



军队营区 污水处理

JUNDUI YINGQU WUSHUI CHULI



张统 主编



NLIC 2970689810



国防工业出版社

National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十一五”统编教材

军队营区污水处理

张统 主编



NLIC 2970689810

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

军队营区污水处理 / 张统主编. —北京: 国防工业出版社, 2010. 6

总装部队军事训练“十一五”统编教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 06724 - 8

I. ①军... II. ①张... III. ①营房-污水处理-教材
IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 065433 号



※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 14 1/8 字数 396 千字

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

建设资源节约型、环境友好型生态营区是新时期军队建设的重要内容,是落实科学发展观、实现国防建设可持续发展的客观要求。军队营区大部分远离城市,无市政设施依托,所以,在生产生活中产生的污水必须自行建设净化设施,达到国家环境保护标准后才能排放或重新利用。

营区污水具有规模小、分散、环境差异大、管理水平低等特点。作者多年来一直从事相关技术与工程设计,积累了丰富的工程经验,本书是在系统总结这些经验的基础上编写而成的,具有针对性和实用性。主要内容包括污水处理基本知识、常用技术、工程设计、工程调试、竣工验收、运行管理、成本分析、检测方法、常用标准等。本书可供从事环保领域研究、设计、培训、验收以及管理人员使用。

本书由全军环境工程设计与研究中心张统研究员负责总体技术和策划,董春宏工程师负责统稿,刘思富高工负责主审。方小军、王守中、李志颖、诸方舟、刘士锐、侯瑞琴、李婷婷、高丽丽、王开颜、马文、李昂、骆伟、武煜等参加编写和校对审核。

书中错误或不妥之处,请读者多提宝贵意见!

编 者

2009 年 8 月

目 录

第1章 营区污水处理基本知识	1
1.1 水资源与水环境	1
1.2 水污染及其危害与分类	2
1.2.1 水污染及其危害	2
1.2.2 水污染的分类	4
1.3 污水处理基本概念	5
1.4 水污染物及污染指标	7
1.5 营区污水的特点及处理范围	9
1.5.1 营区污水特点	9
1.5.2 营区污水处理范围	10
第2章 营区污水处理技术	12
2.1 概述	12
2.1.1 营区污水处理技术分类	12
2.1.2 营区污水处理典型流程	13
2.1.3 营区污水处理原理	14
2.2 污水的一级处理	16
2.2.1 格栅	16
2.2.2 沉砂池	18
2.2.3 调节池	22
2.2.4 初次沉淀池	22
2.3 污水的二级处理	25
2.3.1 生物处理概述	26
2.3.2 活性污泥法	28

2.3.3	生物膜法	43
2.3.4	生态处理技术	61
2.3.5	厌氧生物处理	78
2.3.6	二沉池	86
2.3.7	废水生物处理新工艺	88
2.4	污水的三级处理	114
2.4.1	混凝	114
2.4.2	沉淀	120
2.4.3	澄清	122
2.4.4	过滤	126
2.4.5	消毒	134
2.5	污泥的处理和处置	142
2.5.1	污泥的一般特性	142
2.5.2	污泥浓缩	144
2.5.3	污泥消化	151
2.5.4	污泥脱水	165
2.5.5	污泥的综合利用与最终处置	169
2.6	污水处理工程常用设备	173
2.6.1	管道	175
2.6.2	阀门	176
2.6.3	水泵	177
2.6.4	鼓风机	183
2.6.5	除砂机	184
2.6.6	刮泥机	185
2.6.7	滗水器	189
2.6.8	曝气设备	190
2.6.9	污泥回流提升和输送设备	196
2.6.10	污泥脱水设备	198
2.6.11	污泥焚烧设备	199
第3章	营区污水处理工程设计与建设管理	202

3.1	工程设计	202
3.1.1	基础资料	203
3.1.2	处理规模的确定	207
3.1.3	选址和用地规划	208
3.1.4	可行性研究报告	210
3.1.5	初步设计	213
3.1.6	施工图设计	220
3.1.7	平面布置	224
3.1.8	高程布置	226
3.1.9	节能降耗	228
3.2	工程建设	230
3.2.1	施工准备	230
3.2.2	质量及技术保证措施	232
第4章	营区污水处理工程的调试、验收与安全运行管理	237
4.1	概述	237
4.2	污水处理工程的调试	237
4.2.1	调试的目的意义	237
4.2.2	调试前的准备工作	238
4.2.3	清水调试	239
4.2.4	污水调试	240
4.3	污水处理工程的验收	243
4.4	污水处理工程的安全运行管理	244
4.4.1	管理机构组成	245
4.4.2	管理人员配置及职能要求	245
4.4.3	安全运行管理	246
第5章	营区污水处理工程的效益及成本分析	267
5.1	概述	267
5.2	污水处理工程控制指标	267
5.2.1	污水处理规模	267
5.2.2	污染物的去除	268

5.2.3	设备完好率和设备使用率	269
5.2.4	处理达标率	269
5.2.5	能耗	270
5.3	污水处理工程投资控制	270
5.3.1	污水处理工程造价构成分析	270
5.3.2	污水处理工程投资估算	271
5.4	污水处理工程运行费用估算	273
5.4.1	运行成本构成	273
5.4.2	运行成本估算	274
5.4.3	技术经济分析与评价	276
5.5	污水处理工程的效益分析	276
5.5.1	环境效益	276
5.5.2	经济效益	276
5.5.3	社会效益	276
5.5.4	军事效益	277
第6章	常规水质检测分析	278
6.1	理化指标	278
6.1.1	温度	278
6.1.2	色度	279
6.1.3	浊度	282
6.1.4	pH 值	285
6.1.5	悬浮物	285
6.2	营养盐指标	290
6.2.1	溶解氧	290
6.2.2	氨氮	295
6.2.3	亚硝酸氮	300
6.2.4	硝酸盐氮	304
6.2.5	总氮	311
6.2.6	磷	314
6.2.7	余氯	318

6.3 有机污染综合指标	321
6.3.1 化学需氧量	321
6.3.2 五日生化需氧量	325
6.3.3 矿物油	331
6.4 细菌学指标	333
6.4.1 概述	333
6.4.2 细菌总数	340
6.4.3 总大肠菌群	343
6.4.4 粪大肠菌群	354
附录 I 生活用水标准	360
附录 I -1 城市居民生活用水量标准 (GB/T 50331—2002)	360
附录 I -2 生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006)	361
附录 II 污水排放标准	372
附录 II -1 污水综合排放标准 (GB 8978—1996)	372
附录 II -2 医疗机构水污染物排放标准 (GB 18466—2005)	387
附录 III 中水回用标准	423
附录 III -1 《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》 (GB/T 18920—2002)	423
附录 III -2 《城市污水再生利用 景观环境用水水质标准》 (GB 18921—2002)	427
参考文献	437

第 1 章 营区污水处理基本知识

1.1 水资源与水环境

我国多年平均年降水总量为 62000 亿 m^3 , 受地形及气候影响, 降水分布极为不均, 西北地区平均降水不足 25mm/年, 而东南地区则高达 2535mm/年, 全国平均降水却只有 648mm/年, 低于全球平均值的 20%。我国淡水资源总量为 28000 亿 m^3 , 占全球水资源的 6%, 仅次于巴西、俄罗斯和加拿大, 居世界第四位, 但人均只有 2200 m^3 , 仅为世界平均水平的 1/4, 在世界上名列 121 位, 因此我国也是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。

新中国成立以来, 随着技术进步以及生产经济结构的变化, 由农业为主的经济社会逐渐转变为工业与农业并重的经济型社会, 其在我国的用水量与用水结构发生了显著变化。1949 年用水量为 1031 亿 m^3 , 用水以农业为主, 其次是工业和城市生活用水, 所占比例分别为 97.1%、2.3% 和 0.6%。到了 1980 年, 用水总量上升到 4437 亿 m^3 , 用水仍然以农业为主, 但其所占比重明显下降, 达到 88.2%; 工业用水所占比重明显上升, 占 10.3%; 而城市生活用水比例为 1.5%, 虽有增加, 但不是很多。到了 1997 年, 用水总量上升到 5566 亿 m^3 , 用水仍然以农业为主, 但其所占比重却持续降低, 达到 75.3%; 工业用水所占比重显著上升, 占 20.2%; 而城市生活用水比例却增加到了 4.5%。之后用水结构趋于稳定, 2002 年全国淡水取用量达到 5497 亿 m^3 。

1997 年我国水资源的开发利用率为 19.9%, 南方各流域的水资源开发程度相对较低, 而北方各流域水资源开发利用程度较高, 其中利用率超过 50% 的有黄河流域 (67%), 淮河流域 (59%), 尤其是海河流域,

其水资源利用率达到了90%。

随着工业及城市生活用水量的增加,全国污水排放量也显著增加,而污水处理达标排放率却较低,大部分污、废水未经处理就直接排放江河湖海,致使河流、湖泊的污染,导致水环境恶化。全国湖泊约有75%以上受到污染;水资源利用率高的北方河流,如辽河、黄河、海河、淮河等流域,其地表水中污水所占比例高达14%~20%。全国118个城市中,64%的城市地下水受到严重污染,33%的城市地下水受到轻度污染,只有3%的城市水质还保持清洁。全国监测的1200多条河流中,有71%的河流都受到不同程度的污染;而全国七大水系412个监测断面中,2004年监测结果表明,I类~Ⅲ类水体仅占41.8%,而Ⅳ类~Ⅴ类占到了30.3%,劣Ⅴ类却占到了27.9%;七大水系中,珠江、长江水质较好,辽河、淮河、黄河、松花江水质较差,海河水质差。而2008年监测结果表明,珠江、长江水质总体良好,松花江为轻度污染,黄河、淮河、辽河为中度污染,海河为重度污染,因而水环境质量总体上仍处于恶化状态。

1.2 水污染及其危害与分类

1.2.1 水污染及其危害

20世纪中叶以来,我国的经济的发展由农业经济逐渐转到现代的工业发展轨道上后,尤其是改革开放带来的科技进步,促进了现代工业的迅速发展,城市规模不断扩大,在不断满足人们日益增长的经济文化需求的同时,工业生产和城市生活排放的大量废水及水中的各种有害物质,进入环境后,打破了水体的自净平衡,使自然水体受到了不同程度的污染,水质普遍下降,可供工业生产和人们安全使用的淡水数量日益减少。

统计资料显示,1983年,全国工业生产以及城市生活排放的废水总量为310亿吨,其中含有毒、有害物质约13万吨,石油类10多万吨,有机物质400多万吨;到2001年,全国废水排放总量达到432.9亿吨,其中工业废水排放202.6亿吨,城市生活污水排放230.3亿吨,排放的

污染物 COD 总计 1404.8 万吨,氨氮 125.2 万吨;尽管采取了污染治理措施,到 2005 年,全国工业废水排放达标率为 91.2% (重点企业工业废水排放达标率为 92.8%,非重点企业工业废水排放达标率为 80.6%),但当年排放的废水仍然达到 524.5 亿吨,化学需要量总排放 1414.2 万吨,氨氮 149.8 万吨。即使 2008 年全国城镇污水处理率已达到 66%,全国废水排放总量仍达到 572 亿吨(工业废水排放 241.9 亿吨,城市生活污水排放 330.1 亿吨),排放的污染物虽然比 2005 年降低,但其总量仍然较大,其中 COD 总计排放 1320.7 万吨,氨氮总计排放 127.0 万吨。

在部队,上万个规模大小与地域性质各不相同的营院,每年排放生活污水达数亿吨,其中 90% 以上没有经过达标处理,由此进入环境的污染物 COD 达到 2.3 万吨以上,氨氮也达到 2700t 以上。

这些排放的污、废水进入水体,污染物进入环境,不仅使水体自净作用降低,使环境污染变得严重,而且这些危及部队官兵及居民的身心健康。因此,水污染与大气污染、噪声污染等公害,构成当今世界最严重的社会问题之一。

当人们使用受过污染的地下水或地表水后,污染物就会通过载体水进入人体,导致人体出现各种各样的疾病,有的污染物会使人产生疾病,有的污染物会使人尤其是小孩发生畸变,有的还会出现生殖毒性;而当部队官兵饮用受污染的水后,其健康受到严重影响时,会使战斗力下降,影响整个作战任务的完成,甚至会为此付出惨重代价。

另一方面,污染物还可通过食物链进入人体,当水体受到污染后,水中的鱼类等生物因食用水中污染物,导致污染物在体内累积,人食用受污染的鱼类后,污染物就转移到人体,导致人体健康受到威胁。

生活污水中本不含有的污染物,在土壤等的作用下,会产生衍生的二次污染物,如生活污水中的无机氨氮,经过土壤长年累月的作用,会转化为有机胺。由于人们普遍认为地下水比地表水水质好,因此通常只经过简单的处理,也有的根本就未处理,就供人们使用;人们长期饮用含有此种污染物的水后,就会使消化系统出现癌变,如胃癌、食道癌等。

1.2.2 水污染的分类

水体污染可以分为生物性污染、富营养化污染、重金属及毒性物质污染、热污染、石油污染、耗氧物质污染放射性污染等,而按照污染物在环境中输移、衰减特点,可以分为持久性污染物、非持久性污染物、酸碱污染和热污染。重金属及毒性物质污染和放射性污染等由于在环境中难降解、毒性大、易长期积累,属于持久性污染,而生物性污染、富营养化污染以及石油污染,由于可通过生物降解去除而属于非持久性污染。

1. 生物性污染

来自人、畜、禽等粪便、垃圾和生活污水以及医疗废水,未经无害化处理,其中的病原体进入水体引起的污染。这类污染除引起感官性状恶化外,还可传播各种传染病和寄生虫病,进而影响人的身心健康。

2. 富营养化污染

富营养化污染是由于水体中含有过多的氮、磷等元素,导致水体中的藻类和其他浮游生物在适宜的温度和光照条件下进行大量繁殖,而藻类的呼吸作用及分解作用会消耗大量的氧,致使水体处于严重的缺氧状态,同时过度繁殖的藻类会分泌出有毒物质,影响其他水生生物的生长,水体原有生态系统的生态平衡被打破,水质呈现恶化趋势,这就是所谓的“水体富营养化”现象。

一般认为,水体中氮含量超过 0.2mg/L 、磷含量超过 0.02mg/L 、生化需氧量大于 10mg/L 、 pH 值为 $7\sim 9$,细菌总数超过 10 万个/ L 、叶绿素- α 含量大于 10mg/L 时,即可认为水体已经“富营养化”。

江河湖泊、水库等淡水水域的植物营养成分(氮、磷等)的过量积聚,致使水体出现富营养化后,水生生物(主要是藻类)大量繁殖,因占优势的浮游生物颜色不同,而使水面呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等颜色,这就是“水华”现象,水华现象如发生在海洋中被称为“赤潮”。

3. 重金属及毒性物质污染

重金属及毒物质污染分为两大类:一类即重金属污染,如汞、镉、铜、铅、锌、砷等重金属的污染;另一类是毒性物质污染,如农药(有机氯、有机磷)、多氯联苯、酚、芳香族氨基化合物、氰化物等污染物。

这类物质在环境中具有难降解、毒性大、易长期积累等特点。

4. 热污染

生产过程中产生的废余热($\geq 60^{\circ}\text{C}$)未经处理,直接排放进入到水体环境后,引起环境温度能显著提高($\geq 2^{\circ}\text{C}$),从而破坏水体生态系统平衡。

5. 石油污染

石油污染是石油开采及运输过程中,由于泄漏等原因,导致石油在水面形成薄膜,使水中溶解氧量减少,水质恶化,危害水生生物。

6. 耗氧物质的污染

耗氧物质分为耗氧性有机物质和耗氧性无机物,其中耗氧性有机物占到耗氧物质总数的98%以上。耗氧物质的污染主要来源于生活污水、食品加工废水、造纸废水、有机化工生产废水、垃圾渗滤液、养殖废水等,这些废水排入环境中后,水中的一些有机物可在生物分解和氧化时,消耗水中大量的溶解氧,导致水质变黑变臭,从而形成污染。

7. 放射性污染

带有放射源的污废水,如不处理就直接排放进入环境,不仅影响生物生长,还能破坏生物链,具有强烈的致癌、致畸和致突变作用。

1.3 污水处理基本概念

1. 污水、城镇污水与营区污水

依据《污水综合排放标准》,污水是指在生产和生活过程中排放的水的总称。即是被使用过,并且改变了原水的物理、化学或生物学性状的水。

在城市,城镇污水是指城镇居民生活污水,机关、学校、医院、商业服务机构及各种公共设施排水,以及允许排入城镇污水收集系统的工业废水和初期雨水等。

在部队,营区污水包括日常工作生活产生的污水、医疗活动产生的污水、军事特种废水和径流污水。

2. 生活污水

生活污水是指人们在日常生活中的使用过的,被生活废料所污染的水。

营区生活污水也是生活污水,主要来自宿舍、机关、食堂、医院以及营区公用设施,其中主要是粪尿、洗衣洗澡、厨房洗涤和卫生清扫污水,水质与城镇居民生活污水相似,含有大量有机物和细菌,有时还有病原菌、病毒和寄生虫卵。

3. 工业废水

工业废水是指在工矿企业生产过程中用过的水,包括生产污水和生产废水。生产废水是指在生产过程中所形成,并被生产原料、半成品或成品所污染的水。

4. 污水处理

污水处理是指采用各种技术和手段,将污水中所含的污染物质分离去除、回收利用或将其转化为无害物质,使污水得到净化去除的过程。

污水处理按照处理原理可分为物理处理法、化学处理法和生物处理法三大类;按处理深度可分为一级处理、二级处理和三级处理(也称深度处理)。

5. 中水与中水回用

“中水”一词起源于日本,“中水”的定义有多种解释,其中较为合理的解释是中水水质介于上水(饮用水)和下水(生活污水)之间,这也是中水得名的由来,在污水工程方面也称为“再生水”,一般以水质作为区分的标志。而根据《建筑中水设计规范》(GB 50336—2002),中水是指各种排水经处理后,达到规定的水质标准,可在生活、市政、环境等范围内杂用的非饮用水。营区杂用水可用于冲洗厕所、汽车、园林绿化、景观、浇洒道路以及装备冲洗等不与人体直接接触的场所。

人们将中水原水的收集、储存、处理和中水供给等设施组成的有机结合体称为中水系统,包括原水系统、处理系统和供水系统三部分。

6. 再生水

再生水是指经过或未经过污水处理工程处理的集纳雨水、工业排水、生活排水进行处理,达到规定水质标准,可以被再次利用的水。当二级处理出水水质满足特定回用要求,并已回用时,二级处理出水也可称为再生水。

1.4 水污染物及污染指标

污水中的污染物分为无机性和有机性两大类。无机性污染物包括各种无机盐类、氮磷等营养物、氰化物、砷化物和重金属离子等。有机性污染物包括各种碳水化合物、蛋白质、脂肪以及农药、芳香族化合物和合成聚合物等。水污染指标是表示污水的物理、化学、生物等特征的指标,也是控制和掌握污水处理的处理效果和运行状态的重要依据。

1. 生化需氧量(BOD)

生化需氧量是指在有氧条件下,好氧微生物氧化分解单位体积水中有机污染物所消耗的游离态氧的量,常用单位为 mg/L 。

由于污水中的污染物成分复杂,很难直接测定各种有机污染物的绝对含量,一般常用生化需氧量来间接表示有机物的含量。污水中可降解有机物的转化与温度、时间有关。为便于比较,一般以 20°C 时经过 5 天时间,有机物分解前后水中溶解氧浓度差值来表示,即 BOD_5 。

2. 化学需氧量(COD)

化学需氧量是指用化学氧化剂氧化单位体积水所消耗的氧量,常用单位 mg/L 。可分为重铬酸钾法和高锰酸钾法,一般污水采用重铬酸钾法,简写为 COD_{Cr} 。

化学需氧量具有时间短、不受水质限制的特点,但由于某些化合物,如亚硝酸盐、硫化物、亚铁盐等,也能同时被氧化,因此化学需氧量不能表示微生物氧化有机物的量。

3. 总有机碳(TOC)

总有机碳是指水中有机物的总含碳量,测定结果以 C 含量表示,单位为 mg/L 。

4. 总需氧量(TOD)

总需氧量是指水中有机物完全氧化时所需要的氧量,以单位体积消耗的氧量(mg/L)来表示。

5. 氮

污水中氮的指标包括氨氮(TN)、硝酸盐、亚硝酸盐氮和凯氏氮。氨

氮是在水中以 NH_3 和 NH_4^+ 形式存在之和;凯氏氮是有机氮和氨氮之和;总氮(TN)是有机氮、氨氮(NH_3 和 NH_4^+)、硝酸盐氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)和亚硝酸盐氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)的总和。

6. 磷

污水中的磷包括有机磷和无机磷,统称为总磷(TP)。有机磷属于难生物降解物质,在水中转化为正磷酸盐。水中的磷酸盐可分为正磷酸盐和缩合磷酸盐。

7. 悬浮物(SS)

悬浮物也称为不可过滤物质,包括挥发性悬浮固体(VSS)和不可挥发性悬浮固体。污水中悬浮物的含量和性质随污染物的性质和污染程度而变化,污水处理工程进、出水悬浮物浓度、曝气池内混合液污泥浓度、回流污泥浓度、剩余污泥浓度等都是常规污水处理系统是否正常运行的指标。

8. 浊度

水的浊度是表示水样透光性能的指标,它是由于水中泥沙、黏土、微生物等细微的无机物和有机物及其他悬浮物使通过水样的光线被散射或吸收而不能直接穿透所造成的。浊度计是利用水中悬浮杂质对光具有散射作用的原理制成的,其测得的浊度是散射浊度单位,以 NTU 表示。

9. pH 值

pH 值是反应水中酸碱性强弱的主要指标。pH 值 > 7 表示水呈碱性,pH 值 < 7 则表示水呈酸性。为了快速方便地掌握污水的 pH 值变化情况,最简单的方法是用 pH 试纸粗略测定。在实际生产中,测定 pH 值的标准方法是玻璃电极法,也是污水处理工程广泛使用的测定方法。

一般来说,酸性污水的 pH 值小于 6,碱性污水的 pH 值大于 9。酸碱污水进入污水处理工程后,会抑制活性污泥中微生物的生长,进而影响二级处理出水的水质。酸性污水还会对输送管道、设备(如水泵)、构筑物(如曝气池)等有腐蚀作用。

10. 溶解氧(DO)

溶解氧表示的是溶解于水中分子态氧的数量,单位是 mg/L 。水温升高或水中含有耗氧有机物,都会导致水中溶解氧含量降低。测定溶解氧