

# 备用水源地水量与城市需水量平衡分析

刘臣辉,王金凤,周明耀,谭季禄

(扬州大学环境科学与工程学院,江苏 扬州 225009)

**摘要:** 随着水资源的日益短缺和突发性水污染事故的频繁发生,在各大中型城市建设备用水源地,对保障城市饮用水安全和城市的建设发展具有重要的作用。本文将备用水源地分为发展预留水源地和应急水源地,探讨了备用水源地分别作为预留发展水源地、应急水源地、预留发展和应急同时兼顾水源地时对城市水量的要求以及与城市需水量间的平衡关系,并对城市生活需水量和工业需水量计算模型进行了修正;同时,将上述理论应用于扬州市区,通过城市需水量计算来论证备用水源地水量要求,并验证了拟将夹江河段作为扬州市备用水源地的可行性。该研究结果可为备用水源地的选址提供理论依据。

**关键词:** 备用水源地;城市需水量;水量平衡分析;扬州市

中图分类号:X321 文献标识码:A 文章编号:1671-1556(2012)06-0008-04

## Balanced Analysis of Water Quantity between Backup Water Source and Urban Demand

LIU Chen-hui, WANG Jin-feng, ZHOU Ming-yao, TAN Ji-lu

(School of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** With the increasing shortage of water resources and the frequent occurrence of sudden water pollution accidents, the constructions of the backup water source in the large and medium-sized cities have played an important role in protecting the drinking water safety and urban construction. This paper divides backup water source into development reserve water source and emergency water source, discusses the requirements of backup water source when it is used as development reserve water source, emergency water source and the combination of both development reserve water source and emergency water source, and also the balance between these requirements and urban water demand, and fixes the urban life water demand calculation model and industrial water demand calculation model. In the meantime, the theory is applied to Yangzhou City. Through the urban water demand calculation, the paper demonstrates the water requirements of backup water source and validates the feasibility of taking Jiajiang River as the backup water source for Yangzhou City. The study result can provide the theoretical basis for selecting the location of backup water source.

**Key words:** backup water source; urban water demand; balanced analysis of water; Yangzhou City

### 0 引言

近年来,随着水资源的日益短缺和突发性水污染事故的频繁发生,国内各大中型城市都在抓紧寻找或者建设备用水源地<sup>[1]</sup>。因此,如何挖掘城市现

有水资源潜力,建设备用水源地,以保障城市饮用水安全,是城市稳定和发展面临的新课题<sup>[2]</sup>。

备用水源地是近几年才开始备受关注的概念,目前我国针对备用水源地的研究尚处于起步阶段,很多问题急需深入的探讨。针对现阶段我国已建成的城市备用水源地进行分析,发现目前城市备用水

收稿日期:2012-03-02 修回日期:2012-04-20

基金项目:自然科学基金基础研究计划重点项目(BK2010041)

作者简介:刘臣辉(1956—),男,博士,副教授,主要从事环境规划与评价方面的研究。E-mail:chliu@yzu.edu.cn

源地的选址大多基于行政和立法管理手段进行,没有切实的理论方法和技术依据。鉴于此,本文对城市备用水源地进行了分类,并从技术角度分析了备用水源地选址对于水量的要求,以为备用水源地的选址工作提供一定的理论依据。

## 1 备用水源地的概念和内涵研究

现阶段研究所指的备用水源地一般理解为应急水源地,如段永侯等<sup>[2]</sup>认为应急水源地是指在连续干旱年份下,为解决城镇生产及生活用水的燃眉之急,而采取的一种非常规的、有一定开采周期的临时供水水源地;史正涛等<sup>[3]</sup>认为城市应急水源地是指在连续干旱或发生水安全突发事件导致供水大量缺失的情况下,为解决居民基本生活用水而采用的一种非常规的临时供水水源地,具有“应急”、“备用”、“水质要求高”三层含意。

根据《江苏省人民代表大会常务委员会关于加强饮用水源地保护的决议》<sup>[4]</sup>中“有条件的地区应当建设两个以上相对独立控制取水的饮用水源地,且可将水质良好、水量稳定的大中型水库、重要河道、

湖泊作为发展预留饮用水源地并加以保护”的要求,笔者认为备用水源地与应急水源地为两个不同的概念,备用水源地包括“发展预留”和“应急”两个方面的含义。因此,本文将备用水源地分为发展预留水源地和应急水源地两种类型。

备用水源地一方面是指随着社会进步,城市化进程不断加快,城市人口数量不断增加,对水资源的需求量不断增加,现有水源地的供水量已不能满足人民日常生活供水要求,为应对城市扩张带来的水资源需求问题时启用的发展预留水源地;另一方面是指在连续干旱导致城市供水短缺或者发生突发性水安全事件,城市常规水源地受到不同程度的污染和破坏,水质或者水量不能满足城市居民日常生活的需要情况下启用的应急水源地。

发展预留水源地主要是为了增加城市供水水源地的多样性,以加强供水系统的稳定性和可靠性,应急水源地主要是为城市在面临突发污染事故时能尽可能长时间地向城市提供可用水量,两者可以是同一个水源地,也可以是不同的水源地,区别只在于人为干预条件下,取水规模和取水方案的不同<sup>[5]</sup>,具体见表1。

表1 发展预留水源地和应急水源地的异同<sup>[5]</sup>

Table 1 Dissimilarities and similarities between development reserve water source and emergency water source

水源地类型	水量	水质	可取性	时间	安全性	人为干预	利益平衡
发展预留水源地	为城市供水提供适宜水量	基本可行	根据需水量合理确定取水强度	能满足城市应急供水可持续时间	可正常运行	采用集中供水井网为城市供水	遵循利益协商的原则
应急水源地	尽可能多、尽可能长时段为城市供水	处理后基本可行	短时间内尽可能取出维持城市基本需求的水量	能及时地并尽可能长时段地为城市供水	较高安全性,抗干扰能力强	集中供水井网和分散井网同时开启	以法律形式规定应急供水地位和实施条件

## 2 备用水源地水量要求分析及城市需水量的计算

### 2.1 备用水源地水量要求分析

选取一定水域作为备用水源地是在城市现有水源地的基础上,挖掘城市水资源的剩余潜力,新建或利用现有蓄水工程,建立备用水源地<sup>[6]</sup>。国内很多学者对于备用水源地的选择进行了研究,如邵新民等<sup>[7]</sup>认为地下水是理想的应急水源;姚红等<sup>[8]</sup>根据昆山市未来城市需水量及供水现状,认为昆山市必须选择市域外水体作为备用水源;毅力等<sup>[9]</sup>通过对杭州市具体情况分析,建议把闲林水库作为杭州主城区的备用水源地。

无论何种类型的备用水源地,水域的可供水量作为核心选择因素,对备用水源地的选择起到决定

性的作用。因此,本文认为备用水源地水量要求包括以下三个方面:一是备用水源地作为发展预留水源地时因城市发展和人口扩张所增加的预留水量,为目标年需水量与现有水源地供水量之差;二是备用水源地作为应急水源地时的应急供水量,为发生突发污染事故时水源地的水量或连续干旱年所缺水量;三是备用水源地同时作为应急水源地和发展预留水源地时的水量,为应急供水量与预留水量的范围值。

由此可知,备用水源地水量主要取决于现有水源地供水规模和城市需水量。根据备用水源地用途及其水量要求,以现有水源地供水量为基础,结合城市目标年需水量,可计算所需备用水源地水量。根据计算所得的备用水源地水量大小,可筛选出城市现有水资源中符合备用水源地选址水量要求的水域,以作为城市备用水源地选址的依据之一。

## 2.2 城市需水量的计算

一般情况下,城市需水量包括生活需水量、工业需水量、农业灌溉用水量 and 生态需水量<sup>[10]</sup>。因农业灌溉用水和生态需水可以自普通河道、沟渠引水或中水回用,考虑水资源节约,所以不计算在备用水源地的供水量范围之内。本文对现有用水定额法和工业用水重复利用率法进行了校正,并分别计算城市生活需水量和工业需水量。

### 2.2.1 生活需水量的计算

现阶段较为常用的用水定额法一般是用城市人口总数乘以人均用水定额<sup>[11]</sup>,但没有考虑到城市供水保证率及城区、集镇和农村生活用水定额不同的问题。鉴于此,本文对现有的生活需水量计算模型进行了修正,将城市供水保证率加入到城市生活需水量预测模型中,并将城市人口分为城区人口、集镇人口和农村人口分别进行计算。

城市人口,包括自然增长人口、外来人口和城市面积变化人口三个方面。因外来人口的随机性和不确定性,因此在现有统计数据的基础上,城区人口和集镇人口考虑有 10% 人口流动所带来的人口数量变化,农村人口保持现有数量不变。根据《城市给水工程规划规范》(GB50282—98),城市给水水源的枯水流量保证率应根据城市性质和规模确定,一般为 90%~97%,实际数值以各城市相关要求为准。因此,经过修正后的生活总需水量计算模型为

$$Q_{\text{生活}} = (1 + 10\%) \times 0.365 \times r \times (N_{\text{城区}} \times q_{\text{城区}} + N_{\text{集镇}} \times q_{\text{集镇}}) + 0.365 \times r \times N_{\text{农村}} \times q_{\text{农村}} \quad (1)$$

式中: $Q_{\text{生活}}$ 为城市生活需水量(t/a); $N$ 为人口数量(人),按照城区人口、集镇人口和农村人口分别计算; $q$ 为居民人均用水定额(L/(人·d)),由各城市供水规划,城区、集镇和农村人均用水定额分别计算; $r$ 为供水保证率(%)。

### 2.2.2 工业需水量的计算

城市工业需水量与城市产业结构、工业结构、工业用水重复利用率和工业增加值等因素相关,主要包括重复利用水量和新鲜耗水量两个部分。当城市工业结构基本稳定时,城市工业需水量取决于工业用水重复利用率和工业增加值<sup>[12]</sup>。

根据我国国情,目前通货膨胀率居高不下,而现阶段常用的工业用水重复利用率法计算工业需水量是直接工业增加值进行计算,使得计算结果偏高。为此,本文考虑通货膨胀因素对经济系数的影响,采用历年通货膨胀率平均值对目标年万元工业增加值进行校正。

目标年工业需水量实际为目标年所需的新鲜用

水量,因此得到目标年工业需水量为目标年工业增加值与目标年万元工业增加值新鲜用水量的乘积,即

$$Q_{\text{工业}} = (1 + \alpha)^{t_i - t_0} \times G_i \times W_0 (1 - R_i) / (1 - R_0) \quad (2)$$

式中: $Q_{\text{工业}}$ 为城市工业需水量(万 t/a); $G_i$ 为目标年万元工业增加值(亿元); $\alpha$ 为通货膨胀率平均值(%); $W_0$ 为基准年万元工业增加值新鲜用水量(t/万元); $R_i$ 为目标年工业用水重复利用率(%); $R_0$ 为基准年工业用水重复利用率(%); $t_i$ 为目标年; $t_0$ 为现状年。

## 3 扬州市区备用水源地水量要求分析

### 3.1 扬州市区需水量的计算

根据《扬州市“十二五”环境保护和生态建设规划》(扬府办发[2011]160号),到 2015 年扬州市区城区人口为 102.4 万人,集镇人口为 19.8 万人,农村人口为 12.35 万人;人均用水定额,城区按 200 L/(人·d)、集镇按 160 L/(人·d)、农村按 120 L/(人·d)计算;“十二五”期间,全市实现区域供水,供水保证率均按 97% 计算。将数据代入式(1),可计算得到 2015 年扬州市生活需水量为 8 897.3 万 t。

扬州市 2010 年工业用水重复利用率为 91.86%,到 2015 年工业用水重复利用率为 93%;考虑通货膨胀因素的影响,到 2015 年,工业增加值为 1 756.7 亿元;2010 年万元工业增加值新鲜用水量为 30 m<sup>3</sup>/万元。将数据代入式(2),可计算得到 2015 年扬州市工业需水量为 61 284 万 t。

具体计算结果见表 2。

表 2 2015 年扬州市区需水量计算结果(万 t)  
Table 2 Water demand calculations of Yangzhou City

生活需水量	工业需水量	合计需水量
8 897.3	61 284	70 181.3

### 3.2 扬州市水资源供需平衡分析

根据《扬州市城市饮用水水源地安全保障规划》(扬府办发[2008]47号),扬州市区现有 3 个集中式水源地,分别为廖家沟、长江瓜洲段、长江三江营段。2015 年廖家沟水源地规划供水量为 7 482.5 万 t,长江瓜洲段水源地规划供水量为 27 375 万 t,长江三江营段水源地规划供水量为 10 950 万 t,合计规划供水量为 45 807.5 万 t。2015 年扬州市区水资源供需平衡分析结果见表 3。

表3 2015年扬州市区水资源供需平衡分析(万t)

Table 3 Water supply and demand balance analysis of Yangzhou City in 2015

年需水量	年供水量				缺水 量
	可供水量	降雨量	地下水 量	合计	
70 181.3	45 807.5	1 054.7	11 774	58 636.2	11 545.1

### 3.3 扬州市区备用水源地水量要求分析

由表3可知,2015年扬州市区将出现缺水情况,因此备用水源地需要考虑发展预留之用。另外,长江瓜洲段和三江营段为开放式水源地,上游为仪征市化工园区,工业企业、码头林立,易发生突发性水污染事故,因此备用水源地还需要考虑应急功能。综合上述分析及各类备用水源地的水量要求,扬州市区拟建的备用水源地的水量要求详见表4。

表4 扬州市区备用水源地水量要求

Table 4 Water requirements of backup water source in Yangzhou city

用途	水量要求(万t)
发展预留水源地	11 545.1
应急水源地	7 482.5~27 375
发展预留和应急水源地	11 545.1~27 375

### 3.4 夹江河段作为扬州市区备用水源地的可行性分析

夹江河段原为长江故道的北岸,由华家涓坝至蒋桥坝大致呈东西走向,长5.6 km,是沙头、霍桥一带的区域引排内河。夹江河段水域面积较为开阔,河道经疏竣整治后,河底高程为-3.0 m,底宽约为1 150 m,水位2.5 m时的蓄水量可达32万t/d。同时,夹江河段在华家涓坝处与入江水道下段主支廖家沟相通,并与长江交汇在三江营段,具有较充沛的水量补充。

根据夹江河段流量的统计数据(32万t/d),全年以365 d计,则夹江河段每年供水量为11 680万t,大于发展预留水源地水量要求(11 545.1万t),可作为扬州市区的发展预留水源地,但又介于7 482.5~27 375万t之间,可以作为廖家沟和长江三江营段两个水源地的应急水源,但不能作为长江瓜洲段水源地的应急水源。

## 4 结 论

(1) 本文将备用水源地分为发展预留水源地和

应急水源地,分别给出了定义,并比较了两者的异同,为不同用途的备用水源地的选址提供了理论基础。

(2) 将城市需水量分为生活需水量、工业需水量、农业需水量和生态需水量,由于农业用水和生态需水可不从水源地引水,因此本文计算中将两者不计入备用水源地的需水量中。通过分析现有用水定额法计算生活需水量和工业用水重复利用率法计算工业需水量的不足,对计算模型进行了修正。

(3) 以扬州市区为例,计算了2015年现有水源地供水能力和需水量,进行水资源平衡分析,确定了备用水源地分别作为发展预留水源地、应急水源地、发展预留和应急同时兼顾水源地时,其选址对于水量的要求,并验证了拟将夹江河段的供水量作为扬州市区发展预留水源地和廖家沟及长江三江营段两个水源地的应急水源的可行性。

### 参考文献:

- [1] 王郑,王祝来,荆肇乾.城市应急备用水源及输水通道建设研究——以南京为例[J].自然灾害学报,2008,17(4):49-52.
- [2] 段永侯,王家兵,王亚斌,等.天津市地下水资源与可持续利用[J].水文地质工程地质,2004,(3):29-39.
- [3] 史正涛,刘新有.城市水安全与应急水源地建设——以昆明市为例[J].城市问题,2008,(2):24-28.
- [4] 江苏省人民代表大会常务委员会.关于加强饮用水源地保护的決定[R].江苏省人大第146号,2008.
- [5] 戴长雷,迟宝明,刘中培.北方城市应急供水水源地研究[J].水文地质工程地质,2008,(4):42-44.
- [6] 沈晓娟,徐向阳,崔韩.关于城市应急供水系统建设的思考[J].灾害学,2007,22(1):134-137.
- [7] 邵新民,王蓓.建立浙江省地下水应急供水水源地的初步研究[J].水文地质工程地质,2004,(5):54-56.
- [8] 姚红,于海霞.论江苏省昆山市以长江为备用水源的必要性与可行性[J].西南给排水,2005,27(3):14-17.
- [9] 毅力,章松祝,刘孔英.杭州市备用水源方案选择比较[J].水利技术监督,2008,(3):12-14.
- [10] Svintsov, A. P. Water resources as a base for the supply of drinking water[J]. Hydro. Technical Construction, 2001, 35(4): 201-205.
- [11] 柯礼丹.人均综合用水量预测需水量——观察未来社会用水的有效途径[J].地下水,2004,(26):1-5.
- [12] 方韬.合肥市城市需水量预测研究[D].合肥:合肥工业大学,硕士学位论文,2007.