

南宁市水资源测验与评价问题的探讨

杨卫东

(广西水文水资源南宁分局南宁水文站, 广西 南宁 530007)

摘要:以南宁市城区为研究地区,拟采用定点观测结合详细调查的方法,取得降水、地表水、地下水、水质、排水、耗水等实测数据;用水量平衡方法,对实测资料进行可靠性分析;运用水文学与水文地质学相结合的方法,进行城市水资源评价。

关键词:水资源评价;水量平衡;南宁市

中图分类号: TV213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-693X(2004)04-0054-04

城市水资源测验与调查评价是城市发展规划的重要决策依据。随着城市化地区工、农业生产的发展和人民生活水平的提高,城市水资源的供需矛盾会更为突出。为此,应掌握水文要素的动态资料和其他定量信息,给城市水资源状况做出正确的评价,使有限的水资源发挥更大的效益。过去,南宁市城区水资源基础工作比较薄弱,对于城市地区水资源监测方法、城市化水资源特性、城市用水系统特性及相关参数、城市水资源评价、模拟与管理方法,均未开展过系统的工作,与南宁市作为“中国绿城”和西南出海通道上重要的枢纽城市地位及水资源开发利用保护的要求不相适应,难以满足南宁市水资源管理工作的需要。本文以南宁市为研究对象,开展南宁市水资源测验与评价工作,以便为南宁市水资源开发、利用、保护和管理提供科学依据,以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展,为全面建设小康社会提供有力的支撑和保障。

1 城市概况

南宁市面积 10 029 km²,1998 年末人口总数为 284.64 万人,人口密度为 283.8 人/km²,人均水资源量 2 122 m³,略低于全国水平,仅为全区的 1/2,属较缺水地区。南宁境内主要河流属珠江流域西江水系,集水面积在 50 km² 以上的河流有 42 条,总长 1 771.9 km。全市河网密度 0.177 km/km²,其中集水面积在 1 000 km² 以上的河流共 5 条,总长 479 km。境内最大河流为邕江及上游左江、右江河段。邕江是西江水系最大支流郁江流经南宁的河段,上源起于市郊江西镇同江村三江坡的左江、右江汇合处,下

至南宁市与横县交界的道庄村,全长 116.4 km,流域面积 72 656 km²,多年年均径流量 418 亿 m³,年均流量 1 325 m³/s。南宁市水资源时空分布不均,局部水供求矛盾突出,全市尚有 23 万人、10 万头牲畜饮水困难。目前,南宁市水资源开发多偏重开源,节约用水工作尚未提到日常议程,各方面用水浪费严重。农业用水系数仅在 0.4 左右,生活用水定额在 400 L/人·d 以上,工业用水重复利用率也较低,水的浪费造成了人为的缺水,降低了水资源的综合效益。

2 城市水资源系统的特点

城市水资源系统作为高度人工化的系统,在具有水资源系统共性的基础上,也存在自身的特点:

a. 与其他地区相比,城市主要是一个消耗水的系统。城市用水高度集中,也造成市区及周围水环境污染严重。因此,工业、生活等用水系统特性及参数在城市水资源研究中占有重要的地位。

b. 由于地域狭小,没有专门的雨水集流系统等原因,城市自产水资源较少,可利用程度更低,一般只能用于河湖环境用水及部分工业用水。因此城市用水主要依靠建成区外或辖区外的客水支持。这是城市水资源系统最主要的特点。

c. 城市主要用水为居民生活和工业用水,供水保证率要求较高。缺水所造成的经济损失及社会影响、政治影响较大。

d. 城市区域人为改变了下垫面条件,形成了城市小气候,改变了天然条件下的水文循环,不同程度地影响了降水、产汇流、蒸发、下渗等各项水文要素。许多原来是透水的地面变成不透水的,修建排水沟,

整治行洪河道等,使该地区的雨水入渗量减少,径流量增加,河道蓄水量和糙率减少,水流传播速度增大等,使城市化地区水文情势发生显著变化,洪量增大,洪峰加高,洪涝灾害的机遇大为增加。

e. 城市地区空间尺度较小,其水文要素的响应过程十分敏感。另一方面,城市化对环境的改变十分显著。这两方面原因都要求城市水文水资源研究更为精细,且需考虑过程中所涉及的各项影响因素及其相互之间的作用,建立具有物理基础的分布参数模拟模型。同时,对城市地区水文测验、站网布设等提出了更高的要求。

f. 自然流域的演变缓慢,以地质年代为尺度,其水文过程可视为“准平稳过程”。而城市化过程是一个不断发展变化的过程,分析城市水资源量与质的状况都需要考虑这种动态性,既要考虑观测期内城市环境已有的变化,又要考虑以后的城市化发展趋势,研究环境变化规律,作为预测的基础。

g. 城市水资源系统是天然系统与人工系统的复合系统,远较天然情况复杂。可分解为配水、供水、用水与排水系统几部分,是自然系统与社会系统耦合成的大系统。因此,必须从系统观点出发,应用系统分析方法研究城市水资源系统,合理开发利用保护城市水资源。

3 南宁市水资源测验与调查

3.1 南宁市监测站网布设

以城市化区为研究对象,研究区包括南宁市建成区和重要的用水集中区。为了控制研究区的降水、蒸发、地表水、地下水、排水、引进引出客水的水量及水质变化,需要设立一定数量的观测站网,布站以经济合理为原则,相同类型区设立代表站,力争用较少的站数控制各项要素的变化。目前南宁市除了在邕江西乡塘河段设立有水文站(含降水、蒸发、水位、流量、泥沙、水质)外,其余市内的几条内河如可利江(天雹水库溢洪道)、心圩江、二坑、大坑(朝阳溪)、亭子冲、凤凰江、竹排冲、水塘江均未设立观测站点,应在上述江河及有关城区设立相关站网。降水量站网应保证研究区年、月降水量的误差在5%~10%以内,地表水站网应控制研究区河川径流量的80%~90%,地下水井网应能控制研究区内地下水的时空变化,并在研究区边界以外有水力联系的区域布设井网,以确定地下水补给方向及补给边界;污废水排放监测站网应控制总排放量的80%以上,独立排向区外的口门均应设立监测站,排放量较少的口门可采用调查方法解决;为计算土壤蓄水变量,还应在研究区内均匀选点,监测土壤含水量。同时,各

类站网布设应便于测验和各平衡区的水量平衡计算。

3.2 水文要素精确测验和分析计算

3.2.1 降水量

各监测站应设有必要的降水测验项目,测验应严格按水文测验规范进行,各项资料均应按规范要求进行整编。

3.2.2 蒸发量

各监测站应设有蒸发项目,水面蒸发一般采用E601蒸发器进行观测。

在水资源评价及分析研究中,区域陆面蒸发量分析计算的精度高低对水资源量的计算影响很大。在对南宁市区不同下垫面条件、作物种植情况及供水条件下全面细致调查的基础上进行分析,采用按水体、透水面积、不透水面积分别计算其蒸发量,而后合并求取各类型区的蒸发量。

a. 水体蒸发量。采用研究区内各站的算术平均值为整个研究区的平均水面蒸发量,各类型区逐月水体蒸发总量为E601蒸发量与水体面积的乘积。

b. 不透水面积蒸发量。南宁市区下垫面情况的调查,采用系统调查和典型调查相结合的办法。系统调查是通过市园林局及各行政区绿化办、绿化所,调查各行政区公园面积、已绿化面积、可绿化面积、道路面积及建成区面积。由调查所得到的建成区道路总面积、公园总面积,可求得建成区庭院总面积、庭院不透水总面积和建成区总的不透水面积。蒸发量计算:不透水面积蒸发量应是该面积上降雨时的雨间蒸发和被截留的部分。

c. 透水面积上的蒸发量。计算时,需要先计算可能蒸发量,据此推求陆面蒸发量。可能蒸发量计算根据当地的气象因素采用公式计算,选用世界粮农组织推荐的改进的彭曼公式法。由于计算是在求得可能蒸发量的基础上进行的,因此可采用适合本地区的作物系数法、湿润地区经验法、改进对比分析法等方法。

3.2.3 地表水

各观测站应设有水位、流量测验项目。地表水各项要素的测验,严格按水文测验规范要求,各项资料均应按规范要求进行整编。如研究区内修建有大量的水利工程,要研究河川径流时空变化的自然规律,还必须对河川径流进行还原计算,求得天然状态下河川径流量。

南宁市地表水设施包括蓄水、引水、提水工程及城乡自来水厂、一些单位自备取水站。蓄水工程:全市共有蓄水水库(含塘坝)571座,总库容24.3253亿 m^3 ,兴利库容9.5172亿 m^3 ,设计供水能力10.0556亿 m^3 ,现状供水能力2.7502亿 m^3 。引水工程:全市引水

工程 882 处,设计供水能力 3.2328 亿 m³,现状供水能力 1.5600 亿 m³。提水工程 :全市现有提水工程 2856 处,设计供水能力 7.3929 亿 m³,现状供水能力 3.9120 亿 m³;自备水源及乡(镇)自来水工程 475 处,设计供水能力 0.97 亿 m³,现状供水能力 0.65 亿 m³。

3.2.4 地下水

地下水观测按地下水监测规范的技术要求进行,观测资料均应按规范要求整编。

南宁市地下水工程主要用于工业和生活供水及农业灌溉补充用水,全市共有地下水井 1065 眼,设计供水能力 2.3560 亿 m³,现状供水能力 1.2948 亿 m³,其中较大的地下水工程有 武鸣的灵水建有县自来水厂,出口处枯水流量 4m³/s,年可开采量 12164 万 m³,水质良好,水量丰富;邕宁清水泉建有县自来水厂,地下河出口处枯水流量 0.9 m³/s,年可开采量 2838 万 m³;大沙田那马泉建有水厂,泉水流量 0.15 m³/s,年开采量 550~580 万 m³;明阳镇龙潭泉明阳镇水厂,年取水量约 600 万 m³。

4 城市工农业及生活用水现状调查、分析与计算

南宁市每年用水量主要由农田灌溉用水、生活用水、工业用水三部分组成。其中生活用水包括城镇生活用水和农村生活用水;工业用水包括火电工业用水、城镇一般工业用水和农村工业用水;农田灌溉用水包括水田灌溉用水、水浇地灌溉用水、菜田灌溉用水。

5 水资源评价与水质评价

a. 降水资源量。降水资源量为区域降水总量,用区域年、月平均降水量乘以区域面积求得。

b. 地表水资源量。研究区地表水资源为区域天然河川径流量,采用实测资料经还原计算求得。平衡区地表水资源量为出口站实测断面径流量加上各项损失水量,包括引用水量、地表水体蓄水变量、水体增加的蒸发量等项,扣除排污水量计算而得。

c. 地下水资源量。研究区地下水资源量为区域降水入渗量、灌溉入渗量、侧渗补给量之和。

d. 地表水与地下水水资源重复量。地表水与地下水水资源重复量为河川基流量。在城市化地区,废污水沿河道排放与河川基流量混合,计算较为复杂,可专做入河排污口调查和计算。污废水排放量包括工业废水排放量和生活污水排放量。耗水量一般为取水量减排放量求得。统计指标有污废水排放总量、工业污废水排放量、工业废水处理量、工业废水排放达标量、工业废水处理排放量、工业废水处

理率、工业废水排放达标率 7 项指标。

e. 水资源总量。研究区水资源总量为区域地表水、地下水资源量之和扣除重复计算量求得。

f. 地表水水质现状与评价。地表水水质以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》为评价标准,其中氨氮、总硬度参照水利部全国重点河段水质评价标准。评价方法采用分级评价法中的地图叠加法,即先作参数单项评价,将评价的参数按所确定的水质标准,逐个比较定级(类);再作综合评价,即在单项评价基础上,以各参数单项评价确定的最差等级(类别)作为综合评价的等级(类别)。超标倍数按Ⅲ类水标准计算。

g. 地下水水质现状与评价。地下水质量分类指标采用国家技术监督局 1990 年通过的国家地下水质量标准。该标准将地下水质量划分为 5 类,评价方法同地表水。

6 水量平衡分析

6.1 平衡要素及平衡分析

研究区水量平衡分析分别以各有关区域进行水量平衡分析,各项参数以实测值和调查值为依据,代入水量平衡方程式进行分析计算,以验证各项要素的测验精度。研究区水量平衡要素为进出研究区的各种水量及蓄水变量。

a. 入区水量。有研究区的降水量、进入研究区的河川径流量、地下水侧向补给量和用暗管调入的地表水、地下水量。

b. 出区水量。有排出研究区的河川径流量、地下水侧向排出量、用暗管引出水量、研究区废污水排出水量、工业和城市生活净耗水量、区域蒸发量。

c. 研究区蓄水量。包括地表水、地下水、土壤水的蓄水变量。

水量平衡公式为

$$P + V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} - V_{C1} - V_{C2} - V_{C3} - V_{C4} - V_X - E = \pm \Delta V \tag{1}$$

式中: P 为研究区降水量; V_{R1} , V_{C1} 分别为进入和排出研究区的河川径流量; V_{R2} , V_{C2} 分别为研究区地下水侧向补给量和侧向排泄量; V_{R3} , V_{C3} 分别为由暗管调入和引出研究区水量; V_{C4} 为排出研究区废、污水量; V_X 为研究区内工业和城市生活净耗水量; E 为流域蒸发量; ΔV 研究区的蓄水变量,包括地表水、地下水、土壤水的蓄水变量。

6.2 各项平衡要素分析计算与平衡分析

各项平衡要素用各水文要素之代数之和。水量平衡的各要素多数应为实测值,但有些因素无法直接实测,只能用间接法计算,如总蒸发量、地下水的各

顶补给量、排泄量、蓄水变量等。

7 水资源现状与预测供需分析

根据南宁市 1994 ~ 1998 年用水量统计数据 ,得到表 1。

表 1 南宁市 1994 ~ 1998 年用水总量 万 m³

年份	工业用水	农业用水	城镇生活用水	总用水量
1994	21 762	67 417	13 425	102 604
1995	28 816	86 917	16 905	132 638
1996	30 688	82 884	17 726	131 298
1997	22 020	99 656	19 227	140 903
1998	22 103	123 661	19 655	165 419

从表 1 可知 ,南宁市的工业、农业和城镇生活用水量是逐年增加的 ,总用水量也是逐年增加 ,同样供水需求也是呈逐年增加的趋势。南宁市境内河流水库分布较广 ,地下水有一定的蓄量 ,入境水量丰富 ,水资源能满足目前各方面的用水需求。

城镇生活需水预测分析 :预测 2010 年全市城镇人口达 219 万人 ,居民日常生活需水定额 300 L/人·d ,需水量 2.398 0 亿 m³ ,公共需水量 1.684 5 亿 m³ ,商品菜地 6.23 hm² ,需水定额 52.73 m³/hm² ,蓄水量 0.492 8 亿 m³ ,全部需水总量 4.575 3 亿 m³。

工业需水预测分析 :全市 2010 年工业总需水量 9.993 7 亿 m³ ,其中乡镇企业需用 4.368 5 亿 m³ ,其他行业需水量 5.655 2 亿 m³。

乡村生活需水预测分析 :全市 2010 年乡村人口 146 万人 ,生活需水定额 140 L/人·d ,牲畜 254.71 万头 ,需水总量 1.211 亿 m³。

农业需水预测分析 :预测 2010 年有效灌溉面积 101 333 hm² ,其中水田 70940hm² ,需水定额 49.33m³/hm² ,旱地 30 393 hm² ,需水定额 34.13 m³/hm² ,总需水量 11.807 6 亿 m³。

因此 2010 年南宁市总需水量为 27.587 5 亿 m³ ,而全市可供水量为 27.783 4 亿 m³ ,其中地表水 26.299 6 亿 m³ ,地下水 1.483 7 亿 m³。水资源供需基本平衡 ,总体供求平衡。

8 城市化效应分析

随着国民经济的发展 ,城市化程度的提高改变了自然流域的特征 ,对水文情势影响很大 ,主要表现为流域下垫面的变化、水循环变化、降水的变化、洪水过程的变化、水质的变化、地下水影响等。

a. 流域下垫面条件的变化。城市化后流域下垫面条件的变化 ,主要表现在不透水面积和河道特征两个方面的变化。城市化前流域保持着自然的流域特征 ,城市化后区域土地被用来建设工业区、商业

区和住宅区 ,城市街道等变成了不透水或透水很小的面积。河道方面因修建排水沟 ,整治行洪河道等 ,使该地区的雨水入渗量减少 ,径流量增加 ,河道蓄水量和糙率减少 ,水流传播速度增大 ,引起洪峰流量的增加。

b. 降水量的变化。随着城市化程度的提高 ,大量农村人口向城市聚居 ,工业、商业高速发展 ,扬尘排放量显著增加 ,使城市温度明显偏高 ,形成热岛效应 ,造成市区降水量偏多 ,这种差别多是局部天气系统形成的降雨造成的 ,如 2001 年大洪水期间南宁市区的雨量比市郊的多。另外 ,城市化对暴雨的影响比较显著 ,城市化后因其局部天气系统的影响 ,使在城区形成暴雨的机遇增加。从近几十年的暴雨情况看 ,南宁市几次灾害性的暴雨 ,其暴雨中心大多出现在城区。

c. 产汇流规律的变化。由于城市化不透水面积增加 ,使降雨产流量增加 ,城市化区径流系数明显偏大。城市化的发展需要整治河道 ,造成河道糙率减小 ,槽蓄量降低 ,汇流速度加速 ,引起洪峰流量的增加。

9 对策措施及建议

通过对南宁市水资源测验与评价问题的探讨 ,提出以下对策措施及建议 :在站网布设方面 ,城市化地区水文条件复杂 ,受人类活动的影响大 ,原来单一的水文站点布设原则已不适应城市化地区的需要 ,应针对城市化的特点 ,可采取降水、地表水、地下水、土壤水、污废水全面控制 ,根据城市化程度的不同按类型区布设代表站 ,多断面控制 ,巡回测验 ,全面控制地表水、地下水、土壤水、供水、排水及水质的变化规律。加强水资源监测系统建设。制定实行水资源数量与质量、供水与用水、排污与环境相结合的统一监测网络体系 ,建立和完善供、用、排水计量设施 ,建立现代化水资源监测系统。按照人口、资源、环境与经济社会协调发展的原则 ,综合考虑河川径流特征、地下水开采条件、生态环境保护要求和技术经济等因素 ,估算流域当地地表水资源可利用量、地下水资源可开采量和水资源可利用总量 ,为分析水资源承载能力提供依据。在水资源合理配置的基础上 ,针对不同区域的水问题与特点 ,根据水资源承载能力 ,以水资源合理配置的推荐方案为基础 ,因地制宜地构建流域与区域相结合的水资源调配体系。通过水资源调配体系的供水和用水节点与分区系统的有机组合 ,实现丰枯互济 ,量质互补 ,增强对水资源时空分布不均的调控能力 ,逐步建成体系完善、调配灵活、运行高效 ,与经济社会发展相适应、(下转第 65 页)

- d. 对各镇水厂老取水口原取水装置损坏的或者在 2005 年前主动提出更换智能水表的,安装费用由所在镇水利站和该市水资源办公室各承担 50%。
- e. 对地下水取水口应使用 YQ 码智能水表,以便于实施有效管理;对使用地表水的用户可使用不带水表的智能 IC 卡智能控制器,即根据水泵运行时间和额定铭牌流量计算取水量,或利用超声波流量计对水泵的出水量进行定期实测。
- f. 水量的申报和充值统一由大丰市水资源管理办公室负责管理,根据乡镇水利站开出的水资源费征收发票上的取水量进行充值,并审核用水单位的用水计划执行情况。
- g. 与取用水单位签订责任书,明确责任,经常巡查,市区以外的做到至少每季度巡查 1 次,市区内每月抄表时同时进行检查,确保该计量设施正常运行。
- h. 加大执法力度,对无正当理由拒不安装 YQ 码智能水表的依法进行查处。

(收稿日期 2002-10-08 编辑 徐 娟)

(上接第 47 页)

- c. 加强对过往船舶的管理。对其生活污水、洗船水、垃圾加强管理,建立船用污水、垃圾定点收集站,集中处理。对进入里运河的船舶必须安装油水分离器,对跑、冒、滴、漏油的情况采取有效措施,避免进一步造成水体石油类污染。加大对里运河周边沿线生活污染的治理力度,杜绝沿河居民向里运河排放生活污水。
- d. 对里运河底泥实行清淤处理。经对红卫桥、

(上接第 57 页)与生态环境保护相协调的水资源安全供给保障体系。制定建立水资源实时调度系统的方案,建立和完善水资源管理信息与决策支持系统,实行地表水与地下水联合运用、跨区调水与当地水源联合调度和多种水源合理开发,进行科学调度,提高水资源承载能力。

根据经济社会可持续发展和生态环境保护对水

(上接第 63 页)

- e. 改革管理体制,实行水资源统一管理。水资源统一管理就是对城市的水源、水量、水质、水能、水域、水环境和防洪、供水、用水、节水、排水、污水处理及回用、水资源保护等实行统一规划、管理。目前,多龙管水体制已不适应市场经济体制要求,水资源没有得到有效配置,水污染无法得到有效控制。因此,必须引入水资源可持续发展的管理思想。首先,必须清醒地认识到水是一种有价值的、有限的资源,并且具有不可替代性。其次,贯彻落实取水许可证等

目前,大丰市水利局已在全市推广地下水、地表水 YQ 码智能水表 50 台套,计划再推广 30 台套。

3 存在问题及建议

- a. YQ 码智能水表的安装往往距离水泵较近,受水锤压强的影响较大,易损坏,建议研发单位在耐冲击、长寿命方面对 YQ 码智能水表继续进行改进。
- b. YQ 码智能水表的设备费用较高,有些单位难以接受,所以使用推广存在一定的难度,建议研发单位降低造价,以降低使用单位的设备费用。
- c. 要提高相关管理人员的素质,进行专门的业务培训,在用水计量设施发生故障时能够及时排除,确保计量设施正常工作。
- 由于存在上述问题,建议在单水源供水的重要企业(尤其是化工企业)暂不要使用 YQ 码智能水表。

(收稿日期 2002-10-08 编辑 徐 娟)

水门桥断面河中水深和底泥测量,河道平均水深约 2.5 m,底泥深度约 0.8 m。每当来往船只经过,河中底泥上下翻动,河水发黑、浑浊。为彻底整治里运河水质,必须对里运河底泥实行彻底清淤,以避免水流及船舶行驶时造成底泥翻转,产生二次污染,同时提高里运河水体自净能力。

- e. 对里运河周边进行彻底整治,以改善里运河周边环境,加强河流生态建设,建立河流风光带。

(收稿日期 2003-07-25 编辑 傅伟群)

资源的要求,提出水资源合理开发、高效利用、有效节约、优化配置、积极保护和综合治理的总体布局及实施方案,促进南宁市人口、资源、环境和经济的协调发展,以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展。

(收稿日期 2003-02-24 编辑 傅伟群)

措施,加强用水管理,提高水资源利用率。第三,建立统一的水资源管理体制。第四,利用现代先进技术强化水资源管理,如利用计算机技术建立地理信息系统、管理信息系统、决策支持系统等。

参考文献:

[1] 吴季松. 水资源及其管理的研究与应用——以水资源的可持续利用保障可持续发展. 北京:中国水利水电出版社, 2000. 15-22.

(收稿日期 2003-03-05 编辑 傅伟群)