

从建筑中水到社区中水 ——以北京市为例

■ 黄心洁 马中 昌敦虎 / 中国人民大学环境学院

摘要 本文通过对北京建筑中水设施的调研认为,建筑中水设施存在设施闲置、运行率低的问题。通过对成本与运行率相关性的分析发现,因设计处理量过大或过小而造成的运行率低致使成本上升,是造成设施闲置的主要原因。建议通过发展社区中水设施来扩大服务区域、扩充服务功能,分散系统进出水,以改善水量平衡,提高设施运行率,从而实现生活污水的减排,为我国的污染减排事业作出贡献。

关键词 社区中水 建筑中水 运行率 闲置率

中水(Water Reuse\Reclaimed Water) 亦称“再生水”或“再生利用水”。建筑中水(Building Reclaimed Water System)指建筑物或建筑群的各种排水经处理回用其内的杂用水的供水系统。1987年5月1日,北京市颁布并即日实施《北京市中水设施建设管理试行办法》规定建筑面积达一定数量的建筑必须配备建筑中水设施,开始了城市建筑中水的发展历程。

北京市建筑中水设施的数量由1993年85座发展到2005年400余座,2004年北京全市利用中水 $3.00 \times 10^7 \text{m}^3$,其中市政中水利用量 $2.40 \times 10^7 \text{m}^3$,主要用于东南郊工业和市政;建筑中水利用量 $6.00 \times 10^6 \text{m}^3$,主要用于公厕等市政杂用^[1]。

1 研究背景

城市节水 and 污水再生利用潜力的发挥,很大程度上受政府政策的影响。因国家政策调整、处理技术成熟、水价等因素,建筑中水设施的发展势头迅猛^[2]。

有学者对污水再生利用(包括城市污水处理厂与小型分散处理系统)和远距离调水两种供水方案进行比较,得出在满足

相同供水效果的条件下,无论静态还是动态比较,污水再生利用都更具成本有效性^[3]。还有学者基于调研数据说明,因地制宜地发展小型分散处理系统是我国制定合理污染控制政策的关键因素之一^[4]。

据已获文献,对北京建筑中水设施的调研始于1994年,当时针对设施闲置率高、运行率低,提出应对水量平衡、处理流程、管理方式及技术研发加以关注。北京市节水办公室的调研也提出,建筑中水设施存在运行率低的问题,并强调水量平衡在建筑中水设施工作中的重要作用。有学者对建筑中水设施进行详细的成本、规模调研认为,准确确定中水设施规模具有重要性,且设施处理规模越低,中水成本越高。针对水量平衡计算存在的问题,还有学者提出将城市中水设施的建设分为区域、小区和单元,并结合空间和时间因素提出了微观模拟模型计算水量平衡^[5]。

2 研究方法

2.1 样本选取

样本源于北京市11座2003年以后竣工的建筑中水设施,

4 环境保护

有3座设施分别拥有北京市建筑中水示范工程及国家级环保先进单位的荣誉。从资金及技术能力角度考虑,所选类样本将代表建筑中水设施的较优水平。

11座设施设计处理量在60~1300 m³/d之间,所服务楼宇功能分布见表1。

2.2 数据与信息收集

运行状况方面的资料主要来自对现场工作人员的访谈。定性数据来自无定量数据可佐证且无异议的访谈内容;定量数据来自各设施的日工作记录表及设计文件。

对于访谈内容与数据或指标间存在冲突的情况,将就此问题增加新被访人,以获得确凿信息。

被访人包括:各设施现场工作者;运行、管理、施工部门负责人;设计人员;中水使用者等。

2.3 数据处理

文中所用定量数据是由笔者录入电脑,经随机检验输入无误后,进行统计学分析。

主要分析指标包括:日中水出水量、自来水/地下水补充量、用电记录、加药记录、维修记录及备注。

3 结果

3.1 设施闲置状况

判定设施闲置依据其自竣工之日起总运行时间是否不足24h。闲置率指中水设施闲置天数与使用天数之比。被调研设施的闲置情况见表1。

11座被调研设施中,5座自竣工之日起至2008年1月1日总运行时间不足24h。这5座设施中4座由于中水成本过高且所提供的中水数量无法满足建筑需求而闲置。

1993年,北京有记录的80多个建筑中水设施,真正运转的仅20家左右。1996年调查发现,北京51座建筑中水设施中,坚持运行的有34户。2002年北京22座中水设施中,14个运行数据基本齐全、运行基本正常。

3.2 设施运行率

设施运行率指设计日处理量占实际日均处理量的比例。调研中,6座未闲置设施运行率2%~61%(见表2),仅1座运行率高于50%。

1、2、3、5、6号,进水集中时溢流,需水高峰期供水不足而需新鲜水补给;4、7、8、9、11号,实际运行时原水量不足,设计处理量过大。

这也进一步证明:我国的污水再生利用工程中存在很多再生水量过大或过小的问题、许多设施存在大马拉小车的现象。2002年,北京22座被调研的设施中14座在用,其中设计规模能发挥80%以上的有4座;50%~80%的7座;低于

表1 某中水设施改造前后运行率比较

时间	覆盖范围	运行率
2005年7月—12月	公寓	55.45%
2006年1月—12月	公寓	51.91%
2007年1月—12月	公寓、办公楼群	74.12%

表2 受调研设施的运行率与成本

编号	成本(元/m ³)	运行率
1	1.18	61%
2	2	48%
3	3.7	34%
4	5.43	2%
5	3.43	25%
6	3.7	7%
7	--	--
8	--	--
9	--	--
10	--	--
11	--	--

表3 某中水设施改造前后运行率比较

时间	覆盖范围	运行率
2005年7月—12月	公寓	55.45%
2006年1月—12月	公寓	51.91%
2007年1月—12月	公寓、办公楼群	74.12%

50%的3座,且这三座设施中有两座运行率仅15%和7%。北京市节水办公室对27座宾馆饭店的调研发现:设计水量过大或过小的设施占总量的44%。

4 被调研中水设施问题成因分析

4.1 设施闲置与低运行率的影响

2004年北京建筑中水的年使用量 $6.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ [3]。在此采用北京建筑中水设施数量与一般处理规模的数据,推测北京建筑中水设施的运行率与闲置率对中水供给的影响。

首先,由2005年全北京有建筑中水设施约400座及年新增建筑设施量100座,推算2004年北京建筑中水设施约300座;第二,北京建筑中水设施的一般设计规模150~500 m³/d,此取最小值150 m³/d,计360 d/y;第三,调研中获悉,建筑中水设施所产中水有一部分会用于设备反冲洗,但所有设施都没有相关方面的记录。此取JSWA [6]的数据“所生产的中水水量的5%用于设备本身”,考虑技术差异,设国内中水设施将中水生产量的20%用于设备自身,则可推2004年北京建筑中水的理论可利用量:

$$300 \times 150 \text{ m}^3/\text{d} \times 360 \text{ d/y} \times (1-20\%) = 1.30 \times 10^7 \text{ m}^3$$

故2004年北京建筑中水的实际使用量($6.00 \times 10^6 \text{ m}^3$)即使与这个最小估计生产能力相比,也不及该保守数的一半。设施闲置与低运行率严重影响北京已建成建筑中水设施功能的发挥。

从中水潜在需求角度分析:首先,2004年北京城镇常住人口 1.19×10^7 人;第二,据《建筑给排水设计规范》(GB 50015-2003),水箱、便器一次用水量为10~14L,此处设低水箱便器一次用水量可取12L。据统计,每人每天大小便约7次,则每人每天冲厕用水量约 0.084 m^3 [7],则2004年北京城镇常住人口年冲厕所水量:

$$1.19 \times 10^7 \times 0.084 \text{ m}^3/\text{d} \times 360\text{d}/\text{y} \approx 3.60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$$

但2004年建筑中水的实际使用量不及此需求的2%,说明建筑中水的需求发展空间尚足。当然,人们对建筑中水的接受程度将是潜在需求能否成为有效需求的关键。

4.2低运行率导致设施闲置

据《市政公用设施项目经济评价细则》,维修费按总投资的3%计,折旧费按总投资的4.6%计,中水成本由人工、电耗、药剂、维修、折旧以及管理成本构成。调研发现,建筑中水设施所产每立方米中水的成本与其运行率负相关(见图1)。

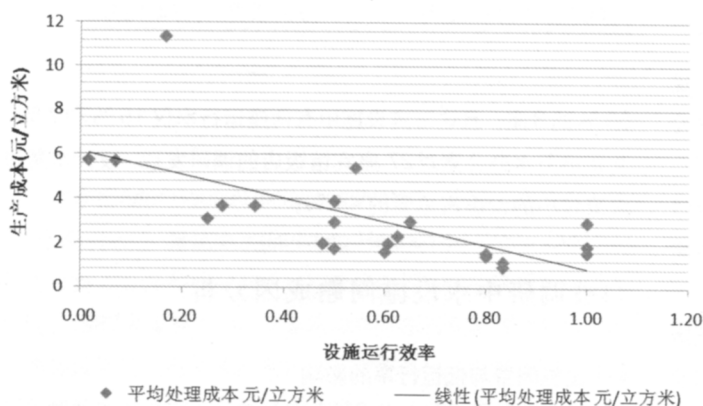


图1 运行率与处理成本的关系

数据来源:本调研11座设施自运行之日起至2008年1月1日日工作运行记录及工程设计数据。

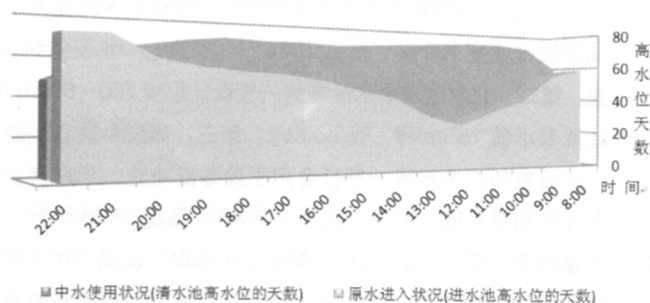


图2 某设施的溢流与补水状况

数据来源:某设施2007年1月6日-2008年1月1日日运行工作记录数据。

在新鲜水价格不变的前提下,设施运行效率越低,中水成本越高,对设置所有者的激励越小,若处理成本高于新鲜水的价格,设施会被闲置。当前,因建筑中水设施基本以“自给自足”的方式生产,没有市场交易的过程,无法反映中水在市场上供求状况。假设设施所有者只考虑每单位中水的成本与所替代新鲜水的比价。若成本低于新鲜水价格,其不会让设施闲置;若成本高于新鲜水价格,则其将千方百计削减中水产量,以使损失降到最低,而最好的方法就是将设施闲置不用,使中水的生产量为零。

除可通过提高水价来负向激励使用建筑中水,减少闲置;还可通过提高设施运行率,带来低成本,促成中水成本明显低于新鲜水价格,实现设施运转为其带来利润,正向激励使用中水。

4.3低运行率的原因

城市污水再生利用系统的水量平衡存在时间和空间上的不确定性,设计时难把握,此外《建筑中水设计规范》未对水量平衡的计算具体指导。许多设施直接采用其为无充足资料设施提供的方案设计,造成多数工程:进水集中时溢流,而需水高峰期供水不足;实际处理处理量过大或过小的状况。据《建筑中水设计规范》,水量平衡指整个中水系统中各种水量的计算和均衡,包括原水量和处处理量的调节和均衡以及中水量和中水使用量的调节和均衡。水量平衡计算是中水设施合理确定规模的前提。

调研中,1、2、3、5、6号存在溢流与需新鲜水补给的状况,4、7、8、9、11号存在设计处理量过大的状况。以2号设施为例(见图2),因每日21时后进水量超过中水使用量与调节池容量之和,为防溢流,其每日将21时以后进水(约 $150 \text{ m}^3/\text{d}$)直接排放;而每日12时中水使用量又大于进水及清水池的水量,日均补自来水 60 m^3 。

4、7、8、9、11号均单独为办公楼宇服务(见表1、表2)。该类楼宇水量平衡的准确计算很难,经调研原因如下:首先,因租主变更,楼内用水人员数量波动大,直接影响进入中水设施的原水量;第二,楼宇使用人员对楼宇的改造,如浴室设施拆除等,进一步影响原水水量;第三,用水设施改造、安装节水器具,使得原水量进一步减少,仅将盥洗用水作为原水根本无法满足设施运行需求。

2001年6月29日,北京市发布《关于加强中水设施建设管理的通告》,调整了1987年以来仅考虑建筑面积是否达到一定数量的强制性建设依据,规定“如中水来源水量或中水回用水量过小(小于 $50 \text{ m}^3/\text{d}$)必

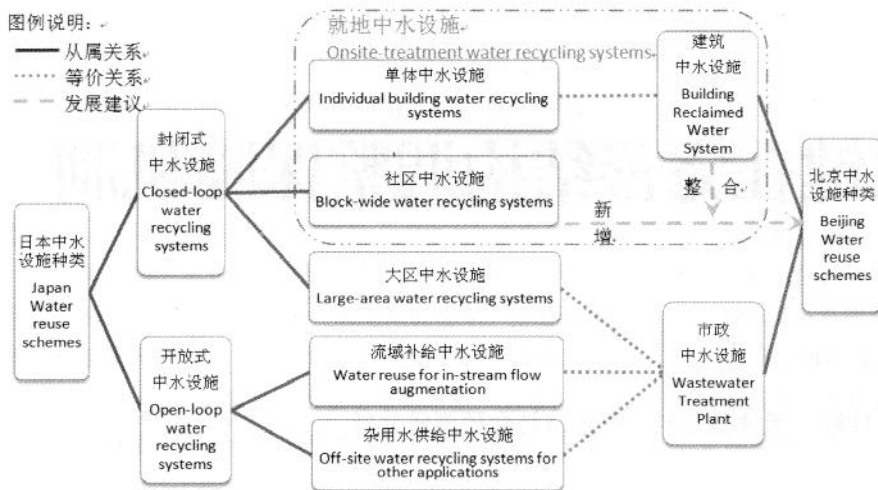


图3 中日中水设施对比及社区中水设施发展思路

用于该楼群冲厕所用水。通过改造,使设施服务范围的扩大、功能扩充,分散了进出水的集中度,运行率提高了20%。

社区中水设施的发展既为新建楼宇节约了建设费用,又提高了原有设施的运行效率,是一种双赢的中水设施建设模式,且发展社区中水设施可使达不到建设面积要求或水量过小的建筑也使用中水。只有中水设施的运行率提高,在成本上与新鲜水相比具有明显的优势,中水使用才能更好地得到推广。

5 结论

须设计安装中水管道系统。该政策一定程度上减少了闲置设施的产生,但已建设完成的低效设施的状况依然窘困,且许多原本可使用中水的项目被搁置。

4.4 改善中水设施运行率的思路——发展社区中水设施

社区中水设施即多栋相同功能或不同的楼宇共同使用一座中水设施,其原水可源于使用中水的楼宇,亦可来自其他建筑^[8]。其与建筑中水设施的回收处理流程基本相同,主要区别:建筑中水设施的原水与中水均处于单独的一栋建筑内。而社区中水设施服务的楼宇不止一栋,原水和中水的使用可面对不同的楼宇,只要组合可使该设施的水量平衡最稳定,运行成本最小即可。

因区域中水设施可扩大建筑中水的服务范围,较大的空间会存在较大的用水差异,将空间范围扩大,以减少水量的波动性,保证原水水量充足且稳定,更有利于水量平衡的设计,且可提高中水的效率、安全性和可靠性。

北京和东京同均属人口密集的大都市,均在水、土地资源紧张的情况下发展分散式中水设施,具有一定程度的相似之处。图3对比了两市中水系统的构成体系。东京的中水系统主要由单体中水设施、社区中水设施和大区中水设施构成。设施采用何方式是根据其是否能提高设施效率而定,就地中水处理设施在处理生活废水上不仅技术成熟并且成本经济。为进一步降低中水成本,其正积极发展社区中水设施。

以调研中某设施(未获任何中水方面表彰)为例,其是2005年建成的 $8.6 \times 10^4 \text{m}^2$ 公寓群配套中水设施,设计日处理量 480m^3 。2005年7月-2006年12月,中水原水为洗澡、洗衣及盥洗用水;中水用于冲厕所、绿化和景观用水。2007年1月起,其将新建 $1.5 \times 10^5 \text{m}^2$ 办公类楼宇纳入系统,中水

基于调研数据,北京市建筑中水设施闲置较多,在用设施运行率低。考虑到北京未来对中水的需求,建议北京着重发展社区中水设施,以改善建筑中水设施运行率低的问题。

当然,本文关于发展社区中水设施的讨论并不意味着这是改善建筑中水设施使用效率的唯一方法。本文仅对国内中水设施建设的发展模式提出了建议,无涉及中水设施处理技术及中水品质与功能的讨论,尚需进一步研究。^⑩

参考文献

- [1] 宋磊.北京市中水利用情况和分析[J].北京水务,2006,2:32-33.
- [2] 郭清斌,潘春雨.建筑中水正在兴起[J].城市住宅,2008,2:116-117.
- [3] 张俊杰,曾思育,陈吉宁.再生水与长距调水的费用—效果比较[J].中国给水排水,2004,11:22-24.
- [4] 褚俊英,陈吉宁,邹骥,王灿.城市污水处理厂的规模与效率研究[J].中国给水排水,2004,5:35-38.
- [5] 李文彬,陈吉宁,傅平.城市污水再生利用系统水量平衡探讨[J].中国给水排水,2004,10:61-63.
- [6] JSWA.Making Great Breakthroughs- All about the sewage works in Japan[R]. Japan Sewage Works Association. 2002.
- [7] 李长江.谈居住建筑的中水利用[J].房材与应用,2001,29:18-19.
- [8] Tokyo Metropolitan Government. Bureau of City Planning [R]. Tokyo Metropolitan Government. 2001.
- [9] 郭扬善.日本中水发展概况、趋势及其运行机制分析[J].给水排水,2002,12:60-65.