

# 地下水重金属含量监测实验及健康风险评估

董广成<sup>1</sup> 李艳华<sup>2</sup>

1.云南锡业泰朗科技咨询服务有限公司 云南 个旧 661000

2.昆明绿朗环保科技有限公司 云南 昆明 650225

**【摘要】**：为了探究浅层地下水重金属污染水平和人体健康危害程度，以某村镇供水区域为研究对象，取地下水水样20组，检测水体中砷、铬、铅、镉、锰五种重金属含量。用电感耦合等离子体质谱法进行样品测定，结合健康风险评估模型，区分成人和儿童人群，分析重金属致癌和非致癌健康风险。研究表明研究区地下水重金属存在一定含量，主要超标元素为锰，工业集聚区、农田地区污染比较严重。健康风险评估结果表明儿童的暴露风险比成人高得多，锰造成的非致癌风险最大，局部区域的砷有潜在的致癌隐患。人为活动是造成地下水重金属污染的主要原因，工业废水排放、农业施肥用药加大了水体的污染负荷。根据区域污染现状提出水源监测、污染源管控、水体修复、人群防护等改善措施。研究可以给该区域地下水水质治理和饮水安全保障提供技术上的借鉴。

**【关键词】**：地下水；重金属；水质监测；污染特征；健康风险评估

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.048

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

本次调查选取北方某平原村镇集中供水区为调查对象，该区域地势平坦，地下水埋深适中，周围有小型加工厂、农田和居民区。区域内地下水主要为浅层潜水，水体更新速度慢，自净能力差，容易受到外界污染。当地居民日常饮用水和农业灌溉用水都是地下水，长期饮用地下水造成居民重金属暴露风险高，有典型的监测研究价值。

### 1.2 样品采集与保存

水样采集完成后，需立即用微孔滤膜过滤处理，针对重金属检测项目，按规范加入硝酸进行固定，以维持目标组分的稳定性。密封后的样品需置于4℃冷藏环境中保存，运输过程中全程避光、避免阳光直射，同时采用泡沫塑料或波纹纸板进行防震防护，防止容器破损或样品污染。所有样品需在48小时内送达实验室，运输过程安排专人押运，确保样品不受损坏或交叉污染。样品送达实验室后，由样品管理员开展符合性核查，重点确认样品包装、标识、冷藏条件、保存剂添加情况是否完好合规，核对采样记录与样品信息一致性。核查无误后完成样品登记并双方签字确认，样品贮存间需保持清洁通风、具备冷藏、防水、防盗及门禁措施，流转过程中严格保护样品唯一性标识，不得随意更改，确保分析原始记录与样品编号一一对应。

### 1.3 实验仪器与试剂

本次实验主要检测砷、铬、铅、镉、锰这五种常见的重金属，所用仪器有电感耦合等离子体质谱仪、恒温干燥箱、超纯水制备仪、高速离心机。实验所用试剂均为优级纯，配置标准溶液建立检测校准曲线，实验器皿提前用硝酸浸泡处理，用超

纯水反复冲洗烘干，消除器皿残留杂质对实验结果的干扰。实验过程中设置空白对照试验，减少系统误差。

### 1.4 实验检测方法

严格按照水质检测有关国家标准，用电感耦合等离子体质谱法测定水样中重金属含量。调试仪器工作参数，改善射频功率、雾化器流速等参数，保证仪器检测的稳定。依次测定标准溶液、空白样品和待测水样，记录检测数据，计算出各个重金属元素的实际含量。完成检测后做平行试验，控制相对误差在合理范围内，保证实验数据的真实性。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 重金属含量检测结果

经过实验检测可知，研究区地下水中五种重金属都有检出，不同元素的含量差别较大。各重金属含量统计结果如表所示。

表1 重金属含量统计结果

重金属元素	含量区间	平均含量	检出率	超标率	水质标准限值
锰	0.021~0.356	0.168	100.00	25.00	0.100
砷	0.003~0.092	0.041	100.00	10.00	0.050
铬	0.002~0.045	0.019	95.00	0.00	0.050
铅	0.001~0.018	0.007	90.00	0.00	0.050
镉	0.000~0.005	0.002	85.00	0.00	0.010

由表可知锰元素的平均含量最高，但是波动大，在农田周边一些采样点位存在超标情况。砷、铬检出率高，大部分点位含量在正常范围内，少量工业周边点位有轻度超标。铅、镉的总体含量低，全部采样点位都达到饮用水水质标准。从空间分布上来说，工业集聚区重金属综合含量最高，农田区域锰元素

富集明显,偏远的清洁区域重金属含量普遍较低,污染程度小。

## 2.2 重金属分布特征分析

根据采样点位的环境分析可知,本区地下水重金属污染是由人为活动引起的。工业生产中含重金属的废水下渗到周围地下水里,使地下水中的砷、铬含量升高。农业生产中长期施用化肥、农药造成土壤中锰元素不断富集,通过雨水渗入到地下水中形成区域性锰污染。居民生活污水无序排放、生活垃圾填埋渗漏,使局部重金属含量增加。自然环境中,该区域土壤母质中含少量重金属,水文径流慢使重金属不能扩散,从而加重了局部污染的程度。

## 3 健康风险评价

### 3.1 非致癌健康风险评价

根据计算结果可知,人群对于重金属的非致癌风险存在很大差异,儿童的整体风险大于成人。整理出各种重金属的平均风险计算结果,风险统计如下表所示。

表2 风险统计

元素	成人危害商	儿童危害商	成人致癌风险	儿童致癌风险
锰	0.724	1.152	—	—
砷	0.415	0.683	$7.24 \times 10^{-5}$	$9.58 \times 10^{-5}$
铬	0.186	0.305	$2.15 \times 10^{-6}$	$3.42 \times 10^{-6}$
铅	0.095	0.162	—	—
镉	0.042	0.074	—	—

各种重金属的非致癌风险大小顺序为锰、砷、铬、铅、镉。锰元素的危害商值偏高,农田周边点位的危害指数大于1,有明显的非致癌风险,长期饮用会对人体的神经系统和造血系统造成影响。其余重金属危害指数均小于1,是非致癌性危险品。从空间分布上来说,工业集聚区和农田覆盖区是非致癌危险源,偏远地区是非致癌危险源。

### 3.2 致癌健康风险评价

选择砷、铬进行致癌风险计算,结果表明两类元素的致癌风险都存在工业区高、清洁区低的情况。成人的致癌风险数值比儿童低得多,在研究区内个别点位砷的致癌风险稍大于安全限值,但是长期饮用还是有一定致癌危险的。铬元素致癌风险全部在安全范围内,风险可以控制。从总体上看,致癌风险主要是由于砷元素造成的,污染的重点区域应作为水质控制的重点区域。

### 3.3 风险综合分析

结合两种风险评价结果可知,研究区地下水重金属健康风

#### 参考文献:

- [1] 施红梅.原子吸收光谱法在地下水重金属监测中的应用[J].生态与资源,2024,(09):114-116.
- [2] 许平.某铜箔企业土壤和地下水中重金属监测分析[J].安徽化工,2024,50(02):140-144.
- [3] 胡宁.江苏某工业园区区域地下水高锰环境的调查与评价[J].中国新技术新产品,2023,(08).

险总体上是可控的,但是局部地区存在比较严重的污染隐患。锰元素引起的非致癌风险属于主要的风险类型,砷元素存在潜在的致癌风险。儿童生理机能尚未发育完全,饮水量和体重比值较高,重金属耐受力差,健康敏感度比成人高很多。人为污染是造成风险差异的主要原因,自然水文条件只起辅助富集的作用。

## 4 污染防控建议

### 4.1 强化水源监测管控

建立地下水监测系统,改善采样点位分布,增加工业区、农田周边监测点,缩短监测周期。完善重金属检测程序,提高检测精度,及时掌握重金属含量的动态变化,建立水质监测档案,给污染治理提供数据支持。对超标点位及时发布水质预警,防止饮水安全事故发生。

### 4.2 严控污染源排放

在规范范围内所有的中小型工业企业都必须按照规范的要求,将废水处理达标后才能排放,对污染严重的企业予以关停并转。改良农业种植方式,推行绿色环保肥料,削减化学农药的使用量,削减农业面源污染。健全生活垃圾及污水集中处理设施,防止垃圾随意丢弃、污水直接排入,阻断重金属污染输入。

### 4.3 开展水体治理修复

对锰、砷超标区段实施吸附固化、生物降解等技术的地下水修复治理,减小水体重金属含量。为高风险区域居民配备净水设备,改善供水方式,保证居民饮水安全。定期对供水水井进行清洗、维修,改善地下水的流通条件,提高水体的自净能力。

## 5 结论

本次实验共完成研究区20组地下水样品的检测,得到五种重金属含量分布特征。区域地下水主要超标重金属为锰,局部点位砷有轻度超标现象,铅、镉、铬含量符合饮用水标准。重金属的空间分布情况大体上存在着明显的差异,工业和农业活动比较集中的地方污染状况更加严重。健康风险评价显示儿童受到重金属的危害程度比成人要高得多,锰是非致癌风险的主要贡献元素,砷存在潜在的致癌风险。后续要根据区域污染特点,从监测管控、污染源治理、水体修复、人群防护等各方面入手,健全地下水保护体系,不断改善水质状况,保证区域居民饮水安全。