



“十二五”国家重点图书

水体污染控制与治理科技重大专项

# 城镇污水处理厂 一级A稳定达标技术

郑兴灿 著

中国建筑工业出版社



“十二五”国家重点图书

水体污染控制与治理科技重大专项

# 城镇污水处理厂一级 A 稳定达标技术

郑兴灿 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城镇污水处理厂一级 A 稳定达标技术/郑兴灿  
著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 8  
ISBN 978-7-112-18249-7

I. ①城… II. ①郑… III. ①城市污水处理-污  
水处理厂-水质-达标-技术 IV. ①X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 149393 号

“十二五”国家重点图书  
水体污染控制与治理科技重大专项  
城镇污水处理厂一级 A 稳定达标技术

郑兴灿 著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京红光制版公司制版  
北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 32 $\frac{1}{4}$  字数: 523 千字  
2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月第一次印刷

定价: 95.00 元

ISBN 978-7-112-18249-7  
(27457)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书为国家水体污染控制与治理科技重大专项城市主题研究成果之一，在总结我国城镇污水深度除磷脱氮及再生处理研究成果和工程实践的基础上，提出切合我国城镇污水水质特性的一级 A 稳定达标及再生处理工艺路线及技术选择。

第 1~3 章分析总结我国城镇污水处理设施和排放标准的发展变化及主要技术方向，剖析我国城镇污水的水质水量变化特征、一级 A 稳定达标难点及影响因素，凝练城镇污水一级 A 稳定达标及再生处理的工艺技术路线与具体技术措施。

第 4~6 章概述城镇污水氮磷污染物的去除途径、活性污泥产率计算方法及影响因素，提出总体工艺技术方案构成要素、设计参数及关键设备选择，详细论述主要工艺单元的工艺类型、技术特征和设计运行要点，以及新技术的工程应用。

第 7~8 章总结混凝沉淀、滤料过滤和机械过滤的新近发展、技术原理、适用条件和设计运行要点，详细讨论膜法过滤、反渗透和臭氧氧化的技术原理、工艺类型和工程应用，概要介绍污水消毒的主要方法及技术选择。

第 9~10 章剖析城镇污水处理系统的能耗特征、影响因素、节能降耗策略及技术措施，选择具有一定代表性的城镇污水处理及再生利用工程案例，对工艺技术方案、新技术新设备应用、关键工艺参数选择和实际运行效果进行分析总结。

责任编辑：俞辉群 石枫华

责任校对：姜小莲 赵颖

国家水体污染控制与治理科技重大专项

## 丛书编委会

主 任：仇保兴

副 主 任：陈吉宁 陈宜明 邵益生

编 委：王秀朵 王洪臣 王晓昌 王峰青 孔彦鸿 孔祥娟  
邓 彪 甘一萍 刘 翔 孙永利 孙贻超 孙德智  
严以新 严建华 李广贺 杨 榕 杨殿海 吴志超  
何 强 汪诚文 宋兰合 张 昱 张 智 张 勤  
张仁泉 张 全 张 辰 张建频 张雅君 陈银广  
范 彬 林雪梅 周 健 周 琪 郑兴灿 赵庆良  
越景柱 施汉昌 洪天求 钱 静 徐宇斌 徐祖信  
唐运平 唐建国 黄 霞 黄民生 彭党聪 董文艺  
曾思育 廖日红 颜秀勤 戴星翼 戴晓虎

本书执笔主编：郑兴灿

本书责任审核：陈吉宁

# 前 言

“十一五”期间，根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》设立的国家水体污染控制与治理科技重大专项（简称水专项），包含湖泊、河流、城市、饮用水、监控预警和经济政策6个主题，旨在构建我国水污染控制与治理技术体系和水环境管理技术体系，重点突破工业污染源控制与治理、农业面源污染控制与治理、城市污水处理与资源化、水体水质净化与生态修复、饮用水安全保障、水环境监控预警与管理等关键技术和共性技术，开展典型流域和重点地区的综合示范研究。第一阶段主要突破“控源减排”关键技术，第二阶段重点突破“减负修复”关键技术，第三阶段突破流域水环境“综合调控”关键技术。

城市主题主要针对我国城镇污水处理设施不足、水循环系统脆弱、水环境质量下降、水功能退化等问题，选择若干具有重要战略地位、不同经济发展阶段与特点、不同污染成因与特征的城市（群），重点攻克城市和工业园区的清洁生产、水污染控制和资源化利用关键技术，突破城市水污染控制系统整体设计、全过程运行控制和水体修复技术，开展技术研发与集成示范，初步建立我国城市水污染控制与水环境综合整治的工程技术体系、规划管理技术体系及示范工程体系，并推动关键技术的标准化、设备化和产业化发展，建立研发基地、产业化基地和监管平台，为构建新一代城市水环境系统提供强有力的技术支撑和管理工具。

“十一五”期间，城市主题以控制城市污染物排放强度、削减氮磷污染负荷和城市水环境质量有所改善为总体发展目标，重点服务于城市水污染物减排控源和重点示范城市水环境质量改善，着重COD、NH<sub>3</sub>-N、TN和TP等常规指标的排放控制，分阶段开展关键技术研究 and 工程示范应用，在城市水污染控制技术方面取得较大进展，初步形成了由城市污水深度处理与再生利用、污泥

处理处置与资源化、工业园区污染控制与清洁生产、城市排水系统优化与径流污染控制、城市水体水质改善与生态修复以及小城镇水污染控制与水环境治理等 6 方面关键技术及示范工程案例构成的城市水污染控制与水环境整治综合集成技术体系。

国家环境保护总局 2006 年第 21 号公告发布《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918—2002 修改单，要求城镇污水处理厂出水排入国家和省确定的重点流域及湖泊、水库等封闭、半封闭水域时，执行一级标准的 A 标准。2007 年 5 月，太湖发生严重水污染和蓝藻大暴发事件，一级 A 标准在太湖等重点流域的城镇污水处理厂全面推行。但我国城镇污水处理系统普遍存在进水碳氮比偏低，悬浮固体无机组分含量高，冬季水温低，工业有毒有害污染物冲击以及提标改造建设用地受限等方面问题，明显影响城镇污水处理厂的运行效能和出水水质稳定达标。

针对重点流域实施 GB 18918—2002 一级 A 标准和缺水地区发展污水再生利用的实际需求，城市主题在“十一五”期间开展了以一级 A 稳定达标和再生水利用为核心的城镇污水深度除磷脱氮、提标改造、再生处理及节能降耗省地等方面关键技术的研究开发和工程示范，着重解决我国城镇污水碳氮比普遍偏低影响生物脱氮能力，无机悬浮固体普遍偏高影响污泥活性和反硝化能力，冬季低水温影响生物硝化及反硝化能力，工业废水构成冲击性毒害作用等技术难题，并形成以“先资源利用、后环境排放，先源头控制、后强化处理，先优化运行、后工程措施，先内部碳源、后外加碳源，先生物除磷、后化学除磷，稳定达标兼顾节能降耗省地”为总体原则的城镇污水一级 A 稳定达标工艺技术路线、优化方案和工程设计方法。

作为水专项城市主题集成技术成果丛书的组成部分，本书的编写目的就在于，针对我国重点流域城镇污水的水质特征、主要影响因素、污染物排放限值和技术决策需求，以城市主题“十一五”相关课题研究为基础，吸纳国内外的新近技术成果与工程实践经验，总结和凝练城镇污水强化预处理、深度除磷脱氮、工艺运行优化、关键设备产品、节能降耗省地和资源化利用等方面的研究开发成果和工程应用成就，结合处理效果稳定性、工艺控制灵活性、工程实施可行性、维护管理方便性、投资运行经济性、系统优化整体性和水质标准要

求，提出城镇污水一级 A 稳定达标及再生利用的工艺技术路线、工程技术方案、单元工艺选择及设计运行参数，为重点流域乃至全国城镇污水处理及再生利用工程设施的设计建设（新建、扩建、改造）和运行管理优化提供工艺技术指导及技术决策依据。

本书的编写工作得到了住房和城乡建设部水专项管理办公室、水专项总体专家组和城市主题专家组的大力支持，水专项城市主题相关项目（课题）承担单位提供了“十一五”研究成果和示范工程资料，中国市政工程华北设计研究院有限公司、清华大学环境学院、同济大学环境科学与工程学院、重庆大学城市建设与环境工程学院、西安建筑科技大学环境与市政工程学院、无锡市排水公司及相关示范工程单位提供了技术支持和帮助，在此谨表示衷心的感谢。

全书由郑兴灿负责撰写和定稿，各章节主要撰写人员为：第 1 章，郑兴灿；第 2 章，郑兴灿、刘静；第 3 章，郑兴灿；第 4 章，郑兴灿；第 5 章，郑兴灿、张秀华、隋克俭；第 6 章，郑兴灿、颜秀勤、李激、陈轶；第 7 章，尚巍、郑兴灿、黄鹏；第 8 章，郑兴灿、尚巍、孙永利；第 9 章，孙永利、郑兴灿；第 10 章，郑兴灿、李鹏峰、陈轶、孙永利、夏琼琼、李激。

限于学识水平和实践经验，书中的不足不妥之处，敬请广大读者批评指正。

**郑兴灿**

2015 年 3 月于天津



# 目 录

<b>第 1 章 城镇污水处理设施建设与排放标准</b>	1
1.1 城镇污水处理设施规划建设概况	1
1.1.1 城镇污水处理设施的发展规划	2
1.1.2 城镇污水处理设施的工程建设	6
1.2 城镇污水处理厂污染物排放标准	10
1.2.1 城镇污水污染物排放标准的演变	10
1.2.2 重点流域执行 GB 18918—2002 一级 A 标准	14
1.2.3 GB 18918—2002 及一级 A 标准适用性探讨	16
1.3 城镇污水资源化利用趋势	23
1.3.1 城镇污水的能源化资源化利用途径	23
1.3.2 城镇污水资源化利用的技术方向	28
1.3.3 侧流和主流工艺厌氧氨氧化技术	30
<b>第 2 章 城镇污水水质特性与稳定达标难点</b>	34
2.1 城镇污水水质水量的时空变化	34
2.1.1 全国城镇污水水质水量变化特征	34
2.1.2 无锡城镇污水水质水量变化特征	42
2.1.3 青岛城镇污水水质水量变化特征	45
2.1.4 城镇污水处理厂水质水量案例分析	48
2.2 关键水质指标的达标难点分析	58
2.2.1 化学需氧量 (COD)	58
2.2.2 五日生化需氧量 (BOD <sub>5</sub> )	60

2.2.3	悬浮固体 (SS)	62
2.2.4	氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) 与总氮 (TN)	63
2.2.5	总磷 (TP)	66
2.3	稳定达标的主要水质因素剖析	68
2.3.1	污水 SS/ $\text{BOD}_5$ 或 SS/COD 比值	68
2.3.2	污水碳氮比 $\text{BOD}_5/\text{TN}$ 或 COD/TN	72
2.3.3	冬季低水温条件的影响分析	78
<b>第 3 章</b>	<b>城镇污水稳定达标及再生处理工艺路线</b>	<b>82</b>
3.1	设计决策的总体原则	82
3.1.1	规划设计方案编制	82
3.1.2	工艺技术路线选择	84
3.2	稳定达标及再生处理工艺路线	86
3.2.1	工艺技术决策要点	86
3.2.2	提标改造工艺技术路线	91
3.2.3	新建扩建工艺技术路线	95
3.2.4	污水再生处理工艺技术路线	96
3.2.5	典型工艺单元及技术措施示例	99
3.3	城镇污水处理系统的管理控制	103
3.3.1	污水收集与输送系统	103
3.3.2	城镇污水生物处理设施	105
3.3.3	污水再生 (深度) 处理设施	106
<b>第 4 章</b>	<b>城镇污水氮磷去除途径与工艺方案</b>	<b>108</b>
4.1	污水生物除磷脱氮途径概述	108
4.1.1	污水处理系统的关键微生物	108
4.1.2	污水磷酸盐来源与去除途径	110
4.1.3	污水中氮的来源与去除途径	113
4.2	活性污泥产率的构成及计算方法	114

4.2.1	基于 IWA 活性污泥模型计算方法	115
4.2.2	德国污水处理协会 ATV 计算方法	117
4.2.3	国内室外排水设计规范的计算方法	118
4.2.4	活性污泥产率不同计算方法的比较	121
4.2.5	基于全组分“衰减”的污泥产率计算方法	125
4.3	污水除磷脱氮工艺技术方案构成	127
4.3.1	工艺方案的构成要素	127
4.3.2	工艺单元的组合模式	134
4.3.3	工艺设备选型及成套	137
<b>第 5 章</b>	<b>城镇污水预处理工艺单元选择</b>	<b>149</b>
5.1	机械格栅单元	149
5.1.1	技术原理	150
5.1.2	格栅配置	150
5.1.3	类型与特征	151
5.1.4	转鼓式格栅	153
5.1.5	阶梯式格栅	154
5.1.6	内进流式格栅	156
5.1.7	平板式格栅一体机	157
5.2	除砂系统	159
5.2.1	类型与特征	160
5.2.2	平流沉砂池	163
5.2.3	曝气沉砂池	164
5.2.4	旋流沉砂池	165
5.3	初沉池	166
5.3.1	技术原理	167
5.3.2	类型与特征	168
5.3.3	辐流式初沉（发酵）池	169
5.4	初沉发酵池（PS/F）	171

5.4.1	基本原理	171
5.4.2	运行模式	172
5.4.3	适用条件	173
5.4.4	设计与运行考虑	174
5.5	生物絮凝强化一级处理 (BEPT)	175
5.5.1	工艺开发与发展	175
5.5.2	工艺机理与特性	176
5.5.3	设计与运行考虑	182
5.6	化学强化一级处理 (CEPT)	183
5.6.1	工艺原理与构成	183
5.6.2	混合与絮凝方式	185
5.6.3	设计与运行考虑	186
5.7	化学—生物强化一级处理 (CBEPT)	187
5.7.1	工艺原理与构成	188
5.7.2	工艺设计与运行参数	190
<b>第 6 章</b>	<b>城镇污水除磷脱氮工艺单元及强化技术</b>	<b>192</b>
6.1	厌氧/缺氧/好氧除磷脱氮工艺技术	192
6.1.1	主要工艺技术类型	192
6.1.2	工艺设计与运行要点	201
6.2	氧化沟法除磷脱氮工艺技术	206
6.2.1	主要工艺技术类型	206
6.2.2	工艺设计与运行要点	216
6.3	序批式反应器除磷脱氮工艺技术	220
6.3.1	主要工艺技术类型	220
6.3.2	工艺设计与运行要点	224
6.4	除磷脱氮工艺强化——MBR 技术	227
6.4.1	工艺单元基本构成	227
6.4.2	工艺设计考虑	230

6.4.3	运行控制要点 .....	234
6.5	除磷脱氮工艺强化——悬浮填料技术 .....	235
6.5.1	工艺技术原理 .....	235
6.5.2	工艺功能特征 .....	236
6.5.3	工艺设计与运行要点 .....	242
6.6	除磷脱氮工艺强化——生物滤池技术 .....	249
6.6.1	工艺技术演变 .....	250
6.6.2	工艺技术类型 .....	252
6.6.3	工艺设计与运行要点 .....	254
<b>第7章</b>	<b>城镇污水处理混凝沉淀与过滤工艺单元 .....</b>	<b>257</b>
7.1	混凝过程 .....	257
7.1.1	混凝与化学除磷原理 .....	257
7.1.2	工艺设计与运行要点 .....	264
7.2	沉淀过程 .....	280
7.2.1	沉淀池原理与类型 .....	280
7.2.2	工艺设计与运行要点 .....	281
7.3	滤料过滤 .....	284
7.3.1	过滤工艺原理 .....	285
7.3.2	过滤介质性能 .....	286
7.3.3	滤池主要类型 .....	288
7.3.4	工艺设计与运行要点 .....	289
7.4	机械过滤 .....	306
7.4.1	基本构造与工艺原理 .....	306
7.4.2	运行过程与技术特点 .....	308
7.4.3	工艺设计与运行要点 .....	310
<b>第8章</b>	<b>城镇污水处理膜分离与消毒工艺单元 .....</b>	<b>311</b>
8.1	膜法过滤 .....	311

8.1.1	膜滤工艺原理	311
8.1.2	膜材质与组件	314
8.1.3	工艺适用条件	320
8.1.4	主要设计考虑	320
8.1.5	运行控制要点	329
8.2	反渗透 (RO)	340
8.2.1	工艺基本原理	341
8.2.2	膜材质与组件	343
8.2.3	工艺适用条件	346
8.2.4	主要设计考虑	347
8.2.5	运行控制要点	351
8.3	臭氧氧化	358
8.3.1	工艺基本原理	358
8.3.2	工艺适用条件	360
8.3.3	主要设计参数	361
8.3.4	运行控制要点	363
8.4	消毒处理	364
8.4.1	氯消毒	365
8.4.2	二氧化氯 (ClO <sub>2</sub> ) 消毒	369
8.4.3	紫外 (UV) 消毒	372
8.4.4	消毒技术选择与评价	380
<b>第 9 章</b>	<b>城镇污水处理系统节能降耗技术途径</b>	<b>384</b>
9.1	城镇污水处理系统能耗特征	384
9.1.1	主要能耗单元识别	384
9.1.2	主要影响因素分析	386
9.1.3	节能降耗策略与技术措施	388
9.2	全国城镇污水处理能耗分析	390
9.2.1	城镇污水处理能耗指标	391

9.2.2	城镇污水处理能耗分析	392
9.2.3	季节变化对能耗的影响	393
9.2.4	工程规模对能耗的影响	395
9.2.5	排放标准对能耗的影响	398
9.2.6	运行负荷对能耗的影响	400
9.3	主要工艺单元节能降耗途径	401
9.3.1	全流程节能降耗技术策略	401
9.3.2	一级处理单元节能降耗	405
9.3.3	生物处理单元节能降耗	406
9.3.4	其他节能降耗技术措施	407
9.4	关键耗能设备节能控制措施	408
9.4.1	驱动电机	408
9.4.2	提升泵/输送泵	409
9.4.3	曝气/搅拌设备	412
9.4.4	机械曝气系统	415
9.4.5	回流系统	417
9.4.6	变频控制技术	418

## 第 10 章 城镇污水一级 A 达标及再生处理案例 421

10.1	无锡市芦村污水处理厂工程	421
10.1.1	工程建设背景	421
10.1.2	一级 A 提标改造	423
10.1.3	四期新建工程	427
10.1.4	工艺运行效果分析	432
10.2	天津市东郊污水处理厂工程	434
10.2.1	工程概况	434
10.2.2	关键工艺参数	436
10.2.3	工艺运行效果分析	437
10.3	青岛市团岛污水处理厂工程	438

10.3.1	工程概况 .....	438
10.3.2	关键工艺参数 .....	440
10.3.3	工艺运行效果分析 .....	441
10.4	常州市清潭污水处理厂工程 .....	443
10.4.1	项目概况 .....	443
10.4.2	达标影响因素分析 .....	443
10.4.3	工艺改造方案研究 .....	447
10.4.4	工程实施效果分析 .....	450
10.5	山东省济宁污水处理厂工程 .....	455
10.5.1	工程概况 .....	455
10.5.2	关键工艺参数 .....	456
10.5.3	提标改造运行效果 .....	457
10.6	无锡市硕放污水处理厂工程 .....	459
10.6.1	工程概况 .....	459
10.6.2	主要工艺参数 .....	460
10.6.3	工艺运行效果分析 .....	461
10.7	合肥市望塘污水处理厂工程 .....	464
10.7.1	工程概况 .....	464
10.7.2	关键工艺参数 .....	465
10.7.3	工艺运行效果分析 .....	465
10.8	安徽巢湖市污水处理厂工程 .....	468
10.8.1	工程概况 .....	468
10.8.2	关键工艺参数 .....	468
10.8.3	工艺运行效果分析 .....	469
10.9	无锡市城北污水处理厂工程 .....	470
10.9.1	工程概况 .....	470
10.9.2	关键工艺参数 .....	472
10.9.3	工艺运行效果分析 .....	472
10.10	北京市清河再生水厂工程 .....	474



10.10.1	工程概况·····	474
10.10.2	关键工艺参数·····	475
10.10.3	工艺运行效果分析·····	476
10.11	天津市纪庄子再生水厂工程 ·····	478
10.11.1	工程建设·····	478
10.11.2	改扩建工程·····	481
10.11.3	工艺运行效果分析·····	482
10.12	天津空港物流加工区再生水厂工程 ·····	485
10.12.1	工程概况·····	485
10.12.2	关键工艺参数·····	486
10.12.3	工艺运行效果分析·····	486
<b>主要参考文献·····</b>		<b>490</b>