

刘 操 主编

ZHIPAI WUSHUI

YINGJI CHULI JISHU SHOUC

直排污水

应急处理技术手册

中国环境出版社

直排污水应急处理技术手册

刘 操 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

直排污水应急处理技术手册/刘操主编. —北京: 中国环境出版社, 2015.4

ISBN 978-7-5111-2263-6

I. ①直… II. ①刘… III. ①污水处理—技术手册
IV. ①X703-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 037330 号

出 版 人 王新程

责任编辑 丁莞歆

责任校对 尹 芳

封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版社

(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn

联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)

010-67175507 (科技标准图书出版中心)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2015 年 4 月第 1 版

印 次 2015 年 4 月第 1 次印刷

开 本 880×1230 1/32

印 张 3.5

字 数 80 千字

定 价 18.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编委会

主 编：刘 操

参编人员：马 宁 何 刚 许志兰

王培京 胡秀琳

序

近年来，北京市城市建设规模不断扩大、人口急剧增加、生活水平不断提高，致使水资源供需矛盾日益突出。此外，由于天然水资源极其有限，对河湖补给严重不足，进一步加剧了水污染的恶化趋势。

目前，北京市的污水处理设施主要由两部分构成，首先是城市集中污水处理厂，负责处理城市生活污水和工业废水；其次是工业企业内部的污水处理设施，负责厂区内工业废水的处理，使工业废水达到排放标准后排入市政污水管道，部分企业对处理后的污水进行了回收利用。相对于城市建设的快速发展和人口的不断增加，北京市城市污水处理厂及污水截流工程的建设十分滞后，而污水排放总量仍然在不断增加，甚至部分污水未经处理直接外排，严重污染了城市的河湖水体。水污染已经成为制约北京市经济发展、影响社会稳定、危及人体健康以及破坏生态平衡的一大问题。

因此，发展污水应急治理的实用技术和方法是解决北京地区水环境污染、改善人民生活环境的重要举措之一。本书的编制目的就是基于北京地区污水处理设备的总体水平，因地制宜地提出污水应急处理技术及设备指导方案，并提出可行性建议，切实有效地推动和完善北京市污水处理与应急处置工作，提高北京地区污水处理技术和方法的利用率和规模经济效益。

王洪臣

2015年3月

目 录

第 1 章 导言.....	1
1.1 污水溢流概述.....	1
1.2 污水溢流应急控制策略.....	2
第 2 章 厂内应急处理技术与措施.....	4
2.1 强化单元过程.....	5
2.1.1 沉淀池.....	5
2.1.2 活性污泥单元.....	12
2.1.3 生物膜处理单元.....	16
2.1.4 消毒单元.....	16
2.2 优化工艺条件.....	17
2.2.1 进水的分配和控制.....	17
2.2.2 旁路控制.....	17
2.2.3 自动化和远程控制.....	17
2.3 应用案例.....	18
2.4 小结.....	18

第3章 现场高效处理设施与技术	20
3.1 拼装式污水处理设施	20
3.1.1 概述	20
3.1.2 一般性要求	20
3.1.3 工艺分类	21
3.1.4 设计参数	27
3.1.5 操作维护	31
3.1.6 小结	32
3.2 一体化污水处理装置	33
3.2.1 概述	33
3.2.2 一般性要求	34
3.2.3 工艺分类	34
3.2.4 设计参数	42
3.2.5 安装与运行管理	43
3.3 化学强化一级处理技术	43
3.3.1 概述	43
3.3.2 基本原理	44
3.3.3 工艺流程	45
3.3.4 工艺特征	47
3.4 过滤设施	48
3.4.1 精密过滤器	48
3.4.2 曝气生物滤池	51
3.4.3 低能耗自循环污水处理技术	59
3.5 新型沉淀技术	65
3.5.1 阿克迪砂工艺	66

3.5.2	高密度澄清池.....	70
3.5.3	磁分离技术.....	75
3.6	水力旋流器.....	79
3.6.1	概述.....	79
3.6.2	基本原理.....	80
3.6.3	工艺流程.....	81
3.6.4	工艺特点.....	82
3.6.5	应用.....	83
3.7	河道曝气技术.....	84
3.7.1	概述.....	84
3.7.2	基本原理.....	85
3.7.3	技术分类.....	86
3.7.4	充氧设备选型.....	87
3.7.5	应用案例.....	89
3.8	除臭技术.....	90
3.8.1	概述.....	90
3.8.2	技术分类.....	90
3.8.3	小结.....	96
3.9	消毒技术.....	97
3.9.1	液氯消毒.....	97
3.9.2	二氧化氯消毒.....	99
3.9.3	紫外线消毒.....	99
3.9.4	臭氧消毒.....	100
3.9.5	小结.....	101

第1章 导 言

1.1 污水溢流概述

污水溢流可以分为合流制污水溢流和分流制污水溢流。

将生活污水、工业废水和雨水混合在同一套排水管网内排出的系统称为合流制排水系统。通常在水体沿岸增设截留干管，并在末端建立污水处理厂。晴天、初雨和小雨时，管网收集污水送往污水处理厂处理排放；随着雨量的增加，雨水径流相应增加，当来水流量超过截留干管的输送能力时，将出现溢流，部分混合雨水污水经过溢流井发生溢流，称为合流制污水溢流。北京每年6月至9月为汛期，合流制污水溢流情况不容忽视。

生活污水、工业废水和雨水分别采用污水管网和雨水管网收集。其中，生活污水、产业废水经污水网收集、输送至污水处理厂处理后排放至水体中；雨水经雨水管网收集后，直接或者通过雨水泵站提升排入水体中。分流制污水溢流通常与污水量的增长有关。近年来，随着北京市经济社会的快速发展、人口过快增长，致使现有污水处理设施能力不足，清河、小红门等污水处理厂超负荷运行，每天有50万~60万t未经处理的污水直接排入河道，造成城乡结合部

地区河湖环境呈下降趋势。

解决北京市污水溢流问题的最终途径还在于污水处理厂和排水管道的建设。至 2015 年，全市需新建再生水厂 47 座，升级改造污水处理厂 20 座，新增污水处理能力 228 万 m^3/d 。但在这之前，为减少污染物直接排放进入水体，减少对周围居民的困扰，需开展一些溢流应急控制工程，保障水环境质量。

1.2 污水溢流应急控制策略

针对北京市现有情况，污水溢流应急控制策略可以从以下两个方面开展：

(1) 深度挖掘现有污水处理设施的处理能力

总体来说，调整现有污水处理厂要么改变工艺条件，要么改变物理单元的处理流程。控制工艺条件的属于运营调整，包括在初沉池投加化学药剂以强化沉淀过程和调整污泥回流比等措施。调整物理单元的处理流程包括对构筑物内部的改造。例如，需重新设计沉淀池内部构造，以提高其水力负荷。

强化单元过程：

- ◆ 沉淀池（初沉池和二沉池）；
- ◆ 活性污泥单元；
- ◆ 生物膜处理单元；
- ◆ 消毒单元。

优化工艺条件：

- ◆ 进水的分配和控制；
- ◆ 旁路控制；

- ◆ 自动化和远程控制。

(2) 新建临时污水处理设施与技术

新建临时污水处理设施包括：

- ◆ 拼装式污水处理装置；
- ◆ 一体式污水处理设施；
- ◆ 化学强化一级处理技术；
- ◆ 过滤设施；
- ◆ 新型沉淀技术；
- ◆ 水力旋流器；
- ◆ 河道曝气技术；
- ◆ 除臭技术；
- ◆ 消毒技术。

第2章 厂内应急处理技术与措施

进入污水处理厂过大的流量可能会引起水力条件和污染负荷的突变，这对污水处理厂的正常运行不利。流量过大可能会破坏污水处理过程，导致污水处理厂向水体排放未处理或只部分处理的污水。强化已有污水处理设施可以在一定程度上满足现实所需的污水处理量。图 2-1 是一个典型的污水处理过程，本章先从各单元工艺强化技术进行介绍，再从整体上分析优化污水处理厂的运行条件，以达到处理超负荷污水的目的。

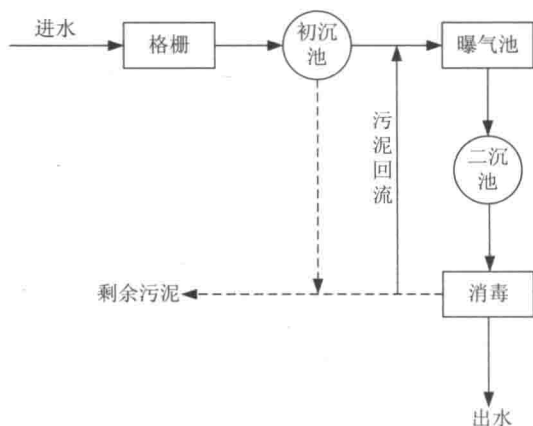


图 2-1 典型污水处理过程

2.1 强化单元过程

2.1.1 沉淀池

初沉池和二沉池都对生物二级处理单元的运行有着非常重要的影响。如无特别说明，以下讨论问题均包括初沉池和二沉池。

2.1.1.1 化学强化沉淀

化学强化可以增强初沉池和二沉池对悬浮物（SS）的去除。化学强化处理工艺利用物理或化学方法使污水中的悬浮物、胶体状物质和部分溶解性污染物（如磷、重金属物质）发生凝聚或化学沉淀，改变污染物质的沉降性能，进一步提高分离效果，从而达到改善出水水质的目的。目前，很多国外设备厂商根据混凝沉淀工艺原理，开发出成套高效沉淀装置。与其他工艺相比，化学强化处理工艺的主要优点有：水力负荷高、处理单元小、占地少；启动时间短；易于运行维护；出水水质良好。

（1）常用化学药剂

为使污水中胶体分散体系脱稳和凝聚而投加的各种药剂称为混凝剂。按在混凝过程中所起的作用又可进一步分为凝聚剂、絮凝剂和助凝剂。在实际生产过程中，很难将凝聚剂和絮凝剂截然分开，某些混凝剂，尤其是高分子聚合物，可同时起凝聚剂和絮凝剂的双重作用。常用的化学药剂有：

① 聚合氯化铝（PAC）

聚合氯化铝是应用最广泛的一种絮凝剂，它在常温下化学性能

稳定，久储不变质。固体裸露易吸潮，但不变质，无毒无害，溶液为无色至黄褐色透明状液体。聚合氯化铝易溶于水并易发生水解，水解过程中伴随有电化学、凝聚、吸附、沉淀等物理化学现象。相对于硫酸铝而言，聚合氯化铝混凝效果随温度变化较小，形成絮体的速度较快，絮体颗粒和相对密度都较大，沉淀性能好，投加量较小。

聚合氯化铝适宜的 pH 值范围在 5~9，最佳处理范围在 6~8。聚合氯化铝处理水体适应力强，反应快、耗药少、制水成本低，矾花大，沉降快，滤性好，可提高设备利用率，但是聚合氯化铝过量投加一般不会出现胶体的再稳定现象。聚合氯化铝水溶液呈弱酸性，pH 值为 5.5~6.0，对设备的腐蚀性很小。

② 聚合硫酸铁

聚合硫酸铁为淡黄色无定型粉状固体，极易溶于水，水溶液随时间有浅黄色变成红棕色透明溶液。在产品的储存、使用过程中，聚合硫酸铁对设备基本无腐蚀作用。聚合硫酸铁投药量低，而且基本不用控制液体的 pH 值。与铝盐相比，聚合硫酸铁絮凝速度更快，形成的矾花大，沉降速度更快；另外，它还具有脱色，除重金属离子，降低水中 COD、BOD 浓度的作用，但是其出水容易显黄色。

③ 聚丙烯酰胺（PAM）

聚丙烯酰胺按离子特殊性分类，可分为阳离子型、阴离子型、非离子型和两性酰胺四种。阳离子酰胺主要用于水处理，阴离子酰胺主要用于造纸、水处理，两性酰胺主要用于污泥脱水处理。聚丙烯酰胺易溶于冷水，分子量对溶解度影响不大，但高分子量的酰胺浓度超过质量分数 10% 以后，会形成凝胶状态。溶解温度超过 50℃，聚丙烯酰胺发生分子降解而失去助凝作用。因此溶解聚丙烯酰胺时

用 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的温水最为适宜。配制聚丙烯酰胺溶液一般配成质量浓度为 $0.05\%\sim 2\%$ ，阳离子酰胺黏度较小，可配制成浓度较大的溶液，阴离子酰胺黏度较大，可适当配制成浓度较小的溶液。配制溶液时不可浓度过大，否则不容易控制加药量，容易造成加药过量。当已经形成大块絮凝时，就不要再继续搅拌，否则会使已经形成的较大矾花被打碎，变成细小的絮凝体，影响沉降效果。

(2) 混合设施

混合方式分为两大类：水力混合与机械混合。目前在污水处理领域中经常采用管道静态混合器或者机械混合。

管道静态混合器是水力混合的一种形式，其原理是在管道内设置多节按照一定角度交叉的固定叶片，水流和药剂通过混合器时产生分流、交叉混合和反向旋流作用，使药剂迅速均匀地扩散于水中，达到瞬间快速混合的目的，混合率可达 $90\%\sim 95\%$ ，管道混合器管中流速一般为 $1.0\sim 1.5\text{ m/s}$ ，水头损失为 $0.3\sim 0.4\text{ m}$ ，图 2-2 是一种常用的静态混合器示意图。

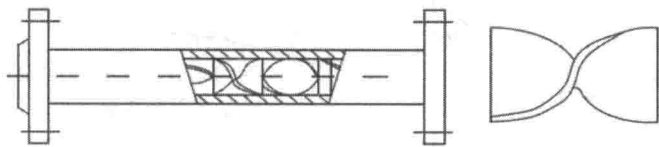


图 2-2 一种常用的静态混合器示意图

机械混合是建设机械混合池构筑物并在其中安装搅拌装置，通过电机驱动搅拌装置使药剂与污水混合的一种方式。搅拌装置可以采用桨板式、螺旋桨式、推进式等多种形式。桨板式结构简单，加工制造容易，但效能比推进式低；推进式则相反，效能较高，但制

造较复杂。搅拌器一般采用立式安装,为避免与水流同步旋转而降低混合效果,可将搅拌器轴心适当偏离混合池中心。机械混合适用于流量变化较大的污水处理厂。

(3) 絮凝设施

絮凝设施也分为水力和机械两类。水力絮凝设施是利用水流自身能量,通过流动过程中的阻力将能量传递给絮凝体,使其增加颗粒碰撞和吸附机会。水力絮凝设施主要包括隔板式絮凝池、旋流式絮凝池、涡流式絮凝池、折板式絮凝池、网格(栅条)式絮凝池。机械絮凝反应设施是通过电机带动桨板进行搅拌,使水流产生一定的速度梯度,并将能量传递给絮凝体,增加颗粒碰撞和吸附机会。

表 2-1 为不同形式絮凝池的比较。

表 2-1 不同形式絮凝池的比较

絮凝形式	搅拌作用来源	絮凝时间/min	搅拌强度控制因素	特点
隔板式絮凝池	水流动产生的阻力及拐弯处的搅拌作用	20~30	廊道内流速及拐弯数目	1. 构造简单,施工管理方便; 2. 容积较大,水头损失较大(为0.2~0.5 m); 3. 适用于规模大于 30 000 m ³ /d、水量变动小的再生水厂
旋流式絮凝池	喷嘴射流的搅拌作用	8~15	喷嘴出口流速及池内水深与直径之比	1. 容积小,水头损失较小; 2. 池体较深,常与竖流沉淀池配合使用; 3. 适用于中小再生水厂
涡流式絮凝池	进水水流扩散的搅拌作用	6~10	底部入口处流速、上部圆柱部分上升流速、底部锥角	1. 絮凝时间短,容积小,造价较低; 2. 池体较深,常与竖流沉淀池或者澄清池配合使用; 3. 适用于中小再生水厂

絮凝形式	搅拌作用来源	絮凝时间/min	搅拌强度控制因素	特点
折板式絮凝池	水流在折板之间的曲折流动或者缩、放流动以及由此而形成的涡旋	12~20	折板安装方式、折板间距及折板夹角	1. 絮凝时间短，池体容积小，絮凝效果好； 2. 安装维修比隔板式困难，造价较高； 3. 适用于流量变化不大的再生水厂
网格（栅条）式絮凝池	水流经网格或者栅条时发生流速变化及由此产生的微涡旋	12~20	竖井流速、网格（栅条）布设层数、过网（栅）流速、竖井之间孔洞流速	1. 絮凝时间短，水头损失小，絮凝效果好； 2. 需要避免网格上滋生藻类、堵塞网眼现象； 3. 适用于流量变化不大的再生水厂
机械絮凝池	水流动能来源于搅拌机的功率输入	15~20	搅拌机的转速、桨板面积	1. 絮凝池池体结构简单，絮凝效果好，水头损失小； 2. 可根据水量、水质变化调节搅拌机转速，达到最佳絮凝效果； 3. 对水量变化适应性较强； 4. 机械设备需要保养和维修

（4）影响混凝效果的因素

影响混凝效果的因素比较复杂，其中主要由水质本身的复杂变化引起，其次还要受到所选混凝剂的类型、混凝过程中水力条件等因素的影响。

废水中的污染物在化学组成、带电性能、亲水性能、吸附性能等方面都可能不同，因此某一种混凝剂对不同废水的混凝效果可能相关很大。另外有机物对于水中的憎水胶体具有保护作用，因此对于高浓度有机废水采用混凝沉淀方法处理效果往往不好。

水温对混凝效果有明显影响，水温过高或者过低对混凝过程均