ICS 13.100
CCS C52

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T XXX—XXXX

职业接触生物限值

Occupational biological exposure limit

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会　发布

目　　录

目　录 I
前　言 II
1 范围 1
2 生物监测指标和生物接触限值 1
3 监测检测原则要求 1
4 正确使用本标准的说明 1
5 术语和定义 1
6 规范性引用文件 1
附录 A（资料性）生物监测指标与生物接触限值的应用 5
附录 B（规范性）术语和定义 14
附录 C（规范性）规范性引用文件 16
附录 D（资料性）与生物监测方法相关的具体化学物质的国家职业卫生标准 16
附录 E（资料性）职业接触生物限值的主要起草单位及主要起草人 16

前　言

本标准为推荐性标准。

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准由国家卫生健康标准委员会职业健康标准专业委员会负责技术审查和技术咨询，由中国疾病预防控制中心负责协调性和格式审查，由国家卫生健康委职业健康司负责业务管理、法规司负责统筹管理。

本标准起草单位：中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所等。

本标准主要起草人：李涛等。

本标准及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——GBZ 2.1—2019首次纳入职业接触生物限值相关内容；

——本次制定将GBZ 2.1—2019中的职业接触生物限值部分独立为单独的标准。

职业接触生物限值

1 范围

本标准规定了职业接触生物监测指标、职业接触生物限值，以及生物监测的实施要求、评价原则和注意事项。

本标准适用于劳动者职业性生物监测的实施与接触评估。

2 生物监测指标和生物接触限值

职业卫生领域常用生物监测指标和生物接触限值见表1。

3 监测检测原则要求

生物材料中化学物质及其代谢产物或早期生物效应标志物的测定及质量保证按 GBZ/T 295 及等标准执行。没有相应检测方法标准的，可参考国内、外公认的检测方法，但应纳入质量控制程序。

4 正确使用本标准的说明

正确使用本标准的说明见附录A。

5 术语和定义

术语和定义见附录B。

6 规范性引用文件

规范性引用文件见附录C。

表1　生物监测指标和生物接触限值

序号	接触的化学物质			生物监测指标		生物接触限值	采样时间
	中文名	英文名	CAS	中文名	英文名		
1.	苯	Benzene	71-43-2	尿中苯巯基尿酸	S-phenylmercapturic acid in urine(S-PMA)	100 μg/g Cr(47 μmol/mol Cr)	工作班后
				尿中反－反式粘糠酸	t,t-muconic acid (tt-MA)in Urine	3.0 mg/g Cr(2.4 mmol/mol Cr)	工作班后
2.	苯乙烯	Styrene	100-42-5	尿中苯乙醇酸加苯乙醛酸	Mandelic acid plus phenylglyoxylic acid in urine	00 mg/g Cr(295 mmol/mol Cr4)	工作班末
						160 mg/g Cr(120 mmol/mol Cr)	下一工作班前
3.	丙酮	Acetone	67-64-1	尿中丙酮	Acetone in urine	50 mg/L	工作班末
4.	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6	尿中草甘膦	Glyphosate in urine	0.6 mg/L	工作班末
5.	1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0	尿中 1,2-双羟基-4-（N-乙酰半胱胺酸）丁烷	1,2-bis-hydroxy -4- (N- acetylcysteine) butane(DHBMA)in urine	2.9 mg/g Cr	工作班末
6.	二甲苯	Xylene	1330-20-7;95-47-6;108-38-3	尿中甲基马尿酸	Methylhippuric acids in urine	0.3 g/g Cr 或 0.4 g/L	工作班末
7.	N,N-二甲基甲酰胺	N,N-Dimethylformamide	68-12-2	血中 N-甲基氨甲酰血红蛋白加合物（NMHb）	N- methylcarbyl hemoglobin adduct	135 nmol/g Hb	持续接触 4 个月后任意时间
8.	N,N-二甲基乙酰胺	N,N-Dimethylacetamide	127-19-5	尿中 N-甲基乙酰胺	N-Methylacetamide in urine	20.0 mg/g Cr	工作周末的班末
10.	二硫化碳	Carbon disulfide	75-15-0	尿中 2 -硫代噻唑烷-4-羧酸	2-Thiothiazolidine-4-carboxylic acid (TTCA) in urine	2.2 mg/g Cr(1.5 mmol/mol Cr)	工作班末或接触末
9.	二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2	尿中二氯甲烷	Dichloromethane in urine	0.3 mg/L	工作班末
11.	酚	Phenol	108-95-2	尿中苯酚	Total phenol in urine	125 mg/g Cr(150 mmol/mol Cr)	工作周末的班末
12.	氟及其无机化合物	Fluorides and its inorganic compounds	—	尿中氟	Fluorides in urine	7 mg/g Cr(42 mmol/mol Cr)	工作班后
						4 mg/g Cr(24 mmol/mol Cr)	工作班前

表 1 （续）

序号	接触的化学物质			生物监测指标		生物接触限值	采样时间
	中文名	英文名	CAS	中文名	英文名		
13.	镉及其无机化合物	Cadmium and inorganic compounds	7440-43-9（Cd）	尿中镉	Cadmium in urine	5 μg/g Cr(5 μmol/mol Cr)	不做严格规定
				血中镉	Cadmium in blood	5 μg/L(45 nmol/L)	不做严格规定
14.	汞及其无机化合物	Mercury and inorganic compounds	7439-97-6（Hg）	尿中总汞	Total inorganic mercury in urine	35 μg/g Cr(20 μmol/mol Cr)	接触 6 个月后工作班前
						2.0 g/L（11 mmol/L）	
				终末呼出气甲苯	Toluene in End-Exhaled	20 mg/m^3	工作班末（停止接触后 15 min～30min）
					Air	5 mg/m^3	工作班前
16.	甲苯二异氰酸酯	Toluene diisocyanate, TDI	26471-62-5	尿中甲苯二胺	Toluenediamine(2,4-TDA) in urine	1 μmol/mol Cr	工作班末
17.	可溶性铬盐	Soluble Chromate	7440-47-3(Cr)）	尿中总铬	Total Chromium in urine	30 μg/g Cr（65 μmol/mol Cr)	接触一个月后工作周末的班末
18.	铅及其化合物	Lead and compounds	7439-92-1（Pb）	血中铅	Lead in blood	400 μg/L（2.0 μmol/L)	接触三周后的任意时间
29.	三甲基氯化锡	trimethyltinchloride (TMT)	1066-45-1	尿中三甲基氯化锡	Trimethyltinchloride in urine	500 μg/g Cr	不做严格限定
				血中三甲基氯化锡	Trimethyltin chloride in blood	200 μg/L	
19.	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	尿中三氯乙酸	Trichloroacetic acid in urine	50 mg/L（0.3 mmol/L)	工作周末的班末
20.	三硝基甲苯	Trinitrotoluene	118-96-7	血中 4-氨基-2,6-二硝基甲苯-血红蛋白加合物	Hemoglobin Adducts of 4-Amino-2,6-Dinitrotoluene in Blood	200 ng/g Hb	接触 4 个月后任意时间
21.	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	血中四氯乙烯	Tetrachloroethylene in blood	0.3 mg/L	工作周末的班前
22.	锑及其化合物	Antimony and its compounds	7440-36-0（Sb）	尿中锑	Antimony in urine	85 μg/L	工作班末
23.	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	尿中总五氯酚	Total pentachlorophenol in urine	1.5 mg/g Cr（0.64 mmol/mol Cr)	工作周末的班末
24.	1-溴丙烷	1-Bromopropane	106-94-5	尿中 1-溴丙烷	1-Bromopropane in urine	20 ug/L	工作班后

表 1 （续）

序号	接触的化学物质			生物监测指标		生物接触限值	采样时间
	中文名	英文名	CAS	中文名	英文名		
25.	一氧化碳	Carbon monoxide	630-08-0	血中碳氧血红蛋白	Carboxyhemoglobin in blood	5% HbCO	工作班末
26.	乙苯	Ethyl benzene	100-41-4	尿中苯乙醇酸加苯乙醛酸	Mandelic acid and phenylglyoxylic acid(MA and PGA)in urine	0.8 g/g Cr	工作班末
27.	有机磷酸酯类农药	Organophosphate insecticides	—	全血胆碱酯酶活性（校正值）	cholinesterase activity of whole blood (correction value)	原基础值或参考值的 70 %	开始接触后 3 个月内，任意时间
						原基础值或参考值的 50 %	持续接触 3 个月后，任意时间
28.	正己烷	n-Hexane	110-54-3	尿中 2,5-己二酮	2,5-Hexanedione in urine	4.0 mg/L（35.0 μmol/L)	工作班后
注：Cr，肌酐英文名称 Creatinine 的缩写							

附 录 A
（资料性）
生物监测指标与生物接触限值的应用

A.1 生物监测

A.1.1 生物监测分类

生物监测（biological monitoring；biomonitoring）是指通过测定生物体内化学物质原形、代谢物或效应指标，评价外源性有害物质暴露水平的技术总称。按监测对象，可分为以动植物、微生物为对象的环境生物监测（environmental biomonitoring）和以人体为对象的人体生物监测（human biological monitoring）。后者按其接触来源，进一步分为针对普通人群的人体生物监测和专门针对职业人群的职业性生物监测。

本标准所称的职业性生物监测，是在职业健康领域框架内专门用以评估劳动者在工作场所多途径接触外源性化学物质后内暴露程度及潜在健康影响的技术方法。包括生物接触监测（biological exposure monitoring）和生物效应监测（biological effect monitoring）。

A.1.2 生物接触监测

生物接触监测是对生物材料中化学物质原形或其代谢产物进行的测定，监测结果主要反映劳动者多途径接触化学物质的内暴露总量。生物效应监测是针对机体吸收化学物质后发生的早期生物学改变（如生理、生化等效应强度）进行的检测评价。早期生物学改变可能预示潜在健康损害，也可由非职业接触因素所致。因此，生物效应监测应在职业病或职业卫生医师全程参与下实施。

A.1.3 生物监测的目的

生物监测的目的应与职业病防治法律要求及职业病预防控制措施目标一致：

——评估劳动者的内暴露水平及其潜在健康影响，通过定期测量以确保劳动者接触水平的可追溯性；

——评估职业危害控制措施的有效性及职业健康管理的合规性，确定需要优先采取预防措施的工作场所或作业；

——识别新发职业健康危害及高风险作业人群；

——评估新工艺、新设备、新作业模式下的接触风险；

——评估实施健康监测的必要性，为确定劳动者健康监护项目增设与频次调整提供依据；

——建立劳动者个人生物监测基线档案。

A.1.4 生物监测的应用

A.1.4.1 生物监测可定量表征劳动者在工作场所接触化学物质后的内暴露剂量及生物学效应，在评估化学危害风险和/或控制化学危害接触方面具有重要价值和优势。

A.1.4.2 生物材料中的化学物质、其代谢产物或由此产生的生物学效应，是反映个体实际吸收化学物质程度的指标。通过将生物监测结果与相应BEL比较，可评价劳动者个体实际接触水平及群体平均接触水平，以及潜在的健康影响。

A.1.4.3 工作场所空气采样监测只能用于评估经呼吸道吸入接触化学物质的程度，尤其是GBZ 2.1标注“皮”的化学物质，即使其空气中的浓度符合PC-TWA，仍可能因皮肤接触导致过量吸收并引发全身

效应。受接触途径多样性的影响，仅依靠空气采样监测可能低估劳动者的实际接触水平。生物监测不区分接触途径，结合空气监测同步实施生物监测，可客观评估多途径接触化学物质后实际吸收的内暴露水平，有效弥补空气采样监测接触途径覆盖不足而产生的监测盲区。尤其适用于评价间断性、多次不规律的职业接触。

A.1.4.4　一些化学物质的OEL依据局部刺激效应制定，说明在该类物质的剂量－反应关系中，局部刺激效应出现在比全身效应更低的接触水平。仅遵守OEL不能有效保护该类化学物质引起的全身健康效应风险。BEL整合工作场所空气浓度、流行病学及毒物代谢动力学数据，以全身效应为基础推导制定，可反向校验多途径接触，弥补了以局部效应为终点制定的OEL的保护局限，可实现局部刺激效应与全身效应的协同控制。

A.1.4.5　生物监测通过对比防护措施实施前后劳动者体内化学物质负荷的变化，可客观评估、验证职业卫生防护措施的预期防护效果及合规性，动态监测作业状况和工作场所条件。

A.1.4.6　在缺乏空气采样监测数据时，依据化学物质的半衰期与毒代动力学特征，通过生物监测可反推、重溯劳动者既往接触化学物质的水平，弥补空气采样监测仅能捕捉瞬时、当班接触的局限，并辅助评估个体易感性。

A.1.4.7　生物监测可在不可逆器质性病变出现前识别亚临床层面的生物学异常，实现早期预警并实施干预。同时，可用于识别高风险个体或群体，为实施分级健康管理提供量化依据。

A.1.4.8　生物监测依据毒理学机制，反向推导化学物质的内负荷及作用靶点，进而识别、预判化学物质的特定生物学效应。通过测定生物材料中化学物质原形、代谢产物及早期生物学标志物，一方面可有效证实内暴露及其水平，从而区别单纯的环境接触；另一方面可早期发现亚临床健康损害，为职业健康风险评估、职业病早期预警和精准干预提供科学依据，弥补环境空气监测仅能反映外暴露水平的不足。

A.1.4.9　不同个体在代谢速率及易感性方面存在显著差异，即使接触同等空气浓度的化学物质，体内化学物质的蓄积水平也存在明显差异。生物监测聚焦个体在化学物质吸收、代谢及排泄等环节的生物学变异，有助于区分个体在化学物质代谢方面的差异和识别化学物质敏感人群和高负荷个体。在某些情况下，监测结果还有助于判定劳动者的岗位适配性/健康符合性，为实施个性化职业健康管理提供依据。

A.1.4.10　劳动者在工作场所经皮、经口接触化学物质的程度，在很大程度上取决于个人卫生行为。在工作场所环境接触条件一致的前提下，生物监测检出的超额体内负荷可反向推导劳动者的个人卫生行为，是量化评估个人卫生状况的客观手段。

A.1.4.11　事故性接触（accidental exposures）是指劳动者在物料泄漏、爆炸、设备破损、管道爆裂等突发场景下短时间高浓度接触危险化学物而引发的急性中毒、亚急性损伤，乃至远期不可逆的脏器损害的事件。空气采样监测仅能反映事故后现场瞬时浓度，存在采样滞后、现场损毁、毒物快速挥发等局限。

生物监测可客观还原劳动者实际体内吸收剂量，且化学物及其代谢物可在血、尿中存留数天至数年，适于事故后追溯。部分高剂量接触者早期虽无症状但可能出现生物指标异常，通过生物监测有助于预警隐匿损伤。应急处置阶段还可通过生物监测对可能遭受危害的人群进行风险分级，有助于合理调配急救资源。事故性生物监测的作用主要包括：

——快速判定是否存在体内吸收，确认事故接触事实；

——根据生物标志物水平对遭受危害的劳动者划分风险等级，指导应急救治；

——溯源事故多途径接触模式，优化现场洗消处置方案；

——动态监测化学物质体内代谢清除过程，确定治疗终点并预期远期损伤风险；

——为事故调查、工伤认定、职业病诊断提供医学证据；

——完善用人单位应急管理体系，编制化学性突发事故专项生物监测预案。

A.1.5　生物监测应用的局限

生物监测在应用上存在一定的局限性：

——标志物特异性不足。多种外源化学物质可能在体内代谢生成同一种生物标志物；部分监测指标还可能受到内源性物质干扰。生物监测无法排他性地确认所接触的物质即为目标化学物质；

——生物介质的变异性。特定样本的生物监测值受生物介质变异性的影响，如过量饮水、高温作业、过重体力负荷以及服用药物等均可能导致生物介质的浓缩或稀释，影响测定结果；

——生物样本中测定物浓度的波动。生物样本中测定物浓度易受多种因素影响而波动，与分析前阶段相关的因素包括：生物基质的不稳定性、采集污染、保存运输条件不当，以及身体活动、环境应激等个体与环境因素。任一环节的疏忽均可能导致监测结果偏离真实值。

——非职业接触干扰。生物监测结果反映人体对化学物质的总吸收负荷，负荷可能源于职业接触与非职业接触，非职业性接触同样可以影响生物监测结果，而生物监测无法区分这两种来源。因此，仅凭生物监测结果不足以独立评价职业接触水平，须结合工作场所职业卫生调查和空气采样监测数据进行综合判断。

A.2 生物监测指标

A.2.1 生物监测指标是反映机体内暴露水平和/或早期生物学效应的可测量参数，用以表征个体经所有途径吸收外源性化学物质的总负荷。生物监测指标可以是化学物质原形或一种或多种代谢物，或由该化学物质诱导的特征性的生物化学改变。

A.2.2 生物标志物（biomarker），测量机体与外源性化学物质相互作用的指标，主要是机体接触外源性化学物质后，体内的化学物质原形或形成的代谢产物，以及发生的生理、生化等生物学反应，通常分为接触标志物、效应标志物、易感性标志物。

——接触标志物（biomarker of exposure），反映机体实际吸收外源性化学物质及其代谢产物，或化学物质与生物靶分子相互作用产物的可测量参数，可分为内剂量和生物效应剂量两类标志物，主要用于评价机体的吸收程度，如血铅浓度、尿砷含量。

——效应标志物（biomarker of effect），反映机体接触外源性化学物质产生的可测量的早期生物学改变的指标，包括早期效应、结构和（或）功能改变效应及疾病效应生物标志物三类。由于可反映与接触水平之间的剂量－反应关系，因此主要用于评价早期生物学改变程度。如接触一氧化碳后血中碳氧血红蛋白升高，接触铅后血中锌原卟啉增加。其中，遗传毒性标志物（genotoxicity biomarker），是效应标志物中的特殊亚型，用于指示外源性化学物质或物理因素对遗传物质造成的损伤，如 DNA 加合物、微核、染色体畸变等，反映了从接触危害因素到发生基因突变过程中的中间事件。但因其特异性不足且难以建立明确的剂量－反应关系，通常不纳入常规生物监测。

——易感性标志物（biomarker of susceptibility），反映机体先天具有或后天获得的对接触外源性物质产生反应能力的生物学指标。因其通常与接触强度无关，故无法用于接触评估或控制措施有效性评估。

A.2.3 并非所有生物标志物均适用于常规生物监测。适用于生物监测的指标应当可靠、灵敏并能特异性表征化学物的接触和/或效应。适用于生物监测的指标应同时满足以下条件：

——分析特性：对拟评估的化学物具有良好的特异性；检测灵敏度符合预期接触水平的监测要求；具备可靠、经标准化验证且可操作性强的检测方法。

——生物学特性：在个体体内的波动变异性较小，且具有适当的代谢动力学特征；存在明确的剂量－反应或剂量－效应关系，或至少与外部接触水平具有相关性。

——操作可行性：采样方式为非侵入性或轻微侵入性；在受控条件下样品具有足够的稳定性。

——管理基础：已制定相应的 BEL。

A.2.4 特异性生物监测指标为外源性化学物质原型或其专属代谢产物，直接反映特定化学物质的内暴露情况，外源性混杂干扰少，其变化精准指向对应化学物质的接触，适用于个体接触评估，如血铅水平

直接反映机体对铅的吸收和负荷；非特异性监测指标虽为外源性化学物质的代谢产物，但不具备对应化学物质的专属性。且代谢产物来源广泛，存在不可忽略的本底水平，易受多重混杂因素干扰，指标升高难以归因于特定化学物质接触，更适用于群体接触分析，如果用于个体判定，应结合作业环境和其他指标进行综合判断。

A.3 生物接触限值

A.3.1 BEL是为识别和评价劳动者潜在健康危害而制定的参考指南值，反映健康劳动者生物材料中相关化学物质、代谢产物的浓度或效应水平，通常以浓度值表示。理论上，BELs更能客观反映劳动者接触化学物质的吸收剂量，可作为空气采样接触评估与健康监测的重要补充。

A.3.2 BEL主要由以下方法推导：

——基准剂量法（benchmark dose, BMD）：通过剂量-反应关系数学模型，计算能引起特定低水平反应（如健康效应增加 10%）的剂量及其 95%可信限下限（BMDL），并以此为基础推导限值。

——药物代谢动力学（pharmacokinetics, PK）模型：利用数学模型定量描述化学物质在体内的吸收、分布、代谢和排泄过程，将已知的接触剂量（如 OEL）转化为内暴露等效剂量（如血液或尿液中的浓度）。

——OEL 等效转化法：制定 BEL 的最主要方式。主要基于实际接触场景，利用毒代动力学模型或特定公式，分析已知 OEL 浓度下劳动者的生物监测结果与其 OEL 的相关性，将 OEL 等效转化为对应的 BEL。

- 当 OEL 仅基于局部刺激效应（如呼吸道刺激）制定时，不能由该 OEL 直接推导 BEL。对应的生物监测结果也不适用于评估急性和/或局部效应。
- 对于以呼吸道吸入为主要途径且 OEL 基于全身效应制定的化学物质，BEL 的保护水平与 OEL 相对应，可视为不引起不良健康效应的参考水平。

——其他方法：数据不足时，可综合流行病学、体外实验、计算机模拟等多种证据以辅助判断；或者利用现有健康指导值反向推导参考值（生物监测等效值）。

A.3.3 对于遗传毒性致癌物，因无法确定其安全的阈限水平，通常不制定BEL。对于已制定OEL的致癌物，也可基于工作场所空气浓度与体内负荷之间的相关性，推导出相应的BEL。

A.4 生物监测对象

A.4.1.1 应基于工作场所职业危害风险评估结果确定生物监测人群。凡从事接触制定有 BEL 的化学物质作业且存在高水平接触风险，以及易发生高水平接触的非常规作业岗位（如设备维保、现场清洁、检修处置等）的劳动者均应纳入监测范围。

A.4.1.2 劳务派遣用工单位应当将派遣劳动者的生物监测与本单位接触职业危害的劳动者同等管理；劳务分包单位的劳动者在发包单位工作场所作业的，分包单位应根据发包单位提供的工作场所职业危害风险评估结果安排劳动者进行生物监测。

A.5 生物监测方法选定原则

A.5.1 生物监测方法应由用人单位与提供职业健康服务的机构共同确定，以确保监测结果具有良好的可解释性，并能客观反映劳动者的接触水平。

A.5.2 选用的监测方法应具有适当的检测灵敏度、特异性及生物学关联性，并兼顾现场实施的可行性，同时建立标准化、可操作的检测流程。

A.5.3 选用的监测方法的检出限、准确度和精密度满足职业接触生物限值的测定需求，优先选用已有国家或行业标准方法支持测定的监测指标，并充分考虑采样方式的伦理合规性与劳动者的可接受性。

A.6 生物材料的选择

A.6.1 概述

可用于生物监测的生物材料包括尿液、血液、呼出气、唾液、汗液、毛发等。适宜的生物材料取决于生物标志物的类型及化学物质的特性，如存在形式（原型或代谢产物）、挥发性、亲/疏水性及稳定性等。在职业卫生领域，常规使用的生物材料主要是尿液和血液，偶尔使用呼出气。毛发样本因易受外源性污染且个体生长差异较大，通常不推荐用于常规职业健康监测。在用于评估长期或累积性职业接触时，应严格规范采样、清洗并实施全程标准化质量控制，以最大限度降低检测偏差。

A.6.2 尿液

A.6.2.1 尿液样本因其采样方便、无创，易为劳动者接受，是最常用的生物监测材料。尿中化学物质或其代谢产物浓度通常反映阶段性血浆平均水平。工作班末采集的样本可反映快速排泄物质（如溶剂）的接触情况，定时采集的样本更具代表性。

A.6.2.2 尿液样本存在稀释和浓缩效应。测定物浓度在很大程度上取决于尿液的产生速度。使用过稀或过浓的尿液样本可能得出错误的吸收和排泄结果，应通过肌酐或尿比重进行稀释校正，监测结果以摩尔肌酐质量表示。

A.6.2.3 高度稀释或高度浓缩的尿液样本通常不适用于生物监测，尿液中肌酐浓度<0.3g/L或>3.0g/L，或尿比重<1.010或>1.030的样本均应弃用并重新采集。对于经肾小管弥散排泄的测定物，不宜进行尿量校正。

A.6.3 血液

A.6.3.1 是生物监测中最常使用的介质之一，可检测更多被机体吸收的物质及其活性代谢物，适用于代谢缓慢且半衰期足够长的化学物质。与尿液不同，血液基质较为稳定，变异性较小，一般无需校正。

A.6.3.2 血液采样会给采样人员带来血源性感染风险。因此，血液采样应由具备医学知识、熟悉生物监测技术的专业人员实施。

A.6.4 呼出气

呼出气分析属非侵入性检测方法，适用于评估挥发性有机物质（如有机溶剂）的接触水平。

A.7 采样策略与时机

A.7.1 理想的生物监测项目应满足：目标化学物质的特异性、检测结果的可靠性，以及非侵入性采样的可行性。生物监测项目的实施始于制定合理的采样策略。采样策略应基于生物标志物的半衰期确定。化学物质或其代谢物的半衰期是指接触结束后其浓度降至原始值的50%所需的时间。不同生物材料中同一标志物的半衰期可能不同，同一种标志物在不同观测期间内也可能有不同的半衰期，应根据生物标志物的半衰期确定采样时间与频率。

A.7.2 由于生物材料中某些测定物的浓度可能随时间迅速变化，因此采样时间和采样频率的选择是策略中的关键环节。采样时间决定于监测指标在体内的滞留时间。

——对于半衰期极短（<4 h）且峰接触效应显著的化学物质，生物监测的有效性取决于工作班期间的实际接触情况。在以评估峰接触水平为目的时，可在开始接触 2 h 后的工作班期间任一时间点采样，仅在工作班末采样，可能遗漏峰接触信息而低估内接触风险。

——对于半衰期较短（数小时至 1 天）的化学物质，标志物浓度通常反映当日短时间接触水平。在工作班持续接触期间，如果吸收速率大于排泄速率，体内生物标志物浓度随作业时间递增，并在班末达到峰值。为客观反映工作班期间的实际接触水平，应采集班前与班末样本，通过差值

评估该工作班的接触增量。工作班末（end of shift）采样应于停止接触后尽快进行。

——对于半衰期短但有蓄积趋势的生物标志物，因每日重复接触浓度可能随工作周逐日增高，宜于工作周末最后一个班次结束后采样，以评估工作周内多次接触的累积效应；

——对于半衰期较长且具有高度蓄积性的生物标志物，当内外暴露达到稳态平衡后，由于日内浓度波动较小，可于任何时间采样，均可反映长期累积接触水平。

——在以评估上一工作班残留负荷与既往残留或确定基线水平为目的的特定情况下，也可在班前或工作班期间采样。班前（prior to shift）采样，是指在停止接触 15 h 后、采样当日接触前进行的采样；前一班前（prior to last shift）采样，则是指工作周最后一班之前的采样，主要用于评估累积效应，其功能与工作周末采样一致。

A.7.3　常规监测采样应在内外暴露达到稳态平衡时采样；不宜在接触较少或设备维护、停产检修等非常规作业期间采样，至少应在相关作业活动结束后实施。生物样品的采集时间应遵守本标准表1所规定的时间。

A.7.4　不同于常规生物监测，事故性接触生物监测采样无固定班次约束，以捕捉体内化学物峰值、追踪完整代谢清除过程并排查迟发性损伤为目标，核心原则是在事故发生后尽可能短的时间内启动采样，以捕捉瞬时高浓度或早期标志物，避免因代谢清除而错过关键检测窗口。具体采样时机应根据化学物的挥发性、生物半衰期、蓄积性及皮肤吸收特性等参数综合确定。

A.8　生物接触限值的应用

A.8.1　BEL 的应用方式主要是将实测生物监测指标浓度与相应 BEL 值进行比较，以判断劳动者的内暴露水平。在标准工作制下，当监测值等于或低于 BEL 值时，绝大多数劳动者不会受到不良健康影响。但制定 BEL 并不意味着必须开展生物监测，是否实施监测应基于职业危害评估需求和管理目标综合判断。

A.8.2　BEL 并非安全与危险的严格界限，也不是判定毒性的直接指标，不能直接判定化学物质的毒性程度，亦不能作为个体健康效应的直接判定依据，区分有害与无害接触，更不能替代临床评估或健康监护，亦不能作为机体损伤、职业病的诊断依据。

——大多数 BEL 是基于 OEL 是通过毒代动力学模型，基于群体数据将已知 OEL 等效转化为生物样本中的浓度，本质上是等效转化的统计学参考值。该等效值仅反映群体层面外接触浓度与内暴露剂量的统计学对应关系，并非依据个体不良健康效应确定的损伤阈值。

——受个体差异因素影响，在相同 BEL 水平下，不同劳动者的靶器官有效剂量和生物学反应存在明显区别——对某些个体属于“安全”水平，对易感个体可能已经构成风险。因此，BEL 只是用于评估职业接触风险的参考尺度，而非区分健康与损伤的临界值。

——从生物样本浓度到可观测的健康损害之间，隔着复杂的毒代动力学与毒效动力学过程，生物监测结果主要用于解释群体接触水平的统计分布与变化趋势。

- 化学物质进入体内须经历分布、代谢、蓄积与排泄等过程后方可抵达靶器官，而生物监测测得的生物材料中的浓度，反映的是机体内暴露剂量或早期效应指标，不能直接等同于靶器官处实际发挥毒性作用的有效剂量。
- 化学物质到达靶器官能否产生可观测的毒性效应受毒效动力学调控——只有当损伤持续超出机体代偿与修复能力时，才会出现细胞功能异常、组织病变乃至临床疾病。生物监测仅能表征体内化学物负荷，无法直接判定化学物质造成的损伤类型及程度。

——健康损害通常是多因素联合作用的结果，除职业接触外，个体易感性、基础健康状况、生活方式以及非职业性接触等因素共同影响最终健康结局。由于多因素致病的复杂性，在同一接触水平下，不同个体的健康结局可能明显不同，单一生物标志物难以分离多因素协同作用，也不能区分内暴露负荷究竟源于职业接触还是生活环境。

A.8.3 许多因素可能影响生物监测结果，包括：

——生物监测结果与空气采样监测结果不一定呈现良好相关性，原因包括个体差异、非职业性接触、皮肤吸收途径、防护设备使用情况等多种因素的干扰。生物监测反映的是经所有途径接触后的总内暴露负荷，而空气监测仅估算经呼吸道吸入的外部接触水平。除经呼吸道吸入外，其他接触途径（通常为皮肤接触）是空气采样监测与生物监测结果不完全一致的主要原因。两者在反映接触水平上各有局限，不宜相互替代或直接等同。

——混合接触是影响生物监测结果准确性的关键干扰因素之一。混合接触多种化学物时可能影响机体对化学物质的处理方式，在毒代动力学层面，可能通过竞争同一代谢酶导致清除率改变，或诱导/抑制酶活性影响转化速率改变待测物的体内浓度，或者通过毒性效应的协同或拮抗作用，干扰对监测数值所对应健康风险的判定。

——非职业接触因素，如环境空气污染、饮水饮食、吸烟及饮酒等个人行为因素，以及药物摄入以及工作场所以外的化学物质接触，可通过提高个体的内暴露基线水平，导致生物监测结果系统性偏高。为有效区别该类干扰，可采集班前样本作为本底对照，与班末（或周末）样本进行对比分析。如果两者差异显著且具有统计学意义，则表明监测结果主要受职业接触因素主导；反之，则提示可能来源于非职业背景负荷。

A.9 生物监测结果解读

A.9.1 生物监测结果应由有生物监测经验的职业卫生与职业医学专业人员解读，职业卫生专业人员根据接触水平和采取预防措施的必要性进行解读，职业病医师重点解读健康问题，发现可能存在健康问题的，应由职业病医师做出医学解读并提出建议。

A.9.2 解读内容包括测量结果与相应BEL值的比较、与同行业和/或同类工作场所参考数据的比较、与相似接触劳动者群体数据的比较、与同一劳动者和相似接触劳动者既往监测结果的比较。

A.9.3 应用生物监测结果评估实际接触水平时，应综合分析职业危害因素接触水平、防护状况及个体健康状况。毒代动力学与毒效动力学知识有助于更有效地应用 BEL，尤其在接触时间差异较大时，应综合毒物动力学和毒效学资料。在具体解读生物监测结果时应综合考虑以下因素：

——接触条件：工作强度与持续时间、其他接触途径与吸收效率、工作场所温湿度、与其他化学物质的联合接触，跨岗位交叉接触，以及空气中化学物质粒径分布与生物利用度、个体防护装备防护效果；

——监测指标特征：指标的特异性、毒物代谢动力学特征、个体内及个体间的变异性等；

——样本全流程质量：从现场采样、运输以及分析全过程的质量控制，如采样时机选择偏差、采样容器污染或吸附，样本在采集、保存和运输过程中的污染或变质，以及所使用的分析方法的系统偏差；

——个体相关参数：生物监测结果不仅取决于外部接触水平，亦受其个体生理构成及健康状况的干扰，如年龄、性别、代谢能力、吸烟与饮酒、用药情况、生理周期等生理特征，以及基础疾病状况；

——群体与历史参照：相同或相似接触条件下同类劳动者的群体监测结果及该劳动者既往监测结果。

A.9.4 对于血铅、尿汞、尿镉等特异性指标超出BEL的，原则上应立即脱离接触，同时溯源并排查同岗位其他劳动者。达到职业中毒诊断下限的，应启动职业病诊断流程，并针对毒物进行驱排治疗；非特异性指标（如尿中δ，原则上、ALA-S、血红蛋白等）超出BEL的，应排除其他疾病，再结合特异性指标综合评估，1周～2周后复查。

A.9.5 对于经由OEL等效转化推导BEL的化学物质，生物监测结果超出BEL值仅提示控制措施不足以将内暴露控制在预期水平，不应直接认定为存在健康危害，更非医学诊断依据。

A.9.6 对于基于局部刺激效应（如呼吸道黏膜刺激）制定OEL的化学物质，不宜直接将OEL用于BEL的等效转化。仅依靠OEL不能全面评估经所有途径（吸入、皮肤、消化道）吸收后的系统性内暴露水平，应依据独立的全身毒性资料另行设定适宜的BEL。

A.9.7 需要注意的是，由于样品中测定物浓度易受多种因素影响而波动，不应依赖单一样本的测定结果作出接触或风险的结论，而应基于多次采样测定或重复样本分析。此外，单个生物监测值不应超过急性毒性作用的阈值。如有充分理由，可依据一次高浓度测定结果使劳动者脱离接触；反之，监测结果低于BEL并不一定表示无健康危险。

A.9.8 当同一劳动者多次采样测定结果持续超过BEL，或同一工作场所绝大多数劳动者的生物监测值超出BEL时，应及时开展职业卫生调查评估，排除非职业接触、个体生理变异及分析误差等混杂因素，确认劳动者是否存在明确的过量接触，并采取针对性措施以减少接触。

A.9.9 应将生物监测结果及时告知劳动者本人，告知内容包括所有监测结果信息及应当采取的相应措施。

A.9.10 对于非常规工作班制，不建议对 BEL 做任何调整或使用校正因子。

A.10 质量保证

A.10.1 生物监测的每一个环节均应纳入有效的质量保证计划。分析方法的准确度、精密度、灵敏度与特异性均可能影响测定结果与BEL的一致性。介质类型、采样时间、容器与防腐剂、样品稳定剂、存储温度及运输时间等因素均可能影响样本质量。

A.10.2 应使用合适的容器，在适当的时间采集适宜的样本，避免污染或损失。如实记录生物材料提供者的身份识别、接触时间、接触来源及采样时间等信息。

A.10.3 生物监测实验室应遵循常规质量控制规则，采用的分析方法应是经过验证、具有内部质量控制和外部质量保证计划支持的分析方法；分析方法应具备足够的准确度、灵敏度和特异性；分析过程应纳入适当的质量控制样品，确保结果与BEL的可比性。

A.11 生物监测的基本医学伦理原则

A.11.1 生物样本采集、分析及结果报告全流程涉及医学伦理要求，所有参与监测的人员应熟悉医学伦理相关规定与核心准则。

——编制生物监测实施方案及结果报告程序时，应听取职业健康服务提供机构的专业建议。

——选择监测方法时，应以检测的有效性和保护劳动者健康为依据，充分考虑方法的灵敏度、特异性与应用价值，不得使用可靠性不足或应用价值无足够预期的方法。

——优先选用尿液、呼出气等无创、微创采样方式。只有在非侵入性采样无法获得同等可靠检测信息时才考虑血液采样。确需实施侵入性检测的，应在检测前评估该方法的健康收益与潜在风险，并取得劳动者的书面知情同意。

A.11.2 采样前，应以劳动者易于理解的语言，清晰告知监测目的、采样流程、潜在风险、数据使用范围、信息保密规则及拒绝或退出的权利，确保劳动者充分知情和自愿参与。

A.11.3 劳动者有权获得个人监测结果及专业指导。监测结果的解读应由职业卫生专业人员或职业医学医师提供。对于连续两次检测结果超出BEL的，应出具后续医学干预建议。

A.11.4 劳动者个体生物监测结果属于个人敏感健康数据，应遵循医学资料的保密性和安全性原则，未经劳动者书面授权，不得擅自使用和泄露。生物监测结果仅可用于以保护劳动者健康为目的的相关活动，不得以就业限制为目的实施歧视性用工管理。

A.12 生物监测在职业病预防中的应用

A.12.1 生物监测覆盖职业病的第一级与第二级预防；建议考虑生物监测在三级预防中的辅助治疗和评估康复重要作用，如考虑一并完善子条款内容。

——识别高接触人群。通过测定劳动者生物材料中的化学物或其代谢物浓度，客观识别内暴露水平最高的个体或群体，确定需优先采取防控措施的目标人群。

——判断接触可接受性。将监测结果与 BEL 比对，劳动者个体多次或群体超标提示预防措施存在缺陷，持续低于 BEL 则表明措施基本有效。

——验证预防措施有效性。通过对比预防措施实施前后的监测数据，可量化评估预防措施的实际效果。

——动态追踪体内毒物负荷变化，为治疗决策提供客观依据。

——客观反映脱离接触后体内负荷的下降趋势，为康复进程提供量化指标。对于半衰期长的毒物，还可评估体内贮存量，判断是否达到安全水平，从而支持劳动者安全重返工作岗位的评估

A.12.2 预防性生物监测的启动与实施：

——启动条件。符合以下情形之一时，应启动生物监测：

- 防护措施完善但生物监测结果持续高于 BEL，提示可能存在隐蔽接触途径；
- 劳动者持续反馈与化学物接触相关的不适症状，需通过生物指标评估体内蓄积水平；
- 劳动者主动要求对其接触的职业病危害因素导致的健康状况进行医学评估；
- 有可靠依据表明生物标志物浓度与健康损害存在关联。

——生物监测计划有效运行的标志是：针对监测结果制定对应措施；有效落实相应措施；持续评估措施的实施效果；

——综合分析与改进建议。在将生物监测结果用于接触评估时，应结合工作场所风险评估及空气采样监测数据，识别高风险人群、判断接触可接受性及措施有效性，提出降低接触水平的改进建议；

——超标后处置。如果监测结果证实劳动者接触水平超过生物接触限值，应全面评估接触化学物质作业的流程与处置方式，审查现行防控措施与操作规程的合理性与有效性，判断是否需要增设或调整控制措施，并根据整改情况决定是否开展跟踪监测；对于存在接触致癌、致突变或生殖毒性化学物质的作业，跟踪监测应作为常规要求，以确认整改效果并早期发现潜在健康损害；

——所有生物监测结果应统一存档。

A.13 标准使用要求

本标准应在职业健康专业技术人员指导下使用。

附 录 B
（规范性）
术语和定义

GBZ/T 224 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

B.1 职业性生物监测 occupational biological monitoring，OBM

通过系统采集从事接触外源性化学物质作业的劳动者的生物材料（如血液、尿液）并测定样本中化学物质原形、代谢产物浓度或早期生物学效应，用以评估劳动者多途径接触后的内暴露程度及潜在健康影响的技术方法，简称生物监测（biological monitoring；biomonitoring）。

[来源：GBZ/T 224—2010，定义 6.1.2，有修改；参考全国科学技术名词审定委员会《职业医学名词（定义版）》；OECD（2020）：Occupational Biomonitoring Guidance Document，Series on Testing and Assessment No. 370。]

B.2 职业性生物监测指标 occupational biological monitoring indicator

职业性接触外源性化学物质后，机体内存在并可用于生物监测的化学物质原形、代谢产物或由该化学物质所致的特征性早期生物学效应指标，是经标准化验证、反映机体内暴露水平或早期生物学效应的可测量参数，简称生物监测指标（biological monitoring indicator）。

[来源：GBZ/T224-2010，定义 6.5.3，有修改]

B.3 生物标志物 biological marker；biomarker

反映机体内暴露水平或早期生物学效应的可测量参数，用以表征个体经多途径吸收外源性化学物质的总负荷，包括生物材料中的化学物质原形或在体内形成的代谢物，以及可测定的生理、生化、免疫、细胞或分子的变化，分为接触标志物、效应标志物和易感性标志物。

[来源：全国科学技术名词审定委员会海洋科技名词，有修改]

B.4 人体生物材料 human biological material

为实施生物监测而采集的、可用于表征化学物质内暴露剂量或早期生物学效应的各类机体介质总称，包括血液、尿液、呼出气、唾液、毛发、汗液、脂肪组织及人体活检组织等，是测定化学物质原形、代谢产物及效应生物标志物的标准化检测载体，简称生物材料（biological material）。

B.5 职业接触生物限值 occupational biological exposure limit, OBEL

针对劳动者生物材料中的化学物质或其代谢产物或引起的生物效应等推荐的最高容许量值，也是评估生物监测结果的指导值，简称生物接触限值（biological exposure limit, BEL）。当生物监测结果在其推荐值范围之内时，绝大多数的劳动者不会发生不良健康效应。

[来源：GBZ/T 224—2010，定义 5.9；参考全国科学技术名词审定委员会《职业医学名词（定义版）》有修改]

B.6 职业健康服务机构 occupational health services

具有预防职能，为用人单位及劳动者提供职业危害因素检测评价、职业健康检查及职业病诊断等职业健康相关技术服务与咨询机构，助力用人单位建立并维持安全健康的工作环境，促进劳动者身心健康，使工作与劳动者的身心能力相适应。

[来源：GBZ/T 224—2010，职业卫生服务与职业健康促进 10.1；GBZ 331-2024，职业卫生技术服务工作规范 3.1.2；参考全国科学技术名词审定委员会职业医学名词（报批稿）及 ILO 第 161 号公约，有修改]

附 录 C
（规范性）
规范性引用文件

下列文件最新版本适用于本标准。

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 157 职业病诊断名词术语

GBZ/T 224 职业卫生名词术语

GBZ/T 295 职业人群生物监测方法 总则

附 录 D

（资料性）

与生物监测方法相关的具体化学物质的国家职业卫生标准

GBZ/T 254 尿中苯巯基尿酸的高效液相色谱测定方法
GBZ/T 286 血中1,2-二氯乙烷的气相色谱-质谱测定方法
GBZ/T 302 尿中锑的测定 原子荧光光谱法
GBZ/T 303 尿中铅的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 304 尿中铝的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 305 尿中锰的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 306 尿中铬的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 307.1 尿中镉的测定第1部分：石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 307.2 尿中镉的测定第2部分：电感耦合等离子体质谱法
GBZ/T 308 尿中多种金属同时测定电感耦合等离子体质谱法
GBZ/T 309 尿中丙酮的测定 顶空-气相色谱法
GBZ/T 310 尿中1-溴丙烷的测定 顶空-气相色谱法
GBZ/T 311 尿中甲苯二胺的测定 气相色谱法
GBZ/T 312 尿中N-甲基乙酰胺的测定气相色谱法
GBZ/T 313.1 尿中三甲基氯化锡的测定第1部分：气相色谱法
GBZ/T 313.2 尿中三甲基氯化锡的测定第2部分：气相色谱-质谱法
GBZ/T 314 血中镍的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 315 血中铬的测定 石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 316.1 血中铅的测定第1部分：石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 316.2 血中铅的测定第2部分：电感耦合等离子体质谱法
GBZ/T 316.3 血中铅的测定 第3部分：原子荧光光谱法
GBZ/T 317.1 血中镉的测定第1部分：石墨炉原子吸收光谱法
GBZ/T 317.2 血中镉的测定第2部分：电感耦合等离子体质谱法
GBZ/T 318.1 血中三甲基氯化锡的测定第1部分：气相色谱法
GBZ/T 318.2 血中三甲基氯化锡的测定第2部分：气相色谱-质谱法
GBZ/T 326 尿中二氯甲烷测定标准 气相色谱法
GBZ/T 330 尿中1，2-双羟基-4-（N-乙酰半胱氨酸）一丁烷测定标准 液相色谱-串联质谱法
GBZ/T 332 尿中硫氰酸根测定标准 离子色谱法
GBZ/T 333 尿中铍测定标准 电感耦合等离子体质谱法
GBZ/T 334 尿中亚硫基二乙酸测定标准离子色谱法
GBZ/T 335 尿中三氯乙酸测定标准顶空气相色谱法
GBZ/T 338 尿中汞测定标准 冷原子吸收光谱法

附 录 E

（资料性）

职业接触生物限值的主要起草单位及主要起草人

已发布职业接触生物限值标准的主要起草单位及主要起草人见表E.1。

表 E.1 已发布职业接触生物限值标准的主要起草单位及主要起草人

序号	原标准名称	生物监测指标	主要起草单位	主要起草人
1.	WS/T 110—1999 职业接触甲苯的生物限值	尿中马尿酸、终末呼出气甲苯	北京医科大学劳动卫生教研室、杭州市职业病防治院。	沈惠麒、胡宣扬。
2.	WS/T 111—1999 职业接触三氯乙烯的生物限值	尿中三氯乙酸	北京市劳动卫生职业病防治研究所	王顺珍、赵素娟、陈震阳。
3.	WS/T 112—1999 职业接触铅及其化合物的生物限值	血中铅	中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所。	吴宜群、汤晓勇、李春玲、唐瑾。
4.	WS/T 113—1999 职业接触镉及其化合物的生物限值	尿中镉、血中镉	中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所、株洲冶炼厂职工医院。	黄金祥、赵阳、任振斌。
5.	WS/T 114—1999 职业接触一氧化碳生物限值	血中碳氧血红蛋白	中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所。	黄明芳、高青。
6.	WS/T 115—1999 职业接触有机磷酸酯类农药的生物限值	全血胆碱酯酶活性（校正值）	上海医科大学劳动卫生教研室	薛寿征、周志俊。
7.	WS/T 239—2004 职业接触二硫化碳的生物限值	尿中 2 -硫代噻唑烷-4-羧酸	浙江大学医学院公共卫生系劳动卫生与环境卫生研究所。	简乐、陈苘。
8.	WS/T 240—2004 职业接触氟及其无机化合物的生物限值	尿中氟	复旦大学劳动卫生教研室	贾晓东、金泰廙。
9.	WS/T 241—2004 职业接触苯乙烯的生物限值	尿中苯乙醇酸加苯乙醛酸	北京大学公共卫生学院、福州晋安区卫生防疫站、齐鲁石油化工公司职业病防治所。	沈惠麒、沈波、聂兴田。
10.	WS/T 242—2004 职业接触三硝基甲苯的生物限值	血中 4-氨基-2,6-二硝基甲苯-血红蛋白加合物	中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、辽宁辽阳 153 医院。	郑玉新、刘玉瑛、王雅文、王强、庞朝强。
11.	WS/T 243—2004 职业接触正己烷的生物限值	尿中 2,5-己二酮	深圳市疾病预防控制中心	庄志雄、黄先青、何家禧。
12.	WS/T 264—2006 职业接触五氯酚的生物限值	尿中总五氯酚	天津市卫生防病中心	王延让、杨雪莹、李建国、张健、李浩、张昊、赵淑岚。
13.	WS/T 265—2006 职业接触汞的生物限值	尿中总汞	中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、上海市职业病医院。	朱秋鸿、黄金祥、孙道远、闵珍、张福钢。

表 E.1（续）

序号	原标准名称	生物监测指标	主要起草单位	主要起草人
14.	WS/T 266—2006 职业接触可溶性铬盐的生物限值	尿中总铬	北京大学公共卫生学院、山东省济南市疾病预防控制中心。	贾光、张济、刘岚铮、沈惠麒。
15.	WS/T 267—2006 职业接触酚的生物限值	尿中总酚	上海市化工职业病防治院、宝钢集团上海梅山有限公司卫生防疫站。	王洁、李思惠、金惜雯、朱毅贞、舒佩玲。
16.	职业接触草甘膦生物限值及测定方法	尿中草甘膦	江苏省疾病预防控制中心、南京医科大学、中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、山东省职业卫生与职业病防治研究院、扬州市疾病预防控制中心、镇江市疾病预防控制中心、南京市职业病防治院、昆山市疾病预防控制中心。	朱宝立、张锋、刘炘、许建宁、张志虎、朱道建、窦建瑞、姜方平、葛琴娟、谢石、潘丽萍、沈欢喜。
17.	职业接触二甲基甲酰胺的生物限值及血中 N-甲基氨甲酰加合物的气相色谱-质谱测定方法	血中 N-甲基氨甲酰血红蛋白加合物（NMHb）	浙江省医学科学院、浙江医院、苏州市疾病预防控制中心、杭州市西湖区疾病预防控制中心。	钱亚玲、徐承敏、路艳艳、柴剑荣、张幸、陈伟国、唐红芳、阮征、刘强、刘丹华、王晗、朱海豹、潘吉、吴昊、孙川、李涛、张海娟、沈利明。
18.	职业接触锑及其化合物的生物限值及尿中锑的原子荧光光谱法测定方法	尿中锑	武汉市职业病防治院、武汉华中科技大学同济医学院公共卫生学院和广西壮族自治区职业病防治院。	宋为丽、黄忠科、张裕曾 李小萍 易桂林 郑丹 徐晓丽 王敏、江金凤、陈志亮、付小蕾。
19.	职业接触溴丙烷的生物限值及测定方法	尿中 1-溴丙烷	无锡市第八人民医院（无锡市职业病防治医院）、天津市疾病预防控制中心、江苏省疾病预防控制中心、复旦大学公共卫生学院、北京大学公共卫生学院、江苏省宜兴市瑞济医院。	缪荣明、朱宝立、杨德一、张明、高峰、周志俊、王生、周长美、丁帮梅、吴为民、尤德宏、孙先锋。
20.	职业接触 1，3-丁二烯的生物限值	尿中 1,2-双羟基-4-（N-乙酰半胱胺酸）一丁烷（DHBMA）	山东省疾病预防控制中心、复旦大学公共卫生学院、山东省职业卫生与职业病防治研究院、中国石化股份有限公司齐鲁分公司环境和职业卫生监测站。	程学美、周景洋、孔凡玲、赵敬、侯宏卫、夏昭林、张霞、聂兴田、李仁波、陈欢、杨绪廷、潘祥凯。
21.	职业接触丙酮的生物限值	尿中丙酮	武汉科技大学医学院、湖北中医药大学、十堰市职业病防治院。	宋世震、梅勇、叶方立、周婷、吴磊、孙丹陵、姚群峰、许兵、孙荣斌、卢星星。
22.	职业接触二氯甲烷的生物限值	尿中二氯甲烷	天津市疾病预防控制中心、江苏省无锡市第八人民医院、广东省深圳市龙岗区疾病预防控制中心、天津市职业病防治院。	曾强、张明、杨德一、缪荣明、刘渠、赵淑岚、刘保峰、刘静、于碧鲲、崔鹏、张万超、宋文利。

表 E.1（续）

序号	原标准名称	生物监测指标	主要起草单位	主要起草人
23.	职业接触二甲苯的生物接触限值	尿中甲基马尿酸	武汉市职业病防治院、武汉科技大学医学院、湖北省疾病预防控制中心。	宋为丽、梅勇、王敏、江金凤、陈振龙、张玲、黄忠科、毛革诗、邵生文。
24.	职业接触乙苯的生物接触限值	尿中苯乙醇酸加苯乙醛酸	天津市疾病预防控制中心、天津市医药科学研究所、天津市职业病防治院。	张明、杨德一、王倩、赵淑岚、刘保峰、李建国、刘静、宋文利。
25.	甲苯二异氰酸酯的生物接触限值及检测方法	尿中甲苯二胺（2，4-TDA）	天津市疾病预防控制中心、江苏省无锡市职业病防治院、深圳市职业病防治院、深圳市宝安区疾病预防控制中心。	杨德一、王延让、刘保峰、缪荣明、赵欣、张明、谢玉璇、朱志良、赵淑岚、张万超、任婕、刘静。
26.	尿中 N-甲基乙酰胺生物限值及气相色谱测定方法	尿中 N-甲基乙酰胺	浙江省医学科学院、上海市疾病预防控制中心、杭州市萧山区疾病预防控制中心、江苏省如东市疾病预防控制中心 。	钱亚玲、唐红芳、张幸、贾晓东、寿卫国、路艳艳、吴昊、徐承敏、柴剑荣、周连芳、蒋兆强、汪国权、陈淑林、冒明健。
27.	职业接触四氯乙烯的生物限值	血中四氯乙烯	上海市疾病预防控制中心、上海市宝山区疾病预防控制中心、上海市普陀区疾病预防控制中心、上海市化工职业病防治院。	贾晓东、刘美霞、杨凤、胡训军、李传奇、汪国权、沈朝烨、蒋志宏、刘武忠、秦景香、沈福荣、吴玉霞、谢禾。
28.	职业接触苯尿中苯巯基尿酸生物限值	尿中苯巯基尿酸	武汉科技大学医学院、湖北省疾病预防控制中心、荆门市疾病预防控制中心。	宋世震、梅 勇、陈醒觉、姚永祥、叶玉杰、胡霞敏、叶方立、郑中华。
29.	职业接触三甲基氯化锡生物限值	尿中三甲基氯化锡、血中三甲基氯化锡	广东省职业病防治院、杭州医学院、佛山市职业病防治院、清远市职业病防治院	吴邦华、戎伟丰、董明、陈嘉斌、

参 考 文 献

[1] OECD Environment, Health and Safety, Environment Directorate . Occupational Biomonitoring Guidance Document, Series on Testing and Assessment No. 370. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/11/occupational-biomonitoring-guidance-document_53c29118/11bc2c7a-en.pdf

[2] ACGIH. 2024 TLVs® and BEIs® Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices.

[3] Ausschuss für Gefahrstoffe- AGS-Geschäftsführung。Biologische Grenzwerte (BGW) TRGS 903 - Seite 4 von 18 (Fassung 19.12.2025). https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-903

[4] Health and Safety Executive. Biological monitoring in the workplace: Biological monitoring in the workplace. https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg167.pdf