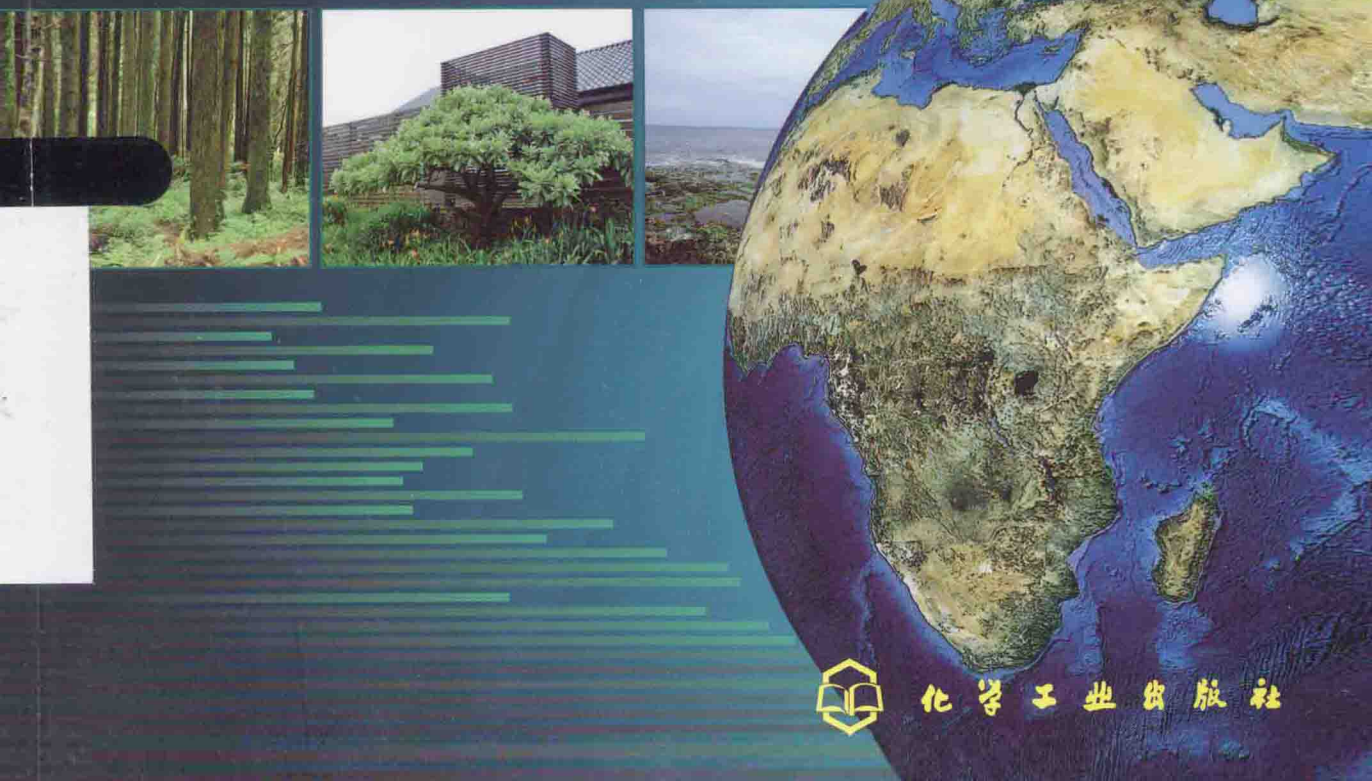


普通高等教育“十二五”规划教材

环保设备及应用

第二版

周敬宣 段金明 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

环保设备及应用

第二版

周敬宣 段金明 主编



化学工业出版社

本书介绍了环保设备材料、泵、风机、管道、阀门、管件及其选用；大气污染控制、污水处理、噪声控制、固体废物处理等领域若干典型设备的原理、结构、选用、设计、运行、管理等知识；环保设备技术经济分析；环保设备课程设计内容，其中列出了若干题目，供学生训练，以培养学生的工程素质和创新能力，使课堂教学与学生动手设计保持同步。本书课程设计强调设计、绘图、经济概算的过程训练，淡化结果的标准与一致性，引导学生复习已学过的相关知识，使学生尽快熟悉设备设计、绘图、经济概算等环节，提高学生对设计和创新的兴趣。为便于教学参考和学生理解，每章后面均有思考题与习题。

本书适合作为高等院校环境工程专业的教学用书，也可作为环境工程领域从事环境工程设计、环境工程建设管理等人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

环保设备及应用/周敬宣, 段金明主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2014. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-21119-4

I. ①环… II. ①周…②段… III. ①环境保护-设备-高等学校-教材 IV. ①X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 142255 号

责任编辑: 满悦芝

文字编辑: 郑 直

责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 尹琳琳

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 15½ 字数 384 千字 2014 年 11 月北京第 2 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

节能环保产业是国家鼓励发展的战略性新兴产业之一。环保设备是环保技术的重要载体,是环境保护的重要物质基础,是环保产业的核心内容。当今,环保产业和环保公司蓬勃兴起,需要大量从事环境工程设计、环保设备研发的工程技术人才。

国内众多院校环境工程专业开设的专业课程基本是以污染治理技术原理、工艺为主,虽对废水、废气、固体废物、噪声的处理控制设备做了介绍,但内容分散,教学深度有限,尤其对泵、风机、管道、管件、阀门及材料防腐等知识及其应用、机械设备制图缺乏系统介绍,而这些知识正是环境工程设计、施工和管理人员必备的专业知识。目前许多高校已开设或准备开设环保设备及应用这门课程,因而亟需一本较全面介绍环保设备的专业课教材。

化学工业出版社于2007年出版发行了《环保设备及课程设计》,该书入选高等学校“十一五”规划教材。该书被许多院校选作相应的教材,反响良好;不少环境工程领域的从业人员也对该书的出版给予了极大关注。为了持续提升教材编写质量,锤炼精品教材,我们决定对该书进行修订。

编者长期从事环境工程项目建设方面的科研项目,并为在校研究生、本科生主讲了“环境设备开发”、“环保设备”、“环境工程设计”等系列课程,对环境工程项目实施过程中环保设备的选型、设计、安装施工、运营管理有一定的心得体会。同时,本次修订听取了一些兄弟院校、环保企业专家学者和各界学子的意见和建议。本次修订的原则是“纳新弃错,突出重点和特色,不求面面俱到”;书名改为《环保设备及应用》,仍然将环保设备课程设计作为教学的重要内容予以重视和保留。

本书主要包括以下内容:

1. 简要阐述了环保产业、环保设备内涵及我国环保设备领域发展动向,标准设备与非标准设备的选用方法和设计原则,让学生从全局把握本学科的发展动态,明确本课程的地位。

2. 介绍了工程材料、环保动力设备(泵与风机)、管道、阀门、管件等在环境工程中的应用及选用方法。

3. 介绍了环境工程设计中,典型水、气、声、渣四类污染控制设备的工作原理、结构特点、关键工艺参数分析及设备应用范围,让学生对环保设备有系统的了解,重点阐述设备(包括关键部件)选用的注意事项及方法。鉴于学生在学习环境工程专业课时,已熟悉环境污染控制工程的工艺技术原理、工艺参数计算,因此本书尽量避免重复。

4. 介绍了环保设备的技术经济指标,环保设备费用的构成与估算,环保设备设计、应用的技术经济分析,让学生树立经济效益观念,初步掌握环保设备的功能成本分析。

5. 列出了若干题目,可供学生(或学习小组)选择,以明确本课程设计的训练内容,使课堂教学与学生动手设计保持同步,引导学生复习已学过的相关知识,使学生尽

快熟悉设备选型、设计、绘图、经济概算等环节，培养学生的工程素质和创新能力。

本书编写是以适应市场需求为导向，遵循工程训练贯穿教学过程的人才培养精神，注重实用性和创新性，以及与工程基础和专业技术类课程及工程实践环节的衔接，引导学生加深对环保设备选择、设计等知识的理解和运用，为工程实践奠定基础。

本书由华中科技大学周敬宣教授和集美大学段金明副教授主编，周敬宣编写第1章、第7~10章，段金明编写第3~6章和附录B，北京工商大学冯旭东副教授编写第2章。

本书在编写过程中参考了多种资料，在此向有关作者表示衷心的感谢。限于编者水平和经验有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2014年8月

目 录

第1章 绪论	1	2.6.3 材料的经济性	25
1.1 环保设备的概念	1	思考题与习题	26
1.2 环保设备的分类	1	第3章 环保动力设备——泵和风机的 选用	27
1.2.1 按设备的功能分类	1	3.1 泵的选型与应用基础	27
1.2.2 按设备的性质分类	1	3.1.1 泵的主要性能参数	27
1.2.3 按设备的构成分类	1	3.1.2 泵的类型及特点	28
1.2.4 按设备的通用性分类	1	3.1.3 常见泵简介	30
1.3 我国环保装备产业发展现状及前景	1	3.1.4 泵的选型	34
1.4 我国“十二五”期间重点发展环保 设备领域	2	3.2 风机的选型与应用基础	39
1.5 环保设备选择与设计的原则	4	3.2.1 风机的主要性能参数	39
1.5.1 定型设备的选择	4	3.2.2 风机分类	40
1.5.2 非定型设备的设计	4	3.2.3 离心式通风机	41
思考题与习题	5	3.2.4 轴流式通风机	42
第2章 环保设备材料及其选用	6	3.2.5 鼓风机	43
2.1 设备材料的性能	6	3.2.6 真空泵	45
2.1.1 力学性能	6	3.2.7 风机的选型	46
2.1.2 物理性能	6	思考题与习题	51
2.1.3 化学性能	6	第4章 管道、阀门、管件	53
2.1.4 加工工艺性能	6	4.1 管道	53
2.2 常用金属材料	7	4.1.1 金属管	53
2.2.1 铸铁	7	4.1.2 非金属管	54
2.2.2 碳钢	7	4.1.3 复合管	58
2.2.3 合金钢	10	4.2 阀门	59
2.2.4 有色金属材料	11	4.2.1 典型阀门	60
2.3 金属的腐蚀与预防	14	4.2.2 阀门选择	67
2.3.1 金属腐蚀的机理	14	4.3 管件	70
2.3.2 金属设备的防腐措施	15	4.3.1 法兰及其选用	70
2.4 常用非金属材料	17	4.3.2 法兰垫片及其选用	71
2.4.1 无机非金属材料	17	4.3.3 弯头	72
2.4.2 有机非金属材料	18	4.3.4 三通、四通、Y形管	72
2.5 非金属材料的腐蚀与预防	22	4.3.5 管托	73
2.5.1 无机非金属材料的腐蚀	22	4.3.6 管道支吊架	73
2.5.2 有机非金属材料的腐蚀	23	思考题与习题	73
2.5.3 非金属材料腐蚀的预防	24	第5章 大气污染控制设备	75
2.6 环保设备材料选择	24	5.1 除尘设备	75
2.6.1 材料的物理、力学性能	25	5.1.1 除尘设备的性能、分类及选择 方法	75
2.6.2 材料的耐腐蚀性	25		

5.1.2 袋式除尘器	77	7.1.2 共振吸声结构	179
5.1.3 电除尘器	87	7.1.3 吸声结构选择	180
5.2 气态污染物净化设备	98	7.2 隔声设备	180
5.2.1 吸收净化设备	98	7.2.1 复合隔声板	180
5.2.2 吸附净化设备	107	7.2.2 隔声罩	181
5.2.3 气固催化反应设备	111	7.2.3 隔声间	182
5.3 脱硫脱硝设备	113	7.2.4 声屏障	182
5.3.1 脱硫设备	113	7.3 消声器	186
5.3.2 脱硝设备	121	7.3.1 消声器种类与性能要求	186
思考题与习题	121	7.3.2 阻性消声器	187
第6章 污水处理设备	123	7.3.3 抗性消声器	188
6.1 分离设备	123	7.3.4 阻抗复合式消声器	189
6.1.1 格栅除污机	123	7.3.5 微穿孔板消声器	189
6.1.2 沉砂池及除砂设备	124	7.3.6 消声器选用	190
6.1.3 沉淀池	125	7.3.7 消声器安装	191
6.1.4 气浮装置	129	思考题与习题	192
6.1.5 过滤装置	131	第8章 固体废物处理与处置设备	194
6.1.6 膜分离设备	133	8.1 预处理设备	194
6.2 曝气设备	136	8.1.1 压实设备及其选用	194
6.2.1 曝气方式与技术性能指标	137	8.1.2 破碎设备及其选用	194
6.2.2 鼓风曝气设备	137	8.1.3 分选设备及其选用	196
6.2.3 机械曝气设备	141	8.2 堆肥设备	199
6.3 活性污泥法污水处理设备	146	8.2.1 预处理设备	199
6.3.1 曝气池	146	8.2.2 发酵设备	199
6.3.2 曝气系统设备	151	8.2.3 二次发酵设备	201
6.3.3 二次沉淀池	153	8.2.4 后处理设备	201
6.3.4 污泥回流设备	154	8.3 焚烧设备	202
6.3.5 SBR 工艺的滗水器设备	154	8.4 填埋场设备	204
6.4 生物膜法处理设备	156	8.4.1 推土机	204
6.4.1 生物滤池	156	8.4.2 压实机	205
6.4.2 生物转盘	160	8.4.3 挖掘机	205
6.4.3 生物接触氧化处理装置	162	8.4.4 铲运机	205
6.4.4 流动床生物膜反应器	165	8.4.5 装载机	205
6.4.5 生物填料及其支架	167	8.4.6 运输设备	206
6.5 厌氧生物处理设备	168	8.4.7 起重设备	206
6.6 组合式污水处理设备	168	8.4.8 筛分设备	206
6.7 污泥浓缩脱水设备	169	思考题与习题	207
6.7.1 浓缩设备及其选用	170	第9章 环保设备技术经济分析	208
6.7.2 污泥机械脱水设备及其选用	170	9.1 环保设备的技术经济指标	208
6.8 典型污水处理工程所用设备示例	173	9.1.1 收益类指标	208
思考题与习题	176	9.1.2 耗费类指标	208
第7章 噪声控制设备	178	9.1.3 综合指标	209
7.1 吸声降噪设备	178	9.2 环保设备设计技术经济分析	210
7.1.1 多孔材料吸声结构	178	9.2.1 影响环保设备设计的技术经济	

因素	210	10.1.2 环保设备课程设计的要求	220
9.2.2 设计费用的定义及构成	211	10.2 环保设备课程设计题目	221
9.2.3 设计方案成本及其估算	212	10.3 教学建议	224
9.3 环保设备应用技术经济分析	213	附录	225
9.3.1 环保设备投资分析	213	附录 A 中华人民共和国环境保护行业标准——	
9.3.2 环保设备运行管理分析	218	环境保护设备分类与命名	
思考题与习题	219	(HJ/T 11—1996)	225
第 10 章 环保设备课程设计	220	附录 B 环保设备计算机辅助绘图技术	231
10.1 环保设备课程设计的目的和要求	220	参考文献	240
10.1.1 环保设备课程设计的目的	220		

第 1 章 绪 论

1.1 环保设备的概念

当前的环保产业主要是指环保设备制造业、环境工程建设和环境保护服务业及自然生态保护三大部分。环保设备是环境保护设备的简称，是以控制环境污染为主要目的的设备，是水污染治理设备、空气污染治理设备、固体废物处理处置设备、噪声与振动控制设备、放射性及电磁波污染防护设备的总称。环保设备制造业是环保产业的主体。

1.2 环保设备的分类

1.2.1 按设备的功能分类

按设备功能可分为水污染控制设备、大气污染控制及除尘设备、固体废物处理设备、噪声与振动控制设备、环境监测及分析设备、采暖通风设备、放射性与电磁波污染防护设备。参阅附录 A。

1.2.2 按设备的性质分类

(1) 机械设备 各种用于治理污染和改善环境质量的机械加工设备，如除尘器、机械式通风机、机械式水处理设备等。机械设备是目前环保设备中种类及型号最多，应用最普遍，使用最方便的环保设备。

(2) 仪器设备 包括大气监测仪器、水质自动连续监测仪器、噪声监测仪器及环境工程实验仪器四种。

(3) 构筑物 为治理环境而用混凝土、钢筋混凝土、玻璃钢、钢结构或其他材料建造的设施，如各种沉砂池、沉淀池、塔滤、生化处理池等。

1.2.3 按设备的构成分类

(1) 单体设备 是环保设备的主体，如各种除尘器、单体水处理设备等。

(2) 成套设备 是以单体设备为主，加各种附属设备（如风机、电机等）组成的整体。

(3) 生产线 指由一台或多台单体设备、各种附属设备及其管线所构成的整体，如废旧轮胎回收制胶粉生产线。

1.2.4 按设备的通用性分类

(1) 通用设备 常用已定型的可用于环境污染治理的设备，如各类水泵、风机等。

(2) 专用设备 专用为去除某种污染而选取或开发的设备，如吸收塔、填料塔等。

1.3 我国环保装备产业发展现状及前景

我国环保装备产业发展取得了长足进步，形成了门类相对齐全的产品体系。但由于产业起步较晚，依然存在诸多问题，主要表现为以下几点。

① 产业规模较小,集中度偏低。现有环保装备产业规模较小,且产业结构不合理,集聚发展不够,缺乏一批拥有自主知识产权和核心竞争力、市场份额大、具有系统集成和工程承包能力的大企业集团,目前产值 20 亿元以上的环保装备专营企业仅有两家;众多中小企业专业化特色发展不突出,企业分布比较分散,生产社会化协作尚未形成规模。

② 技术创新能力不强,关键成套装备依赖进口。技术创新机制尚不健全,产学研用有机结合的技术创新体系建设进展迟缓。部分科研机构对科技成果的产业化应用重视不够,多数企业的研发力量相对薄弱、技术开发投入不足。技术含量及附加值低的单项、常规装备相对过剩,部分市场急需、高效节能的成套设备和核心、关键部件的自主化率不高,目前主要依赖进口。

③ 标准体系不完善,缺乏产品质量认证。虽然我国已初步构建了环保产品(装备)标准体系框架,但标准数量较少,分布不均衡,标准对行业发展的规范和引领作用发挥不够。环保装备运行效果评价指标体系尚未建立,缺乏质量监督和认证机制,产品质量低下问题较为突出,运行效果难以保证。

④ 引导产业健康发展的政策环境不健全。引导和支持产业发展的优惠政策尚未完全落实;市场准入政策不完善,环保装备招标不规范、重复引进和无序竞争的情况依然存在;环保监管、执法力度不够,企业减排治污的内生动力不足,抑制了环保装备的市场需求。

在全球能源资源 and 环境压力日益突出的背景下,节能环保已成为当今世界产业发展潮流。大力发展环保装备,是打破发达国家技术贸易垄断,提升我国环保产业竞争力的重要基础。我国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要对环境保护提出了新的要求,节能降耗、减排治污的新任务为环保装备产业发展提供了新的驱动力。国家对环境保护的投资力度也将进一步加大,据估算,“十二五”期间,环境污染治理投资总额将达到 3.1 万亿元,这必将推动环保装备产业的发展。预计“十二五”期间,脱硫脱硝、城市污水和垃圾处理设施建设投资将达 6000 亿元;工业行业余热余压发电、“三废”综合利用以及烟尘、粉尘控制领域均存在巨大需求。

2011 年,国家工业和信息化部发布《环保装备“十二五”发展规划》(工信部联规[2011] 622 号文件),制定了“十二五”时期国家环境保护工作的目标任务:

① 基本满足环境保护重点领域的技术装备需求。研究开发和应用推广一批具有自主知识产权的关键、共性环保技术装备,基本满足实现国家环境保护约束性指标及铅、汞、镉、铬和类金属砷等污染物治理的需求。

② 提升产业技术水平。培育一批国家级和省级企业技术研发中心;建立一批由科研院所、企业组成的产业技术创新联盟;促进一批重大环保技术装备实现标准化、国产化、自主化,使自主知识产权装备所占比重大幅度增加,应用信息技术的装备比例大幅度提升。

③ 扩大产业规模,优化产业结构。“十二五”期间环保装备产业总产值年均增长 20%,2015 年达到 5000 亿元。环保装备出口额年均增长 30% 以上,2015 年突破 100 亿元。形成 10 个以上区位优势突出、集中度高的环保装备产业基地,10~20 个在行业具有领军作用的大型龙头环保装备企业集团,培育一批拥有著名品牌的优势环保装备企业。

由此可见,我国环保装备市场需求旺盛,发展前景广阔。

1.4 我国“十二五”期间重点发展环保设备领域

《环保装备“十二五”发展规划》(工信部联规[2011] 622 号文件)提出,要全面推进

解决全局性、普遍性环境问题需要的环保技术装备的推广应用,重点围绕化学需氧量、氨氮、二氧化硫和氮氧化物等主要污染物总量减排,铅、汞、镉、铬和类金属砷等重金属以及持久性有机污染物等重点污染物治理,研究开发和推广应用一批先进适用的技术装备。该规划提出重点发展下述八大领域环保装备。

(1) 大气污染治理装备 重点针对火电、钢铁、水泥、石化、有色等行业,加快脱硫脱硝、工业烟粉尘、挥发性有机物、有毒废气等的污染控制;研究开发燃煤电厂、工业窑炉脱硫脱硝一体化设备,烟气复合污染物协同处理设备,机动车尾气高效净化设备,水泥行业脱硝设备,智能化移动极板静电除尘设备,袋式除尘器用高压无膜脉冲阀,工业有机废气处理设备,有毒和恶臭污染物排放控制设备等先进适用装备;推广应用烧结烟气复合污染物脱除设备,完善改进后的石灰石-石膏法湿法烟气脱硫技术装备,非电行业燃煤锅炉烟气脱硫设备、低氮燃烧器,高温高压大流量电除尘器,大流量高温长袋脉冲袋式除尘设备,大型燃煤电站用袋式、电袋复合式除尘器,低浓度挥发性有机物处理设备等。

(2) 水污染治理装备 以造纸、纺织印染、化工、制革等工业行业水污染治理和城镇污水处理为重点,全面提升化学需氧量、氨氮等污染物处理技术装备水平;加快研发高浓度难降解工业有机废水处理设备、垃圾渗滤液处理设备、大型臭氧发生器、节能高效曝气设备、新型反硝化反应器、达到国家一级A排放标准的城市生活污水脱氮除磷处理设备、蓝藻清除及资源化利用设备;推广应用小城镇污水处理一体化装置、真空精密过滤机、高浊度污水电絮凝处理设备、地理式污水处理反应器、农村分散式污水处理成套设备等。

(3) 固体废物处理装备 重点针对二噁英、铬渣等危险废物及生活垃圾、污泥处置等领域,加快研发二噁英控制脱除技术设备,重金属污染土壤修复技术设备,铬渣等重金属废渣无害化处理技术设备,大型城市生活垃圾减量化成套设备,生活垃圾热解气化燃烧成套技术设备,填埋气体焚烧设备,高效低能耗污泥浓缩脱水设备,城市污水处理厂污泥半干法、炭化及焚烧成套设备,疏浚污泥处理与资源化设备,油田钻井废弃物处理处置技术与成套设备,农药污染场地的快速、异位生物修复设备;推进垃圾智能分选设备,生活垃圾焚烧飞灰稳定化处理设备,餐厨垃圾预处理成套设备,鼓泡流化床污泥焚烧炉,粪便无害化、资源化处理成套设备,农村有机废弃物处理成套设备,废旧线路板处理装置等的应用推广。

(4) 噪声与振动控制装备 重点研发大面积、多声源企业噪声控制技术设备、城市轨道浮置板用钢弹簧隔振装置、地铁大风量阻抗复合消声器、低频噪声和固体声污染控制设备等。

(5) 资源综合利用装备 针对铅酸蓄电池、废矿物油等危险废物、大宗工业固体废物、电子废物及机电产品再制造等重点领域,大力研发废旧铅酸蓄电池资源化利用设备、废油再生基础油成套设备、工业副产石膏综合利用设备、赤泥脱碱综合利用成套设备、废弃电子产品回收利用成套设备;推广应用废塑料复合材料、废旧轮胎回收处理设备,建筑垃圾、道路沥青再利用设备,汽车拆解大型成套设备,纳米颗粒复合电刷镀、高速电弧喷涂等离子熔覆技术设备,农村畜禽养殖废弃物综合利用技术设备等。

(6) 环境监测专用仪器仪表 大力促进污染治理设备设施与专用测控技术装备一体化发展,推动信息技术在重点行业的应用;鼓励开发烟气中重金属在线监测仪器,水中氨氮、重金属、持久性有机污染物等传感技术和在线监测仪器,水中挥发性有机物、氰化物及生物毒性等传感技术和在线监测仪器,污染治理工程管控一体化及远程诊断与运维服务体系,城际环境参数监测网络,有限空间环境参数实时监测及预警系统,突发性污染事故应急监测仪器

仪表。

(7) 环境污染治理配套材料和药剂 积极推进高效、无毒、无二次污染的环境污染治理配套材料和药剂的研发和应用推广；重点开发与选择性催化还原(SCR)烟气脱硝工艺配套的高效催化剂，脱硝催化剂纳米级二氧化钛载体，袋式除尘器用耐高温、耐腐蚀的合成滤料，室内空气净化光催化剂及纳米材料，有机合成高分子、微生物絮凝剂，重金属污染物捕集及稳定剂，与危险废物安全填埋技术配套的高效人工合成膨润土防渗卷材，交通噪声控制、轨道交通和建筑隔声所需的新型吸声、隔声、减振、隔振材料及元件；推广电除尘器用高频电源、中频电源、三相电源，水性、低毒或低挥发性的有机溶剂，离子交换树脂，生物滤料及填料，水处理用高效活性炭，低磷缓蚀阻垢剂，铝钛多功能复合型硫黄回收催化剂等。

(8) 环境应急装备 重点研发移动式有毒有害泥水(液)环境污染快速应急处理集成装置，移动式重金属污染土壤快速全自动修复设备，典型重金属污染场所的应急处理及快速消减装备，环境应急监测车；推广移动式快速净水处理设备，阻截式油水分离及回收装备，应急用多功能移动式高温固废处理设备，移动式应急医疗废物处理车以及环境监测探测气象雷达等。

1.5 环保设备选择与设计的原则

1.5.1 定型设备的选择

定型设备，也称标准设备，如泵、风机、阀门等。这类设备有产品目录或样本手册，有各种规格牌号，有不同的生产厂家，国家有相应的技术标准，包括设备的型号规格、技术条件、使用条件、使用寿命、检测检验、适用范围等方面的规定，生产厂家均应按照国家标准执行。

定型设备选择的原则如下。

(1) 合理性 必须满足处理工艺一般要求，与工艺流程、处理规模、操作条件、控制水平相适应，又能充分发挥设备的作用。

(2) 先进性 设备的运行可靠性、自控水平、处理能力、处理效率要尽量达到先进水平，同时还应满足规划发展的要求，还要查看所配置的设备是否属于国家规定的淘汰产品。

(3) 安全性 要求安全可靠、操作稳定、有缓冲能力、无事故隐患，既要考虑处理工艺对介质的要求，还应注意周边环境的要求。

(4) 经济性 选用时应考虑设备的性价比。

1.5.2 非定型设备的设计

环境工程中需要专门设计的特殊设备，称为非标准设备或非定型设备。这类设备一般是设计者根据所处理对象(污染物)进行选取或开发，没有国家规定的技术标准。非定型设备设计原则与定型设备大致相同，主要的设计程序如下。

(1) 根据工艺条件(流程)确定处理设备的类型 例如生活污水采用活性污泥法处理，曝气池和二沉池常为构筑物；除尘常用机械设备。

(2) 确定设备的材质 根据处理的污染物、工艺流程和操作条件，确定适合的设备材料。如上述处理水的曝气池和二沉池一般采用钢筋混凝土材料；除尘机械采用钢铁材料；气态污染物处理设备一般采用不锈钢或工程塑料等防腐材料。

(3) 汇集设计条件和参数 根据污染物的处理量、处理效率、物料平衡和热量平衡等条

件，确定设备的负荷、操作条件，如温度、压力、流速、卸灰形式、工作周期等，作为设备设计计算的主要依据。

(4) 选定设备的基本结构形式 根据各类处理设备的性能、使用特点和使用范围，依据各类规范、样本和说明书，参照环境保护产品认定技术条件，确定设备的基本结构形式。

(5) 设计设备的基本尺寸 根据设计数据进行有关的计算和分析，确定处理设备的外形尺寸，画出设备简图。

(6) 进行结构计算 参考化工设备设计计算手册、机械设备设计手册等资料，进行结构计算，明确设计使用寿命。

(7) 按照有关国家标准，进行非标准设备图纸的制作 提出制作技术要求。

思考题与习题

1. 环保产业、环保设备的内涵及相互关系是什么？
2. 环保设备如何分类？
3. 阐述我国今后一段时期内环保设备发展的重点。

第2章 环保设备材料及其选用

环境工程中的处理工艺多种多样,不同的工艺对设备材料有不同要求,合理选择和正确使用材料十分重要。这不仅要从设备结构、制造工艺、使用条件和寿命等方面考虑,而且还要从设备工作条件下材料的物理性能、力学性能、耐腐蚀性能及材料价格与来源、供应等方面综合考虑。

环保设备的材料涉及金属、非金属两大类,其中金属材料以钢材为主,非金属材料以塑料为主。另外,环保设备多在露天环境中运行,如何预防设备在露天环境中的腐蚀?水处理设备常年与污水接触,如何预防设备的腐蚀?这些都是本章讨论的内容。

2.1 设备材料的性能

设备材料的性能是选择材料的根本依据,这些性能包括材料的力学性能、物理性能、化学性能和加工性能等。

2.1.1 力学性能

力学性能是指材料在外力作用下抵抗变形或破坏的能力,如强度、硬度、弹性、塑性、韧性等。这些性能是环保设备设计中材料选择及计算时决定许用应力的依据。

2.1.2 物理性能

材料的物理性能有密度、熔点、比热容、导热系数、热膨胀系数、导电性、磁性等。密度是计算设备重量的常数。熔点低的金属和合金,其铸造和焊接加工都较容易,工业上常用于制造熔断器、防火安全阀等零件;熔点高的合金可用于制造要求耐高温的零件。金属及合金受热时,一般都有不同程度的体积膨胀,因此双金属材料的焊接,要考虑它们的线膨胀系数是否接近,否则会因膨胀量不等而使容器或零件变形或损坏。设备的衬里及其组合件,其线膨胀系数应和基本材料相同,以免受热后因膨胀量不同而松动或破坏。

2.1.3 化学性能

材料的化学性能是指材料在所处介质中的化学稳定性,即材料是否会与周围介质发生化学或电化学作用而引起腐蚀。材料的化学性能指标主要有耐腐蚀性和抗氧化性。

材料对周围介质,如大气、水汽、各种电解液浸蚀的抵抗能力称为耐腐蚀性。环境工程中所涉及的物料常会有腐蚀性。材料的耐蚀性不强,必将影响设备使用寿命。一般情况下,金属材料在酸性介质中的耐蚀性较差,有机非金属材料耐酸性能较强。

在环境工程处理工艺中,有部分设备在高温下操作,如垃圾焚烧炉等。在高温下,钢铁不仅与自由氧发生氧化腐蚀,使钢铁表面形成结构疏松容易剥落的 FeO 氧化皮;还会与水蒸气、二氧化碳、二氧化硫等气体产生高温氧化与脱碳作用,使钢的力学性能下降,特别是降低材料的表面硬度和抗疲劳强度。因此,高温设备必须选用耐热材料。

2.1.4 加工工艺性能

金属和合金的工艺性能是指可铸造性能、可锻造性能、可焊性能和可切削加工性能等。这些性能直接影响设备和零部件的制造工艺方法和质量。故加工工艺性能是设备选材和制定

零件加工工艺路线时必须考虑的因素之一。

2.2 常用金属材料

环境工程中的反应器、储罐、塔器、管路多采用金属材料,如铸铁、碳钢、合金钢以及一些有色金属材料。了解这些材料的性能,在设计和加工设备过程中才能合理地进行材料的选择。

2.2.1 铸铁

工业上常用的铸铁含碳量(质量分数)一般在2%以上,并含有S、P、Si、Mn等杂质。铸铁是脆性材料,抗拉强度较低,但具有良好的铸造性、耐磨性、减振性及切削加工性,在一些介质(浓硫酸、醋酸、盐溶液、有机溶剂等)中具有相当好的耐腐蚀性能。铸铁生产成本低廉,因此在工业中得到普遍应用。

铸铁可分为灰铸铁、球墨铸铁、高硅铸铁等。

2.2.1.1 灰铸铁

灰铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形式存在,断口呈暗灰色。灰铸铁的抗压强度较大,抗拉强度很低,冲击韧性低,不适于制造承受弯曲、拉伸、剪切和冲击载荷的零件,可制造承受压应力及要求消振、耐磨的零件,如支架、阀体、泵体(机座、管路附件等),在环境工程中可用于设备的底座。灰铸铁的牌号用名称HT(灰铁二字的汉语拼音第一个字母)和抗拉强度 σ_b 值表示,如HT100,其中100表示 $\sigma_b=100\text{MPa}$ 。常用灰铸铁牌号有HT100、HT150、HT200、HT250、HT300、HT350。

2.2.1.2 球墨铸铁

在浇注前,往铁水中加入少量球化剂(如镁、钙和稀土元素等)、石墨化剂(如硅铁、硅钙合金),以促进碳以球状石墨结晶形式存在,这种铸铁称球墨铸铁。球墨铸铁在强度、塑性和韧性方面大大超过灰铸铁,甚至接近钢材。在酸性介质中,球墨铸铁耐腐蚀性较差,但在其他介质中耐腐蚀性比灰铸铁好。它的价格低于钢。由于它兼有普通铸铁与钢的优点,从而成为一种新型结构材料。过去用碳钢和合金钢制造的重要零件(如曲轴、连杆、主轴、中压阀门等),目前不少已改用球墨铸铁。球墨铸铁的牌号用QT(球铁二字的汉语拼音第一个字母)、抗拉强度 σ_b 、延伸率表示。如QT400-18,其中 $\sigma_b=400\text{MPa}$,延伸率 $\delta=18\%$ 。

2.2.1.3 高硅铸铁

高硅铸铁是往灰铸铁或球墨铸铁中加入一定量的合金元素硅等熔炼而成。高硅铸铁具有很高的耐蚀性能,且随含硅量的增加耐蚀性能增加。其强度低、硬度高、质脆,不能承受冲击载荷,不便于机械加工,只适于铸造。高硅铸铁导热系数小,膨胀系数大,故不适于制造温差较大的设备,否则容易产生裂纹。它常用于制作各种耐酸泵、冷却排管和热交换器等。

2.2.2 碳钢

碳钢的含碳量一般介于0.02%~2%之间,杂质元素的含量较铸铁低。这些杂质元素往往会对钢的质量产生影响。

2.2.2.1 常存杂质元素对钢材性能的影响

普通碳钢除含碳以外,还含有少量锰(Mn)、硅(Si)、硫(S)、磷(P)、氧(O)、氮(N)和氢(H)等元素。这些元素并非为改善钢材质量有意加入的,而是由矿石及冶炼过程中带入的,故称为杂质元素。这些杂质元素对钢材性能有一定影响,为了保证钢材的质

量, 在国家标准中对各类钢的化学成分都做了严格规定。

(1) 硫 硫来源于炼钢的矿石与燃料焦炭, 它是钢中的一种有害元素。硫以硫化铁(FeS)的形态存在于钢中, FeS和Fe形成低熔点(985℃)化合物。而钢材的热加工温度一般在1150~1200℃以上, 所以当钢材热加工时, 由于FeS化合物的过早熔化而导致工件开裂, 这种现象称为“热脆”。含硫量愈高, 热脆现象愈严重, 故必须对钢中含硫量进行控制。

(2) 磷 磷是由矿石带入钢中的, 一般来说磷也是有害元素。磷虽能使钢材的强度、硬度增高, 但会引起塑性、冲击韧性显著降低。特别是在低温时, 它使钢材显著变脆, 这种现象称“冷脆”。冷脆使钢材的冷加工及焊接性变坏, 含磷量越高, 冷脆性越大, 故钢中对含磷量控制较严。高级优质钢含磷量小于0.025%; 优质钢含磷量小于0.04%; 普通钢含磷量小于0.085%。

(3) 锰 锰是炼钢时作为脱氧剂加入钢中的。由于锰可以与硫形成高熔点(1600℃)的硫化锰(MnS), 一定程度上消除了硫的有害作用。锰具有很好的脱氧能力, 能够与钢中的氧化铁(FeO)反应生成氧化锰(MnO)进入炉渣, 从而改善钢的品质, 特别是降低钢的脆性, 提高钢的强度和硬度。因此, 锰在钢中是一种有益元素。技术条件中规定, 优质碳素结构钢中, 正常含锰量是0.5%~0.8%; 而较高含锰量的结构钢中, 其含量可达0.7%~1.2%。

(4) 硅 硅也是炼钢时作为脱氧剂而加入钢中的元素。硅与钢水中的FeO能结成密度较小的硅酸盐炉渣而被除去, 因此硅是一种有益的元素。硅在钢中溶于铁素体内使钢的强度、硬度增加, 塑性、韧性降低。镇静钢中的含硅量通常在0.1%~0.37%, 沸腾钢中只含有0.03%~0.07%。由于钢中硅含量一般不超过0.5%, 对钢性能影响不大。

(5) 氧 氧在钢中是有害元素。它是在炼钢过程中进入钢中的, 尽管在炼钢末期要加入锰、硅、铁和铝进行脱氧, 但不可能除尽。氧在钢中以FeO、MnO、SiO₂、Al₂O₃等形式存在, 使钢的强度、塑性降低, 尤其是对疲劳强度、冲击韧性等有严重影响。

(6) 氮 铁素体溶解氮的能力很低。当钢中溶有过饱和的氮, 在放置较长一段时间后或随后在200~300℃范围加热就会发生氮以氮化物形式析出, 并使钢的硬度、强度提高, 塑性下降, 产生时效。钢液中加入Al(铝)、Ti(钛)或V(钒)进行固氮处理, 使氮固定在AlN、TiN或VN中, 可消除时效倾向。

(7) 氢 钢中溶有氢会引起钢的氢脆、白点等缺陷。白点常在轧制的厚板、大锻件中发现, 在纵断面中可看到圆形或椭圆形的白色斑点; 在横断面上则是细长的发丝状裂纹。锻件有了白点, 使用时会发生突然断裂造成事故。氢产生白点冷裂的主要原因是因为低温时, 氢在钢中的溶解度急剧降低。当冷却较快时, 氢原子来不及扩散到钢的表面而逸出, 就在钢中的一些缺陷处由原子状态的氢变成分子状态的氢。氢分子在不能扩散的条件下在局部产生很大压力, 这压力超过了钢的强度极限而在该处形成裂纹, 即白点。

2.2.2.2 碳钢的分类与编号

根据实际生产和应用的需要, 可将碳钢进行分类和编号。分类方法有多种, 如按用途可分为建筑钢、结构钢、弹簧钢、轴承钢、工具钢和特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢等); 按含碳量分为低碳钢、中碳钢和高碳钢; 按脱氧方式分为镇静钢和沸腾钢; 按冶炼质量可分为普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质钢。

(1) 普通碳素钢 根据规定, 普通碳素钢钢种以屈服强度数值区分, 其钢号表示方法为: 屈服强度的汉语拼音字首Q、屈服强度数值、质量等级符号及冶炼时的脱氧方法四部分

按顺序组成,如 Q235—A·F。

碳钢的质量分为 A、B、C、D 四个等级。根据冶炼工艺中脱氧方法的不同,将钢材分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。只用弱脱氧剂 Mn,在往钢锭模中浇注钢液后,钢液在钢锭模中发生自脱氧反应,放出大量 CO 气体,出现“沸腾”现象,故称为沸腾钢,用代号 F 表示,如 Q235—A·F。若在熔炼过程中加入硅、铝等,钢液完全脱氧,则称镇静钢,用代号 Z 表示,Z 在牌号中可不标出,如 Q235—A。脱氧情况介于以上二者之间时,称半镇静钢,用代号 b 表示,如 Q235—A·b。压力容器用钢一般选用镇静钢。Q235—A 有良好的塑性、韧性及加工工艺性,价格比较便宜,在环保设备制造中应用极为广泛,常用于常温低压设备的壳体和零部件,还可制作螺栓、螺母、支架、垫片、轴套、阀门、管子、管件等。

(2) 优质碳素钢 优质碳钢含硫、磷有害杂质元素较少,其冶炼工艺严格,钢材组织均匀,表面质量高,同时保证钢材的化学成分和力学性能,但成本较高。优质碳钢的编号仅用两位数字表示,钢号顺序为 08、10、15、20、25、30、35、40、45、50、…、80 等。钢号数字表示钢中平均含碳量的万分之几。如 45 号钢表示钢中含碳量平均为 0.45% (0.42%~0.50%)。依据含碳量的不同,可分为优质低碳钢(含碳量小于 0.25%);优质中碳钢(含碳量 0.3%~0.6%);优质高碳钢(含碳量大于 0.6%)。优质低碳钢的强度较低,但塑性好,焊接性能好,常用于热交换器列管、设备接管、法兰的垫片等。优质中碳钢的强度较高、韧性较好,但焊接性能较差,可用于换热设备管板,对强度要求较高的螺栓、螺母、传动轴(搅拌轴)等。优质高碳钢的强度与硬度均较高,主要用来制造弹簧、钢丝绳等。

(3) 高级优质钢 高级优质钢比优质碳钢中含硫、磷量还少(均小于 0.03%)。它的表示方法是在优质碳钢钢号后面加一个字母 A,如 20A。

2.2.2.3 碳钢的品种及规格

碳钢的品种有钢板、钢管、型钢、铸钢和锻钢等。

(1) 钢板 钢板分薄钢板和厚钢板两大类。薄钢板有厚度 0.2~4mm 的冷轧与热轧两种,厚钢板为热轧。压力容器主要用热轧厚钢板制造。依据钢板厚度的不同,厚度间隔也不同。钢板厚度在 4~6mm 时,其厚度间隔为 0.5mm;厚度在 6~30mm 时,间隔为 1mm;厚度在 30~60mm 时,间隔为 2mm。一般碳素钢板材有 Q235—A、Q235—A·F、08、10、15、20 等。

(2) 钢管 钢管有无缝钢管和有缝钢管两类。无缝钢管有冷轧和热轧两种,冷轧无缝钢管外径和壁厚的尺寸精度均较热轧钢管高。普通无缝钢管常用材料有 10、15、20 等。另外,还有专门用途的无缝钢管,如热交换器用钢管、锅炉用无缝管等。有缝管、水煤气管分镀锌(白铁管)和不镀锌(黑铁管)两种。

(3) 型钢 型钢主要有圆钢与方钢、扁钢、角钢(等边与不等边)、工字钢和槽钢。各种型钢的尺寸和技术参数可参阅有关标准。圆钢与方钢主要用来制造各类轴件;扁钢常用作各种桨叶;角钢、工字钢及槽钢可用作各种设备的支架、塔盘支撑及各种加强结构。

(4) 铸钢和锻钢 铸钢用 ZG(铸钢的汉语拼音第一个字母)表示,牌号有 ZG25、ZG35 等,用于制造各种承受重载荷的复杂零件,如泵壳、阀门、泵叶轮等。锻钢有 08、10、15、…、50 等牌号。容器用锻钢件一般采用 20、25 等材料,用以制作管板、法兰、顶盖等。