

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2017. 06. 10

基于文献计量学的农村饮用水现状研究

李红娜,田云龙,马金莲,李斌绪,朱昌雄

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,北京 100081)

摘要:以 Science Citation Index Expanded (SCI-E) 在线数据库为基础,研究了 1993—2012 年来全球范围内有关农村饮用水的文献报道,并对研究的内容、趋势以及主题进行了系统的分析和评价。自 1991 年开始,与农村饮用水相关的文献报道迅速增加,这表明大众对水质安全的关注度逐渐提升。对作者关键词(author keywords)、附加关键词(keywords plus)、题目(title)及摘要(abstract)的统筹分析表明,砷和硝酸盐是当前农村饮用水中研究最多的污染物,且在未来 10 年内依然是持续关注的对象。印度及孟加拉国的饮用水中砷浓度严重超标,因此也成为农村饮用水研究最热门的区域。根据文献计量分析的结果,风险评价、水处理以及水体污染是当前的研究热点,消毒和吸附是当前研究最多的处理方法。

关键词:农村饮用水;文献计量学;砷;硝酸盐;研究趋势

中图分类号:X52 文献标志码:A 文章编号:1004 - 6933(2017)06 - 0065 - 09

Study on current status of rural drinking water based on bibliometrics

LI Hongna, TIAN Yunlong, MA Jinlian, LI Binxu, ZHU Changxiong

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract:Based on the online database of Science Citation Index Expanded, this paper has studied the worldwide literature report about rural drinking water over from 1993 to 2012. The content, trend and theme of the research in this regard were systematically analyzed and evaluated. Since 1991, the related literature about rural drinking water has increased rapidly, which indicates that the public's attention to water quality is gradually increasing. After synthetic analysis of author keywords, keywords plus, titles and abstracts, arsenic and nitrate are concluded to be the most frequently studied pollutants in rural drinking water at present and will continue to be the focus of attention for the next decade. Arsenic concentrations in drinking water in India and Bangladesh are seriously exceeded, which has become the most popular area for drinking water research in rural areas. According to the results of bibliometric analysis, risk assessment, water treatment and water pollution are the current research hotspots. Disinfection and adsorption are the most studied methods at present.

Key words: rural drinking water; bibliometrics; arsenic; nitrate; research trend

饮水安全,特别是农村饮用水的水质和安全一直是人们关注的问题^[1-2]。根据世界银行的统计,全球有 80% 的农村人口没有安全的饮用水源;在低收入国家中大约有 11 亿人缺乏完善的饮水处理系统^[3]。每年有数百万的人死于由病原体微生物、有毒有害的有机无机污染物、重金属所带来的疾病,因

基金项目:国家自然科学基金(51308537)

作者简介:李红娜(1986—),女,助理研究员,主要从事环境修复、水体深度处理技术等研究。E-mail:lihongna828@163.com

此,农村地区的饮水安全工作任重道远^[4-5]。水质分析、风险评估以及末端水治理等措施的重要性也逐渐显现出来。在印度、孟加拉以及其他发展中国家,饮水安全已经成为非常重要的国家发展战略^[6]。与农村饮用水相关的研究逐渐得到了越来越多的关注。

虽然与农村饮用水相关的文献数量很多,但是鲜有对全球研究数据分析的报道。为了深入了解目前农村饮用水的研究现状,及时把握其发展动向及前沿,以获得最有价值的信息,本文采用文献计量学的方法^[7],通过对文献标题、作者关键词 (author keywords)、附加关键词 (keywords plus)、题目 (title) 及摘要 (abstract) 的综合分析,评价了 1993—2012 年间全球有关农村饮用水的研究及趋势。有关发现可以帮助科研人员更好地了解与饮用水相关的研究现状以及未来的发展方向。

1 数据来源与分析方法

科学引文索引 (Science Citation Index Expanded, SCI-E) 是美国科学信息研究所的网络科学数据库,是文献计量学分析中最常用和最重要的源数据库。本文以 SCI-E 数据库为基础,检索式为 “drink * water” & “rural or countryside or village or agricultur *”,以 2012 年 12 月 31 日为节点共查到 3 627 篇文献。这些文献同时包含了与 “drinking water”, “drinking waters”, “drinkable water”, and “drinkable waters” 及 “rural”, “countryside” or “village” or “agriculture” or “agricultural” 等有关的内容,下载的内容涵盖了所有文献的作者名称、通讯地址、标题、发表年份、作者关键词、附加关键词、摘要、web of science 分类以及发表期刊的名称等信息。利用 Excel、SPSS 等软件研究论文的年度发表数量变化、类别分布、研究机构及作者的分布;利用词组聚类分析法^[7]对作者关键词及附加关键词进行分隔确定,之后按照 4 个阶段 (1993—1997、1998—2002、2003—2007、2008—2012) 统计主要关键词的出现频次并排序;最后,将作者关键词、附加关键词、论文题目、摘要等信息作为一个整体统计主要关键词的出现频次及排序,以评价当前的研究热点以及未来的研究趋势。其中,具有相同或相近含义的词或词组统一合并成为一个关键词,比如, “drinking water *” 包括 “drinking water”, “drinking waters”, “drinking-water”; “groundwater *” 代表 “groundwater”, “groundwaters”, “ground water”, “ground waters” 及 “ground-water” 等 (* 代表单数和复数形式)。

2 结果与讨论

2.1 论文发表数量、方向、机构及作者分析

近几十年来有关农村饮用水的研究极速增加,从 1927 年的 1 篇增加到 2012 年的 337 篇 (图 1)。1927 年 Lara^[8]描述了菲律宾农村地区由饮水污染引起的霍乱暴发,并由此向全世界发出了对水质安全的警告,这是与农村饮用水相关的第一篇文献。自 1991 年起,与农村饮水相关的文献数量显著增多,单篇文献的被引次数最多的分别在 1984、1998 和 2002 年,研究重点在硝酸盐^[9]、氮磷^[10]以及有机污染物^[11]。1984 年 Dorsch 等^[9]研究了南奥地利农村地区的先天畸形病例与饮用水水质的相关关系,并推测这可能与硝酸盐诱导的畸形病变有关。Carpenter 等^[10]指出水生态系统中的氮磷主要来自于农业生产和城市活动,如果按照当前的排放情况,流域水体的面源污染状况一定会发生恶化。Kolpin 等^[11]提供了美国第一份全国范围内有关天然水体中药物、激素及其他污染物的分布及浓度清单,并且指出它们对人体健康存在重大的安全隐患。

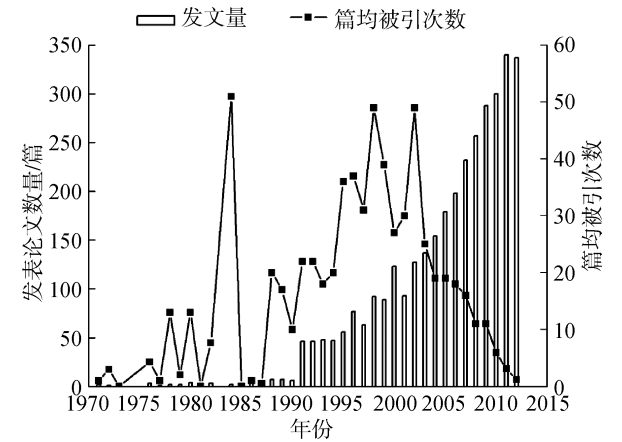


图 1 “农村饮用水”主题逐年发文量及篇均被引次数 (SCI-E, 1970—2012 年)

根据期刊引文报告 JCR 发布的研究方向分类,在 1927—2012 年间,与农村饮用水相关的文献分布于 143 个 SCI 主题类别中。其中,数量分布最多的 3 个主题类型分别为环境科学 (1401, 22.2%)、水资源 (902, 14.3%)、公众、环境与职业健康 (637, 10.1%)。文献计量分析的结果表明,所研究时间范围内农村饮用水相关的文献分布于 337 个不同的期刊中,其中, *Water Science and Technology* 的发文量最多 (106, 3.1%), 其次是 *Environmental Monitoring and Assessment* (86, 2.5%)、*Desalination* (77, 2.3%) 及 *Science of the Total Environment* (77, 2.3%)。

在 1927—2012 年间,来自瑞典卡罗林斯卡研究

院的 Marie Vahter 就农村饮用水发表的 SCI 文章数最多(30, 0.89%);来自“台北中央研究院”的 Chen Chien-Jen 发文量次之(26, 0.77%);哥伦比亚大学的 Alexander van Geen(26,0.77%)、印度贾达普大学的 Dipankar Chakraborti(23, 0.68%)以及孟加拉国夏加拉尔科技大学的 Mahfuzar Rahman(21, 0.62%)依次位列第3~5名。在所有作者中,有9379位(总作者数的84.55%)在1927—2012年间仅发表了一篇文章。

进一步,通过通信作者的信息来分析不同机构的贡献。在1927—2012年间有关农村饮用水的文献中,有3222篇文献含有通信作者的信息,包含了1768家机构。在这些机构中,有1247家机构(38.7%)仅发表过一篇文章。发文量最多的机构是美国加州大学(68, 2.1%),其次依次为美国农业部(64, 2.0%)、中国科学院(59, 1.8%)、伦敦大学(56, 1.7%)以及哥伦比亚大学(47, 1.5%)。

2.2 作者关键词分析

近一两年内有关文献计量的文章不断增多,但是有关研究趋势的报道还比较缺乏。在1993—2012年有关农村饮用水的3238篇文献中,有2485篇(76.7%)含有作者关键词。以此为基础,每5年

作为一个阶段,对其中的作者关键词进行计数、排序(表1)。使用最频繁的关键词包括地下水(groundwater*)、砷(arsenic)、水质(water quality)、硝酸盐(nitrate*)、水体污染(water pollution)和农药(pesticide*)。尽管地球上的地下水仅占全球水资源的0.6%,但是它却是农村地区和城市地区最主要也是优先选用的饮用水源,特别是在像印度之类的发展中国家。已有的调查表明,印度农村地区80%的饮水需求和50%的农业需水均来自地下水^[12]。然而,随着由于城市化和工业化的发展,地下水的污染越来越严重^[13-14]。

经分析,砷、硝酸盐和农药是饮用水中普遍存在的污染物;此外,氟化物、重金属以及大肠杆菌(*E. coli**)等也是出现次数较多的作者关键词。在第一个5年阶段(1993—1997年)中,前25个最频繁使用的作者关键词中没有出现孟加拉(Bangladesh),但是之后有关孟加拉农村饮水的研究越来越多(表1)。作者关键词的分析表明,“砷”(arsenic)、“硝酸盐”(nitrate*)、“农药”(pesticide*)、“氟化物”(fluoride*)、“重金属”(heavy metal*)及“大肠杆菌”(E. coli*)是农村地区最普遍存在的污染物质。

表1 在1993—2012年间引用频次最高的前25个作者关键词(5年为一个阶段)

关键词	P_T /篇	1993—1997年		1998—2002年		2003—2007年		2008—2012年		1993—2012年	
		<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%
地下水(groundwater*)	292	1	12.0	4	10.0	1	12.0	3	10.0	1	13.0
饮用水(drinking water*)	275	3	10.0	1	11.0	2	11.0	2	13.0	2	10.0
砷(arsenic)	225	8	5.2	7	6.7	3	9.1	1	13.0	3	8.0
水质(water quality)	188	4	10.0	2	10.0	4	7.6	4	7.3	4	6.6
硝酸盐(nitrate*)	149	5	9.2	3	10.0	5	6.0	5	4.9	6	5.2
水污染(water pollution)	142	10	4.6	5	9.1	6	5.7	6	4.6	5	5.5
农药(pesticide*)	104	2	11.0	6	6.5	7	4.2	9	2.8	9	3.1
氟化物(fluoride*)	88	7	5.9	8	4.0	8	3.5	9	2.9	7	3.5
水体(water*)	86	4	10.0	2	10.0	9	3.5	4	7.3	4	6.6
孟加拉(Bangladesh)	70	N/A	N/A	15	2.1	10	2.8	8	3.6	10	2.9
重金属(heavy metal*)	69	78	0.7	25	1.6	11	2.7	9	2.9	8	3.3
农业(agriculture*)	62	12	3.3	12	2.4	12	2.5	12	2.7	13	2.3
供水(water supply)	55	11	3.9	12	2.4	13	2.2	14	2.4	17	1.8
印度(India)	54	29	1.3	87	0.5	14	2.2	13	2.6	12	2.5
地表水(surface water*)	53	29	1.3	25	1.6	15	2.0	21	1.6	13	2.3
地下水质(groundwater quality)	44	78	0.7	35	1.1	15	1.8	23	1.4	13	2.3
传染病(epidemiology)	39	6	6.5	12	2.4	17	1.6	29	1.1	35	1.0
大肠杆菌(E. coli*)	39	78	0.7	219	0.3	17	1.6	16	1.9	16	1.9
风险评估(risk assessment)	38	78	0.7	25	1.6	19	1.5	15	2.0	22	1.4
土壤(soil)	36	29	1.3	18	1.9	20	1.4	16	1.9	26	1.1
氟中毒(flucrosis)	35	29	1.3	18	1.9	21	1.4	37	1.0	20	1.5
儿童(children)	34	29	1.3	15	2.1	22	1.4	20	1.7	35	1.0
地理信息定位(GIS)	33	78	0.7	50	0.8	23	1.3	29	1.1	18	1.7
风险因子(risk factors)	31	18	2.0	11	2.7	24	1.2	53	0.9	35	1.0
公众健康(public health)	31	78	0.7	18	1.9	24	1.2	37	1.0	23	1.3

注： P_T 为总文章数;*R*为排序;*P*为在所有附加关键词中出现的百分比;N/A表示无相关报道。

2.3 附加关键词分析

附加关键词是从施引文献的题目及备注等信息中挖掘的关键词,对原始的题目关键词与作者关键词提供补充和完善的作用。在 1993—2012 年间发表的 3 228 篇与农村饮用水相关的文献中,有 2 610 篇(80.6%)含附加关键词。除了本文的检索词“饮用水”(drinking water*)外,“地下水”(groundwater*)和“水体污染”(water pollution)是使用最频繁的前两个附加关键词(表 2)。含有“印度”(India)、“孟加拉邦”(West-Bengal)及“孟加拉国”(Bangladesh)的文献数量的排序和占比分别从 1993—1997 年的第 26 (1.7%)、0、第 56 (1.1%)上升到 2008—2012 年的第7 (5.1%)、第 9 (4.5%)、第 11 (4.0%),表明这些地区的农村饮水问题吸引了越来越多的关注。另外,最频繁使用的附加关键词还包括了“exposure”,“quality”,“risk”和“health”。地下水的砷污染对全球的公众健康造成了极大的影响,砷污染的地下水已经造成全球特别是孟加拉共和国、印度孟加拉邦等地区砷中毒相关的疾病问题^[5]。据不完全统计,在中国有 43.2%的疾病以及 23.7%的婴儿死亡与地下水的氟污染相关^[15]。在乌拉圭的很多农村地区,饮用水中含异常高浓度的硝酸盐

(< 200 mg/L) 和氟化物 (< 5 mg/L),除了口感(苦咸水)、感官(色度)等问题外,更严重的是对饮用者的身体健康存在极大的健康风险^[13]。因此,从这些关键词在 5 个阶段的变化趋势可以看出安全饮水的关注度正在逐渐提升。在第 1 个阶段中没有出现“disease”和“removal”,但之后它们的排序和百分比持续上升,在 2008—2012 年间分别达到第 26 (2.5%)、第 21 (2.9%),表明有关疾病和去除率的问题也逐渐得到了重视。

2.4 研究热点分析

如前所述,为了使得热点分析更全面可靠,将文章标题、作者关键词、附加关键词、摘要综合起来进行聚类分析^[7]。之后,将含义相似或相近的单词、短语合并成一个词组,并进行分组和排序。图 2 中所列出的词语包含了它们的单复数形式、简称、其他时态格式以及含义相近的词语。

与 2.2 中的分析结果相同,砷、硝酸盐、氟化物、重金属和大肠杆菌是饮用水相关研究中最受关注的污染物(表 2)。天然水体中超过安全阈值的砷是当前全球范围内困扰饮用水安全的一个问题。已有的研究表明,水源水中无机态的砷被检测到的概率最高^[16]。长期饮用含砷的水引起皮肤、肺部、膀胱、肾脏相关的癌症以及色素改变等多种疾病^[5,14]。如

表 2 在 1993—2012 年间引用频次最高的前 25 个附加关键词统计

关键词	<i>P_T</i> /篇	1993—1997 年		1998—2002 年		2003—2007 年		2008—2012 年		1993—2012 年	
		<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%	<i>R</i>	<i>P</i> /%
饮用水 (drinking water*)	748	1	20	1	19	1	29	1	30	1	32
水体污染 (water pollution)	280	4	4.4	5	6.2	2	11	2	12	2	12
地下水 (groundwater*)	222	4	4.4	3	6.7	3	8.5	3	10	3	9.2
水体 (water*)	222	2	8.9	2	11	3	8.5	2	12	2	12
暴露 (exposure)	161	3	6.7	3	6.7	5	6.2	5	6.5	6	5.8
质量 (quality)	134	26	1.7	13	3.4	6	51	10	4.5	5	6.4
印度 (India)	114	26	1.7	11	3.9	7	4.4	11	4	7	5.1
流行病 (prevalence)	110	18	2.2	6	4.7	8	4.2	6	5.5	14	3.6
美国 (United-States)	109	11	2.8	18	2.6	9	4.2	7	5.2	10	4.2
西孟加拉邦 (West-Bengal)	109	N/A	N/A	13	3.4	9	4.2	8	5	9	4.5
孟加拉 (Bangladesh)	96	56	1.1	34	1.6	11	3.7	9	4.8	11	4
风险 (risk)	91	26	1.7	15	3.1	12	3.5	13	3.4	12	3.9
健康 (health)	90	26	1.7	34	1.6	13	3.4	29	2.2	8	4.9
土壤 (soil)	86	9	3.9	6	4.7	14	3.3	15	2.8	18	3.1
大肠杆菌 (E. coli*)	84	26	1.7	34	1.5	15	3.2	14	3.3	13	3.8
人口 (population)	73	56	1.1	9	4.4	16	2.8	51	1.4	16	3.3
硝酸盐 (nitrate*)	72	26	1.7	11	3.9	17	2.8	19	2.6	21	2.9
疾病 (disease)	71	N/A	N/A	18	2.6	18	2.7	12	3.9	26	2.5
氮 (nitrogen)	71	26	1.7	6	4.7	18	2.7	15	2.8	30	2.3
管理 (management)	70	132	0.56	18	2.6	20	2.7	36	1.8	15	3.5
系统 (system)	70	N/A	N/A	76	1	20	2.7	73	1.1	45	1.7
去除 (removal)	65	N/A	N/A	26	2.1	22	2.5	19	2.6	21	2.9
农药 (pesticide*)	64	4	4.5	10	4.1	23	2.5	45	1.5	35	2
吸附 (adsorption)	63	132	0.56	47	1.3	24	2.4	15	2.8	23	2.8
儿童 (children)	63	56	1.1	26	2.1	24	2.4	15	2.8	26	2.5

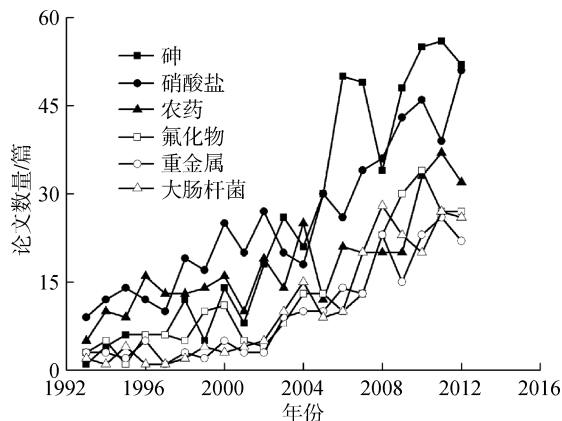


图2 1993—2012年间热点污染物的研究趋势

Mohan 等^[17]所述,砷被当作是毒性的同义词,是 20 世纪和 21 世纪的灾难。第 1 篇有关砷作为农村饮用水中的污染物的文献发表于 2001 年,报道了越南红河冲积平原农村地区的砷污染,自此吸引了越来越多的关注^[18]。研究结果表明,在污染严重的农村地区,直接作为饮用水源的地下水中砷的平均质量浓度为 430 $\mu\text{g/L}$,远远高于 50 $\mu\text{g/L}$ 的标准值;全球有数百万人口正在饮用这类未处理的地下水,面临着慢性砷中毒的风险。因此,切实可行的砷污染治理措施急需建立^[2]。硝酸盐在适度浓度范围内对人体是无害的,但是由于它具有高流动性而容易渗透进入地下水,含高浓度硝酸盐的饮用水会导致人畜特别是新生儿患高铁血红蛋白症^[19-20],因此,有关硝酸盐的农村饮用水研究在整个阶段都保持高速增长趋势。Zhang 等^[20]于 1996 年的研究表明,中国的华北地区自 20 世纪 80 年代开始急速增长的氮肥施用加重了地下水氮污染的风险,地下水和饮用水中的硝酸盐质量浓度达到 300 mg/L ,远超于饮用水标准规定的 50 mg/L ,这篇文章是农村饮用水中硝酸盐污染研究中引用频次最高的。同样,在美国^[19]、非洲^[13]以及其他国家和地区也存在硝酸盐过量的问题。最近的研究报道表明在美国加利福尼亚州一个拥有密集农业的圣华金河谷地区,有 44% 的井水中硝酸盐浓度没有达到美国 EPA 对饮用水的标准;地下水的深度、井的深度与井水中硝酸盐的量密切相关^[21]。基于这些调查与分析,可以从采用氮肥的最佳管理措施、提高大众的环境意识等方面着手改善农村地区饮用水硝酸盐的超标问题。农药、氟化物以及重金属都是农村饮用水中普遍存在的污染物。农药在作物病虫害的预防和缓解中被广泛使用,美国 EPA 农业行业销售与使用报告指出,全球大约使用了 52 亿磅的农药,其中除草剂占到了 40%,其次为杀虫剂(17%)及杀真菌(10%)。近年来越来越多的研究指向了农药对人体的破坏性危

害^[22-24],如在湄公河三角洲,人们通常是从运河或河流取水仅经絮凝煮沸后饮用,这些措施不足以消除其中大量存在的农药,这种长期慢性暴露与该区域的动植物和村民所表现出的疾病具有很高的相关性^[24]。从图 2 可以看出,近年来与氟化物相关的文献数量逐渐增加。已有的研究表明,高浓度的氟化物浓度会造成神经毒害效应,会影响儿童的智力和正常生长^[25]。在印度,受氟中毒影响的人群超过 6 600 万人,其中有 600 万 14 岁以下的儿童^[3];氟中毒已经成为印度分布最广的地球化学疾病,在农村地区,即使饮用水氟化物的质量浓度低至 0.5 mg/L ,依然会出现氟骨症、牙齿疾病等^[12]。在孟加拉国、中国等地也有相似的情况^[26-27]。

在研究热点区域中,有关印度的发文量最多,其次为孟加拉、中国、美国和非洲(图 3)。超过 20 个国家的地下水中检测到高浓度的砷^[17];在堪称最严重砷灾难的印度孟加拉邦,有 3 000 万村民每天饮用着高浓度砷污染的饮用水^[27]。在孟加拉国,有 42 个地区的地下水中砷浓度高于 WHO 的最高允许浓度 50 $\mu\text{g/L}$,当地的村民饱受砷性皮肤病的摧残^[6,14]。

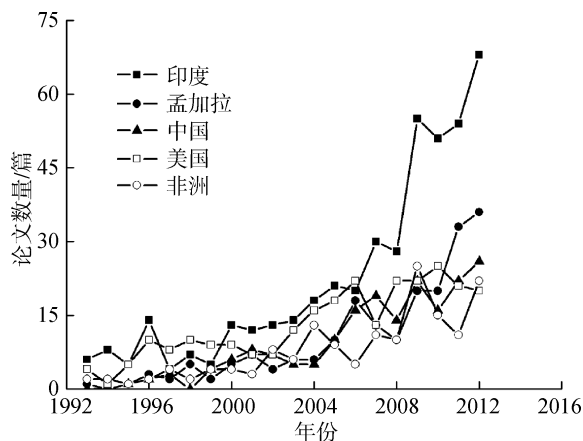


图3 1993—2012年间热门区域的研究趋势

关键词分析的结果表明,农村饮用水领域的研究热点话题包括风险评估(risk assessment)、水处理(water treatment)、水体污染(water pollution)、儿童(children)和公众健康(public health)(图 4)。其中,风险评价具有极高的出现频率,总共有 881 篇文章做了相关研究,仅 2010 年和 2011 年就有超过 90 篇。正是由于当前严峻的“水体污染”形势以及由此必须开展的“水处理”对策使得“风险评价”在整个研究期间都是热门话题。全球有 10 亿多人的安全饮水问题得不到保障,其中大多数在发展中国家;不安全的饮水和卫生状况给环境和人体,尤其是农村地区,带来了多种潜在的健康风险,如砷污染^[17]、细菌污染^[29]、病毒污染^[30]、腹泻^[4,31]及农药暴露

等^[32]。因此通过建立完善的风险管理框架来解决农村地区水源水的处理问题迫在眉睫。儿童 (children) 也是一个研究热点,已有的报道表明,儿童对农药、氟化物及其他有毒物质的致癌效应可能尤其敏感^[3,33]。此外,现有的未采取保护措施的小水域可能存在更高的健康隐患^[34]。因此,水质管理和风险控制工作都应加强。

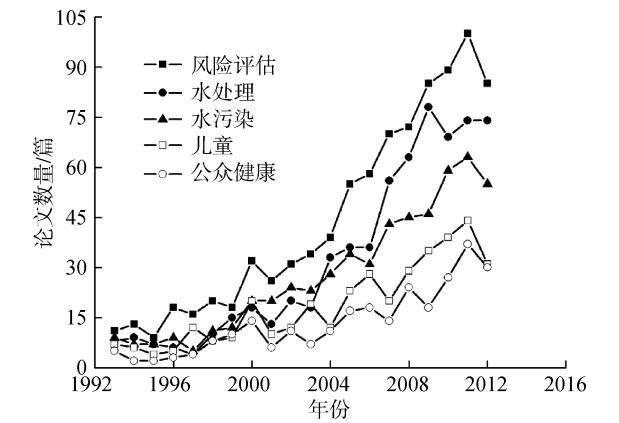


图4 1993—2012年间热点话题的研究趋势

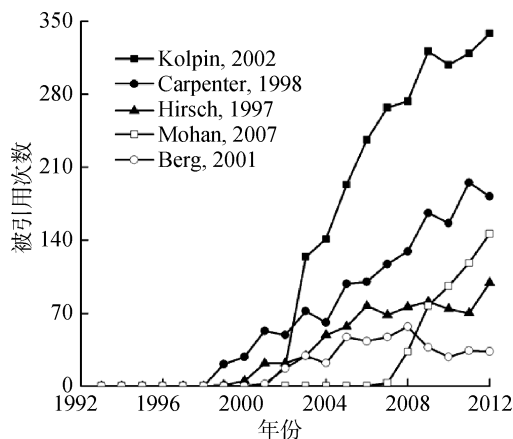
农村饮用水处理的方法有很多种,其中消毒是去除、灭活病原体微生物以保障饮水入口安全的最后一道工序^[35],被认为是21世纪饮用水处理领域最大的挑战。通常使用的消毒方法包括煮沸^[36]、加氯^[37]、电化学氧化^[38]、臭氧氧化^[39]等。此外,吸附 (adsorption) 也是当前的一个热点,特别是对于全球范围内出现的越来越严重的砷污染治理。在2007年以前,砷的去除方式多以氧化、沉淀、絮凝、膜分离等为主,直到Mohan等^[17]的文章发表,吸附逐渐成为高效去除砷的焦点。

2.5 高被引论文分析

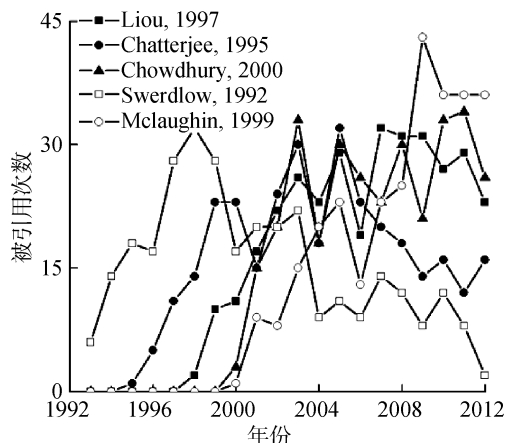
文章的影响力可以通过每年的被引次数来追踪和评价^[7]。表3列出了截至2012年为止引用次数最多的10篇文章,其中2篇发表于Environmental Science & Technology (影响因子 IF = 5.257, 2012),其余8篇分别发表于Ecological Applications (IF = 3.815, 2012)、Science of the Total Environment (IF = 3.258, 2012)、Journal of Hazardous Materials (IF = 3.925, 2012)、Neurology (IF = 8.249, 2012)、Analyst (IF = 3.969, 2012)、Environmental Health Perspectives (IF = 7.26, 2012)、Ann Intern Med (IF = 13.976, 2012)以及Field Crop Res (IF = 2.474, 2012)。其中,“Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999—2000: a national reconnaissance”发表于2002年的Environmental Science & Technology (Kolpin, 2002),被引用次数最多,截至2012年底已经达到2539次。该文章报道了^[11]由美国地质调查局USGS开展的第一个全国范围内水资源中药物、激素及其他有机污染物 (organic wastewater contaminants, OWCs) 的全面普查,结果表明80%以上的溪流中都检测到了多种OWCs,其中很多没有列在饮用水水质标准中;多种OWCs共存可能带来的协作/拮抗作用使得其潜在的健康风险难以评估。此外,该文还提出了中间代谢产物研究对于OWCs在水文系统中的归趋和传输以及最终对人体健康和环境安全的影响的重要性。这10篇文章历年的被引用频次情况如图5所示。

表3 1927—2012年间被引频次最高的10篇论文统计

发表年份	自发表至2012年的总被引次数	年均被引次数	论文标题/来源期刊	主要作者所在国家
2002	2539	231	Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999—2000: a national reconnaissance / Environmental Science & Technology	美国
1998	1427	95	Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen / Ecological Applications	美国
1999	730	52	Occurrence of antibiotics in the aquatic environment / Science of the Total Environment	德国
2007	473	79	Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents: a critical review / Journal of Hazardous Materials	美国,印度
2001	396	33	Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat / Environmental Science & Technology	瑞士,越南
1997	332	21	Environmental risk factors and Parkinson's disease: a case-control study in Taiwan / Neurology	中国台湾
1995	315	18	Arsenic in ground-water in 6 districts of West-Bengal, India-the biggest arsenic calamity in the world. 1. arsenic species in drinking-water and urine of the affected people / Analyst	印度
2000	312	24	Groundwater arsenic contamination in Bangladesh and West Bengal, India / Environmental Health Perspectives	印度,孟加拉
1992	307	15	A waterborne outbreak in Missouri of Escherichia-coli-o157-h7 associated with bloody diarrhea and death / Annals of Internal Medicine	美国
1999	288	22	Metals and micronutrients: food safety issues / Field Crops Research	澳大利亚,美国,加拿大



(a) 前 5 篇



(b) 后 5 篇

图 5 被引频次最高的 10 篇文章的生命曲线

Kolpin^[11]、Carpenter 等^[10]、Mohan 等^[17]所发表的文章在 2012 年的被引次数分别达到 338、182 和 146 次,表明研究人员对农村饮用水中的有机污染物、氮磷营养成分的修复、合适的砷吸附剂的筛选等问题的关注。在表 3 的 10 篇文章中,有 4 篇与砷污染调查或控制相关。有 2 篇来自印度的贾达普大学,其余 8 篇的通讯单位分别为美国地质调查局、美国威斯康星大学、德国水资源研究与技术学院、美国密西西比州立大学、瑞士环境科学与技术联邦研究院、台湾“国立”大学医学院、美国疾控中心以及澳大利亚的联邦科学与工业研究组织。

3 结 语

以 SCI-E 数据库为基础,主要分析了 1993—2012 年间与农村饮用水研究相关的发文量、文章分类、分布期刊、研究机构、国家、研究主题以及未来的研究趋势。有关农村饮用水的文章近年来迅速增多,表明公众对安全合格的饮用水源的关注和重视。砷和硝酸盐是当前农村饮用水研

究中最关注的污染物,也是未来十年内研究的重点。农村饮用水问题较严重的印度和孟加拉是研究的重点区域,风险评估、水处理和水体污染是主要的研究方向。此外,文献计量学的分析结果表明,消毒和吸附是农村饮用水研究最多的处理方式。

致谢:

台湾亚洲大学的何玉山老师在本文数据处理中给予了指导和帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] BERG M, TRAN H C, NGUYEN T C, et al. Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat [J]. *Environmental Science Technology*, 2001, 35(13): 2621-2626.
- [2] GARELICK H, JONES H. Mitigating arsenic pollution: bridging the gap between knowledge and practice [J]. *Chemistry International*, 2008, 30(4): 7-12.
- [3] NARWARIA Y S, SAKSENA D N. Prevalence of dental fluorosis among primary school children in rural areas of Karera Block, Madhya Pradesh [J]. *Indian Journal Pediatrics*, 2013, 80(9): 718-720.
- [4] FEWTRELL L, KAUFMANN R B, KAY D, et al. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lancet Infectious Diseases*, 2005, 5(1): 42-52.
- [5] HAWKESWORTH S, WAGATSUMA Y, KIPPLER M, et al. Early exposure to toxic metals has a limited effect on blood pressure or kidney function in later childhood, rural Bangladesh [J]. *International Journal of Epidemiology*, 2013, 42(1): 176-185.
- [6] ANAWAR H M, AKAI J, MIHALJEVIC M, et al. Arsenic contamination in groundwater of Bangladesh: perspectives on geochemical, microbial and anthropogenic issues [J]. *Water*, 2011, 3(4): 1050-1076.
- [7] HO Y S. Bibliometric analysis of adsorption technology in environmental science [J]. *International Journal of Environmental Pollution*, 2007, 1: 1-11.
- [8] LARA H. Interesting features of a rural outbreak of cholera due to infected drinking water [J]. *Journal of Epidemiology*, 1927, 7(5): 606-613.
- [9] DORSCH M M, SCRAGG R K R, MCMICHAEL A J, et al. Congenital-malformations and maternal drinking-water supply in rural South-Australia: a case-control study [J].

- American Journal of Epidemiology, 1984, 119 (4): 473-486.
- [10] CARPENTER S R, CARACO N F, CORRELL D L, et al. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen [J]. Ecological Application, 1998, 8 (3): 559-568.
- [11] KOLPIN D W, FURLONG E T, MEYER M T, et al. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: a national reconnaissance [J]. Environmental Science and Technology, 2002, 36(6): 1202-1211.
- [12] AYOOB S, GUPTA A K. Fluoride in drinking water: a review on the status and stress effects [J]. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2006, 36(6): 433-487.
- [13] 杨延梅, 吴鹏宇. 秸秆堆肥腐殖土 PRB 修复地下水硝酸盐污染研究 [J]. 水资源保护, 2016, 32(6): 93-97. (YANG Yanmei, WU Pengyu. Remediation of nitrate pollution of groundwater with straw compost humus PRB [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6): 93-97. (in Chinese))
- [14] 林曼利, 彭位华. 宿州市农村地下水重金属含量与健康风险评价 [J]. 水资源保护, 2016, 32(6): 110-116. (LIN Manli, PENG Weihua. Concentrations and health risk assessment of heavy metals in groundwater in rural areas of Suzhou City [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6): 110-116. (in Chinese))
- [15] ZHANG Q, WANG Y, REN J. Formation and harmfulness of high fluoride-bearing ground-water [J]. Journal of Environmental Science, 2000, 12(1): 117-121.
- [16] BODEK I, LYMAN W J, REEHL W F, et al. Environmental inorganic chemistry: properties, processes and estimation methods [M]. New York: Pergamon Press, 1998.
- [17] MOHAN D, PITTMAN C U. Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents: a critical review [J]. Journal of Hazardous Material, 2007, 142(1/2): 1-53.
- [18] BERG M, TRAN H C, NGUYEN T C, et al. Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat [J]. Environmental Science and Technology, 2001, 35(13): 2621-2626.
- [19] HAMILTON P A, HELSEL D R. Effects of agriculture on groundwater quality in 5 regions of the United States [J]. Ground Water, 1995, 33(2): 217-226.
- [20] ZHANG W L, TIAN Z X, ZHANG N, et al. Nitrate pollution of groundwater in Northern China [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1996, 59: 223-231.
- [21] LOCKHART K M, KING A M, HARTER T. Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production [J]. Journal of Contaminant Hydrology, 2013, 151: 140-154.
- [22] 李勇, 蒋婷婷, 蒋龙飞, 等. 舟山岛水库有机农药和抗生素残留特征及潜在风险评估 [J]. 水资源保护, 2014, 30(3): 31-38. (LI Yong, JIANG Tingting, JIANG Longfei, et al. Characteristics of residual organic pesticides and antibiotics in reservoirs of Zhoushan Islands and potential risk evaluation [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(3): 31-38. (in Chinese))
- [23] 张光贵, 王小毛, 李照全. 岳阳市地下水有机氯农药浓度水平与污染特征分析 [J]. 水资源保护, 2014, 30(2): 52-56. (ZHANG Guanggui, WANG Xiaomao, LI Zhaoquan. Analysis of organochlorine pesticide concentrations and pollution characteristics in groundwater of Yueyang City [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(2): 52-56. (in Chinese))
- [24] TOAN P V, SEBESVARI Z, BLASING M, et al. Pesticide management and their residues in sediments and surface and drinking water in the Mekong Delta, Vietnam [J]. Science of the Total Environment, 2013, 452: 28-39.
- [25] WANG S X, WANG Z H, CHENG X T, et al. Arsenic and fluoride exposure in drinking water: children's IQ and growth in Shanyin County, Shanxi Province, China [J]. Environmental Health Perspective, 2007, 115: 643-647.
- [26] RAHMAN M, SOHEL N, YUNUS M, et al. Increased childhood mortality and arsenic in drinking water in Matlab, Bangladesh: a population-based cohort study [J]. Plos One, 2013, 8(1): e55014.
- [27] 刘海风, 邓斌, 古艳艳. 豫东平原扶沟等地高氟地下水成因和富集条件探讨 [J]. 水资源保护, 2015, 31(4): 27-32. (LIU Haifeng, DENG Bin, GU Yanyan. Enrichment condition and causes of high fluoride groundwater in Fugou and other regions in Yudong Plain [J]. Water Resources Protection, 2015, 31(4): 27-32. (in Chinese))
- [28] CHATTERJEE A, DAS D, MANDAL B K, et al. Arsenic in groundwater in 6 districts of West-Bengal, India-the biggest arsenic calamity in the world [J]. Analyst, 1995, 120(3): 643-650.
- [29] 黄丹, 范雪松, 徐小冬, 等. 大连市农村饮用水卫生状况与细菌性痢疾流行状况分析 [J]. 中国卫生统计, 2016, 33(2): 274-277. (HUANG Dan, FAN Xuesong, XU Xiaodong, et al. Analysis of hygiene and epidemic condition of bacillary dysentery in rural drinking water of

Dalian [J]. China Health Statistics, 2016, 33 (2): 274-277. (in Chinese))

[30] 陈凤格, 范尉尉, 赵伟, 等. 诺如病毒污染供水系统引发感染性腹泻的调查[J]. 环境卫生学杂志, 2016, 6(4): 304-307. (CHEN Fengge, FAN Weiwei, ZHAO Wei, et al. Infectious diarrhea case caused by norovirus contamination of water supply system [J]. Journal of Environmental Hygiene, 2016, 6(4): 304-307. (in Chinese))

[31] 赵艳玲, 姚伟, 陶勇. 农村饮用水和环境卫生与介水传染病的相关性研究[J]. 环境与健康杂志, 2009, 21(1): 6-7. (ZHAO Yanling, YAO Wei, TAO Yong. Relationship among rural drinking water, sanitation and waterborne infectious diseases [J]. Journal of Environmental and Health, 2009, 21(1): 6-7. (in Chinese))

[32] 王若师, 张娴, 许秋瑾, 等. 东江流域典型乡镇饮用水源地有机污染物健康风险评价[J]. 环境科学学报, 2012, 32(11): 2874-2883. (WANG Ruoshi, ZHANG Xian, XU Qiujin, et al. Health risk assessment of organic pollutants in typical township drinking water sources of Dongjiang River Basin [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012, 32(11): 2874-2883. (in Chinese))

[33] 崔书田. 农村家庭安全饮用水对儿童健康的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2015.

[34] OLSEN S J, MILLER G, BREUER T, et al. A waterborne outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections and hemolytic uremic syndrome: implications for rural water systems [J]. Emerging Infectious Diseases Journal, 2002, 8: 370-375.

[35] 张录龙, 孙敏. 饮用水常规处理工艺对多环芳烃去除的影响[J]. 水资源保护, 2013, 29(3): 66-69. (ZHANG Lulong, SUN Min. Removal effect of polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking water conventional treatment process [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(3): 66-69. (in Chinese))

[36] CLASEN T F, THAO D H, BOISSON S, et al. Microbiological effectiveness and cost of boiling to disinfect drinking water in rural Vietnam [J]. Environmental Science and Technology, 2008, 42: 4255-4260.

[37] 丁春生, 李乃军, 张涛, 等. 天冬氨酸在氯化过程中生成消毒副产物二氯乙腈的研究[J]. 环境科学, 2016, 37(5): 1831-1836. (DING Chunsheng, LI Naijun, ZHANG Tao, et al. Aspartic acid generated in the process of chlorination disinfection by-product dichloroacetonitrile [J]. Environmental Science, 2016, 37(5): 1831-1836. (in Chinese))

[38] 赵树理, 庞宇辰, 席劲瑛, 等. 电化学消毒法对水中大肠杆菌的灭活特性[J]. 环境科学学报, 2016, 36(2): 544-549. (ZHAO Shuli, PANG Yuchen, XI Jinying, et al. Inactivation of antibiotic-sensitive and antibiotic-resistant *E. coli* in water by electrochemical disinfection [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2016, 36(2): 544-549. (in Chinese))

[39] 刘玥, 陈忠林, 沈吉敏, 等. 硅酸锌催化臭氧氧化净水效能连续流实验研究[J]. 水资源保护, 2015, 31(5): 72-76. (LIU Yue, CHEN Zhonglin, SHEN Jimin, et al. Continuous-flow study on efficiency of water treatment using zinc silicate catalyzing ozonation [J]. Water Resources Protection, 2015, 31(5): 72-76. (in Chinese))

(收稿日期: 2017-03-20 编辑: 徐 娟)

+++++

(上接第 64 页)

[9] 乔标, 方创琳, 黄金川. 干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性及其验证[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2183-2190. (QIAO Biao, FANG Chuanglin, HUANG Jinchuan. The coupling law and its validation of the interaction between urbanization and eco-environment in arid area in chinses [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(7): 2183-2190. (in Chinese))

[10] 陈明星, 陆大道, 张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 387-398. (CHEN Mingxing, LU Dadao, ZHANG Hua. Comprehensive evaluation and the driving factors of China's urbanization [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(4): 387-398. (in Chinese))

[11] 蒋元勇, 章茹, 丰锴斌. 南昌城市化与水资源环境交互耦合作用关系分析[J]. 人民长江, 2014, 45(14): 18-23. (JIANG Yuanyong, ZHANG Ru, FENG Kaibin. Analysis on coupling interaction between urbanization of Nanchang City and water resources environment [J]. Yangtze River, 2014, 45(14): 18-23. (in Chinese))

[12] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992: 186-263.

[13] 吴昊, 华骅, 王腊春, 等. 区域用水结构演变及驱动力分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 477-484. (WU Hao, HUA Hua, WANG Lachun, et al. Analysis of change and driving forces of regional water consumption structure [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2016, 44(6): 477-484. (in Chinese))

(收稿日期: 2017-01-06 编辑: 王 芳)