

郑 铭 主 编
陈万金 副主编



环保设备

——原理·设计·应用



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心



环保设备——原理·设计·应用

郑 铭 主 编
陈万金 副主编

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心
· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环保设备——原理·设计·应用/郑铭主编, 陈万金副主编. —北京:
化学工业出版社, 2001. 4
ISBN 7-5025-3144-0

I. 环… II. ①郑②陈… III. 污染防治-设备 IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 86164 号

环保设备——原理·设计·应用

郑 铭 主 编

陈万金 副主编

责任编辑: 管德存 陈 丽

责任校对: 马燕珠

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 29½ 字数 730 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3144-0/X·71

定 价: 66.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

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作了适当的描述。

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,也得到了江苏省环境厅、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。

限于编著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

1 物理法废水处理设备	1	1.3.2 电解气浮	39
1.1 预处理设备	1	1.3.2.1 电解气浮装置	39
1.1.1 格栅	1	1.3.2.2 平流式电解气浮装置的工艺设计	39
1.1.1.1 格栅的构造与分类	1	1.3.3 布气气浮	41
1.1.1.2 格栅的设计计算	1	1.3.3.1 叶轮气浮装置及其计算	41
1.1.2 沉砂池	5	1.3.3.2 其他布气气浮装置	42
1.1.2.1 平流式沉砂池	5	1.3.4 溶气气浮	43
1.1.2.2 曝气沉砂池	8	1.3.4.1 溶气气浮简介	43
1.1.2.3 多尔沉砂池	11	1.3.4.2 加压溶气气浮法的主要设备	44
1.1.2.4 钟式沉砂池	12	1.3.4.3 加压溶气气浮法的设计计算	48
1.1.3 调节池	12	1.3.4.4 应用举例	49
1.1.3.1 调节池的类型	12	1.4 过滤装置	52
1.1.3.2 调节池的设计计算	13	1.4.1 快滤池	52
1.1.3.3 应用举例	14	1.4.1.1 工作原理	52
1.1.4 除油装置	15	1.4.1.2 装置与滤料	54
1.1.4.1 隔油池	15	1.4.1.3 设计与计算	55
1.1.4.2 除油罐	18	1.4.1.4 应用举例	56
1.2 沉淀池	20	1.4.2 其他类型滤池的设计与计算	57
1.2.1 平流式沉淀池	20	1.4.2.1 无阀滤池的设计与计算	57
1.2.1.1 平流式沉淀池的结构设计	20	1.4.2.2 虹吸滤池的设计与计算	57
1.2.1.2 平流式沉淀池的设计与计算	22	1.4.2.3 移动冲洗罩滤池的设计与计算	58
1.2.2 竖流式沉淀池	26	1.4.2.4 上向流滤池的设计与计算	59
1.2.2.1 竖流式沉淀池的构造	26	1.4.3 滤池的反冲洗	59
1.2.2.2 竖流式沉淀池的设计与计算	27	1.5 离心分离设备	62
1.2.2.3 应用举例	28	1.5.1 水力旋流器	62
1.2.3 辐流式沉淀池	30	1.5.1.1 压力式旋流分离器	62
1.2.3.1 普通辐流式沉淀池	30	1.5.1.2 重力式旋流分离器	64
1.2.3.2 向心辐流式沉淀池	32	1.5.2 离心机	64
1.2.4 斜板(管)沉淀池	34	1.5.2.1 工作原理	64
1.2.4.1 斜板(管)沉淀池的工作原理	34	1.5.2.2 设计与计算	65
1.2.4.2 斜板(管)沉淀池的构造	35	1.6 磁分离设备	66
1.2.4.3 斜板(管)沉淀池的设计	35	1.6.1 磁分离原理	66
1.3 气浮装置	38	1.6.2 磁分离设备	66
1.3.1 气浮技术的基本原理	38	1.6.3 2秒钟分离机	68

2 化学法废水处理设备	70	3.2 生物膜法废水处理设备	117
2.1 混凝设备	70	3.2.1 生物膜法基本原理	118
2.1.1 混凝剂的投配方法及设备	70	3.2.2 生物滤池及附属设备设计选型	118
2.1.1.1 调配方法与设备	70	3.2.2.1 普通生物滤池	118
2.1.1.2 投药设备	71	3.2.2.2 高负荷生物滤池	121
2.1.2 混合与搅拌设备	72	3.2.2.3 塔式生物滤池	123
2.1.3 反应设备	73	3.2.2.4 旋转布水器设计	123
2.1.3.1 隔板反应池的设计	73	3.2.3 生物转盘反应装置及附属设备设计选型	124
2.1.3.2 机械搅拌反应池的设计	77	3.2.3.1 生物转盘的结构及净化作用原理	124
2.1.3.3 涡流式反应池的设计要点	81	3.2.3.2 生物转盘的组合形式及工艺流程	125
2.1.4 澄清池	81	3.2.3.3 生物转盘的设计	126
2.1.4.1 澄清池基本原理	81	3.2.4 生物接触氧化反应装置及附属设备设计选型	127
2.1.4.2 澄清池工作特征与类型	81	3.2.4.1 接触氧化池结构	128
2.1.4.3 澄清池的设计与计算	83	3.2.4.2 生物接触氧化法处理技术的工艺流程	128
2.2 电解槽	87	3.2.4.3 生物接触氧化池的设计计算	128
2.2.1 电解槽的类型	87	3.2.4.4 生物流化床	129
2.2.2 电解槽的工艺设计	89	3.2.5 填料的性能及选用参数	131
2.3 氯氧化设备	90	3.2.5.1 填料的性能要求及分类	131
2.4 臭氧氧化设备	92	3.2.5.2 常用填料	131
2.4.1 臭氧的物理化学性质及其在废水处理中的应用	92	3.3 厌氧法废水处理设备	134
2.4.2 臭氧发生器	93	3.3.1 厌氧处理的原理及运行参数	134
2.4.3 臭氧接触反应设备	94	3.3.2 厌氧反应装置设计	136
2.4.4 臭氧氧化设备的设计与计算	97	3.3.2.1 厌氧接触法	136
3 生化法废水处理设备	100	3.3.2.2 厌氧生物滤池	136
3.1 活性污泥法废水处理设备	100	3.3.2.3 升流式厌氧污泥床 (UASB)	138
3.1.1 活性污泥法基本原理	100	3.3.2.4 其他厌氧生物处理设备	139
3.1.1.1 活性污泥法的基本流程	100	3.4 生物脱氮除磷工艺及设备	141
3.1.1.2 活性污泥的性能及其评价指标	101	3.4.1 生物脱氮工艺及设备	141
3.1.1.3 活性污泥微生物的增长规律	101	3.4.2 生物除磷工艺及设备	142
3.1.1.4 活性污泥法的影响因素	102	3.4.3 生物同步脱氮除磷工艺及设备	143
3.1.2 活性污泥法工艺	103	3.5 污泥处理设备	144
3.1.2.1 活性污泥法工艺及工艺参数	103	3.5.1 污泥特性及处理流程	144
3.1.2.2 活性污泥法的改进	104	3.5.1.1 污泥的来源与特性	144
3.1.2.3 活性污泥法工艺设计	105	3.5.1.2 污泥处理与处置的目的与基本流程	145
3.1.3 曝气装置设计	108	3.5.2 污泥的浓缩设备	146
3.1.3.1 曝气的理论基础	108		
3.1.3.2 鼓风曝气系统与空气扩散装置	109		
3.1.3.3 机械曝气装置	113		
3.1.4 曝气池设计	115		

3.5.2.1 污泥重力浓缩设备	146	5.2 工艺流程	172
3.5.2.2 污泥气浮浓缩设备	147	5.2.1 生活污水处理工艺流程	172
* 3.5.2.3 污泥离心浓缩设备	147	5.2.2 工业污水处理工艺流程	174
3.5.3 污泥的脱水干化设备	147	5.3 一体化污水处理设备的选型	175
3.5.3.1 真空过滤设备	148	5.4 一体化污水处理设备的运用	177
3.5.3.2 压滤设备	149	6 一体化中水回用装置	179
4 物理化学法废水处理装置	150	6.1 中水水源及其杂用水水质	179
4.1 吸附	150	6.2 中水回用处理工艺的选择	179
4.1.1 吸附理论	150	6.3 中水回用工艺设计	181
4.1.1.1 吸附的一般概念	150	6.4 一体化中水回用设备	183
4.1.1.2 吸附剂种类和性能	150	7 冷却塔	184
4.1.1.3 吸附平衡与吸附速度	151	7.1 水冷却理论基础	184
4.1.1.4 吸附剂的再生	152	7.1.1 湿空气的性质	184
4.1.2 吸附工艺与设计	154	7.1.2 水冷却原理	184
4.1.2.1 吸附工艺	154	7.2 冷却塔技术指标	185
4.1.2.2 吸附装置的设计	155	7.3 冷却塔分类和组成	185
4.2 离子交换	157	7.3.1 冷却塔分类	185
4.2.1 基本理论	157	7.3.2 冷却塔的组成	186
4.2.1.1 离子交换原理	157	7.4 冷却塔设计	187
4.2.1.2 离子交换剂	158	7.5 冷却塔选型	188
4.2.2 离子交换工艺	158	7.5.1 冷却塔选型基础资料	188
4.2.3 离子交换设备的计算	159	7.5.2 冷却塔的选型	189
4.3 膜分离设备	160	7.5.3 冷却塔选型计算	189
4.3.1 电渗析设备	160	7.6 冷却塔的使用	191
4.3.1.1 电渗析的基本原理及应用 范围	160	8 典型污水处理工艺设计实例	193
4.3.1.2 离子交换膜	161	8.1 酒糟废水处理工艺设计	193
4.3.1.3 电渗析器及其附属设备	162	8.1.1 玉米酒精糟的资源化及无害化	193
4.3.2 反渗透设备	163	8.1.2 薯干酒精糟的资源化及无害化	194
4.3.2.1 反渗透分离原理	163	8.2 医院污水处理	195
4.3.2.2 膜分离组件	164	8.3 棉浆粕废水处理	196
4.3.3 超滤设备	166	9 机械式除尘器	197
4.3.3.1 超过滤原理及浓差极化	166	9.1 重力沉降室	197
4.3.3.2 超过滤膜及超过滤组件	166	9.1.1 沉降室的结构型式及简要计算	197
4.4 其他相转移分离法	166	9.1.2 沉降室应用实例	201
4.4.1 吹脱设备	166	9.2 惯性除尘器	202
4.4.2 汽提设备	167	9.2.1 惯性除尘器收尘机理与结构 型式	202
4.4.3 萃取设备	168	9.2.2 惯性除尘器的性能与计算	203
4.4.3.1 萃取原理	168	9.3 旋风除尘器	204
4.4.3.2 萃取工艺设备	168	9.3.1 旋风除尘器的收尘机理与影响	
4.4.4 蒸发设备	169		
4.4.5 结晶设备	170		
5 一体化污水处理设备	172		
5.1 概述	172		

因素	205	11.5 气环反吹袋式除尘器	245
9.3.2 旋风除尘器的压力损失和除尘效率计算	208	11.5.1 收尘机理	245
9.3.3 旋风除尘器的分类和选择	209	11.5.2 技术性能与选用	246
9.3.3.1 旋风除尘器分类	209	11.6 扁袋式除尘器	248
9.3.3.2 旋风除尘器的选择	211	11.6.1 构造及工作原理	248
9.3.4 旋风除尘器设计计算实例	212	11.6.2 性能及选用说明	249
10 湿式除尘器	214	11.7 颗粒除尘器	250
10.1 概述	214	11.7.1 沸腾颗粒层除尘器	251
10.2 湿式除尘器的工作原理、选用与计算	215	11.7.2 移动式颗粒床除尘器	253
10.2.1 喷淋塔	215	11.7.2.1 除尘器结构特点	253
10.2.2 文丘里洗涤器	216	11.7.2.2 除尘器收尘机理及其特性分析	254
10.2.3 冲击水浴式除尘器	219	11.7.2.3 除尘器的理论计算	256
10.2.4 水膜除尘器	222	11.7.2.4 除尘器结构优化	262
10.2.4.1 管式水膜除尘器	222	11.7.3 颗粒料的选择	263
10.2.4.2 立式旋风水膜除尘器	224	12 电除尘器	264
10.2.4.3 卧式旋风水膜除尘器	225	12.1 电除尘器的收尘机理	264
10.3 脱水装置	228	12.2 电除尘器的类型与组成	265
10.3.1 重力沉降法	228	12.2.1 电除尘器的类型	265
10.3.2 碰撞法	228	12.2.2 电除尘器的结构组成	266
10.3.3 离心法	229	12.3 电除尘器的技术性能与设计计算	268
10.3.4 过滤法	231	12.3.1 电除尘器的性能指标及其影响因素	268
11 过滤式除尘器	232	12.3.2 电除尘器的选择和设计计算	269
11.1 袋式除尘器	232	12.3.3 大风速电除尘器设计	273
11.1.1 袋式除尘器的收尘机理与分类	232	12.3.4 其他	276
11.1.2 袋式除尘器的滤料与选用	233	13 废气净化设备	277
11.2 简易袋式除尘器的设计计算	235	13.1 吸收设备	277
11.2.1 负荷选择的原则	235	13.1.1 废气吸收净化机理与吸收液的选用	277
11.2.2 过滤面积的确定与滤袋的设计计算	235	13.1.1.1 吸收过程的气液平衡	277
11.2.3 气体分配室的确定	236	13.1.1.2 伴有化学反应的吸收动力学	277
11.2.4 排气管直径和灰斗高度的确定	237	13.1.1.3 吸收液的选用	278
11.2.4.1 袋式除尘器的除尘效率	237	13.1.2 吸收设备的基本要求与型式	278
11.2.4.2 袋式除尘器的压力损失	237	13.1.3 吸收塔的选用与计算	278
11.3 脉冲袋式除尘器	239	13.1.3.1 填料塔	278
11.3.1 收尘机理	239	13.1.3.2 板式塔	285
11.3.2 结构与性能	240	13.2 催化反应器	290
11.3.3 脉冲袋式除尘器的选用	240	13.2.1 废气催化净化机理	290
11.4 机械振打袋式除尘器	241	13.2.2 气-固相催化反应器的结构类型及选择	291
11.4.1 LD 型机械振打袋式除尘器	241		
11.4.2 ZX 型机械振打袋式除尘器	243		

13.2.3 气-固相催化反应器的设计计算	292	14.1.3 SHG 型除尘脱硫装置	312
13.2.3.1 气-固相催化反应器的设计基础	292	14.1.3.1 工作原理	312
13.2.3.2 气-固相催化反应器设计计算	294	14.1.3.2 除尘脱硫工艺流程	312
13.3 汽车排气催化转化器	297	14.1.3.3 主要技术指标及其选用	312
13.3.1 催化转化器的结构及工作原理	297	14.1.4 喷射式吸收塔除尘脱硫装置	312
13.3.1.1 排气后处理方法分类	297	14.1.4.1 工作原理	312
13.3.1.2 催化转化器的结构	297	14.1.4.2 主要技术指标及其选用	313
13.3.1.3 催化剂的分类及工作原理	299	14.2 电子束排烟处理装置	314
13.3.1.4 国外催化器的应用现状	299	14.2.1 EBA 法装置及其净化机理	314
13.3.2 催化转化器性能及其评价试验方法	299	14.2.1.1 处理工艺流程	314
13.3.2.1 催化器的性能指标	299	14.2.1.2 净化反应机理	315
13.3.2.2 研究开发过程中的评价试验方法	300	14.2.1.3 处理装置	315
13.3.2.3 在用车催化器的性能评价	300	14.2.2 EBA 法处理效果及其影响因素	316
13.3.2.4 催化剂的失活及其原因	300	14.2.3 EBA 法特点	317
13.3.2.5 催化剂活性和寿命评价试验方法	302	14.2.4 EBA 法实际应用示例	318
13.3.2.6 催化器性能评价试验结果实例	303	14.2.4.1 项目计划	318
13.3.3 车用催化器结构优化设计	304	14.2.4.2 排烟条件	318
13.3.3.1 催化器的分类	304	14.2.4.3 处理工艺流程	318
13.3.3.2 优化设计的必要性	304	14.2.4.4 系统设备及其布置	318
13.3.3.3 设计要素	305	14.2.4.5 系统运行动力消耗及副产品	320
13.3.3.4 CFD 在催化器优化设计中的应用	306	14.3 电晕放电除尘脱硫装置	320
13.4 附录	308	14.3.1 装置组成及处理工艺流程	320
附录1 环形, 矩鞍填料结构特性参数	308	14.3.2 SO ₂ 等有害气体的分解机理	321
附录2 栅板结构尺寸	309	14.3.3 SO ₂ 分解效果及其影响因素	322
14 除尘脱硫一体化设备	310	14.3.4 结论	323
14.1 湿式除尘脱硫一体化装置	310	15 集气罩与粉尘处理装置	324
14.1.1 装置类型	310	15.1 集气罩	324
14.1.2 卧式网膜塔除尘脱硫装置	310	15.1.1 集气罩的捕集机理及结构型式	324
14.1.2.1 工作原理	310	15.1.1.1 集气罩的捕集机理	324
14.1.2.2 除尘脱硫流程	311	15.1.1.2 集气罩的结构形式	328
14.1.2.3 主要技术指标及其选用	311	15.1.2 集气罩主要性能与设计计算	330
		15.1.2.1 集气罩的主要性能指标确定	330
		15.1.2.2 集气罩的设计计算	333
		15.1.2.3 集气罩计算示例	341
		15.2 卸灰与粉尘处理装置	341
		15.2.1 卸灰装置	341

15.2.1.1	选用原则	341	16.2.3	隔声罩的设计及应用实例	376
15.2.1.2	工作原理与选用计算	342	16.2.3.1	隔声罩简介	376
15.2.2	粉尘处理装置	347	16.2.3.2	隔声罩的实际隔声量	377
15.2.2.1	处理原则	348	16.2.3.3	隔声罩的设计要点	377
15.2.2.2	处理装置类型	349	16.2.3.4	隔声罩的设计应用实例	378
15.2.2.3	加湿设备的设计计算	350	16.2.4	隔声屏的设计及应用实例	378
15.2.2.4	输送设备的设计计算	351	16.2.4.1	隔声屏降噪效果的计算	379
16	噪声控制设备	354	16.2.4.2	隔声屏的设计	379
16.1	吸声降噪设计与应用	354	16.2.4.3	隔声屏应用实例	380
16.1.1	多孔吸声材料	354	16.3	消声器的设计与应用	381
16.1.1.1	多孔吸声材料的吸声机理	354	16.3.1	消声器的种类与性能要求	381
16.1.1.2	多孔吸声材料的声学性能及其影响因素	354	16.3.1.1	消声器的种类	381
16.1.1.3	多孔吸声材料及其种类	356	16.3.1.2	消声器的性能要求	381
16.1.1.4	多孔材料的吸声结构及其设计	358	16.3.2	阻性消声器	381
16.1.2	共振吸声结构	361	16.3.2.1	阻性消声器消声量的计算	381
16.1.2.1	薄板共振吸声结构	361	16.3.2.2	各类阻性消声器的特点	382
16.1.2.2	薄膜共振吸声结构	362	16.3.2.3	高频失效及解决办法	383
16.1.2.3	穿孔板共振吸声结构	362	16.3.2.4	气流对阻性消声器声学性能的影响	383
16.1.2.4	微穿孔板吸声结构	364	16.3.2.5	阻性消声器的设计与应用实例	384
16.1.3	吸声降噪的应用与实例	364	16.3.3	抗性消声器	387
16.1.3.1	吸声降噪措施的应用范围	364	16.3.3.1	扩张室消声器	387
16.1.3.2	吸声降噪设计的一般步骤	365	16.3.3.2	共振腔消声器	390
16.1.3.3	吸声降噪设计应用实例	366	16.3.4	阻抗复合式消声器	392
16.2	隔声设备的设计与应用	367	16.3.5	微穿孔板消声器	393
16.2.1	隔声基本知识	367	16.3.6	排气喷流消声器	394
16.2.1.1	透声系数与隔声量	367	16.3.6.1	小孔喷注消声器	394
16.2.1.2	单层隔声结构	368	16.3.6.2	节流降压消声器	395
16.2.1.3	双层隔声结构	369	16.3.6.3	多孔扩散消声器	396
16.2.1.4	组合结构的隔声量	370	16.3.6.4	喷雾消声器	397
16.2.1.5	孔洞和缝隙对隔声的影响	371	16.3.6.5	引射掺冷消声器	397
16.2.2	隔声间的设计及应用实例	371	16.3.6.6	排气喷流消声器应用实例	398
16.2.2.1	多层复合板的设计	371	16.3.7	干涉式消声器	398
16.2.2.2	隔声门的设计	372	16.3.7.1	无源干涉式消声器	398
16.2.2.3	隔声窗的设计	373	16.3.7.2	有源消声器	399
16.2.2.4	隔声间的设计及应用实例	374	17	固体废弃物处理及处置设备	400
			17.1	固体废弃物的处理设备	400
			17.1.1	破碎分选设备	400

17.1.1.1 破碎设备	400	17.1.4.2 固定床焚烧炉	437
17.1.1.2 筛分设备	417	17.1.4.3 回转窑式焚烧炉	438
17.1.2 浓缩和压实设备	426	17.2 固体废弃物的处置设备	441
17.1.2.1 浓缩设备	426	17.2.1 堆肥和发酵设备	441
17.1.2.2 压实机械	427	17.2.1.1 堆肥设备	441
17.1.3 填埋机械	428	17.2.1.2 发酵设备	442
17.1.3.1 设备的功能	428	17.2.2 输送设备	448
17.1.3.2 常用填埋机械	428	17.2.2.1 输送机	448
17.1.4 焚烧设备	434	17.2.2.2 运输设备	452
17.1.4.1 流化床焚烧炉	434	参考文献	454

1 物理法废水处理设备

1.1 预处理设备

1.1.1 格栅

1.1.1.1 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的框架，斜置于废水流经的渠道中。格栅设于污水处理厂所有处理构筑物之前，或设在泵站前，用于截留废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，可分为平面格栅和曲面格栅两种；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。

1.1.1.2 格栅的设计计算

(1) 格栅的选择

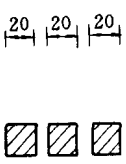
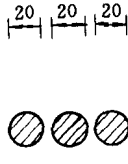
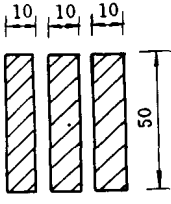
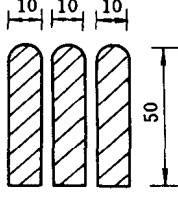
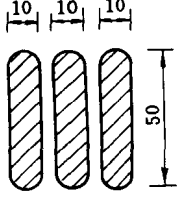
① 格栅的栅条间隙 当格栅设于废水处理系统之前时，采用机械清除栅渣，栅条间隙为16～25mm；采用人工清除栅渣，栅条间隙为25～40mm。当格栅设于水泵前时，栅条间隙采用数据见表1-1。

表 1-1 污水泵型号与栅条间隙的关系

污水泵型号	栅条间距/mm	栅渣量/[L/(人·d)]
$2\frac{1}{2}$ PW, $2\frac{1}{2}$ PWL	≤20	4～6
4PW	≤40	2.7
6PW	≤70	0.8
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。目前，一些小型废水处理厂，为了改善劳动条件，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列于表 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，耙斗式适于废水除污	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. 配置圆弧型格栅，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，深度范围广，移动式适用于宽大格栅	1. 适用范围广泛 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、当地的废水特征、废水流量、排水体制等因素有关。当缺乏当地运行资料时，可按下列数据采用：

格栅间隙 16~25mm，栅渣量 0.10~0.05m³ 栅渣/10³m³ 废水；

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

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。废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，废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。格栅设有栅顶工作台，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：

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

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

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

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 。

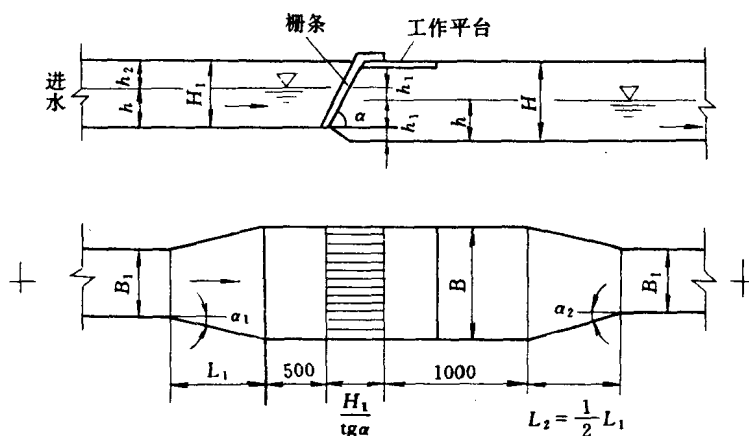


图 1-1 格栅计算图

② 通过格栅的水头损失 h_1

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

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

式中 h_1 ——通过格栅的水头损失, m;

h_0 ——计算水头损失, m;

g ——重力加速度, 9.81m/s^2 ;

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

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

④ 栅后槽总高度 H

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

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。

⑤ 栅槽总长度

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

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

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

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

式中 L ——栅槽总长度, m;

L_1 ——格栅前部渐宽段的长度, m;

L_2 ——格栅后部渐缩段的长度, 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。

⑥ 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 废水;

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

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 。

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

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

采用格栅栅条断面为矩形, 取 $k = 3$, 由式 (1-3)、式 (1-4) 得:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= k \cdot h_0 = k \cdot \xi \frac{v^2}{2g} \sin \alpha = k \cdot \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \\
 &= 3 \times 2.42 \times \left(\frac{0.01}{0.02} \right)^{4/3} \times \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} \sin 60^\circ = 0.097 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

⑥ 栅后槽总高度

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

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

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/ 10^3m^3 废水, 由式 (1-10) 可得:

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

采用机械清渣。

1.1.2 沉砂池

沉砂池的作用是去除废水中比重较大的无机颗粒, 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。

1.1.2.1 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。

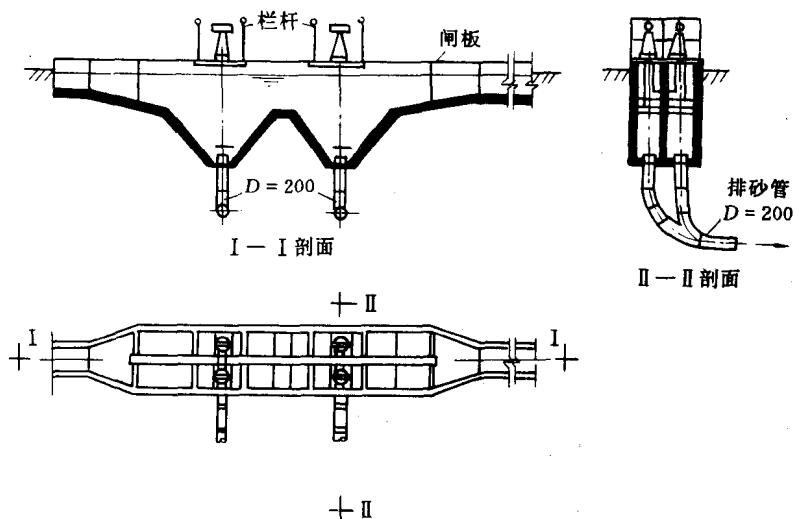


图 1-2 平流式沉砂池

(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:

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。当废水量较小时, 可考虑单格工作, 一格备用; 当废水流量大时, 则两格同时工作。

② 设计流量的确定 当废水以自流方式流入沉砂池时, 应按最大设计流量计算;

当废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, 废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, 废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 $0.01\sim 0.02\text{L}$; 城市废水按 10^6m^3 废水产生沉砂 30m^3 计; 沉砂含水率约为 60% , 容重 1500kg/m^3 , 贮砂斗的容积按 2 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 ——城市废水的沉砂量, 一般取 30m^3 沉砂/ 10^6m^3 废水;

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 ;