

西安黑河引水工程和曲江水厂设计运行总结

金善功 彭林贤 张世华 王峰慧
 (中国市政工程西北设计院) (西安市黑河引水工程总指挥部)

摘 要

对黑河引水工程作了总体和简要介绍,以及曲江水厂设计和运行总结,证明水厂运行效果达到设计要求,水厂设计的主要特点在生产实践中已显示它技术先进性。在总结的同时,提出今后尚需进一步完善的措施与打算。文中总结的工艺及设计参数,可供有关人员参考。

关键词 西安黑河引水工程;曲江水厂;去除效率

设计 运行,黑河.

1 工程概况

西安市黑河引水工程是一项以城市供水为主,兼顾农业灌溉,结合防洪、发电等综合效益的大型供水工程。整个工程由水库枢纽、输水暗渠、曲江水厂、城市配水管网以及农灌工程五个部分组成。曲江水厂位于西安市南郊,是整个黑河引水工程的主要组成部分。

近十年来,随着经济发展和人口增长,供水已成为西安市城市发展的制约因素。原有的城市地下水水源地,水位持续下降,水量每年以2%的速度衰减,工农业用水矛盾和水质污染也日趋严重。二十多年来由于市区自备井的不断增加,深层地下水约超采一倍,地下水位下降40~60m,地面沉降和地裂缝持续发展,导致市内2000多座建筑物遭到破坏。著名的唐代名胜大雁塔地面沉降1.314m,塔顶向西北倾斜1m。

因此,今后城市开发水源只有向地面水方向发展。去年根据城市人口及工业发展新的规划,在充分考虑节约用水的基础上,对1984年经陕西省人民政府批准的《西安市黑河引水工程可行性研究报告》重新预测,最高日需水量1995年为127.6万 m^3 ,2000年为172万 m^3 ,

扣除现有地下水源日供水能力63万 m^3 ,1995年最高日尚缺水64.6万 m^3 ,2000年缺水109万 m^3 。

黑河源自秦岭山区,多年平均径流量为6.67亿 m^3 。特枯年(95%保证率)的径流量为3.44亿 m^3 ,在修建调节水库并对当地37万亩农田进行灌溉以后,给西安地区供水只有80万 m^3/d 。但在黑河引水渠道沿线,连接秦岭各峪水源,特别是向西延伸引取石头河水库水,则总供水量可达110万 m^3/d 。根据1986年批准的曲江水厂建设规模,一期处理能力60万 m^3/d ,二期80万 m^3/d 。

考虑到黑河引水工程投资规模较大,按照分期建设、逐步受益的原则,整个工程分两期,一期工程又分两阶段实施。一期一阶段工程于1990年8月30日先期接通离市区23km的石砭峪水库,日供水8~15万 m^3 ,但水厂建设因涉及国外设备安装合同及保修期限,净水能力已达60万 m^3/d ,一期其余的渠道管网等工程将于1995年完成,届时供水量可达40~60万 m^3/d ;二期工程主要修建枢纽与曲江水厂扩建成80万 m^3/d ,新建30万 m^3/d 。计划1998年全

部竣工投产。

2 工程系统

2.1 水源特点

黑河峪口以上流域面积 1481km², 多年平均径流量 6.67 亿 m³。若在峪口以上兴建 130m 高的土石坝水库, 总库容 2.0 亿 m³, 调节库容 1.7 亿 m³。黑河发源于秦岭太白山自然保护区, 植被丰茂, 森林覆盖率 46%。河水清澈见底, 含沙量很低, 据峪口水文站提供的 26 年水文资料分析, 多年平均含沙量 0.279kg/m³, 每年约有八个月含沙量为零, 大于 3kg/m³ 含沙量平均年仅有 0.92 天。水质良好, 没有工业污染, 经多次测定其水质接近国家规定的地面水环境质量标准(GB3838-83)的一级标准。同时修建 85.5km 的引水暗渠、曲江水厂以及城市配水管网, 便可对市区最高日供水 80 万 m³。

2.2 系统方案的优化

由于黑河水库的引水高程较西安市区约高出 110m, 从水源经水厂到用户, 具备了重力输水的条件。通过对重力输水方式与压力输水方式四个方案的比较, 最终确定了重力流输水方式。

为了确定合理的水厂位置, 设计中在引水渠道沿线、离市区 15km 的范围内选过 4 个厂址进行综合比较, 最后确认离市区最近的曲江池建厂。曲江水厂的地形高差约 10m, 竖向布置合理, 且离市区很近、可以充分利用城市设施, 节约投资(包括配水管网投资)、便于管理。

从城市安全供水上, 引水渠道应有两条, 但考虑到引水渠道很长、投资太高, 且渠线大部分都在山前坡地上通过, 两条渠道相隔一定距离势必形成一高一低, 到达水厂的水位也就高低不一。如果将同一渠道隔成双孔以适应备用检修的需要, 但同样的过水能力双孔比单孔渠道需增加投资 64%, 且一墙之隔的其中一孔发生重大事故时必然会影响到另一孔。最后, 利用离市区较近的石砭峪农业水库作为事故调补水源, 将黑河到石砭峪段的引水暗渠修成一条, 而石砭峪到曲江水厂段的 14.5km 引水暗渠修成两条, 解决了安全供水问题。石砭峪水库有效库

容 2650 万 m³, 特枯年可向市区供水 3000 万 m³, 当黑河引水暗渠发生事故或检修时, 短期内(15~20d)可向城市提供 5m³/s 的水量。这时, 石砭峪和城市现有地下水源的总供水量将达 103 万 m³, 为全市最高日供水量的 72%, 满足了事故时的供水要求。

2.3 水厂工艺流程的确定

一期工程因黑河水库未建, 原水水质清澈, 但短时间出现大于 3.0kg/m³ 含沙量时可相应减少水厂进水量, 不足部分还可利用石砭峪调补水源适当予以调节。为此, 选用了常规沉淀过滤净水工艺, 其工艺流程如图 1。

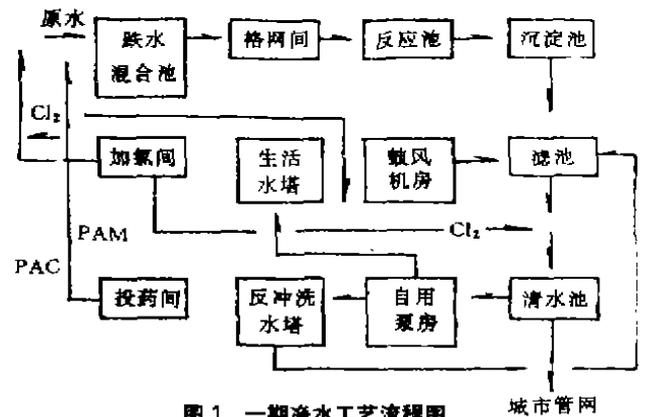


图 1 一期净水工艺流程图

二期工程中黑河水库建成, 水厂来水主要由黑河水库供给。由于水库按多年不完全调节设计, 使本来就清澈的黑河水又经水库长时间的天然沉淀, 水质更清。因此, 二期工程选用了直接过滤净化工艺。

净水厂工艺流程为重力流。根据一、二期净水工艺特点, 斜管沉淀池的单体设计尺寸与滤池完全相同, 只需稍加改造就可与滤池并联运行。在流程设计中, 各构筑物之间的水头差除满足一期 60 万 m³/d 的要求外, 也考虑了二期 80 万 m³/d 直接过滤的工艺要求。

3 工程设计

3.1 取水构筑物的特点

在取水构筑物设计中, 一期工程确定在黑峪口上游 5km 处的峡谷修建临时低坝自流引水到水厂, 当黑河引水量不足 60 万 m³/d 时在渠道沿线自流引取田峪、泮峪及石砭峪水库水

作为补充。二期工程黑河水库建成后,将在水库内修建塔式取水构筑物,可根据库内水温、藻类以及异重流情况分层取水,以保证水厂进水水质最好。

3.2 净水构筑物的特点 and 设计指标

3.2.1 配水系统

水厂原水经两条进水渠均匀分配给四个净水系列进行处理,配水系统的主要设施有:进水控制闸、巴氏计量槽与超声波水位测定仪,菱形跌水混合槽和格网间等。另外,在水厂上游8km处的决河边设有事故退水闸,可就地控制也可由水厂中控室遥控。

3.2.2 反应池

采用往复式隔板反应池,一期反应时间约20min。二期改造时,适当调节水流在池内的流动路线,就可满足直接过滤反应时间短的要求,改造工作简单。

3.2.3 斜管沉淀池

斜管沉淀池的设计尺寸与滤池完全相同,二期改造时,只需将沉淀池内的沉淀设施部分拆除,并按滤池的要求重新安装即可,其改造工作简便,节省费用。

沉淀池共分四组,每组设计处理能力15万 m^3/d ,清水区设计上升流速2.76mm/s,出水浊度一般小于10NTU,最大按15NTU控制。进水采用喇叭型穿孔配水墙,孔内流速为0.1m/s。排泥采用Dg200的穿孔排泥管,排泥周期与历时根据原水水质而定,并利用可编程序控制器PLC自动控制。为保证穿孔排泥管正常工作,在每根排泥管上设计了压力反冲洗装置。

3.2.4 气水反冲洗“V”型滤池

设计中考虑到滤池单格面积较大(110 m^2)和二期改用直接过滤工艺的要求,滤池选用了截污能力强、反冲洗效果好的气水反冲洗“V”型滤池。设计滤速为:一期9.47m/h,二期6.30m/h。气水反冲洗强度分别为15.30L/s $\cdot m^2$ 、3.5~4.0L/s $\cdot m^2$,横扫强度为1.7L/s $\cdot m^2$ 。冲洗分三个阶段完成,首先气冲1~3min,其次是气水同时冲洗4~6min,最后水漂洗4~6min。

3.2.5 清水池

清水池设计容量按水厂日产水量的10%考虑,约8万 m^3 。厂内除设有2座2.5万 m^3 的大清水池外,其余3.4万 m^3 容量分8个小清水池分别设在四个系列的沉淀池和滤池下部,减小了占地面积。

3.2.6 投药间

一般情况下可投加PAC,当短期出现高浊度或低温低浊水时再适当配用PAM,以保证混凝效果。PAC的设计最大投加率为30mg/L;PAM设计最大投加率为2mg/L。经常使用不应 $>1mg/L$ 。

采用4台最大出药量为4420L/h的活塞式计量泵投加药剂,投加点设在菱形跌水混合槽前。投药量的控制按原水流量变化,利用变频调速系统自动改变投量,水质的变化则根据混凝实验确定最佳剂量,调整计量泵的冲程来实现。

3.2.7 加氯间

加氯间共设有9台真空加氯机和2台电加热蒸发器。加氯机中有3台用于预加氯(1台备用),6台用于后加氯(2台备用)。预加氯投加量是根据原水水质情况而定,投加量可根据原水流量大小比例自动调节,每台最大投加量40kg/h,设计最大投加率2mg/L。后加氯除按比例调节外,再由投加点后16m处测得含氯量的大小自动调节,每台最大投加量10kg/h,设计最大投加率1mg/L。水射器设在投加点处,从加氯机到加氯点的管道处在负压状态下工作,安全性好,加氯可靠。

为了保证加氯机在达到额定加氯量时仍能正常工作,加氯间设有2台产气量为200kg/h的电加热蒸发器(1台备用)。蒸发器与两组氯瓶连接并可自动切换,每组由3个1t级氯瓶组成。

3.2.8 鼓风机房

鼓风机房设有3台罗茨鼓风机(1台备用)。1台鼓风机可保证1格滤池的反冲洗用气量,按同时保证2格滤池反冲洗用气量进行设计。3台鼓风机统一由两台滤池公共PLC自控

联动,也可以就地控制。鼓风机在气压为 0.1326MPa 时可输送气量 $6100\text{m}^3/\text{h}$,配用电机功率为 90kW。

鼓风机房还配有 2 台空气压缩机,主要提供全厂气动蝶阀与闸板的动力用气。每台空压机在气压为 0.9MPa 时可输送气量 $90\text{m}^3/\text{h}$,配用电机功率为 11kW。为避免空压机频繁启动,还专门配有 2 个 1.0m^3 的贮气罐。空压机的开停是由设在贮气罐上的电接点压力表自动控制,即 0.6MPa 启动,0.9MPa 停机。

3.3 水厂的平面布置及占地面积

水厂地处唐代宫廷游览胜地曲江池遗址西侧,构筑物均按唐代风格对称格局进行布置。按南高北低的地形特点,从水厂大门向南看去,整个水厂分三个台阶、四个净水系列的生产构筑物东西对称布置于道路两侧,水厂中轴线上座落着反冲洗水塔和生活水塔。主干道南北贯通,建筑群排列整齐,厂区交通方便。全厂建筑物以奶黄色为主调,配以紫红色屋檐,格调质朴、自然,给人以清新明快之感。整个环境洁净而富有生气,又与将来的曲江池风景区相协调。

厂区的生产废水通过一条 Dg1200 的排水管排入西安市护城河,形成一股活水;生活污水则排入城市下水道。另外,为了保证水厂的运行安全,则在离水厂 8km 处的决河边设有 2 座退水闸,由水厂遥控也可就地操作。

水厂占地 0.135km^2 ,建筑面积 12840m^2 占总面积的 9.2%,道路面积占总面积的 13%,绿化面积占 53%,是一个花园式的水厂。

3.4 供电系统

由于水厂采用自流供水系统,水厂的动力供电主要解决鼓风机房和自用水泵房用电。设有 10kW 高压供配电系统,厂区采用双回路供电,供电总容量为 1400kVA。

3.5 仪表、控制系统

① 流量计。在水厂进口安装 2 台加拿大生产 PL313 型明渠超声波流量计,测量范围 $0\sim 20000\text{m}^3/\text{h}$ 。原理是利用巴歇尔量水槽,由超声波探头测量水深 H ,通过单板机得出流量($Q = 5.585H^{1.521}$),输出 $4\sim 20\text{mA}$ 信号送到中控

室和各控制点;原水(对厂前 14km 汇流池进行远距离遥测)、出厂水和厂内其它采用的均为法国 FLUTEC 公司生产的管道式超声波流量计,管道直径分别为 Dg2000、Dg1600、Dg500 等,最大量程分别为 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 、 $17000\text{m}^3/\text{h}$ 、 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 。

② 水液位探测仪。根据用途不同,浮球式水位探测仪用于清水池、水塔测量水位;投塔间溶液池的药剂具有一定的腐蚀性,因此采用超声波液位探测仪。两种产品均属法国 FLUTEC 公司的产品。

③ 格网水位差探测仪。2 台,量程 $0\sim 0.5\text{m}$,配有变送器一个。法国 FLUTEC 公司生产。

④ 浊度仪。4 台浊度测定仪均为美国 HACH 公司的产品,用于原水浊度测量是 2 台(其中 1 台为原水远距离遥测)SS6 型表面散射光浊度仪,最大测量范围 $0\sim 9999\text{NTU}$;沉淀水和出厂水采用的是 1720C 型 90° 散射光浊度仪,最大测量范围 $0\sim 100\text{NTU}$ 。

⑤ 温度仪和 pH 计。各 1 台,用于原水水质连续测定。

⑥ 高低液位报警仪。FLUTEC 公司生产的 ENT10 型浮球式液位控制器,用于清水池、水塔的高低水位报警;探头式液位控制器用于药剂溶液池的高低液位报警,低位报警后计量泵自动停泵。

⑦ 溢流探测器。10 个,分别对原水、沉淀水、反冲洗水的溢流状态报警。

⑧ 余氯分析仪。出厂水和参与加氯系统控制的 6 台余氯分析仪,是选用德国 W&T 公司生产的 DEPOLOX3 型。

曲江水厂的控制系统属集中管理、分散控制,在中控室可以监视到全厂设备、构筑物的运转状态和运行参数以及故障报警等。对这些信息进行人工调度和管理,计算机不作控制只作监视,对设备运行状态的改变和故障报警并予以打印。同时,中控室通过无线电遥测遥控系统,可测得距水厂 14km 的甫店汇流池处原水流量和浊度,并可遥控距水厂 8km 处决河退水

闸的开闭,其它控制设备均设在各构筑物中,进行现场控制。

滤池由两台公共 PLC 各组成一个控制网络。过滤和冲洗完全实现自动控制,加氯实现了闭环控制,投药系统则为开环控制,水质变化时由人工设定计量泵的冲程,自用水泵的运行是通过水塔高低水位报警实现自动控制。

该控制系统的优点是系统简单、管理方便、运行可靠、经济合理,是一种适合我国国情的控制方式。

3.6 输配水设施特点

根据地形特点,曲江水厂向城市供水不需设二级泵站加压,只通过三条 Dg2000 的预应力混凝土输水管,靠重力自流送往城市管网,即可满足用户水压要求。管网总长 1100km,供水面积 136km²,管网密度为 8.1km/km²。该工程建成后,输配水管长度增加 121km (Dg400 以上),届时日供水量可达 172 万 m³。

另一个特点是西安市地裂缝较多(共 10 条),输配水管道穿越时采用钢管加柔性管接头和设置地沟等处理方法,经过三年运行证明此方法是有效的、可行的。

4 运行总结

4.1 水处理构筑物的适应性

曲江水厂投产运行三年以来,由于水源是利用石砭峪农业水库调节,容量较小,进厂原水流量、水质变化较大。单系列原水流量 24h 内变化最大为 1000~6000m³/h(受农业用水的影响),原水浊度由 2.8~20000NTU 甚至更高,水温 2℃~29℃。增加了处理构筑物的冲击负荷,特别是低温、低浊水(即水温<5℃,原水浊度<30NTU)时给水处理带来很大困难。在各种变化情况下,经过合理调整投药量(混凝剂采用聚合氯化铝)和投加助凝剂,使得出厂水浊度始终在 2NTU 以下。在低浊和高浊时耗药量较大,水温在 5℃以下时耗药量急剧增加,年平均药剂单耗在 12~13mg/L 左右。就目前采用的处理工艺,适应性还是比较强的。

由于向用户重力自流供水,厂耗电量极小。供水量愈大,电耗量愈小,运行以来最小电单耗

仅为 8kWh/km³ 水,预计日产水量 60~80 万 m³ 时电单耗在 6~8kWh/km³ 水。

常年原水浊度较小,滤池采用气水反冲洗,水厂的自用水率很低。自用水率也是随着产水量的大小而变化。

4.2 新型构筑物和新技术的实践效果及其评价

a. 巴歇尔计量槽

由于水源到水厂全部采用重力非满流输水暗渠(水厂入口 2600×2600mm),且一、二期来水量变化较大而影响到水厂进水水位也变化较大,若采用管道流量计势必增加一座倒虹,水头损失随之增加;同时也增加了渠道集泥的可能性和投资费用。现在采用巴歇尔计量槽,并进行了比例为 1:5 的水工模型试验,确定了流量—水深关系式。利用超声波探头测得水深、得出流量,从目前运行该明渠超声波流量计计量准确,管理维护方便、操作简单,是符合计量和控制要求的。

b. 菱形跌水混合池

考虑到暗渠水位随一、二期水量的变化幅度较大,为保证工艺构筑物处理的稳定性和连续性,同时巴氏量水槽要求出口水流必须自由跌落,不能产生壅水现象,因此采用了菱形跌水水池进行药剂混合。其混合效果好,对水量变化的适应性强。

c. 气水反冲洗“V”型滤池

经过三年实际运行,气水冲洗“V”型滤池有以下特点:

① 与普通高速水冲洗滤池相比,反冲洗水量可节约 50%,电耗节约 43%。

② 气水冲洗技术,水冲洗强度很小,滤料几乎不膨胀,因此反冲洗后不会导致滤料水力分层,整个滤层滤料级配分配均匀,含污能力强,同时没有滤料流失现象。

③ 滤层厚度 1.2m,粒径 1.35mm,不均匀系数 $K_{80}<1.6$ 。因此,滤层具有孔隙率大,含污能力强,水头损失小,过滤周期长等特点。

④ 利用沉淀池出水作滤池表面横扫洗,及时排除了冲洗废水,提高了冲洗效果,也减轻

了其它滤池的超水量过滤负荷。

⑤ 采用长柄滤头配水,使得在 110m^2 的冲洗面积上配气配水十分均匀,冲洗效果好。

⑥ 利用滤池出水管上的自动调节阀,保证了滤池内过滤水位恒定、滤速恒定(属等水头、等速过滤),并通过滤料水头损失仪来控制滤池工作周期。由于水头损失较小($500\sim 700\text{mm}$),避免负水头现象产生(滤层以上水头 1.2m)。保证了滤池的过滤效果。

⑦ 滤料的含污能力较强,对浊度、温度变化的适应性较强。例如 92 年 10 月,沉淀池出水浊度一下子增加到 60NTU ,但滤池出水浊度仍然只有 $0.2\sim 0.5\text{NTU}$,也没有发现穿透滤层现象,说明具有较强的抗冲击负荷的能力。

⑧ 由于气水冲洗效果较好,滤料中未发现泥球和泥饼现象,并使得单格滤池面积较大(110m^2),节省了大量配套阀门闸板等设备,降低了投资并利于管理。

⑨ 滤池的运行由 PLC 进行控制,两组滤池(12 格)设一公共 PLC,对 12 格滤池进行自动排队反冲洗(依据滤层水头损失),同时控制鼓风机的开停。完全实现了自动控制。

⑩ 最多只有两格滤池同时冲洗,加之冲洗水强度较小,因此废水管直径可以变小,降低了 8km 排水管道的投资。

d. 可改滤池的斜管沉淀池

沉淀池土建尺寸与滤池相同,利用滤池两侧的反冲洗排水总渠及排水槽的位置设计成沉淀池的进配水渠,滤池的“V”型进水水槽作为沉淀池的出水渠。二期改造只需拆除沉淀设施,安装滤板等设备后即成为滤池,既满足了一、二期不同水质的处理要求又节省了投资。斜管沉淀池不足之处,是穿孔排泥管长度偏长(总长 14m)、排泥效果不佳,往往需定时停水清淤。

e. 沉淀池滤池与清水池合建

曲江水厂的地基条件属 I 级湿陷性黄土层,最小层厚 5m 最大超过 11m ,选择好地基处理方法是保证水处理构筑物安全可靠的关键。经多方案比较,确定了将 3.4万 m^3 的清水池分 8 个小清水池分设在沉淀池和滤池下部。节

约地基处理费用约 130 万元,减小占地面积约 $7000\sim 10000\text{m}^2$ 。

4.3 主要机械设备的运行状况

水厂泵房主要提供厂区自用水,因水量较小基本上都采用国产设备,实现了自动控制,运行基本正常,但维修率较高。

鼓风机房主要是提供滤池反冲洗和阀门动力用气,设有 3 台法国引进的罗茨鼓风机以及其它辅助设备和 2 台空压机,主要优点是设备体积小、运行稳定可靠、操作简便,功率仅占国产鼓风机功率的 42%。主要缺点是噪音较大、工作环境较差,压缩气体含水率较高、给管理带来困难。

格网采用的是平板格网,冲洗是吊出水面后进行人工清洗,劳动强度较大,清理下来的杂质没有出路,并给后续处理构筑物带来较大的水量冲击负荷。此外,格网间紧靠反应池、位置偏后,准备在二期改造时调整位置,拟改成旋转格网。

厂区闸板、阀门自控程序要求高的均采用引进设备,对于开启次数较少的都采用了国产设备。引进的阀门、闸板关闭严密,可控性能好,使用场地环境要求也不高,而国产的操作不便,关闭不严、漏水量较大,给日常管理带来很大困难。

投药设备采用活塞式计量泵,扬程 30m ,流量范围 $0\sim 4420\text{L/h}$,配用电动机功率 3.0kW 。计量准确、运行稳定,出液管上安装了阻尼器,减轻了脉动,使其流量平稳,并装有安全回流管,流量调节范围大。不足之处是尽管吸液管安装了较细的不锈钢丝网,但泵的进出球形止回阀仍然易堵塞,需定期维护。

4.4 仪表及控制系统的使用情况及效果

① 流量计。明渠流量计原采用法国 FLUTEC 公司的超声波流量计,使用中发现其运行很不稳定,后更换为加拿大产的 PL313 型明渠流量计,计量准确、运行稳定、校正简单管理方便;管道超声波流量计测量精度较高,并提供了校正标准仪,经国家水大流量测试站和省市技术监督局标定,其误差 $<1\%$ 。

⑥

建筑

排水管道

压力波动

1997-07-10

中国给水排水

23

23-25

建筑给排水

防止建筑排水系统压力波动的新措施

刘克勤

(天津城市建设学院)

TU PP1.23

在建筑排水立管中,由于多处横支管排水形成的水击、水塞或水柱的冲击、抽吸出现短时隔断现象,立管中气体的容积受到压缩、膨胀或震动等因素的作用,引起管道内压力波动,破坏卫生器具的水封,使有毒、有害气体进入室内,污染环境。虽然目前已有防止压力波动的措施,如苏维脱水排水管系、旋流排水管系等,由于配件构造复杂、排水工况并非理想等原因,未得到普及。本文提出防止建筑排水系统压力波动的新措施。

国内外的一些实验已经定性的认为产生水封变化的原因有:①负压抽吸,②正压喷溅,③自虹吸,④惯性晃动,⑤毛细管作用,⑥蒸发等。而在4层地漏中的水封充满水时,同样在楼上大量排放时也遭破坏,这说明排水管系中气体压力变化的最大值大于水封高度为50mm的

临界值。水封层越厚,其防止气体穿透的能力越强,但是水封太深随之存水弯越高,这样不但会使存水弯底部容易沉积脏物,而且管道设备安装也带来困难。靠再增大管径是不可行的。

1 工况分析

排水立管内水流状态分为:螺旋运动、附壁水膜流动和水的隔膜运动(水流充满立管断面 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$)。

在排水立管水膜流运动的力学分析和确定设计负荷中,是以下降的水膜为中空水柱进行分析得出:

终限流速公式:

$$V_c = 1.75 \left(\frac{1}{k_p} \right)^{1/10} \left(\frac{Q_n}{d_i} \right)^{2/5} \quad (1)$$

终限长度公式

$$L_c = 0.14433V_c^2 \quad (2)$$

③ 水质连续测定仪。原水采用美国 HACH 公司的 SS6 型浊度仪,测量范围大、精度高,稳定性好并设有浊度报警,不足之处是当原水浊度较高时仪表内有积泥现象,需人工清洗,否则影响测量精度;J720C 浊度仪,测量精度高,运行稳定,需定期清洗和校正;TRATEC 水温测定仪的不足是现场无显示,使用、校正时不方便;pH 计,测量精度高并有温度补偿,但电极较易损坏;余氯分析仪,灵敏度高、精度高,可设有两限报警,校零位方便,需定期进行校验维护,管理要求较高;其它仪表使用均较理想。

④ 控制部分。曲江水厂除投药、加氯用继

电器控制之外,主要工艺控制设备均采用先进的 PLC 控制系统,操作简单,维护方便。不足的是加药系统没有实现闭环控制,生产运转水平要求较高。

(在资料整理过程中,曲江水厂的王洪平同志做了大量的工作,在此表示感谢)。

作者简介:金善功 教授级高工 中国市政工程西北设计研究院总工 享有国家津贴和中青年专家称号

通讯处:730000 兰州市定西路 177 号