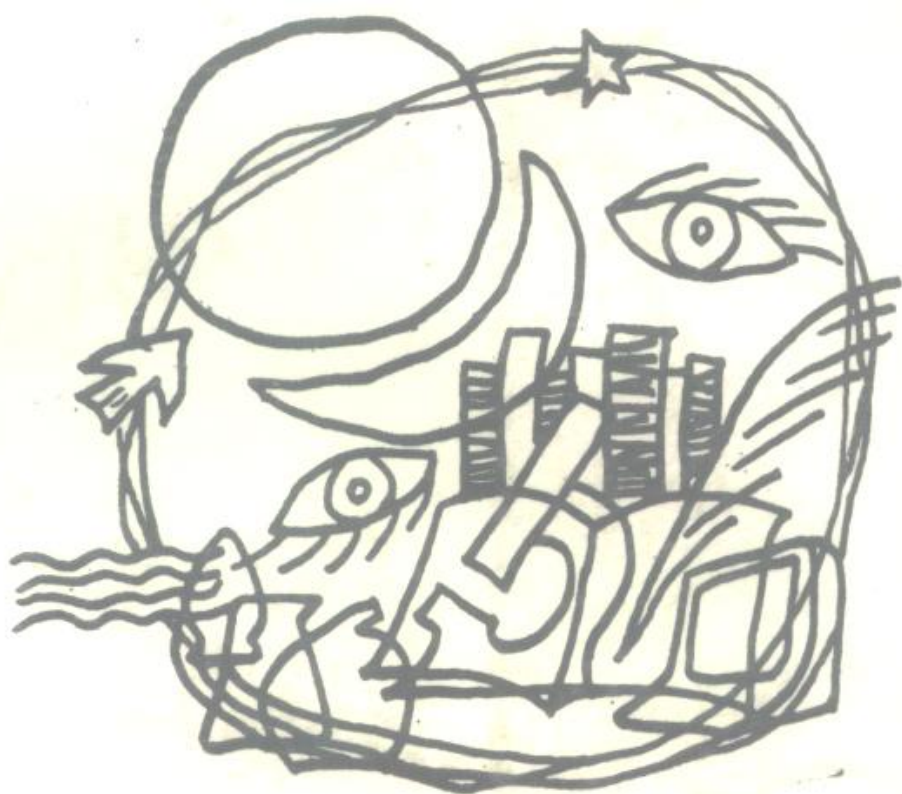




华东师范大学中青年学术著作出版基金会

废水生物处理的运行和管理

徐亚同 编著

● 徐亚同 编著

废水生物处理的运行和管理

废水生物处理的运行和管理

徐亚同 编著

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路3663号)

新华书店上海发行所经销 华东师范大学印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:7.375 插页:2 字数:195千字

1989年9月第一版

1989年9月第一次印刷

印数:1——6,000本

ISBN7-5617-0375-9/N·011

定 价: 3.20元

前 言

随着工农业生产的发展，排放的废水量日益增加。为了消除对环境的污染，近年来全国各地兴建了数以千计的废水生物处理装置。

在废水生物处理的运行管理方面，由于各家情况差异，水平不一，往往依赖于操作者的经验，部分装置未能取得预期效益。作者在多年生产实践和科研的基础上，参考国内外新的研究成果和经验，对各类废水生物处理系统的运行管理方法、异常问题的解决对策等加以阐述和讨论，供环境保护、污水处理的工程技术人员、操作管理人员和大专院校有关专业的师生参考。

本书在编写过程中受到本校戚蓓静，史家梁等同志的帮助，在此表示感谢。

限于作者水平，书中错误和缺点在所难免，恳请读者批评指正。

徐亚同 1987年9月

于华东师范大学

目 录

第一章 操作管理人员的职责	(1)
一、制订处理的目标和规划.....	(1)
二、熟练掌握本职业务.....	(2)
三、遵守规章制度.....	(2)
四、设备的维护及保养.....	(4)
第二章 废水的性质与水样的采集	(5)
一、废水的性质.....	(5)
二、废水的浓度指标和净化度指标.....	(8)
(一)BOD——生物化学需氧量.....	(8)
(二)COD——化学耗氧量.....	(9)
(三)TOC——总有机碳.....	(10)
(四)固体物质.....	(11)
(五)氮.....	(12)
(六)磷.....	(13)
三、水样的采集.....	(14)
四、水样的保存.....	(17)
第三章 沉淀池	(19)
一、沉淀池的结构形式.....	(19)
(一)平流式沉淀池.....	(19)
(二)竖流式沉淀池.....	(20)
(三)辐流式沉淀池.....	(20)
(四)斜板(管)沉淀池.....	(20)
二、沉淀池的种类.....	(20)
(一)沉砂池.....	(20)
(二)初沉池.....	(21)

(三)二沉池.....	(25)
第四章 活性污泥法	(30)
一、活性污泥法的种类及其工艺流程	(30)
(一)普通活性污泥法.....	(30)
(二)阶段曝气法.....	(32)
(三)渐减曝气法.....	(33)
(四)吸附再生活性污泥法.....	(33)
(五)完全混合活性污泥法.....	(35)
(六)批式活性污泥法.....	(36)
二、活性污泥中主要的微生物类群	(37)
(一)活性污泥中的细菌.....	(38)
(二)活性污泥中的真菌.....	(50)
(三)活性污泥中的微型动物.....	(51)
(四)活性污泥中的微型藻类.....	(57)
三、环境因子对活性污泥微生物的影响	(58)
(一)温度.....	(58)
(二)酸碱度.....	(61)
(三)营养物质.....	(62)
(四)毒物.....	(63)
(五)溶解氧.....	(64)
四、活性污泥的培养和驯化	(66)
五、活性污泥的观察和评述	(71)
(一)活性污泥性状的观察及其与运行状况的关系.....	(72)
(二)活性污泥生物相的观察及其与运行状况的关系.....	(81)
六、工业废水处理中的营养问题	(83)
(一)工业废水处理中活性污泥所需的外加营养.....	(83)
(二)污泥微生物所需营养的合理比例.....	(84)
(三)营养需求量的测定方法.....	(86)
(四)外加营养的种类及成本.....	(88)
七、活性污泥系统的控制方法	(88)
(一)SV法.....	(88)

(二)MLSS法.....	(89)
(三)F/M法.....	(89)
(四)MCRT法.....	(91)
八、活性污泥系统的运行管理.....	(92)
(一)控制曝气池合适的溶解氧.....	(93)
(二)减少出水悬浮物.....	(95)
(三)调节回流污泥量.....	(102)
第五章 生物滤池	(103)
一、生物滤池的工作原理.....	(103)
二、生物滤池中的微生物种群及其分布特征.....	(106)
三、生物滤池的分类.....	(108)
四、影响生物滤池处理效果的因素.....	(108)
五、生物滤池的运行及管理.....	(109)
第六章 生物转盘	(117)
一、生物转盘的工作原理及特点.....	(117)
二、生物转盘的挂膜.....	(118)
三、日常运行及管理.....	(119)
四、异常问题及其解决对策.....	(122)
第七章 氧化塘	(125)
一、氧化塘的类型.....	(125)
二、氧化塘净化污水的原理.....	(125)
三、氧化塘中的微生物.....	(126)
四、氧化塘的运行及管理.....	(127)
五、异常问题及其解决办法.....	(134)
第八章 土地处理法	(139)
一、土地净化污水的原理.....	(140)
二、土地处理污水的方法.....	(141)
三、应用实例.....	(143)
四、土地处理场的运行及管理.....	(149)

第九章 生物脱氮	(151)
一、水体的氮污染	(151)
二、硝化作用	(155)
三、反硝化作用	(158)
四、生物脱氮系统的基本流程	(162)
(一)悬浮污泥系统	(163)
(二)生物膜系统	(166)
五、缺氧/好氧系统(A/O系统)在城市和工业废水处理 中的实际应用	(169)
六、生物脱氮系统的运行管理	(172)
七、生物脱氮系统的设计参数	(177)
八、不同生物脱氮方法的成本比较	(180)
九、结论	(183)
第十章 生物除磷	(185)
一、水体的磷污染与生物除磷	(185)
二、生物除磷工艺的原理	(186)
三、生物除磷生产性应用实例	(187)
四、生物除磷系统的运行及管理	(193)
附录一 活性污泥微生物的显微镜观察及微型动物的计 数	(196)
附录二 活性污泥耗氧速率、废水可生化性及毒性的测 定	(199)
附录三 活性污泥中丝状微生物的鉴别	(202)
附录四 解酚微生物的分离及其解酚能力的测定	(207)
附录五 球衣细菌(Sphaerotilus)的分离及培养	(209)
附录六 废水生化处理的模型试验	(213)
附录七 废水处理文献中符号的标准化表达法	(215)
主要参考文献	(223)

第一章 操作管理人员的职责

在废水处理的工艺确定并设计建成后，处理系统即可投入生产运行。废水处理系统操作管理人员的责任是充分发挥各种处理方法的优点，根据设计要求进行科学的管理，在情况发生变化时充分利用各种工艺的弹性进行适当的调整，及时发现运行中的异常问题并加以克服，使进入处理系统的废水能稳定、高效地得以净化，同时使运行费用(人力、材料、电耗等)维持在额定容许的范围内，并尽可能地降低，以达到最佳的经济效益、环境效益和社会效益。

一、制订处理的目标和规划

(一)环境目标和处理目标

污水处理厂水质处理的最终目标同该厂所在地区整体的环境目标密切相关。就目前的技术水平而言。我们可使废水净化至我们所要求的任何程度，但净化要求每提高一步意味着我们可能得采取另一种昂贵得多的净化方法。因此这一环境目标必须同我们的经济能力相适应。操作管理人员在地区的环境整体目标确定后应制订为达到这一环境目标所要求的处理目标，同时寻找能达到该处理目标的适合于本地区实际情况(如占地、人力、财力等)、又是最为经济的治理工艺的方法，并加以实施。

随着地区条件的变化，如经济的不断发展，用于环保的经费相应增加以及人们对环境质量的要求进一步提高，我们还可不断调整或提高这一环境的总目标，并相应地提高自己的治理目标。

(二)发展规划

随着工农业生产的发展、城市人口的增加、生产工艺及生活方式的改变，被处理废水的水量、水质也不断在变化，污水处理厂的管理人员必须对这一变化有一个清醒的估价，制订出本厂近期目标及长远的发展规划，例如确定现阶段的处理要求及目标、编制运行的预算(日常运行费用)、根据处理水量的增长及水质的变化制订基建及扩建计划并进行必要的准备。

二、熟练掌握本职业业务

现行的废水处理系统往往涉及到物理、化学及生物学的处理机制、使用许多大型的机械、设备及自动控制装置并大量运用物理、化学和生物学的测试手段，因此每个运行管理人员除了要具有一定的文化程度外，在物理、化学及微生物学知识方面应具有更高的要求，此外还应懂得一些机械及电的基本知识。我们可根据操作人员的实际状况及特点进行职业培训，使操作人员在技术上进一步提高，同时树立热爱环保事业的思想。

污水处理厂中不论哪一个岗位的工人都应熟知本厂处理废水的水质特性、本厂处理系统的整个工艺流程、系统运行及处理的原理、每个处理步骤的作用、该步骤在整个系统中的地位和作用，各部分如何相互配合以达到协调的运行并发挥每一部分最大的效益。对本职岗位应熟知运行操作的具体步骤、测定并综合分析运行数据、制定为完成预定目标所需作出的变化或改进措施，及时发现运行中的异常现象，分析原因并予以处置。熟知对事故采取的应急措施等。

三、遵守规章制度

为了维持处理系统正常而稳定的运行，必须制订出一系列必要的制度并共同遵守之。

(一) 岗位责任制

对每个工种皆应制订专门的责职范围及操作规程，共同的责职有：

1. 维持设备正常的运行；
2. 做好当班记录，包括当班测试数据、操作要点及措施、异常情况及其处置等；
3. 编制本部门预算，包括仪器、药品及设备的备件等；
4. 提供安全并舒适的工作环境；
5. 做好交接班，为下一班管理人员介绍情况，若发现异常苗子及隐患需强调指出，以进一步重点监视、杜绝事故。

(二) 安全制度

安全是正常生产的根本保证，必须予以高度重视。

1. 安全措施

为了有效地保护人员不致发生事故，应采取下列措施：

- (1) 设备现场用栏围住，以阻止无关人员入内；
- (2) 在池、沟、坑、楼梯、井和其它易发生危险的构筑物旁安装扶手和防护装置；
- (3) 设置必要的急救设备；
- (4) 使用劳保服和劳保用具；
- (5) 配备合适的照明设备；
- (6) 在易滑区、低水头空隙区、露天设施检查井、危险药剂贮存区、易燃物贮存区等设置相应的警告标志。

2. 危险药剂管理

充分考虑到各种危险性和腐蚀性化学药剂的物理化学特性，仔细挑选用于这些危险药剂的贮存、计量、输送等的容器器材。危险药剂应贮存于专门的场地，贮存处附近应设置冲洗喷淋器和安全淋浴器。容纳或运输腐蚀性、危险性药剂的所有管道应加区别标记，也可以用颜色编码，以予识别，如污泥管线——棕色、饮用水管线——蓝色、加氯管线——黄色、压缩空气管线——绿色、

污水管线——灰色、沼气管线——橙色。

3. 劳保服装和设备

应用适当的劳保服装和设备可减少所有运转和作业对人体的危害，如防氯的防毒面罩、护目镜、防护面罩或防护罩、橡皮手套、护膝橡皮围裙、手套、安全帽、长筒胶皮靴、安全带和安全绳等。

4. 报警装置和标志

药剂压缩排放线路发生故障时应有自动关泵设备和报警音响设备。

(三)考核及奖惩制度

应定期对操作管理人员进行考核并将业绩载入各人的技术档案，以供升等升级时参照。对有突出成绩者，如及时消除隐患或长期安全稳定运行，符合预定指标者应予以适当的奖励。

四、设备的维护及保养

设备的损坏往往会导致运行的失败。对处理系统的设备需定期检查、保养及维修，操作人员一般应有1/3以上工时用于维护保养。例如即使未损坏的隔栅、齿轮箱、曝气翼轮等耐用设备亦需定期停机彻底检修，各类泵需定期拆卸清洗，轴承应定期检查加油。主要的设备应设专卡记录产地、价格、运行状况、维修次数、保养人等。所有设备应有足够的零配件。具体的要求将在各章分别述及。

第二章 废水的性质与水样的采集

治理目标确定之后，便是建造相应的处理设施。为了使所建的废水处理设施在规模和所选择的处理方法和工艺上能符合服务区域的实际情况，我们应对废水的性质有所了解；应对服务区域作详细的调查，摸清废水的水质和水量及其变化规律，以便据此来选择适当的处理方法，同时为设计提供足够的参数。在正常运行期间，水质的测定又能告诉我们处理系统运行的状况，记录并积累运行的参数。在遇到异常情况时，水样的测定、分析又能帮助我们及时查明原因以采取有效的解救措施。

一、废水的性质

(一) 废水的来源

废水按其来源可分成生活污水、工业废水和雨水。

1. 生活污水

指厨房淘米、洗菜水，卫生间粪尿水，洗澡水，衣物洗涤水等。这类水的水量及水质均会随季节而有所变化，一般夏季用水量多，废水浓度低，冬季量少质浓。春末夏初天晴时洗涤水增多，洗涤剂含量倍增、水质波动大，往往会对污水处理厂曝气池带来泡沫等一系列运行问题。

2. 工业废水

指工业生产过程中排放的废水。工业生产用水中除一小部分被真正耗去外（如食品工业等），绝大多数工业用水仅仅是作为洗涤、冷却、地面冲洗等用，因此工业废水中主要夹带了生产过程中耗用的原料、生产反应的中间体、产物或副产物等。此外，水

在使用后往往水温比原水高。工业废水除食品工业季节耗水量及水质变化幅度较大外，废水成分往往较为恒定。在测定中我们除了要了解其浓度外，应特别注意有毒、有害物、重金属浓度及酸碱度、盐度等，因为这些指标对处理方法的选用关系极大，处理系统中出现的问题往往也同它们有关，有时工业生产中浓脚水和残液的瞬时排放往往会危及处理系统的正常运行，这在以下章节中将会详细讨论。

3. 雨水

指降水时冲刷地面后进入下水道的水。雨水的数量完全受气候的影响。雨水的水质除初期雨水中带有地面污染物较多外，其水质较淡。新建城市可将雨水单独收集、单独排放；但老城市往往与其它城市废水相混，因而对城市污水厂水力负荷冲击较大。

(二) 废水的性质

1. 废水的物理性质

(1) 温度

水温对废水的生物及物理、化学处理均有影响。废水的温度一般较原水高，因为在生活、工业、商业等用水过程中往往有热量加入水中。我国大部分地区城市污水厂水温年变化在 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间。北方地区冬季水温较低，可影响处理效果，须注意在输送和处理中对废水的保温。

(2) 气味

废水的气味有助于我们判别废水所处的条件和处理工艺的运行状况。新鲜的生活污水含不愉快的霉味(陈腐味)，若有其它气味说明存在工业废水或其它特殊的生活污水。臭皮蛋味说明有 H_2S 存在，其为有机物厌氧腐败分解后释放出来。在好氧处理中发现有臭皮蛋味说明运行控制失败，应及时予以调整。

(3) 色

废水中发色通常由溶解性和胶体物质产生。新鲜的生活污水呈灰褐色，存放时间稍长后转为黑色。废水的其它颜色皆由工业

废水中成分所定，特别是纺织、染化、皮革、造纸、肉类加工等部门的废水。

(4) 悬浮物

水中的污染物质根据它的物理状况可分为漂浮物、可沉物、胶体物和溶解物等几类。在水质分析中，常用的过滤方法只能将杂质分成悬浮物和溶解物，这时废水中漂浮物、可沉物和胶体物中的一部分就包括在悬浮物内，另一部分胶体物包括在溶解物内。悬浮物一般可用较简单的方法，如筛滤、沉淀等，使它们与废水分离。

悬浮物的去除率是衡量废水处理效果和沉淀效果的重要指标。

沉淀设备中沉淀下来的物质，如果主要是有机物质常称为污泥；如果主要是无机物质则称为沉渣。浮漂的杂质称为浮渣。

(5) 流量的变化

由于人们生活和工矿企业生产活动的昼夜以及季节性变化，废水流量也呈现昼夜、周日及季节的波动。单班生产的工厂，工业废水处理系统应考虑设置调蓄池，以缓冲水质、水量的剧变。一般城市污水厂的服务区域较大，其水质波动较小，水量的变化率为平均流量的50~200%左右。

2. 废水的化学性质及组成

(1) 有机化合物

废水中天然来源的有机物质常常是自然界中广泛分布的，它是处理系统中大量存在的微生物的极好营养，如蛋白质、脂类、糖类、有机酸、醇类等，它们很易为微生物所分解，只有纤维素、木质素等天然有机物较难降解。

随着工农业生产的发展，人工合成的，为微生物所陌生的有机化合物在不断的增加。据统计，目前已达二百多万种，且以每年增加数千种的速率递增。其中的一些很难为微生物所降解，有的对生物具有很强的毒性。在废水处理中，我们应加强对这些组

分的监测，以及时了解系统的处理效果及存在的问题。

(2) 无机物

废水中的无机物主要有砂、砾石、悬浮或溶解在水中的盐类、重金属等。砂、砾石主要来源于地面冲刷。盐类及重金属主要来源于工业废水。废水中过量的铜、钴、锌、硅、铝、氟、银、铁、镁、钙、汞等对生物处理中的微生物有毒或有抑制作用。此外，氮、磷的含量对生物处理中微生物的营养极为重要。

(3) 气体

废水中常含有 N_2 、 O_2 、 CO_2 、 H_2S 、 NH_3 、 CH_4 等气体。废水在生物作用下可耗去水中的溶解氧，使废水腐败，影响环境卫生和随后的处理工艺。含硫废水在厌氧条件下腐败会产生 H_2S ，上海地区城市污水厂的污水管道及泵站已发生过数起因 H_2S 的积累而造成的中毒事故，造成人员伤亡，应引起我们足够的重视。

3. 废水中的微生物

废水中微生物量变化较大，细菌数在 $10^5 \sim 10^8$ 个/毫升之间，呈游离或团块状；病毒为 $200 \sim 7000$ 个/1000毫升；此外还有一些寄生虫卵。

处理前后微生物数量的变化是评价水质净化度的指标之一，有条件的生活污水处理厂以及所有医院污水处理系统排放的出水还应予以消毒，以杀灭处理后残剩的病原微生物。

二、废水的浓度指标和净化度指标

(一) BOD——生物化学需氧量

由于废水中有机物种类繁多，除了污染成分较单一的工业废水外，我们不可能通过测定废水中某一种成分的含量来了解废水的浓度。但废水中大多数有机污染物在相应的微生物及有氧存在的条件下氧化分解时皆需耗氧，且有机物的数量(浓度)同耗氧量大小成正比。故目前城市污水和大多数有机废水最广泛使用的污

染指标和净化度指标是BOD。BOD是指一升废水中的有机污染物在好氧微生物作用下进行氧化分解时所消耗的溶氧量。实际测定时常采用 BOD_5 ，即水样在20℃条件下培养五天的生化需氧量。有机物在好氧条件下被微生物氧化分解时所耗用的氧主要用于两个过程，首先是使有机碳氧化成 CO_2 ，其称为碳化需氧量(CBOD)，其后是用于使还原态氮氧化成亚硝态氮或硝态氮，称为硝化需氧量(NBOD)，有的水样中这两步骤分隔相当明显。根据对BOD曲线的研究表明， BOD_5 大致近似于CBOD，即代表废水中可为微生物氧化的含碳有机物的耗氧量。

(二)COD——化学耗氧量

COD是指用强氧化剂使被测废水中有机物进行化学氧化时所消耗的氧量。因它能在短时间内测得，指导生产较为方便。

常用的氧化剂有高锰酸钾($KMnO_4$)和重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$)。 $KMnO_4$ 氧化力较弱，往往只有一部分有机污染物被氧化，因此测定结果与实际情况往往差别较大。 $K_2Cr_2O_7$ 氧化能力很强，能使废水中绝大部分有机物氧化。因此，实际使用中常常将重铬酸钾的化学耗氧量 COD_{Cr} 的测定值近似地代表废水中的全部有机物含量。文献中的COD数值若未明确指明使用什么氧化剂，也往往是指 COD_{Cr} 值。

同一种废水，COD值与BOD值之间常常有一定的比例关系，故可经过一段时期对COD和BOD的平行测试后，算得它们之间的比值，然后即可从水样的COD值来推算BOD的近似值。当废水含有毒物质而不能测定BOD时，也可通过测定COD来弥补不能测定BOD的缺陷。

据Ademoroti(1986)认为，COD与BOD之间的关系式为：

$$COD = a \times BOD_5 + b$$

式中a、b皆为常数。

对同一种废水，存在着一定的a、b值，我们可通过对这一废水COD和BOD的大量平行测试数据进行推算：