

污水生物处理 工艺技术

WUSHUI SHENGWU CHULI
GONGYI JISHU

韩魁声 齐杰 白春学 陈荣光 编著



大连理工大学出版社

污水生物处理工艺技术

大连开发区排水管理有限公司

韩魁声 齐杰 白春学 陈荣光 编著

大连理工大学出版社

© 韩魁声等 2004

图书在版编目(CIP)数据

污水生物处理工艺技术/韩魁声等编著. —大连:大连理工大学出版社, 2004. 12

ISBN 7-5611-2741-3

I. 污… II. 韩等… III. 污水处理:生物处理技术
IV. X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 083254 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市凌水河 邮政编码:116024

电话:0411-84708842 传真:0411-84701466 邮购:0411-84707961

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:16.5 字数:414千字

印数:1~1000

2004年12月第1版

2004年12月第1次印刷

责任编辑:刘杰

责任校对:刘智伟

封面设计:孙宝福

定价:38.00元

内 容 提 要

本书简要介绍了主要的污水生物处理的工艺技术。全书共分五章。第一章简单介绍了水污染及水资源危机情况。第二章论述了污水和污泥处理的主要设施、设备及预处理。第三章介绍主要的污水生物处理工艺技术,内容包括污水的一级处理和强化一级处理、传统活性污泥工艺及其变型、城市污水厌氧处理工艺、污水生物除磷脱氮工艺技术、A/O 系统处理技术、SBR 工艺、AB 工艺及其变型、氧化沟污水生物处理技术、水解-好氧生物处理工艺、曝气生物滤池和生物膜法新工艺。第四章介绍了污水资源化。第五章介绍污泥的处理及利用。

本书对各级领导进行污水处理工程的决策及从事环境和其他管理和专业人员也有较好的参考价值,可供环境科学、环境工程、给水排水及其他相关专业的研究人员和工程技术人员参考。也适宜作为大专院校环境类专业的研究生教材和教学参考书。

序

《污水生物处理工艺技术》一书的出版,应当说不仅是污水处理行业的一件幸事,也是此书编著者对水资源保护的一大贡献。

提及污水生物处理工艺技术,我首先想到它是一门科学。在科学的问题上是来不得半点的虚伪和骄傲的。编著者诚邀我为此书的出版作序,这不能不让我感到一种压力。但是,在我冷静的思考之后,却猛然地意识到,珍惜和利用好每一滴水,是每个公民的神圣职责。于是,我不敢再执意推辞了。

不论是城市还是农村,不断提高污水处理水平,不仅是保护水资源的迫切需要,也是一个地区经济发展和社会文明程度的重要标志。我和此书的编著者所在的大连经济技术开发区,是一座现代化的新城区,作为新城区建设的决策者和规划设计者,在新城区的城市化进程中,以超前的目光,投巨资先后建起了两座大型现代化污水处理厂,使污水处理率达到 90% 以上,中水利用率达到 50% 以上,这在全国是居领先地位的。尤其是大连开发区排水管理有限公司开发的污泥干燥处理系统,更是在全国处于领先地位;为此曾在大连开发区举行过由建设部召开的全国污泥干燥处理技术研讨会议上进行推广。

在污水资源化利用这个问题上是大有文章可作的,就我们国家整体而言,淡水之贫乏与水污染之严重,已经达到危及生命之地。治理水污染、保护水资源的历史使命任重而道远。在如此严峻的情势之下,《污水生物处理工艺技术》一书的编著者,吸收国内外污水生物处理的最新成果,注意理论联系实际,从实用的角度,翔实地介绍了污水生物处理新老工艺方法,这对普及污水处理知



识,提高污水处理水平,科学地保护和利用好生命之水,其重要意义是不言而喻的。

这里我特别要说的是此书的编著者们,夜以继日地往返于图书馆、工厂和居所之间,潜心研究有关资料,总结自己的实践经验,在长时间充分准备的基础上,几位编著者一起努力,只用了三个月的时间就完成了此书 42 万字的编著工作,这是多么惊人的毅力和惊人的速度啊!然而,其中的甘苦自有他知。

《污水生物处理工艺技术》即将与读者见面了,我内心深处对于此书编著者的景仰之情却越发地清晰,并且久久地挥之不去。同时我想,如果亲爱的读者得读此书,也不会无动于衷吧?

大连德泰控股有限公司 孙传生

2004 年 7 月 31 日

前 言

水资源的日趋亏缺及其污染的愈益加剧,是当前全世界面临的重大问题之一。

全球工业化、城市化和农业集约化的发展,全世界人口的剧增,以及人类对水资源、水污染、污水再生与回用认识上存在一些误区,使得许多城市原有水资源不敷所用。导致了全球水污染的日益严重,并使全球的水循环在一定程度上发生了改变,从而导致了全世界的水危机,以致对人类生存及发展产生了重大影响。水危机主要表现为水环境危机、水资源危机等等方面。

随着世界人口的不断增长和工农业的飞速发展,用水量及排水量正逐年增加,而有限的地表水和地下水资源又被不断污染,加上水资源在地区和时间上的分布不均和周期性干旱,导致淡水资源日益短缺,水资源的供需矛盾呈现出愈来愈尖锐的趋势。同样当前我国面临的问题是:水资源的紧缺与用水的浪费并存;水土资源过度开发,造成对生态环境的破坏;水环境恶化和水质污染迅速发展,已到了极为严重的程度。经预测,如果要在 2010 年以前基本遏制城市水污染的发展趋势,保护城市供水水源,并在 2030 年以前使水环境有明显改善,2010 年和 2030 年城市污水的有效处理率必须达到 50% 和 80% 以上。否则,我国的水污染不仅不能得到控制,甚至还要继续发展。这是一个十分严重的问题,也是一项非常艰巨的任务,需要加以认真解决。为缓解这一矛盾,目前,人们已寻找出的解决水资源不足的主要途径有:第一,改变生产结构,革新生产工艺及装备,调整用水方式,提高水的重复利用率,最大限度地节约用水;第二,远距离跨区域调水,以丰补缺,改变水资源



分布不均的自然状况;第三,将城市污水资源化。

尽管近年来,各级政府加大对环境保护及污染治理力度。但许多地区进入水环境的污染物超过其环境容量,从而导致水体仍受到污染,加上对水污染防治失调和再生水未合理回用,最终引发城市水荒加剧,可以说城市水污染导致用水资源失调的连锁反应是造成城市水危机的实质问题之一,基于这些认识,我们讨论主要包括城市污水处理的现状与发展趋势;污水处理的各种工艺技术和再生水回用以及城市污水厂污水与污泥资源化等问题。

长期以来,城市污水的处理均以去除有机物和悬浮固体为目标,并不考虑对氮、磷等无机营养物质的去除。随着污水排放总量的不断增加,以及化肥、合成洗涤剂和农药的广泛应用,废水中氮、磷营养物质对环境所造成的影响也逐渐引起了人们的注意。氮、磷对水体环境的影响最为突出的是水体(特别是封闭水体)的富营养化,表现为藻类的过量繁殖及继而引起的水质恶化以致湖泊退化;其次是氨氮的耗氧特性会使水体的溶解氧降低,从而导致鱼类死亡和水体黑臭;此外,当水体的 pH 值较高时,氨对鱼类等水生生物也具有毒性。水环境污染和水质富营养化问题的尖锐化迫使越来越多的国家和地区制定严格的氨、氮排放标准。近年来,我国的社会经济取得了快速的发展,工业化和城市化程度不断提高,但是我国的水环境污染和水质富营养化状况越来越严重。在许多地区,防止饮用水污染和水体富营养化已成为防止水污染的重要问题,在缺水地区实现污水资源化也已提到议事日程上。我国新颁布实施的《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)也明确规定了适用于所有排污单位,非常严格的磷酸盐排放标准和较严格的氨氮排放标准,这就意味着今后绝大多数城市污水和工业废水处理厂都需要考虑磷的处理,大部分要考虑氨氮的硝化处理或脱氮处理。因此,有效地降低废水中氮、磷的含量已成为现代废水处理技术的一项新课题。为此,基于本书作者丰富的污水除磷脱氮实际经验,



本书用较大篇幅重点介绍了污水除磷脱氮的有关工艺技术(包括A/O、A²/O 工艺技术等)和实际运作经验。

城市污水一般是由生活污水和工业废水两者混合组成的,其水量往往很大,约占整个城市用水量的 50% ~ 80%,水质污染较轻,污染物质仅占 0.1%,其余绝大部分是可再用的清水,同时水质相对稳定,不受气候等自然条件的影响,且城市污水就近可得,易于收集,不需长距离引水,其再生处理比海水淡化成本低廉,处理技术也较成熟,基建投资比远距离引水经济得多。因此,当今世界各国解决缺水问题时,城市污水首先被选为可靠的供水水源进行再生与回用(资源化)。城市污水处理工艺从开始到现在已经历了三代:第一代是普通曝气法工艺处理城市污水。第二代是除磷脱氮工艺处理城市污水。城市污水处理发展到现在已不是单纯把城市污水处理合格排放为止,而是把城市污水作为一种资源进行更高级的处理,使之可以进行更广泛的利用,以解决全球范围的水资源日益缺乏的严重问题。这就是现在很多人正在进行的城市污水第三代处理工艺(城市污水三级处理工艺)——城市污水中水处理工艺。

污水回用针对不同的回用要求可采用不同的处理技术进行处理,包括一级处理、二级处理和深度处理。污水处理技术按其作用机理可分为物理法、化学法、物理化学法和生物化学法等。通常,污水回用需要几种污水处理技术进行合理组合,即各种水处理方法结合起来处理污水,这是因为单一的某种污水处理方法一般很难达到回用水水质的要求。目前,污水处理回用工艺中常用的有厌氧和好氧生物处理、混凝沉淀、过滤、活性炭吸附、消毒等方法。

面对我国水资源短缺和水污染威胁的严峻势态,在具体编写本书过程中,我们注意理论结合实际,技术结合国情,从实用的角度,力图从基础着手,使书的内容有助于读者了解污水处理的术语、工艺方法,同时有助于开发我国城市污水与污泥资源化的新局



面。本书的作者长期从事污水处理厂的建设与运行工作,这使本书在理论与实践结合方面有着独特的优势;同时,熟悉现代化污水处理厂的运行和管理。如本书所介绍的一些新老工艺,都充分体现了国外最新资料与国内实际的有机结合。

本书较简练地介绍了几乎现在所有的主要污水生物处理工艺技术,包括污水生物处理工艺技术的基本原理,适宜何种污水处理采用等。

本书适宜政府领导和有关设计人员在确定新建污水处理厂所要采用的工艺技术时作为参考,也可供我国从事污水处理的管理与技术人员进行工作和研究时作参考。

编 者

2004 年 1 月

目 录

引 言	1
第一章 城市污水资源化中的作用	5
第一节 全球性水危机	5
一、全球性水环境危机	5
二、全球性水资源危机	6
第二节 城市污水资源化的重要性	7
一、概述	7
二、城市污水资源化的必然性和可行性	8
三、引水与回用水综合性对比	9
四、我国城市污水回用概况	12
第二章 污水处理的主要设施、设备及作用	20
第一节 污水处理的主要设施、设备	20
一、格栅间	20
二、沉砂池	26
三、污水提升泵站	35
四、初次沉淀池	37
五、曝气池	46
六、二次沉淀池	48
第二节 污泥处理的主要设施、设备	55
一、污泥的产生与特性	55
二、污泥的一般处理工艺及设施、设备	56
第三章 主要污水生物处理工艺技术	72
第一节 污水生物处理的种类	72



第二节 污水生物处理的过程	74
第三节 污水的预处理和初级处理	76
一、污水的预处理和初级处理的基本设施和方法	76
二、预处理单元对后续处理单元的影响	76
第四节 污水的一级处理和强化一级处理	78
一、污水一级处理	78
二、污水强化一级处理	81
三、污水强化一级处理工艺的种类	82
四、生物法强化一级处理	82
五、一级强化工艺的应用和特点	106
六、一级强化处理与二级处理工艺的经济技术对比	107
第五节 传统活性污泥工艺及其变型	110
一、传统活性污泥工艺的原理及过程	110
二、传统活性污泥工艺的变型	122
第六节 污水厌氧处理工艺	126
一、概述	126
二、污水厌氧处理的历史	128
三、传统厌氧工艺的缺陷及几种新型厌氧反应器	129
第七节 污水生物除磷脱氮工艺	142
一、污水脱氮除磷的重要性	142
二、污水生物脱氮工艺技术	144
三、污水生物除磷工艺技术	161
四、污水同步除磷脱氮工艺	170
五、污水生物除磷脱氮工艺选择	176
六、城市污水处理保证除磷脱氮效果的关键	178
第八节 A/O 系统处理技术	187
一、概述	187
二、A/O 生物脱氮除磷系统及基本原理	189



三、A/O 处理系统工艺特点	199
第九节 SBR 工艺及其改型	201
一、传统的 SBR 工艺	201
二、ICEAS 工艺	213
三、CASS 工艺	217
四、IDEA 工艺	225
五、DAT-IAT 工艺	225
六、UNITANK 工艺	228
七、MSBR 工艺	230
八、膜法 SBR 工艺	231
九、多级串联 SBR 系统	232
十、PAC-SBR 工艺	232
第十节 AB 工艺	232
一、概述	232
二、典型的 AB 工艺流程	233
三、工作原理	234
四、AB 工艺的机理与特点	235
五、AB 工艺的适用范围及局限性	249
六、几种改进后的 AB 法工艺形式	251
第十一节 氧化沟污水生物处理技术	255
一、概述	255
二、氧化沟污水生物处理工艺技术特征	256
三、氧化沟工艺的组成	262
四、氧化沟的类型	275
第十二节 水解-好氧生物处理工艺	293
一、概述	293
二、水解(酸化)工艺与厌氧工艺	294
三、水解-好氧生物处理工艺特征	301



四、水解工艺对后续好氧工艺的影响	306
五、水解池的启动和运行	311
六、水解工艺的适用范围及要求	314
第十三节 污水生物膜法处理工艺	318
一、概述	318
二、生物膜法工艺	319
三、普通生物滤池	341
四、生物接触氧化工艺	352
五、曝气生物滤池工艺	359
第四章 污水资源化	441
第一节 概述	441
第二节 污水回用的目标	443
一、工业用水	444
二、农业灌溉	444
三、市政杂用	445
四、中水工程	446
五、地下水回灌	446
六、饮用水	446
第三节 混凝技术	447
一、概述	447
二、混凝剂与助凝剂	449
三、影响混凝的因素	451
四、混凝设备	455
第四节 过滤技术	462
一、概述	462
二、快滤池	463
三、污水再生工艺流程推荐	464
四、直接过滤技术的应用	464



五、过滤技术的发展	468
第五章 污泥的处理及利用	473
第一节 污水处理厂污泥的干燥处理	473
一、污泥的几种出路	473
二、WGN—3 型污泥干燥机	474
第二节 两级串联热对流干燥工艺在我国城市污泥处理中 的应用	480
一、引言	480
二、原来的干燥工艺及存在的问题	481
三、城市污泥中水分的存在形式及性质	483
四、城市脱水污泥的干燥特性	484
五、二级串联热对流干燥工艺的生产试验情况	486
六、结论	494
附录 污水处理常用术语	495
参考文献	505

引 言

海水不再湛蓝 鱼虾越来越少

——来自渤海的警告

昔日的渤海,水清、鱼丰、景美,素有我国天然鱼仓、盐仓、油库和海洋公园的美誉。近20年来,环渤海地区的经济得到了跨越式的发展,成为我国东部的一个耀眼的亮点。但是,在注重经济发展的同时,却忽视了对生存环境的保护。由于多年来沿海217个排污口不分昼夜地倾泻污泥浊水,渤海的环境污染到了临界点。有关专家痛心警告:如果不采取果断措施遏止污染,十年后,渤海将变成地球上的第二个“死海”。那时,即使不向渤海排入一滴污水,单靠其与外界水体交换恢复清洁,至少也需要200年的时间!

渤海肌体日益脆弱

据环保专家介绍:目前,整个渤海水体中,一种和多种污染物超过一类水质标准的面积占总面积的56%。渤海的一些海域海底泥中,重金属竟超过国家标准的2000倍。这些污染源不断地侵袭着渤海日益脆弱的肌体。2002年《中国海洋环境质量公报》显示,渤海未达到清洁海域水质标准的占总面积的41.3%,较上年增加了16.7个百分点。今日渤海,海水已不再湛蓝可爱。

站在渤海岸边放眼望去,昏暗的海浪,卷起层层灰色的泡沫扑面而来,一堆堆漂浮物由远而近推至脚下。若是大胆地跨入海水



中,滑腻腻的海藻会缠住脚踝,气味难闻,令人作呕。沿岸 217 个排污口,伴随着大量生活污水沿地表、河口一起涌进渤海,年容留污水 28 亿吨,年接纳污染物超过 70 万吨,以上两项竟占据全国排海中污染物总量的三分之一以上。渤海已成为我国海域和内陆河流污染程度最严重的区域之一。

海洋检测专家心情沉重地说,渤海环境污染已到了临界点,如此下去,10 年后渤海将成为地球上第二个“死海”。到那时,即便不再向渤海排进一滴污水,单靠其自然与外界交换恢复生态,至少要用 200 年时间。而沉积在海底的污染物将存在几百年。

水产资源濒临枯竭

昔日,曾给沿海居民带来巨大财富的渤海,如今却是渔船帆影片片,船船空仓而归。实践表明,人类开发利用海洋的同时,不善待海洋环境,人类将自食其果。

目前在辽东湾海域除了海蜇、毛虾之外,其他海产品都难以形成鱼汛。渔民们只能花几十小时,行船几十甚至几百海里“以时间换鱼虾”。运气好,多的打几十斤小鱼、小虾,少的只能捕上几斤。

据统计资料显示,渤海底层的水产资源只有 20 世纪 50 年代的十分之一。我国独有的高经济品种渤海的特产中国对虾,近 20 年产量已锐减了九成。原盛产于渤海的一些珍贵的铁钳蟹、比目鱼、黄花鱼、鲈鱼、鲛鱼、蛤蜊等特色水产品,相继出现了断档或灭绝。海洋渔业专家说,渤海水产资源 50 年后才能恢复到 20 世纪 70 年代水平。

亡羊补牢未为迟也

海洋是资源蕴藏极为丰富的“蓝色宝库”。海水占地球总水量