

河流型饮用水水源保护区划分比较

李秋艳¹, 李攀¹, 成梁², 陈玲^{1*}

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 常州通用自来水有限公司, 江苏 常州 213000)

摘要:比较分析了国内外河流型水源保护区划分的原则、方法和标准,例证了我国不同省份的划分实践。指出,我国各省多采用经验值划分水源保护区范围,部分省份划分方案久未更新,没有充分发挥保护区的作用。提出,应进一步细化水源保护区划分规范指导要求,及时修订省级水源保护区划分方案,并借鉴国外水源保护区划分经验,通过调整水质标准、重视公众参与、利用地理信息系统等方式划分水源保护区,从源头上预防水源污染,降低饮用水公共风险,保障饮用水安全。

关键词:河流型水源地; 饮用水; 水源保护区划分

中图分类号: X36

文献标志码: C

文章编号: 1674-6732(2019)04-0054-05

Comparison of Delineating River – type Source Water Protection Areas

LI Qiu-yan¹, LI Pan¹, CHEN Liang², CHEN Ling^{1*}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Changzhou CGE Water Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu 213000, China)

Abstract: This paper compares the principles, methods and standards of river-type source water protection areas (SWPA) at home and abroad, and exemplifies the delineating results of various provinces in China. It finds that SWPA is divided by empirical values, and the delineating plan of some provinces have not been updated for a long time. The role of SWPA has not been fully utilized. It points out that protecting the water source better still needs to further refine the national technical specifications, to adjust the regional delineating plan in time, and to draw on the experience of foreign delineation of SWPA. Water quality standards should be adjusted, public participation should be emphasized, and geographic information systems should be used to divide water sources. By delineating the SWPA, water pollution can be effectively prevented from the origin, the public risk of drinking water can be reduced, and the safety of drinking water can be ensured.

Key words: River-type water source; Drinking water; Source water protection areas delineation

随着人口增长、气候变化以及人类城市化和工业化进程不断发展,水资源短缺和水污染问题日趋严重,导致全球正面临着严峻的淡水挑战^[1]。根据国家水利部2013年公布的《第一次全国水利普查公报》,我国以地表水为主要饮用水源,其中地表水水源地又以河流型为主,尤其是河网密集的东部地区。河流是城市生态系统中最重要同时也最脆弱的区域之一,长期接纳工业、农业和生活污水的汇入,其中通航河段还面临着船舶化学品和石油泄漏等突发性污染风险^[2-3]。我国工农业发达,有研究表明我国高达80%的城市河流受到不同程度的污染,其中氮、磷、有机化合物和重金属污染普遍存在,对饮用水安全构成威胁^[4-5]。

饮用水中病原微生物导致的公共健康风险最大,主要来源于人畜粪便污染,一些原生动物和致

病菌具有抗氯消毒能力,可通过饮用水传播引起介水疾病^[6-7]。为保障饮用水安全,应从水源到用户各环节建立多级屏障,首选的策略是对水源地的管理,通过预防或减少污染物质进入水源,以减轻后续水处理过程污染负荷^[8]。许多国家建立了相应的水源地管理体系,包括水质标准、水源保护区、监督管理和应急预案等制度。

划分饮用水水源保护区是建立水源保护区制度的首要步骤,也是保障饮用水安全最有效的预防

收稿日期:2019-01-31;修订日期:2019-03-20

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项基金资助项目(2017ZX07201002)

作者简介:李秋艳(1995—),女,硕士研究生,主要研究方向为环境微生物和水源保护。

* 通讯作者:陈玲 E-mail: chenling@tongji.edu.cn

措施^[9]。由于河流水质受周边的人类活动影响,通过划分一定面积的地理区域,使工业区和商业区等土地利用类型远离河岸带,或者限制这一区域内的生产活动,可有效预防饮用水源的污染^[10]。然而如何平衡水源保护和土地利用、经济发展之间的关系,确定合理的水源保护区范围,仍是一个需要探讨的问题。

1 国外饮用水水源保护区的划分

发达国家最早认识到水源保护的重要性,法国在 1964 年规定了要设立“特别水管理区”,英国在 1974 年规定了水管局对管辖区域内的水源要进行划定^[11]。在水源保护区的划定方面,美国和德国一直处于国际领先水平。

美国《安全饮用水法》规定,各州必须制订水源保护区计划,其中包括水源保护区划分、潜在污染源清单、易感性分析和公众参与等内容。取水口上游直至州边界的整个流域,以及地下水补给区,均划为水源保护区。美国地表水水源保护区边界的划分方法有地形边界划分法、缓冲地带法和迁移时间计算法,具体划分方法见表 1^[12]。美国各州目前主要采用地形边界法即根据流域边界确定水源保护区范围,这种对水源实行全流域管理的方法,保护效果较好。但缓冲地带划分和迁移时间计算法也有较为重要的借鉴作用,有研究利用 24 h 迁移距离将水源保护区划分成不同易感区,同时确定污染源的敏感性等级,应急预案效果较好^[13-14]。

表 1 美国地表水水源保护区划分方法

划分方法	保护区范围	特点
地形边界划分法	沿着取水口上坡地的最高点画 1 条连接线,确定流域分水岭,以流域分水岭为保护区边界	对全流域的管理,同时还考虑了地下水贡献
缓冲地带法	沿河岸,取水口上游宽度为 15.24 ~ 60.96 m 的植被带	兼具过滤地表径流、增加地下水渗透和野生动物栖息地等功能
迁移时间计算法	利用水质模型,计算污染物从上游监测点到取水口的迁移时间	对取水口的直接保护,利于突发污染事件的应急管理和污染源的识别

德国有着划分程序严格的水源保护区制度^[15],其总体原则是将取水口上游所在流域全部划定为水源保护区。为保护源水水质,尽可能将取水口所在水面全部划分为保护区水域,同时为减少

人类生产生活的不良影响,需确定合理的陆域边界^[16]。德国根据土壤过滤功能和水体自净能力确定水陆域范围的经验值,水源保护区是以取水口为中心向外延伸的 3 级防护体系,见表 2^[17]。

表 2 德国水源保护区的 3 级防护体系

保护区级别	保护区范围	特点
I 级	取水口处水面及沿岸纵深 100 m	保护级别最高
II 级	取水口附近上下游水面及沿岸岸宽 100 m	污染物衰减缓冲区域
III 级	取水口所在流域区剩余部分	水陆域面积最大

美国和德国水源保护区划分的共同点是:一是考虑到水域的整体性,尽可能将取水口所在流域全部划分为水源保护区;二是充分体现公众参与的原则,不仅对公众进行培训和宣传教育,鼓励其参与水源保护行动,还对受到影响的居民进行经济补偿^[18-19];三是主要以地下水为饮用水源,划分地表水水源保护区时往往也会考虑地下水贡献。但各国的侧重点不同,美国重视水源保护区的功能,主要是保护源水水质,但也考虑可作为动物栖息地以及应急预案等功能。德国则强调通过技术手段,分区分级划分水源保护区,后续控制各级保护区内生产经济活动,以达到保护水质的目的。

2 中国饮用水水源保护区的划分

2.1 水源保护区相关法律体系

我国在 1984 年颁布的《水污染防治法》中第 1 次提出了对生活饮用水源地划定保护区,2008 年修订时提出水源保护区应建立 3 级防护体系。1989 年《饮用水水源保护区污染防治管理规定》规定水源保护区按照不同的水质标准和防护要求分级划分。2002 年《水法》规定省、自治区、直辖市人民政府为水源保护区划分的主体,同年发布的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)是划分的水质标准依据。2007 年发布的《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ/T 338—2007)(以下简称“旧《规范》”),统一了饮用水水源保护区划分的技术要求。2018 年发布了新版《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ 338—2018)(以下简称“新《规范》”),首次对旧《规范》进行了修订,详细规定了划分的技术方法及其适用条件,以及划分的技术步

骤。旧《规范》修订前后饮用水水源保护区范围划分见表 3。在饮用水水源水质不受污染的前提下,我国划分水源保护区以便于实施环境管理为原则,河流型水源地采用类比经验法确定一级保护区水陆域。而二级保护区水域范围,满足条件的水源地可采用类比经验法,其他水源地可利用附录给定的二维水质模型,计算一般河流稳态解析解和潮汐河段非稳态解。确定二级保护区陆域范围,可根据具体情况选择地形边界法、类比经验法或缓冲區法。若采用规范提供的经验值,不同于美国直接以流域分水岭为边界,划分的水源保护区陆域面积较小。

表 3 中国河流型水源地的三级保护区体系

保护区级别	保护区范围	
	《HJ/T 338—2007》	《HJ 338—2018》
一级保护区	一般河流:取水口上游 1 000 m, 下游 100 m, 5 年一遇洪水所能淹没的区域;岸长不小于水域长度,沿岸水平纵深 50 m	参考经验值无改动,新增:潮汐河段取水口上、下游 1 000 m 陆域边界不超过流域分水岭范围,对于有防洪堤坝的,可以防洪堤坝为边界
二级保护区	接一级保护区,上游边界(含汇入支流)延伸 2 000 m,下游边界延伸 200 m, 10 年一遇洪水所能淹没的区域,或防洪堤内水域;沿岸水平纵深 1 000 m	
准保护区	参照二级保护区划分	

河流型水源地根据潮汐和通航情况分类划分,潮汐河段取水口下游距离 > 一般河流,通航时河道水域宽度较小。我国有 9 大水系,江河众多,因其所处地理环境和流经地区不一样,除了潮汐和通航情况,水力条件和污染状况也存在差异。例如长江和内陆小河,山区河流与平原河流,这些河流的水面宽度及流速不同,从保护和应急的角度考虑,水流急的河流保护区的范围应更大一些^[20]。

新《规范》列出了需要增设准保护区的 4 种情况,仍未明确准保护区的划分方法;删去将污染源集中分布的区域划入二级保护区的规定,但未规定应将其划入准保护区,地方政府调整水源保护区时,缺少对污染源控制的相关规定;删去了饮用水源卫生防护距离的相关规定,然而周边是农田和乡镇生活区域的水源地,设置适当的卫生防护距离对保护水源不受粪便污染具有积极意义。

2.2 各省级行政区划方案

截至 2018 年,全国大部分饮用水水源地已依法完成保护区划定工作。但部分省份划分方案仍是以旧《规范》为技术指导标准,划分的水源保护区可能存在一些问题,各省级行政区划方案见表 4。

表 4 各省级行政区饮用水水源保护区划分方案

省级行政区	方案名称	划分体系	划分方法	特点
河南	《河南省城市集中式饮用水水源保护区划(2007)》	一级、二级、准保护区	类比经验法;水陆域范围、地理界线	按地表水和地下水水源进行划分;按行政区划分
广东	《饮用水水源保护区划分技术指引(2010)》《饮用水水源保护区划调整方案(2016)》	一级、二级、准保护区	类比经验法;水陆域范围、分界线	按行政区分;附图件;技术指引进一步细化了水源保护区的划分方法,及其技术文件的编制要求
浙江	《浙江省水功能区水环境功能区划方案(2015)》	一级、二级、准保护区	类比经验法;水域起始断面和终止断面经纬度、陆域面积、分水岭	直接在水环境功能区进行设置和划分;方案按水系河流分,图集按行政区分,行政管理与流域管理相结合;包括取水构筑物所在地表水域及其地下水补给水域
上海	《黄浦江上游饮用水水源保护区划(2017 版)》	一级、二级、准保护区、缓冲区	类比经验法;水陆域范围、边界走向	均为河流型,按长江和开放型河流划分;一级保护区内设库区;开放型河流设置准保护区和水源保护缓冲区;附图件
江苏	《关于加强饮用水源地保护的決定(2018)》	一级、二级、准保护区	类比经验法;水陆域范围、地理界线	分长江干流和其他河道进行划分;按行政区分

在划分技术步骤上,普遍没有评估风险源和筛选划分方法、制作保护区图件等,划分方案的完整性和规范性较差;在划分方法上,多采用类比经验法,以《规范》提供的经验值确定水陆域范围,划定的水源保护区范围科学性较差;划分方案按行政区分,可能会出现上游行政区偏重本地需求而忽视流域需求

的情况,此时跨行政区的水源地或下游行政区界附近的水源地,会面临较大污染风险。

与《规范》所提供的参考经验值相比,江苏省在划分长江水源地时,取水口上游距离和一级保护外上溯距离经验值较小,而下延距离较大。值得注意的是,江苏省规定与饮用水水源保护区平交的河道,

从交汇口上溯 2 000 m 及其两岸背水坡堤脚外 100 m 范围内的水域和陆域为二级保护区。以长江魏村水源地为例,一级保护区为取水口上游 500 m 至下游 500 m,向对岸 500 m 至本岸背水坡堤脚外 100 m 范围内的水陆域;二级保护区为一级保护区以外上溯 1 500 m、下延 1 000 m 的水陆域;准保护区为二级保护区以外上溯 2 000 m、下延 1 000 m 范围内的水陆域。

国家尚未规定准保护区的划分方法,因此各省划定准保护区标准不一致。以浙江省鳌江(顺溪)平阳饮用水源区为例,准保护区范围为 166.7 m 引水工程集雨区范围内,除一、二级保护区以外其他水陆域(97.152 km²)。我国的准保护区在保护级别上相当于德国的Ⅲ级保护区,Ⅲ级保护区的级别最低但水陆域面积最大。

理论上,为保护水质,水源保护区的面积越大越好,但考虑到我国众多流域的中下游人口密度大、工农业发达,不能完全参照国外将取水口所在流域全部划分为保护区的方法。为提高土地利用效率,同时减少对水源地周边生产生活的消极影响,要缩小水源保护区的面积,然而这样会增加水源地的脆弱性,当发生突发性污染事件时可能没有足够的衰减缓冲区域。各地在饮用水水源保护区的实际划分过程中,尤其是在确定准保护区范围时,面临着非常矛盾的选择,其划分的准保护区的合理性尚缺乏统一的评判标准。

3 完善饮用水水源保护区划分的建议

3.1 细化技术指导规范要求

现有饮用水水源保护区划分的技术指导规范还需在以下 3 方面进一步细化要求:(1)可参考水库与湖泊的分级,依据风险源密度或者水文条件对河流也进行分级,例如大、中、小型河流,山区、平原河流,一级、二级敏感河段;(2)明确准保护区的划分方法并给出参考经验值;(3)加强对跨行政区水源地的管理,在行政区边界断面要求优于地表水Ⅲ类水质标准,建立“一级保护区、二级保护区、准保护区和行政区边界”4 级防护体系^[21]。

3.2 修订省级水源保护区划分方案

新《规范》实施后,各省、直辖市应按照新《规范》要求重新核定划分方案:(1)采用类比经验法必须确认当地水源地满足其适用条件;(2)对保护区内排污口进行排查处理;(3)严格按照识别风险源、

筛选划分方法、计算保护区范围、现场定界、制作技术报告和图件、报政府审批等划分步骤;(4)未划定准保护区但满足条件的水源地,须划分准保护区。

3.3 借鉴国内外水源保护区划分经验

国内外水源保护区划分值得借鉴的优秀经验有:(1)各地可依据新《规范》和当地实际情况,制定水源保护区划分技术指引;(2)近年来我国河流中污染物种类和浓度水平发生了变化,药品残留、微塑料和条件致病菌等潜在污染物越发受到关注,我国地表水质量标准应更新^[22];(3)河流水质会随流域森林覆盖率和土地利用类型变化,而一定宽度的缓冲地带不仅是河流的营养库,还能截留污染物质,可作为类比经验法的补充方法^[23-24];(4)各地应重视公众参与,加大水源保护宣传教育力度,划分过程中广泛收集当地居民意见;(5)充分利用地理信息系统,不仅可结合水动力模型计算水域范围,还能用于风险源筛查、监测和突发污染事件管理^[25-26]。

4 结语

划分饮用水水源保护区是保障饮用水安全的重要手段,应及时补充更新水源保护区划分依据,如《地表水环境质量标准》《饮用水水源保护区划分技术规范》等标准规范,并修订各地水源保护区划分方案。同时,借鉴国内外优秀经验,通过制定划分技术指引,重视公众参与和利用地理信息系统来划分水源保护区。在水源保护区实际划分工作中,不仅要考虑当地经济发展和人口密度,还需调查水源地地理位置和水文条件,在参照国家规范给出的经验值基础上,因地制宜地划分水源保护区,充分发挥水源保护区的作用。

[参考文献]

- [1] MALMQVIST B, RUNDLE S. Threats to the running water ecosystems of the world[J]. *Environmental Conservation*, 2002, 29(2): 134-153.
- [2] 张勇,徐启新,杨凯,等.城市水源地突发性水污染事件研究述评[J]. *环境污染治理技术与设备*, 2006, 7(12): 1-4.
- [3] MA J, DING Z, WEI G, et al. Sources of water pollution and evolution of water quality in the Wuwei basin of Shiyang river, Northwest China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(2): 1168-1177.
- [4] QU J, FAN M. The current state of water quality and technology development for water pollution control in China[J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2010, 40(6):

- 519 - 560.
- [5] 曹佳. 我国的饮用水安全形势[J]. 癌变·畸变·突变, 2007, 19(3):165 - 167.
- [6] SZEWZYK U, SZEWZYK R, MANZ W, et al. Microbiological safety of drinking water[J]. Annual Reviews in Microbiology, 2000, 54(1):81 - 127.
- [7] HRUDEY S E, HRUDEY E J, POLLARD S J T. Risk management for assuring safe drinking water[J]. Environment International, 2006, 32(8):948 - 957.
- [8] 世界卫生组织. 饮用水水质准则[M]. 4 版. 上海市供水调度监测中心, 上海交通大学, 译. 上海: 上海交通大学出版社, 2014:3.
- [9] 钱誉. 饮用水水源保护区制度研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2015.
- [10] TIMMER D K, DE LOË R C, KREUTZWISER R D. Source water protection in the Annapolis Valley, Nova Scotia: Lessons for building local capacity[J]. Land Use Policy, 2007, 24(1):187 - 198.
- [11] 张曦. 饮用水源保护法律制度研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2014.
- [12] Delineation of Source Water Protection Areas: EPA 816 - R - 97 - 012 [S]. 1997.
- [13] 陶涛, 王韵珏. 地表水水源地保护区划分方法综述[C]//中国城镇供水排水协会. 第二届中国城镇水业女工程师大会论文集. 2009:260 - 265.
- [14] LANIER T H, FALLS W F. Methods for segmentation of source - water protection areas and susceptibility assessment to contamination for public surface - water systems, and their application to an intake, Aiken, South Carolina[C]. Georgia Institute of Technology, 1999.
- [15] 王亦宁, 双文元. 国外饮用水水源地保护经验与启示[J]. 水利发展研究, 2017(10):88 - 93.
- [16] 李建新. 德国饮用水水源保护区的建立与保护[J]. 地理科学进展, 1998, 17(4):90 - 99.
- [17] Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren; DVGW Arbeitsblatt W 102 [S]. 2002.
- [18] 周林岩. 我国饮用水安全保障问题研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [19] 王然, 王研, 唐克旺. 国内外饮用水水源地保护规范研究综述[J]. 中国标准化, 2012(8):105 - 110.
- [20] 易雯, 付青, 陈小文. 完善《饮用水水源保护区划分技术规范》的建议[J]. 环境与可持续发展, 2010(3):15 - 17.
- [21] 林澍, 范中亚, 曾凡棠, 等. 河流型水源保护区划分的法律体系构建与实例[J]. 环境科学与技术, 2014(6):196 - 200.
- [22] HAN D, CURRELL M J, CAO G. Deep challenges for China's war on water pollution[J]. Environmental Pollution, 2016, 218: 1222 - 1233.
- [23] MEHAFFEY M H, NASH M S, WADE T G, et al. Linking land cover and water quality in New York City's water supply watersheds[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 107(1 - 3):29 - 44.
- [24] TONG S T Y, CHEN W. Modeling the relationship between land use and surface water quality[J]. Journal of Environmental Management, 2002, 66(4):377 - 393.
- [25] BAKER C P, BRADLEY M D, BOBIAK S M K. Wellhead protection area delineation: linking flow model with GIS[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1993, 119(2):275 - 287.
- [26] WIENAND I, NOLTING U, KISTEMANN T. Using Geographical Information Systems (GIS) as an instrument of water resource management: a case study from a GIS - based Water Safety Plan in Germany[J]. Water Science and Technology, 2009, 60(7):1691 - 1699.