

## 附件 2

# 湖南省农村生活污水治理技术指南

(试行)

为有序推进社会主义新农村建设，补齐农村环境治理的短板，因地制宜做好农村人居环境综合整治工作，防止农村生活污水未经处理直接排放引起环境污染，切实改善农村居民生活条件，规范农村生活污水收集、治理设施的设计、建设施工和运行管理，根据相关法律法规，制定本《指南》，供有关部门及各基层组织使用。

## 1 总则

### 1.1 适用范围

本《指南》适用于湖南省农村地区新建、改建和扩建农村生活污水收集和治理设施的设计、施工、验收和运维。《指南》所指农村生活污水治理设施包括农户冲厕及农村公厕化粪池溢流污水、农户厨房污水、洗涤污水和庭院污水进行收集处理的村级污水管网、预处理设施、终端处理设施和资源化利用设施。不同地区应根据当地实际情况，选取本《指南》推荐的治理技术模式，包括工程设计、建设、运行管理等方面应按照《指南》相关内容执行。

### 1.2 基本原则

1) **规划先行、分步实施**：坚持规划先行原则，编制农村生活污水治理规划或实施方案，优化农村生活污水治理设施布局，重视区域衔接，预留升级设施建设用地。

**2) 因地制宜、分类治理：**农村生活污水治理模式的选择务必统筹考虑当地地理条件、自然环境及农村的地域性差别，针对不同地区、地形地貌、地理条件以及经济发展水平，选择相应的治理模式与工艺。

**3) 资源利用优先、适度集中处理：**农村生活污水处理系统要与农村经济发展水平、村民经济承受能力相适应，在满足排放要求的前提下，按照投资省、运行能耗及费用低的原则确定治理模式和工艺。结合湖南农村区域特征，优先考虑就地处理或资源化利用，居住集中、环境敏感程度较高的区域适度集中或纳管处理。

**4) 收集与治理设施建设并重：**收集管网建设与治理设施建设需同步进行，避免治理设施闲置或进水浓度低，浪费投资和资源。

**5) 经济实用、易于推广：**农村生活污水治理设施要尽量简单，不做“高、大、上”的面子工程，做到“建设一处、稳定一方”。工程设施要方便管理、运行维护简单，并能长久稳定地发挥作用。

### **1.3 规范性引用文件**

- 1) 《农用污泥污染物控制标准》 GB4284
- 2) 《农田灌溉水质标准》 GB 5084
- 3) 《粪便无害化卫生标准》 GB 7959
- 4) 《污水综合排放标准》（GB 8978）
- 5) 《国家恶臭污染物排放标准》 GB 16554
- 6) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》 GB 18918
- 7) 《农村户厕卫生规范》 GB19379
- 8) 《村庄整治技术标准》 GB/T50445
- 9) 《城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质》 GB/T23486
- 10) 《农村生活污水处理工程技术标准》 GB/T51347
- 11) 《城市污水处理厂运行维护及其安全技术规程》 CJJ60

- 12) 《镇（乡）村排水工程技术规程》CJJ124
- 13) 《农村生活污染控制技术规范》HJ574
- 14) 《含油污水处理工程技术规范》HJ580
- 15) 《人工湿地污水处理工程技术规范》HJ2005
- 16) 《生物接触氧化法工程技术规范》HJ2009
- 17) 《生物滤池法工程技术规范》HJ2014
- 18) 《污水自然处理工程技术规范》CJJ/T54
- 19) 《户用生活污水处理装置》CJ/T441
- 20) 《生活污水净化沼气池技术规范》NY/T702
- 21) 《湖南省农村生活污水处理设施水污染物排放标准》DB43/1665
- 22) 《农村生活污水处理项目建设与投资指南》
- 23) 《湖南省用水定额》2014年

## 1.4 总体要求

### 1.4.1 规划要求

1) **城乡统筹，突出重点：**农村生活污水治理是农村人居环境改善的首要任务，也是流域及区域水环境质量改善的关键。抓住城乡环境综合整治契机，在城乡统筹区域供水、城镇污水治理工作的基础上，统筹城乡、区域生活污水治理。以水环境功能要求为依据，坚持饮用水水源保护区、保护性湖泊以及生态红线区域等水环境敏感区和规模较大村庄、规划发展村庄和街（乡、镇）周边村庄优先治理，将污染物排放量控制在水环境容量范围内，减轻水环境污染，保护水生态环境，实现水资源可持续利用。

2) **生态为本，循环利用：**推进农村生活污水治理须突破“就污染治理污染”的传统观念，树立生态低碳理念，结合农田施肥利用、生态

保护修复和环境景观建设，注重水资源和氮磷资源的循环利用。有条件的地区和村庄，逐步推行黑水（厕所污水）和灰水（其他生活污水）分类收集处理，强化生活污水源头分类和资源化利用。

**3) 因村制宜，分类指导：**根据地理区位、环境容量、村庄形态、尾水利用、经济水平等因素，合理选择适宜的治理模式。对于城镇周边和邻近城镇污水管网且符合高程接入要求的规划发展村庄，优先考虑纳管处理模式；对居住相对分散、周边具备消纳土地的规划保留村庄，采用分散治理模式，就近就地资源化利用或处理；对于不具备纳管条件、居住相对集中且排放要求较高的规划发展村庄，采取集中治理模式。

#### **1.4.2 治理设施建设选址要求**

1) 农村生活污水治理设施选址应结合村庄布局、地形特点、管网高程、主导风向和便于回用等因素综合确定，平面布置要考虑与周边景观的相容性，宜采用地下式或半地下式。一般选址宜位于地势相对较低以及当地村民聚居区的夏季主导风向下风向，并按污水处理系统的规模适当考虑环境保护距离，环境保护距离内无环境敏感目标。

2) 处理后出水应以就地消纳为主，达到相应水质标准或排放要求后可用于农灌、绿化及其他用途或排入水体，结合农村产业特点，合理利用周边已有沟、渠、坑塘等，在有适宜污水回用的条件下，宜优先考虑回用，出水不得排入敏感水域或特殊水域。

#### **1.4.3 污水收集要求**

村庄污水收集系统的设计及建设应参照《村庄整治技术规范》（GB50445-2008）、《室外给水设计规范》（GB 50013-2006）等国家及行业相关规范要求。

- 1) 规范农户生活污水排放，实现生活污水的有序收集与排放。
- 2) 所有农户必须严格实行雨污分流，未实现雨污分流的农户，须逐步实现雨污分流改造。
- 3) 采用分散处理或资源化利用模式的农户必须严格做到“黑灰”分离；采用纳管处理和集中治理达标排放模式的农户原则要求做到“黑灰”分离，“黑水”尽可能实现就近资源化利用；不能实现“黑灰”分离的必须增加化粪池容积，确保污水实现有效无害化。
- 4) 新建农村住房必须配套建设化粪池，原有未配套化粪池或化粪池建设不符合要求的农户，须根据农村改厕工程安排实施。
- 5) 提供餐饮服务农家乐的厨房污水须经隔油池进入排水管网。对于在庭院院内洗涤衣物、杂物的，应在庭院内设置污水收集槽，槽顶高出地面 20cm，以免雨水进入，收集槽排水经出户管接至排水管。

#### **1.4.4 治理要求**

- 1) 对于位于饮用水水源保护区内的村庄的生活污水处理后原则上引入保护区外排，不具备外引条件的，可通过农田灌溉、植树、造林等方式回用，或排入湿地进行二次处理。
- 2) 污水经处理后排放的必须根据受纳水体的水环境功能定位，确保稳定达到《湖南省农村生活污水处理设施水污染物排放标准》DB43/1665 的要求排放。
- 3) 对于湘资沅澧重点流域、洞庭湖生态经济区、重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，县级以上人民政府可根据水环境保护实际需求，执行更严格的排放限值。
- 4) 利用池塘、沟渠等自然水体消纳生活污水的必须确保不形成黑臭水体。
- 5) 对排入饮用水水源保护区、游泳区等特殊水域的污水需综合考

考虑大肠杆菌等生物学指标。

6) 采用资源化利用方式处理农村生活污水的必须确保污水实现无害化、并满足国家、湖南省或当地相应的标准或要求。

### 1.4.5 污泥处理和处置要求

农村生活污水处理设施排泥应合理处置并遵循资源化利用优先的原则，污泥农用应满足 CJ/T309 的要求，污泥用作园林绿化应满足 GB/T 23486 的要求，施用污泥应与土地可消纳的农家肥量相匹配。

### 1.4.6 排水水质要求

#### 1.4.6.1 直接排放限值

根据农村污水处理设施排入地表水的环境功能和保护目标，将控制项目的标准值分为一级标准、二级标准和三级标准。

1) 出水排入 GB 3838 地表水 III 类功能水域（划定的饮用水源保护区和游泳区除外）且规模在  $10\text{m}^3/\text{d}$ （含）- $500\text{m}^3/\text{d}$ （不含）时执行表 1.5-1 规定的一级标准，规模在  $10\text{m}^3/\text{d}$ （不含）以下时执行表 1.5-1 规定的二级标准。

2) 出水排入 GB3838 地表水 IV 类、V 类功能水域且规模在  $10\text{m}^3/\text{d}$ （含）- $500\text{m}^3/\text{d}$ （不含）时执行表 1.5-1 规定的二级标准，规模在  $10\text{m}^3/\text{d}$ （不含）以下时执行表 1.5-1 规定的三级标准。

3) 出水排入村庄附近池塘等环境功能未明确的水体时执行表 1.5-1 规定的三级标准。

表 1.4-1 水污染物排放浓度限值

单位:mg/L

序号	控制项目	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH（无量纲）	6-9		
2	悬浮物（SS）	20	30	50
3	化学需氧量（COD <sub>cr</sub> ）	60	100	120

4	氨氮（以 N 计）	8（15） <sup>a</sup>	25（30） <sup>a</sup>
5	总氮（以 N 计） <sup>b</sup>	20	—
6	总磷（以 P 计） <sup>b</sup>	1	3
7	动植物油 <sup>c</sup>	3	5

a: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标, 括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。  
b: 出水排入封闭水体或超标因子为氮磷的不达标水体时增加的控制指标。  
c: 进水含餐饮服务的农村污水处理设施增加的控制指标。

### 1.4.6.2 间接排放限值

纳管式农村生活污水收集治理模式, 污水就近排入市政管网前须达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015) 要求。

### 1.4.6.3 特别排放限值

对洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区, 要求排水指标增加氮、磷控制指标, 县级以上人民政府可根据水环境保护实际需求, 执行更严格的排放限值。

### 1.4.6.4 资源化利用处理要求

#### 1) 黑水资源化利用参照标准

厕所建设达到《农村户厕卫生规范》(GB19379-2012) 的要求, 厕所污水尽可能资源化利用, 经三格化粪池等设备完成无害化处置后作为农业肥料。

#### 2) 尾水资源化利用参照标准

尾水利用应满足国家或地方相应的标准或要求。其中, 回用于农田、林地、草地等施肥的, 应符合施肥的相关标准和要求, 不得造成环境污染; 回用于农田灌溉的, 相关控制标准应满足 GB5084 规定; 回用于渔业的, 相关控制标准应满足 GB11607 规定; 回用于景观环境的, 相关控制标准应满足 GB/T18921 规定; 回用于其他用途的, 执行国家或湖南省相应回用水水质标准。

## 1.4.7 治理工程验收要求

集中式污水处理设施设计应委托具有资质的设计单位按国家相关规范进行，其设施验收包含工程验收及环保验收。

1) 构筑物验收功能性试验可按国家现行标准《给排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141的有关规定执行。

2) 管道功能性试验可按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268的有关规定执行。

3) 设备验收可按现行国家标准《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB50334的有关规定执行。

4) 工程验收必须包括环保验收，验收项目至少包括设施处理前后的水质、水量指标。

## 2 术语和定义

### 1) 农村生活污水

农村居民生活所产生的污水，主要包括农户冲厕和村庄公厕污水及洗涤、洗浴和厨房排水，以及农村旅游接待户、旅馆饭店等排水，不包括乡镇企业工业废水、规模化农副产品加工废水、旅游区营业性集中餐饮废水、畜禽养殖和屠宰废水等。

### 2) 黑水

居民厕所污水，包指粪便、尿液和冲洗水。

### 3) 灰水

除黑水以外的污水，包括洗涤、洗浴污水和厨房污水。

### 4) 农村生活污水处理设施

对农村生活污水进行收集与治理的建筑物、构筑物及设备。

### 5) 分散式污水处理

单户或多户的污水进行就地处理或资源化利用的方式。

### 6) 集中式污水处理

村庄或一定范围内的农户的污水经管网收集就近接入污水处理站的处理方式。

### 7) 纳管处理

指位于城镇内及其周边村庄的污水经污水支管收集后直接纳入城镇污水干管，由城镇污水处理厂统一处理的方式。

## 3 排放量与收集系统

### 3.1 水质及排放量

#### 3.1.1 水质

1) 农村生活污水中污染物浓度的波动随季节及居民生活方式等因素出现较大波动性。

2) 农村生活污水水质宜以实测值为基础分析确定，无实测资料时，在住户设置化粪池的情况下，污水水质可参照表 3.1-1 取值：

表 3.1-1 湖南地区农村生活污水水质范围参考表

单位：mg/L

主要指标	pH	SS	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	TP
黑水	6.5-8.5	600-2400	1000-2000	400-1200	120-180	150-300	20-60
灰水	6.5-8.5	10-80	30-250	10-70	5-25	10-40	0.3-4
综合排水	6.5-8.5	100-200	100-300	60-150	20-80	40-100	2.0-7.0

#### 3.1.2 排放量

##### 3.1.2.1 水量

农村生活污水量与经济发展水平、生活方式、生活习惯与习俗以及季节差异等因素有关，水量变化大，因此在确定农村生活污水排放量过程中，应考虑用水量、排放系数、收集率等因素。农村生活污水

用水量如表 3.1-2 所示：

表 3.1-2 湖南省农村居民生活用水定额参照表（单位：L/人.d）

村庄类型	集中式供水用水量	分散式供水用水量
经济条件好，全日供水，室内厨房、厕所、洗涤、淋浴等卫生设施齐全，旅游区	80-100	70-80
经济条件较好，全日供水，室内卫生设施较齐全	60-80	50-70
经济条件一般，全日供水，室内有部分卫生设施	40-60	30-50

### 3.1.2.2 排放量

湖南省村镇数目多，各区域村庄人口密度差异大，具体村庄或散户的排水量可根据实地调查结果确定。在没有调查数据的地区，可采取如下方法确定排水量：洗浴和冲厕排水量可按相应用水量的 60-80% 计算；洗衣污水排水量为用水量的 70%；厨房排水量则需要询问当地村民的厨房排水用途，如是否用于喂猪等，如果通过管道排放则一般按用水量的 60% 计算。通过排放系数确定的污水排放量可作为污水处理设施进水流量设计的参考值。

## 3.2 收集系统

### 3.2.1 收集原则

#### 1) 雨污分流

污水收集原则上需采用分流制，宜通过管道收集。新建污水收集系统必须为完全分流制，采用分流制排水系统的村庄，其雨水收集可根据各地实际采用沟渠、管道收集或就地自然排放。现采用合流制污水收集系统的地方须逐步改造为分流制；目前确实无法改造的，宜采用截流式合流制。

#### 2) 应收尽收

鼓励黑灰水分流制，鼓励采用粪便与生活杂排水分离的新型生态排水系统，洗浴污水、厨房污水和其他洗涤污水可直接接入污水收集管网，厕所污水须经化粪池预处理后接入污水收集管道，庭院污水应全部纳入排水系统，通过管道进入污水收集管网。

### **3) 分类处置**

村庄人口密度低，生活污水排放面广，不能直接套用城市污水集中收集模式。有条件且位于城镇污水处理厂服务范围内的村庄，应建设和完善污水收集系统，将污水纳入到城镇污水管网；其它村庄应根据农村实际，结合当地的地形条件、村落分布，因地制宜地选取分散收集或集中收集方式，根据区域环境配套建设污水处理设施达标排放或资源化利用。

### **4) 经济合理**

收集系统应与当地经济条件、村庄地形地貌及周边人文自然环境相协调，在自然条件下能够依靠重力收集的，优先选择重力收集系统，特殊情况下，可以选择压力收集系统或真空收集系统。

## **3.2.2 收集模式**

### **3.2.2.1 纳管式收集模式**

对于城市近郊区等有基础、有条件的县市区周边和邻近城镇污水管网的规划村庄，优先考虑纳管处理模式，建设和完善污水收集系统，将村庄生活污水纳入城镇污水管网，纳入城镇污水处理厂集中处理。

符合以下三种条件的自然村庄，生活污水可以直接纳入城镇污水管网统一集中处理。

①村内有市政污水管道直接穿过；②区域生活污水可以依靠重力流直接流入市政污水管管道；③距污水处理厂 2 公里范围内的村庄。

### 3.2.2.2 集中式收集模式

相对集中居住的单个自然村或相邻几个自然村的生活污水宜统一收集，集中处理达标排放。村庄污水集中收集与处理应因地制宜，灵活布置，审慎决策。应根据地区自然地理情况且尽可能减少管网长度，以节省管网建设资金和减少管网维护工作量。污水收集应符合《村庄整治技术规范》（GB50445-2008）和《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）等相关规定要求。

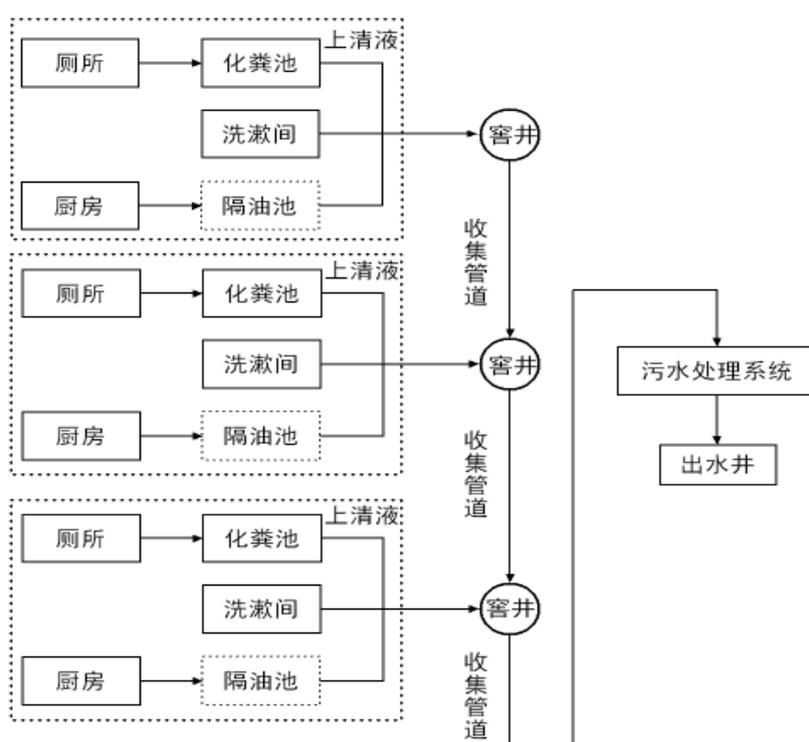


图 3.2-1 集中式农村生活污水收集模式

### 3.2.2.3 分散式收集模式

分散收集是将居住分散或较为偏僻的单户或相邻农户的化粪池上清液和厨房、洗衣、洗浴等排放的污水统一收集，并排放至设在住户附近的分散处理设施的污水收集模式。适用于偏僻的单户或相邻几户农户的生活污水收集。污水量不大于  $5\text{m}^3/\text{d}$ ，通常服务人口在 50 人以内，服务家庭数在 10 户以内或根据农户地理地形位置在 10 户以

上的一定范围内。污水的收集应符合《村庄整治技术规范》和《镇(乡)村排水工程技术规程》等相关规定要求。

### 1) 庭院式排水收集系统

湖南省地区差异较大，人们生活习惯、风俗文化不尽相同，因此庭院式布局也形式各异；庭院排水收集系统如图 3.2-3、3.2-4 所示，将厕所化粪池（上清液）和厨房、洗衣、洗浴等排放的污水统一收集，其出水可农用或进一步处理达标排放。

此收集系统一般污水量不大于  $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，服务人口 5 人以下，服务家庭户数 1 户，如为“农家乐”经营户，则必须设置隔油池。

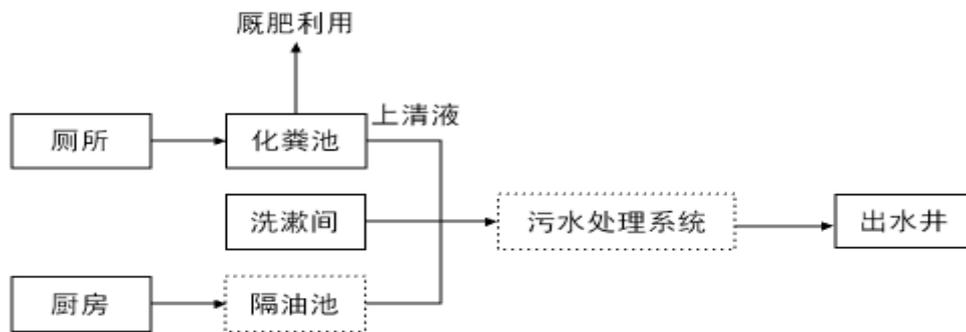


图 3.2-2 庭院式农村生活污水收集模式 (a)

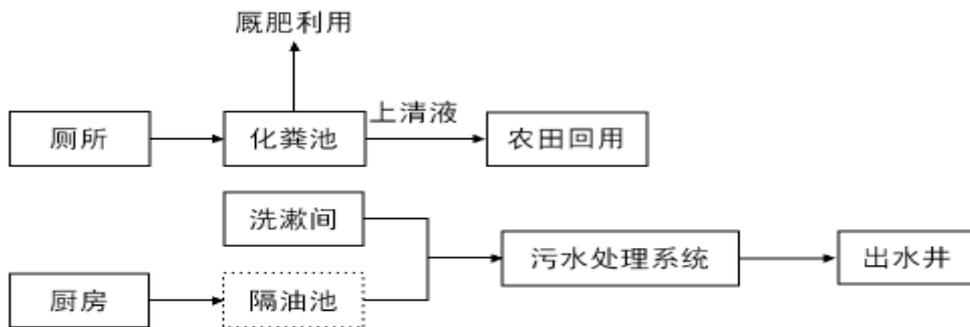


图 3.2-3 庭院式农村生活污水收集模式 (b)

### 2) 分散式多户连片排水收集系统

多户连片污水分散收集系统指将相互毗邻的农户，在庭院污水收集的基础上，根据村镇庭院的空间分布情况和地势坡度条件，将各户的污水用管道或沟渠成片收集。

多户连片污水收集系统一般污水量不大于  $5\text{m}^3/\text{d}$ ，服务人口通常宜在 5-50 人，服务家庭数宜在 2-10 户或根据农户地理地形位置在 10 户以上的一定范围内。在单户收集系统基础上，将各户污水用管道引入污水处理设施。多户收集系统参见图 3.2-4，如涉及“农家乐”经营户，则必须设置隔油池。

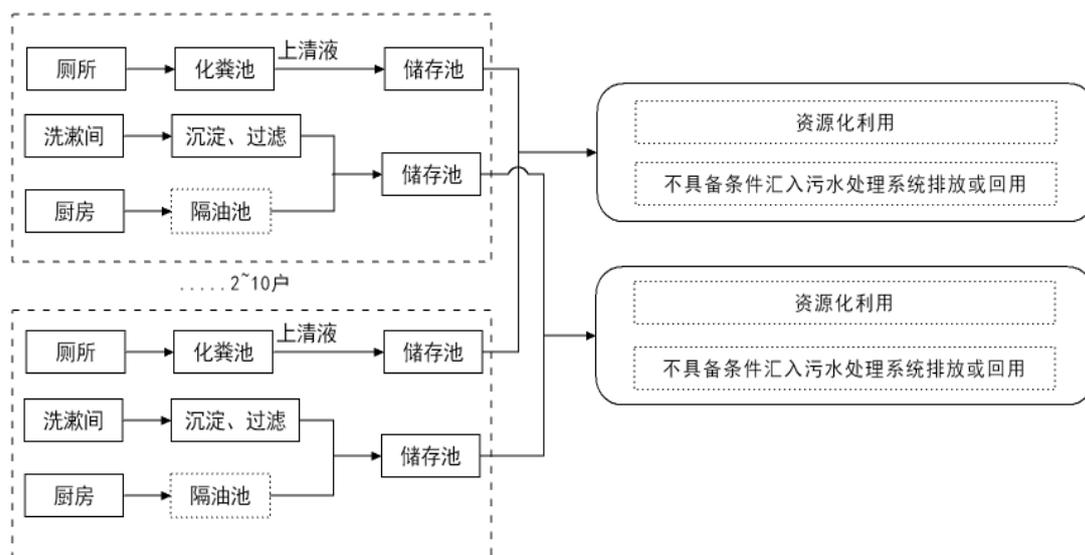


图 3.2-4 多户联片生活污水收集模式

### 3.2.3 收集方式

农村生活污水收集首先考虑重力收集，在不满足重力收集的条件下，可采用压力收集、真空收集方式。

#### 3.2.3.1 重力收集方式

重力收集系统由接户管、主管、干管、检查井和提升泵站组成，各类污水由出户管经窨井排入接户管或直接经出户井排入排水主管。适用于具有坡度或不受河流、道路等条件限制的村庄生活污水的收集。对于在庭院内洗涤衣服、杂物等情况，应在庭院内设置污水收集槽，槽顶高出地面 20cm，以避免雨水进入，收集槽排水经出户管通过出户井排至排水管。

### 3.2.3.2 压力收集方式

压力收集系统是以压力管道输送污水的系统，由调节池、压力检查井、排气阀井、排泥放空井、压力管道、污水压力泵站组成。适用于需要提升污水以自流入污水处理设施或市政管网、地形复杂、长距离输送以减小管道埋深的情况。

### 3.2.3.3 真空收集系统

真空收集系统可应用于不能采用重力或压力收集系统的村庄地区。真空收集系统又称室外真空排水系统，是利用真空设备使排水管道内产生一定真空度，利用空气压差输送污水的排水系统。真空收集系统无需对原建筑物内重力排水系统进行改造，系统由收集箱、真空管道和真空泵站三部分组成。污水首先通过重力管道收集至室外收集箱中，当液位到达一定高度，收集箱内真空阀在控制器的作用下开启，将污水和数倍体积的空气抽吸至真空管道中，最后进入真空泵站。真空泵站内污水泵和真空泵分别将收集而来的污水和空气排出系统。

适用条件：真空收集系统适用于生活污水排水点分散、排水距离较长地势平坦排水管道需要跨越障碍物（如小河、管沟、供水管）、地下水位较高、人口密度低、水源保护区、临时排污点和由于地下管道施工可能影响交通等区域、以及处于文化保护的原因难以实现雨污分流和管道入户改造的截污工程。

在设计施工真空排管网时，应当根据当地地形、地质条件、服务对象的标高接纳污水管溢的标高、污水处理泵站的地点以及外界环境大气压力、地下水水位和真空排水管道穿越地区地下永久性构筑物等情况综合考虑。真空收集系统具体设计参照《室外真空排水系统工程技术规程》（CECS316-2012）。

## 4 治理工艺技术选择

### 4.1 常用处理工艺

#### 4.1.1 预处理单元与设施

##### 4.1.1.1 化粪池

###### 1) 概述

化粪池是一种利用沉淀和厌氧微生物发酵的原理，以去除粪便污水或其他生活污水中悬浮物、有机物和病原微生物为主要目的的小型污水初级处理设施。污水通过化粪池的沉淀作用可去除大部分悬浮物（SS），通过微生物厌氧发酵作用可降解部分有机物（COD、BOD<sub>5</sub>），池底沉积的污泥可用作农肥。

化粪池的优点：具有结构简单、易施工、造价低、维护管理简便、无能耗、运行费用很低、卫生效果好等优点。

化粪池的不足：沉积污泥多，需定期进行清理；综合效益不高；污水易渗漏；化粪池处理效果有限，出水水质差，一般不能直接排放，需经后续好氧生物处理单元或生态技术单元进一步处理。

化粪池的适用范围：可广泛应用于中南地区农村污水的初级处理，特别适于厕所的粪便与尿液的预处理。

###### 2) 类型和结构

化粪池根据建筑材料和结构的不同主要可分为砖砌化粪池、现浇钢筋混凝土化粪池、预制钢筋混凝土化粪池和玻璃钢化粪池等。根据池体形状可以分为矩形化粪池和圆形化粪池。根据池体格数可以分为单格化粪池、两格化粪池、三格化粪池和四格化粪池等。

根据湖南地区农村生活污水水质和水量特点，推荐采用三格化粪池。其结构如图 4.1-1 所示。

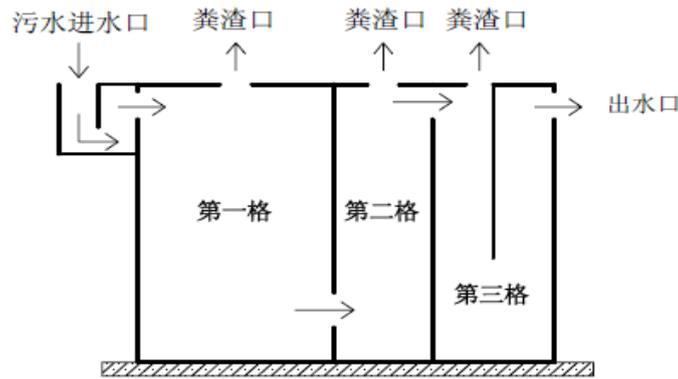


图 4.1-1 三格化粪池典型结构示意图

### 3) 设计要求

化粪池的具体设计可参考《给水排水设计手册》第 2 册和《镇(乡)排水工程技术规程》CJJ124-2008 的相关规定。

化粪池的主要设计事项如下：

- ①为防止污染地下水，化粪池须进行防水和防渗设计。
- ②化粪池设计应与排水和污水处理系统统一设计，使之与排水系统和污水处理系统形成一个有机整体，充分发挥化粪池的功能。
- ③化粪池的平面布置选址应充分考虑当地地质、水文情况和基底处理方法，以免施工过程中出现基坑护坡塌方、地下水过多而无法清底等问题。
- ④化粪池距地下给水排水构筑物距离应不小于 30m，距其他建筑物距离应不小于 5m，化粪池的位置应便于清掏池底污泥。
- ⑤湖南地区农村化粪池的水力停留时间宜达到 30d 以上。
- ⑥化粪池水深不应小于 1.3m，池长不应小于 1m，宽度不应小于 0.75m。

### 4) 造价指标

化粪池类型和材质不同，其造价亦不同。国标砖砌化粪池与预制钢筋混凝土组合式化粪池的单池价格预算如表 4.4-1 所示。

表 4.1-1 国标砖砌化粪池与预制钢筋混凝土化粪池预算表

容积 (m <sup>3</sup> )	1.8	2.5	15	20	30	40	50	100
国标砖砌化粪池 (万元)	0.17	0.21	1.37	1.42	1.98	2.51	3.08	6.27
预制钢筋混凝土 化粪池 (万元)	——	——	0.82	1.23	1.64	2.13	2.50	4.93

## 5) 运行管理

化粪池日常维护检查包括水量控制、防漏、防臭、清理格栅杂物和清理池渣等工作。

①水量控制：化粪池瞬时流量不宜过大，过大水量会稀释池内粪便等固体有机物，缩短固体有机物厌氧消化时间，降低化粪池处理效果；且大水量易带走悬浮固体，造成管道堵塞。

②防漏检查：定期检查化粪池的防渗设施，以免粪液渗漏污染地下水及周边环境。

③防臭检查：定期检查化粪池的密封性，化粪池池盖是否盖好，避免池内恶臭气体溢出污染周边空气。

④清理格栅杂物：若化粪池第一格安置有格栅时，应注意检查格栅，发现有大量杂物时应及时的清理，防止格栅堵塞。

⑤清理池渣：化粪池运行 1-3 年后需定期清理池渣，可采用专用的槽罐车，对化粪池池渣每年清抽一次。

⑥其他注意事项：在清渣或取粪水时，不得在池边点灯、吸烟等，以防粪便发酵产生的沼气遇火爆炸；检查或清理池渣后，井盖要盖好，以免对人畜造成危害。

### 4.1.1.2 沼气池

#### 1) 概述

厌氧发酵又称为沼气发酵，是指含有大量有机质的污水、污泥和粪便，在一定的温度和厌氧条件下，通过微生物的分解代谢，最终生

成甲烷和二氧化碳等气体（沼气）的生物化学过程。沼气发酵池作为黑水预处理技术，处理出水仍需进一步处理，直至达标排放。

农村建设庭院独户沼气池或多户连片沼气发酵池可参照《沼气工程技术规范》（NY/T1220.1~5-2006）设计和管理。沼气发酵池产生的沼液和沼渣收集后可作为肥料使用。

## 2) 类型和结构

我国农村用沼气池的类型有固定拱盖的水压式池、大揭盖水压式池、吊管水压式池、曲流布料水压式池、顶返水水压式池、分离浮罩式池、半塑式池、全塑式池和罐式池。

## 3) 设计要求

沼气池宜采用圆筒形水压式结构，沼气池池墙、池底和水压间可采用混凝土结构，拱盖可采用无模拱法砖砌筑。沼气池容积可根据家庭人口和饲养畜禽数量确定，独户沼气发酵池容积宜为 4-8m<sup>3</sup>，多户连片沼气发酵池容积应根据户数、服务人口和处理规模等情况确定。

表 4.1-2 沼气发酵池主要技术参数

主要技术指标		设计运行参数
产气压力	正常工作气压	≤800Pa
	池内最大气压	≤1200Pa
平均产气率（自然温度发酵）		0.15m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d
贮气池容积		昼夜产气量的 50%
最大投料量		≤发酵池有效池容的 90%
使用寿命		15-20 年

## 4) 造价指标

沼气池投资成本为 250-350 元/m<sup>3</sup>（池容积）；运行费用低于 0.10 元/m<sup>3</sup>（发酵料液）

## 5) 运行管理

沼气发酵池在自然温度下发酵运行时，平均产气率设计参数可采

用  $0.15\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{d}$ ，最大投料量设计值以不大于发酵池有效容积的 90% 为宜。沼气发酵池副产物沼液可收集并作为液态肥直接还田利用，沼渣经脱水 and 好氧发酵等无害化处置后可作为有机肥还田利用。沼液、沼渣不能及时还田时应妥善储存，避免流失进入环境。

### 4.1.1.3 厌氧生物膜池

#### 1) 概述

厌氧生物膜反应池是通过在厌氧池内填充生物填料强化厌氧处理效果的一种厌氧生物膜技术。能有效降低后续处理单元有机污染负荷，提高污染物去除效果；正常运行时，厌氧生物膜反应池对 COD 和 SS 的去除效果一般能达到 40-60%。

厌氧生物膜反应池的优点：投资省、施工简单、无动力运行、维护简便；池体埋于地下，其上方可覆土种植植物，美化环境。

厌氧生物膜反应池的不足：对氮磷基本无去除效果，出水水质较差，须接后续处理单元进一步处理后才能排放。

厌氧生物膜反应池适用范围：广泛适用于湖南各区域农村生活污水的初级处理。

#### 2) 基本结构

厌氧生物膜反应池典型结构如图 4.1-2 所示。

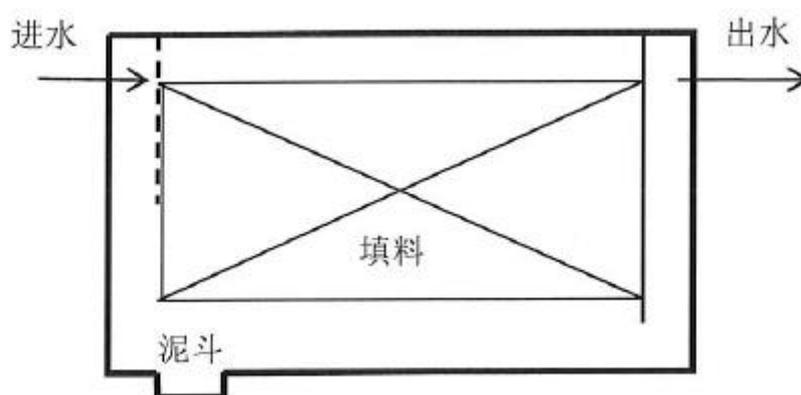


图 4.1-2 厌氧生物膜池结构示意图

#### 3) 设计要求

厌氧生物膜反应池的设计参数主要包括：水力停留时间 HRT、有机负荷、池体有效容积、污泥排泥时间、污泥斗有效容积、填料类型及规格、填料安装高度和间距等。

厌氧生物膜反应池 HRT 一般可取 2-5d。

由于增加了填料，使微生物附着生长于填料上，脱落的生物膜污泥定期排放，其排泥时间可为 3 月-1 年，具体可视污泥斗的容积和处理量而定。污泥斗有效容积可取上层反应池有效容积的 1/8-1/4。

厌氧生物膜反应池中填料特征需满足以下条件：

- ①具有高比表面积，有利于微生物生长；
- ②材料抗腐蚀性，在厌氧酸化条件下稳定可靠；
- ③不易堵塞，质量轻，易于安装或悬挂；
- ④价格低廉，运输方便。

常用的填料有纤维填料和软性填料等，填料最好淹没于水面以下，其上端距液面距离可为 10-30cm，下端距污泥斗泥层距离可取 10-40cm，填料安装的具体参数可参考供货厂商。

为避免水流短路，实现均匀布水，进水处宜设置进水槽，出水一侧宜设置导流板，导流板距池侧壁距离一般可取 10-50cm，导流板下端距污泥层距离一般可取 10-40cm。厌氧生物膜反应池池顶超高一般可取 20-60cm，并设置溢流管；池底设置排泥管。此外，厌氧生物膜反应池多埋于地下，应考虑抗浮设计和结构设计等。

#### 4) 造价指标

厌氧生物膜反应池的建造费用因池壁材料、内部填料和池体大小不同而不同。池壁采用钢筋混凝土建造比砖砌抹面高；处理规模越大，单位污水量的池体建造费用越低；池体建造费用和填料购置费用可咨询土建结构专家和填料供货商。厌氧生物膜反应池的运行费用仅来自

于池底污泥的定期排放处置和日常检查，不耗电，运行费用很低。

### 5) 运行管理

厌氧生物膜反应池的运行管理主要为污泥的定期排放与处置，污泥排放后不能随意堆置，否则易生蚊蝇，渗漏水会对周边水体环境造成二次污染。污泥排放量少且污泥浓度低，则建议返回化粪池，进行循环处理；若污泥排放量大或污泥浓度高，则建议跟后续好氧处理设施如氧化沟等排放的污泥一起进行适当处理处置。

## 4.1.2 生物处理单元与设施

### 4.1.2.1 生物接触氧化池

#### 1) 概述

生物接触氧化池是生物膜法的一种。其特征是池体中填充填料，污水浸没全部填料，通过曝气充氧，使氧气、污水和填料三相充分接触，填料上附着生长的微生物可有效去除污水中悬浮物、有机物、氨氮和总氮等污染物。

生物接触氧化池的优点：占地面积小、污泥产量少、无污泥回流、无污泥膨胀；生物膜内微生物量稳定，生物相丰富，对水质、水量波动的适应性强；操作简便、较活性污泥法的动力消耗少；对污染物去除效果好。

生物接触氧化池的不足：加入生物填料导致建造费用增高；可控性差；对磷的去除效果较差，对总磷指标要求较高的农村地区应配套建设出水的深度除磷设施。

生物接触氧化池适用范围：适用于有一定经济承受能力的农村，可建造成单户、多户污水处理设施或村落污水处理站。若作为单户或多户污水处理设施，为减少曝气耗电、降低运行成本，宜利用地形高差，通过跌水充氧完全或部分取代曝气充氧。

## 2) 基本结构

根据污水处理流程，生物接触氧化池可分为一级接触氧化、二级接触氧化和多级接触氧化。二级接触氧化和多级接触氧化可在各级接触氧化池中间设置中间沉淀池，提高出水水质。根据曝气装置位置的不同，生物接触氧化池可分为分流式和直流式。分流式接触氧化池污水先在单独的隔间内充氧后，再缓缓流入装有填料的反应区；直流式接触氧化池是直接在填料底部曝气。

按水流特征，生物接触氧化池可分为内循环和外循环式。内循环指单独在填料装填区进行循环；外循环指在填料体内、外形成循环。生物接触氧化池主要由池体、填料、支架及曝气装置、进出水装置以及排泥管道等部件组成，内循环直流式接触氧化池的基本结构如图 4.1-3 所示。

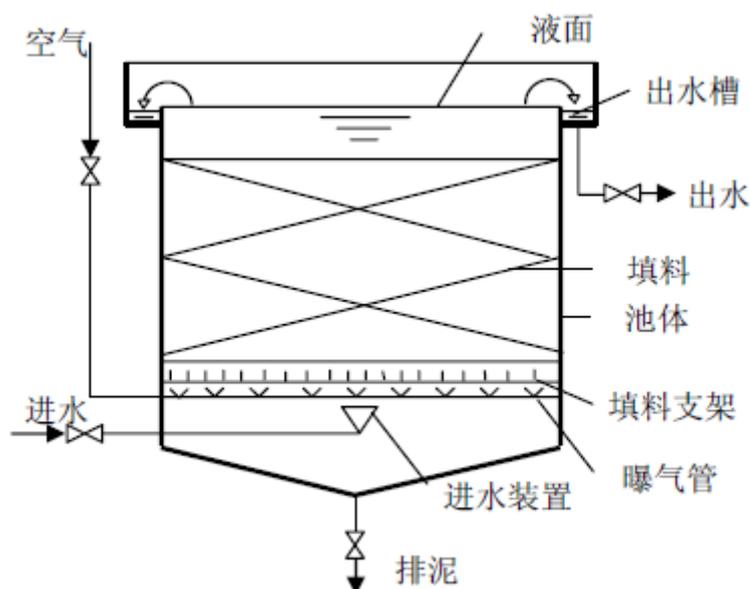


图 4.1-3 内循环直流式接触氧化池结构示意图

## 3) 设计要求

生物接触氧化池前应设置沉淀池等预处理设施，以防止堵塞。沉淀单元可以是单独的沉淀池或一体化设备中的沉淀单元，已建符合防水要求的化粪池也可作为沉淀池。此外，需要合理布置生物接触氧化

池的曝气系统，实现均匀曝气。填料装填要合理，以防止堵塞。

(1) 池体及内部构筑物

①处理规模在 200 人以下的生物接触氧化池的设计参数。

有效容积按下列公式计算：

$$V=nQ(La-20)/M$$

式中：V——生物接触氧化池的有效容积（m<sup>3</sup>）；

Q——每人每天污水量（m<sup>3</sup>/人.d）；

n——人数；

La——进水 BOD<sub>5</sub> 浓度；（mg/L）

M——BOD<sub>5</sub> 负荷（gBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d），宜按照表 4.1-3 取值。

表 4.1-3 生物基础氧化 BOD<sub>5</sub> 负荷参数

处理对象人数（n）	1<n≤50	50<n≤200
好氧式（1）	180	225
好氧式（2）	120	140
兼氧式（2）	80	140

注：好氧式（1）为去除 COD 和 BOD<sub>5</sub> 功能的处理方法，有脱氮需求时将好氧式（2）与兼氧式（2）联合使用，反应池依顺序为兼氧式（2）、好氧式（2），并设置污水回流装置。

此外，还应满足下列要求：

a) 好氧式生物接触氧化池曝气时间为 1.5-3h，停留时间为 1.5d 左右，池内溶解氧含量维持 2.0-3.5mg/L。

b) 池体底面多采用矩形或方形，长与宽之比应该在 1:2-1:1 之间。

c) 处理规模超过 30 人，分格数不少于 2，并按同时工作设计。每格面积不宜大于 25m<sup>2</sup>；处理规模超过 40 人，有效水深宜大于 1.5m。

d) 单户或多户规模的池体可用热塑性复合材料、PVC 塑料和玻璃钢等；村落规模的接触氧化池池体应采用钢板焊接制成或用钢筋混凝土浇注砌成。生物接触氧化池进水端应设置导流槽，导流槽与生物

接触氧化池应采用导流板分隔，导流板下缘至填料底面的距离推荐为 0.15-0.4m。出水一侧斜板与水平方向的夹角应在 50°-60°之间。

e) 生物接触氧化池应在填料下方满平面曝气，宜采用穿孔管曝气，每根穿孔管水平长度不宜大于 5m，材质可选择 PVC 塑料或不锈钢，用电钻打孔制成；为防止堵塞，曝气时应保证开孔朝下；最好配置调节气量的气体流量计和方便维修的设施；池底部应设置放空阀。

②处理规模在 200 人以上的生物接触氧化池的设计参数。

处理规模 200 人以上的村落污水处理站如采用生物接触氧化池，在能按照城市污水厂运行管理的前提下，可参照城市生活污水处理生物接触氧化池的设计和运行参数。

池体底面多采用矩形或方形，长与宽之比应该在 1:2-1:1 之间；

池子个数或分格数一般不少于 2 个，每格面积不宜大于 25m<sup>2</sup>；

容积负荷一般采用 1000-1500gBOD<sub>5</sub>/ (m<sup>3</sup>.d)；

溶解氧一般维持在 2.5-3.5mg/L 之间，气水比 15:1-20:1。

## (2) 填料

填料是决定生物接触氧化池处理效果的关键，需满足以下要求：

①水力特性：比表面积大、空隙率高、水流通畅、阻力小、流速均一；

②生物膜附着性：良好挂膜效果，外观形状规则、尺寸均一、表面粗糙程度大；

③化学与生物稳定性强：经久耐用、不溶出有害物质、不产生二次污染；

④货源稳定充足、价格低廉、便于运输与安装等；

⑤填料分层装填、装填高度一般不超过 3m、填充率大于 55%；

⑥填料下端与池体底部保持合适的距离。

### (3) 设计尺寸

不同处理规模的生物接触氧化池的设计参数可参考表 4.1-4 取值。其中村落规模的生物接触氧化池可设计成二段式。

表 4.1-4 不同处理规模的生物接触氧化池设计参数表

规模	池体尺寸	适宜填料	施工材料	备注
单户	底面积 0.3-0.5m <sup>2</sup> , 池高 1.0-1.5m, 填料层高度 0.6-1.0m	软性、半软性	热塑性复合材料、PVC 塑料材料、玻璃钢	均匀曝气
多户	底面积 2.0-4.0m <sup>2</sup> , 池高 1.2-1.8m, 填料层高度 0.8-1.3m	软性、半软性	热塑性复合材料、PVC 塑料材料、玻璃钢	均匀曝气
村落	底面积 10-15m <sup>2</sup> , 池高 2.5-3.0m, 填料层高度 1.8-2.2m	球形、蜂窝	钢板或钢筋混凝土	可采取二段式

### 4) 造价指标

生物接触氧化池一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模不同而差异较大，从几百至几万不等；填料种类不同，价格差异明显，以价格较高的新型球形塑料填料为例，填充一立方米体积所需要的填料价格在 600 元左右。生物接触氧化池运行费用低于传统活性污泥反应池和氧化沟。

### 5) 运行管理

#### (1) 系统启动

系统启动时，投加临近污水处理厂的好氧污泥，或加入粪水，闷曝 3-7 天后开始少量进水，并观察检测出水水质，逐渐增大进水流量至设计值，同时调整曝气量，保持气水比在 15:1-20:1 之间，如果有条件应测定反应池内溶解氧浓度，最好维持在 2.0-3.5mg/L 之间。

#### (2) 日常维护

正常运行时，需观察填料载体上生物膜生长与脱落情况，并通过调节气量防止生物膜的整体大规模脱落。确定有无曝气死角，调整曝

气头位置，保证均匀曝气；定期察看有无填料结块堵塞现象发生，如有应予以及时疏通；定期排放二沉池污泥，可由市政槽车抽吸外运处理，也可经卫生处理达到相关要求后用于农田施肥。

#### 4.1.2.2 氧化沟

##### 1) 概述

氧化沟因其构筑物呈封闭的环形沟渠而得名，是活性污泥法的一种变型。因为污水和活性污泥在沟中不断循环流动，因此也称其为“循环曝气池”、“无终端曝气池”。氧化沟通常按延时曝气运行，以延长水和微生物的停留时间和降低有机污染负荷；通常使用卧式或立式的曝气和推动装置，向反应池中混合液传递水平速度和溶解氧。

氧化沟的优点：氧化沟一般不设初沉池、结构与设备简单，运行管理简便、投资较省；耐冲击负荷强、剩余污泥少、处理效果好。

氧化沟的不足：长污泥龄运行有时出水中悬浮物较高，影响出水水质；相对其他好氧生物处理工艺，传统氧化沟占地面积大；耗电高于曝气池。

氧化沟适用范围：适用于处理污染物浓度相对较高的污水；处理规模宜大不宜小，适合村落污水处理。污水经过农村适用的氧化沟工艺处理后，出水通常达到或优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的二级标准。如果接纳水体有更严格要求，则需要进一步处理。

##### 2) 基本结构

氧化沟类型多，如帕思维尔(Passever)氧化沟、卡罗塞(Carrousel)氧化沟、奥尔伯(Orbal)氧化沟、射流曝气氧化沟、障碍式氧化沟、T型(又称三沟式)、D型(又称双沟式)、DE型氧化沟、一体化氧化沟以及将曝气与推动循环流动功能相分离的氧化沟等。在上述种类繁多的氧化沟工艺中，Passever氧化沟和一体式合建氧化沟更适合农

村经济状况和技术水平。

Passveer 氧化沟如图 4.1-4 所示，其沟渠为跑道形，沟上安装一个或数个转刷，通过转刷转动推动水流在沟内循环流动和充氧。

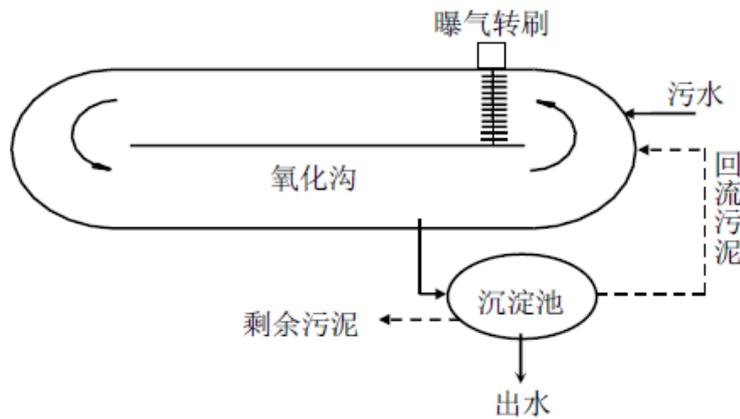


图 4.1-4 Passveer 氧化沟构造示意图

一体化氧化沟将沉淀池与氧化沟建在同一构筑物中，利用水流动力实现无泵回流，从而节省污泥回流费用。一体化氧化沟需要专门的固液分离装置，按固液分离装置的位置分为沟内分离器型和沟外分离器型。沟内分离器型比较典型的是 BMTS 和 BOAT。沟外分离器型将固液分离器放置在氧化沟主沟的外面，这样可以减少固液分离器放置对氧化沟流态的影响。立体循环一体化氧化沟是沟外分离器型一体化氧化沟的一种。

BOAT 型一体化氧化沟由于其分离器像水中的船而得名。其工作原理与 BMTS 型一体化氧化沟相似，其区别是 BOAT 型一体化氧化沟的固液分离器仅占据了部分表面沟道。

氧化沟的工艺特征如下：

①在流态上，氧化沟介于完全混合式与推流式之间，从水流动来看是推流式，由于流速快，可达 0.25-0.35m/s，进水能与沟内混合液快速混合，因此氧化沟的流态又是完全混合式。

②水力停留时间长，有机负荷低，运行稳定，处理水质良好。

③采用延时曝气法运行，污泥产率低，剩余污泥量少。

④污泥龄长，达 15-30d，为传统活性污泥系统的 3-6 倍。因此在反应器内能够存活增殖世代时间长的细菌如硝化菌和反硝化菌等，在沟内可发生硝化反应和反硝化反应，使氧化沟具有较强的脱氮能力。同时，氧化沟这种封闭循环式的结构能够交替产生好氧/缺氧区域，因而特别能满足污水的脱氮要求。

⑤对水温、水质和水量的变化有较强的适应性。

⑥工艺操作管理方便。可不设置初沉池，污水只经过格栅和沉砂池即可进入氧化沟。主要设施是氧化沟沟体和二沉池，工艺流程简单，操作和维护管理比较容易。在各种活性污泥处理工艺中，氧化沟的维护管理最为简单，产生机械故障的可能性也相对较小。

### 3) 设计要求

氧化沟的设计可参考《氧化沟设计规程》CECS112:2000。为保证活性污泥呈悬浮状态，沟内平均流速应在 0.3m/s 以上。混合液在沉淀池进行泥水分离，污泥回流到氧化沟中，因农村管理水平有限，剩余污泥宜定期排放并作适当处理。沉淀池可以采用常用的轴流沉淀池或平流沉淀池。

氧化沟的设计主要包括池体沟型设计、曝气装置的设计和沉淀池设计。设计参数宜根据试验资料确定，在无试验资料时，可参照类似工程选择，或参考以下参数：

污水停留时间：6-30h；

污泥停留时间：10-30d；

沟内流速：0.25-0.35m/s；

沟内污泥浓度：1500-5000mg/L；

氧化沟工艺二沉池的表面负荷 0.6-1.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h，一体化氧化沟固

液分离器表面负荷  $1.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$  左右。

氧化沟机械曝气设备除具有良好的充氧性能外，还具有混合和推流作用，设备选型时要注意充氧和混合推流之间的协调。氧化沟曝气转刷的技术参数可参照《曝气转刷认定技术条件》(HCRJ034-1998)。在有条件的地区，也可自行加工，以降低成本。

#### 4) 造价指标

氧化沟的建设成本主要包括池体建设和购置设备。一般钢筋混凝土池体的建设费用为  $600\text{-}1000$  元/ $\text{m}^3$ ，不同地区或池体埋地与否会有差别，采用钢板或玻璃钢池体的造价约为  $1000$  元/ $\text{m}^3$ 。转刷的费用为  $15000\text{-}30000$  元/ $\text{m}$ ，如果定做，会大幅度节省费用；转盘的费用更贵一些。

#### 5) 运行管理

参考设计单位运行指南进行维护管理，主要是氧化沟设备的检修维护。

### 4.1.2.3 曝气生物滤池

#### 1) 概述

曝气生物滤池反应器为周期运行，从开始过滤到反冲洗完毕为一个完整的周期。具体过程如下：经预处理的污水从滤池底部进入滤料层，滤料层下部设有供氧的曝气系统进行曝气，气水为同向流。在滤池中，有机物被微生物氧化分解， $\text{NH}_3\text{-N}$  被氧化成  $\text{NO}_3\text{-N}$ ；另外，由于在堆积的滤料层内和微生物膜的内部存在厌氧/缺氧环境，在硝化的同时实现部分反硝化，从滤池上部的出水可直接排出系统。随着过滤的进行，由于滤料表面新产生的生物量越来越多，截留的 SS 不断增加，在开始阶段滤池水头损失增加缓慢，当固体物质积累达到一定

程度，使水头损失达到极限水头损失或导致 SS 发生穿透，此时就必须对滤池进行反冲洗，以洗出滤床内过量微生物膜及 SS，恢复其处理能力。

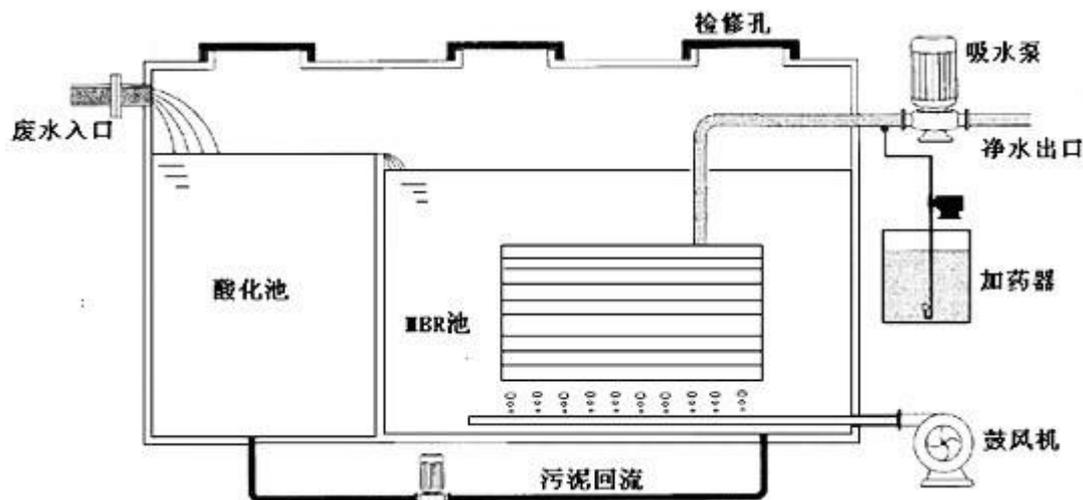


图 4.1-5 曝气生物滤池典型结构图

曝气生物滤池的优点：具有较高的生物浓度和较高的有机负荷，单位体积内微生物量远远大于活性污泥法中的微生物量（可达 10-15g/L）；池容积和占地面积小、基建费用低；抗冲击负荷能力强、无污泥膨胀问题、工艺简单出水水质好。

曝气生物滤池的缺点：进水的 SS 要求较高，需要采用对 SS 有较高处理效果的预处理工艺。而且进水的浓度不能太高，否则容易引起滤料结团、堵塞。

## 2) 基本结构

曝气生物滤池的基本构造主要包含：生物滤料层（用于承载活性污泥），用于布水布气的专用滤头；防堵塞专用单孔膜空气扩散端及曝气系统；反冲洗系统，维持滤池的正常运转。

## 3) 设计要求

### (1) 池型

为了保证反冲洗效果，单池面积不宜太大（ $\leq 100\text{m}^2$ ），平面上通

常采用矩形，单侧配水配气，纵横向长度尺度比 1: 1.2-1: 1.5，纵向（短边）长 $\leq 8\text{m}$  并应在横向（长边）前端沿全长设配水配气室均匀地配水配气；进水孔位于滤池底板面上，进气孔顶应与滤板底持平或稍低，孔径（50-80mm）不宜过大。

### （2）滤头与开孔率

曝气生物滤池通常用小阻力配水系统（长柄滤头）。为了避免堵塞，滤头缝隙应比给滤头宽（2.0-2.5mm），每个滤头缝隙总面积约 250-350mm<sup>2</sup>。开孔比可比给水滤池大，约 0.011-0.015。配气孔直径 2.0-2.5mm，位置应在滤杆丝扣之下或与滤板底面平，与滤杆下端的配水条形孔的距离应保持在 150-200mm 以上。

### （3）承托层

给水 V 型滤池滤头缝隙窄（0.25-0.3mm），开孔比小（约 0.008-0.01）配水较均匀，滤料一般采用均粒（0.9-1.2mm）石英砂，砾石承托层可简化为一层（粒径 2-4mm，厚 100-150mm）；滤头缝隙宽、开孔比大、冲洗强度较大，滤料为 3-6mm 的陶粒滤料，砾石承托层建议分为 2-4mm，4-8mm，8-16mm 三层布置，每层厚 50-100mm。

### （4）滤头防堵

上向流曝气生物滤池从滤板下进水，水中含较多悬浮物（特别是塑料薄膜碎片），长期运行滤头堵塞难以避免，一旦出现很难清洗。设计上除在池壁滤板底高度下设检修人孔外，还应考虑必要时利用滤池水位迅速地从上而下逆向冲洗滤头把堵塞物排走的相应措施。

### （5）压缩空气系统

曝气生物滤池与给水 V 型滤池一样通常采用气动蝶阀控制，后者的动力是压缩空气。压缩空气应经过仔细的过滤、干燥然后通过管

道输送到各气动阀门的电磁阀上，压缩空气系统的管道由于接头多，施工时应注意其气密性。否则会由于漏气导致空压机频繁起动，既浪费能源又影响空压机的寿命，为减少空压机起动频率，系统内另配一个较大的贮气罐是必要的。管道材质最好采用不锈钢管（或无缝钢管），焊接接头。

#### **4) 造价指标**

曝气生物滤池的一次性投资主要是池体建造、管道布设和购买填料。池体造价因处理规模不同而差异较大，从几百至几万不等，填料种类不同，价格差异明显，以价格较高的新型球形塑料填料为例。填充  $1\text{m}^3$  体积所需要的填料价格在 1200 元左右。

#### **5) 运行管理**

**系统启动：**系统启动时，投加临近污水处理厂的好氧污泥，或加入粪水，闷曝 3-7 天后开始少量进水，并观察检测出水水质，逐渐增大进水流量至设计值，同时调整曝气量，保持气水比在 15:1-20:1 之间，反应池内溶解氧浓度最好维持在 2.0-3.5mg/L 之间。

**日常维护：**正常运行时，需观察填料载体上生物膜生长与脱落情况，并通过调节气量防止生物膜的整体大规模脱落，确定有无曝气死角，调整曝气头位置，保证均匀曝气。定期察看有无填料结块堵塞现象发生，如有应及时疏通。

### **4.1.3 生态处理单元与设施**

#### **4.1.3.1 人工湿地**

##### **1) 概述**

人工湿地是一种通过人工设计、改造而成的半生态型污水处理系统，主要由土壤基质、水生植物和微生物三部分组成。

人工湿地的优点：投资费用省、运行费用低、维护管理简便，水

生植物可以美化环境、调节气候、增加生物多样性。

人工湿地的不足：污染负荷低、占地面积大、设计不当容易堵塞、处理效果受季节影响，随着运行时间延长除磷能力逐渐下降。

人工湿地适用范围：适用于居住较分散、土地面积相对丰富的农村地区，不仅可以治理农村水污染、保护水环境，而且可以美化环境，节约水资源。人工湿地广泛应用湖南省农村生活污水治理，在正常管理前提下效果较理想。

## 2) 类型和结构

人工湿地按水流特征，可分为表面流人工湿地、潜流人工湿地、垂直流人工湿地。表流人工湿地建造费用较省，但占地面积大于潜流和垂直流人工湿地，且冬季表面易结冰，夏季易繁殖蚊虫，并有臭味。

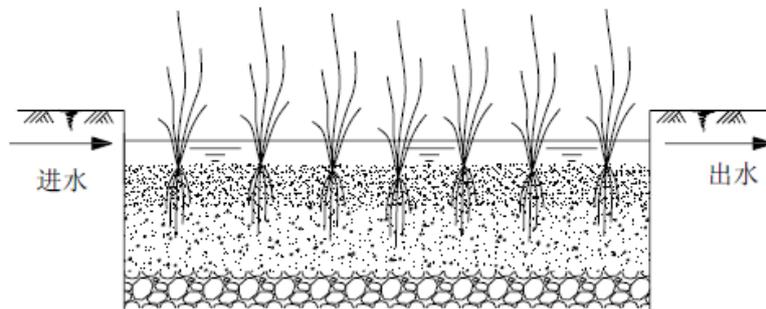


图 4.1-6 表流人工湿地示意图

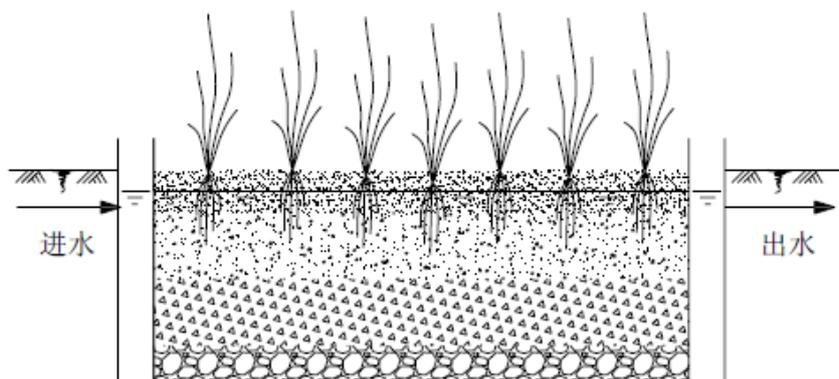


图 4.1-7 潜流人工湿地示意图

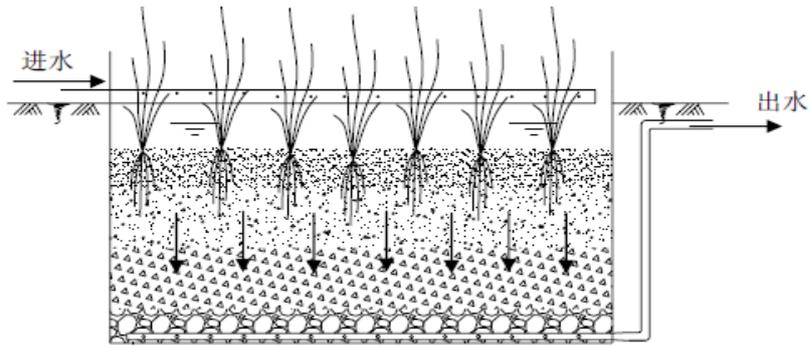


图 4.1-8 垂直流人工湿地示意图

### 3) 设计要求

人工湿地的设计可参考《人工湿地污水处理技术导则》(RISN-TG006-2009)，并根据实际情况因地制宜进行设计和运行。设计时首先确定污水的水量 and 水质，根据当地的地质、地貌、气候等自然条件选择合适的类型，然后根据相应的湿地类型进行设计。设计主要涉及以下几个方面：污染负荷、湿地面积、湿地床结构、基质材料选择、植被选择、水力状况、进水和排水周期等。

#### (1) 污染负荷人工湿

地污染负荷低，进水污染物浓度特别是悬浮物浓度不能太高，一般不超过 50mg/L，否则容易堵塞。不同类型人工湿地污染负荷取值范围变化较大。

#### (2) 湿地面积

人工湿地设计面积根据拟处理水量确定，包括常规污水水量和汇流区域内的暴雨径流量，可按下面公式近似估算：

$$S = (\text{污水量} + \text{径流量}) / A$$

式中：S—湿地最大占地面积

A—水力负荷

#### (3) 湿地床结构

湿地床构型对湿地系统的水力状况有着重要影响，构型参数包括

长宽比、坡度、深度等。据工程经验,人工湿地系统的坡度宜为 0.5-1%,长宽比应大于 2,深度一般在 0.2-1.2m。

人工湿地设计时应尽量采用重力流布水方式,以保证排水顺畅,节省能源。另外,湿地出水口应设计为可调的,以便使整个湿地床体的水位可以人为调控。

人工湿地水力负荷根据污水量和湿地类型的不同差异比较大,一般来说潜流湿地的水力负荷大于表面流湿地的水力负荷。国内外人工湿地的水力负荷一般为 10-20cm.d<sup>-1</sup>,水力停留时间为 0.5-7d。

#### (4) 基质材料选择

人工湿地系统多采用碎石、沙子、矿渣等基质材料作为填料。对于缺乏养分供给的基质或者孔隙过大不利于植物固定生长的基质,需在基质上方覆盖 15-25cm 厚的土壤,作为植物生长的基质。不同类型的基质对湿地的影响不同,中性基质对生物处理影响不大,但矿渣等偏碱性的基质则在一定程度上会影响微生物和植物的生长活动,因此,应用时需采用一定的预处理,如充分浸泡等措施。

基质对废水中磷和重金属离子的净化影响最大,含钙、铁、铝等成分的填料有利于离子交换。钙、镁等成分和污水中的磷、重金属相互作用形成沉淀物;铁、铝等离子通过离子交换等作用将磷、重金属吸附于基质上。但随着时间的推移,基质对磷和重金属的吸附会达到饱和,湿地除磷和重金属能力便有明显下降。在确定选择的基质材料种类后,还应确定基质的粒径,以调整湿地的水力传导率和孔隙率。一般来说,小粒径基质具有比表面积大、孔隙率小、植物根及根区的发展相协调、水流条件接近层流等优点。但目前人工湿地的基质一般倾向于选择较大粒径的介质,以便具有较大的空隙和好的水力传导,从而尽量克服湿地堵塞问题。

此外，基质的选择上还应考虑便于取材、经济适用等因素。

#### (5) 植物选择

湿地水生植物主要包括挺水植物、沉水植物和浮水植物。不同的区域，不同的生长环境，适宜生长的湿地植物种类是不同的。人工湿地一般选取处理性能好、成活率高、抗污能力强且具有一定美学和经济价值的水生植物。通常应具有下列特性：

- 能忍受较大变化范围内的水位、含盐量、温度和 pH 值；
- 在本地适应性好，最好是本土植物；植物种类一般 3-7 种，其中至少 3 种为优势物种；
- 对污染物具有较好的去除效果；
- 成活率高，种苗易得，繁殖能力强；
- 用途广泛或经济价值高。

湖南地区人工湿地中使用最多的水生植物为美人蕉、再力花、蘆草、香蒲、芦苇和灯心草，这些植物都广泛存在并能忍受冰冻。不同种类的水生植物适宜生长的水深不同，香蒲在水深 0.15m 的环境中生存占优势；灯心草为 0.05-0.25m；芦苇适宜生长在岸边和浅水区中，最深可生长于 1.5m 的深水区域。香蒲和灯心草的根系主要在 0.3m 以内的区域，芦苇的根系达 0.6m，宽叶香蒲则达到 0.8m。

在潜流型湿地中，一般选用芦苇和香蒲，它们较深的根系可扩大污水的处理空间。而对于处理暴雨径流污染为主的人工湿地，要求湿地植物有很强的适应能力，既能抗干旱又能耐湿，而且还应具有抗病灾和昆虫的能力，一般选用芦苇和蘆草。

#### (6) 水力状况

表流人工湿地水位一般为 20-80cm，潜流人工湿地水位则一般保持在土壤表面下方 10-30cm，并根据待处理的污水水量等情况进行调

节。需重点考虑造成湿地堵塞的各种影响因素。湿地堵塞多发生在系统床体前端 25%左右的部分，造成堵塞的物质大部分为无机物，污水中颗粒物在湿地床中的沉淀是造成湿地堵塞的主要原因。此外，植物根系及其附着物等也是湿地堵塞的一大诱因。

#### 4) 造价指标

综合国内外的研究实践经验，人工湿地的投资和运行费一般仅为传统的二级污水厂的 1/10-1/2，具有广泛应用推广价值，尤其适用于经济发展相对落后市郊、中小城镇及广大的农村地区。具体的投资费用视地理位置，地质情况以及所采用的湿地基质而有差别，一些工程统计表明，表流人工湿地建设投资费用约 150-400 元/m<sup>2</sup>，潜流人工湿地建设投资费用约 200-600 元/m<sup>2</sup>。

#### 5) 运行管理

人工湿地的维护包括三个主要方面：水生植物的重新种植、杂草的去除和沉积物的挖掘。当水生植物不适应生活环境时，需调整植物的种类，并重新种植，植物种类的调整需要变换水位。如果水位低于理想高度，可调整出水装置；杂草的过度生长也给湿地植物的生长带来许多问题。在春天，杂草比湿地植物生长的早，遮住了阳光，阻碍水生植株幼苗的生长，杂草的去除将会增强湿地净化功能和经济价值。实践证明，人工湿地的植被种植完成以后，就开始建立良好的植物覆盖，并进行杂草控制是最理想的管理方式。在春季或夏季，建立植物床的前三个月，用高于床表面 5cm 的水深淹没可控制杂草的生长，当植物经过三个生长季节，就可以与杂草竞争。由于污水中含有大量的悬浮物，在湿地床的进水区易产生沉积物堆积，运行一段时间，需挖掘沉积物，以保持稳定的湿地水文水力及净化效果。

### 4.1.3.2 生物稳定塘

#### 1) 概述

稳定塘又名氧化塘或生物塘，是一种利用水体自然净化能力处理污水的生物处理设施，主要借助水体的自净过程来净化污水。

稳定塘的优点：结构简单、出水水质好、投资成本低、无能耗或低能耗、运行费用省、维护管理简便。

稳定塘的不足：负荷低、污水进入前需进行预处理、占地面积大，处理效果受季节影响、水体污染物浓度过高时会产生臭气和滋生蚊虫。

稳定塘的适用范围：适用于有山沟、水沟、低洼地或池塘、土地面积相对丰富的中南农村地区。

#### 2) 类型和结构

稳定塘有多种类型，按照塘的使用功能、塘内生物种类、供氧途径进行划分，一般可分为好氧塘、兼性塘、厌氧塘、曝气塘和生态塘。

好氧塘深度较浅，一般在 0.5m 左右，阳光能直接照射到塘底。塘内有许多藻类生长，释放出大量氧气，再加上大气的自然充氧作用，好氧塘的全部塘水都含有溶解氧。兼性塘同时具有好氧区、缺氧区和厌氧区，深度比好氧塘大，通常在 1.2-1.5m 之间。厌氧塘深度相比于兼性塘更大，一般在 2.0m 以上，塘内一般不种植植物，也不存在供氧的藻类，全部塘水都处于厌氧状态，主要由厌氧微生物起净化作用，多用于高浓度污水的厌氧分解。曝气塘深度多在 2.0m 以上，但与厌氧塘不同，曝气塘采用了机械装置曝气，使塘水有充足的氧气，主要由好氧微生物起净化作用。生态塘一般用于污水的深度处理，进水污染物浓度低，也被称为深度处理塘，塘中可种植芦苇、茭白等水生植物，以提高污水处理能力。

### 3) 设计要求

稳定塘按有机污染物的负荷、塘深和停留时间等参数设计。当污水污染浓度较低时，一般设计为好氧塘或生态塘；当污水浓度较高时，可设计为厌氧塘或曝气塘；污水水质介于这两者之间时，通常设计为兼性塘。稳定塘应尽量远离居民点，而且应该位于居民点常年风向的下方，防止水体散发臭气和滋生蚊虫的侵扰。

### 4) 造价指标

稳定塘修建的主要成本是塘体的挖掘和防渗处理。为了减少成本，可以在地势低洼的地方修建，也可对农村原有的蓄水塘进行改建，挖掘时也宜采用机械作业以减少成本。如果土壤的入渗率较低，可以采用就地夯实的办法防渗；稳定塘投资造价约 100-150 元/m<sup>2</sup>。好氧塘和深度处理塘中种植的一些观赏性水生植物会增加一些费用，这些植物多取用当地品种，这样既可以减少造价，同时当地物种也比较适应本地环境条件，能够快速成活。

### 5) 运行管理

稳定塘的设计简单、施工简便、所需要的维护工作较少。日常维护中要注意保护塘内生物的生长，但也不能让水生生物过度生长，特别是藻类的快速繁殖会使出水水质下降。

稳定塘是否出现渗漏是检查的重点，要注意对塘的出入水量进行定期测量，以查看有无渗漏。如果周边有地下水井，也可抽取地下水进行检测，查看是否受到塘水的下渗污染。

#### 4.1.3.3 土地渗滤

##### 1) 概述

土地渗滤处理系统是一种人工强化的污水生态工程处理技术，它充分利用在地表下面土壤中栖息的土壤微生物、植物根系以及土壤所

具有的物理、化学特性将污水净化，属于小型的污水土地处理系统。

土地渗滤的优点：处理效果较好、投资费用省、无能耗、运行费用很低、维护管理简便。

土地渗滤的不足：污染负荷低、占地面积大、设计不当容易堵塞、易污染地下水。

土地渗滤的适用范围：适用于居住较分散、土地面积相对丰富的农村地区，与农业或生态用水相结合，不仅可以治理农村水污染、美化环境，而且可以节约水资源。

## 2) 类型和结构

土地渗滤根据污水的投配方式及处理过程的不同，可以分为慢速渗滤、快速渗滤、地表漫流和地下渗滤系统四种类型。

### (1) 慢速渗滤系统

慢速渗滤系统适用于投放的污水量较少地区，通过蒸发、作物吸收、入渗过程后，流出慢速渗滤场的水量通常为零，即污水完全被系统所净化吸纳。其结构如图 4.1-9 所示。

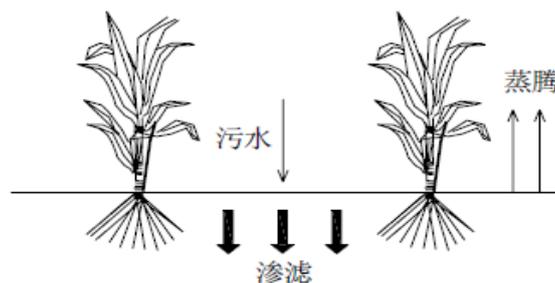


图 4.1-9 慢速渗滤系统示意图

慢速渗滤系统可设计为处理型和利用型两类。处理型以污水处理为主要目的，设计时应尽可能少占地，选用的作物要有较高耐水性、对氮磷吸附降解能力强。利用型以污水资源化利用为目的，对作物没有特别的要求，在土地面积允许的情况下可充分利用生活污水进行生产活动，以便获取更大的经济效益。

慢速渗滤系统的具体场地设计参数包括：土壤渗透系数为 0.036-0.36m/d、地面坡度小于 30%、土层深大于 0.6m、地下水位大于 0.6m。

## (2) 快速渗滤系统

快速渗滤适用于具有良好渗滤性能的土壤，如砂土、砾石性砂土等。其结构如图 4.1-10 所示。

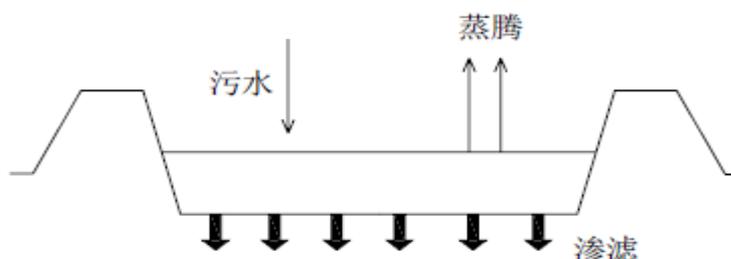


图 4.1-10 快速渗滤系统示意图

快速渗滤可处理较大量污水，可用于两类目的：地下水补给和污水再生利用，用于前者时不需要设计集水系统，而用于后者则需要设地下水集水措施以利用污水，在地下水敏感区域还必须设计防渗层，防止地下水受到污染。

地下暗管和竖井是快速渗滤系统常用的出水方式，如地形条件合适，可使再生水从地下自流进入地表水体。最优设计参数 0.45-0.6m/d、地面坡度小于 15%、土层厚大于 1.5m、距地下水位大于 1.0m。

## (3) 地表漫流系统

地表漫流适用于土质渗透性的黏土或亚黏土的地区，地面最佳坡度为 2-8%。其结构如图 4.1-11 所示。

废水以喷灌法和漫灌（淹灌）法有控制地分布在地面上均匀地漫流，流向坡脚集水渠，地面上种牧草或其他作物供微生物栖息并防止土壤流失，尾水收集后可回用或排放。

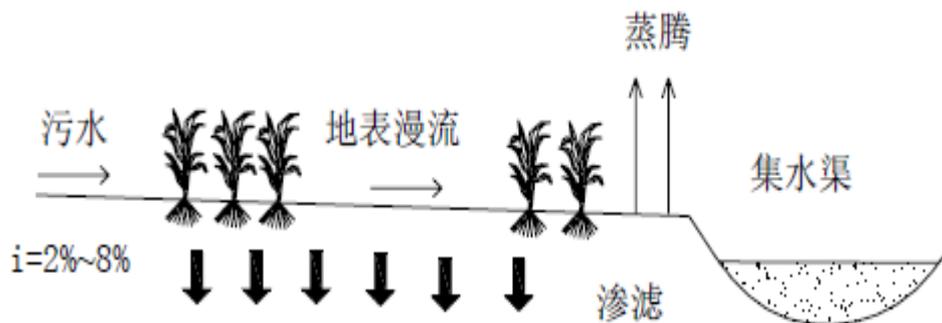


图 4.1-11 地表漫流系统示意图

#### (4) 地下渗滤系统

地下渗滤系统是将污水投配到距地表一定距离的有良好渗透性的土层中，利用土毛细管浸润和渗透作用，使污水向四周扩散中经沉淀、过滤、吸附和生物降解达到处理要求。其结构如图 4.1-12 所示。

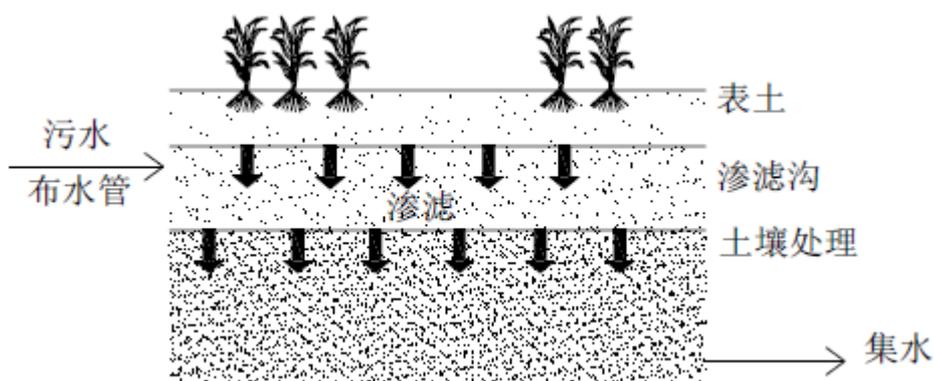


图 4.1-12 地下渗透系统示意图

地下渗滤的处理水量较少，停留时间较长，水质净化效果比较好，且出水水量和水质都比较稳定，适于污水的深度处理。

### 3) 设计要求

土地渗滤对污水的缓冲性能较强，但不能用于过高浓度污水的处理，否则会引起臭味和蚊虫滋生。土地渗滤技术工艺类型选择，主要根据处理水量、出水要求、土壤性质、地形与气候条件等确定。各类型土地渗滤系统的具体设计参数与工艺特点如表 4.1-5 所示。

表 4.1-5 土地渗滤系统的参考设计参数与工艺特点

土地渗滤类型设计事项		慢速渗滤	快速渗滤	地表漫流	地下渗滤
废水投配方式		地面投配(面灌、沟灌、畦灌、淹灌、滴灌等)	通常采用地面投配	地面投配	地下布水
水力负荷 (m/a)		0.5-6.0	6.0-125.0	3-20	0.4-3
周负荷率(典型值)(cm/week)		1.3-10.0	10.0-240.0	6.0-40.0	
最低预处理要求		通常沉淀预处理	通常沉淀预处理	沉砂、拦杂物和粉碎	化粪池一级处理
要求灌水面积(100m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ·d)		6.1-74.0	0.8-6.1	1.7-11.1	
投配废水的去向		蒸发、下渗	下渗	地面径流, 蒸发, 少量下渗	下渗、蒸发
是否需要种植植物		谷物、牧草、林木	有无均可	牧草	草皮、花卉等
适用于土壤		具有适当渗水性土壤	亚砂土, 砂质土	亚粘土等	
地下水最小深度/m		-1.5	-4.5	无规定	
对地下水水质的影响		一般有影响	一般有影响	有轻微影响	
BOD <sub>5</sub> 负荷率	kg/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a	2×10 <sup>3</sup> -2×10 <sup>4</sup>	3.6×10 <sup>4</sup> -4.7×10 <sup>4</sup>	1.5×10 <sup>4</sup>	1.8×10 <sup>4</sup>
	kg/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a	50-500	150-1000	40-120	18-140
场地条件坡度		种作物不超过20%, 不种作物不超过40%	不受限制	2%-8%	
土地渗滤速率		中等 0.6-3.0	高	低	
地下水埋深/m			布水期: ≥0.9 干化期: 1.5-3.0	不受限制	
气候		寒冷季节需蓄水	一般不受限制	冬季需蓄水	
<b>系统特点</b>					
运行管理		种作物时管理严格	简单	比较严格	
系统寿命		长	磷去除率可能限制系统使用寿命	长	
对土壤的影响		较小	可改良砂荒地	小	

#### 4) 造价指标

慢速渗滤和快速渗滤系统的主要成本是布水管网或渠道的修建费用。快速渗滤出水进行回用时, 要安装地下排水管或管井, 开挖土

方量、人工费、材料费都会有所增加，但回收的水资源水质较好，可用于绿地浇灌或农业灌溉，形成经济效益，弥补造价的上升，一般而言，土地渗滤系统造价在 100-200 元/m<sup>2</sup>。地下渗滤系统采用地下布水，工程量相对较大，其主要成本是开挖土方、人工费、渗滤沟或穿孔管，以及集水管网的费用，在绿化要求较高时应种植观赏性强的植物，草皮和花卉也会占用一定费用。

### 5) 运行管理

土地渗滤系统是一种无动力或微动力的利用自然土壤的污水处理技术，其运行维护方便，管理简单，仅需定时对格栅进行清渣，对植物进行收割，通过收割植物去除被植物吸收的营养物质。土壤对污染物的吸附是有一定限度的，污水中有机质含量较高时，土壤层中生物会快速生长，易引起布水系统和填料的堵塞。一定要考虑土壤的自净能力及植物对污染物的吸收、降解能力，防止因水力负荷过大使土地污染及出水不达标。维护时如检查到土壤表层有浸泡的现象，说明有堵塞现象或水力负荷过大，此时应停止布水，作进一步的检查。收割牧草时应注意用轻型收割机或人工进行，防止重物压实填料层。慢速渗滤和快速渗滤系统的主要维护工作是布水系统和作物管理，投配的水量要合适，不能出现持续淹没状态。快速渗滤系统通常采用淹水、干化间歇式运行，以便渗滤区处于干湿交替状态，好氧微生物和厌氧微生物各自有一段快速生长期，利于污染物迅速降解，反复充氧有益于硝化和反硝化，加强脱氮功能。地下渗滤系统对入水的要求要比慢速渗滤系统和快速渗滤系统高一些，如污水中颗粒物较多，则容易引起地下渗滤系统填料层堵塞，造成雍水，处理效率下降。地下渗滤系统表面可种植绿化草皮和植被，在居民点附近进行污水处理的时候，还应具有较好的观赏效果。具有较长根系的植物不宜采用，长根系可

能会引起土壤结构的破坏。

#### 4.1.4 一体化处理设施

##### 4.1.4.1 净化槽

净化槽主体工艺包括沉淀、接触氧化、消毒工艺，主要用于分散型生活污水处理，其工艺流程如图 4.1-13 所示。

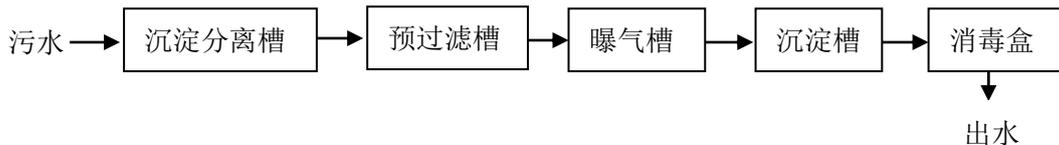


图 4.1-13 净化槽工艺流程图

污水首先进入沉淀分离槽进行预处理，去除大颗粒物质和悬浮物，提高污水可生化性，预过滤槽内填料表面附着生长厌氧生物膜，去除污水中溶解性有机物；曝气槽集接触氧化、过滤截留和反冲洗为一体；处理后的废水经过沉淀槽进一步沉淀，在其末端设置消毒盒，内部填装有团体氯料，出水经消毒盒与固体氯料接触完成对污水的消毒作用，净化槽污水处理规模为 1-30m<sup>3</sup>/d。出水水质好，尾水达到排放标准后可排放至沟渠、池塘、湿地等或后续处理单元。

##### 4.1.4.2 A/O 一体化污水处理设施

厌氧-好氧活性污泥法( Anoxic /Oxic, 简称 A/O) 是由厌氧和好氧两部分反应组成的污水生物处理工艺。污水进入厌氧池后，与回流污泥混合，活性污泥中的聚磷菌在这一过程中大量吸收污水中的 BOD，并将污泥中的磷以正磷酸盐的形式释放到混合液中，混合液进入好氧池后，有机物被氧化分解，同时聚磷菌大量吸收混合液中的正磷酸盐到污泥中。由于聚磷菌在好氧条件下吸收的磷多于厌氧条件下释放的磷。污水经过“厌氧-好氧”的交替作用和二沉池的污泥分离作用，最终达到除磷的目的。

采用 A/O 工艺作为主体工艺的一体化污水处理设施具备降低有机污染物和除磷脱氮的功能，也不存在污泥膨胀问题，运行管理较简便。由于填料的比表面积大，池内的充氧条件良好，生物接触氧化池内单位容积的生物固体量高，再加上污泥回流，反应池内活性污泥浓度较高，因此兼有活性污泥法的特点，具有较高的容积负荷。由于生物固体量多，当有机容积负荷较高时，其 F/M 比可以保持在一定水平，因此，污泥产量可相当于或低于活性污泥法。该工艺操作简单，运转费用低，处理效果好，运行稳定，是目前较为成熟的生活污水处理工艺，能确保污水达标排放。

#### **4.1.4.3 MBR 一体化污水处理设施**

膜生物反应器(Membrane Bioreactor, 简称 MBR)技术是活性污泥生物处理技术与膜分离技术相结合的一种新工艺。它不同于活性污泥法，不使用沉淀池进行固液分离，而是使用中空纤维膜替代沉淀池，具有高效固液分离性能。同时利用膜的特性，使活性污泥不随出水流失，在生化池中形成 8000-12000mg/L 超高污泥浓度，使污染物分解彻底。出水水质良好、稳定，出水细菌、悬浮物和浊度接近于零。

MBR 处理工艺对水质适应性好，耐冲击负荷性能好，出水水质优良、稳定，不产生污泥膨胀；池中采用新型弹性立体填料，比表面积大、微生物易挂膜、脱膜，在同样有机物负荷条件下，对有机物去除率高，能提高氧在水中溶解度；工艺简单，不必单独设立沉淀、过滤等固液分离池，占地面积少，水力停留时间大大缩短；污泥排放量少，只有传统工艺的 30%，污泥处理费用低；但一次性投资较高。

污水经格栅进入调节池后，经提升泵进入生物反应器，通过 PLC 控制器开启鼓风机充氧，生物反应器出水经循环泵进入膜分离处理单元，浓水返回调节池。反冲洗泵利用清洗池中处理水对膜处理设备进

行反冲洗，反冲污水返回调节池。通过生物反应池内的水位控制提升泵的启闭。膜单元的过滤操作与反冲洗操作可自动或手动控制。当膜单元需要化学清洗操作时，关闭进水阀和污水循环阀，打开药洗阀和药剂循环阀，启动药液循环泵，进行化学清洗操作。

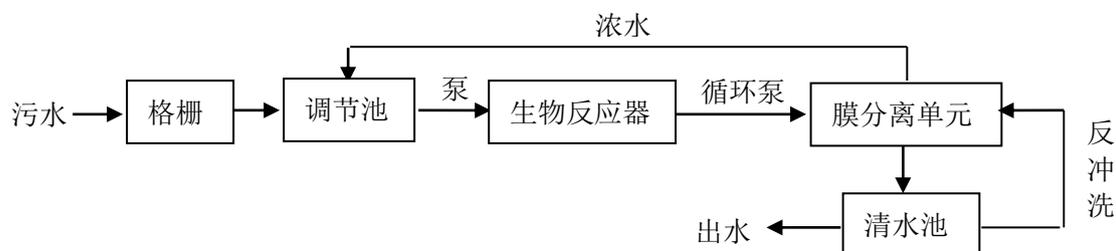


图 4.1-14 MBR 一体化设施工艺流程图

#### 4.1.4.4 PE 固定床组合式生物膜处理设备

PE 固定床组合式生物膜处理设备主体采用生物接触氧化工艺，并采用间歇式微孔曝气系统，有机物去除效率高，脱氮效果好。设备整体投资运行成本低、抗冲击负荷强、运行稳定性好、使用寿命长、灵活性好。

设备共包括 5 个罐体，由前到后分别为预处理罐，高负荷反应罐、低负荷反应罐、内回流罐和沉淀罐。污水经格栅去除大量漂杂物后流至调节池。①经调节后的污水由泵提升至预处理罐，去除污水中的氮的核心单元，污水中的硝酸盐在这个单元变成了氮气，释放到了大气中，从而实现氮的去除；②高负荷生物反应罐是污水中有机物去除主要单元，曝气机对污水充分供氧，填料表面的生物膜在有氧的条件下消耗水中的有机物，含碳有机物变成二氧化碳排放到大气中，有机氮被氧化成硝酸盐，污水中的磷被微生物摄入到细胞体内；③低负荷生物反应罐进一步去除有机物、氮和磷，保障充分反应；④内回流罐是作用是将经生物反应罐排出的污水回流到预处理罐，使污水中的硝酸盐在预处理罐转变成氮气，实现氮的去除；⑤沉淀罐的作用是将污水中的固体和液体进行沉淀分离，上层液体为被净化了的清水，底层

固体主要是指脱落的生物膜（老化的微生物），固体沉淀到罐子底部然后被转移到调节池，被净化后的液体排放到自然环境。

设备为串联组合而成的，每一组的处理能力大约是 50 吨/天，可根据水量采用多组并联设置。

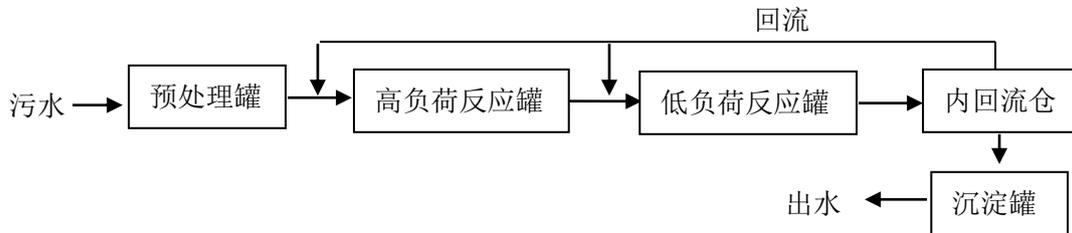


图 4.1-15 PE 固定床组合式生物膜处理设备工艺流程图

## 4.2 治理工艺选择原则

1) 宜根据进水水质特点和排放要求选择合适的工艺或者适宜的组合工艺。

2) 按规模可分为散户（单户或多户）和集中式治理，在进行技术选择时须根据污水处理规模选择适宜的技术。对于便于污水收集的村落，通过技术经济对比和环境影响评价后，宜采用集中式污水处理。

3) 处理技术的选择与组合要因地制宜，根据各单项技术的特点和适用范围，结合当地地形气候、土地资源等环境条件进行选配。

4) 处理工程不仅要满足相应排放要求，还要注重景观美化、环境协调。

5) 尽量利用地形，污水采用重力自流和跌水充氧，以节省设施运行费用。

## 4.3 治理模式选择原则

治理模式的选择须根据区域自然条件、地形地貌、经济发展水平综合考虑，模式选择的基本原则如下：

1) 城镇周边和邻近城镇污水管网的规划村庄，优先考虑纳管处

理。村内有市政污水管道直接穿过、区域生活污水可以依靠重力流直接流入市政污水管管道、距污水处理厂 2 公里范围内的村庄，生活污水宜直接纳入城镇污水管网统一集中处理。

2) 人口数量大于 200 人以上（或集中收集污水量超过  $10\text{m}^3/\text{d}$ ）、且便于污水收集的村庄，通过技术经济对比和环境影响评价后，宜采用集中式污水处理。

3) 居住相对分散或管网建设难度较大的规划村庄，可通过构建“黑水、灰水”源分离体系，就地就近对单户或多户生活污水进行分类收集后，优先考虑资源化利用。

4) 长株潭地区、洞庭湖地区的一、二类县（区、市）优选考虑纳管处理和集中治理达标排放模式。

5) 位于饮用水水源一、二级保护区、自然保护区核心区、缓冲区陆域范围以及划定的 III 类水体中游泳区内的村庄的生活污水处理后原则上引入保护区外排放，不具备外引条件的，可通过农田灌溉、植树、造林等方式回用，或排入湿地进行二次处理。

6) 位于洞庭湖四口水系（包括岳阳市华容县、君山区，常德市澧县、津市市、安乡县，益阳市南县、沅江市、大通湖区）以及氮磷不达标水体区域的村庄，农村生活污水优先纳管处理和资源化利用，采用达标排放模式的应根据受纳水环境质量需求综合考虑脱氮、除磷处理。

## 5 治理推荐工艺

### 5.1 农村类型分类

《湖南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》将全省划分为长株潭地区、大湘西地区、湘南地区及洞庭湖地区四大板块，《关

于推进农村生活污水治理的实施意见(2019-2021年)》结合湖南省农村人居环境整治工作,以县为单位分类推进农村生活污水治理工作,其中一类为“城市近郊区等有基础、有条件的县市区”,二类为“有较好基础、基本具备条件的县市区”,三类为“其他地处偏远、经济欠发达的县市区”,具体分类详见表 5.1-1。

表 5.1-1 湖南省农村分类一览表(基础条件)

序号	板块名称	覆盖范围	县(市、区)类别	县域名称
1	长株潭地区	包括长沙市、株洲市、湘潭市,共 23 个县市区,总面积 2.8 万 km <sup>2</sup>	一类	天心区、岳麓区、开福区、雨花区、岳塘区
			二类	长沙县、浏阳市、宁乡市、攸县、醴陵市、渌口区、天元区、芦淞区、荷塘区、石峰区、韶山市、湘潭县、湘乡市、雨湖区
			三类	炎陵县、茶陵县
2	大湘西地区	包括湘西自治州、怀化市、张家界市、邵阳市、娄底市,共 41 个县市区,总面积 8.15 万 km <sup>2</sup>	一类	双清区
			二类	北塔区、大祥区、邵东市、冷水江市、娄星区。
			三类	隆回县、邵阳县、城步县、新宁县、新邵县、武冈市、洞口县、绥宁县、永定区、武陵源区、慈利县、桑植县、鹤城区、中方县、洪江市、洪江区、新晃县、麻阳县、芷江县、沅陵县、辰溪县、溆浦县、会同县、靖州县、通道县、涟源市、双峰县、新化县、泸溪县、吉首市、凤凰县、古丈县、花垣县、保靖县、永顺县、龙山县。
3	湘南地区	包括郴州市、衡阳市、永州市,共 34 个县市区,总面积 5.69 万 km <sup>2</sup>	一类	雁峰区、石鼓区、蒸湘区
			二类	衡南县、衡阳县、衡山县、衡东县、常宁市、耒阳市、南岳区、珠晖区、北湖区、苏仙区、资兴市、桂阳县、永兴县、嘉禾县、临武县、冷水滩区、零陵区、祁阳县、东安县、道县、蓝山县
			三类	祁东县、宜章县、汝城县、桂东县、安仁县、双牌县、宁远县、新田县、江永县、江华县、
4	洞庭湖地区	包括岳阳市、常德市、益阳市和长沙市望城区,共 25 个县市区,总面积 4.68 万 km <sup>2</sup>	一类	岳阳楼区、武陵区
			二类	望城区、君山区、云溪区、华容县、岳阳县、湘阴县、临湘市、汨罗市、鼎城区、津市市、汉寿县、安乡县、桃源县、临澧县、澧县、赫山区、资阳区、大通湖区、桃江县、沅江市、南县、
			三类	平江县、石门县、永定区、武陵源区、安化县

## 5.2 推荐工艺

### 5.2.1 达三级标准推荐工艺

湖南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》，三级标准限值为 pH 值 6-9、SS 50 mg/L、COD<sub>Cr</sub> 120 mg/L、氨氮 25 (30) mg/L。根据《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》，农村生活污水经化粪池（或沼气池）预处理后，采取人工湿地技术或土地快速渗滤技术等生态处理技术处理，出水水质可达：SS 不大于 30mg/L，COD<sub>Cr</sub> 不大于 100mg/L，氨氮不大于 25mg/L，可以满足三级标准的要求。

#### 5.2.1.1 化粪池/沼气池+尾水利用（农业）

##### 1) 工艺说明

散户生活污水经管道收集后，粪便在化粪池中沉淀，经过厌氧发酵，杀灭虫卵，降解部分有机物。化粪池出水（上清液）进行农田灌溉；厨房、洗衣、洗浴等排放的污水统一收集并暂存后，接入人工湿地或土地渗滤单元或稳定塘单元，通过人工湿地、土壤渗滤或稳定塘单元过滤、吸附及生物降解等作用进一步去除污染物，出水达标后排放或回用。

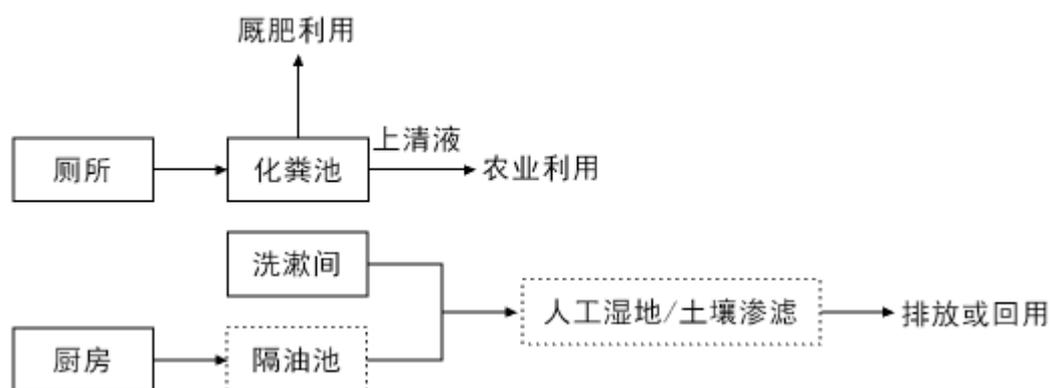


图 5.2-1 化粪池/沼气池+尾水利用（农业）工艺流程图

##### 2) 适用范围

适用于湖南地区布局分散、人口规模小、排水规模在 10m<sup>3</sup>/d 以

下、经济欠发达、有一定闲置土地，出水排入 GB3838 地表水 IV 类、V 类功能水域，对出水中氮磷浓度无严格排放要求，污水不易集中收集的农户或相邻农户的生活污水治理。本工艺的投资和营运费较低、管理方便、运行较稳定，是农村污水处理常用工艺。

### 3) 设计要求

(1) 化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善。

(2) 采用人工湿地/土壤渗滤应注意出水与湿地、土壤渗滤系统进水之间应有至少 0.5m 的水位差。

(3) 潜流人工湿地水位一般保持在土壤表面下方 10-30cm，并根据待处理的污水水量等情况进行调节。

(4) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水设计手册》等相关部分。

### 4) 投资估算

化粪池造价一般为 1500-2000 元/个（户），化粪池只需农户自行定期清掏，粪渣可堆肥，运行管理不产生费用；小型人工湿地工程投资费用约为 2600-3200 元/吨水，运行费用约 0.1 元/吨水；土壤渗滤工程投资费用约为 2600-3200 元/吨水。

#### 5.2.1.2 三格化粪池/沼气池+生态净化单元

##### 1) 工艺说明

经过化粪池或沼气池处理过的生活污水，如果不被农用或农用量较少时，必然有污水外排，宜在化粪池后接生态净水单元。将厕所化粪池（上清液）和厨房、洗衣、洗浴等排放的污水统一收集并暂存后，

接入人工湿地或土地渗滤单元或稳定塘单元，通过人工湿地或土壤渗滤或稳定塘单元过滤、吸附及生物降解等作用进一步去除污水中的污染物，出水达标后排放或回用。

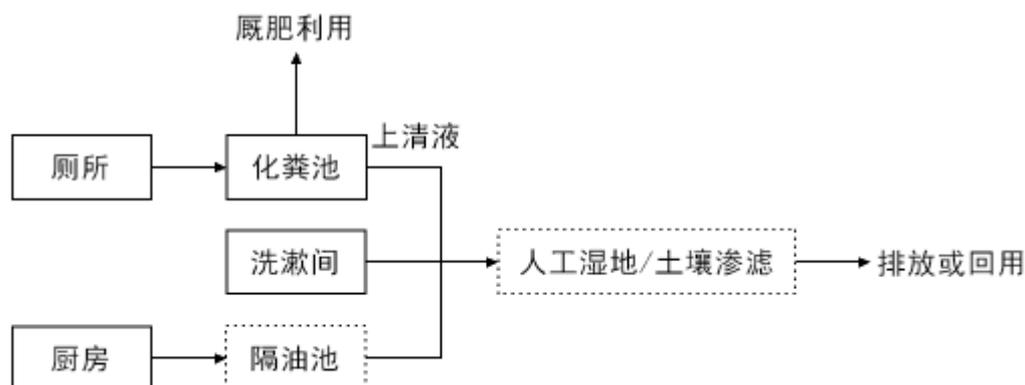


图 5.2-2 三格化粪池/沼气池+生态净化单元工艺流程图

## 2) 适用范围

适用于湖南地区布局分散、人口规模小、排水规模在  $10\text{m}^3/\text{d}$  以下，经济欠发达、土地资源相对丰富，出水排入 GB3838 地表水 IV 类、V 类功能水域，对出水中氮磷浓度无严格排放要求，污水不易集中收集的单户或相邻农户的生活污水处理。本工艺的投资和营运费较低，管理方便，运行较稳定，是农村污水处理常用工艺。

## 3) 设计要求

(1) 化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善

(2) 采用人工湿地/土壤渗滤应注意出水与湿地、土壤渗滤系统进水之间应有至少  $0.5\text{m}$  的水位差。

(3) 潜流人工湿地水位一般保持在土壤表面下方  $10\text{-}30\text{cm}$ ，并根据待处理的污水水量等情况进行调节。

(4) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水

设计手册》等相关部分。

#### 4) 投资估算

化粪池造价一般为 1500-2000 元/个（户），化粪池只需农户自行定期清掏，粪渣可堆肥，运行管理不产生费用；小型人工湿地工程投资费用约为 2600-3200 元/吨水，运行费用约 0.1 元/吨水；土壤渗滤工程投资费用约为 2600-3200 元/吨水。

### 5.2.1.3 三格化粪池/沼气池+厌氧生物膜池

#### 1) 工艺说明

将厕所化粪池（上清液）和厨房、洗衣、洗浴等排放的污水统一收集并暂存后，污水中大分子有机物在厌氧生物膜反应池中被分解为小分子有机物，能有效降低后续处理单元的有机污染负荷，出水达标后排放或回用。

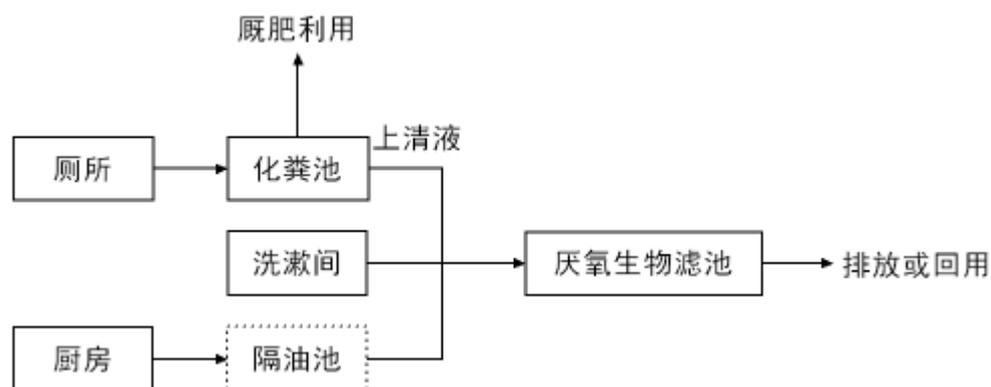


图 5.2-3 三格化粪池/沼气池+厌氧生物膜池工艺流程图

#### 2) 适用范围

适用于湖南地区经济欠发达、无空闲土地用于污水处理，周边无敏感接纳水体或环境保护目标，农村经济结构以农业种植为主，土地资源相对丰富，对出水中氮磷浓度无严格排放要求，布局相对集中，人口规模较大，以片区为单位的单村集中式生活污水处理。本工艺对 COD 和 SS 的去除效果一般能达到 40-60%，对氮磷基本无去除效果，不宜直接排放池塘或河流，可回用于浇灌农田或菜地，

为农作物提供营养。

### 3) 设计要求

(1) 化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善。

(2) 厌氧生物膜池应安放半软性或其他高效填料，填料体积应为处理区容积的 60-70% 为宜，升流速度 0.21m/h，水力停留时间 15-24h。

(3) 为保证厌氧生物膜池的正常运行，要求冬季水温保持在 10-12℃ 以上。

(4) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水设计手册》等相关部分。

### 4) 投资估算

化粪池造价一般为 1500-2000 元/个（户），化粪池只需农户自行定期清掏，粪渣可堆肥，运行管理不产生费用；厌氧生物膜池工程投资费用约为 1900-3300 元/吨水，运行费用约 0.2 元/吨水。

## 5.2.2 达二级标准推荐工艺

湖南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》，二级标准限值为 pH 值 6-9、SS30mg/L、COD<sub>Cr</sub>100mg/L、氨氮 25（30）mg/L、总磷 3mg/L、动植物油 5mg/L。根据《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》，农村生活污水经化粪池预处理后，采取厌氧滤池+生态处理技术（人工湿地技术、土地快速渗滤、稳定塘），出水水质可达 SS 不大于 20mg/L，COD<sub>Cr</sub> 不大于 60mg/L，氨氮不大于 8（15）mg/L，总磷不大于 1mg/L，可以满足二级标准的要求。

### 5.2.2.1 预处理+厌氧生物膜池+人工湿地

#### 1) 工艺说明

由排水管网收集后的污水经格栅进入厌氧生物膜池，厌氧生物膜池内挂弹性填料，有机物等污染物在附着于弹性填料上的生物膜作用下降解。厌氧生物膜池出水经泵提升后进入人工湿地，跌水充氧氧导流槽与有机填料型人工湿地交错设置，形成好氧、厌氧交替微环境。跌水有机填料型人工湿地用塑料填料替代砾石填料，栽种水生植物，污染物通过做生物降解与植物吸收被去除。

#### 2) 适用范围

适用于湖南地区丘陵、山丘、或山区，有一定面积的闲置土地或沟渠用于建造人工湿地，最好具有一定的地势落差，周边无敏感接纳水体或环境保护区，对出水中氮磷浓度无严格排放要求，布局相对集中，人口规模较大，以片区为单位的单村集中式生活污水处理。

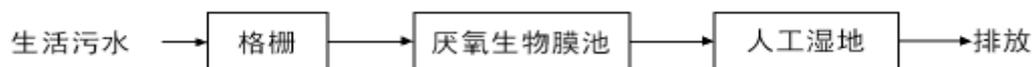


图 5.2-4 预处理+厌氧生物膜池+人工湿地工艺流程图

#### 3) 设计说明

(1) 预处理一般利用农户家庭现有化粪池，化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善。

(2) 污水处理规模较小时，格栅与厌氧生物膜池组合设计。设计时可参照相关标准、规范：格栅（GB 50014）；沉沙池（GB 50014）；集水池（井）（CJJ 124）。

(3) 厌氧生物膜池应安放半软性或其他高效填料，填料体积应为处理区容积的 60-70%为宜、升流速度 0.21m/h、水力停留时间 15-24h。

(4) 为保证厌氧生物膜池的正常运行，要求冬季水温保持在

10-12℃以上。

(5) 人工湿地水力负荷  $0.3-0.5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，水力停留时间 48-72h，折合  $\text{BOD}_5$  表面负荷为  $30\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。植物以禾本科的芦苇、花叶芦荻为主，配以风车草，点缀再力花。

(6) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水设计手册》等相关部分。

#### 4) 工程投资

化粪池造价一般为 1500-2000 元/个（户），化粪池只需农户自行定期清掏，粪渣可堆肥，运行管理不产生费用；厌氧生物膜池工程投资费用约为 1900-3300 元/吨水，运行费用约 0.2 元/吨水，小型人工湿地工程投资费用约为 2600-3200 元/吨水，运行费用约 0.1 元/吨水。

### 5.2.2.2 预处理+厌氧生物膜池+稳定塘

#### 1) 工艺说明

由排水管网收集后的污水经格栅进入厌氧生物膜池，厌氧生物膜池内挂弹性填料，有机物等污染物在附着于弹性填料上的生物膜作用下降解。厌氧生物膜池出水经泵提升后进入稳定塘，通过稳定塘中的高等维管束植物、藻类和微生物的截留、降解和吸收，污水得到净化。

#### 2) 适用范围

适用于湖南地区人口规模较小、有村前塘（风水塘）和污水灌溉渠道的村庄推广使用，周边无敏感接纳水体或环境保护区，对出水中氮磷浓度无严格排放要求，布局相对集中，人口规模适中，以多户连片区为单位的生活污水处理。

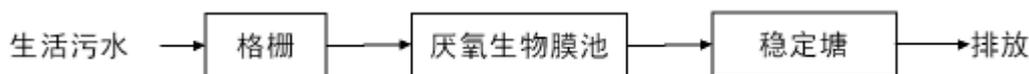


图 5.2-5 预处理+厌氧生物膜池+稳定塘工艺流程图

### 3) 设计说明

(1) 预处理包括格栅、沉沙池、集水池（井）等，污水处理规模较小时，可组合设计。设计时可参照相关标准、规范：格栅（GB 50014）；沉沙池（GB 50014）；集水池（井）（CJJ 124）。

(2) 厌氧生物膜池应安放半软性或其他高效填料，填料体积应为处理区容积的 60-70% 为宜，升流速度 0.21m/h，水力停留时间 15-4h。

(3) 为保证厌氧生物膜池的正常运行，要求冬季水温保持在 10-12℃ 以上。

(4) 稳定塘应尽量远离居民点，而且应该位于居民点常年风向的下方，防止水体散发臭气和滋生蚊虫的侵扰，塘中可种植芦苇、茭白等水生植物，以提高污水处理能力。

(5) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水设计手册》等相关部分。

### 4) 工程投资

厌氧生物膜池工程投资费用约为 1900-3300 元/吨水，运行费用约 0.2 元/吨水，稳定塘工程投资费用约为 2000-2400 元/吨水，运行费用约 0.1 元/吨水。

#### 5.2.2.3 一体化净化槽

##### 1) 工艺说明

污水首先进入沉淀分离槽进行预处理，去除大颗粒物质和悬浮

物，提高污水可生化性，预过滤槽内填料表面附着生长厌氧生物膜，去除污水中溶解性有机物；曝气槽集接触氧化、过滤截留和反冲洗为一体；处理后的废水经过沉淀槽进一步沉淀，在其末端设置消毒盒，内部填装有团体氯料，出水经消毒池与固体氯料接触完成对污水的消毒作用。净化槽污水处理规模为 1-30m<sup>3</sup>/d。

## 2) 适用范围

适用于湖南地区土地资源短缺、经济条件好、建设资金和运行费用有保障、进水污染物浓度高、当地水环境尚有一定容量、出水排放要求适中。

## 3) 工程投资

一体化净化槽工程投资费用为 13000-22000 元/吨水，小型一体化装置运行费用约 0.1-0.8 元/吨水。

### 5.2.3 达一级标准推荐工艺

湖南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》，一级标准限值为 pH 值 6-9、SS 20 mg/L、COD<sub>Cr</sub> 60 mg/L、氨氮 8（15）mg/L、总氮 20 mg/L、总磷 1mg/L、动植物油 3mg/L。根据《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》，农村生活污水经化粪池预处理后，采取厌氧滤池+生物处理技术（生物接触氧化、活性污泥法、膜生物反应器），出水水质可达 SS 不大于 10mg/L，COD<sub>Cr</sub> 不大于 60mg/L，氨氮不大于 8（15）mg/L，总氮不大于 20mg/L，总磷不大于 1mg/L，可以满足一级标准的要求。

#### 5.2.3.1 预处理+A/O 生物接触氧化

##### 1) 工艺说明

预处理可选用化粪池，采用 A/O 生物接触氧化技术的设备包括缺氧、好氧、沉淀三个功能段，缺氧、好氧功能段设置专用填料，通

过填料上附着生长的微生物降解水中的污染物。经济条件许可时宜采用曝气充氧，若在山区丘陵等具有较大地势落差的地方可采取跌水充氧；接触氧化池可在池底设置沉淀区，也可接后续沉淀池对污水进行澄清后排出。当对出水中磷要求较高时，在好氧区与沉淀区的过水通道投加絮凝剂化学除磷，设备的最终出水口安装有缓释氯片罐，经氯片消毒后，杀灭大部分病菌，使出水达到排放要求。

污泥可购置污泥浓缩脱水一体机进行处理，或就地晾晒（需注意晾晒场地的防雨防渗），当成分稳定、满足相关卫生标准后可做农肥施用于菜地。

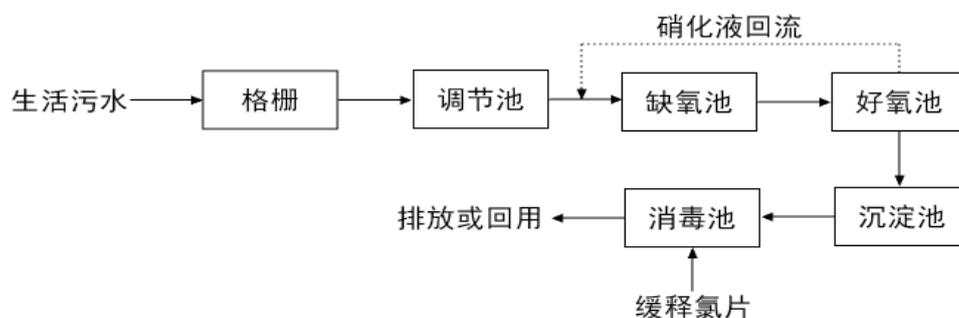


图 5.2-6 预处理+A/O 生物接触氧化工艺流程图

## 2) 适用范围

适用土地资源短缺、经济条件好、建设资金和运行费用有保障、布局相对集中、人口规模较大、以片区为单位的单村集中式生活污水处理，周边接纳水体对排水氮磷浓度有较高要求，包括湖南河网区、平原或地形较为平坦以及山区等地势起伏较大的地区。

## 3) 设计说明

(1) 预处理一般利用农户家庭现有化粪池，化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善。

(2) 污水处理规模较小时，格栅与厌氧生物膜池组合设计。设计时可参照相关标准、规范：格栅（GB 50014）；沉沙池（GB 50014）；集水池（井）（CJJ 124）。

(3) 好氧生物处理工艺设计参照 GB50014、HJ574 中相关要求。接触氧化池 BOD<sub>5</sub> 容积：生物除碳时宜为 0.5-1kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS.d，硝化时宜为 0.2-0.5kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS.d。反应池全曝气时，曝气强度宜采用 10m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h-20m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h，气水比宜控制在 8: 1。

(4) 设计、运行与维护等参照《镇（乡）村排水工程技术规程》（CJJ124-2008）、《中南地区生活污水处理技术指南》（2010 年试行）、《村镇生活污染防治最佳可行技术指南》（HJ-BAT-9）和《给水排水设计手册》等相关部分。

#### 4) 工程投资

工程一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模、填料种类不同而有所差异，处理规模 < 100m<sup>3</sup>/d 时，工程建设投资为 3600-4500 元/吨水，运行费用为 0.8-1.2 元/吨水；处理规模在 100-500m<sup>3</sup>/d 时，工程建设投资为 3200-3900 元/吨水，运行费用为 0.7-0.8 元/吨水。

### 5.2.3.2 预处理+曝气生物滤池

#### 1) 工艺说明

该工艺中预处理单元可选化粪池、厌氧生物膜反应池，经预处理的污水从滤池底部进入滤料层，滤料层下部设有供氧的曝气系统进行曝气，气水为同向流。在滤池中，有机物被微生物氧化分解，NH<sub>3</sub>-N 被氧化成 NO<sub>3</sub>-N，另外，由于在堆积的滤料层内和微生物膜的内部再在厌氧/缺氧环境，在硝化的同时实现部分反硝化，从滤池上部的出水可直接排出系统。

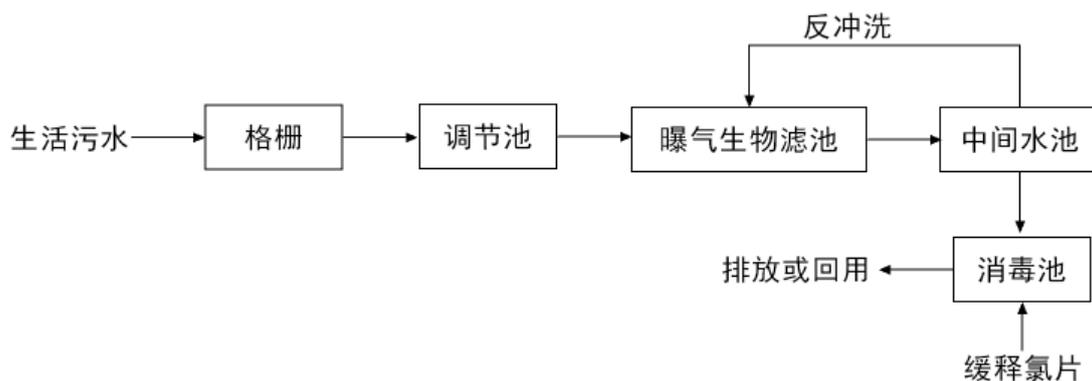


图 5.2-7 预处理+曝气生物滤池工艺流程图

## 2) 适用范围

适用土地资源短缺、经济条件好、建设资金和运行费用有保障、布局相对集中、人口规模较大、以片区为单位的单村集中式生活污水处理，周边接纳水体对排水氮磷浓度有较高要求，包括湖南河网区、平原或地形较为平坦以及山区等地势起伏较大的地区。

## 3) 设计说明

(1) 该工艺中预处理单元可选化粪池、厌氧生物膜反应池，化粪池须进行防水、防渗设计，现有化粪池达不到标准要求的，需进行更换和完善

(2) 厌氧生物膜池应安放半软性或其他高效填料，填料体积应为处理区容积的 60-70%为宜，升流速度 0.21m/h，水力停留时间 15-24h。

(3) 曝气生物滤池设计可参考《曝气生物滤池工程技术规程》(CECS265-2009)，单池面积不宜太大 ( $\leq 100\text{m}^2$ )，纵横向长度尺度比 1: 1.2- 1: 1.5，滤料宜采用 3-6mm 的陶粒滤料，砾石承托层建议分为 2-4mm, 4-8mm, 8-16mm 三层布置，每层厚 50-100mm。池壁滤板底高度下设检修人孔外，还应考虑必要时利用滤池水位迅速地从上而下逆向冲洗滤头把堵塞物排走的相应措施。

## 4) 工程投资

工程一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模、填料种类不同而有所差异，处理规模 $<100\text{m}^3/\text{d}$ 时，工程建设投资为 3600-4500 元/吨水，运行费用为 0.7-1.0 元/吨水；处理规模在 $100-500\text{m}^3/\text{d}$ 时，工程建设投资为 3200-4000 元/吨水，运行费用为 0.6-0.8 元/吨水。

### **5.2.3.3 A/O 一体化污水处理设施**

#### **1) 工艺流程**

生活污水经格栅进入调节池后，自流至生物处理池（兼氧池），池内挂有弹性填料，通过兼氧细菌的吸附水解作用，使污水中难以生物降解的大分子的有机物水解为小分子的有机物，同时利用污水中的有机物作碳源，使从后级好氧段回流硝化液中的硝酸盐氮和亚硝酸盐氮在兼氧脱氮菌的作用下形成气态氮从污水中逸出，达到脱氮的目的。兼氧池出水进入好氧接触氧化池，好氧池内好氧微生物在水体中有充足溶解氧的情况下，利用污水中的可溶性污染物进行新陈代谢，从而达到去除污水中可溶性污染物的目的。好氧池出水自流入二沉池，污水中大部分悬浮物能在此得以有效去除，二沉池中的污泥部分回流至生物处理池，另一部分污泥至污泥池使污泥进行好氧稳定消化后农用。剩余污泥定期抽送出设备罐体进行好氧稳定消化后农用。

#### **2) 适用范围**

适用于湖南地区土地资源短缺、经济条件好、建设资金和运行费用有保障、居住相对集中、人口规模较大、以片区为单位的单村集中式生活污水治理，受纳水体对排水氮磷浓度有较高要求，包括湖南河网区、平原或地形较为平坦、以及山区等地势起伏较大的地区。

#### **3) 工程投资**

A/O 一体化污水处理设施工程投资费用为 13000-22000 元/吨水，

运行费用约 0.1-0.8 元/吨水。

## 5.2.4 强化脱氮除磷推荐工艺

湖南省《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》规定，对于重点流域、重点区域、重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，县级以上人民政府可根据水环境保护实际需求，执行更严格的排放限值。农村生活污水经化粪池预处理后，采取厌氧滤池+生物处理技术（生物接触氧化、活性污泥法、膜生物反应器）+生态净化单元，出水水质可达总氮不大于 15 mg/L，总磷不大于 0.5mg/L，可以满足排放要求。

### 5.2.4.1 预处理+A/O 生物接触氧化+人工湿地

#### 1) 工艺说明

该组合工艺由厌氧生物滤池、接触氧化池和人工湿地三个处理单位串联组成，具有较强的抗冲击负荷能力，预处理包括隔油池、格栅、沉沙池、集水池（井）。污水经过预处理和厌氧水解（酸化）后进入生物接触氧化池，生物接触氧化池内设置填料，填料上长满生物膜，污水中的有机物被微生物吸附、氧化分解和转化。然后进入人工湿地，通过人工湿地过滤、吸附及生物降解等作用进一步去除污染物。

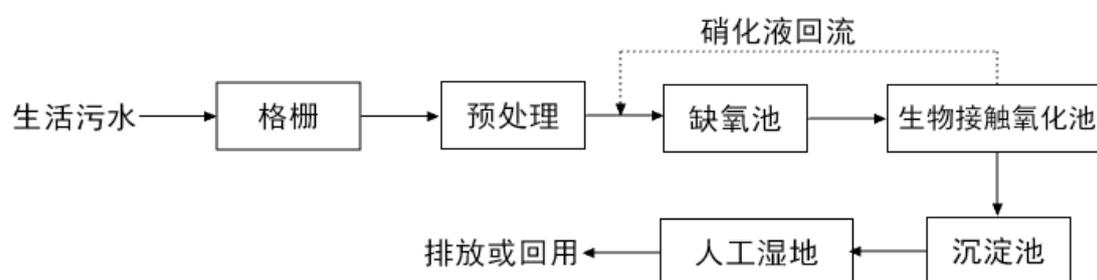


图 5.2-8 预处理+A/O 生物接触氧化+人工湿地

#### 2) 适用范围

适用于湖南省饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保

护区等环境敏感区以及洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，污水处理不仅需要去除 COD 和悬浮物，还需进一步对氮、磷等营养元素进行控制，防止区域内水体富营养化，主要处理以片区为单位的单村集中式生活污水。

### 3) 工程投资

工程一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模、填料种类不同而有所差异，处理规模 $<100\text{m}^3/\text{d}$ 时，工程建设投资为 3600-4500 元/吨水，运行费用为 0.8-1.2 元/吨水；人工湿地造价因类型不同而有所差异，表面流人工湿地建设费用为 2200-3000 元/吨水，潜流人工湿地建设费用为 3000-4200 元/吨水，垂直流人工湿地建设费用为 3200-4500 元/吨水，人工湿地运行费用一般为 0.2-0.3 元/吨水。

#### 5.2.4.2 预处理+A<sup>2</sup>/O 活性污泥法+人工湿地

##### 1) 工艺说明

该组合工艺由 A<sup>2</sup>/O 和人工湿地两个处理单位串联组成，预处理包括隔油池、格栅、沉沙池、集水池（井）。A<sup>2</sup>/O 是最典型的活性污泥脱氮除磷工艺，在好氧段，硝化细菌将污水中有机氮氮化成的氨氮，通过生物硝化作用，转化成硝酸盐；在缺氧段，反硝化细菌将内回流带入的硝酸盐通过生物反硝化作用，转化成氮气逸入到大气中，从而达到脱氮的目的；在厌氧段，聚磷菌释放磷，并吸收低级脂肪酸等易降解的有机物；而在好氧段，聚磷菌超量吸收磷，并通过剩余污泥的排放，将磷除去。然后进入人工湿地，通过人工湿地过滤、吸附及生物降解等作用进一步去除污染物。

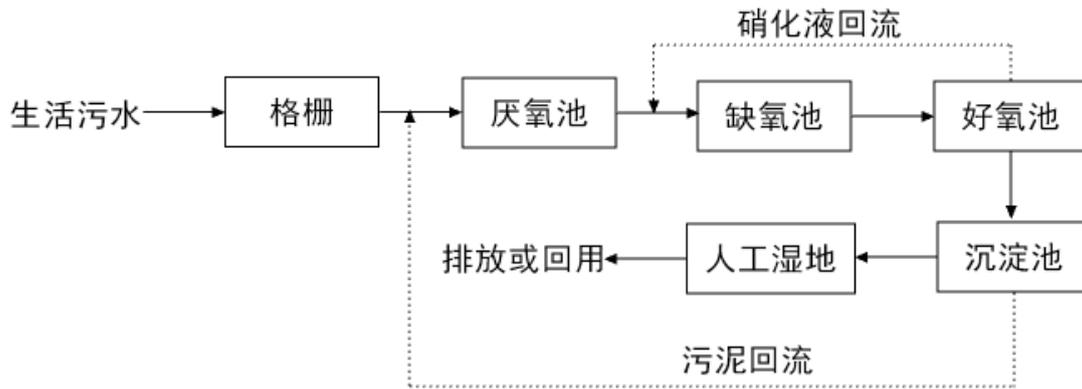


图 5.2-9 预处理+ A<sup>2</sup>/O 活性污泥法+人工湿地

## 2) 适用范围

适用于湖南省饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保护区等环境敏感区以及洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，污水处理不仅需要去除 COD 和悬浮物，还需进一步对氮、磷等营养元素进行控制，防止区域内水体富营养化，主要处理以片区为单位的单村集中式生活污水，一般处理规模 $\geq 100\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 3) 工程投资

工程一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模、填料种类不同而有所差异，处理规模 $< 100\text{m}^3/\text{d}$ 时，A<sup>2</sup>/O 工程建设投资为 3600-4500 元/吨水，运行费用为 0.8-1.2 元/吨水；人工湿地造价因类型不同而有所差异，表面流湿地建设费用为 2200-3000 元/吨水，潜流湿地建设费用为 3000-4200 元/吨水，垂直流湿地建设费用为 3200-4500 元/吨水，人工湿地运行费用为 0.2-0.3 元/吨水。

### 5.2.4.3 预处理+曝气生物滤池+人工湿地

#### 1) 工艺说明

该组合工艺由厌氧生物膜池、曝气生物滤池和人工湿地两个处理单位串联组成，预处理单元可选化粪池、厌氧生物膜反应池或者初沉

池，经预处理的污水从滤池底部进入滤料层，在滤池中，有机物被微生物氧化分解，氨氮被氧化成硝态氮，另外，由于在堆积的滤料层内和微生物膜的内部再在厌氧/缺氧环境，在硝化的同时实现部分反硝化，从滤池上部的出水可直接排出系统，然后进入人工湿地，通过人工湿地过滤、吸附及生物降解等作用进一步去除污染物。

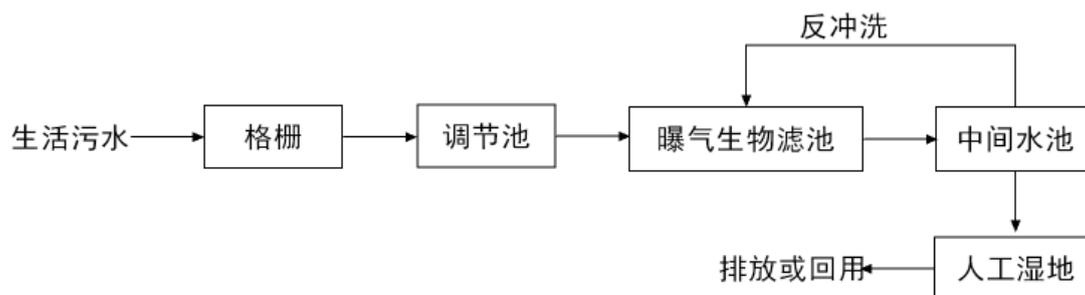


图 5.2-10 预处理+曝气生物滤池+人工湿地

## 2) 适用范围

适用于湖南省饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保护区等环境敏感区以及洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，污水处理不仅需要去除 COD 和悬浮物，还需进一步对氮、磷等营养元素进行控制，防止区域内水体富营养化，主要在处理，以片区为单位的单村集中式生活污水处理。主要在处理村落污水时采用，一般处理规模 $\leq 100\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 3) 工程投资

工程一次性投资主要是池体建造和购买填料。池体造价因处理规模、填料种类不同而有所差异，处理规模 $< 100\text{m}^3/\text{d}$ 时，工程建设投资为 3600-4500 元/吨水，运行费用为 0.7-1.0 元/吨水。人工湿地造价因类型不同而有所差异，表面流人工湿地建设费用为 2200-3000 元/吨水，潜流人工湿地建设费用为 3000-4200 元/吨水，垂直流人工湿地建设费用为 3200-4500 元/吨水，人工湿地运行费用一般为 0.2-0.3 元/吨水。

#### 5.2.4.4 预处理+MBR 一体化污水处理设施

##### 1) 工艺说明

膜生物反应器污水处理工艺 (MBR)，是以分离膜 (通常采用超滤膜) 为过滤介质，将生物降解反应与膜分离技术相结合，在一个反应器内完成生物反应和固液分离过程。污水经格栅进入调节池后，经提升泵进入生物反应器，通过 PLC 控制器开启鼓风机充氧，生物反应器出水经循环泵进入膜分离处理单元，浓水返回调节池。反冲洗泵利用清洗池中处理水对膜处理设备进行了反冲洗，反冲污水返回调节池。本工艺采用膜分离技术富集微生物，提高活性污泥浓度和曝气效率，膜过滤对污水中有机物、病原菌和病毒进行高效截留，提高了出水水质。同时配合吸附除磷工艺，最终出水可达到一级 A 标准。

##### 2) 适用范围

适用于湖南省饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保护区等环境敏感区以及洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，污水处理不仅需要去除 COD 和悬浮物，还需进一步对氮、磷等营养元素进行控制，防止区域内水体富营养化，主要在处理，以片区为单位的单村集中式生活污水处理。主要在处理村落污水时采用，一般处理规模 $\leq 100\text{m}^3/\text{d}$ 。

##### 3) 工程投资

MBR 一体化污水处理设施工程投资费用为 13000-22000 元/吨水，运行费用约 0.1-0.8 元/吨水。

#### 5.2.4.5 预处理+PE 固定床组合式生物膜处理

##### 1) 工艺说明

组合式固定床生物膜污水处理设备主体采用生物接触氧化工艺，并采用间歇式微孔曝气系统，有机物去除效率高，脱氮效果好。设备

整体投资运行成本低、抗冲击负荷强、运行稳定性好、使用寿命长、灵活性好。具体表现为：

1) 投资、运行成本低：无需大型的管网建设投资，综合投资建设成本仅为城镇污水处理厂的 50-60%；所用的固定床填料和罐体，以及整套设备的使用寿命均长达 30 年，配件基本无需更换，年均成本相较于常规一体化污水处理设备明显较低。此外，采用间歇式微孔曝气系统，氧利用率高，能耗低，日常运行电耗为 0.3~0.5kw/h/m<sup>3</sup>，相较于常规一体化污水处理设备运行费用降低了 60% 以上。

2) 处理效果好：技术以生物接触氧化工艺为核心，通过附着在固定床填料上的生物膜，起到净化污水的作用，挂膜快、产污泥量少、耐冲击、处理效果稳定等特点。利用固定床填料生物膜的特殊结构，通过硝化反硝化和同步硝化反硝化保障氮的去除效果，通过聚磷菌的生物除磷并辅以电解除磷，有效保障磷的去除效果。出水水质各项污染指标均可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 一级 A 标准。

3) 建设周期短，启动速度快：固定床组合式污水处理设备是由 3~5 个罐体组合而成，填料、曝气器等组件出厂前已安装在罐体内部，工程现场仅需对罐体进行连接即可完成安装，大幅度降低了施工量和施工周期。设备从安装、调试只需 7 天时间左右，由于所用固定床填料的高度微生物亲和性，生物膜行程速度快，设备启动时间短。调试完毕只需运行 15 天左右即可排出清水，60 天之后水质检测即可达到国家一级排放标准。

4) 高效、稳定、寿命长：固定床填料由优质聚烯烃类材料经特殊工艺塑造而成，具有耐腐蚀、耐高温、耐老化特性，并经抗紫外线、抗氧化、亲水等改性处理，具有良好的微生物亲和性。生物膜高度发

育，更新速度快，生物活性高，污染物处理效率高，且抗冲击负荷强。填料为立体网状结构，不堵塞，不坍塌，使用寿命可长达 30 年以上。

5) 全自动控制系统：远程监控，电脑界面随时掌控运行状态，无需人员驻守，可休眠，可自动激活。

## 2) 适用范围

适用于湖南省饮用水水源地保护区、风景或人文旅游区、自然保护区等环境敏感区以及洞庭湖生态经济区、湘资沅澧流域重要断面汇水区、黑臭水体以及水环境容量较小地区，污水处理不仅需要去除 COD 和悬浮物，还需进一步对氮、磷等营养元素进行控制，防止区域内水体富营养化，主要在处理，以片区为单位的单村集中式生活污水处理。主要在处理村落污水时采用，一般处理规模 $\leq 100\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 3) 工程投资

预处理+PE 固定床组合式生物膜处理设施工程投资费用为 15000-20000 元/吨水，运行费用约 0.2-0.7 元/吨水。

# 6 污泥处理

## 6.1 污泥分类

村庄生活污水处理过程产生的污泥，按来源不同，主要可升为：化粪池污泥、腐殖污泥（生物膜法产生的沉淀物质）和氧化塘污泥等。

## 6.2 污泥产量

村庄生活污水处理过程产生的污泥量与污水水质及处理工艺有关。不同类型污泥的产生量见表 6.2-1。

表 6.2-1 不同类型污泥产生量一览表

类别	含水率 (%)	平均每户每天产生的污泥量 (L)
化粪池污泥	95%	2-3.2

腐殖污泥	96-98%	2.8-8.0
氧化塘污泥	97-98.5%	1.2-9.8

## 6.3 污泥处理方式

根据村镇地理位置、分布特点且处理水量情况，其污水处理系统产生的污泥宜采用不同的处理方法。村庄污泥处理模式分为3类，其中庭院和小型分散处理系统采用同种方式，分散处理系统和集中处理系统分别采用不同种方式。

### 6.3.1 庭院式+小型分散式处理系统

庭院刷小型分散处理系统规模较小，产生的污泥量也较少，该处理规模下的污泥从污水处理设施排出后可以不处理，经过简单堆肥直接用作农田肥料施用。

### 6.3.2 分散式处理系统

分散处理系统产生的污泥适合先单独储存，然后定期统一收集到干化场处理，待污泥熟化后，再进行土地利用（农田园林绿化、林地利用等）。

### 6.3.3 集中式处理系统

集中污水生处理系统产生的污泥量相对较大，因此，需采用完备的污泥处理系统，以避免造成二次污染，各污水处理地点污泥可以首先统一收集、运送至集中处理场进行机械脱水，然后再进行好氧堆肥处理，好氧堆肥产品宜直接进行土地利用。

## 6.4 污泥处理工艺

### 6.4.1 污泥机械干化

机械脱水主要有带式压滤脱水、离心脱水、板框压滤脱水及叠螺式脱水等方式。

1) 带式脱水噪声小、电耗少，但占地面积和冲洗水量较大，车间环境较差。带式脱水进泥含水率要求一般为 97.5% 以下，出泥含水率一般可达 82% 以下。

2) 离心脱水占地面积小、不需冲洗水、车间环境好，但电耗高，药剂量高，噪声大。离心脱水进泥含水率要求一般为 95-99.5%，出泥含水率一般可达 75-80%。

3) 板框压滤脱水泥饼含水率低，但占地和冲洗水量较大，车间环境较差。板框压滤脱水进泥含水率要求一般为 97% 以下，出泥含水率一般可达 65-75%。

4) 叠螺式压榨脱水和滚压式脱水占地面积小、冲洗水量少、噪声低、车间环境好，但单机容量小，上清液固体含量高。叠螺式压榨脱水系统具有自动化程度高、管理方便，运行期间产生电耗、药耗，无需建污泥脱水机房等特点。

### 6.4.2 移动式污泥脱水

移动式污泥脱水车集成叠螺机或者平板式脱水机、发电机、加药装置、污泥泵等，可搭载卡车，实现污泥处理设备的灵活移动、方便转场作业。移动式脱水车可根据不同污水处理站的需要，开至污水处理站污泥池附近进行剩污泥的脱水处理。运行时，先开启高分子泡药机对投加的粉末絮凝剂进行充分搅拌至熟化；再将污泥池内的污泥抽至移动式螺杆脱水机混合絮凝槽，污泥在混合絮凝槽内与计量泵投加的

絮凝剂进行混合反应，形成矾花后流入活动式螺杆脱水机主体，在浓缩部通过重力浓缩后，被运输到脱水部进行脱水处理。脱水后的泥饼通过运输车外运处理，滤液则返回生化系统进行再处理。

适用范围：移动式污水脱水车适用于村镇区域内有多个污水处理设施的污泥脱水，轮换进行污泥脱水。

### 6.4.3 污泥静态快速干化技术

将含水率 80% 的污泥与辅料（如粉碎后的植物秸秆）混合搅拌均匀，得到透气性良好的堆料，并转移至发酵槽中进行强制通风曝气。堆料快速升温并维持在 50-55℃ 以上超过 5 天，7 天后堆料含水率可降至 35-40%，若继续发酵可转化为稳定的腐殖质。这是目前生活污水处理厂推广应用的污泥无害化、资源化处理的主要技术。

工艺特点：①温度和曝气控制效果好，处理周期短，占地面积小，可灵活调整规模。②无需翻抛，有效控制臭气、粉尘和蚊蝇。③高温和曝气产生的密集水汽可有效杀灭病原菌、虫卵和杂草种籽等。④设备投入和易损件少，寿命长，维护成本低。⑤对槽(池)体底部布气均匀性要求较高，需进行合理分区。

## 6.5 污泥处置

在最终处置方面，目前有效的只有填埋、焚烧、肥料利用、建筑材料原料。从资源的角度出发，首先考虑的是物料の利用（堆肥；然后考虑的是能量的利用（干化+焚烧）；无法利用的选择就是填埋，还占用土地资源。农村污泥的处置方式，推荐采用堆肥。

## 7 治理工程验收

为保证工程建设质量和处理效果，必须依靠验收这一有效管理手

段进行控制。在本《指南》中，规定了“资料验收-工程竣工验收-环境保护验收”三级验收模式。工程验收通常分为工程施工质量验收和环境保护验收两个部分。本《指南》对工程施工质量验收和环境保护验收的依据、程序、方法和标准及验收文件、资料准备都做了规定。

对于采用污水收集集中处理设施的验收应开展工程验收，且必须包括资料验收和工程实体验收，分户或分散处理可不开展工程验收或根据情况简化验收程序。

## 7.1 资料验收

竣工资料验收应提供如下主要文件资料：工程项目的立项文件、招标投标文件和工程承包合同、竣工验收申请、工程质量监督报告、工程决算报告及批复、工程竣工审计报告、工程调试运行报告、施工过程中的工程变更文件以及主管部门有关审批、修改、调整文件，竣工图纸、设备技术说明书等。建设单位应对全部文件资料进行审核，审核通过后进行系统整理、分类立卷，并及时归档。文件资料审核不通过的，建设单位应提出整改意见，由相关单位限时完成整改，再次提交审核，通过后方可进行工程实体验收工作。

## 7.2 工程实体验收

在工程验收中，本《指南》对管道工程、混凝土结构工程、砌体结构工程、构筑物、人工湿地等设施的施工和验收作了规定，规定各构筑物、建筑物、管道工程等均按国家或行业的相关标准、规范进行验收。污水处理工程建成后，由所在地镇（街道）组织设计单位、施工单位、监理单位对工程质量进行验收，并出具工程质量验收意见。

文件资料审核通过后，建设单位应组织工程项目各参与方，进行现场实体验收。工程的竣工验收应执行《建设项目（工程）竣工验收

办法》。重点审查工程建设内容是否与设计文件相符、施工质量是否达到现行的质量验收标准、机电设备数量、型号、参数及技术要求等是否与设计文件相符、配电与自控系统是否达到相关防护要求，以及工程项目场地的安全防护措施。工程实体验收合格后，方可进行环保验收，验收不合格的应责成施工单位或其它相关单位进行限期整改。

### **7.3 环保验收**

环境保护验收中规定执行《建设项目竣工环境保护验收管理办法》，施工单位应提交调试和试运行报告，试运行报告中应包括至少连续 7 日以上的水质监测记录以及具有环境监测资质的单位出具的水质监测报告，出水水质应符合设计出水水质要求。对污水处理站点污泥处理处置方法、臭气与噪声防治措施、施工产生的生态问题修复等是否符合环保要求进行现场验收。环保验收过程中，施工单位应现场演示工程项目工艺运行过程。由镇（街道）向牵头部门提出综合验收申请，并提供项目综合验收表、工程质量验收合格报告、水质监测报告、治理工程所涉及农户清单和运行管理制度等相应材料。

## **8 污水处理工程设施运行管理**

### **8.1 污水收集系统的维护与管理**

污水收集系统应定期进行巡视、清淤，确保污水管网系统通水流畅。污水收集系统维护基本要求为：管道井盖出气孔通畅，井盖上方文字标识明显；污水检查井井盖安装牢固，避免丢失破损；定期清理管网沿线检查井内污物淤积情况。

污水管网维护的主要工作是管道疏通。根据农村生活污水的特点，管道疏通建议采用水力疏通方式，即利用管道中污水、周边河（湖）水或自来水冲洗管道。这种方式操作简单、工作条件较好，能有效地

清理管道中污泥。

## **8.2 污水处理设施系统的运行、维护与管理**

### **1) 分散式污水处理设施的运行管理**

分散式污水处理设施宜实行“自用、自管”管理方式，即由农户自行维护管理污水处理设施，包括化粪池的定期清淘、生物处理设施的定期排泥、生态处理单元的植物收割等。

由于农户缺乏污水处理技术的专业知识，对污水处理设施的运行维护管理水平有限，农村可统一聘请若干专业人员，为农户提供技术指导和专业咨询，并对村落或集镇管辖范围内的分散式污水处理设施进行定期巡查，巡查周期不大于 1 个月。

### **2) 集中式污水处理设施的运行管理**

农村生活污水处理站的启动与试运行需由专业人员操作执行，待系统正常运行后，移交给运营单位。运营单位应配备具有专业技能的专职或兼职工作人员，按照相关制度管理污水处理设施，定期对污水处理站的进水、出水水质、设备设施进行观察测定，如实填写相关报表。日常维护中，如发现异常，应及时报告相应技术人并采取措施，以保证污水处理设施正常运行。