

2014—2018年大连市农村饮用水水质变化趋势

徐振杰, 张洪轩, 李程程

大连市疾病预防控制中心, 辽宁 大连 116035

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.21090

摘要:

[背景] 随着农村人居环境的日益改善, 饮水安全问题成为公众关注的热点。

[目的] 通过对大连市近年来农村饮用水进行监测, 分析水质变化趋势, 为促进农村改水工作提供科学依据。

[方法] 2014—2018年对大连市425家农村水厂饮用水进行33项常规指标监测, 每年枯水期、丰水期各监测1次, 采集枯水期、丰水期的出厂水和末梢水各1份, 共1700份水样。

[结果] 425家水厂, 合格率为68.47%; 1700份水样, 合格率为72.12%。不同年度检测水样合格率差异有统计学意义($P < 0.001$): 2015年低于2014年, 2015年以后, 水样合格率呈上升的趋势。丰水期水样合格率(67.18%)低于枯水期(77.06%)($P < 0.001$); 出厂水、末梢水水样合格率差异无统计学意义($P > 0.05$); 不同水源水样的合格率差异有统计学意义($P = 0.010$), 以浅井为水源的水样合格率较高(77.56%); 不同处理方式的水样合格率差异有统计学意义($P < 0.001$), 常规处理的合格率最高(90.38%)。单项指标合格率较低的依次是总大肠菌群、硝酸盐、菌落总数、肉眼可见物、浑浊度、氯化物, 合格率分别为85.12%、90.00%、93.12%、98.18%、98.47%、98.94%。

[结论] 大连农村地区2015年以后水样合格率逐步改善。微生物指标和硝酸盐是农村饮用水水质合格率较低的主要指标。

关键词: 农村; 饮用水; 水质; 监测

Trends of drinking water quality in rural areas of Dalian from 2014 to 2018 XU Zhenjie, ZHANG Hongxuan, LI Chengcheng (Dalian Municipal Center for Disease Control and Prevention, Dalian, Liaoning 116035, China)

Abstract:

[Background] With the improvement of rural living environment, drinking water safety has become a hot issue of public concern.

[Objective] Through monitoring the drinking water quality in rural areas of Dalian in recent years, this study analyzes the trend of drinking water quality and provides scientific evidence to improve the quality of rural drinking water.

[Methods] From 2014 to 2018, 33 indicators of drinking water quality from 425 rural water plants in Dalian were monitored, twice a year, once in dry season and once in wet season. A total of 1700 water samples were collected, including one finished water sample and one tap water sample in dry season and wet season respectively.

[Results] Of the 425 water plants monitored, the qualified rate was 68.47%; of the 1700 water samples tested, the qualified rate was 72.12%. The difference of qualified rate among water samples tested in different years was statistically significant ($P < 0.001$). The qualified rate in 2015 was lower than that in 2014, and increased since 2015. The qualified rate in wet season (67.18%) was significantly lower than that in dry season (77.06%) ($P < 0.001$). There was no significant difference in the qualified rate of water samples from finished water and tap water ($P > 0.05$). The qualified rate of water samples from shallow wells (77.56%) was higher than that from other water sources ($P = 0.010$). The effect of conventional water treatment was the best (qualified rate, 90.38%; $P < 0.001$). Total coli form (85.12%), nitrate (90.00%), total number of colonies (93.12%), visible substances (98.18%), turbidity (98.47%), and chloride (98.94%) were the indicators with lower qualified rates.

[Conclusion] Some achievements have been made in water improvement in rural areas of Dalian

作者简介

徐振杰 (1985—), 男, 学士, 副主任医师;
E-mail: hongzhen2004@sina.com

通信作者

徐振杰, E-mail: hongzhen2004@sina.com

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-03-07

录用日期 2021-09-09

文章编号 2095-9982(2021)10-1145-05

中图分类号 R123.1

文献标志码 A

引用

徐振杰, 张洪轩, 李程程. 2014—2018年大连市农村饮用水水质变化趋势[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(10): 1145-1149.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21090

Correspondence to

XU Zhen-jie, E-mail: hongzhen2004@sina.com

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-03-07

Accepted 2021-09-09

To cite

XU Zhenjie, ZHANG Hongxuan, LI Chengcheng. Trends of drinking water quality in rural areas of Dalian from 2014 to 2018[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(10): 1145-1149.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21090

as the qualified rate of water samples is increasing. Besides, microbes and nitrate are the main indicators showing low qualified rates of drinking water in rural areas.

Keywords: rural area; drinking water; water quality; monitoring

饮用水安全至关重要,与人类身心健康息息相关。随着社会的不断进步和经济的飞速发展,现代环境污染物也随之增多,对农村饮水造成污染。为掌握大连市农村地区水厂近年来水质卫生状况,促进农村改水工作,保障农村居民的饮水安全,现对2014—2018年大连市农村地区饮用水监测情况进行分析。

1 材料与方法

1.1 监测样本

采用分层随机抽样方法,于2014—2018年每年枯水期(3—4月)和丰水期(7—8月)在大连市涉农区(市、县)每个乡镇随机选择1~2座水厂进行水质监测,采集出厂水和末梢水各1份。共监测425家水厂,采集水样1700份(每家水厂枯水期、丰水期的出厂水和末梢水各1份)。

1.2 方法

1.2.1 水样采集、检测指标与方法 水样的采集、保存、运输和检测方法严格按GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》相关规定执行。根据GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》,检测指标为色度、浑浊度、臭和味、肉眼可见物、pH、铝、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度、耗氧量、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、砷、铬(六价)、镉、铅、汞、硒、氰化物、氟化物、硝酸盐、三氯甲烷、四氯化碳、菌落总数、总大肠菌群、耐热大肠菌群、大肠埃希氏菌、氨氮,共33项。

1.2.2 评价依据 检测结果按照GB 5749—2006《生活

饮用水卫生标准》进行评价,1项指标不符合即为该水样不合格。每年水厂检测的4份水样(出厂水、末梢水各2份)均合格时认定为合格水厂。

1.3 统计学分析

采用Excel 2003进行数据汇总,通过SPSS 22.0统计软件进行分析,合格率的比较采用卡方检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

2014—2018年大连市涉农区(市、县)农村地区全部水厂水源类型、制水工艺及本次连续5年监测水厂情况见表1。监测的425家水厂水源类型有水库、深井、浅井和泉水四类,以深井为主要水源(53.88%)。监测水厂中供水覆盖人口万人以上的仅有28家,构成比仅为6.59%。监测的425家水厂有常规处理、仅消毒和未处理3种饮用水处理方式,以未处理为主(占52.7%)。

2.2 不同年度的合格情况

2014—2018年监测的425家水厂中有291家合格,合格率为68.47%;检测的1700份水样中1226份合格,水样合格率为72.12%。不同年度监测的水厂组间合格率差异无统计学意义($P=0.054$);不同年度检测水样组间合格率差异有统计学意义($P<0.001$)。2015年水厂及水样合格率较2014年有所下降,2015—2018年水样合格率有逐步改善的趋势。见表2。

表1 2014—2018年大连市农村地区水厂及5年内监测水厂基本情况
Table 1 Basic information of total and monitored water plants in rural areas of Dalian from 2014 to 2018

分类		2014			2015			2016			2017			2018			合计		
		水厂数	监测数	监测比/%	水厂数	监测数	监测比/%	水厂数	监测数	监测比/%	水厂数	监测数	监测比/%	水厂数	监测数	监测比/%	水厂数	监测数	监测比/%
水源类型	深井	356	47	13.20	364	54	14.84	363	39	10.74	341	44	12.90	336	45	13.39	1760	229	13.01
	泉水	95	6	6.32	114	7	6.14	256	10	3.91	254	9	3.54	154	4	2.60	873	36	4.12
	浅井	162	15	9.26	166	17	10.24	188	21	11.17	185	29	15.68	201	35	17.41	902	117	12.97
	水库	17	7	41.18	18	6	33.33	15	7	46.67	13	10	76.92	16	13	81.25	79	43	54.43
	沟塘	0	0	0.00	0	0	0.00	3	0	0.00	3	0	0.00	15	0	0.00	21	0	0.00
制水工艺	常规处理	10	4	40.00	10	4	40.00	12	3	25.00	8	7	87.50	11	8	72.73	51	26	50.98
	仅消毒	138	18	13.04	139	21	15.11	138	19	13.77	129	28	21.71	375	89	23.73	919	175	19.04
	未处理	482	53	11.00	513	59	11.50	675	55	8.15	659	57	8.65	336	0	0.00	2665	224	8.41
合计		630	75	11.90	662	84	12.69	825	77	9.33	796	92	11.56	722	97	13.43	3635	425	11.69

表2 2014—2018年大连市农村地区水厂水样合格情况

Table 2 Qualification of water samples from water plants in rural areas of Dalian from 2014 to 2018

年份	水厂			水样		
	监测数	合格数	合格率/%	检测份数	合格份数	合格率/%
2014	75	54	72.00	300	218	72.67
2015	84	49	58.33	336	215	63.80
2016	77	52	67.53	308	216	70.13
2017	92	60	65.22	368	243	66.03
2018	97	76	78.35	388	334	86.08
合计	425	291	68.47	1700	1226	72.12
χ^2	9.30			56.60		
<i>P</i>	0.054			<0.001		

2.3 不同时期及不同采样部位水样合格情况

枯水期、丰水期水样合格率分别为77.06%、67.18%，差异有统计学意义($P<0.001$)；出厂水、末梢水各检测水样合格率分别为74.12%、70.12%，差异

无统计学意义($P>0.05$)。结果见表3。

表3 2014—2018年大连市农村地区监测水厂不同时期及不同采样部位水样合格情况

Table 3 Qualification of water samples of selected sampling time and sampling sites from water plants in rural areas of Dalian from 2014 to 2018

项目	分类	检测份数	合格份数	合格率/%	χ^2	<i>P</i>
采样时期	枯水期	850	655	77.06	20.64	<0.001
	丰水期	850	571	67.18		
采样部位	出厂水	850	630	74.12	3.38	0.066
	末梢水	850	596	70.12		

2.4 不同水源类型及不同水处理方式合格情况

经过统计学检验，可以得出不同水源类型的水样合格率差异有统计学意义($P<0.05$)；但水厂合格率差异无统计学意义($P>0.05$)。不同处理方式的水厂及水样合格率不同，差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。结果见表4。

表4 不同水源类型和水处理方式的水样合格情况

Table 4 Qualification of water samples by water sources and by water treatment methods

项目	分类	水样					水厂					
		样品数	合格数	合格率/%	χ^2	<i>P</i>	水厂数	构成比/%	合格水厂数	合格率/%	χ^2	<i>P</i>
水源类型	深井	916	633	69.10	11.31	0.010	229	53.88	147	64.19	5.12	0.163
	浅井	468	363	77.56			117	27.53	89	76.07		
	泉水	144	103	71.53			36	8.47	25	69.44		
	水库	172	127	73.84			43	10.12	30	69.77		
水处理方式	常规处理	104	94	90.38	64.72	<0.001	26	6.12	23	88.46	24.86	<0.001
	仅消毒	700	557	79.57			175	41.18	138	78.86		
	未处理	896	575	64.17			224	52.70	130	58.04		
合计		1700	1226	72.12			425	100.00	291	68.47		

进一步分析不同水源类型的水处理方式水样的合格情况(表5)。经过统计学检验，可以得出不同水源类型的不同水处理方式水样合格率差异均有统计

学意义(均 $P<0.05$)；水源为深井、浅井、泉水的水样合格率，仅消毒>未消毒。水源为水库的水样合格率，常规处理>仅消毒、未处理。

表5 2014—2018年大连市农村地区监测水厂各水源类型不同水处理方式的水样合格情况

Table 5 Qualification of water samples by water sources and by water treatment methods from water plants in rural areas of Dalian from 2014 to 2018

分类	常规处理			仅消毒			未处理			χ^2	<i>P</i>
	样品数	合格数	合格率/%	样品数	合格数	合格率/%	样品数	合格数	合格率/%		
深井	0	0	—	432	352	81.48	484	281	58.06	58.10	<0.001
浅井	0	0	—	196	162	82.65	272	201	73.90		
泉水	0	0	—	16	16	100.00	128	87	67.97		
水库	104	94	90.38	56	27	48.21	12	6	50.00	35.48	<0.001
合计	104	94	90.38	700	557	79.57	896	575	64.17	64.72	<0.001

2.5 监测指标合格情况

33项监测指标中，色度、耗氧量、臭和味等27项指标合格率均在99%以上且年度间无差异。合格

率较低的6项监测指标中，以微生物指标合格率最低，其中总大肠菌群合格率为85.12%，菌落总数合格率为93.12%。其次是毒理学指标中的硝酸盐合格

率为 90.00%，影响感官性状和一般化学指标中主要以肉眼可见物 (98.18%)，浑浊度 (98.47%)，氯化物 (98.94%)。不同年度合格率差异有统计学意义的主要监测指标有总大肠菌群 ($P<0.001$)、菌落总数 ($P<0.001$)、硝酸盐 ($P=0.046$) 和浑浊度 ($P=0.013$)。结果见表 6。

表 6 2014—2018 年大连市农村地区水厂主要监测指标合格情况
Table 6 Selected water quality indicators of water samples from water plants in rural areas of Dalian from 2014 to 2018

年份	样品数	总大肠菌群		菌落总数		硝酸盐		氯化物		浑浊度		肉眼可见物	
		合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%	合格数	合格率/%
2014	300	264	88.00	279	93.00	269	89.67	300	100.00	299	99.67	296	98.67
2015	336	262	78.98	290	86.31	298	88.69	336	100.00	325	96.73	331	98.51
2016	308	246	79.87	288	93.51	281	91.23	306	99.35	303	98.38	300	97.40
2017	368	296	80.43	343	93.21	320	86.96	362	98.37	361	98.10	359	97.55
2018	388	379	97.68	383	98.71	362	93.30	378	97.42	386	99.48	383	98.71
合计	1700	1447	85.12	1583	93.12	1530	90.00	1682	98.94	1674	98.47	1669	98.18
χ^2		76.90		43.33		9.68		3.85		12.65		3.06	
P		<0.001		<0.001		0.046		0.146		0.013		0.548	

3 讨论

大连市农村地区供水人口在 200 以下 30 人以上的集中式供水工程占了 71.90%，饮用水以小型集中式供水为主^[1]。本次研究分析了 2014—2018 年大连市农村生活饮用水水质卫生状况，水源以深井水为主，水处理方式以未处理为主。5 年来，水厂合格率为 68.47%，水样合格率为 72.12%。农村生活饮用水水样合格率和武汉市 (74.52%)^[2] 的结果相近。不同年度水厂合格率差异无统计学意义；而不同年度水样合格率差异有统计学意义，2015 年降低至 63.80%。大连市气象材料显示，2015 年阶段性干旱严重，尤其 6 月中旬至 7 月下旬，降水异常偏少，比常年少 8 成，创有气象记录以来历史最低。降水偏少可能造成 2015 年水样合格率下降，但 2015 年后大连市农村饮用水水样合格率有逐年提高的趋势，农村改水工作取得一定成效。

本次调查发现 5 年间丰水期水样合格率低于枯水期，这与丰水期自然气候有关。降水、气温高等有利于微生物的滋生，雨水中含有各种污染物及冲刷地面、垃圾等都会导致水源水质状况变差。此外，丰水期社会上企业生产活动频繁，工业废水增多，并且社会生活垃圾废水等较枯水期增多，也有可能污染水质。不同采样部位末梢水与出厂水的水样合格率差异无统计学意义，说明 2014—2018 年农村生活饮用水从水厂到居民家水龙头整个管网中不存在二次污染，农村供水规模较小，供水管网短，水质发生污染的可能性小。

本次检测显示不同水源的水厂合格率、水样合格

率差异均有统计学意义，说明不同水源合格率不同，地下水源浅井合格率高于其他水源水。大连市地形以山地丘陵多，平原低地少，为水资源严重缺乏的城市之一。浅井水源补给以周围地表水及降水为主，通过自然土壤天然过滤净化，水质优良，污染物较少。不同水处理方式监测结果显示，常规处理效果最理想，经其处理后的水样合格率达 90.38%，为最佳水处理方式。农村地区供水管网老化，年久失修，使用含氯消毒剂可能加大对输水管道内壁腐蚀，从而造成感官性状和一般化学指标超标。

本次检测的 33 项指标中以微生物指标和硝酸盐指标合格率超标为主。与广州市报道的农村生活饮用水结论一致^[3]，这与消毒设备安装率/使用率低，管水人员消毒意识薄弱，缺乏专业知识，消毒技术不专业，管理措施不到位有关。硝酸盐是含氮有机物经过化学反应后分解的最终产物，含量高提示水体受到有机物污染。硝酸盐对人体的危害表现在体内被还原后可形成亚硝酸盐，可导致高铁血红蛋白血症^[4]。世界卫生组织指出摄入含硝酸盐 11.3~22.6 mg·L⁻¹ 的水，可能会引起 1 岁以下婴儿高铁血红蛋白症^[5]。体内的亚硝酸盐还可以在消化道酸性环境下转化为亚硝胺。动物实验表明亚硝胺类物质具有致癌性，此外还具有致畸、致突变作用。硝酸盐超标可能与工业废水、生活垃圾排放污染和大量种植果树而较多使用化肥有关。本次研究中，硝酸盐在枯水期、丰水期的含量并无明显差异，2014—2018 年的含量相比也没有发生明显变化，提示硝酸盐没有随时间的变化而变化，含量较为稳定。建议超标严重的水厂革新制水工艺或更换水

源,防止因硝酸盐超标而导致相应的健康风险。

一般来说,饮用水浑浊度可能是由水源水中颗粒物未经充分过滤造成,或者是输配水系统中沉积物重新悬浮起来所致^[6],也可能来自地面侵蚀形成的土壤颗粒。肉眼可见物也可能来自源水中悬浮杂物、油膜等。部分水样浑浊度、肉眼可见物不合格的原因可能是水厂的水处理工艺简单、供水管网陈旧又年久失修等造成的。部分水样中氯化物指标不合格,与大连的地理位置、海洋气候有关,也有可能是海水入侵污染了饮用水水源。

保障清洁优质的水源是提供安全卫生饮水的关键。随着城市化建设的加快,农村地区水源受到工业废水、化肥、农药、养殖畜禽粪便等污染,水质越来越差,加之缺乏有效管理,污染现象日趋严重。为进一步提高大连市农村饮用水卫生质量,结合大连市实际情况,建议:①加强落实农村安全饮水工程的质量,改善水处理工艺,尤其确保消毒的有效实施。②水厂管理的责任落实到具体部门并启动问责制,规范管理,配备专业技术人员。③选择优质的水源地,加以管理保护,严禁堆放垃圾、修建渗水厕所、使用有毒有害化肥农药。④定期对管网进行维护,避免输水过程中的污染。⑤政府牵头加强建设、水务、环保、卫生部门的协作,监测信息共享化,加强风险沟通和管理,提高居民饮水安全意识,确保饮水安全和人民身体健康。

参考文献

- [1] 徐振杰,陈禹存,王民. 2010年大连市农村集中式供水工程卫生状况调查[J]. 现代预防医学, 2014, 41(6): 984-987.
- XU ZJ, CHEN YC, WANG M. Survey on hygienic status of rural centralized water supply projects in Dalian city 2010 [J]. Modern Prev Med, 2014, 41(6): 984-987.
- [2] 孙言凤,潘锋,刘俊玲,等. 2015—2017年武汉市农村生活饮用水水质监测分析[J]. 现代预防医学, 2018, 45(14): 2658-2661.
- SUN YF, PAN F, LIU JL, et al. Analysis of rural drinking water quality in Wuhan between 2015 and 2017 [J]. Modern Prev Med, 2018, 45(14): 2658-2661.
- [3] 孙丽丽,钟巍,黎晓彤,等. 2008年—2016年广州市农村饮用水微生物监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2018, 28(22): 2773-2775, 2778.
- SUN LL, ZHONG Y, LI XT, et al. Microbial contamination of drinking water in rural areas of Guangzhou during 2008—2016 [J]. Chin J Health Lab Tec, 2018, 28(22): 2773-2775, 2778.
- [4] 郭占景,杨玲,范尉尉,等. 河北省某县饮用水硝酸盐污染现状调查及评价[J]. 环境与职业医学, 2013, 30(6): 447-449.
- GUO ZJ, YANG L, FAN WW, et al. Evaluation on nitrate contamination status of drinking water in a county of Hebei province [J]. J Environ Occup Med, 2013, 30(6): 447-449.
- [5] 敬燕燕,徐赐贤,谢俊卿,等. 1999—2015年北京市丰台区自备井水硝酸盐污染地区分布特征[J]. 实用预防医学, 2019, 26(10): 1190-1193.
- JING YY, XU CX, XIE JQ, et al. Regional distribution characteristics of nitrate pollution of self-sufficient-well water in Fengtai district of Beijing, 1999—2015 [J]. Pract Prev Med, 2019, 26(10): 1190-1193.
- [6] 李洪兴,张荣,张琦,等. 农村集中式供水末梢水浊度分析[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(1): 20-22.
- LI HX, ZHANG R, ZHANG Q, et al. Turbidity analysis of rural centralized water supply [J]. J Environ Health, 2009, 26(1): 20-22.

(英文编辑:汪源;责任编辑:丁瑾瑜)