

薛勇 主编

环境污染治理设备



化学工业出版社

环境污染防治设备

环境污染防治设备





薛勇 主编

环境污染治理设备

HUANJIANG WURAN
LI SHEBEI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较为系统地讲述了典型环境污染治理设备的结构、原理、设计、制造及应用方面的基本知识。全书共分为五篇十三章，第一篇主要介绍了环保设备的常用材料和加工工艺的基本知识；第二、三、四篇主要介绍了有关大气、水及固体废物等污染控制设备的主要类型、基本结构、工作原理及设计应用的基本知识；第五篇主要介绍了风机、水泵及管道系统等附属设备的选型、设计方面的基本知识。

本书适合于从事环境工程教学、科研、设计和管理的工作人员参考，也可供高等院校相关专业师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境污染治理设备/薛勇主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.2

ISBN 978-7-122-04721-2

I. 环… II. 薛… III. 环境污染-污染防治-设备
IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 010903 号

责任编辑: 刘兴春
责任校对: 陈 静

文字编辑: 刘莉珺
装帧设计: 史利平

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 583 千字 2009 年 7 月北京第 1 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: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

环境工程是一门近年来才发展起来的新兴学科，环保设备大多始于对化工、水处理、矿业、机械等行业设备的演变，涉及的内容非常广泛。

经过 20 多年的发展，中国环保产业已初具规模，一些技术、设备和服务项目已接近发达国家 20 世纪 80 年代的水平。我国的环保产业具有强大的市场需求和发展潜力，据统计，2006 年全国环境保护相关产业从业单位约 3.5 万家，从业人员约 300 万人，年产值总额约 6000 亿元，实现利润约 520 亿元。预计到“十一五”末，我国环保产业年产值将达到 1.1 万亿元，“十一五”时期环保产业年均增长率将达 15% 以上。

巨大的环保投资，将为环保机械制造业构筑巨大市场。“十一五”期间国内环保装备市场的需求量将稳定增长；重点需求领域向为发展循环经济服务的方向拓展；市场主体结构进一步优化，运行质量提高，市场竞争将依然十分激烈。

根据有关规定，环保设备是水污染治理设备、空气污染治理设备、固体废物处理与处置设备、物理性污染控制设备的总称。其中水污染治理设备主要包括物理法、化学法、物理化学法、生物化学法设备及组合式处理装置；空气污染治理设备包括尘粒污染及气态污染净化设备；固体废物处理处置设备包括输送与存储、分选、破碎压实、焚烧热解、无害化处理及资源再利用设备；物理性污染控制设备则主要包括噪声与振动控制装置和放射性与电磁波污染防治设备。

环保设备的特点是产品特异性大、专用性强，难以标准化生产；工作条件差，材料要求高，运行可靠性低；产品来源复杂，适用性不高、性能不够优化。环保设备产品多脱胎于化工、水处理、矿业、动力等相关行业，由于使用场合并不完全相同，往往需要进行二次开发，这就大大影响了环保设备的使用和推广的范围和速度。

中国环保产品以空气和水污染治理设备为主，分别占环保产品年总值的 40% 以上。固体废物设备的年产值占全国环保产品总产值的比率约 5%；噪声与振动控制设备的年产值占全国环保产品产值的 6.5%；环境监测仪器年产值约占 2.3%。

本书旨在编写一本集理论性、实用性、先进性为一体的环保设备参考书，为从事环境工程教学、科研、设计及管理的同行提供借鉴。全书共分为五篇十三章，较为系统地讲述了典型环境污染治理设备的结构、原理、设计、制造及应用方面的基本知识，其中第一篇主要介绍了环保设备的常用材料和加工工艺的基本知识；第二、三、四篇主要介绍了有关大气、水及固体废物等污染控制设备的主要类型、基本结构、工作原理及设计和应用的基本知识；第五篇主要介绍了风机、水泵及管道系统等附属设备的选型、设计方面的基本知识。

本书由薛勇担任主编，西南科技大学环境工程系及中物院的部分教师参加了编写。其中第一章~第五章、第十章、第十二章、第十三章及第九章第二节由薛勇编写；第六章、第七章、第八章由康军利编写；第九章第一节由唐永河编写；第十一章由宋宝增编写。庞旭、袁翀、黄强、武海英、欧佳参加了部分内容的编写及插图绘制等工作；杨少鹏、牛广路、魏娅冰等同志进行了大量资料的收集整理等工作；深圳能源环保公司的乔克非提供了部分有关资料。

在本书编写过程中得到了西南科技大学环资学院的大力支持，特在此表示感谢。

编写本书时编者参阅并应用了国内外大量有关文献资料，得到了许多兄弟院校及科研生产单位的支持和帮助，特在此一并向他们表示衷心的感谢。

限于编者学识水平和实践经验，书中不足之处在所难免，真诚希望各位读者批评指正。

编者

2009 年 3 月

第一篇 环保设备制造基础

第一章 环保设备常用材料	1
第一节 材料的力学性能	1
一、强度和塑性	1
二、硬度指标	2
三、韧性指标	3
四、疲劳强度	4
第二节 碳素钢	4
一、常存杂质元素对碳钢性能的影响	4
二、碳素钢的分类	5
三、碳素结构钢	5
四、碳素工具钢	6
五、铸钢	6
第三节 钢的热处理	7
一、概述	7
二、普通热处理	7
三、表面热处理	8
第四节 合金钢	9
一、合金钢的分类	10
二、合金钢牌号表示方法	10
三、合金结构钢	10
四、合金工具钢	13
五、特殊性能钢	14
第五节 铸铁	15
一、概述	15
二、铸铁的石墨化及其影响因素	16
三、灰口铸铁	17
四、球墨铸铁	18
第六节 有色金属及其合金	18
一、铝及铝合金	18
二、铜及铜合金	19
三、其他合金简介	20
第七节 非金属材料	21
一、高分子材料	22
二、陶瓷材料	22
三、复合材料	23
第二章 材料成型基础	25
第一节 铸造	25

一、概述	25
二、砂型铸造的造型工艺	25
三、合金的铸造性能与铸件的结构工艺性	27
第二节 焊接	28
一、概述	28
二、手工电弧焊	29
三、焊接质量及其控制	32
第三节 锻压	32
一、概述	32
二、锻造	33
三、板料冲压	34

第二篇 大气污染控制设备

第三章 概论	36
第一节 废气净化系统	36
一、废气净化系统的组成	36
二、废气净化系统的设计内容	36
第二节 集气罩	36
一、集气罩的基本形式	37
二、集气罩设计	38
第四章 颗粒污染物净化设备	41
第一节 机械式除尘器	41
一、重力沉降室	41
二、惯性力除尘器	43
三、离心力除尘器	44
第二节 湿式除尘器	53
一、湿式除尘原理	54
二、湿式除尘器分类	54
三、典型湿式除尘器的结构及性能特点	54
四、湿式除尘器的设计	59
第三节 电除尘器	60
一、电除尘的工作原理	60
二、电除尘器的性能参数	61
三、电除尘器的类型和结构	62
四、电除尘器新技术	66
五、电除尘器的设计和选型	67
第四节 过滤式除尘器	68
一、袋式除尘器滤尘原理	69
二、袋式除尘器滤料及结构形式	69
三、袋式除尘器性能及结构特点	71
四、袋式除尘器的选型及设计	77
五、颗粒层除尘器	79
第五节 除尘器的卸灰装置	79
第六节 除尘器的选择	80

一、除尘器选择的原则	81
二、常用除尘器性能比较	82
第五章 气态污染物净化设备	83
第一节 吸收净化设备	83
一、概述	83
二、吸收设备的类型及特点	83
三、吸收装置的设计	86
四、典型吸收净化系统	88
第二节 吸附净化设备	93
一、吸附及吸附剂	93
二、吸附装置及工艺	95
三、吸附剂再生	98
四、固定床吸附过程的计算	99
五、典型吸附净化系统	103
第三节 催化净化设备	106
一、催化剂和催化作用	106
二、气固相催化反应过程	108
三、催化反应器及其设计	109
四、影响催化转化的因素	113
五、典型催化转化系统	114

第三篇 水处理机械

第六章 污水预处理机械	118
第一节 概述	118
第二节 拦污设备	118
一、格栅的构造和分类	119
二、常用格栅类型	119
三、格栅的设计	125
第三节 沉砂设备	129
一、曝气沉砂池	129
二、多尔沉砂池	130
三、圆形涡流沉砂池	131
第四节 排砂设备	133
一、行车泵吸式排砂机	133
二、链斗式刮砂机	134
三、链板式刮砂机	134
四、砂水分离及输送设备	135
第五节 沉淀设备	137
一、普通沉淀池的设计原则与参数选择	137
二、辐流沉淀池的设计	138
三、竖流式沉淀池的设计	139
第六节 气浮设备	141
一、分散空气气浮设备	141
二、溶气气浮设备	143

三、上浮液、渣排除设备·····	143
第七章 污水生物处理机械·····	146
第一节 鼓风曝气设备·····	146
一、曝气的理论基础·····	146
二、鼓风曝气系统与空气扩散装置·····	147
三、机械曝气装置·····	150
四、曝气系统的设计·····	153
第二节 滗水器的结构及其设计·····	155
一、虹吸式滗水器·····	156
二、柔性管滗水器·····	158
三、套筒式滗水器·····	159
四、旋转式滗水器·····	162
第三节 生物膜法废水处理设备·····	164
一、生物膜法基本原理·····	164
二、生物转盘反应装置及其设计选型·····	165
三、生物接触氧化反应装置及其设计选型·····	167
四、填料的性能及选用·····	169
第四节 厌氧法废水处理设备·····	170
一、升流式厌氧污泥床(UASB)·····	171
二、其他厌氧生物处理设备·····	172
第五节 厌氧、缺氧处理典型辅助设备·····	175
一、常用的潜水搅拌机·····	175
二、潜水搅拌机的设计特点·····	176
三、潜水搅拌机的选型与安装·····	177
第八章 污泥处理设备·····	181
第一节 排泥设备及其设计·····	181
一、排泥设备的形式和分类·····	181
二、排泥设备的设计·····	184
第二节 污泥浓缩设备·····	186
一、污泥重力浓缩设备·····	187
二、污泥气浮浓缩设备·····	188
三、污泥离心浓缩设备·····	189
第三节 污泥厌氧消化设备·····	189
一、污泥投配、排泥及溢流系统·····	189
二、搅拌设备·····	189
三、消化加热设备·····	190
四、沼气的安全与利用设备·····	190
五、厌氧消化设备的设计时的注意事项·····	191
第四节 污泥的脱水干化设备·····	192
一、真空过滤设备·····	192
二、压滤脱水设备·····	194
三、转碟式污泥脱水机·····	196

第四篇 固体废物处理设备

第九章 固体废物预处理设备·····	199
第一节 破碎机械·····	199

一、基本概念	199
二、破碎系统	200
三、颚式破碎机	200
四、辊式破碎机	203
五、锤式破碎机	206
六、反击式破碎机	209
七、剪切式破碎机	211
八、球磨机	212
第二节 分选设备	215
一、筛分机械	215
二、重力分选机械	218
三、磁力分选机械	223
四、电力分选设备	226
第十章 固体废物热处理设备	228
第一节 固体废物焚烧设备	228
一、垃圾焚烧工艺	228
二、垃圾焚烧系统	232
三、余热利用系统	245
第二节 固体废物的热解设备	247
一、概述	247
二、固体废物热解工艺的类型	247
三、城市垃圾的典型热解系统	248
四、废塑料热解工艺及设备	251
五、污泥的热解	253
六、废橡胶的高温热解	255
七、农林废弃物的热解	256
第十一章 固体废物生物处理设备	260
第一节 好氧发酵工艺与设备	260
一、好氧发酵工艺	260
二、发酵工艺设施	262
第二节 厌氧发酵设备	264
一、发酵池	264
二、厌氧接触消化池	267
三、厌氧发酵的典型工程	272

第五篇 附属设备

第十二章 风机与泵	275
第一节 风机	275
一、概述	275
二、常用风机分类	275
三、通风机的性能	276
四、通风机的选型	278
五、常用离心通风机的规格及性能	281

第二节 泵	283
一、概述	283
二、常用泵的分类	283
三、离心泵的结构及性能	283
四、泵的型号编制	287
五、离心泵的选择及使用	288
第十三章 管道系统设计	290
一、管道系统压力损失的计算	290
二、管道系统的设计计算	292
三、常用管件的选择与设计	294
四、管道系统布置的原则与要求	298
参考文献	301

第一章 环保设备常用材料

和其他机械设备一样,环保设备的设计、制造和维修,同样必须要考虑其本身所使用的材料。为了正确、合理地使用和加工材料,应充分了解和掌握材料的各种性能。

材料应具备的性能有物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。

环保设备的设计、制造过程中选用的材料,包括金属和非金属,主要以力学性能作为设计依据,因此,熟悉和掌握工程材料的力学性能尤其重要。

第一节 材料的力学性能

目前的环保设备,主要由金属和非金属材料制成。

材料的力学性能,是指材料在外力作用下所表现的抵抗能力。其力学性能的高低,表征材料抵抗各种损害作用的能力大小,是评定材料质量的主要依据,也是机械设备设计时选材和进行强度计算的主要依据。

金属的力学性能主要包括金属的强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

一、强度和塑性

强度是材料抵抗变形和断裂的能力,而塑性则是材料产生永久变形而不断裂的能力。它们可以通过拉伸试验来测定。

1. 拉伸试验与拉伸曲线

拉伸试验是确定材料力学性能的基本试验。进行拉伸试验时,先将材料加工成一定形状和尺寸的标准试件(通常为圆柱形, $l_0/d_0=5$ 或 10),如图1-1所示。

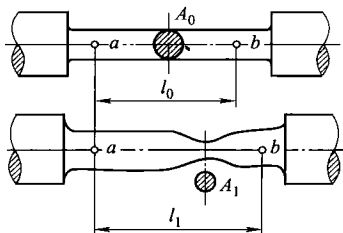


图 1-1 金属拉伸试样及其变形

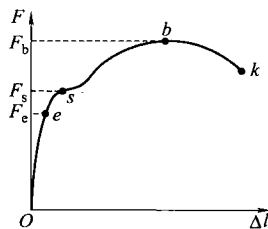


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

在拉伸试验机上将试件夹紧后,缓慢增加拉力,一直到试件被拉断为止。在此过程中,试验机自动绘制出载荷(拉力) F 和试样变形量 Δl 之间的关系曲线,此曲线就叫做拉伸曲线。低碳钢的拉伸曲线如图1-2所示。

2. 强度指标与塑性指标

在拉伸过程中,不同材料的变形特点以及变形量大小并不相同。材料的强度大小就是以一定量的变形或破坏条件下的材料内部应力大小来表示的。

(1) 强度指标

① 屈服极限:在拉伸过程中,当载荷增大到 F_s 时,会出现短时间载荷保持不变而试样的变形却继续增加的现象,这种现象称为屈服现象。材料产生屈服现象时相对应的应力,就是材料的屈服极限或屈服强度,用符号 σ_s (MPa)表示。

② 强度极限：材料在拉断前所能承受的最大应力称为强度极限或抗拉强度，用符号 σ_b (MPa) 表示。

根据不同材料的拉伸实验结果可知，脆性材料（如陶瓷、玻璃等）在拉伸过程中没有明显的塑性变形，当应力达到强度极限 σ_b 时发生断裂，因此强度极限 σ_b 便是衡量这类材料强度的唯一指标。

碳素钢等材料在拉断之前，当应力达到屈服极限时，即已出现较大的塑性变形，这是构件正常工作所不允许的，因此屈服极限 σ_s 便是衡量这类材料强度指标。

还有些材料（如高碳钢、铸铁等）在拉伸曲线上没有明显的屈服现象，它的屈服点很难测定。在这种情况下，工程技术上把试件生 0.2% 残留变形的应力值作为屈服极限，又称条件屈服极限，用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 塑性指标 材料塑性的好坏，用材料延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 来衡量。

① 延伸率：延伸率就是试样拉断后标距长度的伸长量与原标距长度之比值的百分率，即

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中， L_1 为试样拉断后的标距长度，mm； L_0 为试样原来的标距长度，mm。

② 断面收缩率：断面收缩率是试件横截面积的最大缩减量与原始横截面积之比值的百分率，即

$$\psi = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中， A_1 为试样拉断处的最小横截面积， mm^2 ； A_0 为试样原横截面积， mm^2 。

材料的延伸率和断面收缩率越大，表示材料的塑性越好。一般 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料，如碳素钢、低合金钢和青铜等； $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料，如铸铁、陶瓷、玻璃、混凝土等。

材料不同，塑性可能差别很大。例如，工业纯铁的伸长率可达 50%，而铸铁却几乎为零，不适宜变形加工。塑性好的材料，由于能产生塑性变形而不至于发生突然断裂，因而比较安全，这就是大多数零件除要求材料的强度高外，还要求应具有一定塑性的缘故。

二、硬度指标

硬度是衡量材料软硬程度的一种性能指标，是指材料表面抵抗其他更硬物体压入的能力，表征材料在一个小体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形、断裂破坏的能力，是材料性能的一个综合物理量。

一般而言，材料的硬度越高，其耐磨性越好。故硬度值常作为衡量材料耐磨性的重要指标之一。

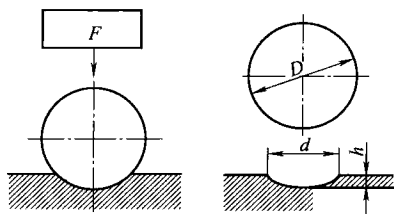


图 1-3 布氏硬度试验

常用的硬度有布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和肖氏硬度等。下面重点介绍布氏硬度和洛氏硬度。

1. 布氏硬度 HB

布氏硬度的试验原理如图 1-3 所示，它是在一定载荷作用下，将一定直径的压头压入材料表面，保持一定时间后卸荷。然后根据所用载荷的大小和所得压痕面积，算出压痕表面所承受的平均应力值。这个应力值就是布氏硬度值。

布氏硬度用符号 HB 表示：

$$HB = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-3)$$

式中， F 为载荷，N； A 为压痕面积， mm^2 ； D 为压头直径，mm； d 为压痕直径，mm。

布氏硬度的优点是测量时压痕较大，因此测量误差较小；可反映材料在较大范围内的平均性能，故准确度较高。此外还可以根据布氏硬度近似地估算金属材料的抗拉强度。其经验换算关系为： $\sigma_b = K \cdot HBS$ ，式中 K 为换算系数。常用低碳钢、高碳钢、调质合金钢和铸铁等的 K 值分别为 0.36、0.34、0.325、0.1。

布氏硬度试验的缺点是材料太硬会引起压头变形，故不能测 HB 值超过 450 的较硬材料；不宜测成品件和较薄材料的硬度；不能直接从仪器读得 HB 值等。

布氏硬度常用于测量退火、正火、调质钢件和铸铁及有色金属的硬度。

2. 洛氏硬度 HR

洛氏硬度的测量与布氏硬度类似，也是采用压入法。但是以测量卸载后压痕的深度来表征被测材料的软硬程度的。

洛氏硬度的试验原理如图 1-4 所示。它是以顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 $1/16\text{in}$ ($1\text{in}=2.54\text{cm}$) 的淬火钢球作为压头，先施加初载荷，然后再加主载荷，压入试样表面并保持一定时间后，卸除主载荷。在保留初载荷的情况下，根据试样表面的压痕深度 h 来确定被测材料的洛氏硬度值。洛氏硬度可从试验机上直接读出。

为了能用一种硬度计测定从软到硬的不同材料的硬度，可采用不同的压头和总载荷，共可组成 15 种洛氏硬度标尺，每一种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后面加以说明。我国常用的是 HRA、HRB、HRC 三种，其试验规范及适用范围见表 1-1。

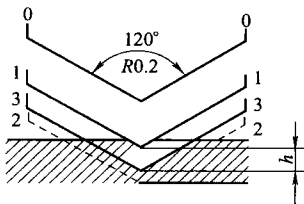


图 1-4 洛氏硬度试验

表 1-1 洛氏硬度测试规范

符号	压头	初载荷/N	主载荷/N	测量范围	应用范围
HRA	120°金刚石圆锥	98.1	490.3	60~85	硬质合金或表面处理过的零件等
HRB	1/16in 淬火钢球		882.6	25~100	退火钢、灰铸铁及有色金属等
HRC	120°金刚石圆锥		1373	20~67	淬火钢、调质钢等

需要指出的是，不同标尺的洛氏硬度值不能直接进行比较。在实际应用中，可通过经实验测定的换算表来进行相互比较。

洛氏硬度的优点是试验操作简便迅速，硬度值能从刻度盘直接读出；压痕较小，可直接检验成品零件及薄工件；测量的硬度范围大，可测极软到极硬的材料。

洛氏硬度的缺点是一次测量面积小，当材料内部组织不均匀时，测量值不够准确，因此实际测试时常在测试区域检测多点而取其平均值。洛氏硬度广泛应用于工厂热处理车间的质量检验。

三、韧性指标

冲击韧性指材料抵抗冲击载荷的性能，表征材料承受冲击载荷的能力。冲击韧性值常用材料在冲击力打击下遭到破坏时单位面积所吸收的功来表示。

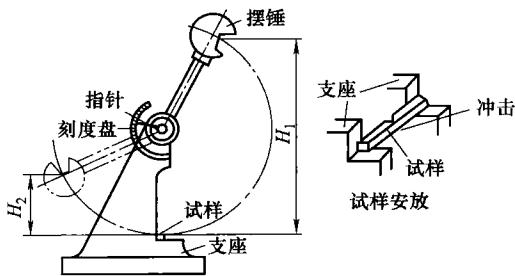


图 1-5 冲击实验原理

冲击韧性的测定在冲击试验机上进行。首先，将材料制成带有 U 形缺口的标准试样，试验时，把试样放在摆锤冲击试验机的支座上，使试样的缺口位于两支座中间，并背向摆锤的冲击方向。然后，让摆锤从一定高度 H_1 将试样冲断，由于惯性作用摆锤反向升到 H_2 高度（见图 1-5）。冲击初度值用下式计算：

$$\alpha_{kv} = \frac{W_{kv}}{A} \text{ (J/cm}^2\text{)} \tag{1-4}$$

式中， α_{kv} 为冲击韧度值， J/cm^2 ； W_{kv} 为冲

击吸收功, J ; A 为试样缺口处横截面积, cm^2 。

冲击韧性值随温度的降低而减小, 在某一温度范围时更会突然显著降低而呈现脆性。这个温度范围称为脆性转变温度范围。转化温度越低, 材料的低温冲击韧性越高。

同时, 冲击韧性值还与试样的尺寸、形状、表面粗糙度、内部组织等有关。且试验消耗的功并不一定全部被试样所吸收, 故 α_{kv} 值波动范围较大。

一次冲击试验测定的冲击韧性, 是判断材料在大能量冲击下的性能数据。而实际工作中的零件很多则是承受小能量多次冲击而破坏。对于承受多次冲击的零件, 如果冲击的能量低、冲击次数又较多时, 材料的多冲抗力主要取决于材料的强度; 如果冲击能量较高时, 材料的多冲抗力则主要取决于材料的冲击韧性。冲击韧性值一般只作为选择材料的参考。

四、疲劳强度

疲劳强度指的是被测材料抵抗交变载荷的性能, 表征材料承受交变载荷的能力。交变载荷就是大小或方向重复循环改变的负荷。

某些零件在工作时承受交变载荷, 其应力大小和方向是周期性变化的, 例如轴、齿轮、连杆等。这些承受交变载荷的零件在发生断裂时的应力远低于该材料的屈服极限, 这种现象叫做疲劳破坏。不论是韧性材料还是脆性材料, 疲劳破坏总是发生在多次的应力循环之后, 并且总是呈脆性断裂。据统计, 零件疲劳破坏占失效事例的 70% 以上, 因此, 疲劳破坏已引起人们极大的关注。

金属材料抗疲劳的能力用疲劳强度 σ_{-1} 来表示。疲劳强度是材料在无数次重复交变载荷的作用下不致引起断裂的最大应力, 但实际上不可能进行无数次试验, 一般是给各种材料规定一个应力循环基数, 达此基数应力循环仍不发生疲劳破坏时的最大应力定义为该材料的疲劳强度 σ_{-1} 。通常对钢来说, 基数 N 为 10^7 次, 而有色金属和超高强度钢, 其基数 N 为 10^8 次。

产生疲劳破坏的主要原因是材料夹杂、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷。这些缺陷导致微裂纹的产生, 这种微裂纹又随应力循环次数的增加而逐渐扩展, 使零件的有效截面不断减少, 最终承受不了所加载荷而突然断裂。

为了提高零件的疲劳强度, 除改善其形状结构、避免应力集中外, 还可以通过降低零件表面粗糙度以及对零件表面进行强化处理来达到, 如喷丸处理、表面淬火及化学热处理等。

第二节 碳 素 钢

碳素钢简称碳钢, 是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金, 碳钢的机械性能可以满足一般机械和工具的要求, 又有良好的工艺性能, 且冶炼方便, 价格便宜, 因而在机械制造中得到了广泛的应用。

实际使用的碳钢中, 除铁、碳等元素外, 还或多或少含有一些杂质, 如硅、锰、硫、磷等, 这些杂质对钢的性能和质量有很大的影响。

一、常存杂质元素对碳钢性能的影响

1. 硅、锰的影响

硅和锰具有很好的脱氧能力, 能还原钢中的氧化铁, 改善钢的质量。二者均能溶于铁素体, 使钢的强度和硬度增加; 锰还可以减少硫对钢的有害作用, 降低钢的脆性。

2. 硫的影响

硫是生铁和燃料中带入钢中的杂质。硫在钢中与铁化合成 FeS (熔点 $1190^\circ C$), FeS 与 Fe 再形成低熔点 ($985^\circ C$) 的共晶体, 分布在晶界上。当钢加热到 $1000 \sim 1200^\circ C$ 进行压力加工时, 由于分布在晶界上的低熔点共晶体已熔化, 晶粒间的结合力被破坏, 因而沿晶界发生破裂, 这种现象称为热脆性。因此钢中要严格控制含硫量, 一般控制在 $M_s < 0.5\%$ 。

3. 磷的影响

磷是由生铁带入钢中的杂质, 磷在钢中能全部溶于铁素体, 使钢的强度、硬度增加, 但塑性

和韧性显著降低，尤其在低温下更为严重。这种现象称为冷脆。

钢中的硫和磷是有害元素，应严格控制它们的含量。唯有在易切削钢中，适当地提高硫、磷的含量，增加脆性，有利于切削时形成断裂切屑，从而提高切削效率和延长刀具寿命。

二、碳素钢的分类

碳素钢的分类方法很多，常用的分类方法有以下几种。

1. 按钢的含碳量分类

- ① 低碳钢：含碳量小于 0.25%。
- ② 中碳钢：含碳量为 0.25%~0.6%。
- ③ 高碳钢：含碳量大于 0.6%。

2. 按钢的质量分类

根据钢中的有害杂质 S、P 含量的多少分类。

- ① 普通碳素钢：钢中的 S、P 含量分别不大于 0.055% 和 0.045%。
- ② 优质碳素钢：钢中的 S、P 含量分别不大于 0.045% 和 0.040%。
- ③ 高级优质碳素钢：钢中的 S、P 含量很低，分别不大于 0.03% 和 0.035%。

3. 按钢的用途分类

① 碳素结构钢：主要用于制造各种机械零件和工程结构件的碳钢，其含碳量一般小于 0.7%。

② 碳素工具钢：主要用于制造各种刀具、模具和量具的碳钢，其含碳量一般大于 0.7%。

在实际使用中，钢的分类命名往往是混合应用的。例如：结合质量和用途，可将钢命名为优质碳素结构钢、高级优质碳素工具钢等。

三、碳素结构钢

碳素结构钢主要用于制造机械零件和工程结构件，常用于制造如齿轮、轴、螺母、弹簧等的机械零件，用于制作如桥梁、船舶、建筑等工程的结构件。根据质量可分为碳素结构钢和优质碳素结构钢。

1. 碳素结构钢

这类钢的牌号由代号、屈服极限数值、质量等级符号、脱氧方法符号四个部分按顺序组成。如 Q 表示钢材屈服极限“屈”字汉语拼音首位字母，TZ 为特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母等。如 Q235A 表示屈服强度为 235MPa、质量为 A 级的碳素钢。

碳素结构钢的用途如表 1-2 所列。

表 1-2 碳素结构钢的用途

牌号	用 途 举 例
Q195 Q215A Q215B	用来制造薄板、低碳钢丝、焊接钢管、钢钉、钢丝网、炉撑、烟囱、屋面板、地脚螺栓、铆钉等
Q235A	由于价格低廉，又具有良好的强度、塑性、焊接性、切削加工性等，应用广泛，常用来制造薄板、钢筋、钢结构用各种型条钢、中厚板、铆钉，某些机械零件，常用化工容器外壳、法兰、机车车辆
Q255A	用来制造钢结构用的各种型条钢和钢板，但使用面不如 Q235A 钢广泛；也用于制造各种机械零件

2. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢中有害杂质 S、P 含量极少，出厂时既保证化学成分，又保证力学性能，这类钢大多数用于制造机械零件，可以进行热处理以提高其力学性能。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字（表示钢中的平均含碳量的万分之几）表示，如 45 钢，表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。08 钢，表示平均含碳量为 0.08% 的优质碳素结构钢。

优质碳素结构钢根据钢中的含锰量不同，分为普通含锰量钢（ $w_{\text{Mn}} < 0.8\%$ ）和较高含锰量钢（ $w_{\text{Mn}} = 0.7\% \sim 1.2\%$ ）两组。较高含锰量在钢号后面标出元素符号“Mn”或汉字“锰”。如 40Mn 或 40 锰。若为沸腾钢在钢号后面加“F”或“沸”，如 08F 或 08 沸。05F、08F 钢的含碳量很低，硅、锰含量也很低，塑性好，一般轧制成薄钢板或带钢供应，主要用来制造冷冲压零件。

15、20 钢主要用于渗碳件，经渗碳热处理后，使工件表面有高硬度、高耐磨性，而心部仍保持很高的韧性。用于承受冲击载荷及易磨损条件下工作的零件，也用于冷变形零件和焊接件。

30~35 钢属中碳钢，经调质热处理后，有良好的综合力学性能，主要用于受力零件，如轴类、连杆等，也可经表面淬火处理，提高其表面硬度和耐磨性，如齿轮类零件等。

60 钢以上的属于高碳钢，其强度、硬度较高，主要用于制造强度高、弹性好的零件，如弹簧、板簧等。

四、碳素工具钢

碳素工具钢是用于制造刀具、模具、量具及其他工具的钢，因大多数工具都要求高硬度和高耐磨性，故碳素工具钢的含碳量都大于 0.7%，而且都是优质或高级优质钢。

碳素工具钢的牌号在汉语拼音字母“T”或汉字“碳”后面加上数字表示，数字表示钢中平均含碳量的千分之几，如 T8 钢或碳 8 钢，表示平均含碳量为 $w_c = 0.8\%$ 的碳素工具钢，若为高级优质钢，则在钢后面再加字母“A”或汉字“高”，如 T12A（或碳 12 高），表示平均含碳量为 $w_c = 1.2\%$ 的高级优质碳素工具钢。

各种牌号的碳素工具钢淬火后的硬度相差不大，但随着含碳量的增加，未溶的二次渗碳体增多，钢的耐磨性增加，而韧性降低。因此，不同牌号的工具钢在用途上有所区别，如 T7、T8 钢，一般用于承受冲击的工具，如锄头、冲头、凿子等。T9、T10、T11 用于承受中等冲击的工具，如手工锯条、丝锥、板牙等。T12、T13 用于不受冲击而要求高硬度、高耐磨性的工具，如锉刀、刮刀、钻头等。

五、铸钢

铸钢一般用于制造形状复杂、力学性能要求较高的零件。由于零件的形状复杂，很难用锻造方法生产或力学加工成形，又由于力学性能要求较高，故不能用铸铁制造。铸钢广泛地用于制造重型机械的某些零件，如轧钢机机架、水压机横梁、锻锤砧座等，但由于铸钢的铸造性能不佳，炼钢设备昂贵，故近来有以球墨铸铁代替铸钢的趋势。

铸钢的碳含量一般在 $w_c = 0.20\% \sim 0.60\%$ 之间，若碳的含量过高，则钢的塑性差，且铸造时易产生裂纹。工程用铸钢牌号的表示是在数字前冠以“ZL”（“铸钢”的汉语拼音前缀），数字表示其力学性能指标。第一组数字代表屈服强度值，第二组数字代表抗拉强度值。例如 ZG200-400 表示 σ_s （或 $\sigma_{0.2}$ ）为 200MPa、 σ_b 为 400MPa 的铸钢。

铸钢的牌号和应用见表 1-3。

表 1-3 铸钢的牌号和应用

牌 号	应 用 举 例
ZG200-400	用于受力不大，要求韧性的各种机械零件，如机座、变速箱壳等
ZG230-450	同上，如砧座、外壳、轴承盖、底板、阀体等
ZG270-500	用作轧钢机机架、轴承座、连杆、箱体、曲轴、缸体、飞轮、蒸汽锤等
ZG310-570	用于载荷较高的零件，如大齿轮、缸体、制动轮、辊子等
ZG340-640	用作起重运输机中的齿轮、联轴器及重要的机件