

附件2

巴中市哲学社会科学规划项目

结项申请书

立 项 编 号 BZ25ZD021

项 目 类 别 重点课题

项 目 名 称 巴中市农村饮用水风险评价及管理对策建议

项 目 负 责 人 童华兵

所 在 单 位 巴中市疾病预防控制中心

填 表 日 期 2025.9.30

巴中市社会科学界联合会制
2025年3月

声 明

本研究成果不存在知识产权争议；巴中市社会科学界联合会享有推广应用本成果的权利，但保留作者的署名权。特此声明。

成果是否涉及敏感问题或其他不宜公开出版的内容：是否

成果是否涉密： 是 否

项目负责人(签字)

年 月 日

填表说明

一、本表适用于巴中市社科年度规划项目、专项项目等结项申请。

二、认真如实填写表内栏目，凡选择性栏目请在选项上打“√”。
课题申报信息无变更情况的可不填写《项目变更情况数据表》。

三、本《结项申请书》报送2份(A3 纸双面印制，中缝装订)，并附最终成果打印稿(正文格式要求：主标题2号方正小标宋简体，其中一级标题3号方正黑体-GBK，二级标题3号方正楷体-GBK，三级标题3号方正仿宋-GBK 加粗，正文3号方正仿宋-GBK)。

四、所有结项材料须经所在单位审核并签署意见。县(区)申报者报送所在县(区)社科联审核后统一报送至市社科联，其他申报者可直接报送市社科联。

一、项目变更情况数据表

立项项目名称	巴中市农村饮用水风险评价及管理对策建议							
结项成果名称	巴中市农村饮用水风险评价及管理对策建议							
是否变更	B、否		变更的内容					
原计划成果形式	研究报告		现成果形式		研究报告			
原计划完成时间	2025年10月1日		实际完成时间		2025年9月30日			
项目负责人及参与人员变更情况								
原负责人	姓名	童华兵	性别	男	民族	汉	出生日期	1973年9月
	所在单位	巴中市疾病预防控制中心		行政职务		副主任	专业职务	主任医师
	通讯地址	巴中市巴州区江北育才街50号			联系电话		18981673126	
现负责人	姓名	童华兵	性别	男	民族	汉	出生日期	1973年9月
	所在单位	巴中市疾病预防控制中心		行政职务		副主任	专业职务	主任医师
	通讯地址	巴中市巴州区江北育才街50号			联系电话		18981673126	
原参与人员	姓名	单位			职称	联系电话		
	李翔	巴中市疾病预防控制中心			无	15390036732		
	苟丹	巴中市疾病预防控制中心			副主任医师	18908298831		
	龚敏	巴中市疾病预防控制中心			无	19950491052		
现参与人员	姓名	单位			职称	联系电话		
	李翔	巴中市疾病预防控制中心			无	15390036732		
	苟丹	巴中市疾病预防控制中心			副主任医师	18908298831		
	向洋	巴中市疾病预防控制中心			主管医师	18096357052		

	龚敏	巴中市疾病预防控制中心	无	19950491052
--	----	-------------	---	-------------

二、申请人所在单位审核意见

1.成果无政治导向问题,但涉及敏感问题,有不宜公开出版的内容; 2.最终结果的内容质量符合预期研究目标。

签 章

年 月 日

三、县(区)社科联意见

单位(公章):

负责人签字:

年 月 日

四、专家鉴定意见

(请在对应意见栏划“√”)

1. 成果有无意识形态方面问题: 有 否

2. 是否同意结项: 是 否

3. 鉴定等级: 优秀 良好 合格

主审专家签字:

年 月 日

五、市社科联审核意见

单位(公章):

年 月 日

最终成果

巴中市农村饮用水风险评价及管理对策建议

童华兵，李翔，苟丹，向洋，龚敏

巴中市疾病预防控制中心，四川巴中，**636000**

摘要：目的：对巴中市农村集中式供水单位开展系统性的卫生学风险和健康风险评价，为地方政府和相关部门制定更为精准的饮水安全措施和应急响应策略提供科学依据。方法：选择覆盖巴中市全部建制乡镇的 **114** 个有代表性的农村集中式供水单位作为调查对象，通过问卷、现场调查和构建健康风险评价模型对制水工艺、水质状况及供水单位运行管理完善程度等进行风险评价。结果：（1）现场卫生学评价：①巴中市农村饮用水以水库作为主要水源，90%左右的水源保护区卫生防护措施较完善。②**114** 个供水单位中，**23** 个供水单位未使用完整的饮用水常规处理工艺；**5** 个供水单位无消毒设备或未使用；水处理构筑物整体状况损坏较重的供水单位占比 **1.75%**；水处理构筑物严重渗漏的供水单位占比 **1.75%**；斜管堵塞或破损严重的供水单位占比 **15.91%**；滤料磨损或流失严重的供水单位占比 **7.69%**。③**114** 个供水单位中，管网的漏损率平均为 **23.61%**；未监测管网压力的占比 **28.07%**；无定期巡查和事故反应机制的供水单位占比为 **17.54%**；调节构筑物卫生防护条件较差的占比为 **5.26%**；调节构筑物清洗频率大于 **2** 次/年的供水单位占比为 **83.33%**。④**91** 个供水单位卫生许可证调查时在有效期

内；100个供水单位供管水人员持有有效健康证明；35个供水单位未安装监控器；84个供水单位絮凝剂存放不规范或不使用絮凝剂；75个供水单位消毒剂存放不规范。⑤随着供水规模的减小，供水单位使用完整工艺的比例、水质自检的质量、水厂内部监管的执行度均在下降。中小型规模的供水单位漏损率要小于大型供水单位。但在药剂管理方面，不同规模的供水单位差别并不明显。（2）健康风险评价：2021-2025年，巴中市农村饮用水水质合格率整体呈上升趋势，2025年达到92.16%，农村饮用水水质不合格指标包括微生物指标、毒理指标、感官性状和一般化学指标、消毒剂指标。农村供水单位出厂水中As、Cr、Mn、三氯甲烷等6种化学物总的平均个人年健康风险介于 $8.32\times10^{-7}\sim2.28\times10^{-5}$ 范围内，中位值为 8.32×10^{-7} 。As的个人年健康风险介于 $6.81\times10^{-7}\sim2.27\times10^{-5}$ 的范围内，中位值为 6.81×10^{-7} 。结论：（1）水源保护区管理维护不足与应急保障不利；（2）水处理工艺落后与设施设备老化问题突出；（3）水质自检能力薄弱；（4）供水单位管理制度不完善，监督机制缺失；（5）微生物指标、浑浊度和As是巴中市农村饮用水的主要健康风险因子。

关键词：农村饮用水、卫生学风险评价、健康风险评价

Risk Assessment and Management Recommendations

for Rural Drinking Water in Bazhong City

TONG huabing, LI xiang, GOU dan, XIANG yang,
GONG min

Bazhong Centre for Disease Prevention and Control,
Bazhong 636000, Sichuan Province, China

Abstract: Objective: To conduct a systematic hygiene risk and health risk assessment of centralized rural water supply units in Bazhong City, providing scientific basis for local governments and relevant departments to formulate more precise drinking water safety measures and emergency response strategies.

Methods: A representative sample of 114 rural centralized water supply units covering all townships in Bazhong City was selected. Risk assessments were conducted through questionnaires, on-site inspections, and a health risk evaluation model, focusing on water treatment processes, water quality conditions, and operational management standards. **Results:** (1) On-site sanitary evaluation: ① Reservoirs serve as the primary water source for rural drinking water in Bazhong City, with approximately 90% of water source

protection areas implementing adequate sanitary safeguards. ② Among the 114 water supply units: 23 did not employ complete conventional drinking water treatment processes; 5 lacked disinfection equipment or failed to use it; 1.75% had severely damaged water treatment structures; 1.75% had water treatment structures with significant leakage; 15.91% had severely clogged or damaged inclined pipes; 7.69% of water supply units had severely worn or lost filter media. ③ Among 114 water supply units: the average pipeline leakage rate was 23.61%; 28.07% did not monitor pipeline pressure; 17.54% lacked regular inspection and incident response mechanisms; 5.26% had poor sanitary protection conditions for regulating structures; 83.33% of water supply units cleaned their regulating structures more than twice per year. ④ Among 91 water supply units, sanitation permits were valid at the time of survey; 100 units had water supply and management personnel holding valid health certificates; 35 units lacked installed monitors; 84 units stored flocculants improperly or did not use flocculants; 75 units stored disinfectants improperly.

⑤ As water supply scale decreases, the proportion of facilities using complete treatment processes, the quality of self-monitoring, and the implementation of internal oversight all decline. Small and medium-sized facilities exhibit lower leakage rates than large facilities. However, differences in chemical management practices across facility scales are not significant. (2) Health Risk Assessment: From 2021 to 2025, the overall compliance rate of rural drinking water quality in Bazhong City showed an upward trend, reaching 92.16% by 2025. Non-compliant indicators included microbiological parameters, toxicological indicators, sensory characteristics, general chemical indicators, and disinfectant residues. The total average annual personal health risk from six chemicals (As, Cr, Mn, trichloromethane, etc.) in rural water supply units' treated water ranged from 8.32×10^{-7} to 2.28×10^{-5} , with a median of 8.32×10^{-7} . The annual health risk for As ranged from 6.81×10^{-7} to 2.27×10^{-5} , with a median of 6.81×10^{-7} . Conclusions: (1) Inadequate management and maintenance of water source protection zones, coupled with

insufficient emergency preparedness. (2) Outdated water treatment processes and significant aging of facilities and equipment. (3) Weak self-monitoring capabilities for water quality. (4) Incomplete management systems and lack of oversight mechanisms among water supply entities. (5) Microbiological indicators, turbidity, and arsenic (As) constitute the primary health risk factors in rural drinking water in Bazhong City.

Keywords: Rural drinking water, sanitary risk assessment, health risk assessment

1 调查背景

农村饮用水安全问题作为公共卫生领域的重要内容，直接关系到农村居民的健康水平和生活质量^[1]。党和国家历来重视农村居民的饮用水安全保障，自 2000 年实施农村饮水解困、2005 年实施农村饮水安全工程建设以来，截至 2015 年，共保障了 5.2 亿农村居民和 4700 多万农村学校师生的饮水安全^[2]。《“十四五”水安全保障规划》文件显示，“十三五”期间我国解决了 1710 万建档立卡贫困人口饮水安全问题、巩固提升

2.7 亿农村人口供水保障水平、农村自来水普及率提高到 83%^[3]。

受污染的水与霍乱、腹泻、痢疾、甲肝、伤寒、脊灰等疾病的传播有关，据估计全球每年大约有 100 万例腹泻死亡是因不安全饮用水、环境卫生和手部卫生不善导致^[4-5]。水质问题不仅可能引发急性事件，长期饮用受污染的水还可能诱发慢性疾病，给农村公共卫生安全带来严峻挑战^[6]。

但近年来，我国部分农村地区由于水源保护不严、环境污染以及管网设施老化等问题，导致饮用水中存在重金属、有机污染物及微生物等多种潜在风险^[7]。巴中市位于四川盆地东北部，地处大巴山系米仓山南麓，其农村地区同样面临饮用水安全方面的挑战^[8]。由于巴中市部分农村区域地形复杂、交通不便，水源分布较为分散且保护难度较大，加之农业面源污染、生活污水直排等现象时有发生，使得当地农村饮用水水源受到不同程度的污染，存在微生物指标超标的情况，给农村居民身体健康埋下了隐患。同时，部分农村供水工程由于建设时间较早，管网老化严重，导致在输水过程中出现二次污染，进一步影响了饮用水的水质安全。这些饮用水安全问题不仅对农村居民的生活质量和健康水平产生了不利影响，也制约了巴中市农村地区的经济发展和社会稳定。

目前针对巴中市农村集中式供水单位饮用水风险进行评价和管理对策建议的研究极为稀缺，缺乏该地区农村饮用水污染

风险的系统性调查和评估。因此针对巴中市农村集中式供水单位开展饮用水风险及管理对策建议的系统研究，有助于揭示污染源、评估风险暴露、优化供水管理和制定科学合理的防控措施。

2 调查目的

对巴中市农村集中式供水单位开展系统性的卫生学风险和健康风险评价，建立符合本地区实际情况的风险评价模型，并探讨相应的管理策略。为地方政府和相关部门制定更为精准的水污染防控措施和应急响应策略提供科学依据，从而提升农村饮用水安全保障水平。

3 调查对象与方法

3.1 调查对象

为了保证研究数据的准确性和研究实施可行性，本次研究初步选择巴中市 **2024** 年城乡饮用水监测项目中的全部 **144** 个农村集中式供水单位作为研究对象，由于供水单位停运或合并等原因最终确定以其中正常运营且具有代表性的 **114** 个农村集中式供水单位作为本次调查的具体对象。这些供水单位涵盖了巴中市不同地理区域、不同规模以及不同水源类型的农村供水单位，能够较为全面地反映巴中市农村集中式供水的整体状况。

3.2 调查方法

3.2.1 现场卫生学评价

通过查阅资料信息、问卷调查、现场卫生学调查，对制水工艺、水质状况及供水单位运行管理完善程度等进行卫生学评价。本研究采用的调查问卷系基于中国疾病预防控制中心农村改水技术指导中心研发的《农村集中式供水工程卫生学评价信息调查收集表》，经部分项目删减后编制而成。

3.2.2 构建饮用水健康风险评价模型

健康风险评价（**health risk assessment, HRA**）由美国国家科学院（**NAS**）国家研究委员会于 1983 年提出，它以风险度作为评价指标，把环境污染与人体健康联系起来，定量描述人类暴露于环境危害因素后出现不良健康效应的风险，为饮用水安全管理和水质标准的制定提供了科学的参考依据^[9-10]。因此本研究采用美国环境保护署（**USEPA**）推荐的环境健康风险评价模型，对饮水途径中具有致癌效应和非致癌效应的化学物质进入成人体内所致的致癌和非致癌健康风险进行评价，致癌物健康风险评价模型和非致癌物健康风险评价模型分别如式（1）、式（2）和式（3）所示^[11-12]。

$$R_n = \sum R_i^n = (D_i \times Q_i) / 78.5 \quad (1)$$

当使用公式（1）计算得 $R_n > 0.01$ 时，重新使用公式（2）计算

$$R_n = \sum R_i^n = \sum [1 - \exp(-D_i \times Q_i)] / 78.5 \quad (2)$$

$$R_c = \sum R_i^c = \sum (D_i / RFD_i) \times 10^{-6} / 78.5 \quad (3)$$

式中, R_i^n : 化学致癌物 i 通过饮用水途径产生的平均个人年健康风险; R_i^c : 非化学致癌物 i 通过饮用水途径产生的平均个人年健康风险; D_i : 毒性物质 i 的单位体重日均暴露剂量, $\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1}$; Q_i : 化学致癌物 i 通过饮用水途径产生的致癌强度系数, $\text{kg} \cdot \text{d} \cdot \text{mg}^{-1}$; RFD_i : 非化学致癌物 i 通过饮用水途径被人体摄入的参考剂量, $\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1}$; 10^{-6} : RFD_i 制定过程中引入的实际安全剂量概念, 代表 100 万人超额罹患率低于 1 人; 78.5 为 2024 年四川省人均期望寿命^[13]。

饮水途径的单位体重日均暴露剂量 D_i 可按式 (4) 计算:

$$D_i = 2.2 \times C_i / 59.3 \quad (4)$$

式中, 2.2 为四川省成人每日平均饮水量, L ; C_i 为毒性物质的质量浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 59.3 为四川省成人平均体重, kg ^[14]。

有毒化学物质对人体健康的影响复杂多样, 涵盖拮抗作用、协同作用及相加作用。由于大多数水体中有毒化学物质的浓度较低, 因此在评估其对人体健康的风险时, 通常假设这些物质的毒性作用不涉及拮抗或协同效应, 每种毒物对人体健康的累积效应表现为相加作用。基于此假设, 水环境的总体健康风险度可以式 5 进行计算:

$$R_T = R_c + R_n \quad (5)$$

根据世界卫生组织 (WHO) 和国际癌症研究机构 (IARC) 全面评价化学物质致癌性可靠程度而编制的分类系统, 本研究测定的 6 种化学物中, 化学致癌物有 As、Cr、三氯甲烷, 非致癌物有 Mn、Zn、Hg。三氯甲烷通常被认为是一种非遗传毒性致癌物, 在高暴露条件下, 通过所有接触途径都有可能致癌 [15]。但目前有许多证据表明在不会引起细胞毒性和细胞再生的低暴露条件下, 三氯甲烷不太可能通过各种途径致癌 [16-17]。目前本案例中三氯甲烷的暴露剂量 D ;最大值为 3.3×10^{-3} , 远小于 USEPA 规定的阈值 1.0×10^{-2} , 因此本研究主要探讨其非致癌健康风险。

表1 化学致癌物与非化学致癌物的暴露参数

化学物	SF	RFD	检出限 (mg/L)
As	32.0	6.0×10^{-5}	9.0×10^{-5}
Cr(VI)	0.16	9.0×10^{-4}	4.0×10^{-3}
三氯甲烷	/	1.0×10^{-2}	1.2×10^{-4}
Mn	/	1.4×10^{-1}	6.0×10^{-5}
Zn	/	3.0×10^{-1}	9.0×10^{-4}
Hg	/	3.0×10^{-4}	7.0×10^{-5}

3.2.3 统计学方法

利用 Excel 进行数据汇总并建立数据库, 使用 SPSS26.0 软件进行统计学分析。

4 调查结果

4.1 现场卫生学评价

4.1.1 供水单位基本信息

4.1.1.1 供水规模

114 个农村集中式供水单位中, I 型供水工程有 4 个, 占比 3.51%; II 型供水工程有 6 个, 占比 5.26%; III 型供水工程有 28 个, 占比 24.56%; IV 型供水工程有 69 个, 占比 60.53%; V 型供水工程有 7 个, 占比 6.14%, 见表 2。实际供水规模超过设计供水规模的供水单位有 7 个, 其中巴州区 1 个, 恩阳区 1 个, 通江县 3 个, 南江县 2 个。

表2 巴中市各县(区)供水工程类型

地区	I	II	III	IV	V	总计
巴州区	0	1	5	15	0	21
恩阳区	0	1	6	13	0	20
通江县	1	0	13	28	3	45
南江县	1	2	4	11	4	22
平昌县	2	2	0	2	0	6
总计	4	6	28	69	7	114

4.1.1.2 供水单位运营时间

114 个农村集中式供水单位, 自最后一次改扩建后平均正式运营时间为 10.05 年, 正式运营时间超过 15 年的供水单位

共有 17 个。图 1 显示，南江县运营时间超过 15 年的供水单位数最多，为 8 个；其次为通江县（5 个）、巴州区（3 个）、恩阳区（1 个）、平昌县（0 个）。

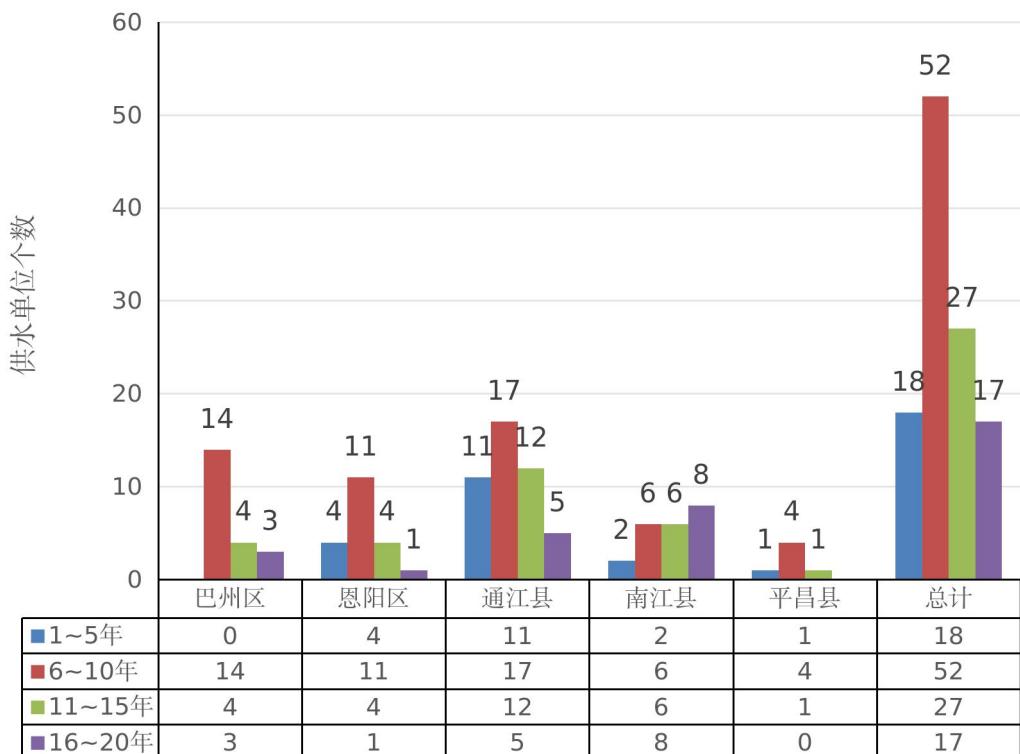


图1 供水单位运营时间

4.1.1.3 供水方式

114 个农村集中式供水单位中，有 102 个供水单位采用重力自流或重力自流+加压供水方式供水，12 个供水单位仅使用加压供水方式供水。

4.1.1.4 水源

饮用水水源以地表水为主，111 个供水单位以地表水为主要水源。地表水水源类型以水库为主，其次为江河、溪水等，见表 3、图 2；地表水取水方式主要为浮筒和岸边式取水。3

个以地下水为主要水源的供水单位水源分别为溶洞水、管井和泉水。

表3 巴中市各县（区）地表水水源类型

地区	水库	江河	溪水	沟塘	湖泊	山泉	总计
巴州区	12	4	1	4	0	0	21
恩阳区	12	8	0	0	0	0	20
通江县	19	9	11	2	1	1	43
南江县	7	5	9	0	0	0	21
平昌县	5	0	0	1	0	0	6
总计	55	26	21	7	1	1	111

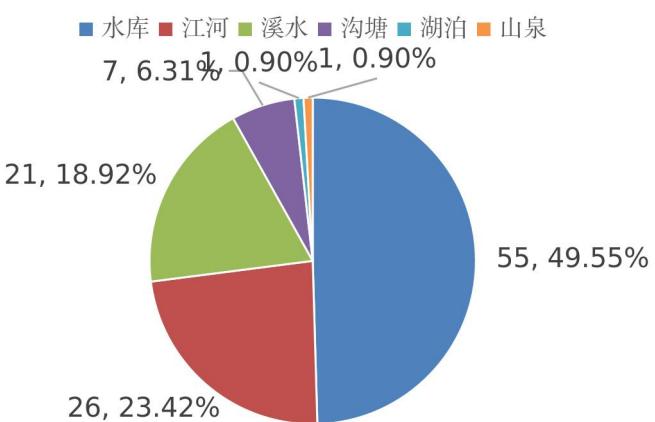


图2 地表水水源类型

4.1.1.5 水处理工艺

114个农村集中式供水单位中，13个供水单位使用预沉淀或预氧化等预处理工艺，2个供水单位通过曝气或膜处理进

行深度处理，91个供水单位使用完整的常规处理工艺（絮凝、沉淀、过滤、消毒）；93个供水单位使用絮凝工艺，絮凝剂均使用聚合氯化铝，絮凝工艺以穿孔旋流为主，占比93.55%；96个供水单位使用沉淀工艺，沉淀工艺以斜管为主，占比90.63%；111个供水单位使用过滤工艺，过滤工艺以重力式无阀滤池为主，占比66.67%；所有供水单位均进行消毒处理，消毒方式以二氧化氯消毒为主；水处理工艺结果见图3-图8。

图3结果显示，平昌县6个农村集中式供水单位全部使用了完整的常规水处理工艺，而巴州区和恩阳区农村集中式供水单位使用完整工艺比例也在95%及以上，通江县和南江县使用完整工艺的比例分别为68.89%和68.18%。

图4结果显示，I和II型供水工程全部使用了完整的常规水处理工艺，而III型供水工程使用完整工艺比例也在90%以上，IV和V型供水工程使用完整工艺的比例分别为76.81%和28.57%。

图5结果显示，运营时间超过15年的供水单位未使用完整工艺的比例最高，为41.18%；其次为1~5年、6~10年、11~15年，未使用完整工艺的比例分别为27.78%、17.31%、7.41%。

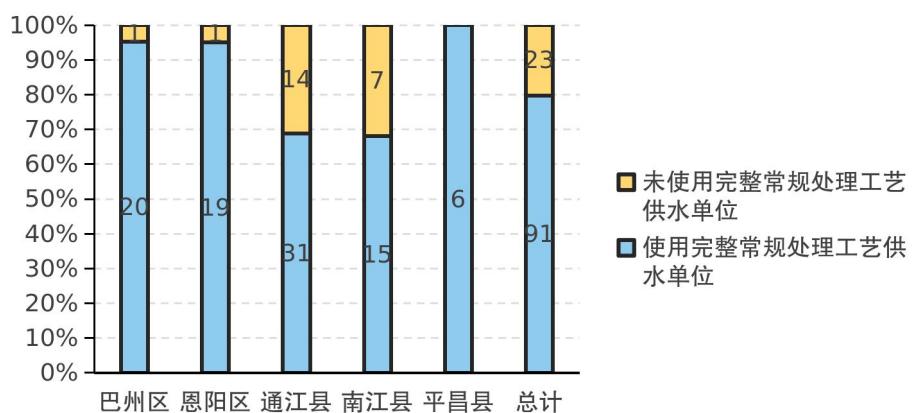


图3 巴中市各县（区）水处理工艺

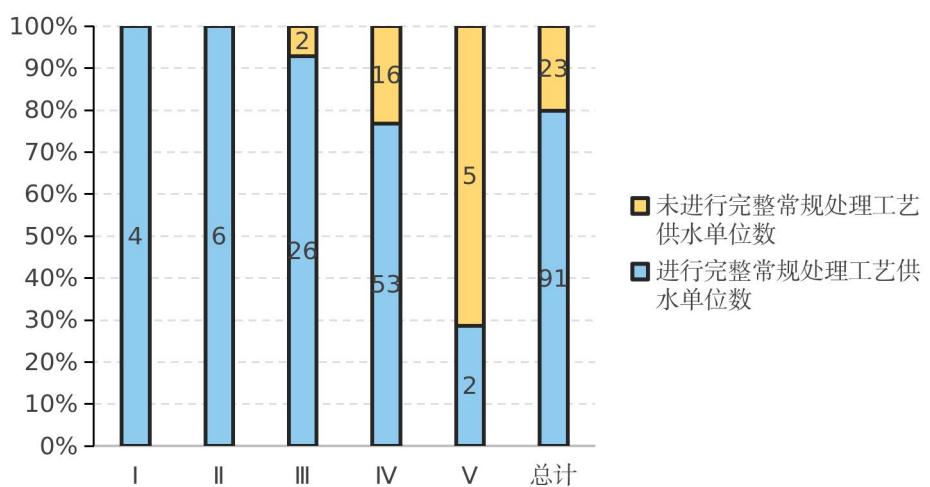


图4 巴中市各供水规模供水单位水处理工艺

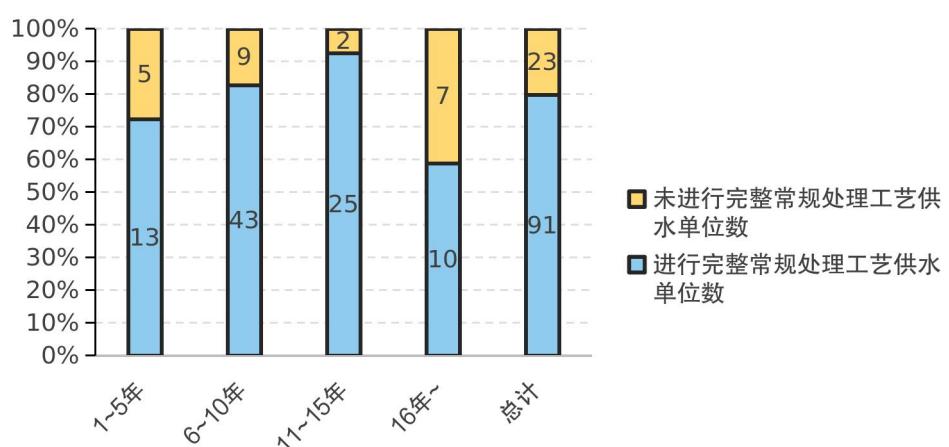


图5 巴中市各运营时间供水单位水处理工艺

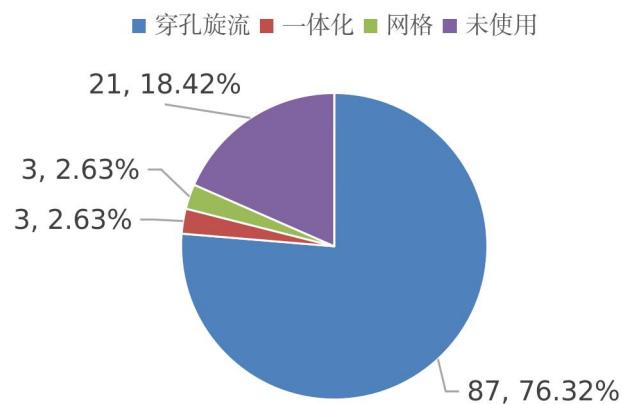


图6 絮凝工艺类型

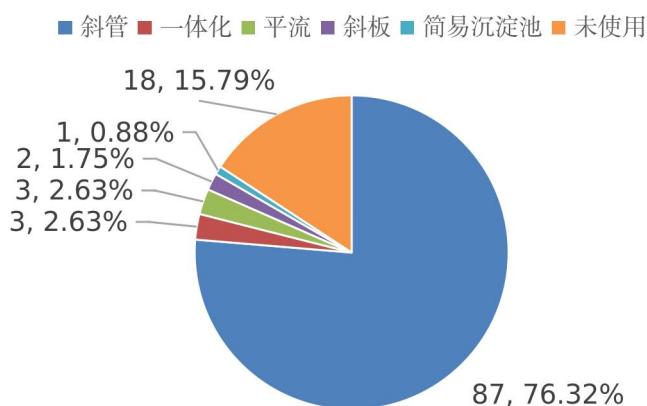


图7 沉淀工艺类型

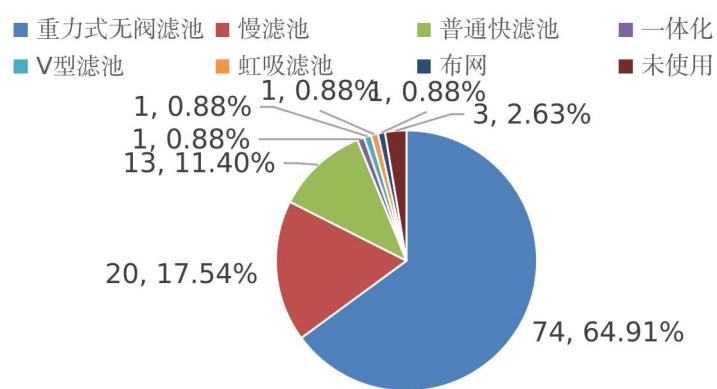


图8 过滤工艺类型

4.1.2 供水单位卫生学风险

4.1.2.1 水源

114 个农村集中式供水单位水源中，113 个供水单位水源划定保护区，占比 99.12%；106 个供水单位水源有卫生防护设施，占比 92.98%；98 个供水单位水源有明显警示标志，占比 85.96%；103 个供水单位对水源地进行按时巡查，占比 90.35%；110 个供水单位水源一级保护区内不存在排入工业废水或堆放废渣等污染水源的活动，占比 96.49%。

表4 巴中市各县（区）供水单位水源保护基本情况表

地区	水源保护				
	未划定保护区	无卫生防护设施	无明显警示标志	未按时巡查	区存在污染水源活动
巴州区	0	1	1	2	3
恩阳区	0	1	2	2	0
通江县	0	2	4	3	1
南江县	1	4	8	3	0
平昌县	0	0	1	1	0
总计	1	8	16	11	4

4.1.2.2 水处理工艺

4.1.2.2.1 消毒设备

114 个农村集中式供水单位中，109 个供水单位有消毒设备且在使用，2 个供水单位有消毒设备但目前未使用，3 个供水单位无消毒设备。在 109 个有消毒设备且在使用的供水单位中，消毒设备运行完全正常的供水单位 73 个，占比 66.97%，消毒剂投加计量准确的供水单位 100 个，占比 91.74%。消毒设备情况详见图 9 和图 10。

图 9、图 10 结果显示，有消毒设备且正常运行的供水单位占供水单位总数的比例南江县最高，为 95.45%，其次为通江县、恩阳区、巴州区、平昌县，比例分别为 73.33%、60.00%、33.33%、0%。消毒剂投加计量准确的供水单位占供水单位总数的比例通江县最高，为 97.78%；其次为南江县、恩阳区、平昌县、巴州区，比例分别为 95.45%、90.00%、66.67%、61.90%。

图 11、图 12 结果显示，I、II、III、V 型供水工程均有消毒设备且正在使用，IV 型供水工程中，4.35% 的供水单位无消毒设备，2.90% 的供水单位有消毒设备但未使用。I、II、III、V 型供水工程均可以准确计量投加消毒剂，IV 型供水工程中，7.25% 的供水单位无消毒设备或未使用，13.04% 的供水单位未能达到准确计量投加消毒剂，79.71% 的供水单位可以准确计量投加消毒剂。

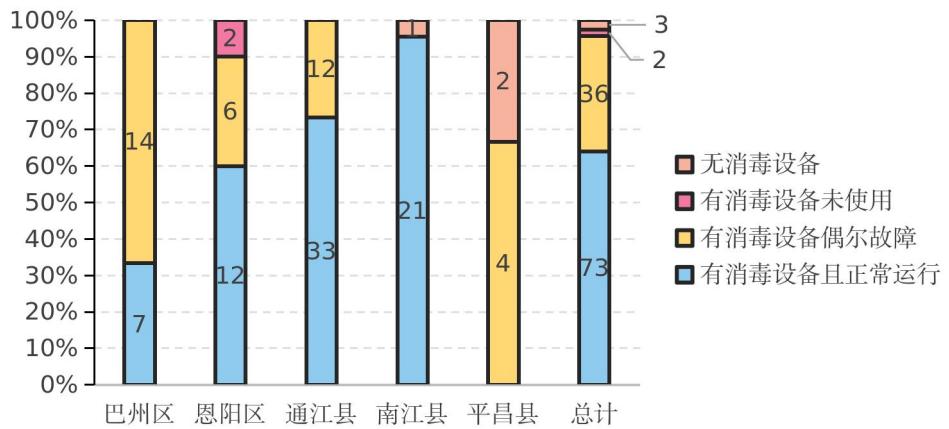


图9 各县（区）供水单位消毒设备基本情况

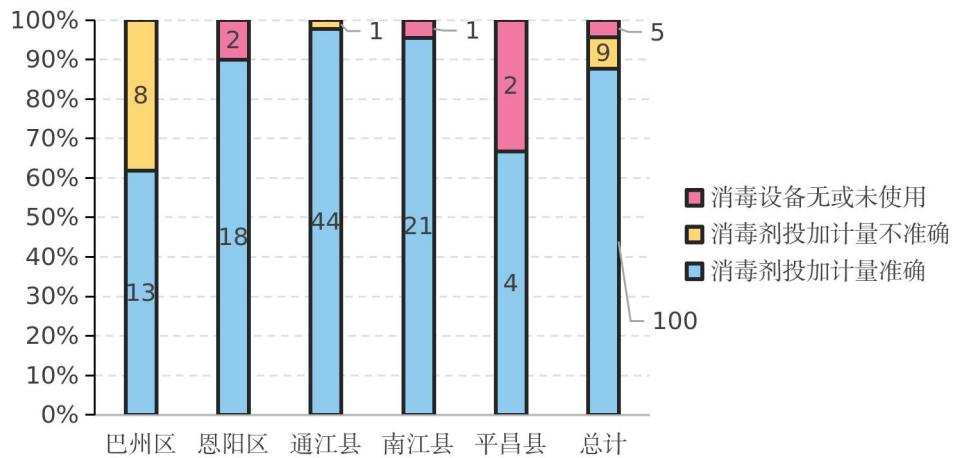


图10 各县（区）供水单位消毒剂投加计量准确基本情况

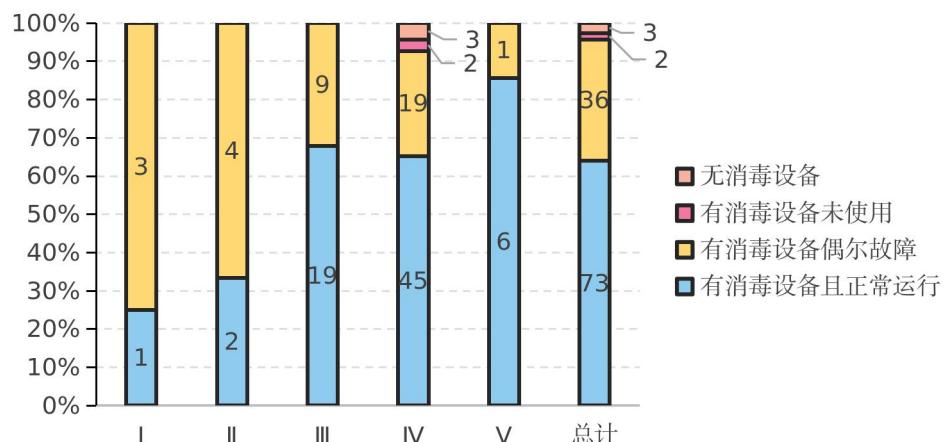


图11 各供水规模供水单位消毒设备基本情况

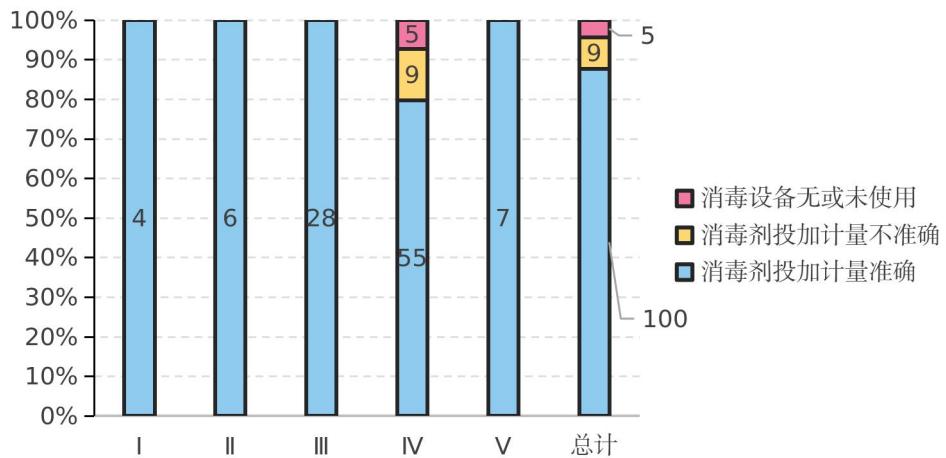


图12 各供水规模供水单位消毒剂投加计量准确基本情况

4.1.2.2.2 水处理构筑物

114个农村集中式供水单位均有水处理构筑物，其中水处理构筑物整体状况良好的供水单位占比 28.95%，水处理构筑物整体状况损坏较重的供水单位占比 1.75%；水处理构筑物无渗漏的供水单位占比 50.88%，水处理构筑物严重渗漏的供水单位占比 1.75%；定期清洗水处理构筑物的供水单位占比 95.61%。

在 114 个农村集中式供水单位中仅有 88 个有斜管，104 个有滤料，其中斜管状况良好的供水单位占比 39.77%，斜管堵塞或破损严重的供水单位占比 15.91%；滤料状况良好的供水单位占比 35.58%，滤料磨损或流失严重的供水单位占比 7.69%，各县（区）及各供水规模供水单位水处理构筑物基本情况见表 5。

表 5 显示，从不同县（区）来看，水处理构筑物整体状况良好的供水单位占比最大和最小的分别是恩阳区（40.00%）、

南江县（22.73%），水处理构筑物整体状况损坏较重的供水单位占比最大的的是平昌县（16.67%），恩阳区、通江县和南江县均无损坏较重的供水单位；水处理构筑物无渗漏的供水单位占比最大和最小的分别是平昌县（66.67%）和南江县（27.27%），严重渗漏占比最大的是平昌县（16.67%），恩阳区、通江县和南江县均无水处理构筑物严重渗漏的供水单位；构筑物清洗情况结果显示，恩阳区、南江县、平昌县所有供水单位均定期清洗水处理构筑物，巴州区和通江县定期清洗的比例也在90%以上；斜管状况良好的供水单位占比最大和最小的分别是恩阳区（55.00%）、南江县（18.18%），堵塞或破损严重占比最大和最小的分别是平昌县（33.33%）、通江县（8.89%）；滤料状况良好的供水单位占比最大和最小的分别是恩阳区（55.00%）、巴州区（28.57%），滤料磨损或流失严重的供水单位占比最大的是平昌县（16.67%），最小的是恩阳区（0%）。

从不同供水规模来看，水处理构筑物整体状况良好的供水单位占比最大和最小的供水规模分别是Ⅱ型供水工程（100.00%）、Ⅴ型供水工程（14.29%），水处理构筑物整体状况损坏较重的供水单位占比最大的是Ⅳ型供水工程（2.90%），其余规模供水工程均无损坏较重的供水单位；水处理构筑物无渗漏的供水单位占比最大和最小分别是Ⅱ型供水工程（100.00%）、Ⅴ型供水工程（42.86%），严重渗漏占比

最大的Ⅳ型供水工程（2.90%），其余规模供水工程均无严重渗漏的供水单位；构筑物清洗情况结果显示，Ⅰ型和Ⅱ型供水工程所有供水单位均定期清洗水处理构筑物，其余规模供水工程定期清洗的比例也在85%以上；斜管状况良好的供水单位占比最大和最小的分别是Ⅱ型供水工程（66.67%）、Ⅴ型供水工程（0%），堵塞或破损严重占比最大的是Ⅰ型供水工程（50.00%），最小的是Ⅱ型供水工程和Ⅴ型供水工程（0%）；滤料状况良好的供水单位占比最大和最小的分别是Ⅱ型供水工程（100%）、Ⅴ型供水工程（0%），滤料磨损或流失严重的供水单位占比最大的是Ⅴ型供水工程（28.57%），Ⅰ型供水工程和Ⅱ型供水工程无滤料磨损或流失严重的供水单位。

表5 巴中市各县（区）及各供水规模供水单位水处理构筑物基本情况表

分类情况	水处理构筑物一般情况				构筑物渗漏情况				清洗情况				斜管状况			滤料状况					
	良好	较好	一般	较重	损坏	暂坏	一般未使用	无严重渗漏	暂未定期	一般未使用	定期	不定期	良好	一般	堵塞或破损严重	无斜管	良好	一般	磨损或流失严重	无滤料	
巴州区	6	1	1	4	0	10	1	1	0	0	9	2	8	7	4	2	6	1	3	2	0
恩阳区	8	0	1	1	1	10	0	8	2	2	0	0	1	5	2	2	1	6	0	3	
地区	通江县	1	2	0	3	2	1	28	0	1	6	1	4	3	1	0	14	1	3	4	4
南江县	5	0	1	6	1	6	0	1	5	1	2	0	4	8	2	8	5	1	3	1	3
平昌县	2	1	3	0	4	1	1	0	6	0	2	2	2	0	2	3	1	0	1	0	
供水规	Ⅰ	1	0	3	0	2	0	2	0	4	0	1	1	2	0	1	3	0	0	0	

水处理构筑物一般情况			构筑物渗漏情况						清洗情况			斜管状况			滤料状况			
分类情况			损 坏	暂 未 使 用	严 重 渗 漏	暂 未 使 用	定 期 使 用	不 定 期 使 用	良 好	一 般	堵 塞 或 破 损	无 斜 管	良 好	一 般	磨 损 或 流 失	无 滤 料		
模	II	6	0	0	0	6	0	0	0	6	0	4	2	0	0	6	0	
	III	9	0	1 9	0	18	0	1 0	0	2 7	1	1 4	9	4	1 1	1 3	2	2
	IV	1 6	2	4 8	3	29	2	3 4	4	6 6	3	1 6	2 5	8	20 9	3 9	4	7
	V	1	0	6	0	3	0	4	0	6	1	0	2	0	5	0	4	2

4.1.2.3 管网和调节构筑物

114 个农村集中式供水单位中，管网的漏损率平均为 **23.61%**；管网压力正常的供水单位占比为 **61.40%**，未监测管网压力的占比 **28.07%**；有定期巡查和事故反应机制的供水单位占比为 **82.46%**；调节构筑物卫生防护条件良好的供水单位占比为 **24.56%**，防护条件较差的占比为 **5.26%**；调节构筑物清洗频率大于 2 次/年的供水单位占比为 **83.33%**，各县（区）及各供水规模供水单位管网和调节构筑物基本情况见表 6。

表 6 结果显示，从不同县（区）来看，管网漏损率小于 **12%** 的供水单位的占比最大的是通江县（**58.33%**），其次为南江县（**25.00%**）、恩阳区（**16.67%**）、巴州区（**0%**）、平昌县（**0%**）；调节构筑物清洗频率清洗频率 2 次/年以上的供水单位占比最大的是通江县（**38.95%**）其次为巴州区（**20.00%**）、恩阳区（**20.00%**）、南江县（**20.00%**）、平昌县（**1.05%**）。

从不同供水规模来看，管网漏损率小于 12% 的供水单位的占比最大的是Ⅳ型供水工程（62.50%），其次为Ⅲ型供水工程（33.33%）、Ⅴ型供水工程（4.17%）、Ⅱ型供水工程（0%）、Ⅰ型供水工程（0%）；调节构筑物清洗频率清洗频率 2 次/年以上的供水单位占比最大的是Ⅳ型供水工程（62.11%），其次为Ⅲ型供水工程（27.37%）、Ⅴ型供水工程（7.37%）、Ⅱ型供水工程（2.11%）、Ⅰ型供水工程（1.05%）。

从不同运营时间来看，管网漏损率小于 12% 的供水单位的占比最大的是 6~10 年的供水单位（45.83%），其次为 16 年及以上（29.17%）、1~5 年（16.67%）、11~15 年（8.33%）的供水单位；调节构筑物清洗频率清洗频率 2 次/年以上的供水单位占比最大的是 6~10 年的供水单位（43.16%），其次为 11~15 年（26.32%）、16 年及以上（15.79%）、1~5 年（14.74%）的供水单位。

表6 巴中市各县（区）及各供水规模供水单位管网和调节构筑物基本情况表

分类情况	漏损率		调节构筑物清洗频率		
	<12%	≥12%	1次/年	2次/年	>2次/年
地区	巴州区	0	21	1	19
	恩阳区	4	16	0	19

	通江县	14	31	2	6	37
	南江县	6	16	1	2	19
	平昌县	0	6	5	0	1
	总计	24	90	9	10	95
	I	0	4	3	0	1
	II	0	6	2	2	2
供水规模	III	8	20	1	1	26
	IV	15	54	3	7	59
	V	1	6	0	0	7
	总计	24	90	9	10	95
	1~5年	4	14	2	2	14
运营时间	6~10年	11	41	4	7	41
	11~15年	2	25	1	0	25
	16年~	7	10	1	1	15
	总计	24	90	8	10	95

4.1.2.4 卫生监督管理

114 个农村集中式供水单位中，91 个供水单位卫生许可证调查时在有效期内，占比为 79.82%；100 个供水单位供管水人员持有有效健康证明，占比为 87.72%，各县（区）及各供水规模供水单位卫生许可证及健康证基本情况见图 13-图 16。

图 13、14 显示，从不同县（区）来看，有有效卫生许可证的供水单位占比最高的县（区）是恩阳区（100%）其次为

巴州区（95.24%）、南江县（86.36%）、平昌县（83.33%）、通江县（60.00%）；通江县68.89%的供水单位有有效健康证明，其余四个县（区）所有供水单位均有有效健康证明。

图15、16显示，从不同供水规模来看，I型和II型供水规模的所有供水单位均有有效卫生许可证，其次为III型供水规模（92.86%）、IV型供水规模（73.91%）、V型供水规模（57.14%）；I型和II型供水规模的所有供水单位均有有效健康证明，其次为III型供水规模（89.29%）、IV型供水规模（86.96%）、V型供水规模（71.43%）。

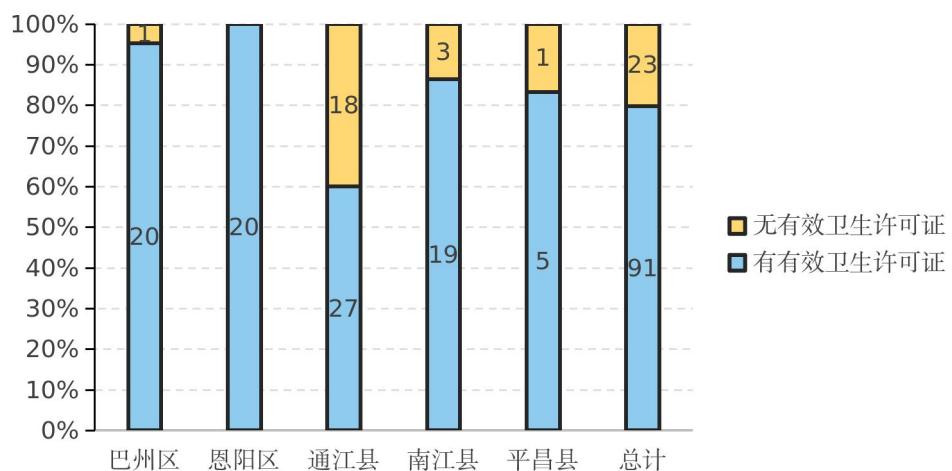


图13 各县（区）供水单位卫生许可证基本情况

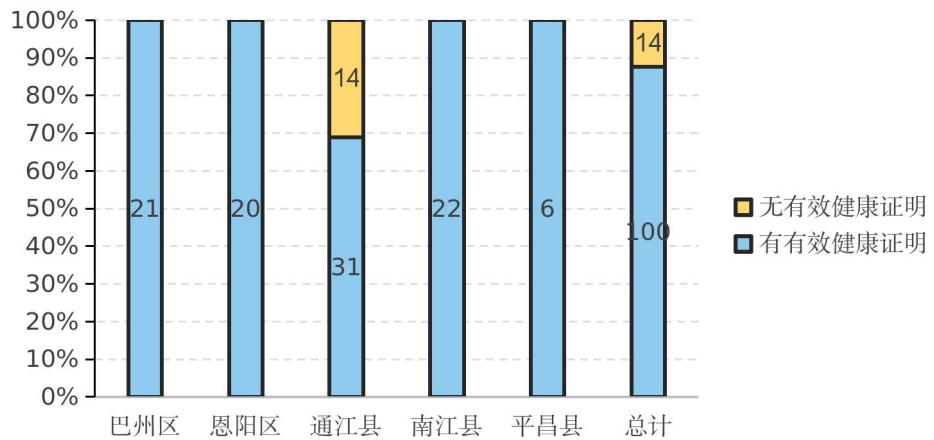


图14 各县（区）供水单位健康证明基本情况

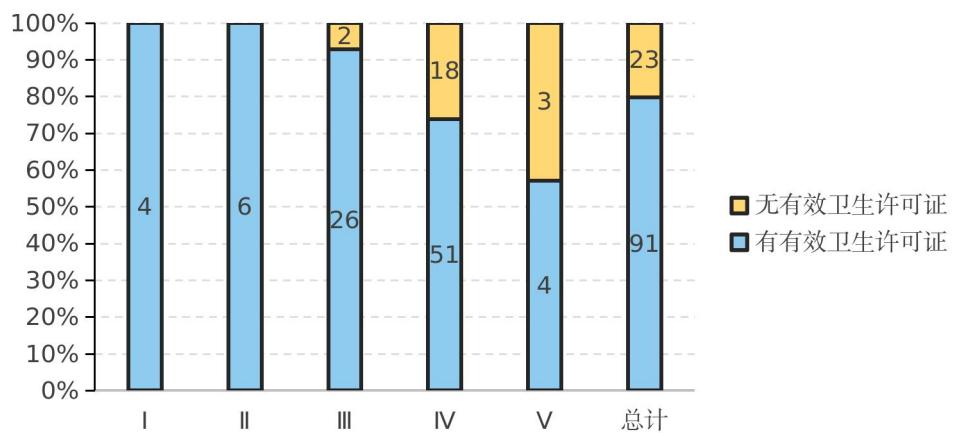


图15 各供水规模供水单位卫生许可证基本情况

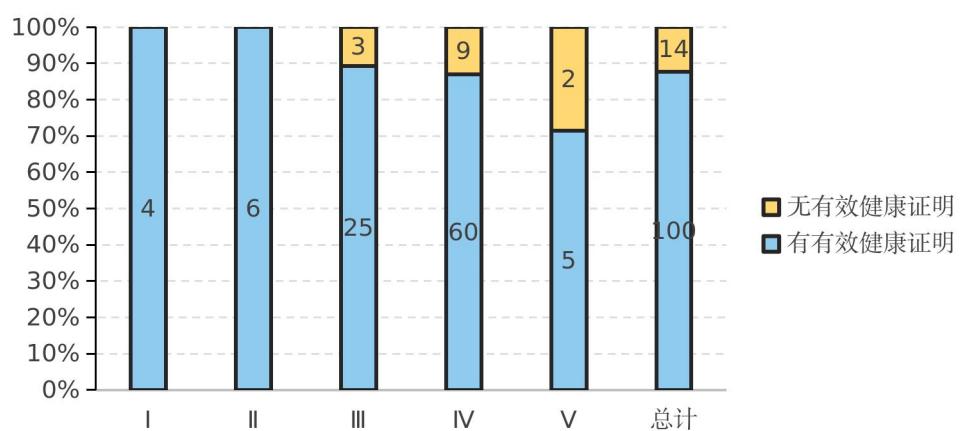


图16 各供水规模供水单位健康证明基本情况

4.1.2.5 供水单位内部管理

4.1.2.5.1 水质自检

114 个农村集中式供水单位中，29 个供水单位有水质检测制度，11 个供水单位有水质年报制度，48 个供水单位进行日常水质检测，各县（区）及各供水规模供水单位水质自检基本情况见表 7。供水单位水质自检以消毒剂余量、PH、浑浊度等为常规检测指标，频率主要为 1~2 天一次；无自检制度的供水单位依靠属地县（区）疾控中心进行水质检测，检测频率为枯丰水期各一次。

表 7 结果显示，从不同县（区）来看，无水质检测制度的供水单位占比最高的是巴州区（95.24%），其次为通江县（86.67%）、南江县（68.18%）、恩阳区（45.00%）、平昌县（33.33%）；无水质年报制度的供水单位占比最高的是通江县（100.00%），其次为巴州区（95.24%）、南江县（90.91%）、恩阳区（80.00%）、平昌县（33.33%）；无日常水质检测的供水单位占比最高的是巴州区（90.48%），其次为通江县（80.00%）、平昌县（50.00%）、恩阳区（20.00%）、南江县（18.18%）。

从不同供水规模来看，无水质检测制度的供水单位占比最高的是 V 型供水工程（100%），其次为 IV 型供水工程（82.61%）、III 型供水工程（71.43%）、II 型供水工程（16.67%）、I 型供水工程（0%）；无水质年报制度的供水

单位占比最高的是V型供水工程（100%），其次为IV型供水工程（95.65%）、III型供水工程（89.29%）、II型供水工程（66.67%）、I型供水工程（25.00%）；无日常水质检测的供水单位占比最高的是V型供水工程（71.43%），其次为IV型供水工程（65.22%）、III型供水工程（53.57%）、I型供水工程（25.00%）II型供水工程（0%）。

表7 巴中市各县（区）及各供水规模供水单位水质自检基本情况表

分类情况	无水质检测制度	无水质年报制度	无日常水质检测
地区	巴州区	20	20
	恩阳区	9	16
	通江县	39	45
	南江县	15	20
	平昌县	2	2
	总计	85	103
供水规模	I	0	1
	II	1	4
	III	20	25
	IV	57	66
	V	7	7
	总计	85	103

4.1.2.5.2 供水单位管理制度

114个农村集中式供水单位中，61个供水单位有完善的清洗、消毒和检修制度规程，占比为53.51%；92个供水单位有清洗、消毒和检修记录，占比为80.70%；89个供水单位制

定饮用水安全突发事件应急预案，占比为 78.07%，各县（区）及各供水规模供水单位管理制度基本情况见表 8。

表 8 结果显示，从不同县（区）来看，无完善的清洗、消毒和检修制度规程的供水单位占比最高的是巴州区（61.90%），其次为南江县（59.09%）、平昌县（50.00%）、通江县（44.44%）、恩阳区（20.00%）；无清洗、消毒和检修记录的供水单位占比最高的是平昌县（50.00%）、南江县（22.73%）、通江县（20.00%）、巴州区（14.29%）、恩阳区（10.00%）；无饮用水安全突发事件应急预案的供水单位占比最高的是平昌县（33.33%）、巴州区（28.57%）、通江县（24.44%）、南江县（18.18%）、恩阳区（10.00%）。

从不同供水规模来看，无完善的清洗、消毒和检修制度规程的供水单位占比最高的是V型供水工程（71.43%），其次为IV型供水工程（56.52%）、III型供水工程（28.57%）、II型供水工程（16.67%）、I型供水工程（0%）；无清洗、消毒和检修记录的供水单位占比最高的是V型供水工程（28.57%）、IV型供水工程（26.09%）、II型供水工程（16.67%）、III型供水工程（3.57%）、I型供水工程（0.00%）；无饮用水安全突发事件应急预案的供水单位占比最高的是V型供水工程（42.86%）、IV型供水工程

(28.99%)、Ⅲ型供水工程(7.14%)、Ⅰ型供水工程(0%)、Ⅱ型供水工程(0%)。

表8 巴中市各县(区)及各供水规模供水单位管理制度基本情况表

分类情况		无完善的清洗、消毒和检修制度规程	无清洗、消毒和检修记录	无饮用水安全突发事件应急预案
地区	巴州区	13	3	6
	恩阳区	4	2	2
	通江县	20	9	11
	南江县	13	5	4
	平昌县	3	3	2
	总计	53	22	25
	Ⅰ	0	0	0
供水规模	Ⅱ	1	1	0
	Ⅲ	8	1	2
	Ⅳ	39	18	20
	Ⅴ	5	2	3
	总计	53	22	25

4.1.2.5.3 供水单位设备与化学品管理

114个农村集中式供水单位中，56个供水单位配备监控器且正常使用，占比为49.12%，35个供水单位未安装监控器，占比为30.70%；30个供水单位絮凝剂存放规范，39个供水单位消毒剂存放规范，各县(区)及各供水规模供水单位设备与化学品管理基本情况见表9。

表 9 结果显示，从各县（区）来看，配备监控器且正常使用的供水单位占比最高的是南江县（72.73%），其次为巴州区（61.90%）、恩阳区（55.00%）、通江县（33.33%）、平昌县（16.67%）；配备监控器但不能正常使用或未安装监控器的供水单位占比最高的是平昌县（83.33%）、通江县（66.67%）、恩阳区（45.00%）、巴州区（38.10%）、南江县（27.27%）；絮凝剂存放不规范或不使用的供水单位占比最高的是平昌县（100.00%）、巴州区（80.95%）、通江县（73.33%）、南江县（72.73%）、恩阳区（60.00%）；消毒剂存放不规范的供水单位占比最高的是巴州区（80.95%）、通江县（64.44%）、南江县（63.64%）、恩阳区（60.00%）、平昌县（50.00%）。

从供水规模来看，配备监控器且正常使用的供水单位占比最高的是Ⅲ型供水工程（75.00%）、Ⅰ型供水工程（50.00%）、Ⅱ型供水工程（50.00%）、Ⅳ型供水工程（40.58%）、Ⅴ型供水工程（28.57%）；配备监控器但不能正常使用或未安装监控器的供水单位占比最高的是Ⅴ型供水工程（71.43%）、Ⅳ型供水工程（59.42%）、Ⅰ型供水工程（50.00%）、Ⅱ型供水工程（50.00%）、Ⅲ型供水工程（25.00%）；絮凝剂存放不规范或不使用的供水单位占比最高的是Ⅴ型供水工程（100.00%）、Ⅱ型供水工程（100.00%）、Ⅰ型供水工程（75.00%）、Ⅳ型供水工程

(72.46%)、Ⅲ型供水工程(64.29%)；消毒剂存放不规范的供水单位占比最高的是Ⅱ型供水工程(83.33%)、Ⅴ型供水工程(71.43%)、Ⅲ型供水工程(67.86%)、Ⅳ型供水工程(65.22%)、Ⅰ型供水工程(25.00%)。

表9 各县(区)及各供水规模供水单位设备与化学品管理基本情况

分类情况		情况				
地区	供水规模	配备监控器且正常使用	配备监控器但不能正常使用	未安装监控器	絮凝剂存放不规范或不使用	消毒剂存放不规范
巴州区	Ⅰ	13	4	4	17	17
恩阳区	Ⅱ	11	7	2	12	12
通江县	Ⅲ	15	7	23	33	29
南江县	Ⅳ	16	2	4	16	14
平昌县	Ⅴ	1	3	2	6	3
总计		56	23	35	84	75
		Ⅰ	2	18	1	20
		Ⅱ	3	17	0	20
		Ⅲ	21	23	1	33
		Ⅳ	28	34	28	13
		Ⅴ	2	1	5	1
总计		56	23	35	61	75

4.2 巴中市农村饮用水健康风险评价

4.2.1 巴中市农村饮用水水质监测结果

2021-2025年巴中市农村饮用水水质监测结果见图17,由于2025年丰水期水质监测尚未结束,此处使用枯水期水质

监测合格率代表全年监测结果，水质监测结果按照《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）计算合格率。

2025 年枯水期共采集农村饮用水水样 370 份，合格 341 份，合格率 92.16%，较 2024 合格率上升了 5.14 个百分点。其中南江县 90 份水样，合格 87 份，合格率 96.67%；平昌县 86 份水样，合格 83 份，合格率 96.51%；巴州区 50 份水样，合格 48 份，合格率 96.00%；恩阳区 48 份水样，合格 46 份，合格率 95.83%；通江县 96 份水样，合格 77 份，合格率 80.21%。

2021 年 -2025 年巴中市农村饮用水水质合格率由 46.81% 上升到 92.16%，巴州区由 22.92% 上升到 96.00%，恩阳区由 36.46% 上升到 95.83%，通江县由 32.65% 上升到 80.21%，南江县由 45.83% 上升到 96.67%，平昌县由 83.14% 上升到 96.51%。

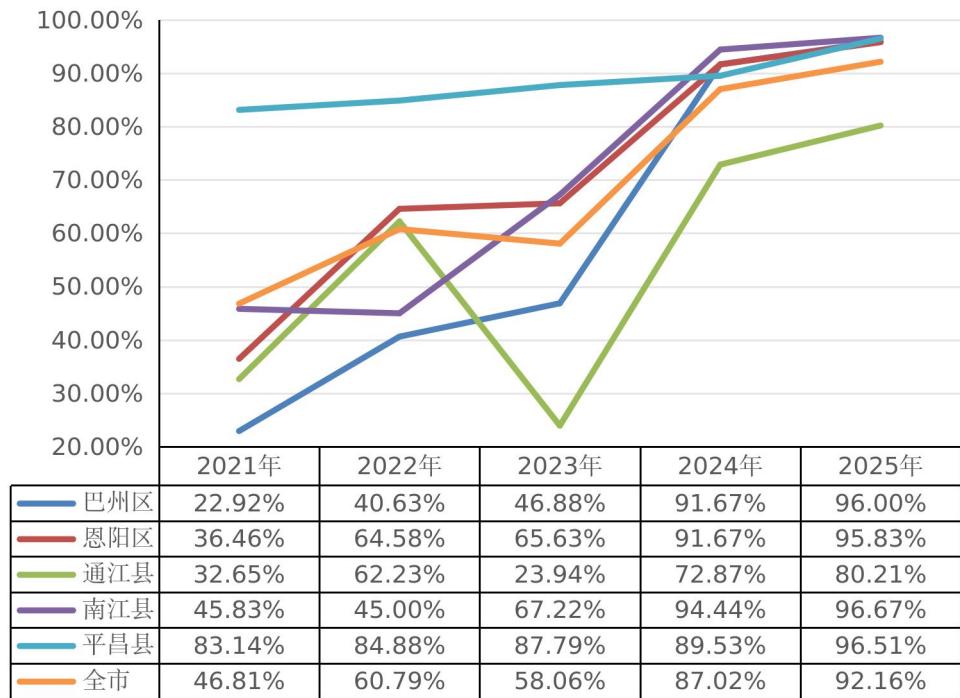


图17 2021—2025年巴中市农村饮用水水质合格率

4.2.2 不合格指标情况

农村饮用水水质不合格指标包括微生物指标、毒理指标、感官性状和一般化学指标、消毒剂指标。2021-2025年，大部分不合格指标的检出率或超标率均在下降，其中2025年微生物指标检出或超标情况为：总大肠菌群检出5份（1.35%）、大肠埃希氏菌检出2份（0.54%）、菌落总数超标9份（2.43%）；毒理指标超标情况为：三氯甲烷超标2份（1.31%）、三卤甲烷超标2份（1.90%）、亚氯酸盐超标2份（0.62%）、氯酸盐超标2份（2.82%）；感官性状指标超标情况为：色度超标2份（0.54%）、浑浊度超标18份（4.86%）、高锰酸盐指数超标2份（0.54%）；消毒剂指标

超标情况为：游离氯不合格 2 份（4.44%）、二氧化氯不合格 3 份（0.92%）。2021-2025 年饮用水监测不合格指标情况见表 10。

表10 2021-2025年饮用水监测不合格指标情况

检测指标	2021		2022		2023		2024		2025		总计	
	不合格数	检测数	不合格数	检测数	不合格数	检测数	不合格数	检测数	不合格数	检测数	不合格数	检测数
微生物指标	总大肠菌群	121	752	102	732	100	732	35	732	5	370	363
	大肠埃希氏菌	742	752	64	732	56	732	24	732	2	370	220
	菌落总数	219	752	153	732	195	732	47	732	9	370	623
	氟化物	12	750	0	732	1	732	0	732	0	370	22
毒理指标	三氯甲烷	02	750	0	732	2	652	2	337	2	153	262
	三卤甲烷	00	00	00	00	00	190	2	241	2	105	4536
	亚氯酸盐	80	597	647	07	08	660	0	671	2	325	17290
	氯酸盐	07	120	03	130	00	140	0	144	2	712	615
感官性状和一般化学指标	色度	92	752	22	732	52	732	5	732	2	370	2323
	浑浊度	259	752	168	732	126	732	56	732	18	370	62331
	肉眼可见物	152	755	22	7312	22	734	2	730	0	370	36331
	PH	22	7519	22	732	22	730	0	732	0	370	23331
消毒剂指标	铝	62	750	02	730	02	730	0	732	0	370	6331
	铁	22	750	02	731	22	730	0	732	0	370	3331
	高锰酸盐指数	372	7511	22	732	52	735	2	732	2	370	57331
	游离氯	348	1219	6217	520	58	2	45	72	345		
	二氧化氯	230	5943	647	628	668	22	668	3	325	153	2898

4.2.3 巴中市农村饮用水健康风险评价

4.2.3.1 巴中市农村饮用水微生物的健康风险

2021-2025 年，巴中市农村饮用水总大肠杆菌合格率由 83.91% 上升到 98.65%，大肠埃希氏菌合格率由 90.16% 上升到 99.46%，菌落总数合格率由 70.88% 上升到 97.57%。

图 18-图 20 显示，从不同县（区）来看，各县（区）总大肠菌群合格率均呈上升趋势，恩阳区合格率上涨幅度最大（27.08 个百分点），平昌县上涨幅度最小（6.98%）；除巴州区波动中略微下降外（0.88 个百分点），其余各县（区）大肠埃希氏菌合格率均呈上升趋势，南江县合格率上涨幅度最大（16.15 个百分点），平昌县上涨幅度最小（2.91 个百分点）；各县（区）菌落总数合格率均呈上升趋势，巴州区合格率上涨幅度最大（48.08 个百分点），平昌县上涨幅度最小（8.72 个百分点）。

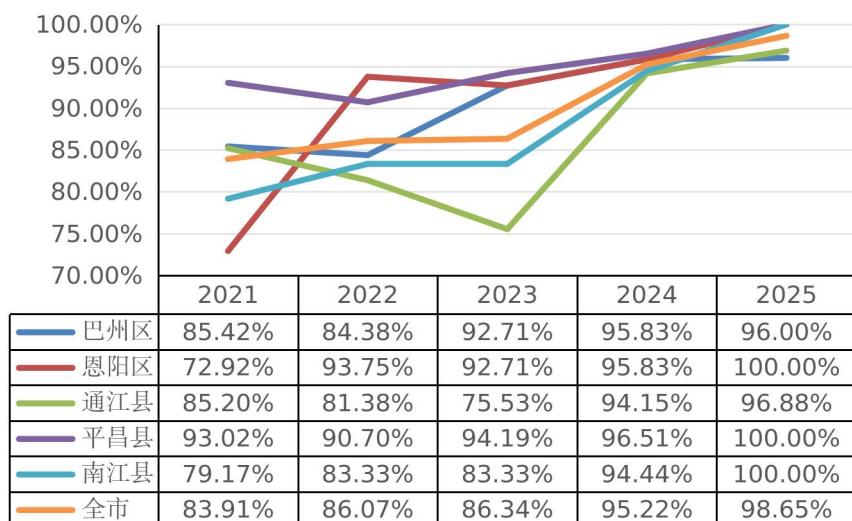


图18 2021-2025年各县（区）农村饮用水总大肠菌群合格情况

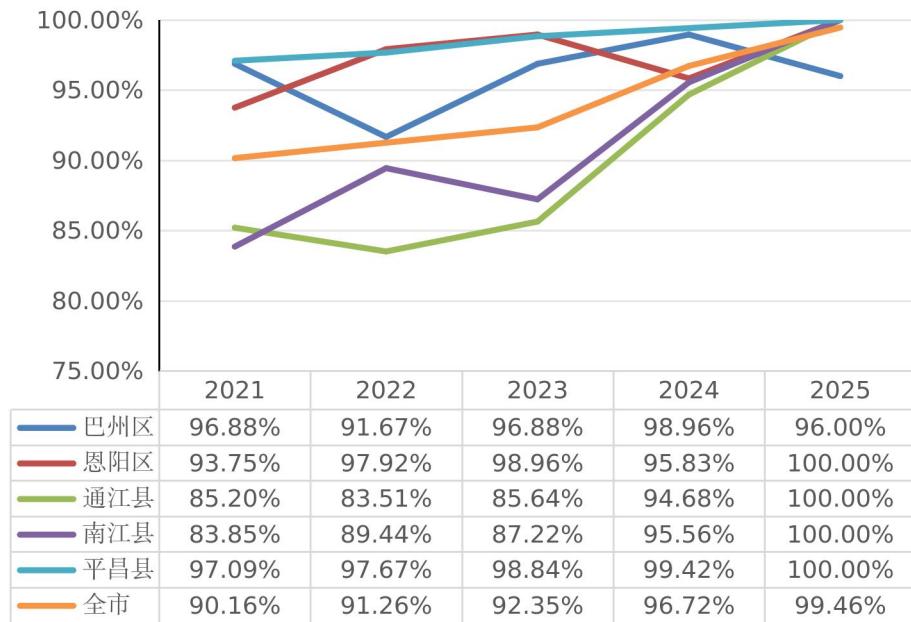


图19 2021-2025年各县（区）农村饮用水大肠埃希氏菌合格情况

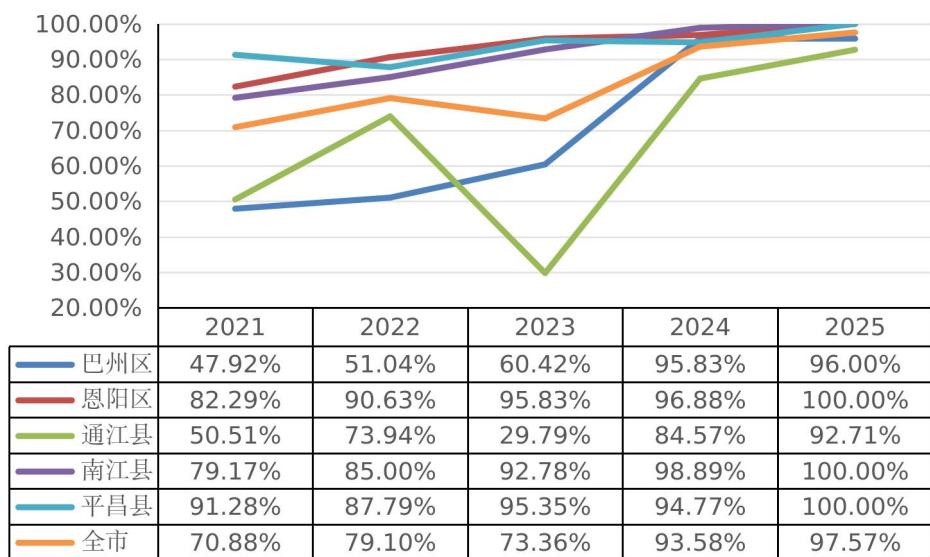


图20 2021-2025年各县（区）农村饮用水菌落总数合格情况

图 21-图 23 从不同供水规模来看，各供水规模供水单位总大肠杆菌合格率均呈上升趋势，V型供水规模合格率上涨幅

度最大（43.64个百分点），I型供水规模上涨幅度最小（4个百分点）；各供水规模供水单位大肠埃希氏菌合格率均呈上升趋势，V型供水规模合格率上涨幅度最大（36.36个百分点），I型和II型供水规模上涨幅度最小（2个百分点）；各供水规模供水单位菌落总数合格率均呈上升趋势，IV型供水规模合格率上涨幅度最大（33.31个百分点），I型供水规模上涨幅度最小（2个百分点）

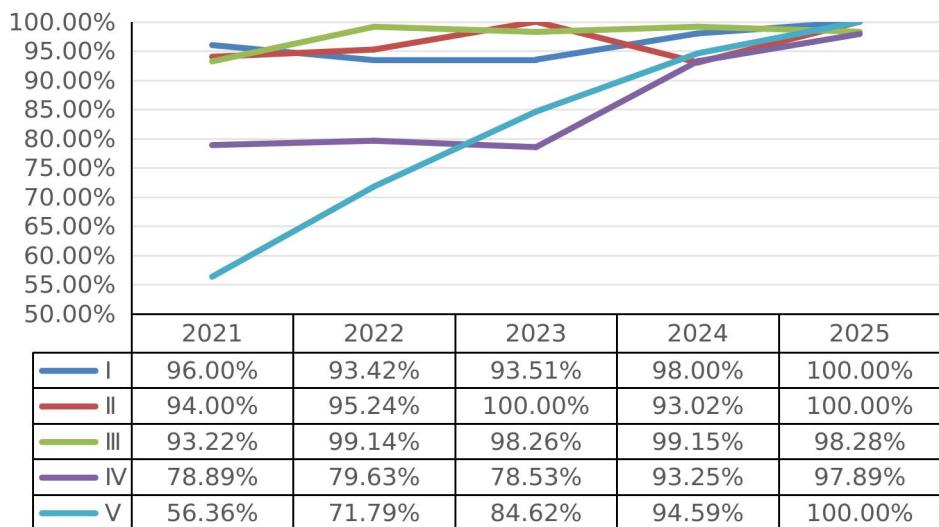


图21 2021–2025年各供水规模供水单位农村饮用水总大肠菌群合格情况

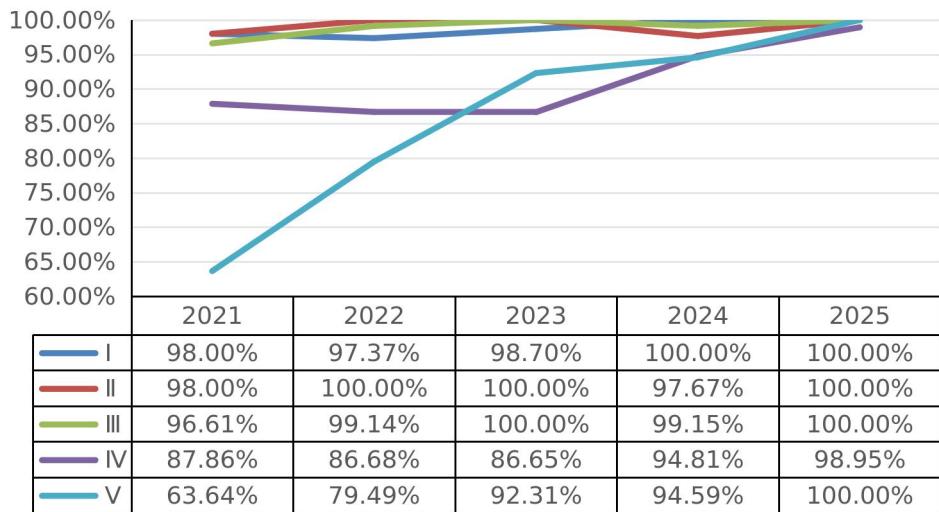


图22 2021—2025年各供水规模供水单位农村饮用水大肠埃希氏菌合格情况

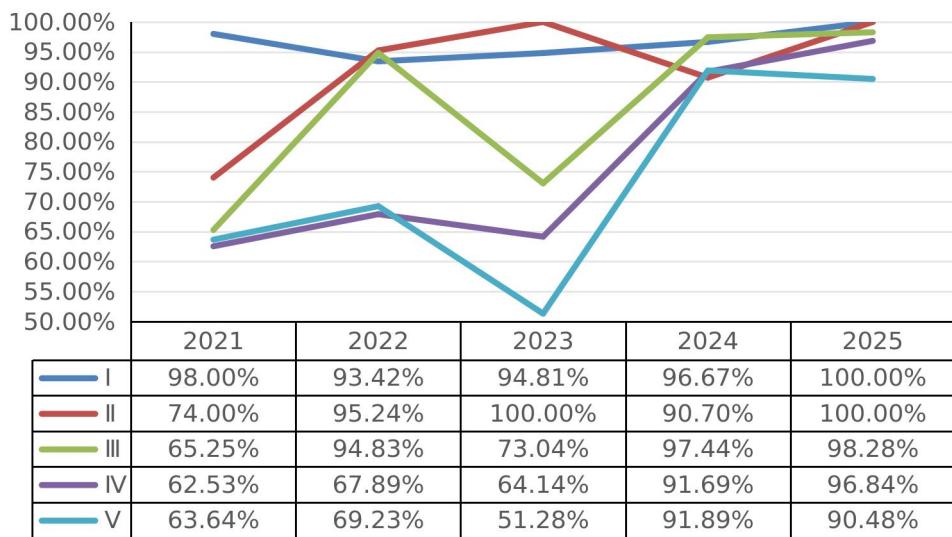


图23 2021—2025年各供水规模供水单位农村饮用水菌落总数合格情况

4.2.3.2 巴中市农村饮用水化学物的健康风险

2025 年度枯水期共采集巴中市农村集中式供水单位出厂水 102 份，其中 As、Cr、Mn、Zn、Hg、三氯甲烷等 6 种风

险因子浓度的中位数分别为 4.5×10^{-5} 、 2.0×10^{-3} 、 3.0×10^{-5} 、 4.5×10^{-4} 、 3.5×10^{-5} ，所检样品中仅有 1 个集中式供水单位的三氯甲烷超标，其余风险因子浓度均未超过《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）规定的限值。风险因子浓度统计见表 11。

应用表 11 的数据结果，根据健康风险评价模型和参数，计算出的巴中市农村饮用水平均个人年非致癌风险见表 12。由表 12 可知，6 种化学物总的平均个人年健康风险介于 $8.32 \times 10^{-7} \sim 2.28 \times 10^{-5}$ 范围内，中位值为 8.32×10^{-7} 。

致 瘤 化 学 物 平 均 个 人 年 健 康 风 险 介 于 $8.32 \times 10^{-7} \sim 2.28 \times 10^{-5}$ ，中位值为 8.32×10^{-7} 。As 通过饮水途径所引起健康危害的个人年风险介于 $6.81 \times 10^{-7} \sim 2.27 \times 10^{-5}$ 的范围内，中位值为 6.81×10^{-7} ；Cr(VI) 的个人年风险介于 $1.51 \times 10^{-7} \sim 3.02 \times 10^{-7}$ ，中位值为 1.51×10^{-7} 。

非 致 瘤 化 学 物 平 均 个 人 年 健 康 风 险 介 于 $5.59 \times 10^{-11} \sim 4.26 \times 10^{-9}$ ，中位值为 5.59×10^{-11} 。三氯甲烷通过饮水途径所引起健康危害的个人年风险介于 $2.84 \times 10^{-12} \sim 4.21 \times 10^{-9}$ 的范围内，中位值为 5.67×10^{-10} ；Hg 的个人年风险介于 $5.51 \times 10^{-11} \sim 1.73 \times 10^{-10}$ ，中位值为 5.51×10^{-11} ；Zn 的个 人 年 风 险 介 于 $7.09 \times 10^{-13} \sim 1.89 \times 10^{-10}$ ，中位值为 7.09×10^{-13} ；Mn 的个

人年风险介于 $1.01 \times 10^{-13} \sim 3.07 \times 10^{-10}$ ，中位值为 1.01×10^{-13} 。非致癌物通过饮水途径的健康风险从大到小依次为三氯甲烷、Hg、Zn、Mn。

表11巴中市农村集中式供水单位出厂水中风险因子浓度
(mg/L)

风险因子	检出范围	中位数	生活饮用水卫生标准
As	ND~ 1.5×10^{-3}	4.5×10^{-5}	0.010
Cr(VI)	ND~ 4.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	0.050
Mn	ND~ 9.1×10^{-2}	3.0×10^{-5}	0.100
Zn	ND~ 1.2×10^{-1}	4.5×10^{-4}	1.000
Hg	ND~ 1.1×10^{-4}	3.5×10^{-5}	0.001
三氯甲烷	ND~ 8.9×10^{-2}	1.2×10^{-2}	0.060

注：ND表示未检出，以检出限的0.5倍参与统计计算。

表12 巴中市农村集中式供水单位出厂水化学物平均个人年健康
风险

	类型	风险范围	中位数
致癌物	As	$6.81 \times 10^{-7} \sim 2.27 \times$	6.81×10^{-7}
	Cr(VI)	$1.51 \times 10^{-7} \sim 3.02 \times$	1.51×10^{-7}
	R _n	$8.32 \times 10^{-7} \sim 2.28 \times$	8.32×10^{-7}
非致癌物	Mn	$1.01 \times 10^{-13} \sim 3.07 \times$	1.01×10^{-13}
	Zn	$7.09 \times 10^{-13} \sim 1.89 \times$	7.09×10^{-13}

Hg	$5.51 \times 10^{-11} \sim 1.73 >$	5.51×10^{-11}
三氯甲烷	$2.84 \times 10^{-12} \sim 4.21 >$	5.67×10^{-10}
R _c	$5.59 \times 10^{-11} \sim 4.26 >$	5.59×10^{-11}
总计	R _T	$8.32 \times 10^{-7} \sim 2.28 >$

5 讨论

5.1 水源保护

研究结果显示，巴中市农村饮用水以地表水为主要水源，地表水水源类型以水库为主，其次为江河、溪水。从水源保护效果来看，99.12%的供水单位水源划定了保护区，92.98%的供水单位水源有卫生防护设施，85.96%的供水单位水源有明显警示标志，90.35%的供水单位对水源地进行按时巡查，96.49%的供水单位水源一级保护区内不存在排入工业废水或堆放废渣等污染水源的活动。总体来看，巴中市农村饮用水水源管理状况较好，但仍存在一些亟待改进的方面。一是尽管大部分供水单位划定了水源保护区并设置了卫生防护设施与警示标志，但防护设施和警示标志的维护与更新尚需加强；二是部分供水单位虽按时对水源地进行巡查，但巡查的频次和深度仍有提升空间，例如可增加夜间巡查和不定期抽查，以便及时发现并处理潜在污染源；三是虽然大部分供水单位水源一级保护区内未发现明显的工业废水排放或废渣堆放现象，但仍需警惕农业面源污染及生活污水违规排放等问题，在实地调查中，研究者就发现数起居民将抽水管直接接入饮用水水源用于灌溉农

田的情况；四是供水保障有待加强，在今年长期干旱的极端天气影响下，农村饮用水水源的水位变化显著，出现了大面积的干涸现象，严重影响了农村居民的日常用水，部分依赖单一水源的供水单位和乡镇甚至面临断水危机，暴露出水源储备和应急供水能力的不足。

5.2 水处理工艺和构筑物

巴中市农村集中式供水单位在整体水处理工艺使用和构筑物状况方面表现较好，但运营时间过长或供水规模较小的供水单位存在一定的工艺技术落后和水处理设施设备老化问题。

工艺技术落后表现在这些供水单位受限于资金不足和技术更新滞后，仍采用过时和不完整的水处理工艺，如只进行简单的沉淀、过滤，缺乏消毒和混凝环节。调查结果显示，巴中市**114**个农村集中式供水单位，自最后一次改扩建后平均正式运营时间为**10.05**年，正式运营时间超过**15**年的供水单位有**17**个，这些供水单位中仅有**58.82%**的供水单位使用完整的水处理常规工艺。同时数据显示，随着供水规模的减小，供水单位使用完整工艺的比例在下降，I型和II型供水工程全部使用了完整的常规水处理工艺，而V型供水工程使用完整工艺的比例仅为**28.57%**，且**14.29%**的V型供水工程无消毒设备或未使用消毒设备。

水处理设施设备老化表现在部分供水单位的水处理设施设备出现管道锈蚀、斜管堵塞、过滤材料流失等问题。前文各供

水规模供水单位水处理构筑物基本情况结果显示供水规模较大的供水单位水处理设施的完好程度和清洗维护要优于小规模供水单位。

同时，由于一些供水单位在水处理工艺运行管理方面存在不足，缺乏专业的技术人员进行操作和维护，导致工艺参数控制不准确，如加药量不合理、消毒时间不足等问题频发。而且，对于水处理过程中的水质监测不够及时和全面，不能及时发现和处理潜在的水质问题。值得注意的是，本次调查发现，即便是设备先进、管理制度完善的大型水厂，由于设备维护技术难度大、成本高等原因，也时常面临部分设备带病运行的情况，影响饮水安全。这些问题可能导致供水单位对水源中各类污染物的去除效果有所下降，给农村集中式供水带来了一定的安全隐患。

5.3 供水管网与调节构筑物

研究结果显示，**114**个农村集中式供水单位管网的漏损率平均为**23.61%**，远高于住建部发布的《城镇供水管网漏损控制及评定标准》规定的二级漏损率**12%**，显示出巴中市农村供水管网漏损问题较为突出。这可能来自两方面的原因，从供水维护管理来看，**28.07%**的供水单位未对供水管网压力进行监测，**17.54%**的供水单位无定期巡查和事故反应机制，这可能导致管网故障发现不及时，维修滞后，进一步加剧了漏损情况。同时，部分供水单位在管网改造和更新方面投入不足，老旧管

网占比高，材质落后，不仅增加了漏损风险，还可能因腐蚀、破裂等问题影响水质安全。值得注意的是前文中结果显示中小型规模的供水单位漏损率要小于大型供水单位，这可能与中小型供水单位管网长度相对较短、管理相对集中有关，而大型供水单位管网分布范围广、管理难度大，导致漏损率较高。

在调节构筑物方面，大多数供水单位维护情况较好，数据显示 **94.74%** 的供水单位调节构筑物卫生防护条件达到一般及以上，**83.33%** 的供水单位对调节构筑物一年清洗 **2** 次以上。但是，由于农村居民用水量的减少，在用水低谷期，部分小型供水单位调节构筑物存在水体滞留时间过长的问题，这可能导致水质二次污染的风险增加。特别是那些缺乏有效循环和更新机制的调节池或清水池，更容易成为微生物滋生和有害物质积累的场所。这些问题都需要在后续的供水管网与调节构筑物建设改造中加以解决。

5.4 水质检测

研究结果显示，仅有 **42.11%** 的供水单位进行日常水质自检，检测频率以 **1~2** 天一次为主，自检项目相对单一，主要对 **PH**、消毒剂余量和浑浊度等指标进行检测，未能全面覆盖各类可能影响水质安全的关键指标，并且多是针对出厂水和末梢水进行检测，极少对水源进行自检，离《村镇供水工程技术规范》要求的指标检测项目和频率相去甚远。

从监测能力来看，绝大部分供水单位缺乏必要的水质检测设备和专业检测人员，导致日常自检数据准确性和可靠性受限。从不同供水规模来看，大型供水单位在制定水质监测制度和水质年报制度、进行日常水质检测等方面都要优于小型供水单位，一些小型供水单位依赖经验判断水质状况，难以做到科学、精准的水质把控。而且，供水单位水质监测实验室的建设水平参差不齐，仪器设备的先进性和完整性不足，影响对复杂水质问题的分析和判断。

5.5 供水单位管理

数据显示，**20.18%**的供水单位卫生许可证调查时不在有效期内，**12.28%**的供水单位供管水人员无有效健康证明，这暴露出主管部门监管缺失与供水单位内部管理不善的双重漏洞，影响供水安全保障。同时，在供水单位的日常运营管理中，还存在一些其他问题。例如，**46.49%**的农村供水单位缺乏完善的清洗、消毒、检修等管理制度，**21.93%**的农村供水单位缺乏应急预案，在面对突发饮用水污染事件时，可能无法迅速、有效地采取应对措施，导致污染范围扩大，影响更多居民的用水安全。此外，农村供水单位在监控系统与药剂管理方面存在明显短板，前文数据显示仅有**49.12%**的供水单位配备监控器且正常使用，**26.31%**的供水单位絮凝剂存放规范，**34.21%**的供水单位消毒剂存放规范，且多数单位未建立药剂出入库登

记制度，无法追溯药剂使用量与有效期，存在过期药剂误用风险。

值得注意的是，上述提到的卫生证件缺失和监控管理不到位问题在不同供水规模间存在明显差异，大型供水单位明显优于小型供水单位。但在药剂管理混乱方面，不同规模的供水单位差别并不明显。这一现象可能是由于大型供水单位资金充足、管理体系完善、技术团队专业，在硬件投入和制度执行上优势明显，规范化工作落实更到位。但药剂管理涉及操作精细化、人员规范性和安全意识普及，无论大小单位，若缺乏系统培训、标准作业程序和内部监督，药剂储存、投放、记录等环节易疏漏，成为供水安全潜在风险。因此，提升农村供水安全水平，既要加强小型单位基础能力建设，更要推动所有单位建立并严格执行关键操作流程的统一、精细化管理标准，补齐日常管理短板。

5.6 巴中市农村饮用水健康风险

2021 年-2025 年的农村饮用水水质合格率整体呈上升趋势，2025 年水质合格率达到 92.16%，不合格指标包括微生物指标、毒理指标、感官指标性状和一般化学指标、消毒剂指标等，其中以微生物指标和浑浊度检出或超标最为常见。微生物指标超标可能源于饮用水受到人畜粪便、生活污水等污染，导致水中大肠菌群、菌落总数等超标，这类污染在卫生防护设施不完善、水源保护区管理不到位或供水管网破损的情况下尤

为突出。而浑浊度超标则多与水处理工艺不完善或管网漏损导致泥沙、铁锈等杂质混入有关。因此尽管当前水质合格率显著提升，但微生物和浑浊度问题持续出现，说明部分供水单位在水源保护、水处理工艺运行及管网维护等环节仍存在薄弱点，需通过强化全过程管理来巩固水质改善成果。

此外，农村饮用水中化学物的健康风险评价结果显示 6 种化学物的健康风险因子对人体总的平均个人年健康风险介于 $8.32 \times 10^{-7} \sim 2.28 \times 10^{-5}$ 范围内，小于美国环境保护署推荐的最大可接受风险水平 1.0×10^{-4} ^[18]，处于较低风险水平，提示饮用水中的化合物不太可能会对人体造成健康损害。本研究化学致癌物 **As**、**Cr(VI)** 的健康风险远大于非致癌物，而 **As** 的健康风险又显著高于 **Cr(VI)** 的健康风险，由此可见 **As** 是巴中市农村饮用水化学物的主要健康风险因子，应重点对其进行长期监测。

综上所述，巴中市农村饮用水存在以下问题：（1）水源保护区管理维护不足与应急保障不利；（2）水处理工艺落后与设施设备老化问题突出；（3）水质自检能力薄弱；（4）供水单位管理制度不完善，监督机制缺失；（5）微生物指标、浑浊度和 **As** 是巴中市农村饮用水的主要健康风险因子。

6 建议

6.1 加强水源保护区管理与水源工程建设

①定期对防护设施和警示标志进行检查和维护，确保防护设施完好有效，警示标志清晰可见。②供水单位应制定更为科学合理的水源巡查制度，增加巡查频次，加强对巡查人员的培训，提高其发现和处理问题的能力。③相关部门应加强与农业、环保等部门的协同合作，共同制定并实施有效的污染防控措施。④政府要加快推进河（库）水系和应急备用水源工程建设，建立高效的跨区域的水资源调度机制，打破区域水资源“分割壁垒”，加快形成多水源互为补充、互联互通的跨区域供水格局，确保在极端天气条件下，农村居民的用水需求仍能得到可靠保障。

6.2 推动城乡供水一体化，加强人才培养与监管体系建设

①供水主管部门应按照“城乡供水一体化、农村供水规模化、小型供水规范化”原则，大力加强规模化供水工程建设，实施城市供水管网延伸和大型水厂管网互联互通，有序推进老化病害供水管网更新改造，加强对大型水厂的管网维护，同时对设施陈旧且有改造必要的供水单位实施分阶段技术改造，重点更新絮凝、沉淀、过滤等核心工艺环节的设备。②供水单位需招聘培养专业技术人员，建立培训体系并定期组织学习交流，制定科学的工艺参数控制标准，加大设备维护技术研发投入，与设备供应商建立长期、及时的技术支持和维护服务关系。

③水质监测相关部门应完善农村供水安全监管体系，定期对供水单位开展设施运行状况评估与水质监测，对水处理设施设备老化严重或运行异常的单位要求限期整改，确保问题早发现、早整改，全面提升农村集中式供水的安全保障能力。

6.3 强化技术与资金保障，加强供水单位水质自检能力

①供水主管部门应加大对供水单位水质自检的支持力度，可以通过财政补贴、技术培训等方式，帮助供水单位配备完善的水质检测设备、培养专业的检测人员，确保日常水质监测工作规范、有效开展。对于供水规模较小、资金和人员不足的供水单位，建立区域水质检测中心，定期对其进行水质检测。②水质监测相关部门应进一步优化水质抽检方案，根据不同地区、不同规模供水单位的实际情况，加强对重点区域、高风险供水单位的监测力度，帮助检测能力低下的供水单位及时发现和解决潜在的水质安全隐患。

6.4 强化监督机制，完善供水单位管理制度

①供水主管部门应加强对供水单位卫生许可证和供管水人员健康证明的监管，定期开展检查和审核工作，对不符合要求的供水单位责令限期整改。②供水单位应建立健全清洗、消毒、检修等管理制度和应急预案，加强应急演练，提高应对突发饮用水污染事件的能力。同时针对监控系统与药剂管理短板，建议供水单位从硬件配置与制度建设两方面改进：一是推进监控系统全覆盖与常态化运行，确保实时监测供水全流程；二是规

范药剂存储与流转管理，设置专用存放区域并执行分类存放标准，建立包含药剂种类、数量、出入库时间及有效期的全要素登记制度，通过溯源管理杜绝使用过期药剂风险。

6.5 优先控制农村饮用水中微生物指标、浑浊度和As

①供水单位需强化消毒环节管理，根据水源水质特点和水处理工艺要求，科学确定消毒剂投加量和消毒时间，确保饮用水中微生物指标稳定达标。②优化水处理工艺，提高对泥沙、铁锈等杂质的去除效率，同时加强供水管网的维护管理，减少因管网破损导致的杂质混入而影响水质浑浊度。③定期对饮用水中As浓度进行监测，确保饮用水中的As浓度符合国家相关标准。

7 参考文献

- [1] 陈亚东, 王亦可, 孙栋元, 等. 2018—2023年甘肃省农村饮用水供水状况和水质变化趋势分析[J]. 现代预防医学, 2024, 51(18): 3428-3433, 3448.
- [2] 胡鞍钢. 中国式现代化道路的特征和意义分析[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2022(1): 21-38.
- [3] “十四五”水安全保障规划[J]. 中国水利, 2022(2): 11-24.
- [4] Liu Q, Deng J, Yan W, et al. Burden and trends of infectious disease mortality attributed to air pollution, unsafe water, sanitation, and hygiene, and non-optimal temperature globally and in different socio-demographic index regions[J]. Global Health Research and Policy, 2024, 9(1): 23.
- [5] Wolf J, Hubbard S, Brauer M, et al. Effectiveness of interventions to improve drinking water, sanitation, and handwashing with soap on risk of diarrhoeal

- disease in children in low-income and middle-income settings: a systematic review and meta-analysis[J]. *The Lancet*, 2022, 400(10345): 48-59.
- [6] Babuji P, Thirumalaisamy S, Duraisamy K, et al. Human health risks due to exposure to water pollution: a review[J]. *Water*, 2023, 15(14): 2532.
- [7] 石鹏, 席淑华. 我国农村生活饮用水卫生现状研究进展[J]. *中国公共卫生*, 2019, 35(10): 1442-1445.
- [8] 叶欢. 巴中市持续推进巩固脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接研究[J]. *新农民*, 2024(35): 7-9.
- [9] Council N R, Earth D on, Sciences C on L, et al. Risk assessment in the federal government: managing the process[M]. National Academies Press, 1983.
- [10] 李滩, 于相毅, 史薇, 等. 欧盟健康风险评估技术概述[J]. *生态毒理学报*, 2019, 14(4): 43-53.
- [11] 黄宏伟, 肖河, 王敦球, 等. 漓江流域水体中重金属污染特征及健康风险评价[J]. *环境科学*, 2021, 42(4): 1714-1723.
- [12] 杨娟, 王琦, 陈晓敏, 等. 2022年淮安市生活饮用水中17种化学物的健康风险评价[J]. *职业与健康*, 2025, 41(17): 2378-2381, 2386.
- [13] 川观新闻. 速读四川省政府工作报告 | 30 件年度民生实事全面完成[EB/OL].(2025-01-20)[2025-10-08]. <https://www.sc.gov.cn/10462/c111480me/2025/1/20/9a4facfbdd2b4a70916ed2cdf72dfb62.shtml>.
- [14] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册 (成人卷)[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.
- [15] Pan S, An W, Li H, et al. Cancer risk assessment on trihalomethanes and haloacetic acids in drinking water of China using disability-adjusted life years[J]. *Journal of hazardous materials*, 2014, 280: 288-294.

- [16]Golden R J, Holm S E, Robinson D E, et al. Chloroform mode of action: implications for cancer risk assessment[J]. *Regulatory toxicology and pharmacology*: RTP, 1997, 26(2): 142-155.
- [17]Butterworth B E, Chlorine Chemistry Council. Science-based risk assessments for drinking water disinfection by-products[J]. *Environmental Research*, 2005, 98(2): 276-278.
- [18]朱莎, 孔祥达, 何漪, 等. 2019—2022 年淄博市饮用水 3 种重金属的健康风险评估[J]. *环境与健康杂志*, 2024, 41(3): 268-270.