

2021–2024 年四川省眉山市城市和农村生活饮用水监测 结果与卫生现状分析

叶 圣 刘兴睿 (通讯作者)

眉山市疾病预防控制中心, 四川 眉山 620010

摘要: 目的 分析眉山市城市和农村生活饮用水卫生情况, 为制定全市饮用水卫生管理措施提供科学依据。方法 现场采集水样, 依据《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750–2006 和 GB/T 5750–2023) 检测, 按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749–2006 和 GB5749–2022) 评价。数据处理分析用 SPSS22.0 软件, 通过 χ^2 比较合格率变化, 检验水平为 $\alpha=0.05$ 。结果 2021 至 2024 年间, 全市共检测水样 3233 份, 整体合格率 93.16%。枯水期、丰水期合格率分别为 94.35%、91.99%, 两者差异有统计学意义 ($\chi^2=7.11, P=0.008$); 城区、农村合格率分别为 99.44%、91.39%, 两者差异有统计学意义 ($\chi^2=56.44, P<0.001$); 出厂水、末梢水和二次供水合格率分别为 89.84%、93.30%、98.80%, 合格率有显著差异 ($\chi^2=8.64, P=0.013$); 出厂水合格率数据为 86.08%、85.71%、93.33%及 96.30%, 合格率逐年升高 ($\chi^2=27.187, P=0.000$); 末梢水合格率分别为 89.34%、92.09%、93.63%和 96.96%, 呈逐年上升趋势 (χ^2 趋势=24.152, $P=0.000$); 年间农村饮水合格率依次为 86.39%、90.17%、93.15%及 96.40%, 逐年上升 (χ^2 趋势=34.579, $P<0.001$)。主要不合格指标为菌落总数、总大肠菌群、大肠埃希菌, 其余问题指标为亚硝酸盐、硝酸盐、游离氯等 13 项指标。结论 眉山市居民生活用水的卫生质量总体上乘, 但微生物污染及部分理化指标超标问题依旧是目前饮用水安全领域面临的主要挑战。今后需从持续强化水源地保护、维护升级管网设施、完善监管措施等方面入手, 全面提升生活饮用水水质质量。

关键词: 生活饮用水; 监测; 合格率; 城市; 农村

眉山坐落于四川盆地西南边缘、成都平原西南, 地处岷江与青衣江之间的扇形区域, 属于典型的山区地貌, 山脉交错、丘陵连绵、水系繁密, 年降水量充沛。全市水库分布广泛, 彭山区、东坡区、天府新区等地为集中区域, 是城区重要饮水来源。彭山区境内设有 1 座中型水库 (即龚家堰水库) 以及 29 座小型水库, 主要负责供应城市及部分农村地区的饮用水源。东坡区秦家河、玻璃江等河流和黑龙江水库同时向眉山市中心城区、仁寿县全域、彭山区等 300 余万人提供生产生活用水。饮水卫生安全与人类健康密切相关, 无论是水中的微生物、化学物、还是放射性核素和矿物质, 均可对人体健康造成影响^[1-2]。例如饮用水中氟含量与儿童氟中毒、氟斑牙有关联^[3], 水中重金属含量可能导致某些细菌具有较高水平的致病性^[4-5], 引起神经系统损伤、肝肾毒性、致癌风险、免疫系统抑制、生殖发育异常等疾病^[6]。数据表明, 全世界约有九亿人口尚未获得纯净的饮用水资源, 在中国, 每年约有二百万例因水污染引发的肠道疾病死亡案例^[7], 此外, 微生物污染可能增加慢性健康风险, 例如微囊藻毒素具有肝毒性, 长期接触可能增加肝癌风险^[8]。本文通过对我市 2021 至 2024 年

间生活饮用水水质监测数据进行详细分析, 探讨水质动态变化原因及现存问题, 依据实际情况提出针对性的改进建议。

1 对象与方法

1.1 对象

眉山市各县 (区) 80 个城市供水监测点, 及 128 个乡镇 264 个农村供水监测点进行市政供水和农村集中式供水水质检测。

1.2 方法

1.2.1 采样依据

依据《生活饮用水标准检验方法》(GB/T5750.2–2006^[9] 和 GB/T5750.2–2023^[10]) 进行采样;

1.2.2 实验室检测方法及评价标准

按照《生活饮用水标准检验方法》(GB/T5750–2006 和 GB/T5750–2023) 执行样本检测。《生活饮用水卫生标准》(GB5749–2022)^[11] 已于 2023 年 4 月 1 日起正式施行, 故在此日期之前的饮用水卫生评价依照《生活饮用水卫生标准》(GB5749–2006)^[12]。

1.3 检测项目及指标

表 1 2021—2024 年水质监测总体情况

年份	检测数量	合格数量	合格率/%	χ^2 值	P 值
2021	833	743	89.20	8.744	0.003
2022	814	750	92.14		
2023	817	773	94.61		
2024	769	746	97.01		
合计	3233	3012	93.16		

表 2 2021—2024 年不同类型水质单因素分析

变量	总数(n = 3233)	合格数 (n = 3012)	合格率 (%)	χ^2 值	P 值
采样水期				7.11	0.008
丰水期	1622	1492	91.99	56.44	<.001
枯水期	1611	1520	94.35		
采样类型					
城市水	712	708	99.44	8.64	0.013
农村水	2521	2304	91.39		
水样类型					
出厂水	256	230	89.84	154.86	<.001
二次供水	83	82	98.80		
末梢水	2894	2700	93.30		
水源类型				0.00	<.001
地表水	3082	2909	94.39		
地下水	151	103	68.21		
供水方式				0.00	<.001
不处理	25	9	36.00		
常规处理	3089	2929	94.82		
机器取水	4	0	0.00	0.00	<.001
仅消毒	115	74	64.35		
消毒方式					
不消毒	29	9	31.03	75.94	<.001
次氯酸钠	44	44	100.00		
复合二氧化氯	1087	1023	94.11		
高纯二氧化氯	2043	1906	93.29	75.94	<.001
其它	30	30	100.00		
实际卫生许可情况					
无	28	14	50.00		
有	3205	2998	93.54		

主要涉及感官性状和一般化学指标：pH、钠、铁、锰、铜、锌、铝、浑浊度、肉眼可见物、色度、臭和味、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、总硬度（以 CaCO_3 计）、耗氧量（ COD_{Mn} 法，以 O_2 计）、高锰酸钾消耗量（以 O_2 计）、氨氮（以 N 计）、氨（以 N 计）、挥发性酚类（以苯酚计）、阴离子合成洗涤剂、土臭素和 2-甲基异莰醇。毒性学指标：氟化物、硝酸盐（以氮计）、氰化物、溴酸盐、亚氯酸盐、氯酸盐、砷、镉、六价铬、汞、铅、硒、三卤代甲烷、二氯乙酸、三氯乙酸、三氯甲烷、四氯化碳。微生物指标：菌落总数、大肠埃希氏菌、总大肠菌群。与消毒有关的指标：二氧化氯、游离氯。

1.4 质量控制

实验室检测，对于每批样品抽取 10% 样品进行平行试验和加入质控样品，确保检测结果准确性。

1.5 统计学分析处理

采取 WPS2023 和 SPSS 22.0 进行数据处理和统计学分

析，不同构成比、率（%）间的差异进行 χ^2 检验，不同年份间合格率趋势进行 $\chi^2_{\text{趋势}}$ 检验，当 $P < 0.05$ 时，认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

2021—2024 年丰水期与枯水期水样数量基本持平，分别为 1622 份和 1611 份，主要以农村水样（2521 份，77.98%）、末梢水（2894 份，89.51%）及地表水源（3082 份，95.33%）为主。共计检测出合格样本 3012 份，合格率为 93.16%；近 4 年采集水源合格率依次为 89.20%、92.14%、94.61% 及 97.01%，水质合格率逐年上升（ $\chi^2_{\text{趋势}} = 8.744, P = 0.003$ ）。见表 1、表 2。

2.2 水质监测总体概况

2021—2024 年丰水期和枯水期合格率分别为 91.99%、94.35%，采样水期分布差异有统计学意义（ $\chi^2 = 7.11, P = 0.008$ ）；采样类型的分布中城市水、农村水合

表 3 2021–2024 年不同采样类型与水样类型水质总体情况

年份	2021			2022			2023			2024			χ^2 趋势	P 值
	检测 数	合格 数	合格率 /%	检测 数	合格 数	合格率/%	检测 数	合格 数	合格率/%	检测 数	合格 数	合格率/%		
采样 类型														
城市	179	178	99.44	173	172	99.42	175	175	100.00	185	183	98.92	1.90 0	0.5 93
农村	654	565	86.39	641	578	90.17	642	598	93.15	584	563	96.40	34.5 79	0.0 00
水样 类型														
出厂水	79	68	86.08	63	54	85.71	60	56	93.33	54	52	96.30	27.1 87	0.0 00
末梢水	732	654	89.34	733	678	92.50	738	691	93.63	691	670	96.96	24.1 52	0.0 00
二次供水	22	21	95.45	18	18	100.00	19	19	100.00	24	24	100.00	7.49 9	0.0 58

表 4 2021–2024 年城乡生活饮用水水质影响因素非条件多因素 Logistic 回归分析

影响因素	β	S.E	Z	P	OR(95%CI)
采样水期					
枯水期	0.38	0.14	2.65	0.008	1.46(1.10~1.92)
采样类型					
农村水	-2.81	0.51	-5.56	<.001	0.06(0.02~0.16)
水样类型					
二次供水	2.23	1.03	2.17	0.03	9.27(1.24~69.24)
末梢水	0.45	0.22	2.06	0.039	1.57(1.02~2.42)
水源类型					
地下水	-2.06	0.19	-10.75	<.001	0.13(0.09~0.19)
供水方式					
常规处理	3.48	0.42	8.2	<.001	32.54(14.16~74.78)
机器取水	-13.99	441.37	-0.03	0.975	0.00(0.00~Inf)
仅消毒	1.17	0.46	2.53	0.011	3.21(1.30~7.90)
消毒方式					
次氯酸钠	18.36	596.42	0.03	0.975	407.44(0.00~Inf)
复合二氧化氯	3.57	0.42	8.47	<.001	35.52(15.55~81.16)
高纯二氧化氯	3.43	0.41	8.35	<.001	30.92(13.81~69.19)
其它	18.36	722.3	0.03	0.98	427.38(0.00~Inf)
实际卫生许可情况					
有	2.67	0.38	6.95	<.001	14.48(6.81~30.79)

格率分别为 99.44%、91.39%,采样类型分布差异有统计学意义($\chi^2=56.44, P<.001$); 水样类型的分布中出厂水、二次供水、末梢水合格率分别为 89.84%、98.80%、93.30%, 水样类型分布差异有统计学意义($\chi^2=8.64, P=0.013$); 水源类型的分布地表水、地下水合格率分别为 94.39%、68.21%, 水源类型分布差异有统计学意义($\chi^2=154.86, P<.001$); 供水方式的分布不处理合格率为 36.00%、常规处理(含混凝、沉淀、过滤、消毒)合格率为 94.82%、机器取水样本仅有 4 份且均不合格、仅消毒合格率为 64.35%,供水方式分布差异有统计学意义($\chi^2=35.21, P<.001$); 消毒方式的分布不消毒合格率为 31.03%、次氯酸钠合格率为 100%、复合二氧化氯(以氯酸盐为原料)合格率为 94.11%、高纯二氧化氯(以亚氯酸盐为原料)合格率为 93.29%、其他处理方式合格率为 100%, 消毒方式分布差异有统计学意义($\chi^2=27.33, P<.001$); 无卫生许可证水样合格率为 50%、

有卫生许可证水样合格率为 93.54%, 在实际卫生许可情况分布上的差异有统计学意义($\chi^2=75.94, P<.001$)。见表 2。

2.3 不同采样类型与水样类型生活饮用水总体情况

2021–2024 年期间,农村地区生活饮用水水质合格率依次为 86.39%、90.17%、93.15%、96.40%, 呈逐年上升(χ 趋势=34.579, $P=0.001$)。出厂水合格率依次为 86.08%、85.71%、93.33%、96.30%, 合格率逐年升高($\chi^2=27.187, P=0.000$); 末梢水合格率依次为 89.34%、92.09%、93.63%、96.96%, 合格率同样逐年上升(χ 趋势=24.152, $P=0.000$); 对于二次供水, 除 2021 年合格率为 95.45%外, 其他年份均保持 100%合格率, 年间合格率差异并无统计学上的显著性($\chi^2=7.499, P=0.058$)。(见表 3)

2.4 生活饮用水不合格情况汇总

根据单因素分析的结果, 选择 $P<.005$ 的变量作为多因素分析自变量, 以水样合格情况为因变量, 采用非条

件 Logistic 进行回归分析和总结结果显示,枯水期、城市、末梢水和二次供水、地表水、常规处理、消毒和有卫生许可证供水单位的饮用水水质为最优(表4)。

4 年合计 221 份检测水样不合格,水样不达标的关键因素是微生物指标,占比 6.81%;其次是部分理化指标(表5)。

表 5 2021—2024 年生活饮用水水质监测不合格指标统计

检测指标	限值 /mg·L ⁻¹	检测份 数	不合格 份数	不合格率 /%
微生物指标				
总大肠菌群	不得检出	3233	105	3.25
大肠埃希氏菌	不得检出	3233	21	0.65
菌落总数	100	3233	94	2.91
毒理指标				
硝酸盐(以 N 计)	0.06	3233	37	1.14
亚硝酸盐	0.7	3233	5	0.15
氯酸盐	0.7	3233	7	0.22
感官性状和一般化学 指标				
色度	15	3233	4	0.12
浑浊度	3	3233	24	0.74
肉眼可见物	无	3233	2	0.06
铜	0.1	3233	2	0.06
铝	0.2	3233	8	0.24
氯化物	250	3233	8	0.24
硫酸盐	250	3233	9	0.28
总硬度(以 CaCO ₃ 计)	450	3233	4	0.12
高锰酸钾指数(以 O ₂ 计)	3	3233	1	0.03
消毒剂常规指标				
游离氯	0.05~2	3233	6	0.19
二氧化氯	0.02~0.8	3233	35	1.08

3 讨论

2021—2024 年眉山市城乡生活饮用水总体合格率为 93.16%,高于漳州市海龙区(63.10%)、惠州市惠阳区(90.09%)及四川省甘孜藏族自治州九龙县(89.22%)等^[13-15],低于濮阳市^[16](93.59%)和福州市^[17](96.88%),年间合格率从 2021 年的 89.20%逐年上升至 2024 年的 97.01%,可能有以下两方面的因素:一方面,2021 年我市开展民生工程改造提升行动,全面推广水质消毒设备,逐年提高农村自来水普及率;另一方面,依托每年“饮用水卫生宣传周”活动,全市开展了全方位、多形式、广覆盖的宣传活动,进一步提高了公众对饮水卫生安全的认识。

检测结果显示,眉山市出厂水和末梢水合格率逐年升高,反映我市在技术升级、管理优化、设施更新和政策保障等多方面取得的综合成效。一是更新处理工艺有效。水厂普遍采用深度处理技术(如臭氧-活性炭、超滤膜等),有效去除有机污染物、氨氮等指标;同时,优化加氯消毒

工艺,抑制管网微生物滋生。二是管网改造“智”撑有力。针对老旧管网导致的二次污染问题,各地大力推进管网更新改造;同时,引入智能监测系统实时调控管网压力,减少爆管风险,保障水质稳定。三是民生工程建设有序。农村地区通过集中建设供水工程、供水管道、完善监测点布局等措施,显著提升了饮用水质量。四是政策资金保障有方。中央和地方政府持续加大对供水基础设施的投入,并通过水价改革、财政补贴等机制保障供水企业可持续发展。

不同类型水样检测结果显示,枯水期水质合格率是丰水期 1.46 倍,差异具有统计学意义($\chi^2=7.11, P=0.008$),与枯水期降雨量减少,地表水流速减缓,不利于污染物扩散与稀释有关,同时枯水期水温通常较低,藻类等水生生物繁殖受限,有助于提高水质。城区生活饮用水水质合格率为 99.44%,农村为 91.39%,高于郭春城^[18]、徐红^[19]、李诚^[20]的研究结果,城市水质合格率高于农村地区,此现象与四川省^[21-22]以及其他众多地区^[23-25]的研究报道大体一致,主要原因为:城乡饮用水基础设施投入、污染控制、检测体系、资金支持及公众意识等方面存在明显差距;个别偏远乡村地区基础设施陈旧落后,普遍存在“重建设、轻管护”现象,甚至存在污水直排、农药过量使用问题。二次供水和末梢水的合格率均在 90%以上,超过出厂水 89.84%合格率,差异具有统计学意义($\chi^2=8.64, P=0.013$),与何旺杰^[24]、张金科^[25]等研究得出结论不同,考虑供水管网建设和维护管理有很大关系。分析结果显示,经过常规处理(含混凝、沉淀、过滤、消毒)、消毒和有卫生许可证的水质合格率高于其他类型,这与国内相关文献^[14-17]表述结论一致。

对不合格水样分析表明,不合格指标主要集中在微生物指标和部分理化指标上,这与陈雯^[26]、王科霖^[27]、姜军阳^[28]和徐艳龙^[29]监测结果一致。其中,微生物指标:细菌(如大肠杆菌、霍乱弧菌)、病毒(如诺如病毒)、寄生虫(如隐孢子虫)超标导致腹泻、呕吐、脱水及其他并发症(如大肠杆菌 O157:H7 感染引起的溶血性尿毒症综合征)产生;重金属引起急性慢性神经系统中毒、消化系统和血液系统及肝肾损伤,例如台湾地区某一研究发现,饮用高砷水人群肺癌死亡率是低暴露组的 3 倍^[30]。长期使用硬水导致皮肤干燥、毛孔堵塞,诱发毛囊炎或痤疮。对于特殊人群:儿童、孕妇、老年人应避免接触污染的水源,定期检测血铅、尿砷等指标以预防可能引起健康危害。

生活饮用水水质安全直接影响居民的健康水平,也是反映居民生活质量和社会经济发展的重要指标^[7]。为切实保障全市居民饮用水安全,有以下建议:一、加强水源地

保护力度。二、完善基础设施建设。三、健全维护升级制度。四、加强宣传培训力度。五、推动优质资源共享。水质卫生是健康的基础防线,需从个人防护到公共政策多层次协同,以降低疾病风险。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献:

- [1] Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda[R]. Geneva: World Health Organization, 2022. [EB/OL]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.
- [2] SHUDUOZ, PENGFEIC, XUEJIE D, et al. Drinking water quality and inflammatory bowel disease: a prospective cohort study[J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023, 30(27).
- [3] TAHER M K, MOMOLI F, GO J, et al. Systematic review of epidemiological and toxicological evidence on health effects of fluoride in drinking water[J]. *Crit Rev Toxicol*, 2024, 54(1): 2–34. DOI: 10.1080/10408444.2023.2295338.
- [4] GHSSEIN G, EZZEDDINE Z. A review of pseudomonas aeruginosa metallophores: pyoverdine, pyochelin and pseudopaline[J]. *Biology*, 2022(11): 1711.
- [5] GHSSEIN G, EZZEDDINE Z. The key element role of metallophores in the pathogenicity and virulence of staphylococcus aureus: A review[J]. *Biology*, 2022(11): 1525.
- [6] 刘静, 李树先, 朱江, 等. 浅谈几种重金属元素对人体的危害及其预防措施[J]. *中国资源综合利用*, 2018, 36(3): 182–184.
- [7] 田强霞. 2018—2020 年新疆生产建设兵团生活饮用水水质卫生监测结果分析[D]. 新疆: 石河子大学, 2022.
- [8] Zhou M, Tu W W, Xu J. Mechanisms of microcystin-LR-induced cytoskeletal disruption in animal cells[J]. *Toxicology*, 2015, 101: 92–100.
- [9] 生活饮用水标准检验方法: GB/T5750–2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [10] 生活饮用水标准检验方法: GB/T5750–2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [11] 生活饮用水卫生标准: GB5749–2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [12] 生活饮用水卫生标准: GB5749–2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [13] 钟伟艺, 江禄庆, 吴永芬, 等. 2018—2021 年漳州市龙海区域城乡饮用水水质监测结果分析[J]. *应用预防医学*, 2023, 29(02): 108–110.
- [14] 唐蒙, 吴小杰, 邹雷, 等. 2021—2023 年重庆市九龙坡区城乡饮用水水质监测分析[J]. *疾病预防控制中心通报*, 2025, 40(01): 58–61+95.
- [15] 张学山, 徐伟兵, 杨维占, 等. 2019—2023 年惠州市惠阳区城乡生活饮用水水质监测分析[J]. *食品安全导刊*, 2024, (20): 73–75+79.
- [16] 刘晓燕, 朱文刚, 赵俊君, 等. 2019—2022 年濮阳市城乡生活饮用水微生物监测结果分析[J]. *环境与健康杂志*, 2024, 41(01): 73–74.
- [17] 王国洪, 宋冰, 李红霞, 等. 贵州省福泉市 2020—2023 年城乡居民饮用水水质卫生监测结果分析[J]. *安徽预防医学杂志*, 2024, 30(05): 417–419+430.
- [18] 郭春城, 赵艳玲, 张美云, 等. 2020—2023 年北京市朝阳区农村生活饮用水监测结果分析[J]. *疾病预防控制中心通报*, 2025, 40(02): 74–77+89.
- [19] 徐红, 韩小娅, 唐佳佳, 等. 2016—2022 年重庆市渝北区饮用水水质变化趋势分析[J]. *环境卫生学杂志*, 2025, 15(03): 198–202.
- [20] 李诚, 程金群, 林虹, 等. 2018—2022 年广州市白云区区域乡饮用水水质监测分析[J/OL]. *环境与健康杂志*, 1–4[2025–04–29].
- [21] 秦岭, 朱鸿斌, 郭虹雨. 2016—2020 年四川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*, 2023, 50(04): 618–622. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202204564.
- [22] 李张, 秦岭, 王桀, 等. 2018 年四川省农村饮用水水质卫生监测结果分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2020, 36(12): 1572–1576.
- [23] 高郭, 杨雅康, 张国清, 等. 2018—2020 年雅安市生活饮用水水质监测结果分析[J]. *职业卫生与病伤*, 2022, 37(02): 100–104+110.
- [24] 何旺杰, 李莉, 许国选, 等. 2022—2023 年河南省南阳市生活饮用水水质监测结果[J]. *现代疾病预防控制*, 2024, 35(08): 639–642.
- [25] 张金科, 秦钰涵, 李丽, 等. 2020 年西部某省农村生活饮用水卫生监测结果分析[J]. *内蒙古医学杂志*, 2024, 56(06): 730–733.
- [26] 陈雯, 李恒, 韩丹丹. 2022—2023 年桂林市农村生活饮用水的微生物指标分析[J]. *中国卫生产业*, 2024, 21(21): 217–220.

[27]王科霖,徐迎春,闫晓维,等.2020—2023 年烟台高新技术产业开发区城乡居民生活饮用水水质调查[J].现代食品,2024,30(23):134-138+145.

[28]姜军阳,孙煜,郭耀,等.2014-2023 年烟台市福山区城乡饮用水水质监测结果分析[J].社区医学杂志,2025,23(03):78-82.

[29]徐艳龙,马蕾,冯晓亮,等.2014—2022 年安徽省城市生活饮用水水质情况分析[J].公共卫生与预防医学,2025,36(02):35-38.

[30]Chiu HF,Ho SC,Yang CY.Lung cancer mortality reduction after installation of tap-water supply system in an arseniasis-endemic area in Southwestern Taiwan[J].Lung Cancer,2004,46(3):265-270.

作者简介:叶圣(1983-),男,汉族,四川省眉山市人,大学本科,眉山市疾病预防控制中心,主管技师,水质和食品检验方向。通讯作者:刘兴睿,工程师,主要从事饮用水污染物监测分析研究。