

文章编号:1005-0523(2015)01-0131-06

净水厂排泥水及其污泥的处置

童祯恭, 童承乾, 冯治华, 衷 诚

(华东交通大学土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:主要通过阐述净水厂排泥水及其污泥处置的必要性,对不同水源水质的排泥水组成及特性进行了分析,归纳并分析了目前国内外对净水厂排泥水的各种处理技术方案,指出净水厂沉淀池排泥水和反冲洗水处理方式需要经过技术经济论证而选用;最后在分析总结国内外净水厂污泥处置方式的基础上,提出污泥资源化是净水厂污泥处置的最终出路。

关键词:净水厂;排泥水;污泥处置;资源化利用

中图分类号:X703

文献标识码:A

随着社会的发展以及人口的增长,人们对水的需求在增大,伴随而来的便是在水的净化过程中产生的大量净水污泥。到目前为止,我国含水率为70%的水厂污泥年产量大约为2 200万吨,到2015年底,预计该数据将超过2 600万吨^[1]。也有调查显示,英国自来水厂每年消耗32.5万吨混凝剂和生产超过18.2万吨干污泥^[2]。净水污泥的控制已经成为日益严峻的环境问题。目前来说净水厂污泥处理处置技术还不完善,大部分仍然采用填埋的方式,不能根本上解决污泥问题。实际上,资源化利用才是净水厂污泥的最终出路。

1 排泥水处理及其污泥处置必要性

随着我国城市化进程的加快加深,越来越多的自来水厂建立,公众环保意识也在不断加强,政府对环境污染治理程度也逐渐加大,开始把对净水厂污泥的处理、处置方法和技术的研究提上日程。净水厂污泥对环境危害性相对较小,其处理处置也容易被忽略,大多数净水厂污泥被直接排入水体,其危害性主要表现在以下方面:

1) 排泥水中大量泥沙、悬浮物会在河道产生泥沙淤积,影响其正常功能。室外给水设计规范也严格规定净水厂排泥水排放水质需要符合《污水综合排放标准》GB8978。

2) 排泥水中的大量悬浮物、有机物等污染物会造成水体污染。数据显示^[3],2012年全国污水排放总量达到了684.6亿吨,对环境的冲击十分明显。

3) 净水厂产生的大量铝污泥,排入水体后会危害水中生物,破坏水体生态平衡。

妥善处置水厂排泥水,也有助于缓解水资源短缺和创建节水型社会。近年来,随着人们用水量的增加,挖掘现有水处理构筑物的产水能力已成为一个热点方向,丰桂珍^[4]通过斜管(板)沉淀池的优化来提高澄清池产水能力。将排泥水处理回用也是一种利用现有构筑物产水的方式。我国新建和改造的净水厂均考虑了排泥水处理系统。如广州市南洲水厂、内蒙古某经济开发区净水厂^[5]均对排泥水进行了妥善的处置。

2 净水厂排泥水组成及特性

城市净水厂排泥水主要由沉淀池、澄清池排泥水和滤池的反冲洗废水组成,占水厂总净水量的4%~7%^[6],净水厂排泥水总固体含量一般在0.1%~2%之间,以无机颗粒和泥沙为主,也不乏部分有机物,来

收稿日期:2014-11-02

基金项目:国家自然科学基金项目(151268012)

作者简介:童祯恭(1972—),男,教授,硕士生导师,研究方向为水处理。

源于原水中色度、浮游生物等。一般净水污泥中BOD大约含量为 $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,有机化合物的大约含量为 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

净水厂排泥水总的来源有沉淀池(澄清池)排泥水、气浮池浮渣和滤池反冲洗水等,每种来源的排泥水性质不尽相同。文章着重讨论沉淀池排泥水和滤池反冲洗水的区别。沉淀池排泥水主要包括原水中的悬浮物、溶解状胶质、有机物、微生物以及残余净水药剂等^[7],约占总产水量的1.5%~2%,含水率相对较低(大约99.7%),沉速较慢;而滤池反冲洗排水主要包括悬浮胶体、粘土、有机物及化学药剂残余物等,水量较大(约占产水量3.5%~5%)、变化小、泥含水率较高(99.9%左右),排泥水沉速快,将其集中静置于排水池后大部分可回流且回流水沉泥较少。

3 净水厂排泥水处理

水厂排泥水处理工艺流程应根据水厂的具体情况来确定,一般来说处理工艺由调节、浓缩、脱水和泥饼处置4道工序或者其中某些组成。有研究者调查后列出了国内南北有代表性的排泥水处理工艺见表1^[8],综合分析了各种工艺流程。

表1 国内典型排泥水处理工艺技术路线

Tab.1 The domestic typical technology route of sludge treatment

厂名	净水规模/ ($\text{万 m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	水源及水质特征	排泥池	浓缩工艺	脱水工艺
上海闵行水厂	70	黄浦江闵行江段	分建	Lamella	离心脱水机
上海临江水厂	60	黄浦江上游水源	合建	Lamella	板框脱水机
保定第二水厂	26	西大洋水库	合建	Densadeg	离心脱水机
北京第三水厂	15	近期河北园库	分建	Densadeg	离心脱水机
润石水厂	30	黄壁庄水库	合建	Supaflo	带式脱水机
马岭水厂	12	黄河水	分建	重力浓缩池	带式脱水机
北京第九水厂	150	密云水库	分建	浮动槽/辐流式重力浓缩池	板框脱水机
田村山水厂	34	现况团城湖	分建	浮动槽/辐流式重力浓缩池	离心脱水机
芥园水厂	35	滦河	分建	气浮浓缩池	离心脱水机
磨盘山水厂	90	磨盘山水库	分建	滗水器/无浓缩池	离心脱水机
长沙第八水厂	80	湘江水	合建	重力浓缩池	滤布行走时板框压滤机
梅林水厂	60	深圳水库	合建	重力浓缩池	成套进口隔膜挤压全自动板框脱水机

3.1 调节工艺

根据滤池反冲洗水与沉淀池排泥水不同的水质情况特点,排泥水常规处理方式大致可分为下面几种^[9]:

1) 共同处理滤池反冲洗水与沉淀池排泥水后再回用(工艺流程如图1所示),适用于滤池反冲洗水不能满足回用要求或单独浓缩无法满足脱水机械的要求以及沉淀池排泥水沉降性能较差的水厂。虽然两者混合后能省却排水池,在一定程度上减少投资,但是由于滤池反冲洗水对沉淀池排泥水起了一个稀释的作用,反而不利于后面的污泥浓缩,后期处理费用会增加。

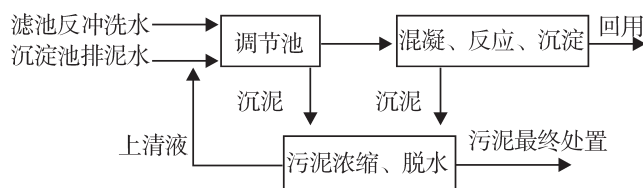


图1 滤池反冲洗水与沉淀池排泥水的混合处理工艺

Fig.1 Mixing process of filter backwash water and sedimentation tank sludge

2) 直接回用滤池反冲洗水,沉淀池排泥水处理后上清液回用(工艺流程如图2所示),主要适用于滤池反冲洗排水可满足直接回用的情况,本流程处理费用较低,但由于滤池反冲洗水中富含杂质、药剂,再加上回用水中的生物因素,所以在回用的时候要特别注意动态监测水质,严格控制反冲洗水的回用比,一旦回用水水质达不到回用标准,应马上减小回用比例甚至放弃回用,为达到目的,可以考虑在滤池反冲洗水回用前增加一个调节池进行对水质水量进行简单调节,控制回用比,达到安全回用的目的;

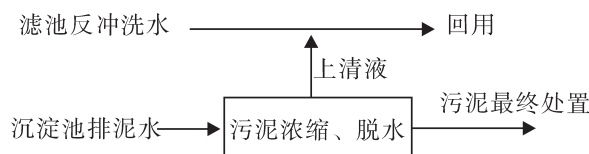


图2 滤池反冲洗水直接回用、沉淀池排泥水处理后回用工艺

Fig. 2 Recycling filter backwash water directly and sedimentation tank sludge after treatment process

3) 分开处理滤池反冲洗水与沉淀池排泥水。沉淀池排泥水先浓缩处理,其处理后的上清液与滤池反冲洗水混合后处理,再回用(工艺流程如图3所示)。主要适用于滤池反冲洗排水与沉淀池排泥水水质水量相差极大,水厂对回用水质标准要求较高的情况。这种方案有利于水厂对排泥水的分类回收,避免了反冲洗水与沉淀池排泥水的交叉污染,控制也相对简单,但基建投资费用有所增加;

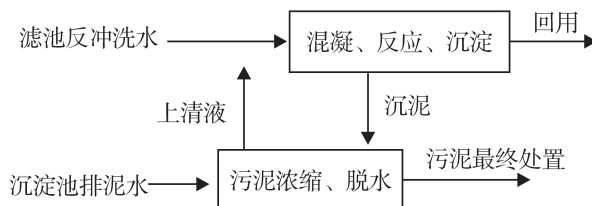


图3 滤池反冲洗水与沉淀池排泥水的单独处理工艺

Fig.3 Separate treatment of filter backwash water and sedimentation tank sludge

郑州柿园水厂排泥水处理就采用分建的方式,沉淀池排泥水进行浓缩处理,滤池反冲洗水经排水池预沉,上清液回用或排放,底部污泥水与沉淀池排泥水一起浓缩。滤池反冲洗水含固率比较低,平均在0.03%~0.05%,而沉淀池排泥水的含固率平均在0.2%~2%左右,相对较大。如果采用综合排泥池,即混合后处理,大量的滤池反冲洗废水将沉淀池排泥水稀释,导致进浓缩池的污泥初始浓度降低,不利于污泥沉降与浓缩。长沙某水厂采用合建式收集系统将反应、沉淀池排泥水和滤池反冲洗水混合收集,待排泥水沉淀后再回收,调查表明目前该水厂的排泥水回收处理系统不稳定,回收水质不佳。究其原因,在于沉淀池排泥水浊度远高于滤池反冲洗水浊度,滤池反冲洗过程排泥水的水质不均匀也是其中一个因素。

然而,就目前我国排泥池形式而言,合建式调节池(综合排泥池)为分建式调节池的2倍以上。但是由于合建式调节池在节省占地的情况下也有不利的因素,具体的某个水厂该采用哪种方式,需要经过技术经济的综合分析。

3.2 浓缩

污泥浓缩的方法主要有重力浓缩法、气浮浓缩法和离心浓缩法三大类。重力浓缩法是采用污泥浓缩池,有连续式和间歇式两种。目前我国大多都采用重力浓缩池,像北京第九水厂、太原呼延水厂、田村山水厂等均采用重力浓缩池。而气浮浓缩法与重力浓缩池相反,是使污泥颗粒附上微细气泡而上浮至水面,然后用刮板将浓缩污泥刮入排泥槽,污泥水则从池底流出。气浮浓缩法运行维护费用较高,且对污泥量变化失去了调节作用,不能适应短时高浊度冲击负荷,一般用于高有机质活性污泥或者低密度无机亲水性污泥,但这种方法能耗大,浓缩后泥渣浓度对脱水机械的要求高。目前气浮池在国内仅天津芥园水厂使用。离心浓缩法是在专门制造的离心浓缩器中进行。利用污泥中固、液比重不同,有不同离心倾向,以分离泥

水,达到浓缩的目的。

3.3 脱水

目前给水污泥脱水机械主要有离心脱水机和板框脱水机,带式的在给水厂比较少见,从表1中可以看到仅有石家庄润石水厂和河南马岭水厂采用此种方法。离心式脱水机是新型的污泥脱水设备,因其占地小、安装调试方便、运行稳定、适应性强等优点使用比例在不断增加。板框脱水机的优点是一次性处理量大、脱水泥饼含固率高,能够很大程度上节省污泥堆置,但是板框脱水机本身的占地大。板框脱水机在南方使用较多,像深圳梅林水厂、深圳笔架山水厂、长沙第八水厂、上海临江水厂等均有采用。总之,脱水机械的选择需要根据污泥脱水特性、工程造价、运行费用、设备复杂程度、对环境的影响程度、脱水污泥含固率等要求来综合选择。

3.4 污泥泥饼处置

污泥泥饼的最终处置是净水厂污泥处理的最后一步,污泥处置费用相对较高,而且对环境的影响也大。一般来说,国内外普遍采用的方式有填埋、改良土壤、海洋弃投等。

3.4.1 污泥填埋

关于污泥的填埋主要是针对污泥脱水后的处置,由于经济上的考虑,很多水厂污泥处置都采用陆上填埋或者垃圾场覆土的方式。陆上填埋需要遵循相关的法律法规,场地的选择也是需考虑的。如果它作为垃圾场的覆土,既要达到卫生填埋要求,也要考虑土地的利益价值。

3.4.2 改良土壤

虽然净水厂污泥中跟污水污泥相比,无机物含量更多的,肥效方面有差别。但是适量的净水厂污泥施于土壤后,类似絮凝反应的过程可以增加凝聚力,土壤结构也得到改善。其中的金属氧化物对于土壤中的有毒衡量金属有一定的吸附作用。布法罗大学的研究者^[10]进行了温室和过滤试验,证实污泥对草地生长有促进作用。

3.4.3 海洋弃投

可供污泥陆上填埋土地在减少,海洋投放污泥也成为一种方式。海洋投放可以考虑直接将沉淀池排泥水和滤池反冲水泵送到海洋,或者将其脱水后的泥饼弃投。上述的过程对于海滨城市可能较为方便,如果是内陆城市,就需要考虑经济因素了;海洋弃投也要遵守相关法律,投放场所的水质需要监测;另外像潮汛、水深、海洋地形等都会影响投放场所的选择。

4 净水厂污泥资源化利用

净水厂污泥处置方法众多,但都存在或多或少的潜在危害性。资源化利用是污泥处置方式中普遍看好的一种。大量针对净水厂污泥的再利用的研究指出了污泥资源化的合理性。大体来说,资源化利用途径有以下几种:

1) 做建材使用。净水厂污泥的处置可以与砖厂、水泥厂等配合,将其作为工厂原料或配料^[11],这种方式在安全性方面有保证。Yu Chi Lee, Shang Lien Lo^[12]评估了净水厂污泥有益性,通过测定污泥的化学和物理特性,指出渗滤液浸出过程低毒性的特点(TCLP)、良好的机械性能、适当的可加工性和低处理成本使得净水厂污泥在混凝土混合过程中成了一种有益的可替代能源。此外,净水厂污泥中作为混凝剂添加的铁、铝也可做某些建材的添加剂。

2) 回收混凝剂。净水厂在水质净化过程中投加了大量混凝剂,铁盐或铝盐。从净水厂污泥中回收铝盐或铁盐,一方面减少污泥的总固体量,降低后续处理成本。另一方面,回收的铁盐或铝盐可继续作为混凝剂投加,节省开支。魏美洁将净水厂污泥中回收的铝盐混凝剂用于印染废水的处理,这种方式使得整个工艺的水力停留时间缩短了12 h,与PAC相比,在满足排放要求的前提下出水水质也更好^[13]。

3) 作为吸附剂。有研究者通过实验验证了净水厂污泥作为重金属吸附剂的可行性。同时,王天晓、

蒋雅真^[14], Lan Yang^[15]等都指出了净水厂污泥对正磷酸盐有一定的去除效果。而仇付国^[16]则说明了水厂铝污泥对水中的阴离子有很强的亲和吸附能力,水中的很多污染物都可以得到一定的去除。也有国外研究者将净水污泥用于吸附水溶液中的氟化物,取得良好效果。

4) 生产沸石。F Espejel-Ayala, R Schouwenaars^[17]等做了用净水厂污泥来合成沸石的研究,发现用净水厂污泥合成的沸石相比其他商业和实验室合成的沸石来说具有很高的阳离子交换能力,能够去除水中高含量的 Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} 等金属离子以及铵离子,这可以用于污水处理和土壤修复。这样合成的沸石相比天然沸石和斜发沸石也能够更广泛的用于废水处理。

5) 作催化剂。Kung Yuh Chiang, Yun Xi Lin^[18]等发现了含Fe, Mn的净水厂污泥用作稻草气化催化剂的潜在可能性。研究指出添加了含Fe, Mn净水污泥的稻草催化气化时能量产生更高效,实验结果也表明可燃气体的产量从 $0.61 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 增长到了 $0.72 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

5 结论

针对净水厂不同来源排泥水的各自特点,在其处理方式的选择上需要综合考虑;尽管净水厂污泥对环境的危害性相对污水厂污泥来说较小,但其危害性不容忽视;国内外研究者对净水厂污泥资源化的方式的研究很多都是仅仅停留在可行性分析或者实验室水平上,都属于探索性的研究,还没有大规模推广使用,加上很多净水厂为节省成本,普遍采用填埋等简单的方式处理净水污泥,浪费资源的同时也有可能带来不可预见的危害。综上所述,污泥资源化才是净水厂污泥处置的最终出路。但真正想要实现净水厂污泥批量资源化,达到综合利用还需要很深入的研究。

参考文献:

- [1] 郭文娟,林海燕,郗燕秋,等.北京市第九水厂排泥水处理系统改造设计分析[J].给水排水,2010,36(9):9-14.
- [2] KEELEY J, SMITH A D, JUDD S J. Reuse of recovered coagulants in water treatment: An investigation on the effect coagulant purity has on treatment performance[J]. Separation & Purification Technology, 2014(131):69-78.
- [3] 黄立雯,张雁. 某净水厂设计与建设相关问题研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
- [4] 丰桂珍,童祯恭,唐朝春.斜管(板)沉淀技术优化研究进展[J].华东交通大学学报,2011,28(6):28-32.
- [5] 刘建红,赵富旺,高小涛.内蒙古某经济开发区净水厂工程设计[J].给水排水,2013(39):105-108.
- [6] 李笑梅. 给水厂排泥水安全回用试验研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [7] 田美玲,王东田. 净水污泥脱水效能及资源化利用研究[D]. 苏州:苏州科技学院,2011.
- [8] 郭文娟,郗燕秋. 净水厂排泥水处理工艺现状及发展方向[J]. 给水排水,2013(8):35-40.
- [9] 何纯提. 净水厂排泥水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [10] VAN B, JENSEN J E, et al. Land Application of water treatment plant sludge[J]. Prepared for the Eric County Water Authority. 1991,12(6):15-18.
- [11] LIN Y, ZHOU S, LI F, et al. Utilization of municipal sewage sludge as additives for the production of eco-cement[J]. Journal of Hazardous Materials, 2012(213-214):457-465.
- [12] YU C L, SHANG L L. Beneficial uses of sludge from water purification plants in concrete mix[J]. Environmental Engineering Science, 2012,4(29):284-289.
- [13] 魏美洁,丁曙东,王东田,等. 净水污泥中回收的混凝剂处理印染废水的中试研究[J]. 中国给水排水,2013,29(11):110-112.
- [14] 王天晓,蒋雅真,陈慧婷,等. 给水处理厂铁铝泥对正磷酸盐的吸附效果[J]. 环境工程学报,2012,6(9):2991-2994.
- [15] YANG L, WEI J. Reuse of acid coagulant-recovered drinking waterworks sludge residual to remove phosphorus from wastewater[J]. Applied Surface Science, 2014(305):337-346.

- [16] 仇付国,王瑜.水厂铝污泥去除水中污染物研究进展[J]. 水处理技术,2014,6(40):1-8.
- [17] ESPEJEL A F, SCHOUWENAARS R, DURAN M A, et al. Use of drinking water sludge in the production process of zeolites[J]. Research on Chemical Intermediates, 2013:2919-2928.
- [18] KUNG Y C, YUN X L, CHENG H L. Gasification of rice straw in an updraft gasifier using water purification sludge containing Fe/Mn as a catalyst. International Journal of Hydrogen Energy[J]. 2013,28(38):12318-12324.

Disposal of Sludge Water and Sludge in Water Treatment Works

Tong Zhengong, Tong Chengqian, Feng Zhihua, Zhong Cheng

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, Jiangxi)

Abstract: By discussing the necessity of the disposal of sludge water and sludge in water treatment works, this paper analyzes sludge water composition and properties of different water quality, summarizes all kinds of processing technology at home and abroad for muddy water in water treatment works and then points out that the treatment approaches for the Sludge water purification from sedimentation tank and backwashing water need to be selected after technical and economic argumentation. Finally, it proposes resource utilization as the ultimate way of sludge disposal in water treatment works on the basis of reviewing treatment sludge disposal methods both at home and abroad.

Key words: water treatment works; sludge water; sludge disposal; resource utilization

(责任编辑 王建华)