

# 中央直饮水系统设计的技术分析与研究

## Technical Analysis and Research on Central Direct Drinking Water System Design

周展浩,金永祥

(中国联合工程公司第二建筑工程设计研究院 杭州 310014)

ZHOU Zhan-hao ,JIN Yong-xiang

(II Construction Design Institute, China United Engineering Corporation ,Hangzhou 310014,China)

**【摘要】**结合设计实例,笔者对中央管道直饮水系统的合理性、经济性、安全性、主要设备性能及运行参数、循环管路设计作了简要的论述,期望能为给排水设计师提供参考。

**【Abstract】**Combining with the designed practical example, the rationality, advancement, economy of the central pipe portable water system, main equipment characteristic & operating parameters, pipe circulation design were discussed concisely with the purpose of providing some references for water supply and drainage designer.

**【关键词】**管道直饮水系统;先进性及经济性;设备性能及运行参数;反渗透(RO)同程设计

**【Key words】**pipe portable water system; advancement & economy; equipment characteristic & operating parameter; RO reversed return design

**【中图分类号】**TU246.9;TU991.2

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1007-9467(2012)09-0082-05

## 1 引言

据统计,我国约有90%的原水水质达不到国家饮用原水水质二类至三类的标准要求,且大部分介于四类至五类之间。在各大、中城市水源中检测到有300多种污染物,水源中氨氮、亚硝酸盐、氟化物、Fe、Mn经常超标。

自来水厂一般使用的常规水处理工艺包括混凝、沉淀、过滤、加氯,该类处理工艺仅仅可以去除水中大部分悬浮物和细菌,却不能完全除去水中溶解性杂质(如:无机污染物、有机污染物、重金属离子等);市政供水管网存在材质问题、接口渗漏水等系列问题,不能保证在输水过程中水质不会变坏;各用水单位的供水系统普遍存在二次污染问题。

因此,管道直饮水系统不失为解决上述问题的有效办法,即在既定区域内设立净水站,采用国际先进的水处理技术及

设备,对自来水或其它原水进行深度净化处理,去除水中有机物、细菌、病毒等有害物质,保留对人体有益的微量元素和矿物质,再通过独立的循环式饮用水专用管道,将新制的优质饮用水通过管道供住户直接饮用。该系统已被国家建设部列为全国推广应用的饮用水供水新技术,“集中供水(饮用净水)”也将成为继“集中供气”、“集中供热”、“集中供水(生活用水)”之后又一提升人居健康品质和提供生活便捷的方式之一,势必会提高人居的生活水平和品味。

## 2 管道直饮水的先进性、经济性

在人类面临的饮水环境日趋受到污染和影响人类健康的现状下,管道直饮水作为一种“新型、健康、安全、经济”的供水方式产生了。国内管道直饮水工程概念主要产生于20世纪90年代初,并于20世纪90年代中期开始在一些城市的高档住宅小区率先进入实施。

管道直饮水与传统供水模式相比具有水质优、安全、使用方便等特点,整个系统全封闭设计,循环灭菌,彻底消除二次

**【作者简介】**周展浩(1970~),男,浙江慈溪人,高级工程师,国家一级注册公用设备工程师(给排水),从事建筑给排水设计(电子邮箱)zhouzh@chinacuc.com。

污染,相对于市场上的桶装水,价格优,质量有保证。目前市场上桶装水的质量普遍得不到保障,使用后水质容易在短时间内受到影响。另外,管道直饮水不需进行预约、换桶,更安全、更经济。国家建设部在21世纪住宅小区的规划中指出,管道直饮水也是体现住宅小区科技含量的重要组成部分,成为《国家康居示范工程》的标准之一。

管道直饮水与其它饮水处理方式的比较见表1。

表1 管道直饮水与其它饮水处理方式的比较

	管道直饮水	加热自来水	桶装水
工艺的安全性	1.当场制取的新鲜饮用水; 2.管路循环流动,无二次污染; 3.用户水质优于欧盟饮用水标准; 4.定期进行检测,严格的定期清洁保养程序,让用户使用放心; 5.卫生部门和防疫站严格监督	1.自来水虽然经过加氯消毒,但由于管路的不循环性,易滋生细菌; 2.市政管网中存在的杂质、泥沙、各种重金属离子和有机污染物不能去除	1.不能保证用户饮水终端的水质; 2.潜在的污染源:水桶、饮水机; 3.一周以上喝不完的桶装水,细菌将可能严重超标
水质的安全性	1.当场制取的新鲜饮用水; 2.保留适量的生命元素,水质健康且清甜、爽口	1.经过管网的二次污染,水质不新鲜自来水虽经烧开; 2.但不能去除水中的重金属离子和加氯消毒易形成的三致物质	1.存贮配送时间在十天到几个月之间; 2.长期贮存,水质难保新鲜
实用的便捷性	1.24h供水,随用随有,省时省力; 2.管道直饮水进户,一户一表集中式管理; 3.自家闭户使用,安全; 4.基于规模经济,客户服务有保障	加热烧水,不但耗时,而且开水饮用不方便	1.需预约送水,费时费力; 2.外人入户送水,需加强安全防范
实用的广泛性	1.具有规模经济,还可用于烹饪、美容、沐浴等; 2.价格远低于桶装水; 3.适合使用量大的小区、写字楼以及市政设施的需求	传统供水模式	没有规模经济,只能用于饮用

需要补充一点:当前市场上出现了一定数量品牌的管线水处理机,其中不少产品只能称之为净水机,其缺少最重要的RO反渗透技术,导致处理设备祛除水垢、水碱效果较差,适用硬度较低的地区;其单一的超滤技术不能彻底去除水中异味,水质口感较差,换芯比较麻烦,不能彻底去除水中重金属等问题,因此,不能长期直饮而不作推广使用。也有饮用处理型管线机采用了RO反渗透技术,能达到直饮水标准,其处理原理与中央型的基本类似,但由于存在每一用水点基本需要一台饮用处理型管线机(取水龙头离设备不能超过3m)而导致投资过大、该类管线机设备尺寸较大在某些场所放置不便、取水点存在反冲洗排水及进水加压泵的要求、消毒设施配置相对较差、管理及水质监测不方便等系列问题,在取水点较多时也不适合采用。所以,对办公大楼等用水点多的场所,笔者认为应该采用中央型管道直饮水系统,本文中也只对该系统作技术分析。

以笔者设计的某总部大楼为例,其饮用水日用水量为

4m<sup>3</sup>,对直饮水与桶装水的经济性作比较,如表2。

表2 直饮水与桶装水的价格比较(以3a计)

年数	桶装水	直饮水
第一年	一次性投资大约20万元+4000L×280d×12元/18.9L=91.1万元	一次性投资大约110万元+4000L×280d×0.2元/L=132.4万元
第二年	71.1万元	日常维护费用5万元/a+22.4万元=27.4万元
第三年	71.1万元	日常维护费用5万元/a+22.4万元=27.4万元
总计	233.3万元	187.2万元

从以上计算看来,2a多直饮水收回成本,3a运行下来为公司节省46.1万元。

注:表2中4000L为1d的用水量;280d为1a里需要用水量的折合天数;12元为单桶桶装水的平均价格;18.9L为一桶桶装水的容量;0.2元/L为直饮水的单价。

### 3 管道直饮水在高层办公大楼中的设计实例

管道直饮水在住宅项目中应用相对较多,但在办公大楼目前无论是设计还是实际使用中,基本采用开水炉、成品桶装水,直饮水系统应用极少。

笔者认为,办公大楼等公共建筑更有优势采用中央直饮水系统,主要原因如下:在工作日人的饮用水消耗

主要还是在工作时间段,而直饮水系统有其合理性、先进性、经济性;公共建筑相对住宅系统简单,更容易做循环处理;在总部大楼或一家单位使用的大楼不用计量精密系统。所以笔者认为,作为给排水设计人员有必要为大楼产权拥有者和使用者推荐中央直饮水系统,起码作为一种选择方案提供给业主。

下面通过笔者设计的某一总部办公大楼的工程实例,谈谈管道直饮水在高层办公大楼中应用时采用的工艺流程、机房布置、管道系统设计一些实际问题。

#### 3.1 工程概况

《建筑给排水设计规范》中对饮用水定额采用2L/(人·d),经计算,日用水量4m<sup>3</sup>,采用二级反渗透处理。

直饮水管网供水采用上行下供,供水主管管径为DN32mm,回水管管径从DN32mm~DN20mm逐步递减。为保证供水压力平衡,在地下室各供水管上设置流量控制阀,回水管网上设平衡阀循环回水。大楼管道直水分3个区,由于供水量很小,采用减压阀减压分区比较经济合理。每层设不同

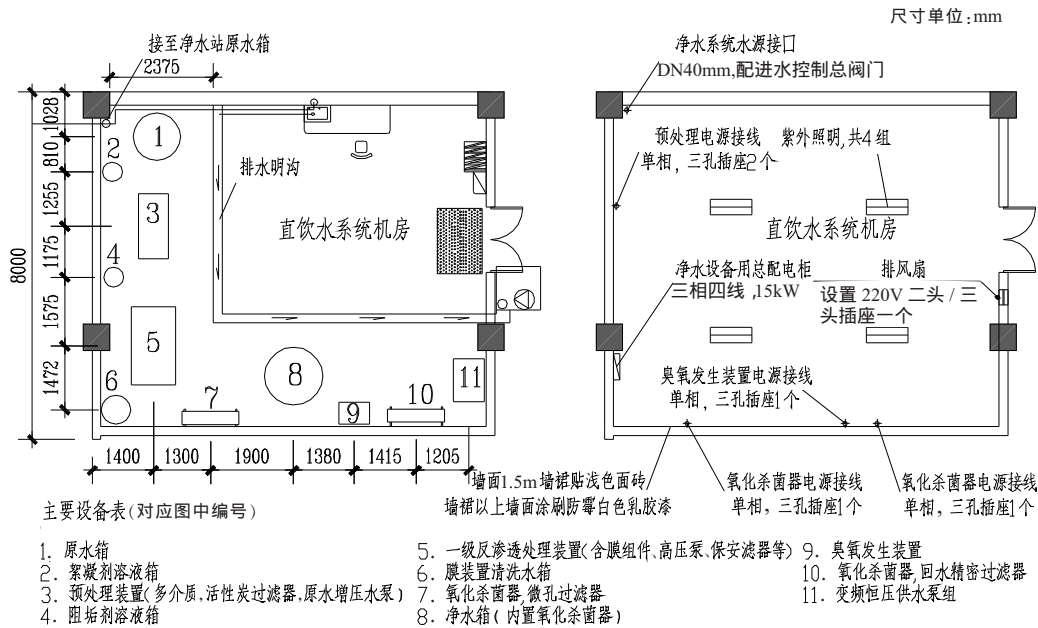


图1 中央直饮水系统处理机房平面图

的饮水点,大致位置选择安装在电梯位置公共区域附近。

### 3.2 设计依据

- GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准;
- CJ 94—2005 饮用净水水质标准;
- 98/83/EC 欧盟饮水指令 EC;
- 生活饮用水管道分质直饮净水卫生规范;
- 管道直饮水(饮用净水)给水系统技术规程;
- GB50015—2003 建筑给排水设计规范;
- 参照美国饮水 MCL 及 MCLG 标准。

### 3.3 设计要求

- 1) 净水处理设备出水水质符合城镇建设行业标准 CJ 94—2005《饮用净水水质标准》的水质要求。
- 2) 管道直饮水净水处理设备和卫生规范参照管道直饮水(饮用净水)给水系统技术规程执行。
- 3) 净水处理设备生产符合《水处理设备制造技术条件》JB 2932 的规定。

### 3.4 处理机房主要设备选型设计

#### 3.4.1 设备的概况

产水量 :0.5m<sup>3</sup>/h(25℃)

主工艺处理技术:采用了当今世界最先进的膜分离技术、反渗透(RO)技术,有效去除水中的硬度、重金属离子、细菌等对人体有害的物质。由于采用臭氧消毒,出水口感好、清甜、润

口。

工艺流程:原水箱→原水增压泵→多介质过滤器→活性炭过滤器→软化器(或加药泵)→一级 RO 反渗透主机→二级 RO 反渗透主机→产品水箱→氧化杀菌器→不锈钢净水箱→用水终端(管线机)。

因直饮水全系统相对复杂,设备技术含量高,非专业人员维护难度较高,故设备本身的智能化要相应提高以减少人为维护的工作量并降低难度。在设备运行控制上,采用 PLC 可编程逻辑控制器控制,从取水、制水、冲洗、供水、停水、故障报警全部实现一体化控制,实现对系统运行状态的监控和管理;在水质的检测方面,采用自动检测、仪表,完成对水质电导、流量、进水污染指数(FI)、压力的检测,确保出水水质是合格的。

本工程的中央直饮水处理机房平面图,见图 1。

#### 3.4.2 设备单元主要性能介绍

##### 1) 预处理系统

预处理主要目的是去除水中的悬浮物、胶体、色度、浊度、有机物等妨碍后续反渗透运行的杂质。预处理设施主要包括:原水箱、原水泵、多介质过滤器、活性炭过滤器、絮凝剂加药装置。

##### (1) 原水箱

用于调节水量,依据系统的用水量和瞬时有用水量的变化确定水箱的容积。水箱材质为 SUS304,底部为锥底,箱体采用不锈钢板焊。进水采用电控阀门控制,下设排污口,侧面设置

液位显示计,本项目水箱容积为  $1.0\text{m}^3$ 。

#### (2)原水增压泵

原水增压泵在系统中的设置起到增压输水的作用,以达到系统对进水管水压的要求,水泵配置为1备1用,品牌为国产,材质为SUS304。正常运行时开启1台,当多介质过滤器进行反冲洗时,同时开启2台水泵运行,以保证对多介质过滤器的反冲洗效果。

#### (3)絮凝剂添加装置

配制专用水处理絮凝剂,通过计量泵投加于水体中,使小分子、小颗粒的物质,悬浮固体和粒子凝聚成大的颗粒物质,提高水体对微粒等的去除效果,降低后续处理工艺工续装置的污染,延长使用寿命。絮凝剂的添加为水处理系统预处理工艺的必须措施,为预处理工艺段投加,对水质无影响。

#### (4)多介质过滤器

多介质过滤器是一种压力式过滤器,滤体内部填充多介质滤料、无烟煤、石英砂,去除水体中粒度大于  $20\mu\text{m}$  的机械杂质,经过混凝的小分子有机物和部分胶体,使出水浊度小于  $0.5\text{NTU}$ ,  $\text{SDI} \leq 4$ 。装置的过滤、反冲、正洗一系列的运行过程通过进口多路阀进行控制,依据过滤器进出水的压差或时间,周期性对过滤器进行保护性冲洗。

#### (5)活性炭过滤器

活性炭过滤器是一种压力式过滤器,采用优质果壳活性炭滤料,是一种多孔性的含炭物质,它具有高度发达的孔隙构造,是一种极优良的吸附剂。活性炭在深度水处理中起的作用主要是:吸附有机物、胶体、微生物、余氯、异味、部分重金属离子,去除水中余氯的效果达90%以上。装置的过滤、反冲、正洗一系列的运行过程通过进口多路阀进行控制,依据过滤器进出水的压差或时间,周期性对过滤器进行保护性冲洗。

#### 2)反渗透系统

反渗透系统承担了主要的脱盐任务。反渗透系统包括阻垢剂加药装置、保安过滤器、一级高压泵、一级反渗透装置、氢氧化钠加药装置、二级高压泵、二级反渗透装置等。

##### (1)阻垢剂投加装置

阻垢剂加药系统在反渗透进水中加入阻垢剂,防止反渗透浓水中碳酸钙、碳酸镁、硫酸钙等难溶盐浓缩后析出结垢,堵塞反渗透膜,从而损坏膜元件的应用特性,因此,在进入膜元件之前设置了阻垢剂投加装置,它是一种有机化合物,具

有抑制析出、分散、晶格扭曲、络合等作用,相对增加水中结垢物质的溶解性,以防止碳酸钙、硫酸钙等物质对膜的阻碍,同时它也可以降低铁离子堵塞膜的微孔。

##### (2)NaOH加药装置

反渗透膜不能脱除二氧化碳,在二级反渗透高压泵前加入NaOH,用以调节其进水pH值,使水中部分二氧化碳转化为重碳酸根,提高RO装置对盐离子的脱除,并确保脱盐外供水的水质要求。

##### (3)反渗透装置

反渗透系统主要去除水中溶解盐类,同时去除一些有机大分子,前阶段未去除的小颗粒等,包括  $5\mu\text{m}$  保安过滤器、高压泵、反渗透装置、反渗透清洗系统等。

预处理系统产水进入反渗透膜组,在压力作用下,大部分水分子和微量其它离子透过反渗透膜,经收集后成为产品水,通过产水管道进入后续设备,水中的大部分盐分和胶体、有机物等不能透过反渗透膜,残留在少量浓水中,由浓水管排出。

本工程采用1套二级反渗透系统,一级反渗透装置包括1台  $5\mu\text{m}$  过滤器,1台高压泵和3只TFC膜元件,3只膜元件分装在3根压力容器中,呈2:1排列,每根压力容器装有1支膜,回收率70%;二级反渗透包括1台高压泵、2根压力容器(1:1排列),每根压力容器装有1支膜,回收率80%,二级浓水全部回用。

反渗透膜经过长期运行后,会积累某些难以冲洗的污垢,如有机物、无机盐结垢等,造成反渗透膜性能下降。这类污垢必须使用化学药品进行清洗才能去除,以恢复反渗透膜的性能。化学清洗使用反渗透清洗装置进行,装置包括1台清洗液箱、清洗过滤器、清洗泵以及配套管道、阀门和仪表。反渗透装置的运行工况:

设计进水量:  $1.0\text{m}^3/\text{h}$

设计产水量:

一级反渗透产水量:  $0.7\text{m}^3/\text{h}$

二级反渗透产水量:  $0.5\text{m}^3/\text{h}$

系统回收率

一级反渗透回收率:  $\geq 70\%$ (3a内)

二级反渗透回收率:  $\geq 80\%$ (3a内)

系统脱盐率:  $\geq 98\%$ (1a内)

组件清洗周期: 6个月/次~12个月/次。

### 3) 终端系统

#### (1) 氧化杀菌器

采用光氧化法的杀菌方式,在一定紫外光辐射波长范围内,与微生物的生命中枢 DNA 产生光化反应,使其死亡或失去继续生存与繁殖的能力,确保出水水质的微生物指标达标。

直饮水系统杀菌处理手段上建议不宜采用在采用化学药剂杀菌的方法,以避免产生对人体健康微量的损害并引起水体的口感不适。

#### (2) 净水箱

净水箱在系统中起储存和缓冲作用,平衡进水和出水,保障系统稳定运行。在此系统中,设置 1 台容积各为 1.5m<sup>3</sup> 的净水箱,水箱材质为 SUS304,水箱内部设置有浸没式氧化杀菌器,目的在于防止净水箱中细菌滋长,以此来保障箱体内部水质。

#### (3) 回水精密过滤器

采用 0.22μm 的高过滤精度的滤体去除循环管网可能带回的微粒物质,保证循环回水的完全再处理,强化出水水质,过滤器材质为 SUS304。

#### (4) 臭氧发生装置

用于对管网的周期性清洗、消毒,同时也可作为净水箱的间歇性杀菌处理。净水管网使用一定时间后,为保持管网的供水水质,需要定期对直饮净水管网进行专门的清洗和消毒,设计采用臭氧(O<sub>3</sub>)对净水管网进行周期性清洗、消毒,其效果好、安全、为纯物理的消毒措施,而采用化学药剂(ClO<sub>2</sub>)清洗往往会有残留,对管网及阀门等附件的表面保护性氧化膜有损伤且对人体饮用产生一定的生理影响。

#### (5) 变频控制供水装置

采用进口变频控制器,恒压供水能够有效地保障和实现供水系统的安全性、稳定性、经济性,以保证管网对供水水压的要求和用水量的满足,供水泵组供水泵的材质为 SUS304。

## 3.5 直饮水管网设计概况及技术介绍

### 3.5.1 设计概况

管道直饮水实现了净水通过管道直饮的目的,直饮水水质的高安全性、卫生性对直饮水管网的设计和施工提出了严格的要求,以保证优质的管网将饮用净水输送到用户过程中不产生二次污染。

本工程的中央直饮水系统供水管路原理图详见图 2。

### 3.5.2 供水方式

为保障终端对用水量 and 用水水压的要求,采用变频控制恒压供水系统,并且严格采用同程设计,要保证整个系统供水水力的平衡,依据系统最大时供水量及设计秒流量等参数计算主管、立管管径,充分考虑到各立管之间的水力平衡。

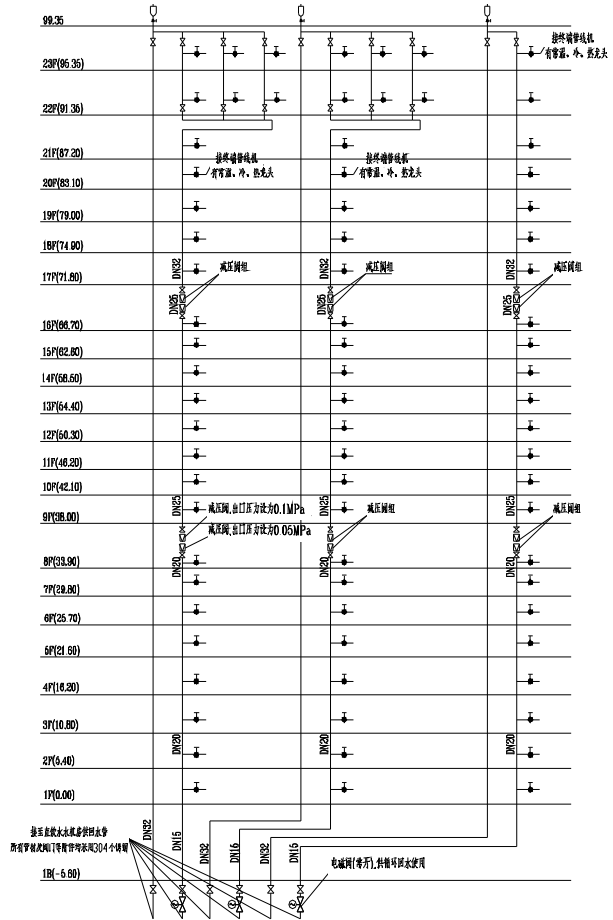


图 2 中央直饮水系统供水管路原理图

### 3.5.3 循环方式

整个管网系统采用全循环回流的方式;直饮净水管网采用 24h 循环的方式,能够较好地保障循环状态时供水水压、供水水量的满足。要合理地计算循环回水量并确定循环回水管网的管径。在管网循环设计上,在保证管网内水的停留时间不超过 12h 的前提下,充分考虑流速的影响,合理的流速(>1.0m/s) 选择保证了在管网进行循环时达到一定的循环效果,因为个体的细菌在一定流速的水流下是可以被冲走的,但是一旦细菌在管壁上形成菌膜,低流速就不能保证对管网的冲洗效果。设计上要最大程度减少管网和进户端的死水段,有效保证用户饮水的安全性。

(下转第 89 页)

采用橡塑、橡胶或是泡沫型密封条和回风槽、高低缝等；而扇和扇之间的密封就可采用高低缝、密封条和缝外压条等；玻璃和扇之间的密封就可以采用各种各样的弹性压条等。

### 3 其他节能措施

1)科学利用太阳能。太阳能目前所能在建筑上的具体运用方式主要有，太阳能供热水、被动式太阳能的采暖、主动式的太阳能采暖和空调、太阳能的发电等。若是能够将太阳能源加以充分的运用，不仅能够节省大量的常规性能源，同样还可以在在某些具体区域采取完全运用太阳能来采暖的方式。

2)合理设置“温度阻尼区”。所谓的温度阻尼区，即是指在室外与室内之间所设置的一个中间的层次，这个中间层次可以象热闸一样阻止室外的冷风对室内进行直接的渗透，降低外墙和外窗的热耗损。同时，在建筑物中，还可以将北阳台的外窗、门等全部都用密封的阳台进行封闭，在外门设置防风门斗，以此来防止冷风的倒灌，将楼梯间设计为封闭式的，同时，将屋顶的孔进行完全封闭的处理等措施，这一系列措施都能够取得较好的节能效果。

### 4 结语

目前，我国处于经济高速发展的时期，社会整体需要耗费

大量的资源，其中建筑工程的资源耗用量占我国资源耗费总量的大部分。因此，在变电站建筑工程中采取必要的节能措施对我国建设资源节约型社会大有裨益。db

#### 【参考文献】

- [1]马越.建筑节能在几个阶段的概述[J].陕西建筑,2007(11):114-115.
- [2]周永红.关于建筑节能的几点思考[J].陕西建筑,2008(3):121-123.
- [3]李家克.建筑节能的必由之路——绿色建筑[J].中国建设教育,2006(7):188-189.
- [4]毛继东.浅谈建筑节能[J].陕西建筑,2008(12):198-199.
- [5]张庆和.绿色建筑节能方式探讨[J].陕西建筑,2008(7):135-136.
- [6]李妍.谈建筑节能对可持续发展的重要意义[J].陕西建筑,2006(2):255-256.
- [7]曹强,陈颖,罗树华.住宅建筑节能[J].陕西建筑,2008(8):263-264.

【收稿日期】2012-03-28

(上接第 86 页)

#### 3.5.4 管、阀件的选配

管道直饮水管道材质的选用必须做到净水在输送过程中不再受到二次污染，不因管道材质的问题而影响到供水水质。根据《管道直饮水(饮用净水)给水系统技术规程》及国家卫生部有明确的要求和规定：必须选用国家卫生部门所认可的安全、洁净管管件。本项目设计采用优质纯不锈钢卡压式连接管材、管件，其性价比高、接口可靠、安装美观、耐腐蚀性好，符合管道饮用净水对材质的要求，阀件的选配为食品级卫生阀件。

#### 3.6 施工过程

施工过程中对敷设完毕的管网进行分段试压、冲洗、保压，同时避免施工过程中人为破坏和泥沙等脏物进入管网。

管网全部施工完毕，用自来水保持高流速对净水管网冲洗，直至出水洁净、无肉眼可见物为止，自来水冲洗结束，用净水对管网进行冲洗。管网净水冲洗结束采用高效、安全的臭氧

(O<sub>3</sub>)对管网进行高效消毒、浸泡，采用臭氧对净水管网进行消毒和浸泡不会产生对管材、阀件的损坏，而且对管网的消毒效果较好。

### 4 结语

以上是笔者通过某个高层办公大楼的工程实例，对中央直饮水系统设计的主要技术问题作的阐述与分析，希望对给排水设计师有参考作用，笔者更希望中央直饮水系统在公共建筑中得到越来越广泛的设计及应用。db

#### 【参考文献】

- [1]GB 50015—2003 建筑给水排水设计规范(2009 版)[S].
- [2]王占生.中国饮用水水质问题和水的深度处理 21 世纪的水处理[M].北京:化学工业出版社,2003.

【收稿日期】2012-04-17