

建筑与居住小区饮用水集中分质供水问题探讨

近年来,国内饮用水集中分质供水系统在一些公共建筑和居住小区中试点建设和运行,随之而来的一些问题如当前我国市政供水的水质状况、分质供水的水质控制标准、分质供水的处理技术与处理工艺流程、分质供水的工程造价和制水成本,以及分质供水的管理模式,水价等引起了人们的广泛重视和议论。笔者曾在编制《居住小区给水排水设计规范》和承担国家“九五”科技攻关项目《2000年小康型城乡住宅科技产业工程》中“居住区水质、水压保障技术及节水技术”研究专题时,对居住区内供水水质及供水水质保障技术作过一些调查、研究和开发工作,现结合自己的工作,谈谈体会与想法。

1 我国市政供水的水质状况

关于我国市政供水的水质和供水管网系统的二次污染状况,全国各地曾做过不少调查测定,比较全面和系统的调查有20世纪90年代初为编制《城市供水行业2000年技术进步发展规划》向全国58个大中城市自来水公司进行的水质管理情况调查和1997年《2000年小康型城乡住宅科技产业工程》项目中子专题“居住区水质、水压保障技术及节水技术”进行的全国性水质状况调查。从调查的结果可以看出,我国大中城市自来水公司供水厂的供水水质基本上符合现行《生活饮用水卫生标准》,35项指标全年综合平均合格率达99.39%;4项常规指标全年综合平均合格率也达到98.73%。但是通过输配水管网,二次加压贮水设备的贮存到居民用水点的龙头,由于各种原因引起的二次污染使水质质量明显下降。

这里还要说明两点:第一,两次调查数据分别是根据1989年城市《供水统计年鉴》和1996年自来水公司年度报表整理得出的,但据某些卫生防疫部门透露的资料,他们掌握的水的合格率情况比调查结果要低。第二,两次调查合格率资料是按现行1985年制订的《生活饮用水卫生标准》的检测结果,该标准颁布于1985年距今已16年,应该说远远落后于形势。16年来随着我国工农业生产的飞速发展,大量含有各种有毒、有害物质的工业废水排入水体;随着人民生活水平的提高,住房条件的改善,大量未经处理或只做简单处理的生活污水排入水体,我国的江、河、湖泊受到严重污染,直接或间接地造成了饮用水水源的污染。目前我国地面水源的主要污染已由原来的以泥砂为主的无机浊度物质变为各种有机物的污染,并且其中许多是有毒物质。城市给水厂的以处理浊度物质为对象的常规处理也不能适应当前处理有机污染物的要求了。1990年我国有识之士开始着手编制《城市供水行业2000年技术进步发展规划》,其重要内容之一是提出了提高供水水质,“规划”中对各类公司都提出了2000年暂行水质目标。二类和一类公司,参照了世界卫生组织、欧共体1991年提出的原来水质标准修改的“建议书”以及我国国家环保局确定的“水中优先控制污染物黑名单”(14类68种),分别提出了增加16项和(16+35)项的水质目标。但是现在已经2001年,却未见任何强制性的法规来正式制约自来水公司提高水质。同时,国家卫生部近年来组织编制的《生活饮用水规范》(目的替代1985年标准),“规范”规定了34项常规检测指标和62项非常规检测指标至今迟迟未能批准公布施行(编者注:该“规范”已于2001年6月7日颁布并于9月1日起实施)。所以可以说现在检测合格率依据的“标准”是一个低要求的标准,落后形势要求的标准。现在水中存在对健康潜在危害的有机污染物,也已不是靠煮沸成“开水”就能去除的。

2 分质供水的控制标准



据卫生部门专家介绍,国际制定《生活饮用水卫生标准》的原则是按 $3L/(人 \cdot d)$,饮用70年无害来制定的。为了引导和规范我国的饮水市场,促进健康饮水事业的发展,1999年建设部审查和批准颁发了强制性的行业标准《饮用净水水质标准》(CJ94-99),该标准于2000年3月1日起施行。

《饮用净水水质标准》是适用于以自来水或者符合生活饮用水水质标准的水为原水,经深度净化后可直接饮用的管道供水和罐装水的水质标准。该标准的指标值,是在《生活饮用水卫生标准》(GB5749-85)基础上,进行优化调整、增加项目而形成的。制定时充分考虑了我国《城市供水行业2000年技术进步发展规划》中指出的一类水司的2000年水质目标,同时参照了世界卫生组织现行饮水水质准则(1996年)和美国、日本、欧共体的现行饮水水质标准。

可见,我国现行的《饮用净水水质标准》是一个与国际同类先进标准和健康水的要求靠拢的标准,建筑与居住小区分质供水按此标准来控制应是安全可靠的,也是经济合理、符合我国国情的。

3 分质供水的处理技术与处理工艺流程

3.1 分质供水处理技术

建筑与居住小区饮用净水分质供水一般是以城市自来水为原水进行深度净化,所以处理对象主要是自来水中优化调整指标的进一步净化,自来水原水中微污染的有毒有害物质和有机污染物以及自来水在输水系统中的二次污染物。针对上述处理要求,结合建筑和居住小区特点,现在饮用净水分质供水的常用处理技术有:机械处理、活性炭处理、膜处理和消毒处理等技术。如果自来水中含硬度和溶解性总固体过低,或自来水经深度处理后使水中上述两指标的含量过低,则还应有水中矿物质和微量元素调节的保障处理技术,一般可采用含矿物质的粒状介质(麦饭石、木鱼石、珊瑚礁等)过滤器处理,使过滤出水增加一定量矿物盐。

3.1.1 机械处理

机械处理一般是指机械过滤器也称介质过滤,它是采用砂滤或无烟煤或煤、砂双层滤料过滤。通过机械过滤可达到去除水中铁锈和较大颗粒杂质,改善水质并能保证后面关键技术的正常运行和处理效果。

机械处理器应选择合适的设计滤速并应定期反冲洗,保证处理效果。

3.1.2 活性炭处理技术

活性炭处理技术是深度净化的关键技术之一,它是利用活性炭结构具有发达的孔隙,比表面积很大,从而具有良好的吸附特性,达到去除水中有机污染物和氯消毒后的氯化副产品的目的。为了改善和提高活性炭的处理效果,近期还对臭氧-活性炭、生物活性炭、臭氧-生物活性炭联用技术等进行了深入研究。活性炭过滤前投加臭氧,使水中微量有机物氧化降解,其中一部分变成 H_2O 和 CO_2 ,减轻了后续活性炭过滤的有机负荷;另一部分氧化降解变成小分子有机物质,易于吸附,改善和提高了活性炭的吸附性能。同时臭氧化后水



中氧的含量增加有利于生物活性炭表面固化的微生物代谢，显著提高了活性炭的有机污染物的处理能力，延长了其使用寿命。活性炭过滤必须经常进行反冲洗，定期再生，更换活性炭。

3.1.3 膜处理技术

近年来国内外膜处理技术在水处理领域中发展迅速，它也适应了当前生活饮水深度处理的要求。膜处理技术的净化机理是藉膜的微孔筛分作用，但是在筛分的同时也会发生膜表面和微孔壁上的吸附以及粒径与微孔口径相仿的微粒和溶质在孔中停留阻塞微孔。后两种情况的出现对处理有害无益。所以应根据被分离介质的粒径选择膜的孔径，还必须选用被分离介质与膜之间相互作用弱的膜。用于生活饮用水深度净化的过滤膜常用的有：微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）和反渗透（RO）膜。

3.1.4 消毒技术

3.1.4.1 臭氧消毒

臭氧在水的深度处理中能起到预臭氧氧化作用与后臭氧的灭菌作用。

有研究表明，臭氧的灭菌作用不但与臭氧投量和杀菌历时有关，而且与水中有机物 COD_{Mn} 存在着负相关性。研究建议杀菌 3 个控制参数为：COD_{Mn} < 1.5 mg/L，投加量为 3 mg/L，接触时间为 5 min 较为安全。

3.1.4.2 紫外线消毒

紫外线消毒现在是生活饮水分质供水常用的消毒技术，其具有安全、可靠、运行管理简单、无有害副产物产生和经济等优点。但它也有光源强度小，灯管寿命短，无持续灭菌能力等缺点。我国 2000 年 6 月在北京通过了《生活饮用水紫外线消毒器》（行业标准）送审稿的审查工作。据该标准要求，紫外线消毒器的进水水质要求为：浊度 ≤ 5 NTU，总含铁量 ≤ 0.3 mg/L，色度 ≤ 15 度，水温 ≥ 5℃，总大肠菌群数 ≤ 1000 CFU/L，细菌总数 ≤ 2000 CFU/mL。紫外线消毒器使用时，最小辐射剂量应大于 16000 μW·s/cm²，正常工作时不得小于 10000 μW·s/cm²。消毒器的最大照射水深与水质和灯管功率有关，对于 50 W 以下的灯管可取不大于 75 mm。

3.1.4.3 电子消毒设备

电子消毒设备是利用微电流的电化学氧化还原反应对水中常见的微生物菌类杀灭的消毒设备，SHC 水质处理器（消毒处理器）于 2000 年 5 月通过产品鉴定，已投入批量生产。该设备的工作流量范围为 3~20 m³/h。

电子消毒水质处理器由处理器和控制箱两部分组成，处理器中装有形成低压电场的电极，水流通过电场则能起到消毒的作用，并可通过调节水流流过电场的流速和电场的电流密度来获得最佳的灭菌效果。控制箱是采用单片机系统进行程序控制的装置，通过对进水的流量检测和传感，按建立的数学模型软件进行控制，全自动地运行。



按该设备的企业标准规定，设备的使用条件为：环境温度 $-5\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度 $\leq 80\%$ ，水介质电导率 $\geq 260\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ，细菌总数 $\leq 1000\ \text{CFU}/\text{mL}$ ，总大肠菌群数 $\leq 30\ \text{CFU}/\text{L}$ 。该设备具有设备简单、处理效果稳定、无有害副产物生成，设备使用寿命长，管理方便，节能，运行费用低等优点，并且经过该设备处理的水还具有 24 h 以上的持续灭菌能力。

3.2 分质供水的处理工艺流程

建筑和居住小区内饮用净水的处理工艺流程的选择，一定要根据原水的水质情况来确定。从上面分质供水处理技术介绍可以看出，不同的处理技术有不同的水质适用条件，而且不同的处理技术的造价、能耗、水的回收率、运行管理的要求等又是不相同的。采用不同的处理工艺流程将会直接影响到工程的投资和制水成本，并且相差的数额较大。城市自来水的原水如果未受到污染，自来水的水质较好（合格率较高），可推荐采用如下工艺流程：

- ①原水 砂滤 超滤（或微滤） 消毒 出水；
- ②原水 精密过滤 超滤 消毒 出水。

城市自来水的原水如果受到轻度有机污染，自来水的水质较好（合格率较高），可推荐采用如下工艺流程：

- ①原水 砂滤 活性炭过滤 消毒 出水；
- ②原水 活性炭过滤 微滤（或超滤） 消毒 出水。

城市自来水的原水如果受到有机污染，自来水合格率又较低，可推荐使用如下工艺流程：

- ①原水 砂滤 臭氧 活性炭过滤 超滤（或微滤） 消毒 出水；
- ②原水 精密过滤 纳滤 消毒 出水。

城市自来水的原水如果受到有机污染的情况严重，自来水的水质很差，则应根据自来水水质检测资料，通过试验确定处理工艺流程。

4 分质供水的工程造价与制水成本

建筑与居住小区饮用水分质供水工程试点建设以来，关于工程造价与制水成本的问题一直是人们关注的问题，因为瓶装和罐装水投入市场以来，水的价格是广大工薪阶层可望而不可及的。这样就使人担心小区内饮用水分质供水后，普通老百姓能否承受得了水的价格，分质供水能否给工薪阶层带来真正的实惠。据调查，饮用净水分质供水的工程造价与工程的规模和处理工艺流程的选择关系密切。但制水成本主要是由水资源费、动力费和工资福利费组成，如果供水规模很小，工资福利费占得比重就很大。因此要降低这些费用，选用的处理工艺流程一定要与净化要求相匹配，并且尽量选用水回收率高的处理工艺。建筑与小区内的饮用水分质供水的工程造价，包括净水设备和配套管网的建设，按建筑面积来计一般 $10\sim 20\ \text{元}/\text{m}^2$ ，按户均摊算也只是 2000 元/户左右。制水成本根据原水的水质情况不同，选用相应的工艺流程不同，如果规范计算一般只是 $3.0\sim 10.0\ \text{元}/\text{m}^3$ 。应该说这样的价格，当前我国大多数的工薪阶层还是能够承受的。



5 分质供水的运行管理模式和水价

从上面的阐述,不难看出当前在我国推广建设的建筑与居住小区内的饮用净水分质供水工程是十分必要的,并且从技术和经济上分析也是完全可能的。分质供水工程是一项保障全民身体健康的健康工程,也是一项为全民做好事、办实事的民心工程,它具有极大的社会意义和经济意义。为了确保这一工作的顺利进行并达到预期的目的,最后再剖析一下分质供水的运行管理模式和水价制定的问题。

关于分质供水的运行管理模式和水价问题,应该说是有经验教训的。既然分质供水和人民的身体健康密切相关,这就必须强调供水水质的安全可靠;强调供水价格的合理性和人们的承受能力。但是前几年国内罐装水、瓶装水供应进入市场,由于只注意了它的商品性和经济效益,结果充斥市场的是无质量保证的不合格水。并且现在有些试点的小区集中分质供水的供应价格达到 250~300 元/m³,这些情况应该引起有关方面的充分重视。建筑与小区内的集中分质供水和罐装水、瓶装水供应情况还有不同,罐装水还有个市场选择的余地;集中分质供水一旦建成,就形成较固定的供需关系,无法选择,后果更为严重。所以运行管理模式和水价问题是集中分质供水推广与发展的关键问题,必须引起重视。

5.1 运行管理模式

5.1.1 自管或房产物业管理公司管理

集中分质供水工程的建设,现在一般不是由国家来投资,大都是单位和房地产开发商来筹资建设。应该说净化站和设备的产权也是属于单位和业主所有的。随着近年来国内住房物业管理工作的正常发展,房产物业管理公司已将建筑与小区内的水、暖、电等设备系统的运行管理纳入了房产物业管理范围,所以集中分质供水一并纳入房产物业管理已具备基本条件。这种管理模式的好处是用户(即业主)可直接对运行管理进行监督,业主的产权得到保护,同时建筑与小区的水、暖、电设备系统综合管理有利于统一安排、统一管理,减少矛盾,利于协调。但集中分质供水系统管理的专业技术要求较高,水质的安全可靠要求高,这对这类综合性的物业管理单位提出了更高的要求。对于分质供水要求的水质检验的仪器设备,一般房产物业管理公司也不具备。

5.1.2 专业性的水业物业管理公司管理

专业性的水业物业管理公司是指专业从事与给水排水有关的物业运行和管理的公司,这种类型管理模式在国外已被看作是小型给水排水设备和处理设施运行和管理的方向。既然是专业性公司,技术与设备条件相对而言就要好些,这样供水的安全可靠性可提高,供水水质就有保证。专业性的管理公司一般同时管理多个净水站,当管理公司具有一定规模时,规模效应就能得到体现,管理的自动化程度可以提高,运行的成本也能降低。可以预示,这种管理模式将会随着集中分质供水工程的推广和发展,相应得到发展。

以上两种管理模式,从事管理工作的单位都是管理性的单位,从道理上分析将来供水的价格制定也不会太高,他要考虑到业主能否接受,否则业主可以选择更合适的管理单位。

5.1.3 商业饮水供应公司的运行管理模式



商业饮水供应公司是一种商业性的公司，一般是集投资、建造、运行管理和供水销售于一体的公司；或者是收买建筑与小区的供水设备和管网，进行运行管理和供水销售的公司。这种公司近期在一些城市和地区已经出现，这些商业饮水供应公司可以成为集中分质供水的一种运行管理模式。但是考虑到饮用净水供应的特殊性，它直接关系到每个人的身体健康，所以这些公司的审批应严格控制。他们供应的饮用净水水质的安全可靠应有绝对的保证，供水的价格应通过充分的论证并审批。并且这类公司的规模应有一定的要求，能保证规模效应和具有完善的水质保障体系。这类公司在个城市或地区不宜过多，防止管理混乱，但亦不能过少，需要引入竞争机制，防止垄断经营。

5.2 水价

关于集中分质供水饮用净水的价格，现在问题比较复杂。因为关于城市自来水（亦是集中分质供水饮用净水的原水）价格，水资源费的价格如何制定，争议较大。随着工业和农业的发展以及世界人口的增长和人民生活水平的不断提高，耗水量大大增加，使某些雨量少的地区水的资源特性就逐步显露出来。更为严重的是人们在开发利用水资源的同时，又没有尊重大自然的规律，只管利用，不管保护，大量的污水的处理一直没有得到充分重视，直接排入水体造成江、河、湖泊的污染，致使今日水资源的危机问题已直接影响到人民的生活和社会的建设。为解决和缓和水资源的危机收取水资源费，通过经济手段来调控，使水资源能适应社会可持续发展的要求，已成为势在必行的紧急措施。但是水资源费如何收取是个复杂问题，它涉及到社会的各行各业，涉及到每个人的生活，它也直接关系到自来水的价格和饮用净水的价格。

关于水资源费如何收取是一个政策性很强的问题，希望有关部门能够深入调查，广泛听取意见，制定出合理的办法和收费标准。不过制定时希望一是要坚持从实际出发，实事求是的原则，应看到我国水资源分布的不均匀性，水资源是国家的资源，但它取用方便，也是当地人民的资源；同时应看到水资源危机的形成是多方面原因造成的，但主要是工业生产和商业活动的发展而引起的，所以水资源费的收取标准不能一刀切，应按地域、按水的不同使用目的有所不同，甚至可以拉开差距。二是要坚持保护好广大人民饮用水的基本权益不受损害的原则，人的生活是离不开水的，水与人的健康密切相关，水资源费的收取标准，应注意到节约用水因素的影响，但不能人为把价格炒得过高，使广大人民对必要的生活饮用水的费用都感到是负担。

关于集中分质供水饮用净水的价格，前面已经强调它是集中分质供水推广和发展的关键。现在一些分质供水试点地区，饮用净水卖到 250~300 元/m³，这显然是没有充分论证，是行不通的。集中分质供水饮用净水的价格制定，上面提到的水资源费价格制定的两个原则同样适用于此。具体的讲就是要考虑到居民生活必需的饮用水和饮用净水是一种特殊商品。长期以来，水和交通、电力、煤气等物品的供应一直是采取低价销售，行业的亏损由国家补贴解决，这被认为是一种社会福利，这是历史原因造成的。改革开放后，包括水在内的以上物品逐步推向市场成为商品，这一改革取得了一定成效，行业得到了发展，国家减去了全部或部分的补贴负担。但是由于这些商品与人民生活密切相关，国家经济发展水平与世界中等发达国家尚有较大的差距，为确保人民生活水平不断提高，为了社会的安定团结，这些商品一是以一种特殊商品（亦称市政商品）进入市场，国家从投资到税收给予这些商品足够的优惠政策，国家组织论证和控制、审批这些商品的价格，使这些行业在薄利或微利的情况下仍能生存和发展。市政商品这种政策总的来讲是保护了老百姓的一些切身利益，虽然它也带来了一些负面的影响，如最近群众反映较多的行业垄断经营问题，这只是说明这种政策还要不

断完善，要引入竞争机制。根据瓶装水、罐装水进入市场的经验教训，建筑与小区集中分质供水进入市场，其中居民生活必需的生活饮用水和饮用净水部分，还是应该按市政商品来对待。这样对这部分的供水，一方面供水价格只能是微利、薄利，要有国家（当地政府）论证、控制、审批；另一方面对市政商品的优惠政策（主要是税收）应该同样给予管理经营单位。

因为随着水资源费要合理收取的问题提出，调整水价将水这一商品进一步推向市场已提到日程，这是水资源的形势所迫。但是有关部门也顾虑重重，其中最大的顾虑是害怕水价的提高会引起人民群众的不满。其实这问题也是不难解决的，因为总的来讲当前人们对商品的价格调整还是有很强承受能力的。但是因为广大的人民目前经济收入还不高，所以对水的价格就很敏感，如果能解决好居民日常生活中基本的生活用水和饮用净水的价格问题，水价的调整问题就能顺利进行。所以关于居民生活饮用水价格和饮用净水价格制定时，要确定好居民生活用水和饮用净水的基本用水量；要搞清居民对生活用水和饮用净水价格的承受能力。这两项工作望有关部门能进行深入调查、分析。统计资料表明，基本生活用水量大致可为每户每月 5~6 m³ 或每人每月 2 m³；基本饮用净水量大致可为每户每月 1 m³ 或每人每月 0.5 m³。如果超过基本用水量，从节约用水的观点考虑，按这些用户的生活水平，超出部分提高水价也是可以接受的。至于水价的承受能力，一般来说生活用水目前自来水价格还是能承受的；集中分质供水的饮用净水如果能定价在 10~20 元/m³，用户也是可以接受的。实际上现在有的城市自来水公司的制水成本为 0.5~0.6 元/m³，自来水销售价中自来水公司获得部分为 1.0 元/m³ 左右（其他为排污费等）。自来水公司通过其他水价平衡，还是能较好的生存和发展的。规范计算饮用净水的制水成本为 10~20 元/m³，如果水价为 10~20 元/m³，应该说只要管理模式合适，经营管理好，国家对市政商品的优惠政策落实，这些企业同样能较好生存和发展。

目前建筑与居区小区集中分质供水工程建设在我国正从试点向推广和发展推进，因为这是一个关系到全民的健康，关系到每个人能喝上健康长命水的工程，是一项造福于全民的民心工程。我们希望有关部门能通力合作，深入调查研究，加快制定有关的规范、标准和政策指导这一工作。愿这一工作能做实做好，能正常有序的发展。