

翻板型滤池

吴济华 马刚

提要 根据对国外生产企业的实地考察及工程的设计实例,介绍了翻板型滤池的工作原理、主要特点和设计要点。

关键词 翻板滤池 滤料 流失率 容污能力

翻板滤池是瑞士苏尔寿(Sulzer)公司下属的技术工程部(现称瑞士VA TECH WABAG Winterthur)的研究成果。所谓“翻板”,是因为该型滤池的反冲洗排水舌阀(板)在工作过程中是在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 范围内来回翻转而得名。

1 翻板滤池的工作原理

该型滤池的工作原理与其它类型气水反冲滤池相似:原水(一般指上一级净水构筑物的出水)通过进水渠经溢流堰均匀流入滤池,水以重力渗透穿过滤料层,并以恒水头过滤后汇入集水室,详见图1;滤池反冲洗时,先关进水阀门,然后按气冲、气水冲、水冲3个阶段开关相应的阀门,详见图2。一般重复两次后关闭排水舌阀(板),开进水阀门,恢复到正常过滤工况。

2 翻板滤池的主要特点

苏尔寿公司经过长期对滤池技术与推广应用,使翻板滤池不断地改进完善。它在反冲洗系统、排水系统与滤料选择方面有新的技术性突破,从而使该型滤池具有出水水质明显提高、反冲洗水量少、

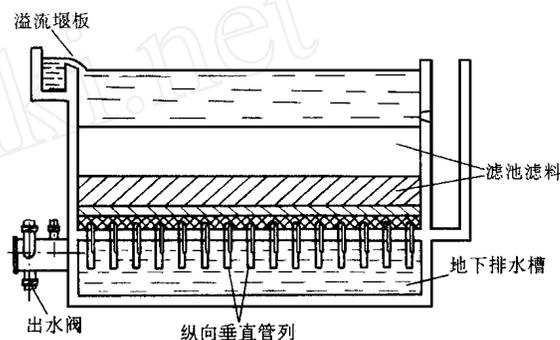


图1 翻板滤池正常过滤状态

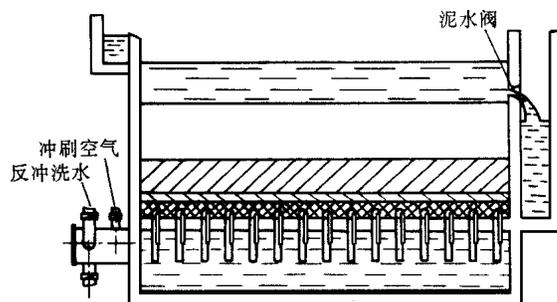


图2 翻板滤池反冲洗状态

得到了验证。分析还表明:因污水处理厂的投资与运转成本较高,根据我国国情决定了各大城市的污水处理必须采用分散与集中相结合的方法,加强对现有污水处理厂的分期改造,在保证污水排放水质达标的前提下,可以实现资金的优化投入。随着我国城市化速度的加快,对污水处理厂实施科学评价、动态管理,不断地加强投资改造,逐步提高污水处理能力是符合实际的。

参考文献

1 同济大学主编. 城市规划原理. 北京:中国建筑工业出版社, 1991

2 建设部标准定额研究所主编. 给水排水标准规范实施手册. 北京:中国建筑工业出版社, 1993
3 上海市城市排水技术设计研究所. 上海市城市污水处理厂设施设备改造工程可行性研究, 1997
4 上海市市政工程技术情报网编. 上海市城市污水雨水泵站调研图表, 1995
5 上海市市政工程技术情报网编. 全国主要城市污水处理厂概况汇编(第一册), 1991

◎作者通讯处:陈立道 200092 同济大学地下工程系
电话:(021) 65155943

黄兴安 上海市市政管理局

收稿日期:1999-6-4

反冲洗时间短、反冲周期长、基建投资省、运行费用低以及施工简单、工期短等特点。

2.1 滤料、滤层可多样化选择

根据滤池进水水质与对出水水质要求的不同,可选择单层均质滤料或双层、多层滤料,亦可更改滤层中的滤料。一般单层均质滤料是采用石英砂(或陶粒);双层滤料为无烟煤与石英砂(或陶粒与石英砂)。当滤池进水水质差(如原水受到微污染,含TOC较高时),可用颗粒活性炭置换无烟煤等滤料。

2.2 滤料流失率低

翻板滤池有级配的砾石承托层,滤料一般不会从滤池底部流失。反冲洗时反冲洗水的强度高($15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)、滤料的膨胀率较大(15%~25%或以上),若对一般滤池比重较轻的颗粒活性炭、陶粒等滤料易于从排水槽流失。但对于翻板滤池由于它具有:排水舌阀(板)的内侧底高于滤料层 $0.15\text{m} \sim 0.20\text{m}$;排水舌阀(板)是在反冲洗结束,滤料沉降20s后再逐步开启,详见图3。从而保证轻质滤料不致于通过排水舌阀(板)流失。反冲泥水一般在60s~80s内排完。此时,滤池中的微细污泥颗粒仍呈悬浮状态,不会发生沉淀,截留在滤料表面。

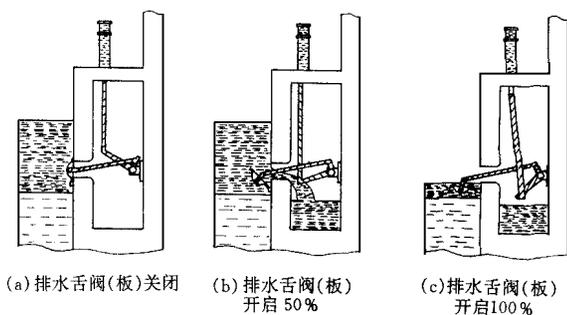


图3 反冲排水舌阀(板)的启闭状态

2.3 滤料反冲洗净度高、周期长与容污能力强

翻板滤池反冲洗的第三阶段即水冲段,其强度达 $15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,使滤料膨胀成浮动状态,从而冲刷和带走前两阶段(气冲段、气水冲段)洗擦下来的截留污物和附在滤料上的小气泡。一般经两次反冲洗过程,滤料中截污物遗留量少于 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 。这样使翻板滤池运行周期延长,反冲洗周期达 $40\text{h} \sim 70\text{h}$ (相应水头损失为 $2.0\text{mH}_2\text{O}$ 左右)。当

2m 容污水头时,滤料容污能力达 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.4 翻板滤池出水水质好

这主要由于反冲洗强度较高,滤料中截污物遗留量少、滤料净度好,使初滤水水质得到保证。根据昆明市自来水总公司第五水厂的翻板滤池(模型)试验结果表明:同样进水水质下,翻板滤池出水水质显著提高,详见图4。当进入滤池的浊度 $<5\text{NTU}$ 时,苏尔寿(Sulzer)双层滤料滤池的出水水质可达 0.2NTU (95%)、 $<0.5\text{NTU}$ (100%)。

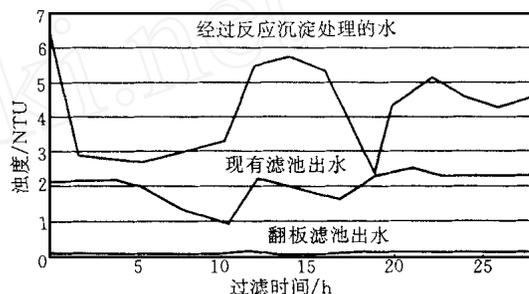


图4 昆明市第五水厂翻板滤池试验结果

2.5 反冲洗水耗低、水头损失小

翻板滤池的水冲强度($15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)、滤料膨胀率(可高达15%~25%)与普通快滤池相近,但它的水冲时间短($2 \times 2.2\text{min}$),反冲洗周期长(进水浊度 5NTU 时,反冲洗周期 $40\text{h} \sim 70\text{h}$),故反冲洗水耗量少,一般约为 $3\text{m}^3/\text{m}^2 \sim 4.5\text{m}^3/\text{m}^2$,相应的反冲洗水泵耗电量也较小。据运行表明:滤层厚 1.5m ,滤速为 $9\text{m}/\text{h}$ 时,滤料层产生的水头损失约为 $0.35\text{m} \sim 0.40\text{m}$ 。

2.6 双层气垫层保证布水、布气均匀

苏尔寿滤池在底板上、下形成两个均匀的气垫层,从而保证布水、布气均匀,避免气水分配出现脉冲现象,影响反冲洗的效果。

2.7 气水反冲系统结构简单施工进度快

翻板滤池的反冲洗系统综合了普通快滤池与V型滤池的设计特点,但对滤池底板施工要求的平整度不很严格,即使每格滤池中间安装布气布水管部分的池底,对水平误差要求 10mm 。这样可降低施工难度、缩短施工周期,较明显地减少施工费用。

该型滤池的布气布水立管一般采用不锈钢管,配水、气横管采用PE塑料。配水、气横管的水平度在施工中易调整,使滤池的整个滤料层能均匀地反

冲洗,去污效果好,避免了局部滤料结污结块现象,滤池的使用寿命较长,减少维护工作与运行费用。

3 翻板滤池设计要点

翻板滤池设计计算与普通快滤池类同,主要设计参数取用如下:

(1) 过滤速度:当进水浊度 5NTU ,滤速取 $6\text{m/h} \sim 10\text{m/h}$ 。

(2) 滤层厚度:一般用 1.5m 厚。当采用双层滤料,则陶粒厚 700mm ,粒径 $1.6\text{mm} \sim 2.5\text{mm}$;石英砂厚 800mm ,粒径 $0.7\text{mm} \sim 1.2\text{mm}$ 。

(3) 过滤水头损失:一般取 2.0m ,相应的双层滤料滤池的纳污率为 2.5kg/m^3 。

(4) 反冲洗强度:气冲强度约为 $17\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,相应冲洗速度最小为 60m/h ;水冲强度为 $15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,相应冲洗速度 $54\text{m/h} \sim 57.6\text{m/h}$ 。

(5) 反冲洗时间与单位耗水量、耗气量:气冲历时 5min ,单耗气 $5.0\text{m}^3/\text{m}^2 \sim 6.0\text{m}^3/\text{m}^2$;水冲历时 3min ,单耗水 $3.0\text{m}^3/\text{m}^2 \sim 4.5\text{m}^3/\text{m}^2$ 。

(6) 自控系统设计:对于翻板滤池运行自控程度设计显得很重要,尤其在滤池反冲洗时段尤为重要,一般设定为:

a. 当水头损失达 2.0m 时,关闭进水阀门,滤池继续过滤;b. 待池中水面降至近滤料层时(约高 15cm),关闭出水阀门;c. 开反冲洗进气阀门,松动滤料层,摩擦滤料的被截污物,强度约为 $17\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;d. 历时 3min 后,再开反冲洗进水阀门,此时气冲强度仍约为 $17\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水冲强度为 $3\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 4\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;e. 历时 4.5min 气水混冲后,关闭反冲洗进气阀门。同时开大反冲洗进水阀,使水冲强度达到 $15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 16\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;f. 约 1min 高强度水冲后,关闭反冲洗进水阀门,此时池中水位约达最高运行水位;g. 静止 $20\text{s} \sim 30\text{s}$ 后开启反冲洗水排水舌阀(板),先开 50% 开启度,然后开 100% 开启度进行排水;h. 一般在 $60\text{s} \sim 80\text{s}$ 内排完滤池中的反冲洗水,关闭排水舌阀(板)。再反冲洗一次。一般通过两次反冲洗后,滤料中含污率低于 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$,并且附着在滤料上的小气泡也基本上被冲掉。然后开启进水阀门,待池中水位达一定高度时,开出水阀门,进入新一轮过滤周期。

(7) 反冲排水舌阀(板)操作系统设计是翻板滤池成功与否的关键因素,设计中应予以充分重视。

4 翻板滤池应用情况

瑞士苏尔寿公司经长期研究、不断完善的翻板滤池,目前已有 300 多家水厂采用此型滤池,主要分布在欧洲各国。我国仅昆明市自来水总公司与瑞士苏黎世市供水局联合试验研究处理滇池水时,曾建一座 3.0m^2 的翻板滤池(模型池),它的排水系统与排水舌阀(板)由苏尔寿公司提供,其试验出水水质是令人满意的。

5 工程设计实例

工程规模 $60\text{万 m}^3/\text{d}$ (其中一期工程 $40\text{万 m}^3/\text{d}$)。水源为水库水,原水最高浊度预计 $<300\text{NTU}$,一般在 20NTU 以下。采用“机械混合池-机械絮凝池-平流沉淀池”,加过滤、消毒净化工艺。过滤作了虹吸型、V型、翻板型三种池型方案比较(见表1)。通过比选,推荐采用翻板型滤池。

表1 各型滤池比较

池型	优点	缺点
虹吸滤池	<ol style="list-style-type: none"> 1. 进水、出水采用虹吸管,取代了进、出水大型阀门。 2. 虹吸滤池运行由水力自动控制,运行、管理较方便。 3. 虹吸滤池不需要反冲洗水泵、鼓风机等设备,设备费用、运行电耗较V型滤池、翻板滤池省。 4. 采用双层滤料,滤料含污能力较强。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 池深大,土建费用高。 2. 反冲洗耗水量大(占产水量的 3.8%) 3. 反冲洗效果较气水反冲洗滤池差。
V型滤池	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用气水反冲洗加表面扫洗,反冲洗效果好。 2. 采用V型槽进水(包括表扫进水),布水均匀。 3. 运行自动化程度高,管理方便。 4. 采用均质滤料,滤料含污能力较强。 5. 反冲洗时,滤料微膨胀,可减少滤池深度,土建费用较虹吸滤池省。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设备费用、运行电耗较其他型滤池高。 2. 土建施工技术要求高。 3. 反冲洗水量较大(占产水量的 2.6%)。
翻板滤池	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用双层滤料,滤料含污能力强。 2. 采用气水反冲洗,由于反冲洗时关闭排水阀,高速反洗,反冲洗效果好,耗水量小(按反冲洗周期 24h 计,反冲洗水量占产水量的 1.56%)。 3. 土建结构简单,投资较省,施工方便。 4. 反冲洗时不会出现滤料流失现象。 5. 运行自动化程度高,便于管理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设备较多,一次投资较大。 2. 运行电耗较虹吸滤池高。

5.1 翻板滤池设计参数

5.1.1 过滤系统

滤速:8.85m/h。滤料:承托层厚0.45m,粒径3mm~12mm;石英砂厚0.70m,粒径0.7mm~1.2mm;陶粒厚0.80m,粒径1.6mm~2.5mm。过滤容污水头:1.9m。滤料层上水深:1.5m。

5.1.2 配水系统

采用独立纵向布水、布气管和横向排水管组成配水系统。

5.1.3 反冲洗系统

气冲 $q_{气} = 16.67L/(m^2 \cdot s)$; 气水冲 $q_{气} = 16.67L/(m^2 \cdot s)$, $q_{水} = 3.33L/(m^2 \cdot s)$; 水冲 $q_{水} = 15.83L/(m^2 \cdot s)$ 。冲洗时间约15min。

5.1.4 反冲洗周期

$T > 36h$ 。

5.2 设计计算

(1) 滤池单格面积: $f = 120m^2$, 每格平面尺寸为:15m × 8m。单格剖面图及平面图,如图5。

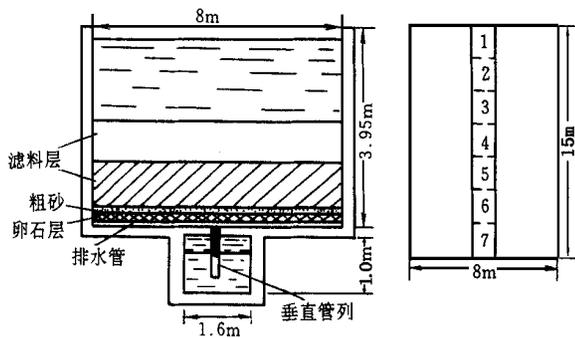


图5 单格滤池平、剖面图

(2) 近期40万 m^3/d 分两组,每组分8格滤池,如图6所示。

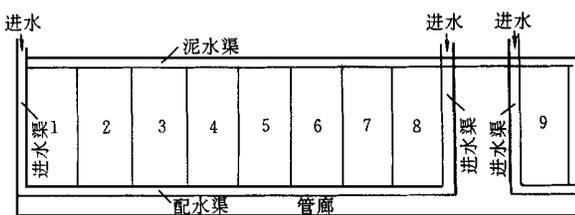


图6 滤池组合情况

(3) 翻板滤池配水系统采用底板上部横向排水管和下部的纵向布水气管组成,如图7、图8。

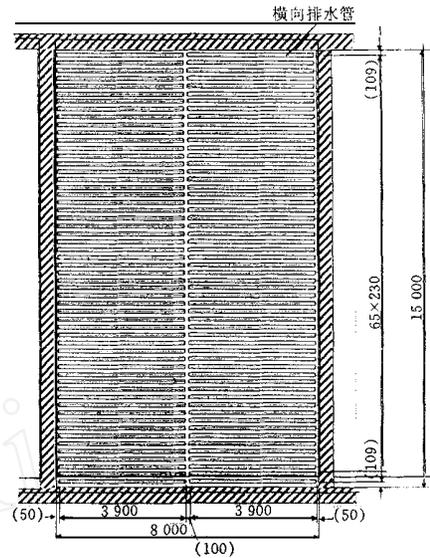


图7 滤池上部横向排水管布置

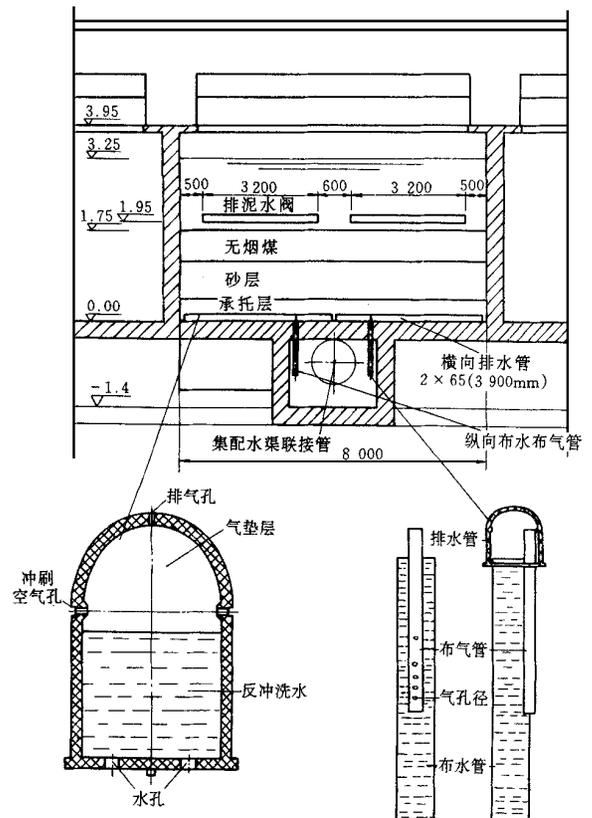


图8 滤池下部纵向布气、布水管

作者通讯处:610081 成都外北内曹家巷81号

中国市政工程西南设计院

收稿日期:1999-8-9