

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会 编  
中国环境保护产业协会

第四版

# 注册环保工程师 专业考试复习教材

物理污染控制工程技术与实践

中国环境出版社

# 注册环保工程师 专业考试复习教材

(第四版)

物理污染控制工程技术与实践

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会  
中国环境保护产业协会

编

中国环境出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

注册环保工程师专业考试复习教材. 物理污染控制工程技术与实践/全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会, 中国环境保护产业协会编. —北京: 中国环境出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5111-2895-9

I. ①注… II. ①全… ②中… III. ①环境物理学—资格考试—自学参考资料 IV. ①X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 190475 号

出版人 王新程  
策划编辑 沈建 葛莉  
责任编辑 葛莉 郑中海 宾银平  
责任校对 尹芳  
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社  
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
电子邮箱: [bjgl@cesp.com.cn](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67113412 (教材图书出版中心)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司  
经 销 各地新华书店  
版 次 2017 年 3 月第 1 版  
印 次 2017 年 3 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 39  
字 数 930 千字  
定 价 120.00 元



【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

# 注册环保工程师专业考试复习教材

## 编委会

主 任 樊元生

副 主 任 易 斌

常务编委 郝吉明 左剑恶 朱天乐 蒋建国 李国鼎 李志远  
余占清 姜 亢 邹 军 燕中凯 刘 媛

编 委 (按姓氏笔画排列)

马 金 井 鹏 方庆川 王玉珏 王敬民 司传海  
田贺忠 任重培 刘 君 刘海威 孙 也 何金良  
吴 静 张 纯 李 伟 李 彭 李兴华 李国文  
纳宏波 邱 勇 邹 军 陈 超 陈德喜 周 律  
孟宝峰 尚光旭 罗钦平 姜 亢 胡小吐 席劲瑛  
郭祥信 彭 溶 彭孝容 翟力新 樊 星

# 《物理污染控制工程技术与实践》分册

## 编写组

主 编 李志远 余占清

主 审 姜 亢 邹 军

编 写 (按姓氏笔画排列)

方庆川 司传海 李 伟 邹 军 何金良

罗钦平 姜 亢

# 前 言

环境工程作为一门以环境科学为基础、以工程技术为主导的解决复杂环境问题的工程学科，具有起步晚、发展较快、多学科相互渗透、技术工艺复杂等特点，主要包括水污染防治、大气污染防治、固体废物处理处置、物理污染控制、污染修复等工程技术领域。环保工程师的主要职责就是要在从事环境工程设计、咨询等活动中，通过环境工程措施来削减污染物排放，使其稳定达到国家或地方环境法规、标准规定的污染物排放限值，其从业范围包括环境工程设计、技术咨询、设备招标和采购咨询、项目管理、施工指导及污染治理设施运行管理等各类环境工程服务活动。环保工程师作为环境工程设计、工程咨询服务的主要力量，应具有一定的理论知识、扎实的专业技能、丰富的实际工程经验和良好的职业道德，并能准确理解、正确应用各类环境法规、标准和政策，综合解决各类复杂环境问题。

为加强对环境工程设计相关专业技术人员的管理，提高环境工程设计技术人员综合素质和业务水平，保证环境工程质量，维护社会公共利益和人民生命财产安全，2005年9月1日起国家实施了注册环保工程师执业资格制度，并开始实行注册环保工程师资格考试。注册环保工程师资格考试实行全国统一大纲、统一考试制度，分为基础考试和专业考试，2007年至今，已成功组织了9次考试。

根据新修订的《勘察设计注册环保工程师执业资格专业考试大纲》（2014年版）要求，全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会秘书处和中国环境保护产业协会组织环境工程领域的资深专家重新编写了“注册环保工程师专业考试复习教材”系列丛书，供环境工程专业技术人员参加注册环保工程师资格专业考试复习使用。同时，也供从事环境工程设计、咨询、项目管理等方面的环境工程专业技术人员，以及高等院校环境工程专业的师生在实际工作、教学、学习中参考使用。

本复习教材以《勘察设计注册环保工程师执业资格专业考试大纲》（2014年版）为依据，内容力求体现专业考试大纲对以下三个层次知识和技能的要求：

- (1) 了解：是指注册环保工程师应知的与环境工程设计密切相关的知识和技能。
- (2) 熟悉：是指注册环保工程师开展执业活动必须熟悉的知识和技能。
- (3) 掌握：是指注册环保工程师必须掌握，并能够熟练地运用于工程实践的知识和必备技能。

根据注册环保工程师执业资格专业考试和环境工程专业的特点，本复习教材内容以注册环保工程师应熟悉和掌握的具有共性的专业理论知识、环境工程实际技能为重点，既不同于普通教科书，也不同于一般理论专著，力求达到科学性、系统性与实用性的统一。为保证知识的系统性，本复习教材部分章节的编排并非与大纲一一对应，但其基本涵盖了大纲要求的全部内容。

本复习教材丛书共分五个分册：《水污染防治工程技术与实践》《大气污染防治工程技术与实践》《固体废物处理处置工程技术与实践》《物理污染控制工程技术与实践》《综合类法规和标准》。

参加本复习教材编写的单位近 20 个。其中，《水污染防治工程技术与实践》分册由清华大学环境学院编写；《大气污染防治工程技术与实践》分册由北京航空航天大学环境科学与工程系、福建龙净环保股份有限公司、中国恩菲工程技术有限公司、北京纬纶华业环保科技股份有限公司、广东佳德环保科技有限公司、北京国能中电节能环保技术股份有限公司、北京师范大学、北京科技大学、北京工业大学编写；《固体废物处理处置工程技术与实践》分册由清华大学环境学院、中国城市建设研究院、中国恩菲工程技术有限公司编写；《物理污染控制工程技术与实践》分册由合肥工业大学机械与汽车工程学院、清华大学电机工程与应用电子技术系、首都经济贸易大学安全与环境工程学院、深圳中雅机电实业有限公司、广东启源建筑工程设计院有限公司编写。

本复习教材的编写在全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会专家组的指导下完成，编写过程中得到了编写人员所在单位的大力支持，并参考了我国现行的环境工程高等教育的推荐教材和环境工程手册、专著等，在此表示诚挚的谢意。

本复习教材编写历时两年，不少内容几易其稿，凝聚了全体编写人员的心血。但由于环境工程技术涉及面广，本复习教材又是新考试大纲颁布实施后的重新编写，难免有差错之处，敬请广大读者批评指正，以期在本教材再版时补充和修正。

编 者  
2016 年 8 月

# 目 录

## 第 1 篇 噪声与振动污染控制工程基础

第 1 章 噪声与振动的计量和评价 .....	3
第 1 节 噪声和振动的基本概念 .....	3
第 2 节 噪声的计量和评价 .....	10
第 2 章 声源及其特性 .....	28
第 1 节 机械噪声源 .....	28
第 2 节 空气动力性噪声源 .....	29
第 3 节 电磁噪声源 .....	31
第 4 节 点声源、线声源、面声源 .....	32
第 3 章 声波的传播和衰减 .....	34
第 1 节 声波在空气中的传播和衰减 .....	34
第 2 节 声波的吸收、反射、干涉及衍射 .....	43
第 4 章 噪声和振动的测量分析 .....	48
第 1 节 基本测量仪器简介 .....	48
第 2 节 噪声测量 .....	55
第 3 节 振动测量 .....	60
第 5 章 噪声污染防治工程原理 .....	63
第 1 节 吸声降噪 .....	63
第 2 节 隔声降噪 .....	70
第 3 节 消声降噪 .....	76
第 6 章 振动污染防治工程原理 .....	82
第 1 节 振动隔离的基本原理 .....	82
第 2 节 阻尼减振的基本原理 .....	88

## 第 2 篇 噪声与振动污染控制工程实践

第 7 章 吸声降噪工程 .....	95
第 1 节 多孔吸声材料 .....	95
第 2 节 共振吸声结构 .....	101
第 3 节 吸声降噪 .....	109
第 8 章 隔声降噪工程 .....	116
第 1 节 单层壁的隔声 .....	116
第 2 节 双层壁的隔声 .....	122



第3节	多层复合结构的隔声	125
第4节	管道隔声	128
第5节	组合间壁的隔声及孔、缝隙对隔声的影响	130
第6节	隔声设计的基本模型	133
第7节	隔声罩的设计和应用	135
第8节	隔声间的设计和应用	138
第9节	隔声窗	139
第10节	声屏障	142
<b>第9章</b>	<b>消声降噪工程</b>	<b>147</b>
第1节	阻性消声器	147
第2节	扩张室消声器	154
第3节	共振腔式消声器	162
第4节	阻抗复合式消声器	166
第5节	微穿孔板消声器	167
第6节	高压排气消声器	168
第7节	干涉型消声器和有源消声器	172
<b>第10章</b>	<b>隔振工程</b>	<b>175</b>
第1节	常用隔振器的分类	175
第2节	隔振应用技术	182
第3节	阻尼材料的性能及应用技术	189
<b>第11章</b>	<b>噪声和振动控制系统设计</b>	<b>195</b>
第1节	噪声控制的基本方法	195
第2节	噪声控制的基本程序	201
<b>第12章</b>	<b>噪声和振动控制工程实例</b>	<b>205</b>
第1节	某公司齿轮箱试验车间降噪设计	205
第2节	某住宅区空气源热泵机组消声降噪技术	211
第3节	某办公楼冷热机房噪声与振动控制	217
第4节	中山市房地产交易登记管理所办证大厅降噪工程	221
第5节	某汽车试车场环境噪声治理工程	225

### 第3篇 电磁污染控制工程基础

<b>第13章</b>	<b>主要电磁污染源及其特性</b>	<b>233</b>
第1节	电磁场基本原理	233
第2节	电磁耦合途径	255
第3节	大环境中的电磁污染	259
第4节	电磁污染的主要危害	264
<b>第14章</b>	<b>电磁污染防治基本方法</b>	<b>268</b>
第1节	场强测量方法	268
第2节	电磁环境管理法规	277

第 3 节 电磁环境影响评价标准 .....	278
第 4 节 电磁污染防治基本方法 .....	286

## 附 件

### 一、环境质量标准

GB 3096—2008 声环境质量标准 .....	301
GB 8702—2014 电磁环境控制限值 .....	311
GB 9660—88 机场周围飞机噪声环境标准 .....	316
GB 10070—88 城市区域环境振动标准 .....	318

### 二、污染物排放（控制）标准

GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准 .....	321
GB 12523—2011 建筑施工场界环境噪声排放标准 .....	327
GB 12525—90 铁路边界噪声限值及其测量方法 .....	331
GB 15707—1995 高压交流架空送电线无线电干扰限值 .....	335
GB 22337—2008 社会生活环境噪声排放标准 .....	340

### 三、环境工程相关技术（设计）规范

GB 10071—1988 城市区域环境振动测量方法 .....	346
GB 15190—2014 声环境功能区划分技术规范 .....	351
GB 50118—2010 民用建筑隔声设计规范 .....	356
GB 50463—2008 隔振设计规范 .....	378
GB 50909—2014 城市轨道交通结构抗震设计规范 .....	430
GB/T 50087—2013 工业企业噪声控制设计规范 .....	497
GB/T 50121—2005 建筑隔声评价标准 .....	511
HJ 2034—2013 环境噪声与振动控制工程技术导则 .....	529
HJ/T 90—2004 声屏障声学设计和测量规范 .....	548
HJ 24—2014 环境影响评价技术导则 输变电工程 .....	571

### 四、法律法规

中华人民共和国环境噪声污染防治法 （中华人民共和国主席令 第七十七号） .....	602
--	-----

### 五、技术政策

地面交通噪声污染防治技术政策（环发[2010]7号） .....	610
----------------------------------	-----

# 第 1 篇

## 噪声与振动污染控制工程基础



# 第1章 噪声与振动的计量和评价

## 第1节 噪声和振动的基本概念

人类生存离不开声音。声音在人们的生活、工作中起着非常重要的作用。有了声音，人们能进行语言交流、开展各种形式的工作，从事一切社会活动。声音的形式多种多样，歌唱演员优美动听的歌声、海水轻拍沙滩的潮水声、建筑工地机械的轰鸣声、人潮涌动的商场里嘈杂的吵闹声等，都是声音的具体表现形式。振动则是声音的来源。

噪声是声音的一种，判断一个声音是否属于噪声，主观因素往往起决定性的作用。同一个人对同一声音，在不同的时间、地点等条件下，常会作出不同的主观判断。生理学将对人体有害或人们不需要的声音称为噪声。物理学将和谐的声音叫做乐音，将不和谐的声音称为噪声。噪声是各种不同频率和不同强度声音无规则的杂乱组合，它通常给人以烦躁的感觉；与乐音相比，物理意义的噪声的波形曲线通常是无规则的。

### 1. 声源

声音的形式多种多样，但有一个共同的特点，就是所有的声音都源于物体的振动。如讲话声源于声带的振动，扬声器发声源于纸盆的振动，悠扬的琴声源于琴弦的振动等。凡是能发出声音的振动体，都可称为声源。声音是由于声源的振动而产生的。声源可以是固态物，也可以是液体或气体。敲击鼓面听到鼓声，就是鼓面剧烈振动的结果；海面汹涌的波涛声，是海水碰撞、摩擦的结果；高压容器排气放空时令人烦恼的声音，则是高速气流与周围静止的空气剧烈地撞击和摩擦的结果。

### 2. 声波

物体在弹性介质中的机械振动可引起介质密度的改变，这种介质密度变化由近及远的传播过程即为声波。声波的产生可用图 1-1 声波传播的物理过程来说明。图中 A、B、C、D 表示连续的弹性介质（如空气）被划分成的一个个小体积元，其间存在着弹性作用。这样，介质相当于相互耦合的（质量—弹簧）的链状系统。设想由于某一声源的振动在弹性介质的某局部区域激起了一个扰动，使该区域的介质 A 离开平衡位置，开始向 B 运动，并压缩 B 部分介质。由于介质具有弹性，被压缩的 B 产生一个反抗压缩的力，这个力作用于介质 A，并使 A 向着原平衡位置方向运动。由于 A 具有质量，故具有惯性，当 A 运动到平衡位置时，因惯性而使 A 经过平衡位置继续向另一侧运动，以致又压缩另一侧的相邻介质。该相邻介质，也会产生一个反抗压缩的力，使 A 又返回平衡位置。可见，由于介质的弹性和惯性作用，使这个最初得到扰动的介质体积元 A，在平衡位置附近往复摆动。同样的原因，被 A 推动的介质体积元 B，以致更远的 C、D 等，也都在平衡位置附近振动起来，只是依次滞后一些时间。介质质点的这种机械振动，由近及远地传播开去，就产生了声波。当其传入人耳迫使耳膜做相应的振动时，便使我们感觉到了声音的存在。由此可见，

声波产生的根源是物体的机械振动，弹性媒质的存在是声波传播的必要条件。

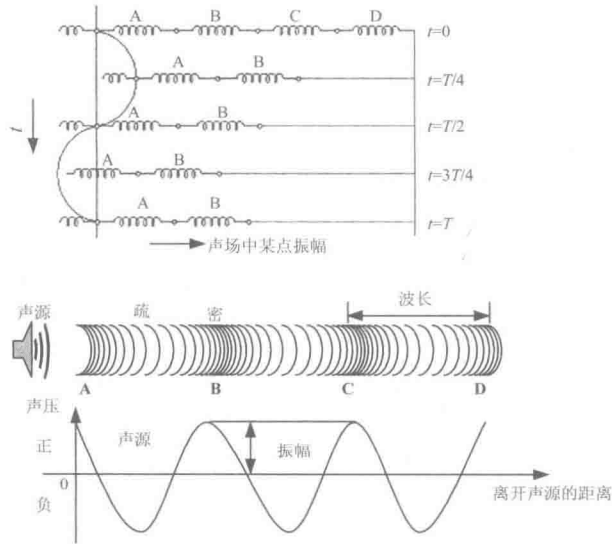


图 1-1 声波传播的物理过程（声场中某瞬时）

声波是一种机械波，在媒质中可向四面八方传播。而媒质的质点本身并不随声波一起传播开去，它只在其平衡位置附近做往复振动，所以声音的传播指的是物体振动的传播过程，即传播出去的是媒质的运动能量而不是媒质的本身。可见，声音是物质的一种运动形式，这种形式称为波动。

传播声波的弹性媒质可以是气体、液体或固体，声波在真空中无法传播。噪声通常讨论的是在空气中传播的声波。

声波根据媒质质点振动方向与波动传播方向的关系，可分为横波和纵波两类。媒质质点振动的方向和波的传播方向相垂直的波，称为横波；媒质质点的振动方向和波的传播方向相一致的波，称为纵波。空气中传播的声波为纵波。

### 3. 声场

凡有声波存在的媒质区域，称为声场。声场又可以分为自由声场、混响声场、扩散声场、远场及近场等。

自由声场通常是指无反射声存在的声场，也表示那些在各向同性的均匀媒质中界面的影响可以忽略的声场，或者做了强吸声的消声室内的声场等。

在有限大的建筑围护结构，例如大型厅堂或车间内，各壁面存在多次强反射所形成的、以反射声为主的声场，称为混响声场。

声能密度分布均匀，反射的传播方向为无规律分布的声场，称为扩散声场。混响声越强烈的声场越接近扩散声场。

远场是指声源向自由场辐射时，声源附近声压和媒质瞬时质点速度相位一致的声场。在近场中，到声源的距离每增加一倍，声压降低至一半。

远场之内的区域为近场。近场内媒质瞬时质点速度与声压的相位不相同。

### 4. 频率

声波的频率是单位时间（1 s）内媒质质点振动的次数，用  $f$  来表示，单位为 Hz。

质点振动每往复一次所需的时间称为周期,用  $T$  来表示,单位为  $s$ 。频率  $f$  和周期  $T$  的关系如式 (1-1) 所示:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-1)$$

频率  $1 \text{ Hz}$  表示  $1 \text{ s}$  内媒质质点做  $1$  次振动。每秒钟振动的次数越多,其频率就越高,人耳听到的声音就越尖,或者说音调就越高;反之,每秒钟振动次数越少,听到的声音就越低沉,即音调就越低,音调的高低主要是由声源振动的频率决定的。

声学研究的频率范围很宽,目前至少是  $10^{-4} \sim 10^{14} \text{ Hz}$ ,可按频率范围的不同将其划分为几类。频段的划分见表 1-1。

人耳可以听到的声音的频率范围,通常是从  $20 \text{ Hz}$  到  $20\,000 \text{ Hz}$ ,这个频率范围的声音叫可听声。频率低于  $20 \text{ Hz}$  的叫次声,频率高于  $20\,000 \text{ Hz}$  的属于超声范围,它们作用到人听觉器官但不能引起声音感觉,所以人听不到。噪声控制所研究的是可听声,通常粗略地把声波的频率分为 3 个频段:  $300 \text{ Hz}$  以下为低频声,  $300 \sim 1\,000 \text{ Hz}$  为中频声,  $1\,000 \text{ Hz}$  以上的为高频声。

表 1-1 频段的划分

频段名称	频率范围/Hz
次声	$10^{-4} \sim 20$
可听声	$20 \sim 2 \times 10^4$
超声	$2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^8$
特超声	$5 \times 10^8 \sim 10^{12}$

## 5. 波长

声源的振动在弹性媒质中以波的形式传播出去,在声波的传播方向上,相邻两波峰(或相邻的两波谷)之间的距离称为波长。波长也可以描述为质点的振动经过一个周期声波传播开去的距离,通常用  $\lambda$  表示,单位为  $\text{m}$ 。

## 6. 声速

声音在媒质中传播的速度称为声速,常用符号  $c$  来表示,单位为  $\text{m/s}$ 。

声速是介质温度的函数。声波在空气中传播时,温度每升高  $1^\circ\text{C}$ ,声速约增加  $0.6 \text{ m/s}$ 。空气中声速受空气湿度的影响,水蒸气分压每上升  $133 \text{ Pa}$ ,声速大约增加  $0.000\,21 \text{ m/s}$ 。声速还随大气压强的增加而增加,  $25 \text{ atm}$  (标准大气压,  $1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$ ) 时声速比  $1 \text{ atm}$  时的声速增加  $0.8\%$ ,  $50 \text{ atm}$  时增加  $2.2\%$ ,  $100 \text{ atm}$  时增加  $6.4\%$ 。声速和媒质的种类有关,不同媒质中的声速是不同的。如  $21.1^\circ\text{C}$  时声音在空气中的传播速度约  $344 \text{ m/s}$ ,在水中的传播速度是  $1\,483 \text{ m/s}$ ,在混凝土中的传播速度是  $3\,048 \text{ m/s}$ 。

常见气体常温下的声速见表 1-2,常见液体常温下的声速见表 1-3。

声速  $c$  是声波振动在媒质中的传播速度,即振动能量的传递速度,媒质本身始终只在原来的平衡位置附近做往复运动。声速与媒质质点自身的振动速度不是一个概念,即一般来说,  $c \neq v$  ( $c$  为声速,  $v$  为媒质质点的振动速度)。

声波的波长  $\lambda$ 、频率  $f$ 、周期  $T$  与声速  $c$  之间的关系如式 (1-2) 所示:

$$c=\lambda f \quad \text{或} \quad c=\frac{\lambda}{T} \quad (1-2)$$

这两个关系对于任何波都适用。例如在常温下空气中的声速为 344 m/s, 水中的声速为 1 483 m/s, 因此频率为 500 Hz 的声波在空气中和水中的波长分别为:

在空气中的波长:  $\lambda=344 \div 500=0.688$  (m)

在水中的波长:  $\lambda=1\,483 \div 500=2.966$  (m)

可见, 同一频率的声波, 在水中的波长比在空气中的波长要长得多; 在相同的媒质中, 高频声声波要比低频声声波的波长短。

表 1-2 常用气体常温下的声速

气体名称	温度/°C	声速/(m/s)
空气	0	331.6
氧气	20	326.5
氮气	20	349.0
氢气	20	1 307.6
二氧化碳	20	274.6
一氧化碳	18	348.9
水蒸气	27	432
氯气	18	215
氨气	18	428
甲烷	25	448
乙炔	25	341

表 1-3 常用液体常温下的声速

液体名称	温度/°C	密度/( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	声速/(m/s)
水	20	0.998 23	1 483
甲醇	20	0.791 3	1 121
乙醇	20	0.789 3	1 168
甘油	20	1.261 3	1 923
水银	20	13.595 5	1 451
花生油	20	0.911	1 472
柴油	20	0.840 6	1 385

## 7. 声压

当空气未受到扰动时, 空气质点处于无规则的运动状态, 此时可认为所有质点的平均位移为零, 各处质点的压强可被认为恒定, 就等于大气静压强  $P_0$ 。当空气受到扰动时, 空气压强就在大气压强  $P_0$  附近做迅速起伏变化的波动, 并改变为  $P$ , 这样, 将声扰动产生的逾量压强  $p=P-P_0$  称为声压。

声音在传播过程中, 同一时刻、不同体积元内的压强  $P$  各不同, 对于同一体积元, 其压强  $P$  又随时间的变化而变化, 故声压  $p$  一般是时间和空间的函数, 即:

$$p=f(x, y, z, t) \quad (1-3)$$



声压又分为瞬时声压和有效声压。声场中某空间点的声压  $p$  随时间  $t$  的变化称为瞬时声压。声音传入人耳时, 鼓膜的惯性作用使人耳无法辨认声压的起伏, 人们听到的声音并不是瞬时声压值作用的结果, 而是有效声压在起作用。一定时间间隔内瞬时声压对时间的均方根值称为有效声压, 其数学表达式为:

$$p_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad (1-4)$$

式中:  $p_e$ ——有效声压, Pa;

$p(t)$ ——瞬时声压, Pa;

$T$ ——平均时间间隔, 可以是一个周期或比周期大得多的时间间隔。

使用声学仪器测得的声压为有效声压。人们习惯上指的声压, 也往往是指有效声压。声压的大小反映了声波的强弱, 是描述声波的基本物理量。

声压的单位是帕 (Pa),  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。有时也用微巴 ( $\mu\text{bar}$ ) 作为声压的单位,  $1 \mu\text{bar} = 0.1 \text{ Pa}$ 。

人耳对频率为  $1000 \text{ Hz}$  的声音的可听阈 (即人耳刚刚能察觉到声音的存在) 约为  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ; 微风吹动树叶的声音约为  $2 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ; 普通谈话声约为  $2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ ; 刚能使人耳产生疼痛感觉的声压 (痛阈声压) 约为  $20 \text{ Pa}$ 。

## 8. 频带

可听声的频率为  $20 \sim 20000 \text{ Hz}$ , 高低相差达  $1000$  倍, 为了方便起见, 通常把宽广的声音频率变化范围划分为若干较小的段落, 叫作频带, 又称为频程。任一频带都有它的上限频率  $f_2$ 、下限频率  $f_1$  (这两个频率又称截止频率) 和中心频率  $f_m$ , 上、下限频率之间的频率范围称为频带宽度, 又称带宽。

在实际应用中, 两个不同频率的声音相互比较时, 起作用的不是它们的差值, 而是两个频率的比值。噪声控制领域对频率作比较的概念称倍频带, 又称倍频程。如果两个频率相差一倍, 称这两个频率之间相差一个倍频带, 即这两个频率之比为  $2^1$ , 或  $f_2 = 2f_1$ , 相差 3 个倍频带意味着两个频率之比为  $2^3$ , 依此类推, 相差  $n$  个倍频带就意味着两个频率之比为  $2^n$ 。上限频率值  $f_2$ 、下限频率值  $f_1$  和  $n$  有如下关系:

$$f_2 = 2^n f_1 \quad (1-5)$$

$$\text{或} \quad n = \log_2 \left( \frac{f_2}{f_1} \right) \quad (1-6)$$

式中:  $n$ ——倍频带的系数, 可以是分数或整数, 一般  $n$  越小, 频带分得越细。

频带的中心频率  $f_m$  是上、下限频率的几何平均值, 即:

$$f_m = \sqrt{f_2 \cdot f_1} \quad (1-7)$$

在噪声测量中, 通用的倍频带有  $n=1$  时的 1 倍频带, 简称倍频带; 有  $n=1/2$  时的  $1/2$  倍频带; 有  $n=1/3$  时的  $1/3$  倍频带等。其上限频率值  $f_2$ 、下限频率值  $f_1$  和中心频率值  $f_m$  值分别见表 1-4。