

重金属污染诊疗指南（试行）

第一部分 铅、镉、砷、铬、汞污染潜在高风险人群健康体检

一、铅污染潜在高风险人群健康体检项目

（一）筛查：血铅。儿童血铅 $\geq 100 \mu\text{g}/\text{L}$ 、成人血铅 $\geq 1.9 \mu\text{mol}/\text{L}$ （ $400 \mu\text{g}/\text{L}$ ）者进行复查。

（二）复查：筛查血铅超标者（儿童血铅 $\geq 100 \mu\text{g}/\text{L}$ ；成人血铅 $\geq 1.9 \mu\text{mol}/\text{L}$ （ $400 \mu\text{g}/\text{L}$ ））复查静脉血铅。

（三）专项体检：复查静脉血铅仍超标者进行专项体检，其内容为：

1. 症状询问：重点询问神经系统、消化系统和贫血症状，如头痛、头晕、乏力、失眠、烦躁、多梦、记忆力减退、四肢麻木、腹痛、食欲减退、便秘等。

2. 体格检查：

（1）儿科/内科常规检查；

（2）神经系统常规检查。

3. 实验室和其他检查：

（1）儿童：静脉血铅；

（2）成人及经静脉血铅复查证实为中度以上儿童铅中毒者：血常规、尿常规、肝功能、静脉血铅或成人尿铅；

(3) 成人：尿 δ -ALA（尿 δ -氨基- γ -酮戊酸）、血 ZPP（红细胞锌原卟啉）、EP（血红细胞游离原卟啉）。

二、镉污染潜在高风险人群健康体检项目

(一) 筛查：尿镉。尿镉 $\geq 5\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($5\mu\text{g/g}$ 肌酐) 者进行复查。

(二) 复查：筛查尿镉超标者（尿镉 $\geq 5\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($5\mu\text{g/g}$ 肌酐)）复查尿镉。

(三) 专项体检：复查尿镉仍超标者进行专项体检，其内容为：

1. 症状询问：重点询问有关肾脏疾病和骨质疏松症的病史及相关症状。

2. 体格检查：内科常规检查。

3. 实验室和其他检查：血常规、尿常规、尿镉、尿 β_2 -微球蛋白/尿视黄醇结合蛋白、肝功能、肾功能、X 线检查（骨盆、尺桡骨、胫腓骨）。

三、砷污染潜在高风险人群健康体检项目

(一) 筛查：尿砷。超过当地正常参考值者进行复查。

(二) 复查：筛查尿砷超标者（超过当地正常参考值）复查发砷或尿砷。

(三) 专项体检：复查发砷或尿砷仍超标者进行专项体检，其内容为：

1. 症状询问：重点询问乏力，头痛、头晕、失眠、四肢

远端麻木、疼痛，双下肢沉重感、消化不良、肝区不适等症状。

2. 体格检查：

(1) 内科常规检查：重点检查消化系统，如肝脏大小、硬度、肝区叩痛等；

(2) 神经系统检查：重点是周围神经系统，如感觉、肌力；

(3) 皮肤科检查：重点检查皮炎、皮肤过度角化、皮肤色素沉着，即重点检查躯干部及四肢有无弥漫的黑色或棕褐色的色素沉着和色素脱失斑，指、趾甲 Mees 纹，手、足掌皮肤过度角化及脱屑等。

3. 实验室和其他检查：血常规、尿常规、肝功能、心肌酶谱、心电图、肝脾 B 超、发砷或尿砷、神经-肌电图。

四、铬污染潜在高风险人群健康体检项目

1. 症状询问：重点询问呼吸系统、鼻咽部、皮肤疾病史症状。

2. 体格检查：

(1) 内科常规检查；

(2) 鼻咽部常规检查；

(3) 皮肤科常规检查。

3. 实验室和其他检查：血常规、尿常规、肝功能、胸部 X 射线摄片、心电图。

五、汞污染潜在高风险人群健康体检项目

(一) 筛查：尿汞。尿汞 $>2.25\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($4\mu\text{g/g}$ 肌酐) 者进行复查。

(二) 复查：筛查尿汞超标者 (尿汞 $>2.25\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($4\mu\text{g/g}$ 肌酐)) 复查尿汞。

(三) 专项体检：复查尿汞仍超标者进行专项体检，其内容为：

1. 症状询问：重点询问神经精神症状，如头痛、头晕、乏力、失眠、烦躁、多梦、记忆力减退、易激动、多汗等及肾脏病史等。

2. 体格检查：

(1) 内科常规检查；

(2) 口腔科常规检查：重点检查口腔粘膜、牙龈；

(3) 神经系统常规检查 (注意眼睑、舌、手指震颤的检查)。

3. 实验室和其他检查：血常规、尿常规、心电图、肝功能、尿 β_2 -微球蛋白/尿视黄醇结合蛋白、尿汞。

六、其他

(一) 开展健康体检工作的医疗卫生机构应当具备卫生行政部门批准的医疗卫生机构执业许可证，从事健康体检的医务人员应当具备相应的执业资格。

(二) 开展健康体检机构应当严格按照铅、镉、砷、铬、

汞污染潜在高风险人群的健康体检要求进行体检工作。

(三) 对在健康体检中发现存在健康损害的人员, 应当及时告知, 并按照有关规定及时安排相关诊断与治疗工作。

(四) 开展健康体检机构应当客观真实地报告健康检查结果, 并对其所出示的检查结果和总结报告负责。

重金属污染潜在高风险人群健康体检项目一览表

污 染 物	筛 查	复 查	专项体检 (复查后仍异常者)		
			症 状 询 问	体 格 检 查	实 验 室 检 查
铅	血铅	静脉血铅: 筛查血铅增高者 (儿童血铅 $\geq 100 \mu\text{g/L}$; 成人血铅 $\geq 1.9 \mu\text{mol/L}$ ($400 \mu\text{g/L}$)) 予以复查。	重点询问神经系统和贫血症状, 如头痛、头晕、乏力、失眠、烦躁、多梦、记忆力减退、四肢麻木、腹痛、食欲减退、便秘等。	1. 儿科/内科常规检查; 2. 神经系统常规检查。	1. 儿童: 静脉血铅; 2. 成人及经静脉血铅复查证实为中度以上儿童铅中毒者: 血常规、尿常规、肝功能、血铅或尿铅; 3. 成人: 尿 δ -ALA (尿 δ -氨基- γ -酮戊酸)、血 ZPP (红细胞锌原卟啉)、EP (血红细胞游离原卟啉)。
镉	尿镉	尿镉: 筛查尿镉增高者 (尿镉 $\geq 5 \mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($5 \mu\text{g/g}$ 肌酐)) 予以复查。	重点询问有关肾脏疾病和骨质疏松症的病史及相关症状。	内科常规检查。	血常规、尿常规、尿镉、尿 β_2 -微球蛋白/尿视黄醇结合蛋白、肝功能、肾功能、X 线检查 (骨盆、尺桡骨、胫腓骨)。

砷	尿砷	发砷或尿砷：筛查尿砷增高者（超过当地正常参考值）予以复查。	重点询问乏力，头痛、头晕、失眠、四肢远端麻木、疼痛，双下肢沉重感、消化不良、肝区不适等症状。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内科常规检查：重点检查消化系统，如肝脏大小、硬度、肝区叩痛等； 2. 神经系统检查：重点是周围神经系统，如感觉、肌力； 3. 皮肤科检查：重点检查皮炎、皮肤过度角化、皮肤色素沉着，即重点检查躯干部及四肢有无弥漫的黑色或棕褐色的色素沉着和色素脱失斑，指、趾甲Mees纹，手、足掌皮肤过度角化及脱屑等。 	血常规、尿常规、肝功能、心肌酶谱、心电图、肝脾B超、发砷或尿砷、神经-肌电图。
铬			重点询问呼吸系统、鼻咽部、皮肤疾病史症状。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内科常规检查； 2. 鼻咽部常规检查； 3. 皮肤科常规检查。 	血常规、尿常规、肝功能、胸部X射线摄片、心电图。
汞	尿汞	尿汞：筛查尿汞增高者（尿汞 > 2.25 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 肌酐（4 $\mu\text{g}/\text{g}$ 肌酐）予以复查。	重点询问神经精神症状，如头痛、头晕、乏力、失眠、烦躁、多梦、记忆力减退、易激动、多汗等及肾脏病史等。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内科常规检查； 2. 口腔科常规检查：重点检查口腔粘膜、牙龈； 3. 神经系统常规检查（注意眼睑、舌、手指震颤的检查）。 	血常规、尿常规、心电图、肝功能、尿 β_2 -微球蛋白/尿视黄醇结合蛋白、尿汞。

第二部分 铅、镉、砷、铬、汞污染人群中中毒诊断

重金属污染可能产生的人体健康损害，涉及到神经系统、呼吸系统、消化系统、血液系统、肾脏、心血管及皮肤等组织器官，涉及到多临床学科。

出具重金属污染中毒诊断的医疗卫生机构和相关专业技术人员，应当具备以下基本要求：

一、机构类型

（一）承担国家级和省级中毒救治基地职能的医疗机构。

（二）具备职业性铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断资质的医疗卫生机构。

（三）卫生行政部门确定的承担铅、镉、砷、铬、汞污染人群中中毒诊断的医疗卫生机构。

二、机构条件

（一）具有独立法人资格。

（二）持有《医疗机构执业许可证》，或卫生行政部门核发的卫生机构执业许可证。

（三）具备开展铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断的质量管理体系，且有效运行。

（四）具备毒物检测实验室，经省级以上卫生行政部门指定机构组织的实验室室间质量评价合格，或者具有地市级

以上标准计量部门颁发的计量认证或审查认可合格证书；所需仪器设备的种类、数量和性能等能满足检测工作需要并定期进行计量检定，有检定状态标识，运行良好；毒物检测实验室经国家或省级卫生行政部门组织的重金属检测质量控制考核，成绩合格；毒物检测技术负责人具备中等以上专业技术职称。

（五）铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断医师必须取得执业医师资格。

（六）铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断医师应当具有中级以上卫生专业技术职称任职资格，重金属中毒诊断技术负责人应当具备高级专业技术职务任职资格，从事相关诊断工作5年以上。

（七）具备开展铅、镉、砷、铬、汞污染潜在高风险人群健康体检的技术服务能力。

第三部分 铅、镉、砷、铬、汞中毒的诊断标准

重金属污染中毒诊断是一项技术要求很高、政策性很强的工作，诊断过程中，应当认真开展流行病学调查工作，认真筛查受污染区域的人群，结合环境监测指标，全面分析患者的症状、体征、辅助检查等实验室指标，并排除其他病因所致类似疾病后作出铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断。

铅、镉、砷、铬、汞中毒诊断参考标准，详见下表。

污染物	职业卫生标准	卫生行业标准	部门标准
铅	GBZ 37—2002 职业性慢性铅中毒诊断标准		卫生部《儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则（试行）》
		WS/T 112—1999 职业接触铅及其化合物的生物限值	
镉	GBZ17—2002 职业性镉中毒诊断标准		
		WS/T 113—1999 职业接触镉及其化合物的生物限值	
砷	GBZ 83—2002 职业性慢性砷中毒诊断标准	WS/T 211—2001 地方性砷中毒诊断标准	
		WS 277-2007 地方性砷中毒病区和划分标准	
铬	GBZ 12—2002 职业性铬鼻病诊断标准		
汞	GBZ 89—2007 职业性汞中毒诊断标准		

一、铅中毒诊断标准

（一）成人慢性铅中毒诊断标准。

有明确铅污染区域内生活接触史，出现以神经、消化、造血系统为主的临床表现，复查和专项体检血铅 $\geq 2.9 \mu\text{mol/L}$ （ $600 \mu\text{g/L}$ ）或尿铅 $\geq 0.58 \mu\text{mol/L}$ （ $120 \mu\text{g/L}$ ）者，可

诊断为慢性铅中毒。

1. 轻度中毒。

血铅 $\geq 2.9 \mu\text{mol/L}$ ($600 \mu\text{g/L}$) 或尿铅 $\geq 0.58 \mu\text{mol/L}$ ($120 \mu\text{g/L}$)，且具有下列一项表现者：

(1) 尿 δ -氨基- γ -酮戊酸 $\geq 61.0 \mu\text{mol/L}$ ($8000 \mu\text{g/L}$)者；

(2) 血红细胞游离原卟啉 (EP) $\geq 3.56 \mu\text{mol/L}$ ($2000 \mu\text{g/L}$)；

(3) 红细胞锌原卟啉 (ZPP) $\geq 2.91 \mu\text{mol/L}$ ($13.0 \mu\text{g/g Hb}$)；

(4) 有腹部隐痛、腹胀、便秘等症状。

如诊断性驱铅试验，尿铅 $\geq 3.86 \mu\text{mol/L}$ ($800 \mu\text{g/L}$) 或 $4.82 \mu\text{mol/24h}$ ($1000 \mu\text{g/24h}$)者，也可诊断为轻度铅中毒。

2. 中度中毒。

在轻度中毒的基础上，具有下列一项表现者：

(1) 腹绞痛；

(2) 贫血；

(3) 轻度中毒性周围神经病。

3. 重度中毒。

具有下列表现之一者：

(1) 铅麻痹；

(2) 中毒性脑病。

(二) 儿童铅中毒诊断标准。

有明确铅污染区域内生活接触史，连续两次静脉血血铅 $\geq 200\mu\text{g/L}$ 者，可诊断为儿童铅中毒，并依据血铅水平分为轻、中、重度铅中毒。

轻度铅中毒：血铅水平为 $200\text{--}249\mu\text{g/L}$ ；

中度铅中毒：血铅水平为 $250\text{--}449\mu\text{g/L}$ ；

重度铅中毒：血铅水平等于或高于 $450\mu\text{g/L}$ 。

儿童铅中毒可伴有某些非特异的临床症状，如腹隐痛、便秘、贫血、多动、易冲动等；血铅等于或高于 $700\mu\text{g/L}$ 时，可伴有昏迷、惊厥等铅中毒脑病表现。

二、镉中毒诊断标准

(一) 慢性轻度中毒。

有明确镉污染区域内生活接触史，复查和专项体检尿镉 $\geq 5\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($5\mu\text{g/g}$ 肌酐)，并有头晕、乏力、嗅觉障碍、腰背及肢体痛等症状，实验室检查发现有以下任何一项改变时，可诊断为慢性镉中毒：

1. 尿 β_2 -微球蛋白含量在 $9.6\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($1000\mu\text{g/g}$ 肌酐) 以上。

2. 尿视黄醇结合蛋白含量在 $5.1\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($1000\mu\text{g/g}$ 肌酐) 以上。

(二) 慢性重度中毒。

除慢性轻度中毒的表现外，出现慢性肾功能不全，可伴有骨质疏松症、骨质软化症。

三、砷中毒诊断标准

(一) 亚急性砷中毒诊断标准。

1. 有明确砷污染区域内生活接触史。
2. 复查和专项体检发砷或尿砷超过当地正常参考值。
3. 出现以消化系统、周围神经系统损害为主的临床表现。
4. 排除其他原因引起的消化系统、周围神经系统疾病。

(二) 慢性砷中毒诊断标准。

1. 慢性轻度中毒。

有明确砷污染区域内生活接触史，具有头痛、头晕、失眠、多梦、乏力、消化不良、消瘦、肝区不适等症状，复查和专项体检发砷或尿砷超过当地正常参考值，并具有下列情况之一者：

- (1) 皮肤角化过度，尤在掌跖部位出现疣状过度角化；
- (2) 非暴露部位如躯干部及四肢出现弥漫的黑色或棕褐色的色素沉着和色素脱失斑；
- (3) 轻度肝脏损伤；
- (4) 轻度周围神经病。

2. 慢性重度中毒。

在慢性轻度中毒的基础上，具有下列表现之一者：

- (1) 肝硬化；
- (2) 周围神经病伴肢体运动障碍或肢体瘫痪；
- (3) 皮肤癌。

四、铬中毒诊断标准

目前国内尚无环境污染引起铬中毒的相关资料，铬中毒诊断标准待定。

五、汞中毒诊断标准

由于环境污染引起的汞中毒事件罕见。如发生环境污染引起的汞中毒事件，则可参考以下慢性汞中毒的诊断标准：

(一) 慢性轻度中毒。

有明确的汞污染区域内生活接触史，复查和专项体检尿汞 $>2.25\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($4\mu\text{g/g}$ 肌酐)，具有下列任何三项者，可诊断慢性汞中毒：

1. 神经衰弱综合征。
2. 口腔-牙龈炎。
3. 手指震颤，可伴有舌、眼睑震颤。
4. 近端肾小管功能障碍，如尿低分子蛋白含量增高。
5. 尿汞增高 ($\geq 20\mu\text{mol/mol}$ 肌酐 ($35\mu\text{g/g}$ 肌酐))。

(二) 慢性中度中毒。

在轻度中毒基础上，具有下列一项者：

1. 性格情绪改变。
2. 上肢粗大震颤。
3. 明显肾脏损害。

(三) 慢性重度中毒。

慢性中毒性脑病。

第四部分 铅、镉、砷、铬、汞中毒处置原则

一、铅中毒处置原则

(一) 儿童铅中毒处置原则。

轻度铅中毒：脱离铅污染源、进行卫生指导，营养干预。

中度和重度铅中毒：脱离铅污染源，卫生指导，营养干预，驱铅治疗。

1. 脱离铅污染源。

排查和脱离铅污染源是处理儿童铅中毒的根本办法。儿童脱离铅污染源后血铅水平可显著下降。血铅水平在 $200\mu\text{g/L}$ 以上时，往往可以寻找到比较明确的铅污染来源，应当积极帮助寻找特定的铅污染源，并尽快脱离。

2. 进行卫生指导。

通过开展儿童铅中毒防治知识的健康教育与卫生指导，使广大群众知晓铅对健康的危害，避免和减少儿童接触铅污染源。同时，教育儿童养成良好的卫生习惯，纠正不良行为。

3. 实施营养干预。

铅中毒可以影响机体对铁、锌、钙等元素的吸收，当这些元素缺乏时机体又对铅毒性作用的易感性增强。因此，对铅中毒的儿童应当及时进行营养干预，补充蛋白质、维生素和微量元素，纠正营养不良和铁、钙、锌的缺乏。

4. 进行驱铅治疗。

驱铅治疗是通过驱铅药物与体内铅结合并排泄，以达到阻止铅对机体产生毒性作用。

驱铅治疗只用于血铅水平在中度及以上铅中毒。驱铅治疗应当注意：

（1）使用口服驱铅药物前应当确保脱离污染源，否则会导致消化道内铅的吸收增加；

（2）缺铁患儿应当先补充铁剂后再行驱铅治疗，因为缺铁会影响驱铅治疗的效果。

驱铅治疗的具体方法及注意事项请按照《卫生部关于印发〈儿童高铅血症和铅中毒预防指南〉及〈儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则（试行）〉的通知》（卫妇社发〔2006〕51号）执行。

（二）成人铅中毒处置原则。

1. 驱铅治疗，可用依地酸二钠钙、二巯丁二酸钠等注射，或二巯丁二酸口服驱铅治疗。

2. 对症支持治疗，注意检测血中铁、锌、钙等微量元素

并及时补充。

3. 健康教育，改变不良生活习惯及饮食习惯，合理膳食。

二、镉中毒处置原则

(一) 对症支持治疗。

(二) 健康教育，改变不良生活习惯及饮食习惯，合理膳食。

(三) 由于依地酸钙钠驱镉效果不显著，在慢性中毒时尚可引起镉在体内重新分布后，使肾镉蓄积量增加、肾脏病变加重，因而目前多不主张用依地酸钙钠等驱排药物。

三、砷中毒处置原则

(一) 驱砷治疗，可口服二巯丁二酸或用二巯丙磺钠或二巯丁二酸钠驱砷治疗。

(二) 补硒、维生素 C 等对症支持治疗。

(三) 健康教育，改变不良生活习惯及饮食习惯，合理膳食。

四、铬中毒处置原则

如出现与铬危害相关疾病，按照相关临床处理原则进行处理。

五、汞中毒处置原则

(一) 驱汞治疗，可用二巯丙磺钠进行驱汞治疗。

(二) 对症支持治疗。

(三) 健康教育，改变不良生活习惯及饮食习惯，合理

膳食。

第五部分 铅、镉、砷、铬、汞检测方法

一、复查检测方法

(一) WS/T 174-1999 血中铅、镉的石墨炉原子吸收光谱测定方法（详见中华人民共和国卫生行业标准）。

(二) WS/T 18-1996 尿中铅的石墨炉原子吸收光谱测定方法（详见中华人民共和国卫生行业标准）。

(三) WS/T 32-1996 尿中镉的石墨炉原子吸收光谱测定法（详见中华人民共和国卫生行业标准）。

(四) WS/T 37-1996 尿中铬的石墨炉原子吸收光谱测定法（详见中华人民共和国卫生行业标准）。

(五) WS/T 38-1996 血中铬的石墨炉原子吸收光谱测定法（详见中华人民共和国卫生行业标准）。

(六) 尿砷原子荧光光谱测定法（见附件1）。

(七) 血汞原子荧光光谱测定法（见附件2）。

(八) 尿汞原子荧光光谱测定法（见附件3）。

二、铅、镉、砷、铬、汞实验室检测保证规范

(一) 适用范围。

本规范主要适用于接触重金属及类金属铅、镉、砷、铬和汞污染的潜在高风险人群健康筛查、复查和诊断过程中血、尿样品检测的质量保证措施。

(二) 规范性文件。

GBZ/T173-2006 职业卫生生物监测质量保证规范。

血铅临床检验技术规范（卫医发〔2006〕10号）。

《医疗机构临床实验室管理办法》（卫医发〔2006〕73号）。

GB/T22576-2008/ISO15189:2007 医学实验室质量和能力的专用要求。

(三) 实验室基本要求。

1. 从事重金属及类金属铅、镉、砷、铬和汞检测的实验室应当依法通过实验室资质认证，并依据质量控制手册、程序性文件和作业指导书对实验室检测全过程进行质量控制。

2. 从事血、尿样品采集和实验室检测的人员应当经过技术培训，并掌握相应的标准、规范和检测技术。

3. 实验室应当具有独立的样品预处理实验间和仪器设备间，并具有良好的通风排毒设施，避免对检测人员造成危害。

4. 检测用仪器应当满足检测方法的要求。

(四) 血、尿样品的采集。

1. 血尿样品采集的用品和容器应当随机抽取进行空白检验，每种采样器材每个批号抽样量不得小于总量的5%-10%，经检测其本底值应低于方法检出限。

2. 采血人员应当戴无粉乳胶或聚乙烯手套。

3. 样品采集应当在洁净的环境中进行。

4. 血液样品的采集应当采用肝素锂抗凝剂，同时采集 2

份血液样品，样品采集量不少于 2ml；尿液样品采集应同时采集 2 份样品，不少于 50ml。

5. 尿液采集后应当及时进行肌酐测定或比重测定；肌酐浓度 $<0.3\text{g/L}$ 或 $>3\text{g/L}$ 的尿样，比重 <1.010 或 >1.030 的尿样均应弃去，并重新采集。

6. 在每批样品采集时，应当至少带 2 套空白对照用品和容器。

(五) 生物样品保存运输：血液和尿液样品应当密闭、低温储存和运输。

(六) 样品测定质量控制。

1. 测定用标准应当溯源至国家标准。

2. 测定过程中应当采用二级标准物质或质量控制样品进行质量控制。

3. 在测定样品溶液前，应当首先进行二级标准物质或质量控制样品测定，且结果在允许的参考值范围内。

4. 无标准物质或质量控制样品时，可采用加标回收率和平行样检测进行质量控制。

5. 建议实验室建立质量控制图对实验室进行质量控制。

6. 异常样品应当进行备用样品的复检，当检测结果变异小于 10%时，方可出具检测结果报告。

7. 实验室可采用一级标准物质对样品检测结果进行修正。

(七) 记录控制。

实验室应当保存完整的实验检测、质量控制等原始记录。

(八) 室间质量控制。

进行血、尿样品检测的实验室应当参加国内外相应的实验室能力验证、实验室比对、测量审核或盲样考核。

(九) 检测结果报告。

样品检测结果报告应当含实验室名称、样品采集日期、样品检测日期、检测依据、检测仪器设备名称、仪器编号、样品编号、检测结果和报告签发人等信息。

尿砷原子荧光光谱测定法

一、范围

本标准规定了尿砷的原子荧光光谱测定方法。

本标准适用于职业接触砷及其化合物的劳动者尿砷的浓度测定。

二、规范性文件

下列文件中的条款，通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

WS/T 97-1996 尿中肌酐分光光度测定方法。

《卫生部关于印发〈医疗机构临床实验室管理办法〉的通知》（卫医发〔2006〕73号）。

三、原理

尿样经微波消解后，在酸性条件下，加入硫脲使五价砷预还原为三价砷，再加入硼氢化钠或硼氢化钾使还原生成砷化氢，由氩气载入石英原子化器中分解为原子态砷，在砷空心阴极灯的发射光激发下产生原子荧光，其荧光强度在固定

条件下与被测液中的砷浓度成正比，与标准系列比较定量。

四、仪器

- 4.1 具盖聚乙烯塑料瓶，500mL。
- 4.2 具盖聚乙烯塑料离心管，15mL。
- 4.3 电热板。
- 4.4 微波消解器，带样品消解罐。
- 4.5 原子荧光光度计，砷空心阴极灯。

仪器操作参考条件见下表。

波长, nm	193.7	灯电流, mA	70
原子化器温度, °C	200	延迟时间, S	0.5
光电倍增管负高压, V	300	读数时间, S	13
原子化器高度, mm	8	进样体积, mL	1
载气 (Ar) 流量, mL/min	300	进样方式	断续流动
屏蔽气 (Ar) 流量, mL/min	900	读数方法	峰面积
输阴极电流, mA	35		

五、试剂

实验用水为重蒸水或去离子水。

- 5.1 硝酸，优级纯。
- 5.2 过氧化氢，优级纯。
- 5.3 氢氧化钠溶液，5g/L。
- 5.4 硼氢化钾溶液，30g/L。
- 5.5 硫脲-抗坏血酸混合液，50g/L：称取 5g 硫脲加约

80mL 纯水,加热溶解,待冷却后加入 5g 抗坏血酸,稀释至 100mL,存储在棕色瓶中,可保存 1 个月。

5.6 盐酸溶液,体积分数是 5%。

5.7 砷标准应用溶液:溶解 0.1320g 三氧化二砷(预先在 105℃烘干 2h)于 0.5mL 氢氧化钠溶液(200g/L)中,用水稀释至 100mL。此溶液为 1.0mg/mL 砷标准储备液。临用前,用水稀释成 1.0 μg/mL 砷标准应用溶液。或用国家认可的砷标准溶液配制。

六、采样、运输和贮存

用具盖聚乙烯塑料瓶收集班后尿,混匀后,尽快按 WS/T 97 测定肌酐。取 10mL 尿,加入具盖聚氯乙烯塑料管,样品需冷藏贮存和运输。样品于 4℃可保存 14d。

七、分析步骤

7.1 样品处理:将尿样从冰箱中取出,放置恢复到室温后,充分摇匀。取 5.0mL 尿样于样品消解罐中,加入 3mL 硝酸,微波消化 5min,冷却卸压后取出样品罐将消化液分次转移到 25mL 比色管中,同时加入 1.25mL 盐酸和 5.0mL 抗坏血酸-硫脲混合液,并定容至 25mL,室温反应 30min 后供测定。

7.2 样品空白:取 5.0mL 水按样品同样处理,作为样品空白。

7.3 标准曲线的绘制:取砷标准应用溶液 0.00mL、0.05mL、0.10mL、0.20mL、0.40mL、0.80mL 分别置于 6 个

25mL 容量瓶中，各加入浓盐酸 1.25mL，硫脲-抗坏血酸混合液 5.00mL，以水定容至 25mL。室温反应 30min 后供测定。参照仪器操作条件，将原子荧光光度计调节至最佳测定状态，分别测定样品和样品空白，以测得的荧光强度值与相应的尿砷浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）绘制标准曲线。

7.4 样品测定：用测定标准管的操作条件测定样品和样品空白，由标准曲线得尿砷浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）。

八、计算

按式（1）计算尿中砷的浓度：

$$C = \frac{kc_1}{c_2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：C-尿中砷浓度， $\mu\text{g/g}$ 肌酐；

c_1 -从标准曲线上查得的尿样中砷浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

c_2 -尿肌酐浓度， g/L ；

k-尿样稀释倍数。

九、说明

9.1 本法的最低检出浓度为 $0.32 \mu\text{g/L}$ （取尿样 5mL）；标准曲线的线性范围为 $0 \mu\text{g/L}$ - $160 \mu\text{g/L}$ ；精密度范围为 0.87%-1.75%；加标回收率为 95%-105%（加标浓度 $10.0 \mu\text{g/L}$ - $80.0 \mu\text{g/L}$ ）。

9.2 硼氢化钾的浓度对测定结果有较大的影响，本法采用为 30g/L 。硼氢化钾水溶液的稳定性较差，必须加入一定量的 NaOH 或 KOH 以提高其稳定性。

9.3 5 倍砷浓度以下的铈离子、20 倍砷浓度以下的铅离子、25 倍砷浓度以下的锡离子对测定无干扰；钾和钠离子对测定无干扰。

9.4 通常室温条件下，硫脲 30min 可将五价砷还原为三价砷，故样品消化定容后 30min 即可进行测定。

附件 2

血汞原子荧光光谱测定法

一、范围

本标准规定了血中汞的原子荧光光谱测定方法。

本标准适用于职业接触汞的劳动者血中汞的测定。

二、规范性文件

下列文件中的条款，通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

WS/T 68 生物材料分析方法的研制准则。

三、原理

血样经微波消解后，在酸性条件下，血样中汞被硼氢化钠或硼氢化钾还原成原子态汞，由氩气载入石英原子化器中，在汞空心阴极灯的照射下，基态汞原子被激发至高能态，在返回基态时，发射出原子荧光，其荧光强度在固定条件下与被测液中的汞浓度成正比，与标准系列比较定量。

四、仪器

4.1 具塞比色管，10 mL 和 25mL。

4.2 微波消解器，带样品消解罐。

4.3 原子荧光光度计，汞空心阴极灯。

仪器操作参考条件见下表。

波长, nm	253.7	延迟时间, S	2
原子化器温度, °C	200	读数时间, S	15
光电倍增管负高压, V	300	进样体积, mL	0.5
原子化器高度, mm	12	进样方式	断续流动
载气 (Ar) 流量, mL/min	400	测量方式	标准曲线法
屏蔽气 (Ar) 流量, mL/min	1000	读数方法	峰面积
灯电流, mA	15		

五、试剂

实验用水为去离子水或重蒸馏水。

5.1 硝酸，优级纯。

5.2 盐酸，优级纯。

5.3 硼氢化钾溶液 (20g/L)：称取 2.5g 氢氧化钠溶于 500mL 水后再放入 10g 硼氢化钾溶解。

5.4 重铬酸钾溶液 (500mg/L)：称取 5g 重铬酸钾溶于 50mL 水，然后取出 0.5mL，加入 2.5mL 硝酸，再加水定容至 100mL。存储在棕色瓶中保存。

5.5 盐酸溶液 (10% V/V)。

5.6 汞标准应用溶液：取汞标准溶液 (1000 μ g/mL) 0.1mL 于 10mL 容量瓶中用重铬酸钾溶液定容，配成 10 μ g/mL 的汞

标准溶液，再取 0.1mL 的上述所配溶液于 10mL 容量瓶中用盐酸溶液(10% V/V)定容。配成 100 μ g/L 的汞标准应用液。或用国家标准溶液配制。

六、采样、运输和贮存

用具塞取血管收集静脉血，取 5mL 血(加肝素抗凝)，于 4 $^{\circ}$ C 冰箱中可保存 14 天。

七、分析步骤

7.1 样品处理

取 1.0mL 血液样品于消解罐中，加入 2mL 硝酸(5.1)，放入微波消解炉中二档消化 3min，卸压后取出样品消解罐放置至室温后打开，用盐酸溶液冲洗并转移到 10mL 比色管中，并定容，溶液供测定。

取硝酸 2mL 于样品消化罐中，同样品预处理相同，作为样品空白。

7.2 标准曲线的绘制

用标准应用液按照下表配制标准溶液系列。

管号	0	1	2	3	4	5
汞标准应用液, mL	0.0	0.1	0.3	0.5	1.0	2.0
盐酸溶液(10% V/V), mL	加至 10.0					
汞的浓度, μ g/L	0.0	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0

参照仪器操作条件，将原子荧光光度计调节至最佳测定状态，分别测定标准系列。以测得的荧光强度值与相应的汞

浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）绘制标准曲线。

7.3 样品测定

用测定标准管的操作条件测定样品和样品空白。由标准曲线得样品汞浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）。

八、计算

按式（1）计算血中汞的浓度

$$C = \frac{cV_2}{V_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：C-血中汞的浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

c-由标准曲线查得的汞浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

V_1 -血液体积，mL；

V_2 -样品定容后体积，mL。

九、说明

9.1 本法的最低检测浓度为 $0.42 \mu\text{g/L}$ ；标准曲线的线性范围为 $0 \mu\text{g/L}$ - $20 \mu\text{g/L}$ ，在此范围内相关系数 >0.9990 ；血样测定精密度： $\text{RSD}=1.5\%$ - 6.5% （ $n=6$ ）；加标回收率为 102% - 116% （加标浓度 $50.0 \mu\text{g/L}$ - $300.0 \mu\text{g/L}$ ）。

9.2 职业接触者汞的血样采集应当安排在班末，离开工作场所，并搞好个人卫生后采集血样，以避免污染。 4°C 下可以保存2周。

9.3 共存物的干扰。铅、砷、钠、钙、镁对汞测定均无干扰。

9.4 本方法的研制依据WS/T 68。

尿汞原子荧光光谱测定法

一、范围

本标准规定了尿中汞的原子荧光光谱测定方法。

本标准适用于职业接触汞及其化合物的劳动者尿中汞的测定。

二、规范性文件

下列文件中的条款，通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

WS/T 97 尿中肌酐分光光度测定方法。

三、原理

尿样品经微波消解后，在酸性条件下，尿样品中汞被硼氢化钠或硼氢化钾还原成原子态汞，由氩气载入石英原子化器中，在汞空心阴极灯的照射下，基态汞原子被激发至高能态，在返回基态时，发射出原子荧光，其荧光强度在固定条件下与被测液中的汞浓度成正比，与标准系列比较定量。

四、仪器

4.1 具盖聚乙烯塑料瓶，500mL。

4.2 具盖聚乙烯塑料离心管，15mL。

4.3 微波消解器，消解罐。

4.4 原子荧光光度计，汞空心阴极灯。

仪器操作参考条件见下表。

波长, nm	253.7	延迟时间, S	2
原子化器温度, °C	200	读数时间, S	15
光电倍增管负高压, V	300	灯电流, mA	15
原子化器高度, mm	12	进样体积, mL	0.5
载气 (Ar) 流量, mL/min	400	进样方式	断续流动
屏蔽气 (Ar) 流量, mL/min	1000	读数方法	峰面积

五、试剂

实验用水为去离子水或重蒸水。

5.1 硝酸，优级纯。

5.2 盐酸，优级纯。

5.3 过氧化氢，优级纯。

5.4 盐酸溶液，体积分数为 10%。

5.5 硼氢化钾 (20 g/L) 溶液：称取 2.5 g 氢氧化钠溶于 500mL 水后再放入 10g 硼氢化钾用玻璃棒混匀溶解。

5.6 重铬酸钾溶液，500mg/L：称取 5g 重铬酸钾溶于

50mL 水，然后取出 0.5mL，加入 2.5mL 硝酸，再加水定容至 100mL。存储在棕色瓶中，可保存 3 个月。

5.7 汞标准应用溶液：用国家认可的汞标准溶液配制。取汞标准溶液（1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）0.1mL 于 10mL 比色管中用重铬酸钾溶液定容，配成 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的汞标准溶液。临用前，用 10% 盐酸溶液配成 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的汞标准应用液。

六、采样、运输和贮存

用具盖聚乙烯塑料瓶收集班后尿，混匀后，尽快按 WS/T 97 测定肌酐。样品在室温下尽快运输和测定；样品置于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中可保存 14d。

七、分析步骤

7.1 样品处理：将尿样从冰箱中取出，放置恢复到室温后，充分摇匀。取 1.0mL 尿样于样品消解罐中，加入 2mL 硝酸，放入微波消解炉中二档消化 3min，冷却后分次转移到 10mL 比色管中，并定容至 10mL，供测定。

7.2 样品空白：并取硝酸 2mL 于样品消解罐中，其余操作同样品，作为样品空白。

7.3 标准曲线的绘制：用汞标准应用液，采用逐级稀释的方法按表 2 配置标准系列。参照仪器操作条件，将原子荧光光度计调节至最佳测定状态，分别测定标准系列，用测定的荧光强度值与相应的汞浓度（ $\mu\text{g}/\text{L}$ ）绘制标准曲线。

用标准应用液按照下表配制标准溶液系列。

管号	0	1	2	3	4	5
汞标准应用溶液体积, mL	0.0	0.1	0.3	0.5	1	2
盐酸溶液 (10%), mL	定容体积 10.0					
汞的浓度, $\mu\text{g} / \text{L}$	0.0	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0

7.4 样品测定：用测定标准的操作条件，测定样品和样品空白的荧光强度后，由标准曲线得尿汞浓度 ($\mu\text{g}/\text{L}$)。

八、计算

按式 (1) 计算尿中汞的浓度：

$$C = \frac{c_1 k}{c_2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：C-尿中汞浓度， $\mu\text{g} / \text{g}$ 肌酐；

c_1 -从标准曲线上查得的尿样中汞浓度(减去样品空白)， $\mu\text{g} / \text{L}$ ；

c_2 -尿的肌酐浓度， g/L ；

k-样品稀释倍数。

九、说明

9.1 方法的最低检出浓度为 $0.042 \mu\text{g}/\text{L}$ ；标准曲线的线性范围为 $0 \mu\text{g}/\text{L}-20 \mu\text{g}/\text{L}$ ；方法精密度：RSD=5%-10% (n=6)；加标回收率为 96%-114%。

9.2 铅、砷、钠、钙、镁等离子均对测定无干扰。

9.3 测定过程中应注意汞浓度过高易引起仪器污染，仪器应清洗后再进行检测。