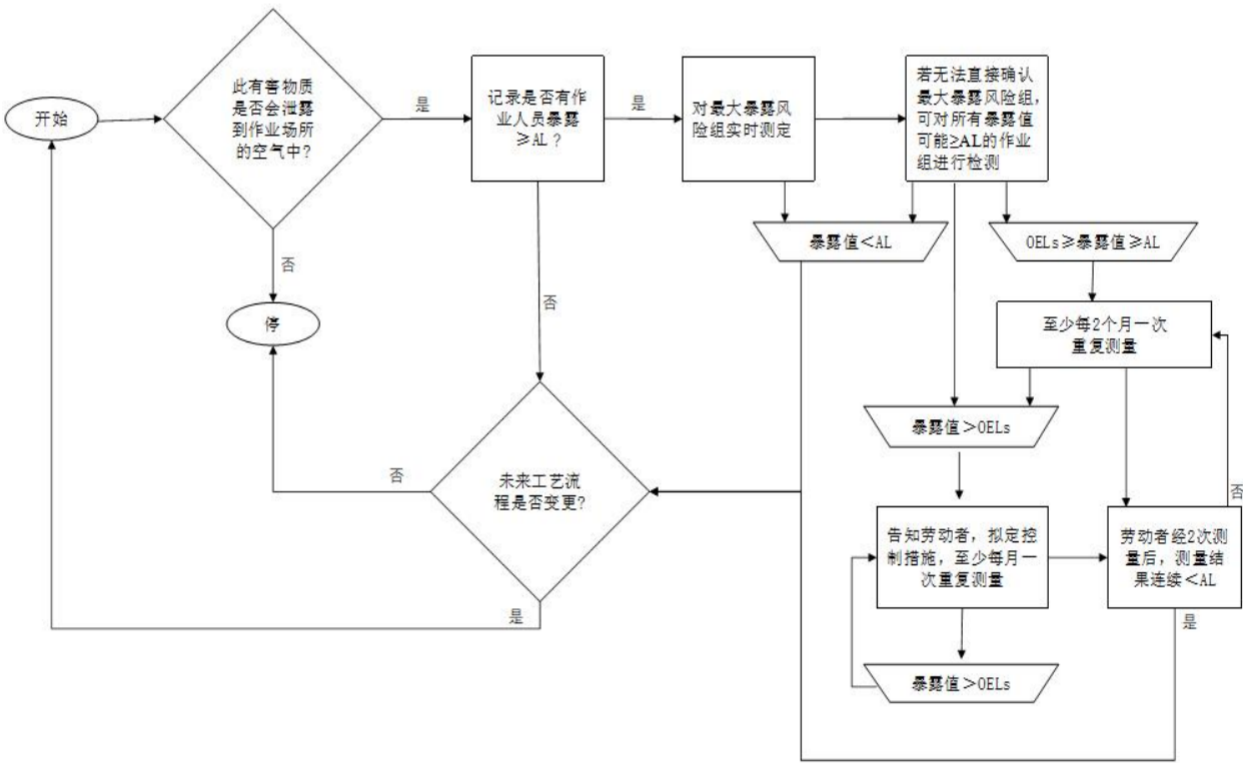


图 E.1 最大暴露风险组测定的理论架构

E.2 暴露管理策略

$AL \leq \text{暴露值} \leq OELs$ 、 $OELs < \text{暴露值}$ 两种情况，需采取控制措施的情况，暴露管理策略按附录E表E.2 进行。

表 E.2 管理策略

控制措施1	控制措施2	控制措施3
准入		
◆无关人员不得进入工作区域	◆只有授权人员才能进入工作区域。	◆只有授权人员才能进入工作区域。 ◆作业区和设备应有清晰的标识。
工程控制		
◆制定全面通风标准。 ◆多数情况下，可采取门、窗，或者简单在墙上安装排气扇的小规模自然通风措施。 ◆大规模的控制措施，可采取新鲜空气补给和污风控制技术。 ◆防尘措施，可将空气过滤后引入工作间。 ◆有害挥发性气体，不宜采用循环通风。	◆需要在污染源处采用局部排气通风(LEV)或其他方法来捕集污染物。 ◆密封装置应尽可能地封闭粉尘或蒸气源。 ◆尽可能在远离门、窗和走道的地方进行物料搬运活动，因为气流会干扰密闭措施导致污染物扩散。 ◆为工作间提供足量的新风替代抽走的空气。 ◆保持短而直的管道，避免使用长的、柔软的管道。 ◆提供一种简易的方式检查密闭装置是否正常工作，如压力计等。 ◆对于粉尘，允许将经过再过滤的洁净空气再循环进入工作间。 ◆有害挥发性气体，不宜采用循环通风。 ◆有害气体的出风口应位于远离窗户和进风口的安全地点。	◆使用密闭系统。 ◆允许有限的开放密闭设施，如质量控制样品的采集。 ◆密闭设备的设计应便于维护。 ◆在操作条件允许的情况下，设备应保持负压以防止泄漏。 ◆污风应经过净化后排入大气。 ◆有害气体的出风口应位于远离窗户和进风口的安全地点。 ◆排出点应该完全符合排放标准要求。
日常维护		
◆保证所有设备按照供应商或安装方推荐的要求进行维护。	◆保证全部设备按照供应商或安装方的建议维护。 ◆每周巡查密闭装置，检查是否有明显的损坏。局部通风系统应该包括所有管道。	◆保证全部设备按照供应商或安装方的建议维护。 ◆对密闭系统的维修，建立工作许可制度。 ◆进入或打开设备前，记录特殊步骤，例如净化或清洗。
检查和测试		
◆从供应商处获取所有已安装的通风设备的性能信息，保留这些信息作为今后的参考资料。 ◆检查通风系统，至少每周一次。 ◆每12个月安排检查和检测通风系统一次。 ◆所有检查和检测记录保存不少于5年。	◆在安装时，要求供应商提供系统性能参数信息。保留这些信息作为今后的参考资料。 ◆每12个月安排检查和检测局部通风系统一次。 ◆所有检查和检测记录保存至少5年。	◆每周检查所有设备是否有明显的损害一次。 ◆安装时，确保供应商提供所有安全操作设备的信息。 ◆至少每12个月1次，安排全面检查和检测所有抽风系统。 ◆所有检查和检测记录保存不少于5年。

表 E.2 管理策略（续）

控制措施1	控制措施2	控制措施3
清洁		
◆定期清洁设备和表面，以避免溢出物覆盖。 ◆立即处理溢溅物	◆建议每周一次，定期清洁设备和表面。 ◆立即处理溢溅物。	◆定期全面清洁设备和表面，建议每周一次。 ◆立即处理溢溅物。
清洁		
◆使用吸尘器或湿拖把清洁有灰尘的区域。 ◆避免干刷清扫和压缩空气清洁。	◆使用吸尘器或湿拖把清洁有灰尘的区域。 ◆避免干刷清扫和压缩空气清洁。	◆使用吸尘器或湿拖把清洁有灰尘的区域。 ◆避免干刷清扫和压缩空气清洁。
个体防护装备		
◆查看化学品安全技术说明书，是否有必要使用手套、保护面部或眼睛的装备，保护脚的鞋套、围裙或全身防护服。 ◆选择合适的防护装备。 ◆清洁和检修工作需要呼吸保护装备的应给已配备。	◆查看化学品安全技术说明书，是否有必要使用手套、保护面部或眼睛的装备，保护脚的鞋套、围裙或全身防护服。 ◆选择合适的防护装备。 ◆清洁和检修工作需要呼吸保护装备的应给已配备。	◆查看化学品安全技术说明书，是否有必要使用手套、保护面部或眼睛的装备，保护脚的鞋套、围裙或全身防护服。 ◆选择合适的防护装备。 ◆清洁和检修工作需要呼吸保护装备的应给已配备。
培训		
◆给予员工们基本的培训：如何安全地处理材料以及如何正确地使用企业提供的控制措施。 ◆应给予特别的关注：当控制措施失效时，如何发现和响应。	◆给予员工物质的有害属性信息，并告诉他们如何正确地使用企业提供的控制措施。 ◆应给予特别的关注：当控制措施失效时，如何发现和响应。 ◆应该提供使用和维护PPE(包括呼吸器RPE)的详细培训 ◆阶段性的再培训/进修培训将是需要的。	◆需要特殊的工作培训。这应该包括对设备日常运行和维护程序的理解。 ◆应给予特别注意：如何发现和处理损失。
监督		
◆确保有专门的监管部门，监督所有的控制措施有效运行。	◆确保有专门的监管部门，监督所有的控制措施有效运行。	◆确保有专门的监管部门，监督所有的控制措施有效运行。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有害物质监测的采样规范: GBZ/T 159-2004[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [2] 蔡朋枝, 黄彬芳等. 职业卫生-危害评估[M]. 台湾台中市: 中国医药大学, 2014. 1-9.
- [3] 中国合格评定国家认可委员会《CNAS-CL01检测和校准实验室能力认可则》应用要求 CNAS-CL01-G001: 2018.
- [4] 李刚, 王忠旭, 曹叔翘等. OSHA工作场所采样策略与数据处理[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2014, 32(10): 789-791.
- [5] 李刚, 王晋昆, 曹叔翘等. OSHA个体采样策略统计学原理概述[J]. 中国卫生工程学, 2016, 1(4): 415-417.
- [6] 李刚, 王忠旭, 曹叔翘等. 职业暴露评估采样策略中的抽样及暴露测量问题探讨[J]. 中国卫生工程学, 2013, 12(2): 144-146
- [7] Nelson A. Leidel, Kenneth A. Busch, Jeremiah R. Lynch. Occupational Exposure Sampling Strategy [M], NIOSH. 1975.
- [8] Damiano J, Mulhausen J R. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures (Third Edition) [M]. 2006, 274-276.
- [9] Eugene R. Kennedy, Ph. d. Guidelines for Air Sampling and Analytical Method Development and Evaluation[M], CDC. 1995.
- [10] National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH Manual of Analytical Methods, edited by P. Eller (DHHS/NIOSH Publication No. 84-111) . Cincinnati, Ohio: National Institute for Occupational Safety and Health, 1984.
- [11] Leidel, N. A, Busch, et al. Statistical methods for the determination of noncompliance with occupational health standards. [J]. hew publication, 1975.
- [12] Bar-Shalom Y, Budenaers D, Schainker R, et al. Handbook of statistical tests for evaluating employee exposure to air contaminants / [J]. Air Pollution, 1975.
- [13] Leidel NA, Busch KA, Crouse WE. Exposure measurement, action level and occupational environmental variability. [J]. hew publication, 1975, 76-131.
-