

NONGCUN SHENGHUO WUSHUI QUYU
JIZHONG CHULI JISHU YU GUANLI

农村生活污水区域 集中处理技术与管埋

方炳南 / 主编

中国环境科学出版社

农村生活污水区域集中处理 技术与管埋

方炳南 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

农村生活污水区域集中处理技术与管理 / 方炳南主编. — 北京:
中国环境科学出版社, 2012.2
ISBN 978-7-5111-0831-9

I. ①农… II. ①方… III. ①农村—生活污水—污水
处理 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 274025 号

责任编辑 高峰
责任校对 扣志红
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112739(第三图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 67130471(传真)

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 2 月第 1 版
印 次 2012 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 8.5
字 数 150 千字
定 价 28.00 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

《农村生活污水区域集中处理 技术与管理》编写人员

主 编： 方炳南

技术顾问： 黄 武

编写人员： 方炳南 刘银秀 王志荣 朱飞虹
金成舟

前 言

农村生活污水面广量大,已逐渐成为一些地区主要的面源污染,严重制约着农村地区居民生活质量的改善和生活品质的提高。而目前全国农村生活污水治理思想观念淡、基础设施差、处理技术少的状况却日益凸显,严重制约着城乡一体化的进程,农村生活污水治理刻不容缓。

为改变农村生活污水无序排放现状,改善农村生态环境,加快社会主义新农村建设,促进农村经济和社会的可持续发展,义乌市委、市政府高瞻远瞩,立足当前,着眼未来,于2006年成立义乌市农村生活污水治理领导小组办公室,建立了一套科学规范、政策完善、施工规范、监管有力、运行长效的治理体系。通过农村生活污水治理,义乌市农村面貌焕然一新,义乌市先后被评为国家卫生城市、国家环保模范城市、国家生态市、省美丽乡村创建先进市等。

为加快推进农村生活污水技术的应用与推广,确保污水治理效果,编者组织了长期以来从事农业面源污染治理与农村能源方面工作的工程技术人员共同完成本书的编写。该书系统介绍了国内外农村生活污水处理现状,生活污水处理技术中的主要技术指标以及浙江省生活污水处理主要模式、生活污水净化沼气池的使用、维护和管理等,既有我们的研究成果,也有从大量文献资料中获得的信息。本书内容丰富,案例具体翔实,图文并茂,文字通俗易懂,研究问题具有针对性、创新性、通用性、指导性和可操作性。本书可供各级从事生活污水处理设施建设领域的专业技术人员、维护人员学习和参考。由于编者水平和时间有限,疏漏之处在所难免,期望读者批评指正。

编 者

2011年5月

目 录

第一章 农村生活污水的排放与水质	1
第一节 农村生活污水的排放	1
一、农村生活污水污染成因及特性	1
二、农村生活污水排放与农户收入的关系	2
三、不同区域农村生活污水排放的特点	4
第二节 农村生活污水水质	6
一、农村生活污水水量	6
二、农村生活污水水质	6
三、主要污染物指标	8
第三节 农村生活污水的收集	10
一、雨污分流处理	10
二、污水管网铺设要求	11
三、污水管道	11
四、窨井	12
第二章 农村生活污水生物处理技术	15
第一节 生活污水微生物处理原理	15
一、微生物的特点	15
二、水体的自净现象	17
三、有机污染物的生物降解	18
四、好氧生物处理的原理	20
五、厌氧生物处理的原理	21
第二节 生活污水生物处理的影响因素	23
一、温度	23
二、酸碱度	24
三、营养物质	25
四、毒物	26

五、溶解氧.....	27
六、氧化还原电位	29
七、渗透压	30
第三章 农村生活污水处理难点	31
第一节 生活污水收集的难点	31
第二节 生活污水水质与水量波动的难点	34
第三节 工程建设与管理的难点	36
一、工程选址难点	36
二、建设管理难点	36
第四章 农村生活污水治理模式	38
第一节 国外生活污水治理模式	38
一、澳大利亚“FILTER”(菲尔脱)污水处理系统	38
二、韩国的湿地污水处理系统	39
三、日本的农村生活污水处理系统	39
四、美国的高效藻类塘系统	40
五、荷兰的一体化氧化沟	41
六、法国的蚯蚓生态滤池	42
七、土壤毛细管渗滤净化系统	42
八、“LIVING MACHINE”生态处理系统	42
第二节 国内生活污水治理模式	45
一、厌氧沼气池处理技术	45
二、稳定塘处理技术	46
三、人工湿地处理技术	47
四、土壤渗滤技术	47
第三节 生活污水处理技术特点	48
一、厌氧生活污水处理技术	48
二、好氧/兼氧生活污水处理技术	50
三、人工湿地生活污水处理技术	53
四、稳定塘生活污水处理技术	55
五、三格式化粪池	59
第四节 农村生活污水处理技术选用原则	62

第五章 浙江省农村生活污水处理模式	63
第一节 农村生活污水处理模式	63
一、户用沼气池模式	64
二、生活污水净化沼气池模式	65
第二节 生活污水净化沼气池使用与维护	69
一、启动	69
二、日常管理	69
三、安全管理	71
四、常见故障及排除	72
第六章 农村生活污水处理工程建设运营管理模式	73
第一节 污水处理工程建设管理	73
一、工程设计管理	73
二、工程施工管理	75
三、工程资金管理	79
第二节 农村生活污水处理工程长效运行管理	80
一、建立组织管理体系	80
二、建立运行管理模式	81
三、确定运行管理经费	83
第七章 农村生活污水处理应用典型工艺及实例	85
第一节 易控节能型农村生活污水处理技术	85
一、技术特点	85
二、典型案例	87
第二节 “厌氧+人工湿地”技术	91
一、工艺说明	91
二、典型案例	92
第三节 “厌氧+稳定塘”技术	94
一、工艺说明	94
二、典型案例	94
第四节 “厌氧+微动力”脱氮技术	96
一、工艺说明	96
二、典型案例	96

第五节 其他工艺应用介绍.....	98
一、水解(酸化)—好氧(H/O工艺)处理工艺	98
二、水解(酸化)—好氧(H/O工艺)+人工湿地组合处理工艺	98
三、阿科蔓泛氧化塘处理工艺	100
附录	104
1. 义乌市农村生活污水治理工作实施细则	104
2. 义乌市农村生活污水治理工程工作流程图	107
3. 义乌市农村生活污水治理工程施工指南	109
4. 义乌市农村生活污水治理项目验收办法	111
5. 义乌市农村基础设施管理实施办法	115
6. 《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)摘要	118
7. 《农田灌溉水质标准》(GB 5084—1992)摘要	119
8. 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)摘要	120
9. 《粪便无害化卫生标准》主要参数指标	121
参考文献	122

第一章 农村生活污水的排放与水质

第一节 农村生活污水的排放

一、农村生活污水污染成因及特性

农村生活污水种类繁多,成分复杂,主要有厨房洗涤水、洗衣污水、洗浴污水、清洗农具污水、冲洗卫生间的粪便污水、生活垃圾堆放渗滤产生的污水、人畜混居产生的畜禽粪便以及部分降水等。浙江是我国县域经济最发达、农民人均收入最高、现代化进程最快的省之一,但农村生活污水集中处理设施和垃圾收集处理设施建设明显滞后于农村聚居点建设,农村生活污水污染造成的危害与日俱增,已经明显影响到人居环境质量。浙江省农村水污染成因主要来自以下几个方面:(1)乡村工业企业生活污水的排放;(2)农户生活污水的排放;2005年年底,浙江省农村年生活污水产生量为13.77亿t,处理量约1亿t,处理量仅占需治理量的7%,其中,单户处理占61.62%,集中处理占32.12%,联户处理占6.26%(图1-1)。经过这几年的努力,农村生活污水实际处理量也不到总排放量的29.8%,农村生活污水大部分还处于无序排放的状态(图1-2)。(3)畜禽、水产养殖所产生的污染物的排放。2010年浙江省畜禽粪便污水产生量约为6878万t。其中,通过沼气工程建设利用畜禽粪便和污水量达3235万t,用户通过沼气利用畜禽粪便和污水量达120万t,有机肥加工利用畜禽粪便和污水量达30万t,农民自发堆制堆肥和水产养殖的鱼塘基肥约220万t,合计已利用约3605万t,占畜禽粪便污水总量的52.4%,尚有3273万t未有效利用,占47.6%。大部分农村生活污水未经处理或未达到排放标准就排入了江河湖泊,这已成为导致浙江省地表水水质下降的主要因素之一(图1-3)。

农村生活污水由于其来源复杂,因而水质差异大,一般具有排水量少、所含有机物浓度相对偏高、日变化系数大、间歇排放等特点;另外,由于受到农业生产结

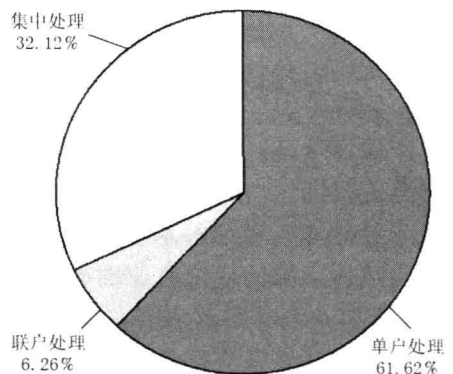


图 1-1 浙江省农村污水处理量

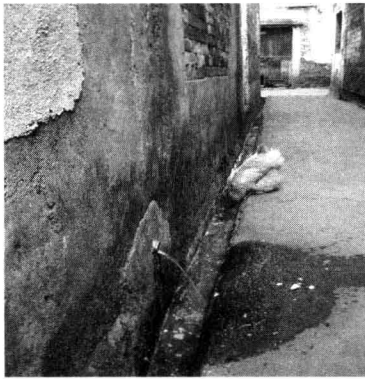


图 1-2 无序排放的生活污水



图 1-3 污染严重的池体

构、农民种养习惯、村落分布、地理生态特征、社会经济发展水平等影响,农村污水还具有分布不集中、局部污染程度较高、不可定量性和不可预知性等特性。表 1-1 列举的是典型生活污水水质。

表 1-1 典型生活污水水质

序号	指标	浓度 / (mg/L)		
		高	中	低
1	总固体(TS)	1 200	720	350
2	溶解性总固体	850	500	250
3	悬浮物(SS)	350	220	100
4	生化需氧量(BOD ₅)	400	200	100
5	总有机碳(TOC)	200	160	80
6	化学需氧量(COD)	1 000	400	250
7	总氮(TN)	85	40	20
8	总磷(TP)	15	8	4

二、农村生活污水排放与农户收入的关系

长三角地区作为我国区域最为发达的地区之一,近年来,农村人居生活水平迅速提高,生活方式日益城市化。但农村污水治理没能跟上生活发展的速度,大量未经处理的生活污水和生活垃圾的无序排放,导致农村环境污染日趋严重,农村生活污染源已成为农业面源污染的重要污染源之一。

王文林等人在全国第一次农业污染源普查背景下,通过对太湖流域典型地区农村生活污水各类污染物产排污系数进行系统及定量研究,探讨农村生活污水产排污系数测算方法。

研究表明,区域地形条件、社会经济发展水平、农民生活习惯等是影响农村生

活污染物产生和排放及其对环境影响的主要因素。调查发现,生活污水主要来自厨房、浴室和厕所,都由各自的管道排放,其中厨房污水、浴室污水都是直排户外,厕所污水进入“三格式”化粪池后自然溢出。农户生活污水产排污过程见图 1-4。

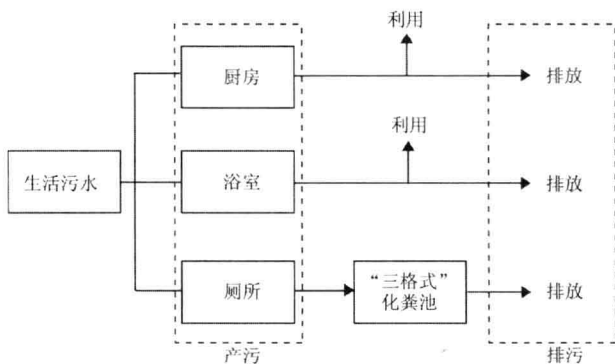


图 1-4 农户生活污水产排污过程

通过监测数据分析,收入水平对农户总生活污水中 TN、NH₃-N 和 TP 产污系数无显著影响,但对 COD 产污系数影响显著,对污水量产污系数影响极显著,COD 和污水量产污系数均表现为高收入农户 > 中收入农户 > 低收入农户。这是由于生活水平的提高导致厨房用水量增加,厨房污水氮磷含量较低,但富含食物纤维素、淀粉、脂肪、蛋白质、动植物油、各种佐料和洗涤剂,这些物质对 COD 都有很大贡献。

农户产生的浴室污水、厨房污水未经处理 100% 直排排放,厕所污水一部分被农户综合利用,剩余部分经化粪池处理后排放。收入水平对农户浴室污水及厨房污水的排放无显著影响,均为未处理而 100% 直接排放,对厕所污水的排放影响显著,处理率表现为高收入农户 < 中收入农户 < 低收入农户,这主要是由于在农户生产活动中,低收入农户农业生产活动较多,厕所污水作为农家肥被施用于土壤,而高收入农户农业生产活动明显少于低收入农户。

根据污染物排污过程、资源化利用、污染物削减产污结果分析,这主要与不同收入水平农户对厕所污水的利用情况有关,低收入农户厕所污水利用率明显高于高收入农户,从而导致排放减少,这一规律也与农户农业收入水平相一致;高收入农户厕所污水的污染负荷占总污水污染负荷比例极高,COD 占 67% 以上, TN、NH₃-N、TP 占 84% 以上,因此,收入水平对生活污水污染物总排污系数的影响与对厕所污水污染物排污系数的影响一致。

总之,收入水平对农户总生活污水中 TN、NH₃-N、TP 产污系数无显著影响,但对污水量、COD 产污系数及总生活污水中各类污染物排污系数影响显著,均表现为高收入农户 > 中收入农户 > 低收入农户,因此,除 TN、NH₃-N、TP 产污系数外,污水量、COD 产污系数及总生活污水中各类污染物排污系数需按收入水平划分。

厕所污水对总污水污染负荷贡献率极高, COD 占 67% 以上, TN、NH₃-N、TP 占 84% 以上, 因此, 厕所污水的利用率与处理率是影响污染物排污系数的主导因素, 而农业收入水平及化粪池类型则对这两个因素影响显著。

三、不同区域农村生活污水排放的特点

不同的区域, 农村生活污水的排放有其显著特点, 这对工程设计以及运行管理过程, 都会产生很大的影响, 从而影响整个污水处理设施的运行效果。这与城市污水处理有着明显的不同。

(1) 在经济发达地区, 由于设有工厂, 人员外出正常上班的情况多见, 农村污水成分与城市废水相近, 排放主要集中在早上与晚间两个时间段, 所以对于污水处理设施设计及建设时, 必须充分考虑其对污水处理设施的冲击影响。近年来, 国家加大城市污染控制, 一些城市污染严重的企业迁至城郊和农村, 致使原本以单一生活污水为主要特征的农村污水, 向工业废水与生活污水混合的复杂废水型转变。与偏远地区、经济落后的农村污水水质相差明显。

由于经济相对发达, 工厂建设相对就多, 工厂的工业废水就会大量进入污水处理设施, 而在农村, 很难达到工业废水进行预处理后再排入污水管网, 这样就会严重影响污水处理设施的运行效果, 在经济发达地区建设农村生活污水处理设施时, 这个问题必须认真加以考虑。

在经济发达地区, 外来务工人员与临时租房人员会较多, 从而大大影响污水的整体产生量, 甚至大大超出原住人员的污水排放量, 这是农村污水处理工程中经常遇到的问题。同时, 大量务工人员的入住, 由于其生活及卫生习惯与当地之间有较大不同, 污水浓度及杂物会发生较大差异, 按原有的理念进行设计建设, 就会在运行过程中出现这样或那样的问题与矛盾。

外来务工人员的增加, 而与之配套的服务行业也会随之增多, 特别是餐饮、理发、浴室等行业的大量增加, 污水性质与污水量都会产生极大的波动, 给农村生活污水处理带来难度。而餐饮行业的污水, 必须考虑其隔油设施, 对于设施的要求与建设都会产生较大的影响。

人员的大量流动, 不仅体现在污水水质与水量上的变化, 也体现在卫生指标上的变化。农村地区由于整体防疫及卫生等方面相对落后, 而人员的流动也会带来疾病的流行, 特别是对于来自疫区的外来人员, 在他们的排泄物中都会存在大量的病原菌。因此, 农村生活污水处理需要有消毒的环节, 但目前看来还很不现实, 所以, 在设施建设方面应该具备杀灭病原菌的功能, 如厌氧系统等工艺。

(2) 在经济欠发达地区或山区, 农村生活污水的最大特点在于往往有大量畜禽养殖的粪污混入生活污水中, 污水浓度高, 病原菌多, 污水量相对较少, 成分相对稳定, 无有毒有害物质, 处理难度相对较小。在这些区域, 人员从事农业工作较为普遍, 需用大量的肥料, 对于处理的要求也与平原、经济发达地区有所区别。

在经济欠发达地区,人们往往都比较节约,日常用水量较少。同时,由于经济相对落后,水系受污染的情况也比较少,所以人们经常在自然水体中进行清洗,包括洗衣、洗菜等日常生活的洗涤,可收集的污水量就会大大下降。

在一些地区,改厕还不是很彻底,存在大量的干厕,如采用一般的收集处理方式,会存在比较大的困难,主要表现在:水量少、浓度高、流动性差。因此,在管网设计时,就应该增加管网的坡降,否则很容易产生堵塞等现象。

第二节 农村生活污水水质

一、农村生活污水水量

农村居民生活用水量受生活条件状况(给排水系统、卫浴器具完善程度等)、生活习惯、节气等因素直接影响,在具体确定用水量时,可参照表 1-2,在调查分析当地居民的用水现状、经济条件、用水习惯、发展潜力等状况的基础上酌情确定。

表 1-2 农村居民生活用水量参考取值

村庄类型	用水量/[L/(人·d)]
经济条件好,室内卫生设施齐全	120~150
经济条件较好,室内卫生设施较齐全	90~120
经济条件一般,有简单的室内卫生设施	80~100
无卫生间和沐浴设备,主要利用地表水、井水洗涤	60~90

居住较为集中、卫生设施与排水管网相对完善的村庄,生活污水排放量一般为总用水量的 75%~90%。

(1) 生活污水量较小。除靠近城区、镇区、工业园区的农村因有大量外来人员租住,其水量较大外,其余农村一般由于人口居住分散,人员也较少,相应地产生的生活污水量也较小。

(2) 污水排放呈不连续状态。上午、中午、下午有一个高峰时段,早晚比白天大,夜间排水量小,甚至可能断流。

(3) 水量排放变化系数大。农村居民没有固定的上下班作息时间和相对稳定的生活习惯,因此,农村生活污水的排放为不均匀排放,瞬时变化较大,日变化系数一般在 3.0~5.0。此外,农村排水系统很不完善,更没有经过合理的规划,雨污混排,受雨季影响,水量变化系数更大。

(4) 生活污水排放量呈上升趋势。一方面,随着农民生活水平的不断提高,农村生活方式的不断改变,同时供水一体化的实施,使自来水安装逐步到村到户,因此,生活污水的产生量也不断增加;另一方面,随着经济的发展,外来人口的不断涌入,其污水量也逐渐上升。

二、农村生活污水水质

以农耕为主要生产方式的大部分农村生活污水的性质相差不大,水质相对稳

定,污水中有机物和氮、磷等营养物含量较高,一般不含有有毒物质,污水中还含有一定量的合成洗涤剂以及细菌、病毒、寄生虫卵等。

农村生活污水浓度相对较高,这主要是因为农村生活污水不仅来源于厨房用水和洗涤用水,还有养殖废水,但由于农村没有完善的污水收集和排水系统,渗漏现象严重,水质波动情况比较严重。农村生活污水的 COD、BOD₅ 普遍高于城镇生活污水, COD 350 ~ 770 mg/L, BOD₅ 200 ~ 400 mg/L, BOD₅/COD 0.45 ~ 0.55, 可生化性好, SS 250 mg/L, TN 30 ~ 40 mg/L, pH 值 6 ~ 9, TP 2.5 ~ 3.5 mg/L。陈能汪等通过定点监测分析发现农村生活污水总氮、总磷等各项水质指标浓度均很高,人均年排放量为总氮 1.562 kg, 总磷 0.153 kg。

由于生活习惯与农耕生产的时间、季节性有关,农村生活污水在排放时会表现出不同时段的水质浓度变化很大,高峰时段与低谷时段,浓度与水量可有数倍甚至十几倍的差别。这也是农村生活污水具有的非常典型的特征。

厕所排放的污水水质较差,这与农民的生活习惯和节约思想有很大的关系。在一般情况下,即使采用抽水马桶,也不是每次上厕所时都冲洗,同时,经常出现随意放入卫生纸等问题,厕所所排放的污水,不仅浓度高,还会含有大量的不易分解或不能及时分解的物质,这在工程设计,特别是排污管网设计时,应充分考虑农村的这个特点。此外,污水中还会含有多种细菌和寄生虫的载体和疾病的病原菌。

根据浙江省农村能源办公室等单位的调查,浙江省农村生活污水存在以下特点:

(1) 污水水质、水量波动较大。主要原因是农村人口比重较大、分布广且分散、生活习惯、养殖方式和水资源的取用方便程度不同等。生活用水量调查结果见图 1-5, 水质变化见图 1-6, 由图 1-6 可知, 生活污水中的 COD_C 变化较大, 在 400 ~ 1 400 mg/L 之间不等, 这可能是因为有些地方污废水未彻底分离, 或者有些地方其他生活用水取自溪水, 而使其 COD_C 浓度较高。随着生活水平的提高, 生活污水排放量呈上升趋势, 而农村自然水体自净、化淤能力由于前期污染的积累而严重削弱, 负荷与自净能力比例愈加失衡。

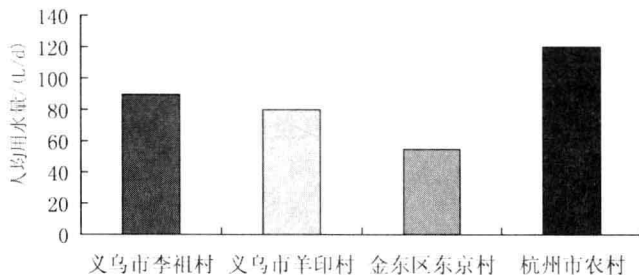


图 1-5 生活用水量调查结果

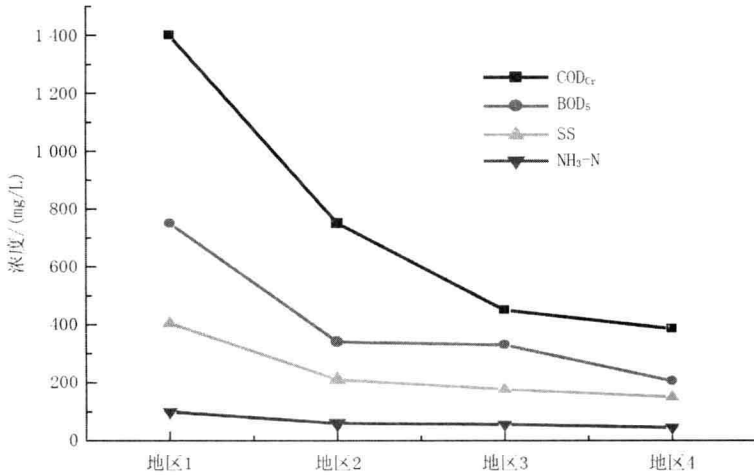


图 1-6 生活污水水质监测结果

(2) 农村建筑布局凌乱,污水难以集中处理。大多数农村以分散居住为主,缺乏统一整体规划,污水收集管布设困难,难以建设大中型的污水处理设施。

(3) 污水收集率较低。排水管网不健全,化粪池主要以收集厕所污水为主,厨房、洗涤污水则以无序排放为主。

(4) 污水直排严重。农村大部分已建的化粪池结构简易、容积负荷重、处理效果差,渗漏、堵塞等问题突出,出水污染物含量高,对农村水体污染严重。

(5) 污水处理率低。大多数农村经济力量薄弱,缺乏长效的管理机制和治污装置,处理率低。

由于农村生活污水的特殊性,农村生活污水的处理不能照搬大中型规模城市生活污水的处理技术和工艺。因此,农村生活污水处理应根据其自身特点,处理模式应具有耐冲击能力强、造价低、运行费用少、低能耗或无能耗、运行管理简单、维护方便、可分散可集中的组合特性。

三、主要污染物指标

1. 生物化学需氧量 (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

在有氧条件下,当温度为 20℃时,由于微生物(主要是细菌)的生活活动,使可降解的有机物氧化达到稳定状态所需的氧量(以 mg/L 为单位),称为生物化学需氧量。水温对生物氧化反应速度有很大影响,一般以 20℃为标准。生物化学需氧量代表了可生物降解的有机物的数量,这一指标一般用来表示污水及水体被有机物污染的程度。

2. 化学需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD)

化学需氧量在一定条件下,水中各种有机物与外加强氧化剂作用,最终将有机物氧化成 CO₂ 与 H₂O 所消耗的氧量(以 mg/L 计)。常用的氧化剂是重铬酸钾和