

# 美国城镇供水系统实行需水量管理节省扩建投资

许 京 骐

**提要** 介绍了美国环境保护局 1996 年颁行的《节水规划指南》(以下简称《指南》)。《指南》对申请美国州饮用水周转贷款基金的供水企业,提出最低限度节水措施、规划步骤与内容等要求。遵循这一要求的供水系统扩建规划,将供水方与需水方实行的需水量管理(Demand Management,即节水措施)加以综合,使节水量转换为供水规模的削减,达到节省扩建投资的目的。我国水厂扩建设计一般未考虑节水因素,或即使考虑,也不够系统和规范。因此,笔者认为《指南》对推动我国节水工作,特别是将广大城镇通过节约用水、计划用水获得的节水量,转换为当地供水系统扩建规模的削减和投资的节约,具有很大借鉴价值,并针对国内具体情况,在推行上提出一些建议。

**关键词** 综合资源规划法 需水量管理 节水措施 美国

## 1 从传统的以需定供的规划方法向综合资源规划法转变

传统供水系统规划主要根据规划人口数和设定的用水量定额计算需水量,从而确定供水规模,并且认为规模由需求确定,非供水系统本身所能改变。过去,当水量比较充沛、生产力还不太发达的时候,人们还能够按需水量预测,设计大规模的供水设施,习以为常。到了 70 年代初,美国水资源委员会已认为这种需水量与国民经济成比例地同步增长的做法,会导致大规模地开发新水源,在用水经济、水污染、水文生态后果上,都无法承受。因此在第二次全国水资源评价中,要求对需水量加以管理,强调节水和水的重复利用,要求 25 年内取水量不增加,污水排放量减少 25%。此后美国便开始将综合资源规划法(Integrated Resources Planning,简称 IRP)<sup>[1]</sup>引入供水规划中,即把供水系统需水方与供水方对需水量管理(即节水措施)最小成本的优选方案综合成为一个总体规划,降低系统的运行成本,降低对系统供水能力的要求,延长设施使用年限,减小新建工程规模,推迟或避免新的大型水源工程建设。

## 2 美国环境保护局颁行城镇公共供水系统《节水规划指南》<sup>[2]</sup>

1996 年美国安全饮用水法修正案要求美国环境保护局为城镇供水系统制定《节水规划指南》(Water Conservation Plan Guidelines)。凡供水系统申请州饮用水周转贷款基金的,都必需报送一份符

合《指南》要求的规划文件。美环保局 1998 年颁布的《指南》,对 3 300 人以下、3 300 ~ 100 000 人和 100 000 人以上的供水系统,运用 IRP 原理,分别提出应该考虑的不同最低限度的节水措施,以及不同深度的规划步骤与内容,供水规模越大,要求越高,主要目的是使节水与节省供排水设施投资结合起来。现将 100 000 人以上供水系统的节水规划指南作一介绍。

### 2.1 推荐的最低限度节水措施

为使节约的各项需水量与可削减、缩小规模、推迟建设的相应供水设施项目联系起来,应判明节水措施能降低何种需水量。以下节水措施标题后的 [A]、[P] 分别表示能降低平均日、最高日或最高时的需水量,[B] 则表示能同时降低两者的需水量。

(1) 普及水表设置[B]。

(2) 建立供水帐目(Water Accounting),进行漏损控制[A]。节水在许多方面始于供水一方,建立供水帐目可在全供水系统追踪水的去向,查明值得注意的未记入帐户的用水大户,最终得到未查出帐户的水量。这是制定漏损控制方法必要和首先的一步。见供水帐目系统图(图 1)。列入可识别未授权使用水量类的有些项目,如偷水等,实际不能识别,也属于未查出帐户水量。《指南》要求建立供水帐目:进行供水系统审计,以进一步分析未记入帐户水量走向,采取相应控制措施;提出测漏与修理措施;采用自动检测仪表和遥测技术,监控水源与输配水

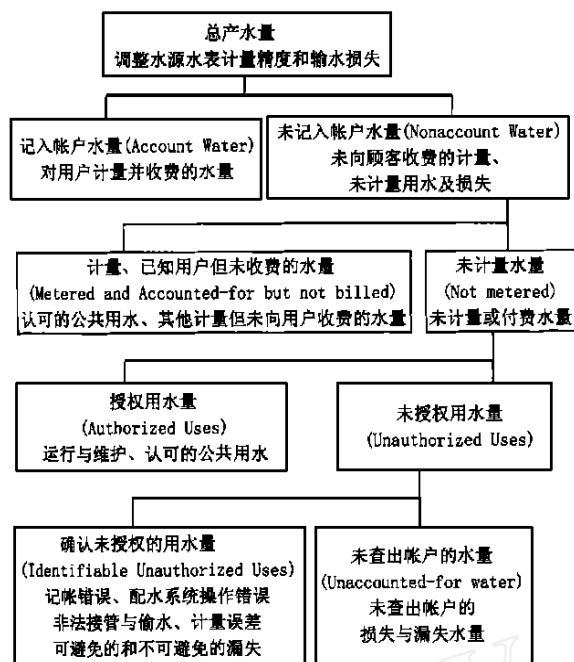


图1 供水帐目系统

设施;制定包括减少日常维护用水在内的防止系统供水漏损计划。

(3) 成本核算与水价[B]。使用按用户类别记入制水成本的会计帐目(Cost-service Accounting),按成本制定水价;考虑采用鼓励节水的水价政策与水价结构,如按用水量累进计价、季节水价等;估计不同用户用水的弹性系统,估算提高水价后的节水量。

(4) 信息与教育[B]。提供用户能说明节水如何节省水费的帐单;用户经索要,可得到有关信息资料;应有信息与教育计划,使公众了解供水成本;宣传节水如何能使用户得到长期经济效益。

(5) 进行用水审计(Water-Use Audits)[B]。对大水量用户或终端用水(End Use)进行审计,即找出用水薄弱环节,采取管理、技术措施,提高用水效率,削减用水量。

(6) 更换或改进用水器具[B]。备有节水龙头、低流量沐浴喷头、测漏片、单向阀、探漏片等可供改装替换的成套节水器具,可无偿发给或收取费用;使用新技术,参与制造与分发节水器具。

(7) 压力控制[A]。降低水压,可减少漏失、管壁应力、用水终端器具使用的磨损和龙头漏水,也可

减少供水系统损坏和维修量,延长系统寿命。要求在不违背法规、标准和不降低服务质量的条件下,进行全系统压力管理。居住区管网压力在  $5.62 \times 10^5$  Pa(801 b/in<sup>2</sup>) 以上时,可考虑适当降低,可选择地在街道干支管和户线上安装减压阀门。

(8) 提高绿化灌溉效率[P]。可在规划、设计和管理等方面促使公园、高尔夫球场等大型绿地采取节水措施;与苗圃合作,提供节水型植物种苗。

(9) 回用与循环[B]。与有潜力的工业用户、大水量绿化用户、有选择的居民用户一起,对生产废水、灌溉尾水进行回用或循环使用。

(10) 用水法规[B]。应备好干旱季节或供水事故时须颁布的紧急节水法规,对绿化、洗车、冲洗步道、高尔夫球场、游泳池、饭店、宾馆等用水进行限制;颁布用水器具标准;禁止直流冷却水、喷泉用水等。

(11) 综合资源管理[B](Integrated Resources Management)。在供水一方,可使用自动化技术、调蓄水量等方法,在节水的同时,获得能源、药剂的节约;推行用地管理等措施,保护并节约用水资源,避免成本昂贵的新水源的开发;与排水企业联合制定和开展节水计划,削减排污量,分享效益。在需水一方,供水、供电企业可联合与大水量用户一起,进行用水审计,节水、节能、减污,以及其他资源的节约。

## 2.2 规划步骤与内容

(1) 明确节水规划目的。规划目的可以包括取消、减少或推迟设施项目投资,避免新的水资源开发费用;改进对现有设施的利用,并延长其使用年限;降低可变运行成本;提高对于干旱或事故的应变水平;对客户进行节水教育;增加安全供水的可靠性限度;保护和保存环境资源等。规划应强调邀请受影响或感兴趣的各个方面参加,包括居民、工业、商业、旅游等用户、政府机构、环境保护团体等,使他们有表达自己意见的机会。公众始终参与规划的制定与实施,可以得到他们的支持,保证节水计划的实现。

(2) 搜集基础资料。搜集汇总供水系统有关服务人口、面积、管网长度、尺寸等服务特性资料;年供水量及其水源;居民、商业、工业等用户接管情况;年、平均日、最高日、最高时需水量;水价;供水设施

与投资规划;干旱或应急措施;已实行的节水措施及其大致年节水量等基础资料,应突出系统是否经常遭遇干旱和安全供水问题;有无过量未查出帐户的供水漏损;系统是否亟须扩建;有无快速增长的需水量等。

(3)需水量预测。应将现行节水措施和1992年美国能源政策法关于节水器具用水标准的实施效果考虑在内;按用水地区、不同用户类型、不同季节、20年规划期,预测5年、10年、20年的平均年、平均日和最高日需水量;运用多因子模型说明气候、收入、水价等因子对需水量的影响;进行敏感度分析,针对预测的不确定性,制定应急计划。

(4)供水设施规划。为满足预测需水量(不考虑新节水措施)要求,首先估算与平均日、最高日、最高时相对应的水源、输水与净化处理、配水等不同类别工程所需改进、新建、报废的设施项目及其规模(包括预留安全度)与费用,据以预测各类工程在规划期内各年的年或日平均供水规模;按设施使用年限一般为20年,对不同类别工程分别逐年计算年增量设施能力(Annual Incremental Capacity)、年增量投资费用(Annualized Incremental Capital Cost)与年运行费用(Annual Operating Cost)、年增量供水总费用(Total Annualized Incremental Supply Cost)及其现值,以求得该类设施能力的年费用、总费用和单位成本。

(5)确认节水措施。供水系统应对前述推荐的最低限度节水措施逐项研究确认,遇有与当地法规有抵触或其他不可行的情况,应在该措施项下,说明不采纳的理由。

(6)分析节水措施的效益与费用。对前述确认的每一节水措施,明确其有效期限和能降低何种需水量([A],[P]或[B]),估算其年节水量和在有效年限内总节水量;估算实施这一措施的材料、人工、管理等费用,得出在措施有效年限内所需总费用;以总费用除以总节水量,得出每一措施单位节水量的费用,便可在各措施间,比较它们的费用有效性(Cost Effectiveness)。节水措施的经济效益,可按2.2(4)的方法,用其节水性质[A],[P]或[B]相对应的供水设施的年增量投资费用与年运行费用之和,亦即该设施的增量供水费用(Incremental Cost of Supply)

来表示。节水效益与措施费用之差,即该节水措施的净效益。

(7)选择节水措施。首先应确认评估节水措施的准则(Criteria),除上述效益费用分析外,还应考虑措施项目费用、项目实施资源与能力、公众接受程度、对用户的影响、法规限制等其他准则。对采用的每一准则,都应明确其对节水措施的可行性有何影响及其原因。规划应列表对已确认的节水措施逐项选择,说明选择或拒绝所依据的主要准则,并估算选择这些措施后所能降低的平均日和高日需水量。

(8)修正预测,将节约的需水量转换为供水设施规模的削减。根据2.2(3)预测的需水量,减去2.2(7)采用新节水措施后节约的需水量,得出包括5,10,20年平均日、最高日需水量,日、时需水量变化系数等修正后的需水量预测;对比2.2(4)原供水设施规划项目,不同需水量的降低,视其数量,可削减原规划某些相对应的整个项目,或削减其项目规模,或推迟建设时间,但都必需同时考虑卫生和安全要求、费用承担能力、降低运行效率等影响,并预留一定安全度,按项目逐一慎重确定,并据以作出修正后的5,10,20年供水规模预测,估算供水设施项目变化后在基建投资和运行费用上的节约。

(9)制定实施计划、贯彻措施和对执行情况的评估方法。

### 3 讨论

#### 3.1 加强我国供水企业在城镇节水工作中的地位与作用

我国城市自来水公司(以下简称水司)对制定与考核管网漏损指标,加强水表计量与管网检漏,已引起注意,但通过建立供水帐目,对未记入帐户水量进行分析,作为控制漏损的基础与依据(见2.2(2)),尚未见报道。David Stephenson(1995)报道<sup>[3]</sup>,南非Valencia市未查出帐户的水量(Anndres,1995)中,漏失占50%,街道冲洗与休闲用水5%,干管等冲洗用水15%,水表计量误差15%,非法连接5%,其他10%。一些旧城市未查出帐户的水量可高达50%,管理好的供水企业则通常为15%。笔者1992年参加亚洲银行技援项目《京津水资源研究》,法、意咨询公司专家V. Di Michele, E. Allesandrollo亦持此观点,对北京市自来水管网损失率仅6%~7%,深表

怀疑。我国能否建立严格的供水帐目制度,是供水企业管理与国际接轨关键问题之一。

《指南》指出,有资料显示:对用户进行宣传教育,可节水 2%~5%;提高居民、非居民用水水价各 10%,可分别降低用水 2%~4%和 5%~8%;进行终端用户用水审计,如帮助工业节水一般可节水 10%~20%;帮助用户进行再用和循环使用,如建立冷却塔系统,甚至可节水 90%;指导并帮助为厕所、洗手间更换节水器具,可节水 44%;为浴室更换节水喷头,可节水 18%。除《指南》要求供水企业为用户更换节水器具和提高用水效率外,美国《安全饮用水法》规定供水企业必需定期向用户提供水质报告。美国供水企业为大力推动公众参与,向用户邮寄节水技巧宣传品、居住区管网整修动态(要求居民配合)、年度财务决算(说明水价依据)等。报载北京市发放数以百万的节水龙头,一时安装不及。我国各地水司一般都是各市唯一供水企业,拥有强大的技术力量与装备,是否也可像国外同行一样,为用户安装节水型器具,为它们商品水的客户做好售后服务。我国自来水行业亟须进一步加强与用户的沟通,宣传节水措施,相应提高服务水平与企业形象。

我国自 80 年代开展计划用水、节约用水以来,成绩巨大,但《城市节约用水规定》对供水企业除原则上要求降低漏失量外,别无规定。如上所述,鉴于供水企业在城镇节水工作中的特殊地位和重大作用,建议国家节水主管部门参考国内外经验,对各类水司提出适合我国情况的更广泛具体的节水目标要求;各地节水办应要求各地水司报送节水措施计划和预计节水量,纳入年度节水计划,加强管理。

### 3.2 对供需双方需水量管理进行综合规划,节省供水设施投资

我国节水成绩巨大,1983 年~1997 年主要城市节水 242.45 亿  $\text{m}^3$ ,近 10 年来都保持每年节水 20 多亿  $\text{m}^3$ ,相当于每年少建设 600 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的供水工程<sup>[4]</sup>(当然还包括相应规模的排水工程),但是在未将节水量转换为供水规模的削减并实现以前,却不能说已经把这笔巨额投资节省下来了。在我国当前情况下,实现这一转换,需要供水企业管理与经营体制改革的到位,以及有关规划、设计等方面,特别是当地供水企业和节水办坚持不懈的努力。

首先,改革开放后,我国城市供水设施有了很大发展,多数城市供水已能满足现阶段居民需水量要求。这就为今后考虑节水因素,合理削减供水设施规模,创造了较为宽松的环境。目前一些供水企业在设施扩建中,有设计规模要求偏大的倾向,可能会对考虑节水因素以削减建设规模,缺乏积极性。这是因为水价调整还不到位,很多供水企业处于亏损或微赢利状态,扩建投资靠政府支持,还有计划经济时代“投资饥饿症”的表现。但是,水价还会继续提高,拥有自我发展的资金,讲究投资效率,毕竟是今后发展大方向,更何况广大供水企业转换机制与进入市场,以及管理水平的提高,其程度和先后各有不同,总会有部分企业愿意率先采用这一革新措施的。

其次,科学的需水量预测是需水量管理的基础,也是确定供水设施规模的依据,关系重大。美国许多规模庞大的地区性供水企业都采用已广泛流行的美国农垦局开发的 IWR-MAIN 需水量分析软件包(第六版,1994)<sup>[1]</sup>,其特点是将需水量按地区(地理位置、县界、流域、服务面积)、用水时间(平均日、最高日等)、用户种类(居民生活、非居民生活、未记帐水量)分类。各类用户都可分为若干门类,如非居民生活分为建筑业、制造业、运输、交通、公用企业、批发业、零售业、金融、保险业、服务业等 8 个 1 级门类,其下还按美国标准工业分类 SIC 分为 65 个 2 级门类,417 个 3 级门类,并分别给出各门类工业雇员每日平均用水量。分得越细,用水定额就越准确。选择到哪级门类,由规划、设计人根据需要与可能确定。建立估算不同需水量的多因子模型。如对居民生活用水,这些因子为住户收入、户均人口、房屋密度、气候条件、水价与排污费。对许多需水量影响因子的可能变化,进行敏感度分析,确定其对预测需水量的影响程度及其后果,提出应对措施。应急计划可以帮助供水企业解决意外问题。

我国城镇需水量预测,虽有一些调查与研究资料,但目前设计中,生活需水量预测仍套用《室外给水设计规范》规定的“综合生活用水定额”,将居民生活用水和公共建筑用水综合在一起,用水定额选择的幅度很大;工业需水量预测不分门类,仍以城市全部工业万元产值平均用水量为估算基础,过于粗略。对比之下,我国与国外差距很大。建议有关方面立

# 对小城市污水处理工程设计的思考

王 杉

**提要** 对小城市污水的水质水量进行了分析说明,并就此提出适用于小城市的污水处理工艺应具备抗负荷冲击、运行管理简便、造价低廉等特点,同时以实例说明氧化沟和 SBR 工艺较为适合小城市污水处理。

**关键词** 小城市污水 处理 工程设计 氧化沟 SBR

我国现有设市城市 668 个(包括直辖市 4 个,地级市 222 个和县级市 442 个),其中 20 万人口以下的县级市有 382 个。另外还有不设市的县城 1 693 个。

按我国对城市规模的划分,所谓小城市是指市区和近郊区人口不足 20 万人的城市。实际上大多数县级市和县城的人口均在 10 万以下,一般为 5 万~10 万人,3 万~5 万人的县级市和县城也不在少数。从城市概念上来看,建制镇亦属“城市”范畴,建制镇的人口规模从 5 000~30 000 人不等,这部分小城市的数量更是数以万计。

迄今为止,绝大部分小城市中的城市污水仍然处于不加治理直接排放到水体的状态,这成为水体环境污染的主要来源。因此,要改善我国水环境被污染的状况,保护我国紧缺的水资源,除了要刻不容缓地对大中城市的城市污水进行处理外,小城市也应该成为关注的重点,加快小城市的城市污水处理步伐。

## 1 小城市的城市污水量

如前所述,现状大部分小城市的人口变化幅度在 0.5 万~10 万人之间。考虑到城市化进程的加

快和区域性排水情况的增多,估计今后若干年内人口规模 5 万~10 万人的小城市会多起来,若按 10 万人口规模考虑,对照《城市给水工程规划规范》(GB50282-98)有关条文进行城市用水量的测算,采用城市单位人口综合用水量指标 0.3 万~0.6 万  $\text{m}^3/(\text{万人} \cdot \text{d})$ ,则一般小城市的最高日城市用水量约为 3 万~6 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

由于污水处理厂的规模是按平均日计算的,因此上述城市用水量应除以  $K_d$ (日变化系数)。小城市的  $K_d$  可采用 1.5,则平均日用水量约 2 万~4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。再考虑到产污系数( $K_{\text{污}}$ )和截污系数( $K_{\text{截}}$ )的共同影响,如  $K_{\text{污}}$ 和  $K_{\text{截}}$ 均采用 0.9,则  $K_{\text{污}} \times K_{\text{截}} = 0.8$ ,即小城市的城市污水量约为 1.5 万~3 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,这个数字是规划概念上的数字,并不是一个精确的数值。由于我国幅员广大,气候相差悬殊,经济水平发展也很不平衡,加上水资源的分布差异较大,因此城市污水量必然相差很大,所以这个数字可以更大些也可以再小些。但它反映了我国小城市污水量的一个大体水准,这对于确定小城市污水处理工程的规模和采用什么工艺具有参考意义。

为课题,组织力量,及早解决这一问题。

最后,笔者认为,实行供需双方需水量综合管理,节省供排水设施投资,是我国城镇节水工作发展的大方向,应引起城建有关领导与节水部门以及规划、设计单位的注意,大力予以推动。

## 参考文献

- 1 Duane D. Baumann. Urban Water Demand Management and Plan-

ning. McGraw Inc, 1997

- 2 U S EPA. Water Conservation Plan Guidelines, 1998, 8
- 3 David Stephenson. Loss Control and Rehabilitation. Water Supply and Management, 1998
- 4 肖绍雍. 中国城镇供水事业发展形势与未来展望. 中国水工业科技与产业. 北京:中国建筑工业出版社, 2000

作者通讯处:100085 北京 286 信箱干休所 2 号楼东门 401

电话:(010)62916208(H)

收稿日期:2001-4-3

## ABSTRACTS

**Investigation on Wastewater Reuse in US** ..... Nie Meisheng ( 1 )

**Abstract :** The overall strategic target and relevant administration and technical considerations in water sphere in US are presented including the organizational regime , the definition of water right , the water market and technical advances from individual to integral. Some favorable recommendations suitable to the domestic situations are also proposed.

**Water Demand Management in US Township Water Supply** ..... Xu Jingqi ( 8 )

**Abstract :** The Water Conservation Plan Guidelines issued by USEPA in 1996 is presented. In the guidelines minimum requirement on water saving plan is demanded to the owner of water enterprises who apply for the Drinking Water State Revolving Fund to expand their waterworks. By this way the demand management programs of both the water suppliers and users of water service shall be colligated to reduce the programmed capacity of water supply by the saved water in succession to reduce the investment. In our country the factors of water saving are not yet considered in expansion of waterworks. So the author thinks that this guideline is useful for reference to improve the water saving in this country , and some considerations dealing with domestic arrangement are given.

**Effect of Biological Raw Water Treatment on the Water Quality in Subsequent Reservoir** ..... Mei Xiang et al (15)

**Abstract :** Based on the static modeling experiment through the fieldwork , investigations were conducted on the variations and the effects of ammonia-nitrogen , nitrite-nitrogen and nitrate-nitrogen in the effluent of the biological basin for treatment of slightly polluted source water after the effluent flowed into the subsequent reservoir and retained for some time. Moreover the difference of the water quality of the reservoir between before and after the operation of the practical biological treatment basin was analyzed. The results showed that ammonia-nitrogen and nitrite-nitrogen could be further degraded after the effluent from the biological treatment basin flowed into the reservoir and retained for seven days. This not only benefited the improvement of the source water quality , but also benefited reducing the eutrophication of the reservoir.

**Water Pollution Control Program on Liaohe River Basin in Liaoning Province** ..... Yang Wei et al (21)

**Abstract :** The water pollution status in Liaohe River Basin and the strategic program on water pollution control drafted by Liaoning Province are presented in this paper. The municipal government of Liaoning Province has contributed a large number of labor and financial investment for water environment protection to improve the living condition and to guarantee the sustainable development in this area. It is believed that the water pollution in Liaohe River Basin and Bohai Gulf will be controlled effectively.

**Study on BAF Treatment of Domestic Wastewater** ..... Li Yaxin et al (31)

**Abstract :** The characteristics of biological aerated filter (BAF) for treating domestic wastewater were investigated by bench-scale model. The results showed that at the optimum condition when HRT = 1.59 h and air/ water = 7 1 , 74.2 % of  $\text{NH}_3$  - N was removed. In this case effluent with average concentrations of COD ,  $\text{NH}_3$  - N , BOD , SS lower than 60 mg/L , 15 mg/L , 20 mg/L and 20 mg/L respectively was obtained. The effect of COD-loading ,  $\text{NH}_3$  - N-loading , backwashing cycle and air/ water ratio on the performance of BAF were also examined.

**Research on Recovery from Reactive Dyestuff Brilliant Red K2BP Production Wastewater** ..... Zhu Wanpeng et al (46)

**Abstract :** An extraction-stripping technology was adopted to treat Reactive Brilliant Red K2BP (a kind of dye)