

## § 14.1 稳定塘

### 14.1.1 概述

#### 1、稳定塘(Stabilization Ponds)的发展及应用

旧称氧化塘(Oxidation Ponds)或生物塘

是一种利用天然净化能力处理废水的生物处理工艺，  
其对废水的净化过程与自然水体的自净过程类似。

- 1、稳定塘的研究与应用始于20世纪初期，在50~60年代之间稳定塘技术的发展较迅速，
- 2、我国的环境保护技术政策规定：  
“城市废水处理，应推行污水处理厂与氧化塘、土地处理系统相结合的政策”；



中石油在苏丹的喀土穆炼油厂的氧化塘



野生水鸟在污水处理塘繁殖翔集

## 14.1.1 概述

### 2、稳定塘的分类

根据塘中微生物反应的类型划分：

- 😬 好氧塘
- 😬 兼性塘
- 😬 厌氧塘
- 😬 曝气塘
- 😬 深度处理塘
- 😬 综合生物塘

主要利用菌藻共生系统来处理废水中的有机污染物



## 14.1.1 概述

### 3、稳定塘的特点

#### (1) 优点：

基建投资少、运行管理简单，耗能少，运行费用低，

为传统人工处理厂的 $1/3\sim 1/5$ ；

可进行综合利用，形成复合生态系统。

并产生明显的经济、环境和社会效益。

由于是自然处理，所以无需动力费用，并充分利用地形，无须过多的土方工程。在处理污水的同时，可种植经济或观赏植物，并且污水可资源化，获得效益。



污水处理池塘成为美丽的花园



炼油厂墙外的牧场，牧草由处理后的污水灌溉

## 14.1.1 概述

### 3、稳定塘的特点

#### (2) 缺点：

占地面积过多；处理效果受气候影响较大，如设计或运行不当，可能形成二次污染。

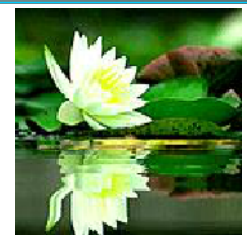
#### (3) 要有适于采用稳定塘的条件：

土地、气候、气温、日照条件、风力。

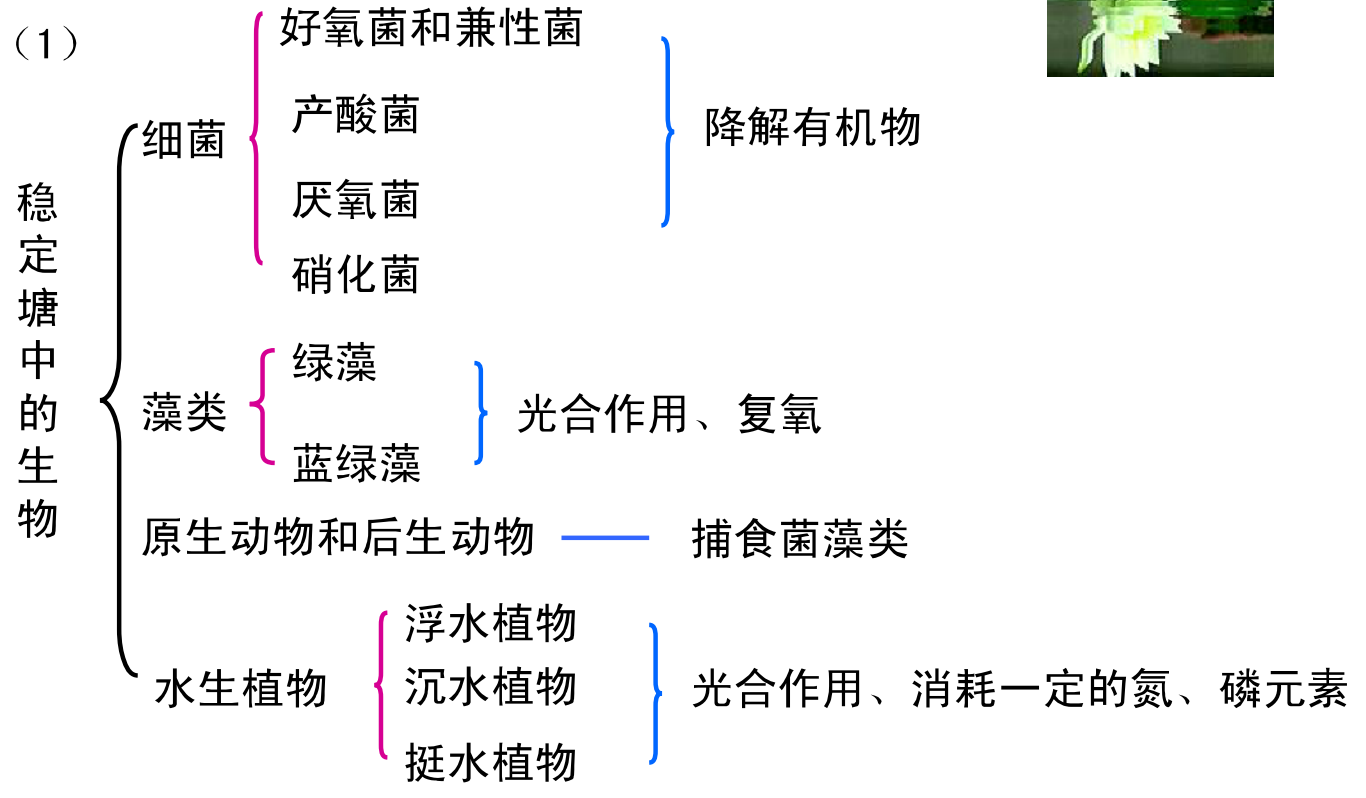
2、由于是设在地面，有过冬问题，降雨淹没影响处理效果，光照不强也会影响；如污染地下水、产生臭气等

3、要有充足的土地面积、较高的温度，不影响微生物降解、日照适于藻类光合作用、风力利于大气复氧。

# 14.1.1 概述



## 4、稳定塘的净化机理





常见的沉水植物眼子菜





**挺水植物菖蒲**

## 14.1.1 概述

### 4、稳定塘的净化机理

#### (2) 稳定塘中的生态系统

##### a. 菌藻共生关系：

细菌代谢活动所需要的氧由藻类通过光合作用提供，  
而其代谢产物二氧化碳又提供藻类用于光合作用。

##### b. 稳定塘内的食物链网

B、原后生动物吃菌藻类，鱼类吃原后生动物，鸭、鹅等动物吃鱼类。



## 14.1.1 概述

### 4、稳定塘的净化机理

#### (3) 稳定塘对污水的净化作用

- 🤔 稀释作用
- 🤔 沉淀和絮凝作用
- 🤔 好氧微生物的代谢作用
- 🤔 厌氧微生物的代谢作用
- 🤔 浮游生物的作用
- 🤔 水生植物的作用

## 14.1.2 好氧塘

### 1、定义：

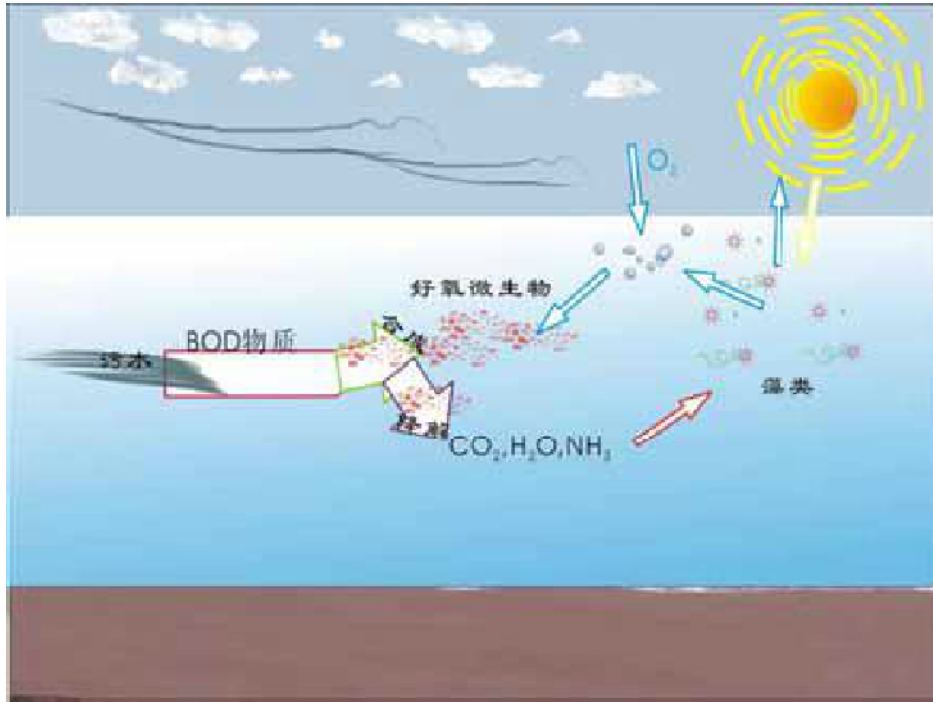
全塘皆为好氧区，为使阳光能达到塘底，好氧塘的深度较浅。

### 2、分类

好氧塘 {  
普通好氧塘  
高负荷好氧塘  
深度处理好氧塘

- 1、有机负荷低，HRT长，目的是处理废水，可作为二级处理
- 2、有机负荷较高，HRT较短；出水中藻类含量高；  
运行技术较复杂，只适用于气候温暖且阳光充足的地区；  
目的是处理废水和产生藻类。
- 3、有机负荷短，HRT也短；  
目的是串联在二级处理系统之后，进行深度处理。

# 好氧塘示意图



## 14.1.2 好氧塘

### 3、应用：

好氧塘多应用于串联在其他稳定塘后做进一步处理，不用于单独处理。

### 4、主要尺寸：

(1) 长宽比： 多采用矩形塘， $L: W=3:1\sim 4:1$

(2) 有效水深： 高负荷好氧塘： $0.3\sim 0.45\text{m}$ ；

普通好氧塘： $0.5\sim 1.5\text{m}$ ；

深度处理好氧塘： $0.5\sim 1.5\text{m}$ ；

(3) 超高： 取值范围 $0.6\sim 1.0\text{m}$

(4) 堤坡： 塘内坡坡度 $1:2\sim 1:3$ ；塘外坡坡度 $1:2\sim 1:5$

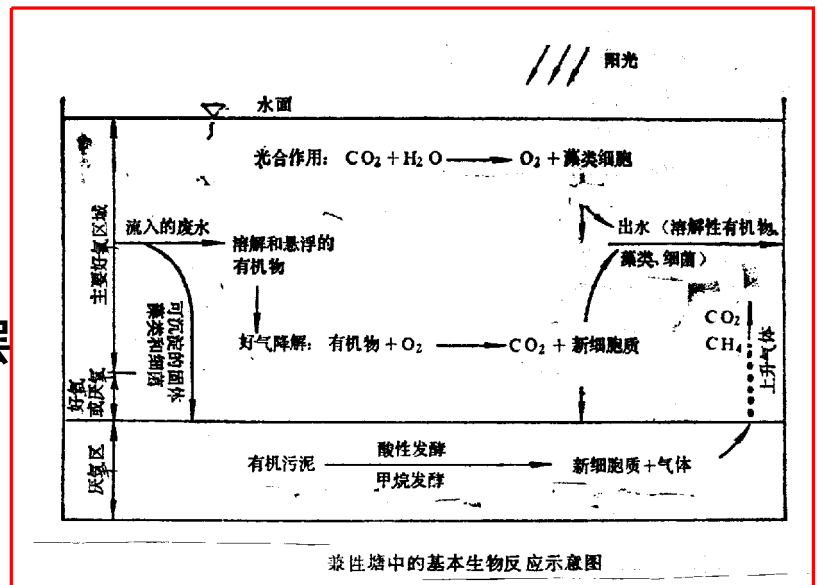
(5) 单塘面积： 单塘面积介于 $0.8\sim 4.0\times 10^4\text{m}^2$ ；

好氧塘不得少于3座(至少2座)

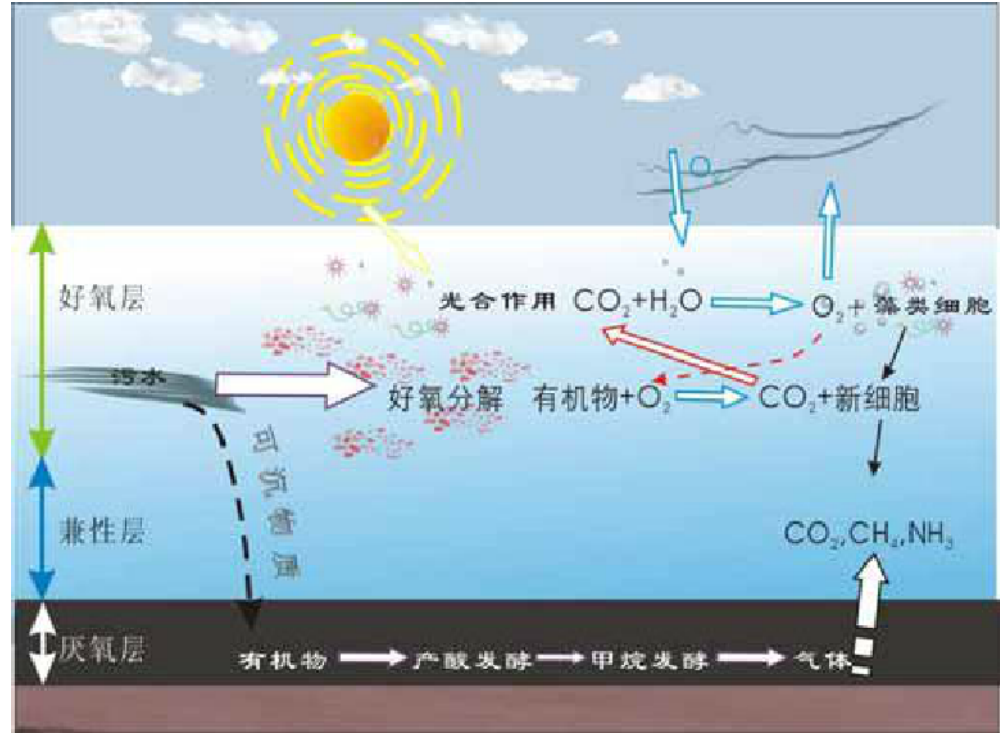
### 14.1.3 兼性塘

#### 1、结构：

- 上层由于藻类的光合作用和大气复氧作用而含有较多溶解氧，为好氧区；
- 中层则溶解氧逐渐减少，为过渡区或兼性区；
- 塘水的下层则为厌氧层；
- 塘的最底层则为厌氧污泥层



# 兼性塘示意图



## 14.1.3 兼性塘

2、预处理及对进水水质的要求：

如果兼性塘作为第一级，则要求预处理措施(与厌氧塘相同)；

兼性塘要求 $BOD_5:N:P=100:5:1$

3、构造及主要尺寸：

(1) 长宽比：多采用矩形塘，长宽比为**3: 1~4:1**

(2) 有效水深：**1.2~2.5m**；

(3) 储泥厚度： **$\geq 0.3m$** ；

(4) 超高：**0.6~1.0m**

(5) 单塘面积：一般介于 **$0.8\sim 4.0\times 10^4m^2$** ；

系统中兼性塘一般不少于**3座**，多串联

## 14.1.4 厌氧塘

### 1、特点：

有机负荷高，整个塘无好氧区；

常置于塘系统的首端，以承担较高的BOD负荷。

### 2、预处理：

设置格栅( $\leq 20\text{mm}$ )、沉砂池；如必要，应设置除油池。

### 3、进水水质：

与传统二级处理工艺的要求相同：

进水硫酸盐浓度不宜大于 $500\text{mg/L}$ ；进水 $\text{BOD}_5$ ：N：P= $100$ ： $2.5$ ： $1$



## 14.1.4 厌氧塘

### 4、主要尺寸：

(1) 长宽比：一般为矩形，长宽比为 $2\sim 2.5: 1$

(2) 有效水深： $2.0\sim 4.5\text{m}$  ( $2.5\sim 5.0\text{m}$ )；

(3) 储泥厚度： $\geq 0.5\text{m}$ ；

(4) 超高： $0.6\sim 1.0\text{m}$

(5) 堤坡：堤内坡度 $1.5: 1\sim 1: 3$ ；堤外坡度： $1: 2\sim 1: 4$

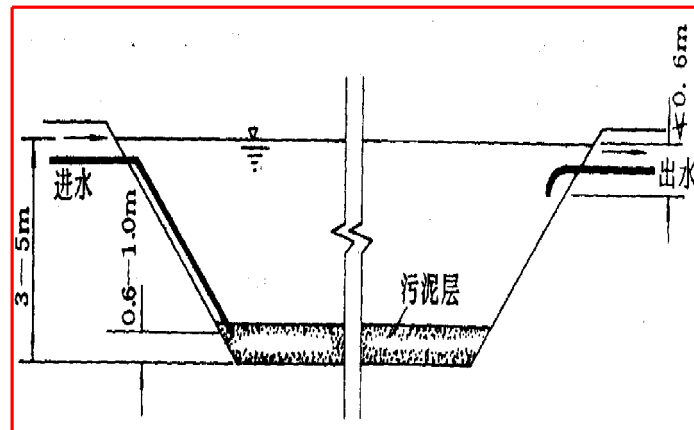
(6) 塘数及单塘面积：

至少应有两座，可并联；单塘面积 $0.8\sim 4\times 10^4\text{m}^2$

## 14.1.4 厌氧塘

### 5、构造

- 厌氧塘进口设在底部，高出塘底 $0.6\sim 1.0\text{m}$ ；
- 出水管应在水面下，淹没深度不小于 $0.6\text{m}$ ；  
应在浮渣层或冰冻层以下；
- 进口和出口均不得少于两个。

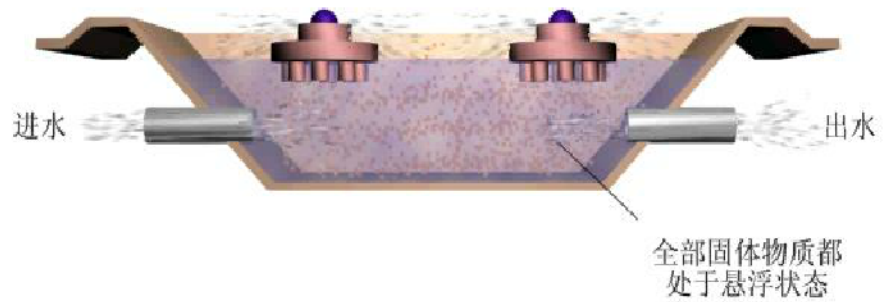


## 14.1.5 曝气塘

### 1、特点与分类：

曝气塘采用人工补气供氧，  
表面叶轮或鼓风补气。

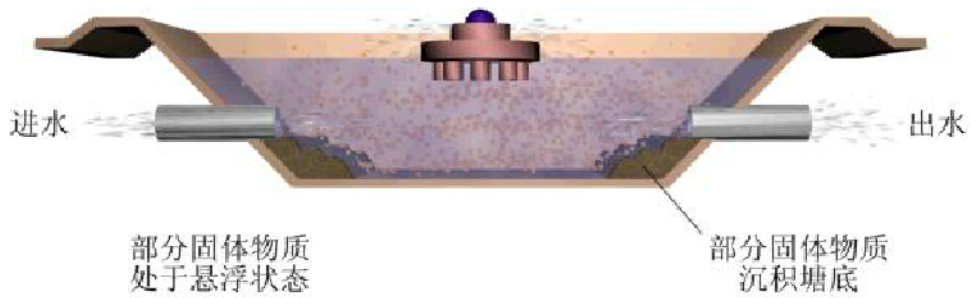
(1) 完全混合曝气塘  
或好氧曝气塘；



好氧曝气塘

## 14.1.5 曝气塘

### (2) 部分混合曝气塘或兼性曝气塘



兼性曝气塘

## 14.1.5 曝气塘

### 2、基本要求：

- 完全混合曝气塘的出水经沉淀后污泥可回流；
- 沉淀是曝气塘工艺的必要组成部分；
- $BOD_5$ 表面负荷为  $1 \sim 30 \text{kgBOD}_5 / (10 \text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；

好氧曝气塘的HRT为  $3 \sim 10 \text{d}$ ；兼性曝气塘的HRT有可能超过  $10 \text{d}$ ；

有效水深为  $2 \sim 6 \text{m}$ ；

一般不少于  $3$ 座，通常按串联方式运行；

多采用表面曝气机曝气，北方则采用鼓风曝气。

## 14.1.6 深度处理塘

因处理处理二级处理出水，又称三级处理塘、熟化塘；

1、作用：

能在污水处理厂和接纳水体之间起缓冲作用；

进一步去除BOD、COD、细菌、藻类、氮、磷；

2、深度处理塘形式：好氧塘、曝气塘、兼性塘；

3、进水水质要求：一般 $BOD_5 \leq 30\text{mg/L}$ ；

$COD \leq 30\text{mg/L}$ ；

SS则介于 $30-60\text{mg/L}$ 。

## § 14.2 土地处理系统

### 14.2.1 概述

#### 1、定义：

- 在人工调控和系统自我调控的条件下，
- 利用土壤—微生物—植物组成的生态系统，
- 对废水中污染物进行物理的、化学的和生物的净化过程，使废水水质得到净化和改善；
- 并通过系统内营养物质和水分的循环利用，使植物生长繁殖，从而实现废水的资源化、无害化和稳定化的生态系统工程。

## 14.2.1 概述

### 2、废水灌溉与土地处理的对比

废水土地处理	废水灌溉农田
<ol style="list-style-type: none"><li>1.以控制水污染、净化污水为目标，实质上是生态工程系统；</li><li>2.对进水的水量、水质有较严格要求，需要一定的预处理；</li><li>3.经试验确定设计运行参数，采用适宜负荷与运行条件；并对系统进行管理与维护保证处理效果；</li><li>4.能终年稳定运行；</li><li>5.收集出水，对其进行有控的排放与利用；</li><li>6.对周围环境设有监测系统</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.以作物对水肥资源的利用为目标；</li><li>2.以灌水定额、灌溉制度及废水农田排放标准来控制灌溉水的水量与水质；</li><li>3.无专门的设计运行参数，一般无完整科学的设计；</li><li>4.不能终年运行；</li><li>5.出水不加收集，不能进行有控排放与利用；</li><li>6.无专门的环境监测系统</li></ol>

废水土地处理技术是在废水灌溉基础上发展起来的，二者既有密切的联系，又有显著的差别：



## 14.2.2 系统的组成、作用机理与工艺分类

### 1、系统的组成（五部分）

- 废水的预处理设施；
- 废水的调节与贮存设施；
- 废水的输送、布水及控制系统；
- 土地净化田；
- 净化出水的收集与利用系统

- 1、由于土地处理易于堵塞、且常处于厌氧，故此需要沉淀、或曝气。
- 2、土地处理一般水力负荷低，需要对水量进行调节、储存。
- 3、废水在土地处理系统重要均匀分布才会有较好效果
- 5、处理后的水可收集进行再利用。

## 14.2.2 系统的组成、作用机理与工艺分类

### 2、净化机理：（五部分）

- 物理过滤
- 物理吸附和物理沉积
- 物理化学吸附
- 化学反应与沉淀
- 微生物的代谢和有机物的分解

- 1、土壤颗粒间的孔隙能截留滤除废水中的悬浮颗粒
- 2、土壤中粘土矿物具有吸附功能：部分重金属离子会被吸附置换而沉积于土壤中。
- 3、金属离子与土壤中无机或有机胶体反应形成螯合化合物：  
有机物与无机物反应生成复合物：  
重金属离子由于阳离子交换而被置换吸附
- 4、废水中的金属离子会与土地中的某些离子发生化学反应。
- 5、土地系统中存在着异养型微生物、厌氧型微生物、硝化菌、反硝化菌

## 14.2.2 系统的组成、作用机理与工艺分类

### 3、基本工艺类型：（五类）

- 慢速渗滤
- 快速渗滤
- 地表漫流
- 湿地系统
- 地下渗滤系统



## 14.2.3 慢速渗滤系统

### 1、概述：

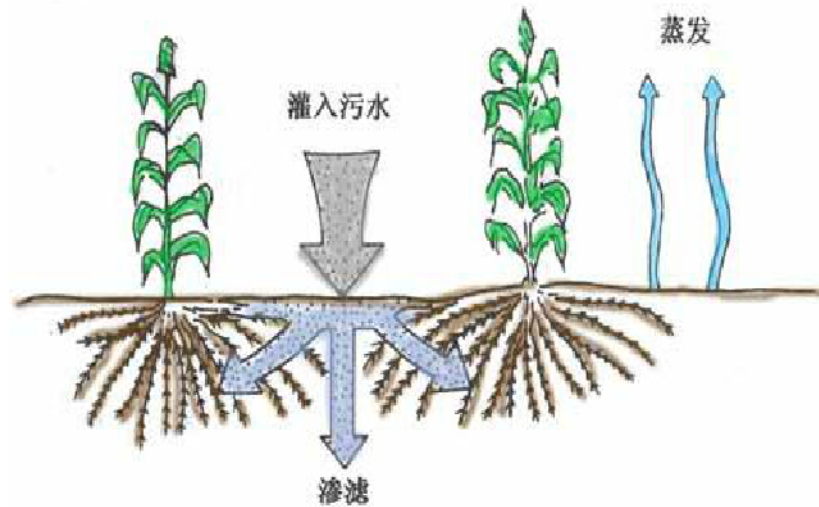
- 适用于渗水性能良好的壤土、砂土以及蒸发量小、气候湿润的地区；
- 废水经喷灌后垂直向下缓慢渗滤到种有农作物的处理田上；

藉土壤—微生物—农作物

复合系统对污水进行净化，

部分污水被蒸发和渗滤，

使用寿命长。



## 14.2.3 慢速渗滤系统

### 2、工艺目标：

- (1) 处理废水
- (2) 利用水和营养物质生产农作物
- (3) 节省优质清洁水(特别是干旱地区)。

### 3、工艺性能：

- (1) 废水投配负荷一般较低
- (2) 渗滤速度慢，废水在表层土壤（含大量微生物）中的HRT长，
- (3) 废水净化效率高，出水水质好。

## 14.2.3 慢速渗滤系统

### 4、预处理

只有一级处理：初次沉淀池

有二级处理时：稳定塘或传统二级生物处理

### 5、作物选择：

(1) 处理废水为目标时，可选多年生牧草。

(2) 种植谷物则应以利用、生产为主，对废水的调蓄应加强管理。

牧草生长期长，对氧利用率高，忍受水力负荷能力强；  
种植谷物忌淹没。

## 14.2.4 快速渗滤系统

见图00666

### 1、概述

- 净化机理类似于间歇“生物砂滤器”；  
适用于透水性非常良好的土壤，如砂土、壤土砂或砂壤土等；
- 废水周期性地布水（投配或灌入）和落干（休灌），  
使快速渗滤池的表层土壤处于厌氧、好氧交替运行的状态，  
藉不同种群的微生物分解降解废水中的有机物，  
A-O交替运行有利于去除N、P；
- 系统的有机负荷与水力负荷比其他土地处理工艺高得多，  
其净化效率也很高。

## 14.2.4 快速渗滤系统

### 2、作用

- 可将净化水补给地下水；
- 可藉井或地下排水管回收净化水；
- 可将净化水贮存在地下含水层。

### 、工艺性能：

- 可直接处理一级处理(酸化池)出水；
- 该系统对污染物的去除率高： $COD > 90\%$ ， $BOD_5 > 95\%$ ， $SS > 98\%$ ；
- 系统出水的 $COD < 40mg/L$ ， $BOD < 10mg/L$ ；
- 耐冲击负荷能力强；脱氮能力强。



## 14.2.5 地表漫流系统

- 净化机制类似于固定膜生物处理法；

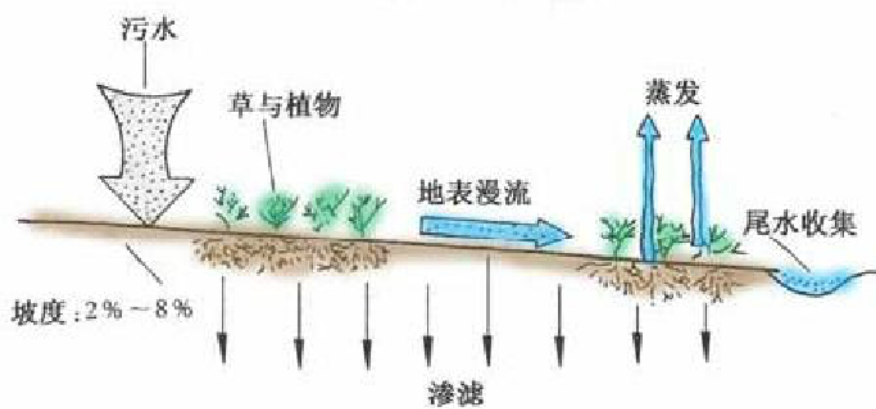
适用于土壤渗透性低的粘土、亚粘土。

要求预处理(如格栅、筛滤)后进入系统；

- 对BOD、SS、N去除率较高；

在处理废水的同时，

可收获作物。



将废水投配到多年生牧草、坡度和缓、土壤渗透性差的坡面上，  
废水在沿坡面缓慢流动的过程中得到净化；  
出水水质相当于传统生物处理后的出水；

## 14.2.6 湿地系统(Wet Land)

- 利用湿地和沼泽地处理污水的方法为湿地系统；
- 污水有控制的投配到种有芦苇、香蒲、美人蕉等植物的湿地上；

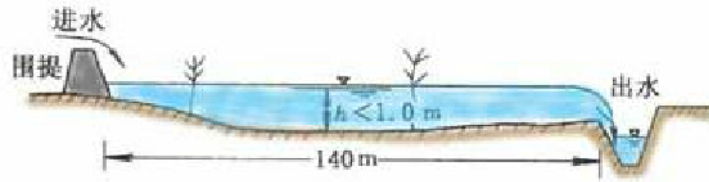
污水在沿一定方向流动的过程中，

在植物、土壤的共同作用下得到净化。

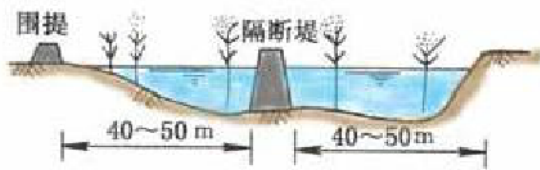
湿地可以是天然湿地，也可以是人工湿地。

植物需要根系发达，便于传递氧气；同时要耐水  
土壤中有相当成分的离子、胶体，可与污水中离子发生反应；  
同时其中的微生物可降解有机物。

## 湿地系统示意图



a. 纵剖面示意图



b. 横剖面示意图





上海洋山深水港区同盛物流园区人工湿地  
里的植物“营养”丰富，长得茁壮  
150平方米处理30吨/d的生活污水

## 14.2.7 地下渗滤系统

- 将废水投到有一定构造、距地面约**0.5m**深、良好渗透性土层中，藉毛管浸润和土壤渗滤作用，使废水向四周扩散，通过过滤、沉淀、吸附、生物降解等过程使废水得到净化；
- 适用于无法接入城市排水管网的小水量污水处理
- 工艺特点：处理效果稳定；基建投资省、运行费低。

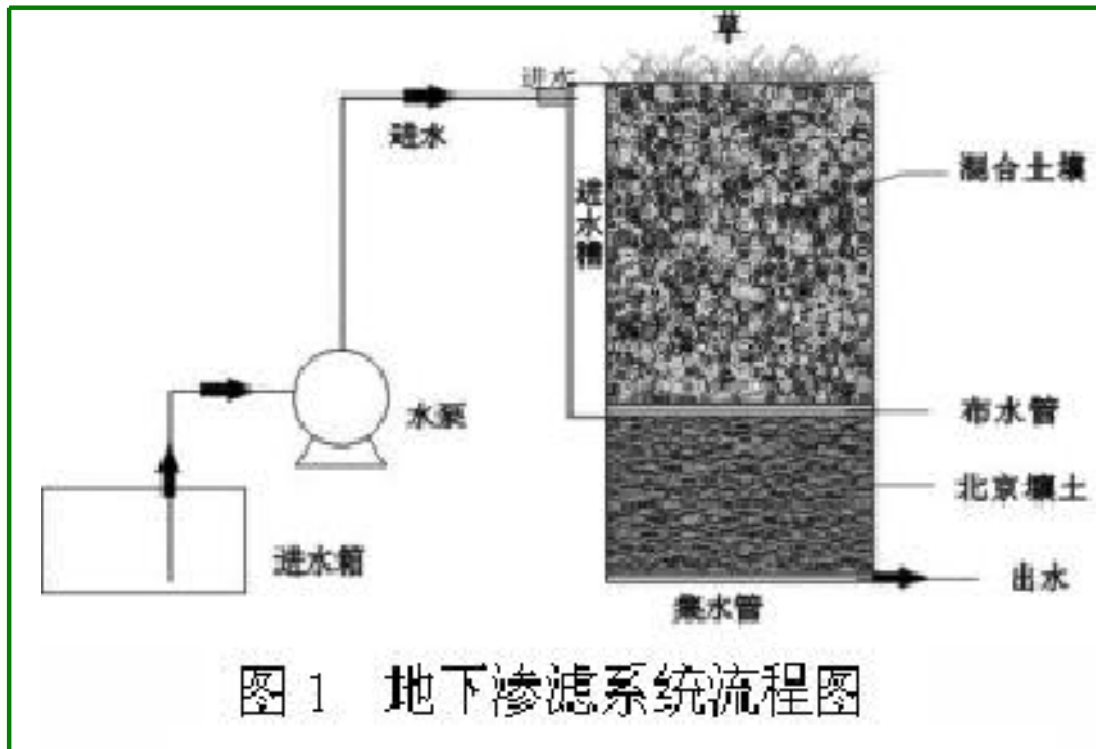
适用于分散居民点、度假村、疗养院等；

需经化粪池和酸化池预处理。

上述各种工艺可随意组合，形成复合污水土地处理系统。

如：地表漫流-湿地复合系统、地表漫流-快速渗滤等。







这一章讲完了，休息一下。