

城市污水土地处理工艺设计指南

〔美国〕环境保护局等编

中国市政工程西南设计院

一九八七年八月

86.6443

8806448

城市污水土地处理工艺设计指南

〔美国〕环境保护局

工程兵团

内政部

农业部

翻译：雷寤初

校译：吴济华

审核：吴松华

中国市政工程西南设计院

一九八七年八月

译 者 的 话

本设计指南是美国奥林巴赫教授1985年来我院讲学时带来的资料之一，“指南”系统地介绍了三种主要处理城市污水的土地处理工艺的原理、设计参数、设计程序以及在实际应用中涉及到的若干问题，並附有大量图表和设计计算实例。可供从事污水处理和环境保护的工程技术人员参考。

本指南由雷寤初翻译，吴济华校译。译文由吴松华审核。钟蔡昌负责编辑出版。陈淑美、康干栋等同志参与绘制插图、打字、抄写及文字校对。

为降低成本，译文略去原文中的全部照片。另对原文中某些参考价值不大的段落亦予以删节。

译 者

1987年8月8日

前言 (I)

本设计指南叙述土地处理系统当前工艺设计的技术状况，它取代1977年10月出版的土地处理系统工艺设计指南。编写本指南的准备工作，由美国环境保护局 (EPA) 的研究开发处和水处、美国工程兵团、美国内政部 (USDI) 的水研究和技术局，以及美国农业部 (USDA) 的环境质量和地产局等单位主办，由这些单位组成编委会并成立编写小组负责编写。由美国环保局的环境研究情报中心 (CERI) 负责日常管理工作。

主管官员：J. E. 小史密斯博士，EPA—CERI。

小史密斯博士任编委会主任。环境管理有限公司在托斯登罗曼森先生的领导下，协助进行管理工作。

承印单位：梅特卡夫和埃迪有限公司 (加利福尼亚州萨克拉门托市)

监督及主要编写人员：

R. W. 克里特斯，主管经理

E. L. 迈耶和R. G. 史密斯

参加编写人员：

M. 沃克

K. 阿尔斯顿

M. 阿尔珀特

C. 斯坦

编辑和校核：

F. 伯顿

J. 米勒

C. 庞德

顾问编写人员：

A. 华莱士博士，爱达荷大学

W. 努特尔博士，佐治亚大学

D. 欣雷切斯先生

B. 惠特逊先生

D. 迪默先生

坎贝尔索浦公司

O. 阿莱博士

L. 贾尔德先生

E. 迈尔斯博士，大气和工程有限公司

D. 赫希布鲁勒尔先生

布鲁斯吉尔摩联合有限公司

D. 帕克斯女士

前 言 (II)

由各主办单位的成员及另外邀请的专家组成技术工作小组，在组长的领导下，确定指南的编写范围、监督承印单位的工作，以及对指南进行审查和技术校订。此外，一个由多学科的工程和科学家组成的工作组，对指南进行了评审。

技术工作小组组长：

S. C. 里德，美国寒冷地区研究与工程试验室 (CRREL)

技术工作小组成员：

环保局 (EPA)：

R. E. 托马斯先生，	J. E. 史密斯博士，
C. 哈森博士，	W. 惠廷顿先生，
R. 巴斯登先生，	H. 萨克尔博士，
N. 科尔博士，	R. 迪安先生，
J. 亚里埃尔先生，	C. 思菲尔德博士，
J. 罗斯勒先生，	W. 胡昂先生，
J. 史密斯先生，	

工程兵团：

N. 尤尔班先生	D. 拉蒙先生
W. 梅丁先生	P. 卡迈克尔先生
I. 伊斯坎德尔博士	J. 马特尔先生
J. 布佐恩先生	R. 李博士
M. 卡里伦先生	J. 鲍尔先生
S. 绍布博士	H. 麦凯姆博士

农业部 (USDA)：

P. 史密斯先生，	C. 罗斯先生
G. 迪尔先生，	H. 布威尔博士
W. 奥普菲尔先生，	D. 尤里博士
R. 菲利浦斯先生，	D. 克拉普博士

内政部 (USDI)：

R. 马登绥先生

能源部 (USDOE)：

B. 布鲁姆菲尔德先生

国家环境卫生基金会 (NSF)：

E. 布赖思博士

科学院和国家机关：

M. 柯克哈博士,	E. 伦勒特博士
W. 索佩尔博士,	R. 史密斯博士
A. 奥韦尔曼博士,	R. 埃伯勒西博士
M. 奥韦尔克西博士,	A. 埃里克森博士
D. 肯德雷克先生,	

邀请的技术评审人员:

B. 西布洛克先生,	T. 杰金斯先生
J. 克赖斯先生,	A. 佩莱佐先生
E. 史密斯博士,	H. 法奎尔女士
R. 路易斯博士,	T. 阿塞诺博士
T. 罗斯曼先生,	R. 斯赖登先生
G. 阿伯克先生,	

内 容 提 要

本设计指南介绍了设计土地处理系统的理论方法，详细讨论了处理城市污水的慢速渗滤 (Slow Rate)，快速渗滤 (Rapid Infiltration) 和土地漫流 (Overland flow) 等工艺，並叙述了其设计原理和设计依据。还介绍了调查和选择处理场地的两阶段设计方法。

设计指南包括每种工艺的设计例题，结合小型处理系统的具体情况，介绍了现场调查的资料，提出了计算能量消耗的公式和程序，讨论了可能产生的卫生和环境的影响及其相应的解决办法。

目 录

第一章 概述及工艺性能

1.1 目的	(1)
1.2 范围	(1)
1.3 处理工艺	(2)
1.4 慢速渗滤工艺	(4)
1.4.1 处理目标	(4)
1.4.2 处理性能	(6)
1.5 快速渗滤工艺	(7)
1.5.1 处理目的	(7)
1.5.2 处理性能	(8)
1.6 土地漫流工艺	(9)
1.6.1 处理目的	(9)
1.6.2 处理性能	(10)
1.7 联合系统	(11)
1.8 指南使用说明	(11)
1.9 参考文献	(13)

第二章 规划和技术评价

2.1 规划程序	(15)
2.2 第一阶段规划	(15)
2.2.1 初步资料	(15)
2.2.2 土地处理系统的适用性	(21)
2.2.3 需要的土地面积	(24)
2.2.4 场地鉴别	(25)
2.2.5 场地筛选	(29)
2.3 第二阶段规划	(33)
2.3.1 场地勘察	(34)
2.3.2 选定初步设计的依据	(34)
2.3.3 方案的评价	(35)
2.3.4 方案的选择	(38)
2.4 水权及可能的的水权矛盾	(38)
2.4.1 天然水源	(39)

2.4.2 地面水.....	(40)
2.4.3 渗滤水.....	(40)
2.5 参考文献.....	(40)

第三章 现场调查

3.1 概述.....	(43)
3.2 物理性质.....	(43)
3.2.1 浅层断面的评价.....	(43)
3.2.2 较深断面的评价.....	(45)
3.3 水力学性质.....	(46)
3.3.1 饱和水力传导率.....	(46)
3.3.2 渗滤能力.....	(47)
3.3.3 比出流量.....	(48)
3.3.4 非饱和水力传导率.....	(48)
3.3.5 断面排水.....	(50)
3.4 渗滤速率的测量.....	(50)
3.4.1 注水池法.....	(51)
3.4.2 园筒渗滤器.....	(54)
3.4.3 人工降雨渗滤器.....	(55)
3.5 纵向水力传导率的测量.....	(56)
3.5.1 双管渗透计试验.....	(57)
3.5.2 进气式渗透计试验.....	(58)
3.6 地下水.....	(60)
3.6.1 深度/静水头.....	(60)
3.6.2 流量.....	(61)
3.6.3 地下水水质.....	(66)
3.7 土壤的化学性质.....	(66)
3.7.1 土壤化学试验的描述.....	(66)
3.7.2 磷的吸附试验.....	(68)
3.8 参考文献.....	(68)

第四章 慢速渗滤工艺的设计

4.1 概述.....	(74)
4.2 工艺性能.....	(74)
4.2.1 BOD和悬浮固体的去除.....	(74)
4.2.2 氮.....	(74)
4.2.3 磷.....	(77)
4.2.4 微量元素.....	(77)
4.2.5 微生物.....	(81)

4.2.6 微量有机物	(82)
4.3 作物选择	(83)
4.3.1 选择作物的原则	(83)
4.3.2 作物特性	(86)
4.4 预处理	(94)
4.4.1 贮存和贮存期的预处理	(95)
4.4.2 保护布水系统的预处理	(96)
4.4.3 工业污染物的预处理	(96)
4.5 负荷率和需要的土地面积	(96)
4.5.1 根据土壤渗透率确定的水力负荷率	(97)
4.5.2 根据氮极限值确定的水力负荷率	(98)
4.5.3 根据灌溉要求确定的水力负荷率	(101)
4.5.4 土地面积需要量	(102)
4.6 贮存(容量)的要求	(103)
4.6.1 用水量平衡计算来估算贮存容量	(103)
4.6.2 用计算机程序估算贮存容量	(104)
4.6.3 最终设计贮存容积的计算	(106)
4.6.4 贮存塘设计的考虑因素	(108)
4.7 布水系统	(108)
4.7.1 地面布水系统	(108)
4.7.2 人工降雨布水系统	(109)
4.7.3 布水系统组成部分的使用寿命	(113)
4.8 排水和径流控制	(113)
4.8.1 地下排水系统	(114)
4.8.2 地面排水和径流控制	(116)
4.9 处理系统的管理	(118)
4.9.1 土壤管理	(118)
4.9.2 作物管理	(120)
4.10 处理系统的监测	(122)
4.10.1 水质监测	(122)
4.10.2 土壤监测	(122)
4.10.3 植物监测	(123)
4.11 处理设施设计指导	(123)
4.12 参考文献	(124)

第五章 快速渗滤工艺的设计

5.1 概述	(130)
5.1.1 RI系统的水力途径	(130)
5.1.2 现场工作	(130)

5.2	工艺性能	(130)
5.2.1	BOD和悬浮固体	(132)
5.2.2	氮	(132)
5.2.3	磷	(133)
5.2.4	微量元素	(134)
5.2.5	微生物	(134)
5.2.6	微量有机物	(135)
5.3	予处理程度的确定	(137)
5.3.1	EPA的准则	(138)
5.3.2	水质要求及处理目标	(138)
5.4	确定水力负荷率	(139)
5.4.1	测量的水力能力	(139)
5.4.2	水力负荷周期和污水投配速率的选择	(141)
5.4.3	其它考虑因素	(143)
5.5	土地需要量	(146)
5.5.1	渗滤水池的面积	(146)
5.5.2	予处理设施要求的土地面积	(146)
5.5.3	其它需要的土地面积	(146)
5.6	渗滤系统的设计	(147)
5.6.1	布水和渗滤水池的布置	(147)
5.6.2	贮存和流量均衡	(149)
5.6.3	寒冷气候的改善措施	(149)
5.7	排水	(150)
5.7.1	排到地面水的地下排水	(150)
5.7.2	地下水丘	(152)
5.7.3	地下排水管道	(157)
5.7.4	集水井	(159)
5.8	监测和维护	(159)
5.8.1	监测	(159)
5.8.2	维护管理	(160)
5.9	设计和建造指南	(161)
5.10	参考文献	(161)

第六章 土地漫流工艺的设计

6.1	概述	(165)
6.1.1	场地特征和评价	(165)
6.1.2	水质要求	(165)
6.1.3	设计和运行参数	(165)

6.2	工艺性能	(166)
6.2.1	BOD的去除	(166)
6.2.2	悬浮固体的去除	(169)
6.2.3	氮的去除	(169)
6.2.4	磷的去除	(169)
6.2.5	微量元素的去除	(171)
6.2.6	微生物的去除	(171)
6.2.7	微量有机物的去除	(171)
6.2.8	降雨的影响	(172)
6.2.9	斜面坡度的影响	(172)
6.2.10	启动期间的性能	(172)
6.3	予处理	(172)
6.4	设计依据的选择	(173)
6.4.1	水力负荷率	(173)
6.4.2	投配速率	(174)
6.4.3	投配时间	(174)
6.4.4	投配频率	(174)
6.4.5	组份负荷率	(175)
6.4.6	斜面长度	(175)
6.4.7	斜面坡度	(175)
6.4.8	需要的土地面积	(176)
6.5	要求的贮存容量	(177)
6.5.1	寒冷季节要求的贮存容量	(177)
6.5.2	暴雨径流的贮存	(178)
6.5.3	为均衡而贮存	(179)
6.6	布水系统	(179)
6.6.1	地面布水法	(180)
6.6.2	低压喷射系统	(180)
6.6.3	高压人工降雨系统	(180)
6.6.4	埋入系统与地面系统的比较	(181)
6.6.5	自动化	(182)
6.7	植被	(182)
6.7.1	植被的作用	(182)
6.7.2	植被的选择	(182)
6.8	斜面的建造	(183)
6.8.1	系统的布局	(183)
6.8.2	修正坡度的操作	(183)
6.8.3	下种和作物培植	(183)
6.9	径流收集	(184)

6.10 处理系统的监测和管理	(184)
6.10.1 监测	(184)
6.10.2 处理系统的管理	(185)
6.11 几种可能的设计方法	(185)
6.11.1 CRREL方法	(186)
6.11.2 UCD方法	(187)
6.11.3 两种方法的比较	(188)
6.12 参考文献	(189)

第七章 小型系统

7.1 概述	(191)
7.2 处理设施的规划设计	(191)
7.2.1 处理工艺的考虑因素	(191)
7.2.2 场地选择	(194)
7.2.3 场地调查	(196)
7.3 处理设施的设计	(196)
7.3.1 予处理和贮存	(196)
7.3.2 水力负荷率	(197)
7.3.3 需要的土地面积	(200)
7.3.4 布水系统	(201)
7.4 典型的小型城镇处理系统	(201)
7.4.1 慢速渗滤饲料系统	(202)
7.4.2 慢速渗滤森林系统	(204)
7.4.3 快速渗滤系统	(206)
7.4.4 土地漫流工艺	(209)
7.5 参考文献	(210)

第八章 能量消耗和节能

8.1 概述	(212)
8.2 输送提升	(212)
8.3 处理工艺的能耗	(214)
8.3.1 慢速渗滤 (SR) 工艺	(214)
8.3.2 快速渗滤 (RI) 工艺	(214)
8.3.3 土地漫流 (OF) 工艺	(214)
8.4 节能	(215)
8.4.1 可能节能的领域	(215)
8.4.2 例题: 慢速渗滤设计中的节能	(216)
8.4.3 小结	(218)
8.5 能量计算的步骤	(218)
8.5.1 慢速渗滤系统	(219)

8.5.2 快速渗滤系统·····	(220)
8.5.3 土地漫流系统·····	(220)
8.5.4 实例·····	(221)
8.6 计算能耗的方程式·····	(224)
8.6.1 予处理·····	(224)
8.6.2 土地处理工艺·····	(224)
8.7 参考文献·····	(225)

第九章 卫生和环境影晌

9.1 概述·····	(226)
9.2 氮·····	(226)
9.2.1 作物·····	(226)
9.2.2 地下水·····	(228)
9.2.3 地面水·····	(228)
9.3 磷·····	(230)
9.3.1 土壤·····	(230)
9.3.2 作物·····	(230)
9.3.3 地下水·····	(230)
9.3.4 地面水·····	(230)
9.4 溶解性固体·····	(230)
9.4.1 土壤·····	(230)
9.4.2 作物·····	(232)
9.4.3 地下水·····	(232)
9.5 微量元素·····	(233)
9.5.1 土壤·····	(233)
9.5.2 作物·····	(234)
9.5.3 地下水·····	(235)
9.6 微生物·····	(236)
9.6.1 土壤·····	(236)
9.6.2 作物·····	(238)
9.6.3 地下水·····	(239)
9.6.4 地面水·····	(239)
9.6.5 气悬体·····	(239)
9.7 微量有机物·····	(242)
9.7.1 土壤·····	(242)
9.7.2 作物·····	(244)
9.7.3 地下水·····	(244)
9.7.4 地面水·····	(246)
9.8 参考文献·····	(247)

附录A 慢速渗滤设计例题

A. 1 概述	(253)
A. 2 问题的提出	(253)
A.2.1 背景	(253)
A.2.2 人口和污水特性	(253)
A.2.3 排放要求	(253)
A.2.4 处理场地特征	(254)
A.2.5 气候	(254)
A. 3 慢速渗滤系统的选择	(254)
A.3.1 予处理	(256)
A.3.2 作物选择	(257)
A. 4 处理系统的设计	(257)
A.4.1 饲料作物方案	(257)
A.4.2 落叶森林作物方案	(268)
A.4.3 选定的SR 的设计	(272)
A.4.4 需要的能量	(273)

附录B 快速渗滤设计例题

B. 1 概述	(275)
B. 2 设计的考虑因素	(275)
B.2.1 设计的城镇	(275)
B.2.2 污水的水质水量	(275)
B.2.3 原有的污水处理设施	(276)
B.2.4 排放要求	(276)
B.2.5 气候	(276)
B. 3 场地和工艺的选择	(276)
B. 4 场地调查	(277)
B.4.1 土壤特性	(279)
B.4.2 地下水的特性	(279)
B.4.3 水力能力	(279)
B. 5 污水负荷率的确定	(283)
B.5.1 予处理的程度	(283)
B.5.2 水力负荷率	(283)
B.5.3 水力负荷周期	(283)
B.5.4 降雨对污水负荷率的影响	(283)
B.5.5 地下排水	(284)
B.5.6 硝 化	(284)
B. 6 需要的土地面积	(285)
B.6.1 予处理设施	(285)

B.6.2 渗滤水池·····	(285)
B.6.3 其它·····	(285)
B.7 处理系统设计·····	(286)
B.7.1 一般要求·····	(286)
B.7.2 地下排水·····	(288)
B.8 维护和监测·····	(288)
B.8.1 维护·····	(288)
B.8.2 监测·····	(288)
B.9 处理系统的费用·····	(288)
B.10 能量计算·····	(289)
B.11 参考文献·····	(291)
附录C 土地漫流设计例题	
C.1 概述·····	(292)
C.2 问题的提出·····	(292)
C.3 设计考虑的因素·····	(292)
C.3.1 污水的特性及排放要求·····	(292)
C.3.2 气候·····	(293)
C.4 场地评价及工艺选择·····	(293)
C.4.1 一般的场地特征·····	(293)
C.4.2 土壤特征·····	(294)
C.4.3 工艺选择·····	(294)
C.5 布水方法·····	(295)
C.6 予处理·····	(295)
C.7 污水的贮存·····	(295)
C.7.1 要求的贮存量·····	(295)
C.7.2 贮存设施的描述·····	(296)
C.8 设计参数的选定·····	(296)
C.8.1 水力负荷率·····	(296)
C.8.2 投配时间和投配频率·····	(296)
C.8.3 斜面的长度和坡度·····	(296)
C.8.4 投配率·····	(297)
C.8.5 需要的土地面积·····	(297)
C.9 布水系统·····	(297)
C.10 处理系统的初步布置·····	(297)
C.11 处理系统的设计·····	(300)
C.11.1 处理斜面·····	(300)
C.11.2 径流沟的设计·····	(300)
C.11.3 集水沟·····	(300)
C.11.4 提升系统·····	(300)

C.11.5 监测和收集系统.....	(301)
C.12 需要的土地面积.....	(301)
C.13 覆盖作物的选择.....	(301)
C.14 处理系统的费用.....	(302)
C.15 能量计算.....	(302)
C.16 其它的设计方法—设计例题.....	(302)
C.16.1 CRREL方法.....	(302)
C.16.2 UCD方法.....	(304)
C.16.3 各种方法的比较.....	(305)
C.17 参考文献.....	(306)

附录D 现有土地处理系统的地区

附录E 慢速渗滤布水系统的设计

E.1 概述.....	(308)
E.2 一般的设计考虑因素.....	(308)
E.2.1 投配水的深度.....	(308)
E.2.2 投配频率.....	(308)
E.2.3 投配率.....	(309)
E.2.4 投配时间.....	(309)
E.2.5 投配区域.....	(309)
E.2.6 布水系统的能力.....	(309)
E.3 地面布水系统.....	(310)
E.3.1 垄和沟布水.....	(310)
E.3.2 坡畦布水.....	(313)
E.4 人工降雨布水系统.....	(316)
E.4.1 投配率.....	(316)
E.4.2 固定的人工降雨系统.....	(317)
E.4.3 移动式人工降雨系统.....	(320)
E.4.4 连续移动系统.....	(323)
E.5 参考文献.....	(326)

附录F 采用EPA计算机程序估算土地处理的贮存天数