



环保设备

——原理·设计·应用

(第三版)

刘宏 主编
郑铭 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环保设备——原理·设计·应用

(第三版)

刘 宏 主编
郑 铭 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书着重介绍了污水处理、废气处理、噪声控制等环保设备的原理、设计、运行、管理等知识。每种设备介绍都尽可能结合国内外先进的环保工艺,给出设备特点、适用范围、设计参数、运行原理等知识点,并结合实际提供了部分工程实例。为便于教学参考和学生理解,每章后面均有思考题。第三版增加了课程设计章节,以利于培养学生的工程素质和创新能力。全书文字通俗易懂、图文并茂,在兼顾实用性的同时尽可能准确地体现国内外环境污染治理领域的先进技术和发展趋势。

本书可作为高等院校环境科学与工程类专业师生的教学用书,也可供从事环保设备设计制造、环境工程设计、环境工程建设管理等环保产业相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环保设备——原理·设计·应用/刘宏主编. —3版.
北京:化学工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-122-15785-0

I. ①环… II. ①刘… III. ①环境保护-设备-教材
IV. ①X505

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第262438号

责任编辑:董琳
责任校对:王素芹

装帧设计:孙远博

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张21 字数564千字 2013年1月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.80元

版权所有 违者必究

第三版前言

作为国家确定的七大战略性新兴产业之一的环保产业，已经成为 21 世纪的朝阳产业之一。处于环保产业链上游的环保设备制造业对专业技术人才的要求高、需求量巨大。编写高质量的环保设备教材对于提高环境科学与工程类专业教学质量和人才培养质量具有重要作用。

《环保设备——原理·设计·应用》教材 2001 年由化学工业出版社出版发行第一版，2006 年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材，结合读者 5 年多的使用及反馈意见，加之环保产业许多新工艺和设备的诞生，2007 年修订发行了第二版。第二版依照“删旧增新，改错压缩”的原则，将第一版十七章压缩为十章。删除了“固体废弃物处理设备”、“汽车尾气处理设备”、“冷却塔”和“集气罩与粉尘处理装置”等相关章节。对“典型污水处理工艺设计实例”及“除尘设备”等章节进行了重新编写，并增添了不少新内容，并在各章后面附有思考题以便学生学习参考。

《环保设备——原理·设计·应用》第二版经许多高校师生使用，反响良好。2012 年被江苏省教育厅推荐参评普通高等教育“十二五”国家级规划教材。为持续提升教材编写质量，锤炼精品教材，在提高环境科学与工程类专业教学质量和人才培养质量中发挥更大作用，经编写组讨论决定对教材进行再次修订。

本次修订在第二版的基础上，重新编写了第五章“一体化污水处理及中水回用设备”，删除了“典型污水处理工艺设计实例”一章，“除尘设备”一章增补了“陶瓷微管过滤式除尘器”和“新型除尘器”，“废气净化设备”一章增补了“光催化反应器”和“生物净化器”，增加了第十章“环保设备课程设计”，课程设计章节的增加将有利于培养学生的工程素质和创新能力。

第三版由刘宏负责修订与统稿工作，郑铭主审。参加本版修订的人员还有赵如金、李维斌、艾凤祥、依成武等老师。

参加第一版编写和审校的人员有郑铭、陈万金、刘宏、王明贤、艾凤祥、陈春云。参加第二版编写、修订和审校的人员有郑铭、刘宏、艾凤祥、李维斌、赵如金。对上述人员做出的重要贡献表示真诚的感谢，对江苏大学环境学院各位领导与老师对本教材的一贯支持和帮助，以及兄弟院校同行提出的宝贵意见与建议表示诚挚的谢意。

本书引用了一些教学、科研、环保产业技术同行撰写的论文、著作、教材、手册等相关资料，均列在参考文献目录中，在此亦表示深切的谢意。

限于编者的学术水平与工程经验，教材中的疏漏和不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2012 年 10 月于江苏大学

第二版前言

2001年化学工业出版社出版了《环保设备——原理·设计·应用》一书。5年多来，不少读者对本书提出了宝贵意见。近年来环保事业迅速发展，许多新的工艺和设备诞生，在读者和出版社的要求下，决定对该书进行修订。

本着“删旧增新，改错压缩”的原则，本书将《环保设备——原理·设计·应用》（第一版）的17章压缩为10章。考虑到固体废物处理设备在有关固废处理工程教科书中已有详细阐述，本书予以删除。汽车尾气的处理设备在有关专业教科书中已有专门章节，也一并删除。同时对“典型污水处理工艺设计实例”一章进行重新编写。在“除尘设备”等章中增添了不少新内容，对原书的错误一一进行了改正。为了突出教科书的特点，每章后面留有思考题作教学参考。

第一版的编写人员有的已退休，有的已调离本单位，因而调整了编写人员。参加第二版修订与编写的人员有郑铭（第一章）、刘宏（第七章、第九章、第十章）、赵如金（第五章）、艾凤祥（第四章、第八章）、李维斌（第二章、第三章、第六章）。全书由郑铭统稿，郑铭、刘宏审校。

在新书出版之际，我们向第一版编写人员陈万金、王明贤、陈春云表示感谢，也十分感谢江苏大学环境学院和常州建东职业技术学院的领导、同仁们的一贯支持和帮助。对江苏省环保厅、镇江市环保局的热情鼓励与帮助，以及众多兄弟院校的宝贵意见也表示诚挚的谢意。

本书参考了一些教学、科研、生产工作的同行撰写的论文、著作、教材、手册等相关资料，均列在参考文献目录中，在此亦表示深切的谢意。

尽管我们力求做得更好，但限于编者的水平与经验，疏漏之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2006. 7. 20

第一版前言

环保设备在环境保护工程科研、设计、运行、管理中起了关键作用。本书着重介绍废水处理、大气污染防治、固体废弃物的处理与处置、噪声防治等方面环保设备的原理、设计、运行、管理等知识，并尽可能结合目前国内外先进的环保工艺设备，通俗易懂地展示给读者。根据我国的国情，对于那些我国常用的工艺设备也做了适当的描述。

本书旨在给环境科学、环境工程及环境管理的同行们提供一本具有实用性、先进性的较全面的环保设备参考书。尽管目前国内此类书籍比较罕见，经过全体编著人员的共同努力，在历时三年多的资料收集、整理、分析、筛选的基础上，又经过近一年时间的编写，终于完成了编写工作。

编写过程中，我们力求做到文字通俗易懂，图文并茂，并适当结合设计实例，便于读者应用时参考。全书共十七章，第一、二、十六章由刘宏执笔；第三、五、六、七、八章由王明贤执笔；第四、十三章（1，2）由艾凤祥执笔；第九、十、十一、十二、十三（3）、十四、十五章由陈万金执笔，徐凌参与了部分工作；第十七章由陈春云执笔。全书由郑铭统稿，郑铭、陈万金审定。

本书编写过程中得到江苏理工大学生物与环境工程学院的大力支持与帮助，也得到了江苏省环保厅、镇江市环保局的热情鼓励与帮助，上海路桥机械设备公司等环保设备厂提供了参考资料，在此一并感谢。

本书引用了一些从事教学、科研、生产工作同行撰写的论文、教材、手册等，书后附有参考文献目录，在此亦表示深切谢意。

限于编者的水平以及经验不足，缺点错误在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2000. 12

目 录

第一章 物理法污水处理设备	1
第一节 预处理设备	1
一、格栅	1
二、沉砂池	5
三、调节池	12
四、除油装置	15
第二节 沉淀池	20
一、平流式沉淀池	20
二、竖流式沉淀池	26
三、辐流式沉淀池	29
四、斜板(管)沉淀池	33
第三节 气浮装置	37
一、气浮技术的基本原理	37
二、电解气浮	38
三、布气气浮	39
四、溶气气浮	42
第四节 过滤装置	50
一、快滤池	50
二、其他类型滤池的设计与计算	55
三、滤池的反冲洗	57
第五节 离心分离设备	60
一、水力旋流器	60
二、离心机	62
第六节 磁分离设备	63
一、磁分离原理	63
二、磁分离设备	63
三、二秒钟分离机	66
思考题	66
参考文献	67
第二章 化学法污水处理设备	68
第一节 混凝设备	68
一、混凝剂的投配方法及设备	68
二、混合与搅拌设备	70
三、反应设备	71
四、澄清池	79
第二节 电解槽	85
一、电解槽的类型	85
二、电解槽的工艺设计	86
第三节 氯氧化设备	88
一、加氯机	88
二、漂白粉投加装置	90
第四节 臭氧氧化设备	90
一、臭氧的性质及其在污水处理中的 应用	90
二、臭氧发生器及接触反应设备	91
思考题	96
参考文献	97
第三章 生化法污水处理设备	98
第一节 活性污泥法污水处理设备	98
一、活性污泥法基本原理	98
二、活性污泥法工艺	101
三、曝气池设计	106
第二节 生物膜法污水处理设备	115
一、生物膜法基本原理	116
二、生物滤池及附属设备设计选型	116
三、生物转盘反应装置及附属设备设计 选型	122
第三节 厌氧法污水处理设备	131
一、厌氧处理的原理及运行参数	132
二、厌氧反应装置设计	133
第四节 生物脱氮除磷工艺及设备	137
一、生物脱氮工艺及设备	137
二、生物除磷工艺及设备	139
三、生物同步脱氮除磷工艺及设备	139
第五节 污泥处理设备	141
一、污泥特性及处理流程	141
二、污泥浓缩设备	143
三、污泥脱水干化设备	144
思考题	146
参考文献	146
第四章 物理化学法污水处理装置	147
第一节 吸附	147
一、吸附理论	147
二、吸附工艺与设计	151
第二节 离子交换	154
一、基本理论	154
二、离子交换工艺	155
三、离子交换设备的参数计算	156
第三节 膜分离设备	157
一、电渗析设备	157
二、反渗透设备	160
三、超滤设备	162
第四节 其他相转移分离设备	163
一、吹脱设备	163

二、汽提设备	164
三、萃取设备	164
四、蒸发设备	166
五、结晶设备	166
思考题	167
参考文献	167
第五章 一体化污水处理及中水回用	
设备	168
第一节 一体化污水处理设备	168
一、典型一体化污水处理设备	168
二、一体化污水处理工艺新进展	174
三、一体化污水处理设备的应用	175
第二节 一体化中水回用设备	176
一、中水水源与水质	176
二、中水回用处理工艺的选择	176
三、中水回用工艺设计	178
四、典型的一体化中水回用设备	179
思考题	184
参考文献	184
第六章 除尘设备	185
第一节 除尘设备的性能与分类	185
一、除尘设备的性能	185
二、除尘设备的分类	186
第二节 机械式除尘器	186
一、重力沉降室	186
二、惯性除尘器	188
三、旋风除尘器	189
第三节 湿式除尘器	195
一、概述	195
二、喷淋塔	195
三、文丘里洗涤器	196
四、冲击水浴式除尘器	199
五、水膜除尘器	203
六、脱水装置	208
第四节 过滤式除尘器	210
一、袋式除尘器	210
二、颗粒除尘器	227
三、陶瓷微管过滤式除尘器	231
第五节 电除尘器	231
一、电除尘器的收尘机理	232
二、电除尘器的类型与组成	232
三、电除尘器的技术性能与设计计算	236
第六节 新型除尘器	243
一、复合式除尘器	243
二、高梯度磁分离除尘器	243
三、电凝聚除尘器	244
四、高频声波助燃除尘器	244
第七节 除尘设备的选择与维护	245

一、除尘设备的选择	245
二、除尘器的维护和管理	246
三、除尘设备的发展	247
思考题	248
参考文献	249
第七章 废气净化设备	250
第一节 吸收设备	250
一、废气吸收净化机理与吸收液的 选用	250
二、吸收设备的基本要求与型式	251
三、吸收塔的选用与计算	252
第二节 催化反应器	264
一、废气催化净化机理	264
二、气-固相催化反应器的结构类型及 选择	265
三、气-固相催化反应器的设计计算	266
第三节 光催化反应器	270
一、 TiO_2 光催化净化机理	271
二、光催化反应器	271
第四节 生物净化器	275
一、生物净化原理	275
二、生物净化器	276
三、生物载体	279
思考题	279
参考文献	279
第八章 除尘脱硫一体化设备	280
第一节 湿式除尘脱硫一体化装置	280
一、卧式网膜塔除尘脱硫装置	280
二、SHG 型除尘脱硫装置	281
三、喷射式吸收塔除尘脱硫装置	283
第二节 电子束排烟处理装置	284
一、EBA 法装置及其净化机理	284
二、EBA 法处理效果及其影响因素	286
三、EBA 法特点	287
四、EBA 法实际应用示例	287
第三节 电晕放电除尘脱硫装置	289
一、装置组成及处理工艺流程	289
二、 SO_2 等有害气体的分解机理	290
三、 SO_2 分解效果及其影响因素	291
思考题	293
参考文献	293
第九章 噪声控制设备	294
第一节 吸声降噪设计与应用	294
一、多孔吸声材料	294
二、共振吸声结构	298
三、吸声降噪的应用	299
第二节 隔声设备的设计与应用	301
一、隔声基本知识	301

二、隔声间的设计与应用	304
三、隔声罩的设计与应用	308
四、隔声屏的设计与应用	310
第三节 消声器的设计与应用	312
一、消声器的种类与性能要求	312
二、阻性消声器	313
三、抗性消声器	316
四、其他类型消声器	321
思考题	323
参考文献	323
第十章 环保设备课程设计	324

第一节 环保设备课程设计的目的和 要求	324
一、环保设备课程设计的目的	324
二、环保设备课程设计的要求	324
第二节 环保设备课程设计题目	325
一、水污染控制设备课程设计题目	325
二、大气污染控制设备课程设计题目	326
三、噪声控制设备课程设计题目	326
四、设备装配图示例	328
参考文献	328

第一节 预处理设备

一、格栅

1. 格栅的构造与分类

格栅是一种最简单的过滤设备，由一组或多组平行的金属栅条制成框架，斜置于污水流经的渠道中。格栅设于污水处理厂所有处理构筑物之前，或设在泵站前，用于截留污水中粗大的悬浮物或漂浮物，防止其后处理构筑物的管道阀门或水泵堵塞。

按形状，格栅可分为平面格栅、曲面格栅和阶梯式格栅三种；按栅条净间隙，可分为粗格栅（50~100mm）、中格栅（10~40mm）、细格栅（3~10mm）三种；按清渣方式，可分为人工清除格栅和机械清除格栅两种。

2. 格栅的设计计算

(1) 格栅的选择

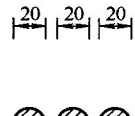
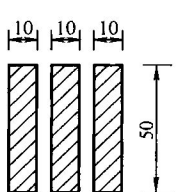
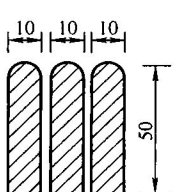
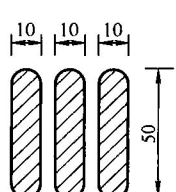
① 格栅的栅条间隙 当格栅设于污水处理系统之前时，采用机械清除栅渣时，栅条间隙为16~25mm；采用人工清除栅渣时，栅条间隙为25~40mm。当格栅设于污水泵前时，栅条间隙采用数据见表1-1。

表 1-1 污水泵型号与栅条间隙的关系

污水泵型号	栅条间隙/mm	栅渣量/[L/(人·d)]	污水泵型号	栅条间隙/mm	栅渣量/[L/(人·d)]
$2\frac{1}{2}$ PW, $2\frac{1}{2}$ PWL	≤20	4~6	6PW	≤70	0.8
4PW	≤40	2.7	8PW	≤90	0.5
			10PWL	≤110	<0.5

② 格栅栅条断面形状 栅条断面形状可按表1-2选用。圆形断面水力条件好，水流阻力小，但刚度差，一般多采用矩形断面。

表 1-2 栅条断面形状与尺寸

栅条断面	正方形	圆形	矩形	带半圆的矩形	两头半圆的矩形
尺寸/mm					

③ 清渣方式 栅渣的清除方法，一般按所需清渣的量而定。每日栅渣量大于0.2m³时，应采用机械格栅除渣机。为了改善劳动条件，目前，一些小型污水处理厂也采用机械格栅除渣机。

机械格栅除渣机的类型很多，常用几种类型除渣机的适用范围及优缺点见表1-3。

表 1-3 不同类型格栅除渣机的比较

类 型	适 用 范 围	优 点	缺 点
链条式	深度不大的中小型格栅,主要清除长纤维、带状物等生活污水中杂物	①构造简单,制造方便 ②占地面积小	①杂物进入链条和链轮之间时容易卡住 ②套筒滚子链造价高、耐腐蚀性差
移动式伸缩臂	中等深度的宽大格栅,耙斗式适于污水除杂质	①不清渣时,设备全部在水面上,维护检修方便 ②可不停水检修 ③钢丝绳在水面上运行,寿命长	①需三套电动机、减速器,构造较复杂 ②移动时耙齿与栅条间隙的对位较困难
圆周回转式	深度较浅的中小型格栅	①构造简单,制造方便 ②动作可靠,容易检修	①配置圆弧形格栅,制造较难 ②占地面积大
钢丝绳牵引式	固定式适用于中小型格栅,应用深度范围广,移动式适用于宽大格栅	①适用范围广 ②无水下固定部件的设备,维护检修方便	①钢丝绳干湿交替易腐蚀,需采用不锈钢钢丝绳,货源困难 ②有水下固定部件的设备,维护检修需停水

(2) 设计参数

① 格栅截留的栅渣量 栅渣量与栅条间隙、当地的污水特征、污水流量、排水体制等因素有关。当缺乏当地运行资料时,可按下列数据选用。

格栅间隙 16~25mm, 栅渣量 0.05~0.10m³ 栅渣/10³m³ 污水。

格栅间隙 30~50mm, 栅渣量 0.01~0.03m³ 栅渣/10³m³ 污水。

栅渣的含水率一般为 80%, 容重约 960kg/m³。

栅渣的收集、装卸设备,应以其体积为考虑依据。污水处理厂内贮存栅渣的容器,不应小于一天截留的栅渣量。

② 水流通过格栅的水头损失 可通过计算确定,一般采用 0.08~0.15m, 栅后渠底应比栅前相应降低 0.08~0.15m。栅前渠道内水流速度一般采用 0.4~0.9m/s, 污水通过栅条间隙的流速可采用 0.6~1.0m/s。

③ 格栅的倾角 一般采用 45°~75°, 人工清除栅渣时取低值。格栅设有棚顶工作台,其高度高出栅前最高设计水位 0.5m, 工作台设有安全装置和冲洗设备, 工作台两侧过道宽度不小于 0.7m, 工作台正面过道宽度按以下标准选择: 当人工清除栅渣时, 不应小于 1.2m; 当机械清除栅渣时, 不应小于 1.5m。

(3) 计算公式

计算简图见图 1-1。

① 格栅槽的宽度 B 为

$$B=s(n-1)+bn \quad (1-1)$$

$$n=\frac{Q_{\max} \sqrt{\sin \alpha}}{bhv} \quad (1-2)$$

式中 B ——格栅槽的宽度, m;

s ——栅条宽度, m;

n ——栅条间隙数量;

b ——栅条间隙, m;

- $Q_{\max}$ ——最大设计流量, m^3/s ;
 α ——格栅的倾角;
 h ——栅前水深, m ;
 v ——过栅流速, m/s 。

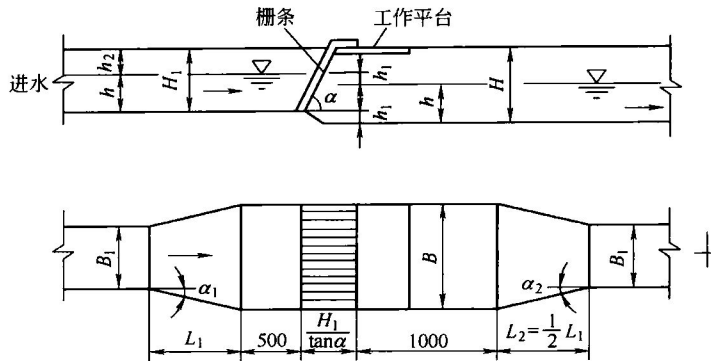


图 1-1 格栅计算

② 通过格栅的水头损失 h_1 为

$$h_1 = k h_0 \quad (1-3)$$

$$h_0 = \xi \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \quad (1-4)$$

式中 h_1 ——通过格栅的水头损失, m ;

h_0 ——计算水头损失, m ;

k ——系数, 格栅受栅渣堵塞时, 水头损失增大的倍数, 一般取 $k=3$;

g ——重力加速度, $9.81\text{m}/\text{s}^2$;

ξ ——阻力系数, 其值与栅条的断面形状有关, 可按表 1-4 选用。

表 1-4 格栅间隙的局部阻力系数 ξ

栅条断面形状	公 式	说 明	
矩形	$\xi = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$	形 状 系 数	$\beta = 2.42$
圆形			$\beta = 1.79$
带半圆的矩形			$\beta = 1.83$
两头半圆的矩形			$\beta = 1.67$
正方形	$\xi = \left(\frac{b+s}{\epsilon b} - 1 \right)^2$	ϵ , 收缩系数, 一般取 0.64	

③ 栅后槽总高度 H 为

$$H = h + h_1 + h_2 \quad (1-5)$$

式中 H ——栅后槽总高度, m ;

h ——栅前水深, m ;

h_2 ——栅前渠道超高, 一般取 0.3m 。

④ 栅槽总长度

$$L = L_1 + L_2 + 1.0 + 0.5 + \frac{H_1}{\tan \alpha} \quad (1-6)$$

$$L_1 = \frac{B - B_1}{2 \tan \alpha_1} \quad (1-7)$$

$$L_2 = \frac{L_1}{2} \quad (1-8)$$

$$H_1 = h + h_2 \quad (1-9)$$

式中 L ——栅槽总长度, m;

L_1 ——格栅前部渐宽段的长度, m;

L_2 ——格栅后部渐窄段的长度, m;

H_1 ——栅前渠中水深, m;

α_1 ——进水渠渐宽段展开角度, 一般取 20° ;

B ——格栅槽宽度, m;

B_1 ——进水渠宽度, m。

⑤ 每日栅渣量 W

$$W = \frac{Q_{\max} W_1 \times 86400}{K_z \times 1000} \quad (1-10)$$

式中 W ——每日栅渣量, m^3/d ;

W_1 ——栅渣量, m^3 栅渣/ 10^3m^3 污水;

K_z ——生活污水流量总变化系数, 见表 1-5。

表 1-5 生活污水流量总变化系数 K_z

平均日流量/(L/s)	4	6	10	15	25	40	70	120	200	400	750	1600
K_z	2.3	2.2	2.1	2.0	1.89	1.80	1.69	1.59	1.51	1.40	1.30	1.20

(4) 应用举例

某城市最大设计污水流量 $Q_{\max} = 0.2 \text{m}^3/\text{s}$, $K_z = 1.5$, 试设计格栅与栅槽。

解: 格栅计算草图见图 1-1。设栅前水深 $h = 0.4 \text{m}$, 过栅流速取 $v = 0.9 \text{m/s}$, 采用中格栅, 栅条宽度 $s = 10 \text{mm}$, 栅条间隙 $b = 20 \text{mm}$, 格栅安装倾角 $\alpha = 60^\circ$ 。

① 栅条的间隙数

$$n = \frac{Q_{\max} \sqrt{\sin \alpha}}{bhv} = \frac{0.2 \sqrt{\sin 60^\circ}}{0.02 \times 0.4 \times 0.9} \approx 26 \text{ (个)}$$

② 栅槽宽度 $B = s(n-1) + bn = 0.01 \times (26-1) + 0.02 \times 26 = 0.8 \text{ (m)}$

③ 进水渠道渐宽部分长度

设进水渠道宽 $B_1 = 0.65 \text{m}$, 渐宽部分展开角 $\alpha_1 = 60^\circ$, 此时进水渠道内的流速为 0.77m/s 。

$$L_1 = \frac{B - B_1}{2 \tan \alpha_1} = \frac{0.8 - 0.65}{2 \tan 20^\circ} \approx 0.22 \text{ (m)}$$

④ 栅槽与出水渠道连接处的渐窄部分长度

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{0.22}{2} = 0.11 \text{ (m)}$$

⑤ 通过格栅的水头损失

采用栅条断面为矩形的格栅, 取 $k = 3$, 由式(1-3)、式(1-4)得

$$\begin{aligned} h_1 &= kh_0 = k\xi \frac{v^2}{2g} \sin \alpha = k\beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \\ &= 3 \times 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.02} \right)^{4/3} \times \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} \sin 60^\circ = 0.097 \text{ (m)} \end{aligned}$$

⑥ 栅后槽总高度

取栅前渠道超高 $h_2 = 0.3 \text{m}$, 栅前槽高 $H_1 = h + h_2 = 0.7 \text{m}$, 而

$$H = h + h_1 + h_2 = 0.4 + 0.097 + 0.3 \approx 0.8 \text{ (m)}$$

⑦ 栅槽总长度

$$L = L_1 + L_2 + 1.0 + 0.5 + \frac{H_1}{\tan \alpha} = 0.22 + 0.11 + 1.0 + 0.5 + \frac{0.7}{\tan 60^\circ} = 2.24 \text{ (m)}$$

⑧ 每日栅渣量

取 $W_1 = 0.07 \text{ m}^3$ 栅渣 / 10^3 m^3 污水, 由式(1-10) 可得

$$W = \frac{Q_{\max} W_1 \times 86400}{K_z \times 1000} = \frac{0.2 \times 0.07 \times 86400}{1.5 \times 1000} = 0.8 \text{ (m}^3/\text{d)}$$

(5) 回转阶梯式格栅

回转阶梯式格栅的形状与自动扶梯相似, 区别是自动扶梯无间隔。而阶梯式格栅, 栅条之间留有空隙, 以供水流通过。栅条与栅槽设计可参考前述。其优点是可以自动将截留的悬浮物和漂浮物输送到指定的地方, 省去了清渣机械。缺点是结构比较复杂, 增加了格栅的成本, 常用于工业污水处理之中。

二、沉砂池

沉砂池的作用是去除污水中密度较大的无机颗粒, 如泥砂、煤渣等。一般设在泵站、倒虹管、沉淀池前, 以减轻水泵和管道的磨损, 防止后续处理构筑物管道的堵塞, 缩小污泥处理构筑物的容积, 提高污泥有机组分的含量, 提高污泥作为肥料的价值。常用的沉砂池有平流式沉砂池、曝气沉砂池、多尔沉砂池和钟式沉砂池等。

1. 平流式沉砂池

平流式沉砂池由入流渠、出流渠、闸板、水流部分及沉砂斗组成, 见图 1-2。它具有截留无机颗粒效果较好、工作稳定、构造简单、排沉砂较方便等优点。

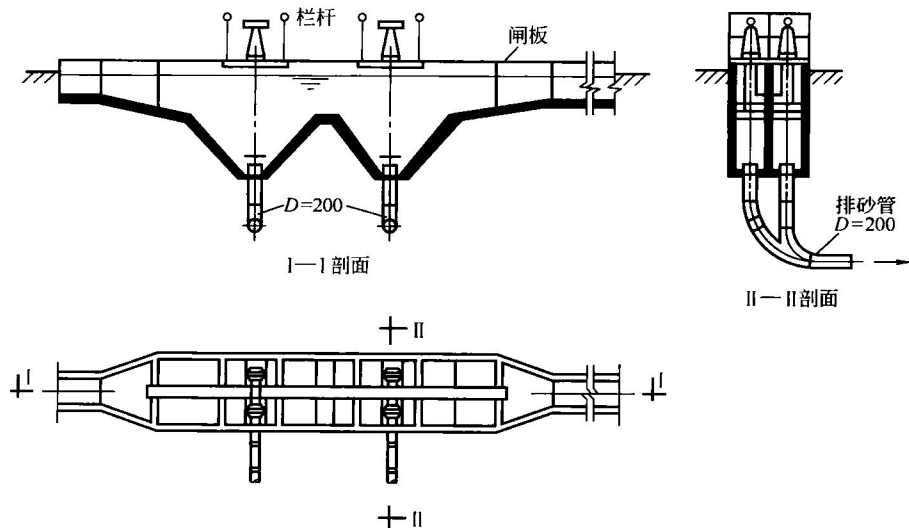


图 1-2 平流式沉砂池

(1) 平流式沉砂池的设计要求及参数 平流式沉砂池的设计参数按去除相对密度 2.65, 粒径大于 0.2mm 的砂粒确定。主要参数有以下几个。

① 沉砂池的座数或分格数不得少于两个, 并宜按并联系列设计。当污水量较小时, 可考虑单格工作, 一格备用; 当污水流量大时, 则两格同时工作。

② 设计流量的确定 当污水以自流方式流入沉砂池时, 应按最大设计流量计算; 当污水用水泵抽送进入池内时, 应按工作水泵的最大可能组合流量计算; 当用于合流制处理系统

时,应按降雨时的设计流量计算。

③ 最大设计流量时,污水在池内的最大流速为 0.3m/s ,最小流速为 0.15m/s 。这样的流速范围可基本保证无机颗粒沉降去除,而有机物不能下沉。

④ 最大设计流量时,污水在池内停留时间不少于 30s ,一般为 $30\sim 60\text{s}$ 。

⑤ 设计有效水深应不大于 1.2m ,一般采用 $0.25\sim 1.0\text{m}$,每格池宽不宜小于 0.6m ,超高不宜小于 0.3m 。

⑥ 沉砂量的确定 生活污水的沉砂量按每人每天 $0.01\sim 0.02\text{L}$;城市污水按 10^6m^3 污水产生沉砂 30m^3 计;沉砂含水率约为 60% ,容重 1500kg/m^3 ,贮砂斗的容积按两日以内的沉砂量考虑,斗壁与水平面倾角为 $55^\circ\sim 60^\circ$ 。

⑦ 池底坡度一般为 $0.01\sim 0.02$,并可根据除砂设备要求,考虑池底的形状。

(2) 平流式沉砂池的设计计算

① 沉砂池水流部分的长度 L 沉砂池两闸板之间的长度即为水流部分的长度

$$L=vt \quad (1-11)$$

式中 L ——沉砂池水流部分的长度, m ;

v ——最大设计流量时的流速, m/s ;

t ——最大设计流量时的停留时间, s 。

② 沉砂池过水断面面积 A

$$A=\frac{Q_{\max}}{v} \quad (1-12)$$

式中 A ——沉砂池过水断面面积, m^2 ;

$Q_{\max}$ ——最大设计流量, m^3/s 。

③ 沉砂池总宽度 B

$$B=\frac{A}{h_2} \quad (1-13)$$

式中 B ——池总宽度, m ;

h_2 ——设计有效水深, m 。

④ 沉砂斗所需容积 V

$$V=\frac{Q_{\max}tX \times 86400}{K_z \times 10^6} \quad (1-14)$$

式中 V ——沉砂斗所需容积, m^3 ;

t ——清除沉砂的时间间隔, d ;

X ——城市污水的沉砂量,一般取 30m^3 沉砂/ 10^6m^3 污水;

K_z ——生活污水流量总变化系数。

⑤ 沉砂池总高度 H

$$H=h_1+h_2+h_3 \quad (1-15)$$

式中 H ——沉砂池总高度, m ;

h_1 ——超高,取 0.3m ;

h_3 ——贮砂斗的高度, m 。

⑥ 核算最小流量时,污水流经沉砂池的最小流速是否在规定的范围内。

$$v_{\min}=\frac{Q_{\min}}{n\omega} \quad (1-16)$$

式中 $Q_{\min}$ ——最小流量, m^3/s ;

n ——最小流量时工作的沉砂池座数;

ω ——最小流量时沉砂池中水流断面面积, m^2 。

$v_{\min} \geq 0.15 \text{ m/s}$, 则设计符合要求。

(3) 平流式沉砂池的排砂装置 平流式沉砂池常用的排砂方式与装置主要有重力排砂与机械排砂两类。

图 1-2 为砂斗加底闸, 进行重力排砂, 排砂管直径 200mm。图 1-3 为砂斗加贮砂罐及底闸, 进行重力排砂。砂斗中的沉砂经碟阀进入钢制贮砂罐, 贮砂罐中的上清液经旁通水管流回沉砂池, 最后, 沉砂经碟阀入运砂车。这种排砂方法的优点是排砂的含水率低, 排砂量容易计算, 缺点是沉砂池需要高架或挖小车通道。

图 1-4 为机械排砂法的一种单口泵吸式排砂机。沉砂池为平底, 砂泵、真空泵、吸砂管、旋流分离器, 均安装在行走桁架上。桁架沿池长方向往返行走排砂。经旋流分离器分离的水分回流到沉砂池, 沉砂可用小车、皮带运送器等运至晒砂场或贮砂池。这种排砂方法自动化程度高, 排砂含水率低, 工作条件好, 池高较低。机械排砂法还有链板刮砂法、抓斗排砂法等。中、大型污水处理厂应采用机械排砂。

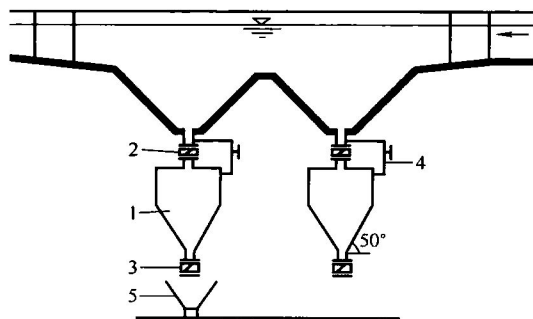


图 1-3 平流式沉砂池重力排砂法

1—贮砂罐; 2, 3—手动或电动碟阀; 4—旁通水管; 5—运砂车

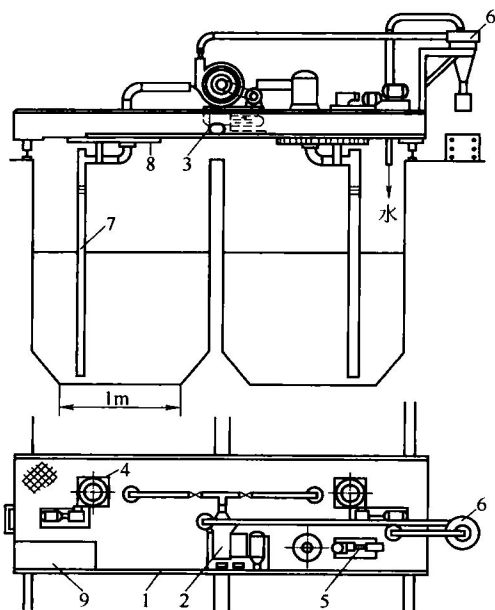


图 1-4 单口泵吸式排砂机

1—桁架; 2—砂泵; 3—桁架行走装置; 4—回转装置; 5—真空泵; 6—旋流分离器; 7—吸砂管; 8—齿轮; 9—操作台

(4) 应用举例

设计人口数为 130000, 最大设计流量 200L/s, 最小设计流量 100L/s, 每两日除砂一次, 每人每日沉砂量为 0.02L, 超高取 0.3m。试设计平流式沉砂池。

解: 取设计流速 $v=0.3 \text{ m/s}$, 最大流量时停留时间 $t=30 \text{ s}$ 。

① 沉砂池长度 L

$$L = vt = 0.3 \times 30 = 9 \text{ (m)}$$

② 沉砂池水流断面面积 A

$$A = \frac{Q_{\max}}{v} = \frac{0.2}{0.3} = 0.67 \text{ (m}^2\text{)}$$

③ 沉砂池有效水深 h_2

采用两个分格, 每格宽度 $b=0.6 \text{ m}$, 总宽度 $B=1.2 \text{ m}$ 。