



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102230577 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 02

(21) 申请号 201110131423. 3

(22) 申请日 2011. 05. 19

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

申请人 浙江大学建筑设计研究院

(72) 发明人 蒋建群 张土乔 胡云进 王靖华
毛根海

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

F17D 1/14 (2006. 01)

F17D 3/01 (2006. 01)

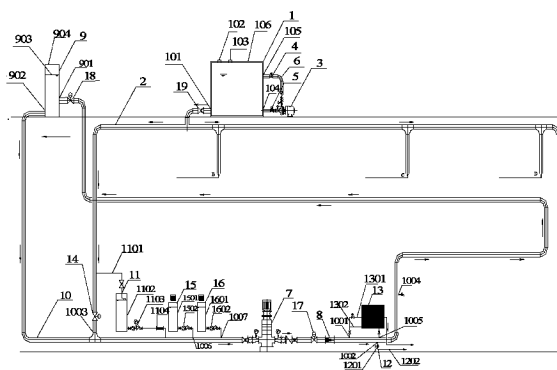
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统

(57) 摘要

本发明公开了一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,包括供水子系统和独立循环管网子系统,供水子系统包括带进水口、出水口和药剂注入口的供水水箱;独立循环管网子系统为包括通过管道串联的主循环泵、电磁流量计和高位补水排气水箱的回路;回路连有用于为回路补充水的补水系统、用于排出回路中水的放空支路和水质监测系统。该独立循环管网子系统的管道上还连有药剂加注系统。该准封闭循环管网水质综合模拟试验系统利用各部件相互配合,具有仿真度高、更接近实际市政给水管网系统的优点。



1. 一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,包括供水子系统以及与供水子系统连接的独立循环管网子系统;

所述的供水子系统包括带进水口、出水口和药剂注入口的供水水箱;

所述的独立循环管网子系统为包括通过管道串联的主循环泵、电磁流量计和高位补水排气水箱的回路;所述的回路设有进水口,所述的回路的进水口与供水水箱的出水口通过带第一阀门的管道连通;

所述的回路连有用于为回路补充水的补水系统、用于排出回路中水的放空支路和用于监测回路中水的水质的水质监测系统;

所述的补水系统包括串联的实验水加注罐和实验水加注泵,所述的实验水加注泵的出口与回路连通,所述的实验水加注罐的入口与供水水箱的出水口连通;

所述的供水水箱和高位补水排气水箱的顶面接近于同一水平面,所述的水平面位于所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的水平最高位置,所述的主循环泵的放置位置低于供水水箱和高位补水排气水箱的放置位置;

所述的高位补水排气水箱包括箱体和位于箱体內的活塞状浮盖,所述的活塞状浮盖与箱体內壁之间留有空隙;所述的活塞状浮盖的密度小于水的密度。

2. 根据权利要求1所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的供水水箱的出水口位于供水水箱的底部;

所述的供水水箱连有带混合循环泵的管道支路,所述的管道支路的两端分别与供水水箱连通;

所述的供水水箱的顶部盖有面积略大于供水水箱顶面的供水水箱防尘盖;

所述的供水水箱的侧壁顶部设有用于排气的通孔。

3. 根据权利要求2所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的管道支路的两端之间有高度差。

4. 根据权利要求1所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的高位补水排气水箱的壁面与底面垂直;

所述的高位补水排气水箱的顶部盖有面积略大于高位补水排气水箱顶面的高位补水排气水箱防尘盖;

所述的高位补水排气水箱的侧壁顶部设有用于排气的通孔。

5. 根据权利要求1或4所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的高位补水排气水箱的箱体为圆柱形。

6. 根据权利要求1所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的高位补水排气水箱的出水口位于高位补水排气水箱的底部,所述的高位补水排气水箱的进水口高于高位补水排气水箱的出水口且低于高位补水排气水箱箱高二分之一的位置。

7. 根据权利要求1所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的独立循环管网子系统为多个且多个独立循环管网子系统的管道相同或不同;

所述的独立循环管网子系统的管道为球墨铸铁管、聚乙烯管、铜管或者不锈钢管。

8. 根据权利要求1所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,其特征在于,所述的水质监测系统由水质监测循环管道支路和水质监测不可循环管道支路组成;

所述的水质监测循环管道支路包括并联的电导率仪、pH仪和溶解氧测试仪,所述的水

质监测循环管道支路的两端分别与独立循环管网子系统的管道连通；

所述的水质监测不可循环管道支路包括并联的余氯检测仪、浊度检测仪和颗粒含量检测仪，所述的水质监测不可循环管道支路的一端与独立循环管网子系统的管道连通，另一端接入地沟。

9. 根据权利要求 1 所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统，其特征在于，所述的独立循环管网子系统的管道上连有药剂加注系统，所述的药剂加注系统包括串联的药剂加注罐和药剂加注泵。

10. 根据权利要求 1 所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统，其特征在于，所述的主循环泵的底面位于准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的最低水平面；所述的独立循环管网子系统的管道上设有带第二阀门的用于人工取水采样的出口。

一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及饮用水给水管网的试验模拟系统技术领域,特别涉及一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统。

背景技术

[0002] 给水管网是城市给水系统的重要组成部分,其作用是把经水厂净化后的符合国家生活饮用水水质标准的水输送至用户终端。我国多数自来水厂出水水质的各项指标都能达到或优于国家饮用水水质标准,但通过管网输送至用户时,往往达不到标准甚至危及用户身体健康。资料表明,自来水厂的水从出厂到用户,水质呈现明显降低的趋势,主要表现在铁、锰、色度、浊度、细菌总数等在水中的含量增加,甚至超过国家标准,这在国内很多水厂的实际运行中都有所发现。此外,尽管水处理技术的飞速发展充分保证了处理后水质的安全、卫生,但是,管网中的二次污染问题已成为影响出水水质无法达标的主要因素,是水质研究工作和水质处理研究工作的重点。

[0003] 给水管网就像一个敏感的、动态的和具有自身特性的巨大反应器,水由于在管道内滞留时间过长,本身不断受到再次污染,在管道内发生着复杂的物理、化学及生物学变化,导致管道内卫生状况的下降。根据《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》中对国内 34 个主要城市管网水质资料进行统计,地表水水厂出厂水基本稳定的占 21%,腐蚀性的占 50%,轻微结垢的占 29%。地下水水厂出厂水基本稳定的占 50%,有腐蚀性的占 30%,轻微腐蚀性的占 20%。对占全国总供水量 42.44% 的 36 个城市调查,出厂水平均浊度为 1.3 度,而管网水增加到 1.6 度;色度由 5.2 度增加到 6.7 度;铁由 0.09mg/l 增加到 0.11mg/l;细菌总数由 6.6cfu/ml 增加到 29.2cfu/ml。某城市发现供水管中管垢的厚度达 16~20mm,赤色,有腥味,含 16 种金属元素,检出铁细菌、埃希氏大肠杆菌等 6 种微生物(详见秦秋莉、陈景艳,我国城市供水安全状况分析及保障对策研究,水利经济,2001.5)。根据上海、天津等市定期测定管网粗糙系数统计,发现无防腐措施的管道输水能力已降低了 1/3 以上。管道结垢、输水水质恶化,管道输水能力下降已成为城市供水管网普遍存在的现象。

[0004] 随着我国城市建成区的扩大和城乡一体供水方式快速推进及社会的进步和人民生活水平的提高,居民对于饮用水的要求已经不再仅仅局限于压力和水量的保障,而是更多的关注水质问题,城市供水管网的水质稳定及安全问题日趋迫切。饮用水水质不仅要在出厂时达标,而且需要在用户水龙头处达标,符合饮用水水质标准。而作为饮用水输送中最重要,也是最敏感的环节—给水管网的卫生则是保障最终龙头出水水质安全的前提和基础。研究管网内水质变化机理,提出并验证相关应对技术措施,是确保管网内部卫生和保障最终管网末梢出水水质安全的关键所在。

[0005] 开展以上研究工作,管网试验研究是基本手段,可以通过三个层次的试验手段来实现。最直接的是开展现场试验,但存在外部条件不可控,很难开展针对性的定量研究的问题,更为关键的是试验管网涉及千家万户,不能轻易投加试验的药剂;最简单的是进行室内烧杯试验或搭建简单的局部反应器试验,但这类试验水样少,不能做长时间循环试验,与实

际管道的真实工况比,存在严重的试验失真问题。因此,国内外不少研究机构均倾向采用循环管网模型的试验装置对真实管网进行高仿真模拟,提供全景展示和分析。在现有技术中,国内外的循环管网水质模拟试验系统均采用开式循环方式,即循环管道回路中连接有一个低位蓄水池,水流经管路后流入蓄水池,然后通过提升泵,将水提升到管路系统中进行循环。该蓄水池即是试验原水调配水池又兼有排气作用,但由于每次循环水样流经蓄水池时均与空气大面积接触,会影响循环水质;并且原水水池参与管网循环试验,水流条件与实际管网存在一定差异,导致模拟效果与真实管网存在较大偏差。而且,整个循环管网试验系统管路循环设计很简单,循环距离较短,因此存在着模拟失真、可控参数少、水质研究的范围窄、难以研究工况及内部生境等技术缺陷,并不是实质意义上的循环管网水质综合模拟试验系统。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,在整个准封闭循环管网水质综合模拟试验系统中,各部件相互配合、仿真度高、可模拟实际的给水干管管网系统。

[0007] 一种准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,包括供水子系统以及与供水子系统连接的独立循环管网子系统;

[0008] 所述的供水子系统包括带进水口、出水口和药剂注入口的供水水箱;

[0009] 所述的独立循环管网子系统为包括通过管道串联的主循环泵、电磁流量计和高位补水排气水箱的回路;所述的回路设有进水口,所述的回路的进水口与供水水箱的出水口通过带第一阀门的管道连通;

[0010] 所述的回路连有用于为回路补充水的补水系统、用于排出回路中水的放空支路和用于监测回路中水的水质的水质监测系统;

[0011] 所述的补水系统包括串联的实验水加注罐和实验水加注泵,所述的实验水加注泵的出口与回路连通,所述的实验水加注罐的入口与供水水箱的出水口连通;

[0012] 所述的供水水箱和高位补水排气水箱的顶面接近于同一水平面,所述的水平面位于所述的准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的水平最高位置,所述的主循环泵的放置位置低于供水水箱和高位补水排气水箱的放置位置;

[0013] 所述的高位补水排气水箱包括箱体和位于箱体內的活塞状浮盖,所述的活塞状浮盖与箱体内壁之间留有空隙;所述的活塞状浮盖的密度小于水的密度。

[0014] 所述的供水水箱为准封闭循环管网水质综合模拟试验系统提供水源,所述的供水水箱的出水口一般位于供水水箱的底部,即供水水箱的底面位置或者靠近供水水箱底面的供水水箱的侧壁,这样,供水水箱中的水能更好地流动到独立循环管网子系统中,更好地为独立循环管网子系统供水。供水水箱的水源,一般采用自来水通过供水水箱的进水口直接供水或者储水车运来后通过供水水箱的进水口直接灌入供水水箱,也可以根据实验需要,通过药剂注入口投加药剂进行按需调配,得到所需的供水水源。

[0015] 为了让供水水箱中的水不受污染和顺利地将供水水箱中的气体排出,所述的供水水箱的顶部盖有面积略大于供水水箱顶面的供水水箱防尘盖;所述的供水水箱的侧壁顶部设有用于排气的通孔。

[0016] 所述的供水水箱连有带混合循环泵的管道支路,所述的管道支路的两端分别与供水水箱连通;所述的管道支路的两端之间最好存在高度差,如管道支路的一端设在供水水箱底面或者靠近供水水箱底面的供水水箱侧壁,管道支路的另一端设在水箱顶面或者靠近水箱顶面的供水水箱侧壁。这样,供水水箱的管道支路的两端之间就有一定的高度差,在混合循环泵的作用下,供水水箱中的水从管道支路的一端(即管道支路的低端)出来,再从管道支路的另一端(即管道支路的高端)进去,使得供水水箱内的水进行充分搅拌,最终混合均匀。

[0017] 所述的主循环泵为独立循环管网子系统的管道中的水循环运行提供动力,使得独立循环管网子系统的管道中的水能有稳定的流速,优选地,主循环泵的底面位于准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的最低水平面,以便独立循环管网子系统的管道中充满来自供水水箱的试验水时,主循环泵内腔体也能充满水,启动主循环泵为独立循环管网子系统的管道中的水提供动力。流速的控制采用主循环泵的变频控制完成,流速的测量可采用电磁流量计。

[0018] 所述的补水系统中可采用串联的实验水加注罐和实验水加注泵,同时还可以设置电磁流量计对补水量进行反馈,该补水系统主要是在初始化时可提供动力,使得进入循环管网子系统高位排气补水水箱中的试验原水液面高于供水水箱液面,这样供水水箱中的试验原水可大部分进入独立的循环管网子系统中,节约原水损耗。当水质监测系统由于监测采样的需要,造成独立循环管网子系统的管道中的水减少时,鉴于采样的水的减少量是非常小的,可以通过高位排气补水水箱中的参与循环的蓄水完成补水,当循环管网子系统的管道水量补水量比较大时,即循环管网子系统的管道进行排气后需要补充大量的水或者高位排气补水水箱的水位比较低时,可以采用补水系统进行补水,使得在高位排气补水水箱始终有蓄水,保持在合适水位,防止空气进入到循环管网子系统的管道中。

[0019] 所述的放空支路由放空阀和系统放空管组成,把做完模拟试验后的循环管网水全部排出,然后通过供水水箱再重新灌水,开始新的试验。

[0020] 虽然国内外管网模拟系统中设有水箱以排除管路内的空气,避免循环回路内出现真空进而产生失稳和振动。但是现有的水箱为敞口的箱体,这种结构的水箱将不可避免使得水样在循环过程中有与空气接触的机会,引起每次循环中水质性质的改变,导致管网模拟的仿真度下降,使研究结果出现较大的偏差。为此,在本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统中,独立循环管网子系统的高位补水排气水箱设有与底面形状相同的活塞状浮盖,所述的活塞状浮盖水平放置于高位补水排气水箱内,并与高位补水排气水箱内壁之间留有空隙,所述的活塞状浮盖的密度小于水的密度,这样活塞状浮盖就能在高位补水排气水箱中的水位上升或下降做活塞式运动,在确保排空管路内气体的同时尽可能的减少循环水流与管外空气接触的机会,保证模拟管路水质与真实管网一致。对密度的要求主要是为了使活塞状浮盖能上浮,所述的密度是指活塞状浮盖整体的密度,并非是活塞状浮盖的材质的密度,如活塞状浮盖可以采用由薄不锈钢板制成的中间充满空气的封闭式活塞式浮盖,这样的活塞式浮盖也能浮在水上,满足本发明对于活塞状浮盖的密度要求。

[0021] 所述的高位补水排气水箱,其壁面与底面垂直,是一个任一横截面的形状和面积都相等的立体。这样更方便形状与横截面相似、面积略小于横截面的活塞状浮盖能在竖直方向上做活塞运动,同时,所述的高位补水排气水箱的顶部盖有面积略大于高位补水排气

水箱顶面的高位补水排气水箱顶面防尘盖,所述的高位补水排气水箱顶面防尘盖可以通过高位补水排气水箱箱体获得有效的支撑。所述的高位补水排气水箱的侧壁顶部设有用于排气的通孔,这样,既能大大减少水样在循环过程中与空气接触的机会,又能将独立循环管网子系统中的循环水中的空气顺利排出。优选的,可以选择高位补水排气水箱的箱体为圆柱形。

[0022] 为了更好地排净独立循环管网子系统的管道中的水中的气泡,所述的高位补水排气水箱的出水口位于高位补水排气水箱的底部,即位于接近高位补水排气水箱底面的高位补水排气水箱侧壁或者高位补水排气水箱底面,所述的高位补水排气水箱的进水口高于高位补水排气水箱的出水口且低于高位补水排气水箱箱高二分之一的位置。这样,高位补水排气水箱的进水口就高于高位补水排气水箱的出水口,独立循环管网子系统的管道中的水流过的时候就有一定的落差,这样气泡由于密度小,就会上升,易排出。

[0023] 所述的独立循环管网子系统为多个且多个独立循环管网子系统的管道相同或不同;所述的独立循环管网子系统的管道为球墨铸铁管、聚乙烯管(PE管)、铜管或者不锈钢管。独立循环管网子系统的管道就是循环管网中的水流动的载体,也是运输环境,由于不同材质的管道对水的二次污染的程度不一样,具体发生的化学、物理和生物变化也会不同,因此,本发明选取了在实际管道中常用的球墨铸铁管、PE管、铜管、不锈钢管等作为独立循环管网子系统的管道,以研究不同的管道对运输管网内水质变化的影响,提出相关的应对技术措施,并验证相关应对技术措施的有效性。

[0024] 本发明中的供水子系统可以与多个独立循环管网子系统相连,多个独立循环管网子系统均可独立进行试验,如一个供水子系统与四个独立循环管网子系统相连,即一个供水子系统连接独立循环管网子系统的管道为球墨铸铁管的独立循环管网子系统、独立循环管网子系统的管道为PE管的独立循环管网子系统、独立循环管网子系统的管道为不锈钢管的独立循环管网子系统和独立循环管网子系统的管道为铜管的独立循环管网子系统。

[0025] 为了监测独立循环管网子系统的管道中的水质情况,独立循环管网子系统的管道接有用于监测回路中水的水质的水质监测系统,独立循环管网子系统的管道上取样用于水质监测的水量是非常少的,几乎可以忽略不计,一般通过高位排气补水水箱中的蓄水就可以完成补水(特殊试验情况下,独立循环管网子系统的管道内的补水需求量超过高位排气补水水箱中的可提供的最大补水量,还能通过补水系统及时地补水)。因此,一般情况下,水样经过水质监测系统可以直接排入地沟。但是为了尽量减少采集水样的水量对独立循环管网子系统的管道中水的影响;所述的水质监测系统由水质监测循环管道支路和水质监测不可循环管道支路组成;所述的水质监测循环管道支路包括并联的电导率仪、pH仪和溶解氧测试仪,所述的水质监测循环管道支路的两端分别与独立循环管网子系统的管道连通。由于电导率监测、水体pH监测和溶解氧监测都不涉及化学变化,就能监测,因此,上述经过监测的水样的水质和独立循环管网子系统的管道中水的水质基本相同,监测后的水样可以再次通过水质监测循环回路回到独立循环管网子系统的管道中,基于上述理由,电导率监测、水体pH监测和溶解氧监测都可以采用实时监测,即随时都可以进行监测,不会引起监测独立循环管网子系统的管道中的水流的失稳,其中,所述的电导率监测、水体pH监测和溶解氧监测都可以采用市售的仪器设备。

[0026] 所述的水质监测不可循环管道支路包括并联的余氯检测仪、浊度检测仪和颗粒含

量检测仪,所述的水质监测不可循环管道支路的一端与独立循环管网子系统的管道连通,另一端接入地沟。由于余氯监测、浊度监测和颗粒含量监测需添加药剂,改变了循环管道内试验水水质,或引水出来检测后失压,无法再通过压力差回到独立循环管网子系统的管道内,因此,只能排入地沟中,其中余氯监测、浊度监测和颗粒含量监测都可以采用市售仪器进行监测,为了减少水样的损失,这三项指标的测试采取间歇定时监测的方式。可人为进行开启、关闭操作,也可以根据设定的初始时间、间隔时间自动开启,达到测试稳定所需时间并传输和显示读数信号后,自动关闭。

[0027] 为了模拟实际给水管网的二次消毒(如氯胺、二氧化氯、臭氧、次氯酸钠等)、外源污染物入侵、水质突变等多种工况,研究其水质变化规律,所述的独立循环管网子系统的管道上连有药剂加注系统,所述的药剂加注系统包括串联的药剂加注罐和药剂加注泵。通过药剂加注系统可以选择性地加入药剂,其中,药剂加注泵选用精密计量加注泵,精密计量加注泵可以根据设定的运行时间投加设定的药剂的量,从而实现精确控制药剂的加入时间和剂量。所述的药剂加注系统的个数可以根据需要增加或减少。在准封闭循环管网水质综合模拟试验系统进行模拟试验时,有时需要根据水质监测系统监测到的水质结果,选择药剂进行加入,优选地药剂加注系统的个数为1个~5个。还可以根据水质监测系统监测加入药剂后的水质结果,如消毒后的消毒副产物的监测。另外,示踪剂也可以通过药剂加注系统加入,可以通过药剂加注泵准确地控制加注的示踪剂的量,保证每次试验条件的基础一致,在试验前通过投加示踪剂,来保证管路冲洗干净,从而不会对试验的结果造成干扰,保证试验结果的准确。

[0028] 所述的独立循环管网子系统的管道上设有用于人工取水采样的出口,并在出口位置设有第二阀门,当不取水样时,关闭第二阀门,当需要取水样时,开启第二阀门,可以直接从该出口取水样,采用化学反应的方法或者仪器分析法分析采样水的水质指标。

[0029] 本发明具有如下优点:

[0030] 本发明供水水箱能为准封闭循环管网水质综合模拟试验系统提供各种水质的自来水,以满足准封闭循环管网水质综合模拟试验系统对不同水质水源的研究要求,以应对当前不同地方的不同水质的出厂自来水在管网运输中出现的不同水质变化和不同的二次污染问题,能更高仿真模拟的出厂水在管网运输中出现的的问题。

[0031] 本发明高位补水排气水箱能很好的排净循环管网中的气泡,并能用高位补水排气水箱中实际参与循环的蓄水迅速补充试验中流失掉的水,当高位补水排气水箱中的液位较低时,可以通过补水系统进行补水,使得循环管网水质综合模拟试验更近似于实际且循环管网中的水流动稳定,从而确保了试验结果的准确性。

[0032] 本发明水质监测系统和电磁流量计能很好地实现余氯监测、浊度监测、颗粒含量监测、余氯监测、浊度监测、颗粒含量监测和流量监测,确保了循环管网中水质的参数和运行状态的监测,从而对循环管网中的工况有全面的掌握,从而更有利于研究清楚其中的物理变化、化学变化和生物变化,如余氯衰减规律和动力学分析、管网内消毒副产物的形成迁移的模型和生化机理分析、给水管网的生物稳定性和化学稳定性、管垢电化学机理及管内微生物生境等基础性研究提供高仿真的模拟硬件平台,为给水管网二次污染的防控提供基础理论数据。

[0033] 本发明药剂加注系统可以精确地控制加注时间和加注剂量,可以进行准封闭循环

管网水质综合模拟试验系统二次、三次加氯、外源污染物入侵、水质突变等工况的模拟,用于研究药剂加注时间、加注剂量以及外源污染物侵入后的水质变化规律和潜在危害等,以及验证应对措施的有效性,提升了循环管网水质综合模拟试验系统的适应性,对改造现有饮用水处理流程、开发新技术和新工艺、建立管网内饮用水水质污染控制的方法和策略,提供安全优质饮用水具有重要的理论指导意义和工程应用价值。

[0034] 本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统为开展管网水质污染的原因机理、影响因素、控制方法的相关研究提供了一个良好的平台,对改造现有处理流程、建立管网水质污染控制的方法和策略。本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统为给水水质稳定剂、防腐剂、消毒缓释剂等新型药剂,给水处理新型消毒技术和手段,新型管材应用等新技术、新方法、新手段,提供安全性和有效性评价检测的硬件场所,为新技术、新方法对管网水质的影响提供鉴定与评估的标准方法和手段,对于给水水质问题的研究具有十分重要的意义及提供安全优质饮用水具有重要的理论指导意义和工程应用价值。

附图说明

[0035] 图 1 为本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的结构示意图。

具体实施方式

[0036] 如图 1 所示,本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统,由 1 个供水子系统和 4 个通过供水子系统的管道 2(以下简称管道 2)与供水子系统连接的独立循环管网子系统。

[0037] 供水子系统包括供水水箱 1、管道 2、混合循环泵 3、阀门 4、阀门 5、阀门 19 和管道 6,供水水箱 1 为圆柱形,体积为 6000L,供水水箱 1 包括供水水箱 1 的出水口 101、供水水箱 1 的进水口 102、供水水箱 1 的药剂注入口 103、供水水箱 1 的出口 104、供水水箱 1 的进口 105 和供水水箱防尘盖 106,供水水箱 1 的出水口 101 位于靠近供水水箱 1 底面的供水水箱 1 的侧壁;供水水箱 1 的出水口 101 接有阀门 19,用于控制供水水箱 1 的打开和闭合,并通过串接阀门 19 的管道 2 与独立循环管网子系统连接;供水水箱 1 的进水口 102 和供水水箱 1 的药剂注入口 103 位于供水水箱 1 的顶面,供水水箱 1 的出口 104 位于靠近供水水箱 1 底面的供水水箱 1 的侧壁,供水水箱 1 的进口 105 位于靠近供水水箱 1 顶面的供水水箱 1 的侧壁,供水水箱防尘盖 106 盖在供水水箱 1 的箱体上,供水水箱 1 的顶部侧壁设有排气小通孔(未标注)。供水水箱 1 的出口 104 通过串接有阀门 5 的管道 6 与混合循环泵 3 的进口连通,混合循环泵 3 的出口通过串接有阀门 4 的管道 6 与供水水箱的进口 105 相连,管道 2 的内径为 150mm,管道 6 的内径为 80mm。

[0038] 四个独立循环管网子系统为第一独立循环管网子系统、第二独立循环管网子系统、第三独立循环管网子系统和第四独立循环管网子系统。

[0039] 第一独立循环管网子系统包括主循环泵 7、电磁流量计 8、高位补水排气水箱 9、独立循环管网子系统的管道 10、补水系统 11、放空支路 12、水质监测系统 13、第一药剂加注系统 15、第二药剂加注系统 16、阀门 17 和阀门 18。主循环泵 7、电磁流量计 8 和高位补水排气水箱 9 通过独立循环管网子系统的管道 10 依次串联形成回路,主循环泵 7 与电磁流量计 8 之间在靠近电磁流量计 8 处设有阀门 17。高位补水排气水箱 9 和供水水箱 1 的顶面位于准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的水平最高水平面;主循环泵 7 的放置位置位于准

封闭循环管网水质综合模拟试验系统的最低位置。独立循环管网子系统的管道 10 的总长度为 78m,独立循环管网子系统的管道的内径为 150mm。

[0040] 高位补水排气水箱 9 为圆柱形,体积为 400L,高度与供水水箱 1 高度一致,高位补水排气水箱 9 内置有圆形的活塞状浮盖 903,面积略小于高位补水排气水箱 9,使得活塞状浮盖 903 水平放入的时候能与高位补水排气水箱 9 的内壁留有一定的空隙,活塞状浮盖 903 的密度小于水的密度,活塞状浮盖 903 由薄不锈钢板制成的中间充满空气的封闭式活塞式浮盖。当高位补水排气水箱 9 充满水的时候,活塞状浮盖 903 在水的浮力的作用下沿着高位补水排气水箱 9 水位的升高或降低上下做活塞运动。高位补水排气水箱 9 的顶部盖有防尘盖 904,防尘盖 904 的面积略大于高位补水排气水箱 9 的顶面,并在高位补水排气水箱 9 箱体上获得有效支撑,在靠近高位补水排气水箱 9 顶面的高位补水排气水箱 9 的侧壁设有用于排气的小通孔(未标出),能顺利地将独立循环管网子系统的管道 10 中的水中的空气排出。这样,独立循环管网子系统的管道 10 中的空气可通过高位补水排气水箱 9 的活塞状浮盖与管壁间空隙排气出去,同时也通过活塞状浮盖实现了对该高位补水排气水箱 9 的准封闭隔离。高位补水排气水箱 9 设有高位补水排气水箱的进水口 901 和高位补水排气水箱的出水口 902,高位补水排气水箱的进水口 901 位于高位补水排气水箱箱高三分之一的位置,高位补水排气水箱的出水口 902 位于靠近高位补水排气水箱底面的高位补水排气水箱侧壁且低于高位补水排气水箱的进水口 901。靠近高位补水排气水箱 9 的进水口 901 的独立循环管网子系统的管道 10 上设有阀门 18,阀门 18 为电动阀,采用工业过程控制阀,可以调整开度,在主循环泵 7 频率不变的情况下,通过调整阀门 18 的开度也可以控制管道中的水的流量。

[0041] 独立循环管网子系统的管道 10 设有独立循环管网子系统的管道 10 的第一出口 1001、独立循环管网子系统的管道 10 的第二出口 1002、独立循环管网子系统的管道 10 的第三进口 1003(回路的进水口)、独立循环管网子系统的管道 10 的第四出口 1004、独立循环管网子系统的管道 10 的第一进口 1005、独立循环管网子系统的管道 10 的第二进口 1006 和独立循环管网子系统的管道 10 的第三进口 1007。

[0042] 水质监测系统 13 由水质监测循环管道支路 1301 和水质监测不可循环管道支路 1302 组成,水质监测循环管道支路 1301 由电导率仪(未标出)、pH 仪(未标出)和溶解氧测试仪(未标出)三者并联连通,水质监测循环管道支路 1301 通过内径为 20mm 的管道接入独立循环管网子系统的管道的第一出口 1001 和独立循环管网子系统的管道的第一进口 1005。水质监测不可循环管道支路 1302 由余氯检测仪(未标出)、浊度检测仪(未标出)和颗粒含量检测仪(未标出)三者并联组成,水质监测不可循环回路 1302 的一端通过内径为 20mm 的管道接入独立循环管网子系统的管道的第一出口 1001,另一端接入地沟。

[0043] 独立循环管网子系统的管道 10 的第二出口 1002 接有放空阀 1201 和系统放空管 1202 串联组成的放空支路 12。独立循环管网子系统的管道的第三进口 1003 通过管道 2 与供水水箱 1 的出水口 101 连通;独立循环管网子系统的管道 10 的第四出口 1004 接有带第二阀门(未标注)的取水口,在采集水样时打开阀门,采集水样后,进行所需的试验,在其他时间关闭阀门;独立循环管网子系统的管道 10 的第二进口 1006 接有第一药剂加注罐 1501 和第一精密计量加注泵 1502 串联组成的第一药剂加注系统 15,独立循环管网子系统的管道 10 的第三进口 1007 接有第二药剂加注罐 1601 和第二精密计量加注泵 1602 串联组成的

第二药剂加注系统 16。

[0044] 供水子系统与第一独立循环管网子系统之间设有第一阀门 14；第一阀门 14 与由补水系统的管道 1101、实验水加注罐 1102、实验水加注泵 1103 和电磁流量计 1104 串联组成的补水系统 11 并联，电磁流量计 1104 的出口通过补水系统的管道 1101 与独立循环管网子系统的管道 10 连通，实验水加注罐 1102 的入口通过补水系统的管道 1101 与管道 2 连通；补水系统的管道 1101 的内径为 50mm，实验水加注罐 1102 的体积为 100L，内有一个浮球进水阀。

[0045] 供水子系统通过上述的连接方式与第二独立循环管网子系统、第三独立循环管网子系统和第四独立循环管网子系统相连，第二独立循环管网子系统、第三独立循环管网子系统和第四独立循环管网子系统分别通过管道 2 上 B 端、C 端、D 端与供水子系统连通。

[0046] 每个独立循环管网子系统管路与设备都一样，不同之处，就在于：独立循环管网子系统的管道不一样，第一独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道为球墨铸铁管，第二独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道为 PE 管，第三独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道为不锈钢管，第四独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道为球墨铸铁管。球墨铸铁管较为常用，在循环管网水质综合模拟实验对于水在球墨铸铁管中模拟的水质在运输过程中发生的物理、化学和生物的变化，意义十分重大，由于有些循环管网水质综合模拟试验需要的时间比较长，而利用球墨铸铁管做循环管网水质综合模拟试验也比较多，为了满足试验的需要，试验中第一独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道和第四独立循环管网子系统的独立循环管网子系统的管道都采用了球墨铸铁管，以满足试验需求。

[0047] 本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统具体工作流程如下：首先，通过供水水箱 1 的进水口 102 往供水水箱 1 中加入 2000 升以上待进入管网循环试验并需研究其水质变化规律的原水。该步可用 2 种方式，第一种是直接用车运来待研究的自来水厂的出厂水，通过供水水箱 1 的进水口 102 直接灌入供水水箱 1。第二种是通过供水水箱 1 的进水口 102 往供水水箱 1 加入 2000 升以上管网末端的自来水，再根据试验要研究的主要水质指标，通过供水水箱 1 的药剂注入口 103 将配好浓度的药剂（如加入次氯酸钠模拟自来水出厂水进入管网前的加氯消毒，研究含有不同浓度氯离子的自来水在管网中长时间长距离运行流动后的水质变化物理规律），灌入供水水箱 1 以实现人工调配试验原水。其次，根据需求，可打开阀门 4 和阀门 5，开动混合循环泵 3，使得供水水箱 1 中的水从供水水箱 1 的出口 104 出来，再回到供水水箱 1 的进口 105，使得供水水箱 1 中的水和注入的药液混合均匀。

[0048] 打开阀门 19、第一阀门 14、阀门 17 和阀门 18，使得供水水箱 1 中的水在重力的作用下灌入管道 10（即独立循环管网子系统的管道 10），待高位排气补水水箱 9 和供水水箱 1 液面恒定不变为同一水平面时，即可认定已基本充满试验水（当然还混有很多无法排出的空气泡）管道 10 中充满水，然后关闭第一阀门 14，供水水箱 1 中的原水会通过与其连通的管道 2 在重力势能下运输到实验水加注罐 1102，直到罐内水位上升驱动其内的浮球阀关闭该罐进水口，而加注罐 1102 中的蓄水在补水系统 11 的实验水加注泵 1103 的作用下会注入到独立循环管网子系统的管道 10 中，电磁流量计 1104 可以显示实验水的补水流量，并累积补水流量。在补水系统 11 的作用下，对循环管网子系统进行补水，使得高位排气补水水箱

中的试验原水液面达到高位排气补水水箱箱高 3/4 处的较高液位（尽量让该水箱蓄积较多的试验原水，一般会高于供水水箱液面），之后补水系统 11 关闭，根据补水的需要可再次开启。

[0049] 开始启动主循环泵 7，主循环泵 7 为变频循环泵，循环回路流量通过调节主循环泵 7 的频率实现，管道 10 中的水在主循环泵 7 的作用下，进行循环，管道 10 中的气泡会被循环水带到高位补水排气水箱 9 中排掉：由于高位补水排气水箱 9 的进水口 901 与高位补水排气水箱 9 的出水口 902 之间存在着一定的高度差，水从高位补水排气水箱 9 的进水口 901 进来，再从高位补水排气水箱 9 的出水口 902 被吸走，在高位补水排气水箱 9 中的运行轨迹自上而下，而被循环水带入的气泡从高位补水排气水箱 9 的进水口 901 进来后，虽然一开始会在惯性作用下会随循环水运行轨迹自上而下向高位补水排气水箱 9 的出水口 902 方向移动，但由于其密度很小，受到很大的上升浮力，会上升，在高位补水排气水箱 9 的进水口 901 与出水口 902 之间足够大的高度差距离缓冲下，不会再被出水口 902 吸入管道，而是会在上浮后通过活塞状浮盖 903 与高位补水排气水箱 9 的内壁存在着一定的空隙排出，并最终通过高位补水排气水箱 9 的箱体设置的用于排气的通孔排出。当高位补水排气水箱 9 中的水位由于排气水位较低时，可以采用补水系统 11 对其进行补水，使得高位补水排气水箱 9 维持一定高的液位，防止空气再进入到独立循环管网子系统中，电磁流量计 8 会反馈主循环泵 7 变频控制的管道 10 的管内循环流量，这样构成的独立循环管网子系统可使得管道 10 之内的试验原水在相对一个比较封闭的环境进行循环，即为准封闭循环，从而利用准封闭循环管网水质综合模拟试验系统的模拟试验模拟出的各种情况和所得到的结果更接近实际。

[0050] 水质监测系统 13 由水质监测循环管道支路 1301 和水质监测不可循环管道支路 1302 组成，水质监测循环管道支路 1301 由在线电导率仪（未标出）、PH 仪（未标出）和溶解氧测试仪（未标出）三者并联连通，水质监测循环管道支路 1301 通过管内直径为 20mm 的管道接入水质监测独立循环管网子系统的管道的第一出口 1001 和独立循环管网子系统的管道的第一进口 1005，可以随时进行监测，由于在电导率监测、水体 pH 监测和溶解氧监测不需要加入试剂，不涉及化学变化，监测的水质基本可以看作不发生变化，也不会失压，因此，上述的水样经过监测后还可以通过水质监测循环管道支路 1301 回到管道 10 中，而且监测可以在管路运行过程中随时进行。水质监测不可循环管道支路 1302 由在线余氯检测仪（未标出）、浊度检测仪（未标出）和颗粒含量检测仪（未标出）三者并联组成，水质监测不可循环管道支路 1302 的一端通过管内直径为 20mm 的管道接入独立循环管网子系统的管道 10 的第一出口 1001，另一端接入地沟。由于该设计的回路是涉及添加药剂，改变了循环管道内试验水水质，或引水出来检测后失压，无法再通过压力差回到循环主管内，为了不影响、不污染管道 10 中的水质，将用于余氯监测、浊度监测和颗粒含量监测的水样经监测后的失压的水，直接排入地沟，这样，管道 10 中的水会随之减少，虽然用于在线监测采样排出的水样的水量很小，但一直连续开启采样，累积损耗也会很大，从而影响试验精度，因此，为了减少水样的损失，余氯监测、浊度监测和颗粒含量监测的间隔时间可以根据需要设定，并且一般用于余氯、浊度和颗粒含量在线监测的水样的采集在满足试验数据要求的基础上不宜过于频繁。同时，高位补水排气水箱 9 中的参与循环的蓄水会随时进行补充（特殊试验情况下，管道 10 中的补水需求量超过高位排气补水水箱 9 中的可提供的最大补水量，还能

通过补水系统 11 迅速及时地补水),从而使管道 10 中的循环水运行保持稳定。

[0051] 除了用水质监测系统 13 监测独立循环管网子系统的管道 10 中的电导率、水体 pH、溶解氧、余氯、浊度和颗粒含量外,还可以通过管道 10 的带有第二阀门的第四出口 1004,通过第二阀门的打开和闭合,进行人工采样取水,然后再将采集到的水样转移到分析仪器中进行离线检测。

[0052] 对于水质监测系统 13 监测到的独立循环管网子系统的管道 10 中的电导率、水体 pH、溶解氧、余氯、浊度和颗粒含量的变化外,本发明准封闭循环管网水质综合模拟试验系统还可以通过第一药剂加注系统 15 与第二药剂加注系统 16 直接向管道 10 中的试验原水中投加药剂,可模拟实际给水管网途中的二次加消毒剂(如二次加氯)后的水质变化过程,药剂投放进第一药剂加注罐 1501 和第二药剂加注罐 1601,然后在第一精密计量加注泵 1502 和第二精密计量加注泵 1602(根据需要,设定加入的间隔时间和每次的加入量)的作用下,投放到独立循环管网子系统的管道 10 中。

[0053] 目前,国内自来水厂都只是一次性在出厂水中加入足量的氯气消毒剂,以保持出厂时水质达标的自来水经过管网长距离输送到达用户水龙头端时仍能保持较好的水质。但出厂水到管网用户水龙头末端的输送管道有长有短,为了使最长管道存留时间的自来水能保持水质,可能就需要在出厂时投加较多消毒剂,那就会带来很多较短管网连接的用户自来水消毒副产物超标的危害,若是投加少了,较长管网连接的用户自来水又有可能会有细菌、有机物超标水质无法保持达标的危害,这是个两难的问题。因此,国外很多先进城市通过管网优化分析,在较长管网连接的中途合适节点增设了二次加氯(也可投加其他消毒剂)的设备,以降低出厂水一次的加氯量,可以大幅降低自来水中消毒副产物的残留危害。而本发明的第一药剂加注系统 15 与第二药剂加注系统 16 即可模拟管网的二次、三次加消毒剂的试验。再通过水质监测系统 13 和通过独立循环管网子系统的管道的第四出口 1004 接有的带第二阀门的取水口对独立循环管网子系统的管道 10 中的水质进行监测,从而可以量化的分析其消毒效果、消毒后水质的状况和消毒产物及消毒副产物的衰减变化规律。

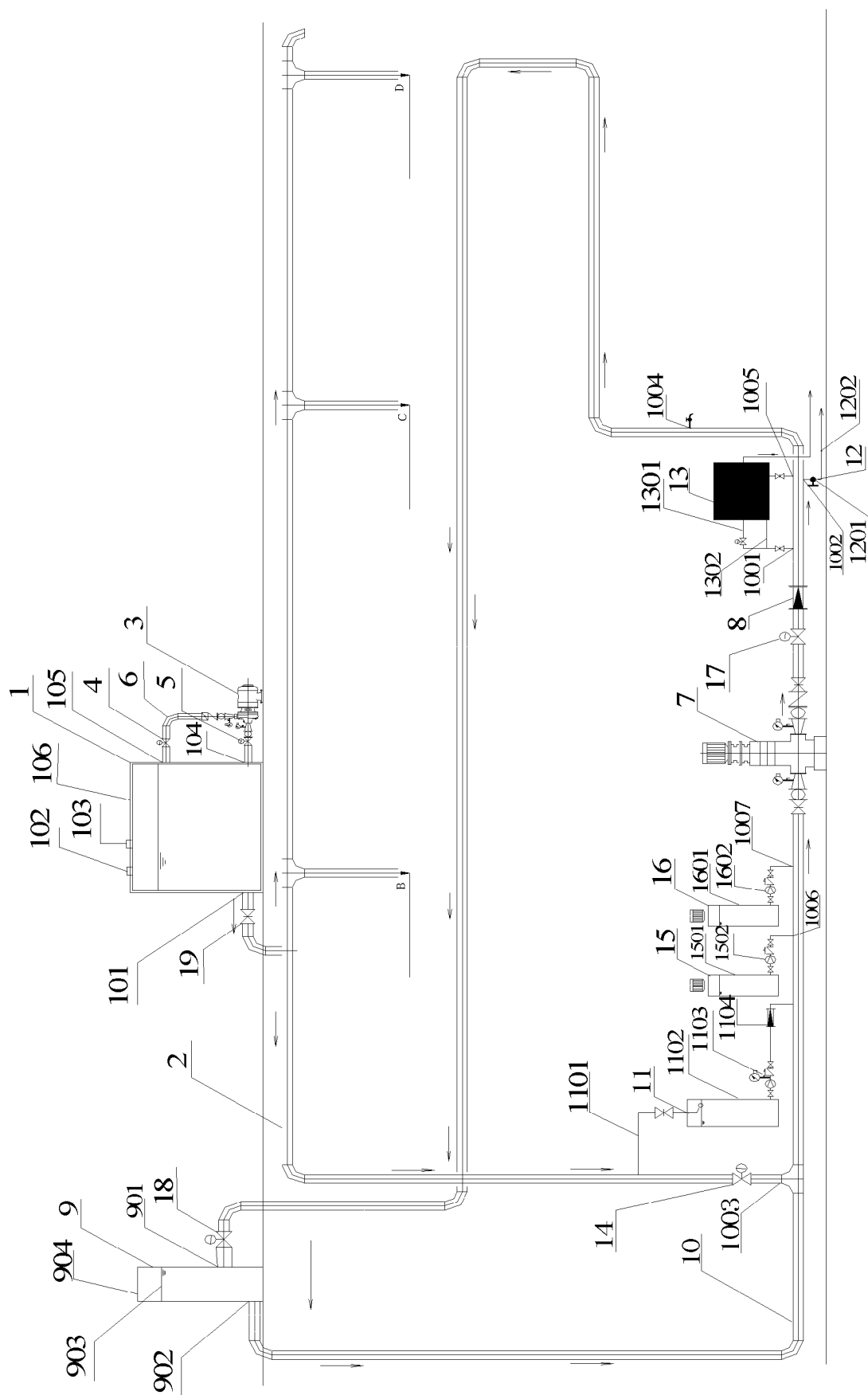


图 1