

净水厂排泥水处理系统工艺设计

周文武

陕西瑞安博建筑工程有限公司

摘要:从整体发展角度来说,我国净水厂排泥水处理系统设计与研究起步较晚,在1990年之前,我国大多数净水厂排泥水往往会直接排放至江湖、湖泊等水域,进而引发严重的环境污染问题。近年来,随着我国环境保护工作的深入开展,净水厂排泥水处理和处置工作得到了更多重视。本文以实际工作开展情况为基础,对排泥水处理工艺内容进行总结,论述了排泥水系统设计与优化方式。

关键词: 净水厂; 排泥水; 处理系统

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.097

一、引言

近年来,随着城市建设与环境保护工作的深入开展,人们对净水厂排除的排泥水提出了高度重视。对于排泥水来源,主要包括沉淀池排泥水、滤池反冲洗废水以及气浮池浮渣等等,这些废水的主要成分为无机泥沙,同时包含部分有机物,约占干污泥重量的10%左右。截至到目前为止,我国依旧存在部分净水厂将未经处理的污泥水直接排放到城市排水管道,导致水资源和水环境受到极大影响。为了将该类问题解决,相关人员应提升对净水厂排泥水处理的重视程度。

二、工程概况

某净水厂在建设过程中,对应的建设总规模为100万 m^3/d ,由于规模较大,选择分两期进行,其中,一期规模为40万 m^3/d ,二期新建规模为60万 m^3/d 。该水厂总占地面积为457.49亩,竖向高差方面,主要特点为南高北低,坡向较为明显,最大高度差距为13m。总的来说,当一期工程建设工作完成后,能够为该城市分担约17%的供水任务^[1]。

三、干泥量确定

净水厂排泥水的主要组成内容包括絮凝、沉淀池排泥水以及滤池反冲洗废水,且排泥水在水厂中总产水量的占比在7%左右。对于净水厂排泥水处理规模的设定,需要根据处理系统中的干泥量数值来机械西宁。在干泥量计算过程中,对应的计算方式有很多,其中,最为常见的方式是根据《室外给水设计标准》,具体干泥量计算公式如下:

$$S_0 = (K_1 C_0 + K_2 D) \times K_0 \times Q \times 10^6$$

该式中, K_0 代表水厂自用水系数; C_0 代表原水浊度设计取值; K_1 代表原水浊度单位与悬浮物SS单位的换算系数; D 代表药剂添加总数,单位为 mg/L ; K_2 代表药剂转化成泥量的具体系数; Q 代表原水流量,单位为 m^3/d ; S

代表干泥量,单位为 t/d 。具体研究工作开展过程中,相关人员需要将浊度与SS之间的关系呈现出来,必要时还要进行浊度与SS检测对比分析操作,实现对浊度和SS的深入分析。如果没有相关实验资料支持,在 K_1 取值上,其具体范围集中在1.0到1.2之间。

四、原水水质和出水水质目标

本次项目研究之中,一期水源主要来源于黑河系统,二期计划应用附近几项水利工程水源。通过对原水质量检查,除了含氮总量超标外,其他指标均处于地表水II类水质要求范围内,对应的温度范围在4到20 $^{\circ}C$ 之间,平时处于低浊状态,雨季浑浊度会大幅提升,夏季还可能出现高藻现象。总的来说,在净水厂执行具体出水任务时,应满足《生活饮用水卫生标准》,以及《城市供水水质标准》等要求,在水浊度控制上,应保持在0.5NTU以下^[2]。

五、工艺流程

净水厂排泥水处理过程中,其系统构成上主要涉及调节、浓缩、脱水三道工序,具体内容如图1所示。

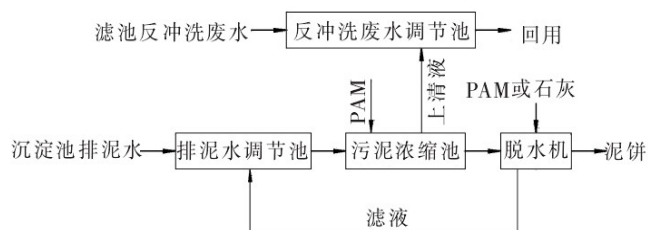


图1 净水厂排泥水处理系统工艺流程

滤池反冲洗废水以及沉淀池排泥水在排放时,主要以间歇排放形式为主,当调节池设定好之后,整体构筑物负荷应处于均匀状态,为后续构筑物的稳定运转创造有利条件。总的来说,滤池反冲洗废水浓度往往较低,对应的含固率范围在0.02%到0.05%之间,如果针对反冲洗废水进行回收操作,除了保证其生物安全性外,还要对其中的铁、锰等金属离子富集因素进行充分考虑。另外,沉淀池排泥水中所呈现出的含水率大多集中在99%左右,相关人员应执行具体的浓缩处理任务,保证污泥浓度的提升,控制好污泥体积,缓解污泥脱水机的工作压力。当浓缩任务结束后,污泥含水率依旧很高,此时,还需要执行进一步脱水操作,促使其形成泥饼,之后由相关工作人员执行具体的运输计划。如果上述工作应用的脱水模式为机械脱水,工作人员还需要在其中加入适量的高分子絮凝剂或石灰。在浓缩池运转过程中,往往会产生一定数量的上清液,该液体可直接回流到反

冲洗废水调节池之中。脱水机工作也会伴随着滤液产生，该滤液内包含一些高分子絮凝剂，不能直接排放到排水管网之中。为了避免出现相关问题，工作人员可将滤液回流到排泥水调节池，做到多次循环处理^[3]。

六、排泥水处理工艺的设定

(一) 滤池冲洗水处理

1. 冲洗水水质

总的来说，滤池冲洗水的水质和水量具备很强的波动性特点，且浑浊度较高，有机物浓度变化情况也会随着季节发生改变，甚至还会出现高浓度金属离子或藻类数量过多等情况。由于进入到滤池中的反冲洗水浊度不高，稳定性良好，对应的排放量和平均含固率变化幅度不大。

2. 冲洗水处理工艺的选择

滤池冲洗水的处理，相关人员可通过排水池单独设计来实现，也可以选择与沉淀池排泥水一同进入排泥水调节池之中，实现全面处理操作。相比之下，第一种方式能够让泥线构筑物处理规模大幅下降，可帮助净水厂节省一部分投资成本。第二种形式的排泥水会受到反冲洗废水的稀释，为浓缩池带来更大冲击。在反冲洗废水处理时，工作人员可利用沉淀、气浮、超滤膜等手段进行。相关人员还要根据之前的净水厂发展规律和技术经济比较结果，应用序批式排水池执行冲洗水处理任务。

(二) 沉淀排泥水处理

首先，在沉淀排泥水水质分析角度来说，涉及的原水以及净水工艺不相同，排泥水之间同样存在较大差异。如果排泥水中存在混凝剂沉淀现象，主要的混凝剂构成类型有铝盐或铁盐混凝剂形成的金属氢氧化物、淤泥以及各种无机物、有机物等等。当原水水质出现变化后，排泥水组成结构也会随之改变，相关人员应借助于合适的净水工艺将其大多数杂质去除。在排泥初期，沉淀排泥水浓度较高，当整个操作流程持续60s左右，排泥浓度会迅速下降，此时，依旧不能将排泥水直接排入排水管道。常见的沉淀排泥水处理工艺包含以下几方面：

1. 浓缩工艺

最为常见的污泥浓缩工艺有重力浓缩和机械浓缩。其中，重力浓缩隶属于沉淀工艺范畴，具备压缩沉淀效果。在重力浓缩帮助下，能够降低脱水污泥的总体积，脱水机数量也能得到有效控制，降低净水厂在设备方面的投资数额和电能消耗总量，保证脱水污泥浓度始终处于均匀状态，维护脱水机运行的稳定性。但重力浓缩程序在开展时，净水厂需要建立相应的浓缩池，土建费用极高，且该浓缩池的占地面积较大。反观机械浓缩应用，主要以离心浓缩形式为主，很难让排泥水量得到良好调节，为后续维修管理工作的执行带来极大困难。因此，净水厂往往会选择重力浓缩工艺来执行排泥水处理任务，常见的工艺单元有调节单元和浓缩单元，在具体应用工艺确定上，可根据排泥水沉降性能、上清液SS是

否达到排放标准等内容进行。总的来说，处理工艺的选择，会对排泥水处理效果以及节水效率产生极大影响。另外，在脱水和处置单元设定上，一般会通过设备选型及污泥处理方式对比，设定具体的处理工艺组合计划，常见的处理工艺包括以下几种：

第一，重力式辐流浓缩池。传统重力浓缩池在运行过程中，所消耗的运行费用较低，在管理程序设定上并不复杂，再加上内部池容数值较大，能够有效环节冲击负荷，即使原水浊度出现变化，重力浓缩池依旧能够呈现出良好的处理能力。浮动槽排泥池具备良好的调节和浓缩能力，属于是重力式辐流浓缩池的常见形式，通过该类浓缩池应用，能够让后续污泥处理单元规模大幅降低，节省土地资源和工程主体的投资数额；第二，斜板浓缩池。斜板浓缩池在构成上，主要包括斜板浓缩装置、中心传动刮泥机以及相关配件。该浓缩系统的负荷数量较高，且池容量有限，如果遇到原水浊度较高情况，沉淀池内部排泥水量变化较大，所呈现出的调节能力弱于辐流式浓缩池，相应的运行维护需求也较高；第三，高效污泥浓缩池。高效污泥浓缩池应用，能够将斜管沉淀以及污泥回流特点结合在一起，对应的斜板上升流速能够超过 $10\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，实际污泥回流过程中，往往应用到变频泵，保证反应池内的污泥浓度始终处于合理范围内。相比之下，该系统负荷数量较高，但在管理和维护上，需要消耗较高的投资^[4]。

2. 脱水工艺

截至到目前为止，常见的泥渣脱水工艺以机械脱水为主。另外，在一些规模较小的水厂发展过程中，由于当地气候条件具备干燥性特点，周围荒地资源量巨大，同样可以采用干化场形式。现阶段，最为常见的污泥机械脱水设备包括带式压滤机、板框压滤机以及离心脱水机。其中，设备效果更好的当属离心脱水机，且该机械设备的占地面积有限，同时还能让机房始终处于清洁状态，所呈现出的污泥浓缩效果适应性良好，很多絮凝剂类型均能应用其中，稳定性和可靠性优势十分明显。需要注意的是，该类污泥机械脱水设备在运行时噪音明显，还要消耗大量能源，在出泥含水量控制上，远低于板框压滤机。从以往水厂运行和发展经验中可以看出，离心脱水设备的应用优势更为明显。

(三) 冲洗水以及沉淀排泥水处理方案

砂滤池初滤水进入到回流水池之后，此时的回流水池能够满足上清液集水池的出水条件，再加上泵的提升效果，能够让排泥水回流到沉砂池出水井之中。当砂滤池反冲洗水进入到排水池后，上清液也能提升到沉砂池出水井内，该过程需要结合泵的提升作用，此时，底泥也会提升到排泥池内。另外，浮动槽拍泥池能够接纳折板絮凝池、平流沉淀段以及排水池底泥泵所提升的底泥。排泥池底部污泥在提升泵作用下，同样可以进入到浓缩池中，在整个处理过程中，浮动槽排泥池能够发挥出预浓缩效果。

重力浓缩池底泥进入污泥平衡池之后，污泥平衡池能够保证进入到污泥脱水机的流量、含固率处于稳定状态，还能降低由于原水水质变化所产生的冲击负荷，其应用优势十分明显。

七、排泥水系统设计及优化

（一）排泥水处理构筑物布置

为了更好的建设排泥水处理构筑物，相关人员可采取排水池与回流水池合建，或者是排泥池与浓缩池合建方式，建立更加紧凑的集团式组合布置形态，维护生产联络线布置的简洁化开展，在管理布置优化同时，降低水力损失数量。

（二）回流水池及排水池

1. 设计参数

该净水厂在建设时，采取回流池与排水池合建模式，总占情况为 $36.9\text{m} \times 19.3\text{m}$ 。回流水池的格数划分为2各，单格长度为 17.5m ，宽度为 8.5m ，有效水深度为 6.5m ，整体容积数值为 967m^3 。应用时，两格可采取单独应用，也能同时应用，每格可完成2格砂滤池初凝排放量。在潜水泵安装上，单格往往会配置两台潜水泵，其中一台备用。另外，在排水池设计上，主要以4格建设为主，单格长度设定数值为 9.3m ，宽度为 8.5m ，能够容纳的有效水深为 4.0m ，整体容积数值为 316.2m^3 ，所产生的回流冲击负荷在6%以下^[5]。

2. 设计优化

首先，在运行工况方面，相关人员应针对多种运行工况进行考虑，为了让回流水池和排水池始终处于稳定运行状态，排水池上清液能够顺利回流到回流水池之中，相关人员可在回流水池西侧池壁位置设定1台联通闸门。其次，排水池运行方式设定。排水池工作方式设定上，涉及的序批内容顺序如下：单格进水、静沉、上清液回流至格栅前、底泥提升至排泥池，4格可依次进行轮流循序操作。另外，在单格排水池设计上，往往对应着1台上清液泵，以及1台上底泥泵，做到4用1备。

截至到目前为止，砂滤池冲洗水处理过程中，常见处理形式有2种，即直接回流和经过混凝、沉淀等处理后的回流。在冲洗水直接回流过程中，往往会出现冲击水处理构筑物的情况。反观经过混凝、沉淀等处理后的回流模式，需要执行加药操作，能耗数量相对较高，智能在滤池反冲洗排水含固率较高的工况下进行应用。针对滤池冲洗水中相关处理技术的不足之处，该项工程建设中设定了序批式排水池模式，在降低药剂用量的同时，提升反冲洗废水回收利用的安全性，更好的满足低碳环保需求。

（三）排泥池、浓缩池及污泥提升泵房

1. 设计参数

首先，设定2座浮动槽排泥池，并执行相应的调节任务，保证初步浓缩操作的实现。实际运行工况为间歇进水以及连续出水，保证底泥泵能够提升到浓缩池之

中。上清液经过浮动槽收集操作后，会进入到上清液收集池之中，此时，进泥含水率占比为99.8%左右，出泥含水率约为99%。在上清液收集上，主要由浮动槽连续开展，保持均匀收集状态，具体浮动槽的幅度应保持在 1.5m 左右。其次，设置2座浓缩池，保证进泥含水率在99%左右，出泥含水率在97%到98%之间。此时，所呈现出的固体负荷数值为 $0.85\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，单座平面尺寸为 $25 \times 25\text{m}$ ，保证有效水深不能低于 4m 。在上清液集水池设计上，主要集中在南侧排泥池和浓缩池中间，整体调节容积数值为 235m^3 。另外，集水池在工作时，可以接受排泥池和浓缩池上清液，并将其提升到沉砂池出水井。

2. 设计优化

整个系统的设计优化内容包含以下几方面：第一，集团式紧凑布置。主要布置内容包括排泥池、浓缩池、污泥提升泵房等等，还要确保生产联络线布置的简洁性和顺畅程度，在管路布置优化的同时，降低水力损失。对于排泥池底泥泵、浓缩池底泥泵等设计，应以提升至泵房内为主，为后续集中管理程序的设定创造良好条件。第二，管廊设计。管廊布置位置主要集中在两座排泥池之间以及两座浓缩池中间，并设置相应的照明和通风系统，让后续运行管理和设备维护等工作开展得到更多支持。第三，污泥管路。从上述内容中能够了解到，排泥池底泥主要通过泵提升形式，使其顺利进入到浓缩池内，降低污泥管被堵塞问题出现的可能性。第四，结构设计。在设置变形缝位置上，应对污泥管路、上清液管路设计情况进行充分考虑，避免出现管道穿越双墙等情况，让穿墙套管布置更具优化特点，并确保变形缝靠近排泥池和污泥提升泵房一侧。

结论

净水厂排泥水处理工作的开展，主要是针对砂滤池初虑水、砂滤池反冲洗排水等内容进行。在泥线构筑物布置过程中，相关人员需要对竖向高差进行充分利用，保证回流水池与排水池的合建操作，实现对污泥管路布置的充分优化，控制好管路损失，为相关企业发展争取到更多经济效益，呈现出更好的排泥水处理效果。

参考文献

- [1] 倪亮. 西北地区某自来水厂排泥水处理系统优化设计及思考[J]. 清洗世界, 2022, 38(06): 57-59.
- [2] 管清坤. 北京亦庄水厂排泥水处理工艺设计[J]. 城镇供水, 2022(02): 81-84.
- [3] 郑毅勇. 净水厂应对用地紧张的优化设计[J]. 福建建设科技, 2021(04): 97-100.
- [4] 冯丽梅. 净水厂排泥水处理工艺设计[J]. 水科学与工程技术, 2020(03): 86-87.
- [5] 刘乃力, 晋亚太. 谈净水厂排泥水处理工程设计与应用[J]. 山西建筑, 2021, 47(02): 103-105.