



管道直饮水净化技术问题探讨

深圳市振业集团(股份)有限公司 庄长彬

文 摘 本文对管道直饮水系统中用水标准、水处理工艺、供水管网、管材选用等问题进行了分析比较。

关键词 分质供水 管道直饮水 水质 水处理 管材

Abstract Analyses and compares water standard, water treatment process, water supply piping line, system, pipe materials and other problems in the piping drinking water system

Key words Usage - oriented water supply Pipe drinking water Water quality Water treatment Pipe materials

1 分质供水与管道直饮水

经济的发展带来人们生活水平质的变化,使其更注重自身的健康安全,更关注水资源、水污染、水质量的问题,对饮用的水质提出了更高的要求。分质供水就是为解决自来水水质问题,采取将生活用水分为直接饮用水和一般生活用水两个管道系统分别独立供水的方式。

国内目前常说的“分质供水”,一般是指小区的“管道直饮水”。管道直饮水是指在住宅区内建立净水站,以城市自来水为水源进行深度处理,在原有自来水管网的基础上,另设独立的专用管网将优质水输送至用户专供直接饮用。其余用水均由一般用水系统即城市自来水直接供给。随着经济的发展和生活水平提高,可考虑将直饮水供水范围逐步扩大到烹调、食物餐具洗涤、厨房洗涤、沐浴洗涤等与口腔、皮肤直接接触的用水点。

我国的分质供水与国外的分质供水概念不同。在国外,宾馆、酒店、住宅多数都采用分质供水。美国《分质供水指南》定义,饮用水——符合联邦与州政府水质标准,用于饮用、烹调与清洗的水。非饮用水——人们偶然消费而不造成危害,用于非饮用用途的水,在家庭只用于冲洗卫生洁具。低质水、回用水、海水用于冲厕、清洗车辆、园林绿化、浇洒道路、冷却水等也属于非饮用水

系统。国外的饮用水是城市供水的主体;非饮用水相当于我国的中水,是城市供水的补充。一般无仅供饮用的管道供水方式。

综合利用水资源,合理、理性的规划、设计城市用水,平衡管道直饮水、城市自来水、中水的水源、水质、水量分配,需由相关管理、规划、规范标准制定的部门联合、综合评价几个系统同时使用合理性,长期的发展方向等问题。如扩大了直饮水、中水的使用范围后,城市自来水如何定位、中水系统平衡等一系列问题。以将有限的水资源最大限度的利用。

根据我国目前水资源短缺、水污染严重、水处理费用高的现状,全面提高自来水水质是不切实际的。因此采取分质供水是适宜的。目前国内的一些大城市,尤其是一些境外公司设计的或面向香港或境外人员销售的高档住宅区、别墅区,为适应国际标准与国际接轨,创造更加卫生、安全、舒适的生活环境,提高住区品质及知名度,兼顾经济效益,纷纷争上管道直饮水系统。近来国内一些大型体育馆、展览馆也已在使用的。

2 管道直饮水供水问题探讨

2.1 供水水质与水量标准

直饮水水质标准应按建设部颁布的城镇建设行业标准《饮用净水水质标准》(CJ94-1999)执行。(见表1)



表 1

饮用净水水质标准(CJ94-1999)

项 目		限 值
感官性状	色	5 度
	浑浊度	1NTU
	臭和味	无
	肉眼可见物	无
一般化学指标	pH 值	6.0~8.5
	硬度(以碳酸钙计)	300mg/L
	铁	0.20mg/L
	锰	0.05mg/L
	铜	1.0mg/L
	锌	1.0mg/L
	铝	0.2mg/L
	挥发酚类(以苯酚计)	0.002mg/L
	阴离子合成洗涤剂	0.20mg/L
	硫酸盐	100mg/L
	氯化物	100mg/L
	溶解性总固体	500mg/L
	高锰酸钾消耗量(COD _{Mn} ,以氧计)	2mg/L
理化指标	* 总有机碳(TOC)	4mg/L
	氟化物	1.0mg/L
	氰化物	0.05mg/L
	硝酸盐(以氮计)	10mg/L
	砷	0.01mg/L
	硒	0.01mg/L
	汞	0.001mg/L
	镉	0.01mg/L
	铬(六价)	0.05mg/L
	铅	0.01mg/L
	银	0.05mg/L
	氯仿	30μg/L
	四氯化碳	2μg/L
	滴滴涕(DDT)	0.5μg/L
	六六六	2.5μg/L
	苯并(a)芘	0.01μg/L
微生物指标	细菌总数	50cfu/mL
	总大肠菌群	0cfu/100mL
	粪大肠菌群	0cfu/100mL
	游离余氯(管网末梢水)	≥0.05mg/L
	(如用其他消毒法则可不列入)	
放射性指标	总 α 放射性	0.1Bq/L
	总 β 放射性	1Bq/L
* 试行		



管道直饮水供水系统一旦建成后难以扩建。就目前的发展趋势看,随着优质水用途的扩大,直饮水的需求将增加,若仅按 $q = 2L/(人 \cdot d)$ 饮水的标准设计,将会带来改造的困难。建议住宅直饮水供水量按以下标准考虑:①供给饮用、烹调、食物餐具清洗:水量 $q = 8 \sim 10L/(人 \cdot d)$, 小时变化系数 $K_h = 4.0$, ②增加厨房洗涤、沐浴洗涤时约为用水的 50%。其余按现行《建筑给水排水设计规划》GBJ15-88(1997 版)中,饮水定额标准计算。

2.2 水处理工艺

住宅直饮水供水流程建议如下:自来水→原水箱→原水泵→机械过滤器→活性炭过滤器→纳滤膜过滤装置→净水箱→紫外线消毒设备→变频调速供水设备→用户。各阶段主要处理技术比较如下:

2.2.1. 机械过滤 机械过滤器是有效的预处理

理方法,常以石英砂、无烟煤为滤料,主要过滤去除水中的铁锈、较大颗粒杂质、悬浮物等,降低浊度,改善水质。

2.2.2. 活性炭过滤 活性炭的孔隙结构发达,形成巨大的表面积,炭-水接触界面很大,吸附能力增强,主要过滤去除水中的有机物、胶体物质、微生物、余氯、臭味等。

2.2.3. 膜过滤 膜过滤是净水的关键技术,净化机理主要是利用膜的微孔筛分作用进行过滤,在一定压力作用下,只允许水和小于膜孔径的杂质透过,而阻止水中的悬浮物、微粒、细菌等大于膜孔径的杂质透过,以达到水质净化的目的。目前主要有微滤(微孔滤膜, MF)、超滤(超过滤, UF)、纳滤(NF)、反渗透(RO)四种,随着膜孔径缩小、渗透压力加大,出水质量明显提高。主要区别如表 2。

表 2 膜过滤性比较表

膜类型	截留物质粒径	膜孔径范围	截留分子量	常用渗透压力
微滤膜(MF)	悬浮物、微粒、细菌	$0.1 \sim 10\mu$		$0.05 \sim 0.1MPa$
超滤膜(UF)	微粒、细菌、胶体、病毒和大分子有机物	$50\text{\AA} \sim 1000\text{\AA}$	$500 \sim 500000$	$0.1 \sim 0.7MPa$
纳滤膜(NF)	微粒、细菌、胶体、病毒、微生物和小分子有机物	$1.0 \sim 2.0nm$	$100 \sim 1000$	$0.6 \sim 1.0MPa$
反渗透膜(RO)	微粒、细菌、胶体、病毒、微生物和小分子有机物、金属离子	$0.5 \sim 1.0nm$		$1.6 \sim 2.8MPa$

经比较可见,纳滤膜属松散反渗透,可在低压下对水源软化和适度脱盐,保留对人体有益的部分微量元素,而且可脱除色度、细菌、病毒和溶解性有机物,综合其设备投资、维修费用等最为适宜。

2.2.4. 消毒处理 是供至用户前的最后一项处理措施,尤为重要,目的是去除水中病菌,保证饮用者的健康。饮用水常用的消毒方法有:紫外线消毒、二氧化氯(ClO_2)消毒、臭氧消毒等。

a. 紫外线消毒 是利用高、低压汞灯发射的紫外线的有效波长($2000\text{\AA} \sim 3000\text{\AA}$)所具有的杀菌作用进行消毒。其原理是水中的微生物经过紫外线照射后引起细胞的化学变化和结构变异,使细胞功能遭到破坏直至死亡。紫外线具有消毒效率高、速度快、不改变水性、不污染水质和简便易行等优点。缺点是灯光有效寿命短,失效不易控制,穿透能力降低,

与加氯消毒比较耗电大,无余氯维持消毒作用。适用于薄层水流、清澈、无色、无浊度的水质,可用于二次污染的自来水的消毒、直接饮用水、饮料用水、饮水喷泉及其他消毒后立即被使用的地方。

b. 二氧化氯(ClO_2)消毒 传统的氯消毒剂($HClO$)中氯与有机物的反应是取代反应,反应副产物产生致突变和致癌的三卤甲烷(THMs)、四氯化碳、及四氯乙烯、氯苯、二氯苯。

二氧化氯是一种非氯、安全、有效的消毒剂,二氧化氯与有机物的反应是氧化还原反应,反应结果是高分子有机物降解为有机酸和 CO_2 , 二氧化氯则被还原成氯离子,几乎不生成致突变和致癌的三卤甲烷(THMs)、四氯化碳。二氧化氯的杀菌作用主要是通过渗入细菌细胞内,将核酸(RNA 或 DNA)氧化,从而阻止细胞的合成代谢,并使细胞死亡。



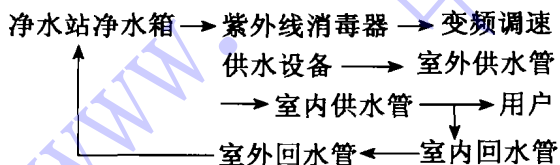
氯在二氧化氯中的氧化数为正四价,有很强的氧化性,对水中无机污染物的去除效果也很好。二氧化氯能在管道中留有余氯维持消毒作用,也避免了传统的加氯消毒的副作用。但因制取问题尚未被广泛应用于饮用消毒中。

c. 臭氧消毒 臭氧由于多了一个氧原子而起氧化作用,分解时放出新生态的氧,具有强氧化能力,臭氧的杀菌机理是臭氧扩散透过细胞膜,发生细胞酶的不可逆氧化。优点是消毒能力强;具有分解作用,能有效的降解残余有机物,因而对细菌、病毒、色度、臭味及某些微生物均有消毒效果;无氯气消毒的余氯味;消毒时间短,不需要增加反应容积;产物是无毒和能降解的;就地生产,无需输送和储存危险化学品。缺点是臭氧发生器设备复杂,投资高,运行耗电大,管理不便;臭氧的残余不能持久存在等,因此使其使用受到限制。在直饮水系统中有用此与紫外线联合消毒的或用在吸附之前的。在国外臭氧用于饮用水消毒已有很多年、近千个城市,尤以欧洲最多。

综合消毒性能比较,直接饮用水采用紫外线消毒可为首选,设备、管理简单,消毒灭菌时,不会产生异味,不会产生副反应。缺点是不能在管道中留有余氯维持消毒作用,这方面可通过循环回水再进行消毒灭菌处理解决。

2.3 供水管网

为保证直饮水用水点水质,供水管网应设计为全循环系统,供水流程如下:



供水水泵应采用变频调速恒压设备供水,以防止水箱污染。水泵计算应注意,直饮水设计水量少,管径小,沿途(自净水站至用水立管再回净水站)距离长,管道沿程损失应认真计算,确保循环安全。

室内管道布置应注意以下原则:用水支管尽量紧靠立管,距离越短越好;单立管上行下给;多立管串联供水或水平管连通供水立管后回水、后供水立管先回水,使各立管与净水站自供水至回水总距离相近、循环阻力相近。

为了节能,现在的系统循环多采取定时循环方

式。每日循环次数视所选消毒设备维持管网水质时间而定。循环泵流量及循环时间的设计要保证每次循环的水量大于管网容量,保证管网容纳水量每次能全部更新。循环时间宜安排在高峰用水前,使在烹调、餐饮高峰时间能保证直饮水的水质。

管道流速应考虑冲洗自洁最小流速,流速为 $1.0 \sim 1.5\text{m/s}$,秒流量过小、流速过低时,可选择多立管串联方式增大立管流量。

2.4 管材选用

要把优质饮用水安全、可靠地输送到用户,自水源至用水点的每一环节都要严格把关。管材的选择应以卫生、不产生二次污染、安全、可靠为前提。推荐以下几种管道供选择:

2.4.1 铜管 历经近百年一直是公认的优秀管材。优点:卫生性能好,具有某些金属离子的“微动作用”,对细菌的生长有抑制作用;铜本身也是人体所需的微量元素之一;耐用性强,化学性能稳定,耐腐蚀,耐热,可在不同的环境中长期使用,寿命可达 50 年以上;可靠性好,机械性能好,耐压强度高,韧性好,延展性高,具有优良的抗震、抗冲击性能。缺点:焊接施工技术要求高、安装难度大,价格高。铜管的耐用耐久性在所有管材中尤为突出,影响其普遍使用的主要是价格问题。直饮水用水量少,所用管材管径小,数量少,建议高档建筑可采用铜管。

2.4.2 新型给水塑料管 新型给水塑料管中 PB(聚丁烯管)、PPR(三型无规共聚聚丙烯管)、PEX(交联聚乙烯管)、PAP(铝塑复合管)都适用于直饮水系统。尤其是 PB 管性能最佳,且具有良好的抗氧化性能,但其价格约是另三种管材的 2~2.5 倍,因此用的很少,本处不再详述。

PPR 管、PEX 管、PAP 管为常用新型给水塑料管,共同具有以下优点:卫生性能良好,制管的原料属聚烯烃,其分子由碳、氢元素组成,原、辅料均达到食品卫生标准要求;可避免金属管道常见的锈水现象;导热系数低,耐温耐热性能好,节约能源;管壁光滑,水头损失小;管道重量轻、耐腐蚀、不结垢、耐压性能好,使用寿命长。

各自特点:PPR 管施工简单快捷,连接可靠。管材管件同一材质同一牌号间热熔或电熔连接,不漏水,其连接部位的强度大于管材本身的强度,施工完成后不用维修。PEX 管交联度较高,管件连接,

(下转第 53 页)



(上接第 37 页)

抗蠕变强度较强,能够任意弯曲,降低安装成本。PPR 管、PEX 管同属环保材料,缺点同是抗氧化性能差,不适用于臭氧消毒的系统。

PAP 管集中了金属管与塑料管的优点,管件连接,可自行弯曲,减少接头与弯头,节约材料,施工方便。缺点是管材、管件是由金属和塑料不同材质组成的,二者线膨胀系数差别大,接口处易收缩松动出现漏水现象,施工中应特别注意使用配套管件和专用工具,严格按相关技术规程执行。

以上四种管材都可以用于直饮水,需根据不同工程综合考虑,如:铜管成本(价格与 PB 管相近)、PPR 和 PEX 抗臭氧性、PAP 管接头等问题,权衡选择确定。建议首选铜管。

2.5 结束语

为开发利用水资源,减少水处理费用,应发展分质供水。为提高饮用水水质,应发展管道直饮水。直饮水系统可根据水源水质、投资状况、供应对象,要求标准等有针对性的合理组合系统。本文所选择用水标准、处理工艺、供水管网形式、管材选用仅供参考。