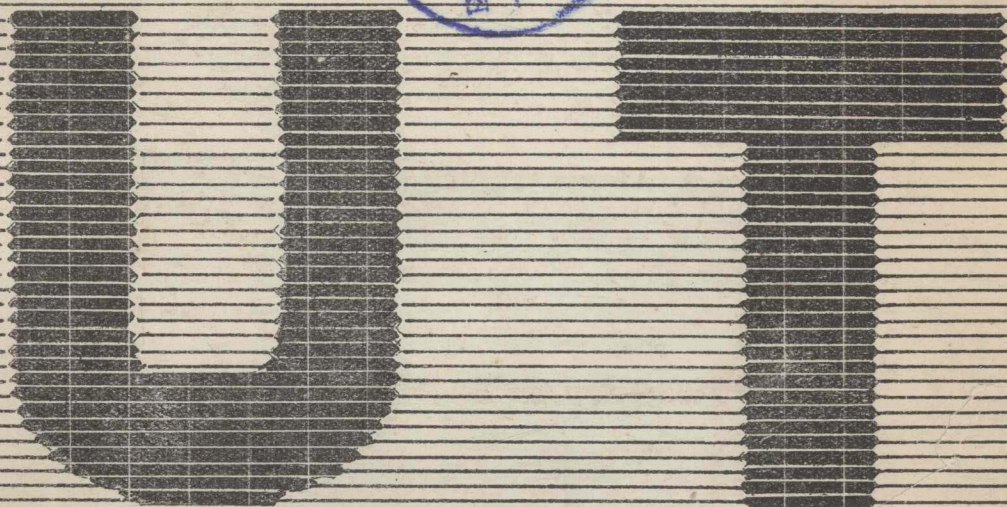


超声检测学

蒋危平

方京等



武汉测绘科技大学出版社

97.5.15

超 声 检 测 学

蒋危平 方 京 编著

武汉测绘科技大学出版社

97.5.15

超 声 检 测 学
蒋危平 方 京 编著
责任编辑：张本莲

•
武汉测绘科技大学出版社出版发行
武汉工学院印刷厂印刷

•
开本：787×1092mm 1/16 16.5印张 426千字
1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷
印数：0001-5080
ISBN 7-81030-113-6/T·22 定价：5.10元

前 言

关于超声检测方面的著作,无论品类和数量,国内已经不少了。但适用于专科生、本科生、研究生和高级工程人员的教科书,只能历史的由院校人员来完成编写使命。为此,我们编写了这本《超声检测学》。

按教科书要求和教学规律,本书注意了理论上的系统性,概念上的严密性,取材上的先进性。贯彻了理论联系实际的原则。在以金属材料 and 零件探伤为主的同时,也介绍了超声检测技术在非金属材料、复合材料、工业测量技术和医疗上的应用,旨在拓宽学生的知识面。根据我院为汽车行业服务的方向,也适当介绍了超声检测技术在典型汽车零部件上的应用。在关于具体对象的探伤技术和方法上,鉴于国内各行业的Ⅰ级人员教材颇多,不是本书的重点。

本书用于本科生的教学,拟安排60学时左右为宜。

本书的编写分工是:第一、二章和第十二章的第二节,由蒋危平同志执笔;第三、七、八、九章和第十章第一节由方京同志执笔;第四、五、六章由刘祖林同志执笔,第十章第二~四节、第十一章和第十二章第一节,由王春麟同志执笔。全书由蒋危平和方京同志作学术和技术审定,并由方京同志作文字上的统稿。全部插图由彭光俊同志描绘。刘建潮同志协助翻译了部分资料。

鉴于编者水平和时间所限,缺点错误在所难免。恳请读者和同行赐教,不胜感激。

本书在编写和出版过程中,获得了湖北·武汉无损检测学会、中科院武汉物理所科声公司、武汉工学院涡流检测研究室的支持。一并表示衷心感谢。

本书常用符号名称对照表

符 号	名 称	单 位			
		国 际 制		常 用	
		名 称	代 号	名 称	代 号
A	1. 振幅	米	m	毫 米	mm
	2. 面积	米 ²	m ²	毫 米 ²	mm ²
	3. 归一化声程(距离)				
A_b	底面归一化声程				
A_f	缺陷归一化声程				
A_i	基准归一化声程				
a	1. 加速度	米/秒 ²	m/s ²	毫 米/秒 ²	mm/s ²
	2. 纵波声程	米	m	毫 米	mm
	3. 距离、物距	米	m	毫 米	mm
a_b	底面声程	米	m	毫 米	mm
a_f	缺陷声程	米	m	毫 米	mm
a_i	基准声程	米	m	毫 米	mm
B	1. 宽度	米	m	毫 米	mm
	2. 底缺代号				
b	距离、像距	米	m	毫 米	mm
C	1. 电容	法	F	微 法	μF
	2. 曲率补偿量	分 贝	dB	分 贝	dB
	3. 系数				
C_s	换能器静态电容	法	F	微 法	μF
c	声速	米/秒	m/s	米/秒	m/s
c_l	纵波声速	米/秒	m/s	米/秒	m/s
c_p	板波声速	米/秒	m/s	米/秒	m/s
c_s	表面波声速	米/秒	m/s	米/秒	m/s
c_t	横波声速	米/秒	m/s	米/秒	m/s
D	1. 直径	米	m	毫 米	mm
	2. 声压透射率			百分比	%
	3. 电位移	库/米 ²	C/m ²	库/米 ²	C/m ²
D_s	指向系数				
D_f	缺陷当量直径	米	m	毫 米	mm
D_s	晶片直径	米	m	毫 米	mm
d	1. 直径	米	m	毫 米	mm
	2. 缺陷深度	米	m	毫 米	mm
	3. 压电应变常数	米/伏	m/V	米/伏	m/V
	4. 声强透射率			百分比	%
d'	缺陷标称深度	米	m	毫 米	mm
E	1. 电场强度	伏/米	V/m	伏/毫米	V/mm

续上表

e	2. 能量密度 3. 杨氏弹性模量 1. 压电应力常数 2. 自然对数的底	焦/米 ³ 帕斯卡 牛顿/伏·米	J/m ³ $P_a = 1 \text{ N/m}^2$ N/V·m	焦/米 ³ 兆 帕 牛顿/伏·米	J/m ³ $MP_a = 10^6 \text{ Pa}$ N/V·m
F	1. 力 2. 面积 3. 缺陷波代号 4. 系数	牛 顿 米 ²	N m ²	牛 顿 毫米 ²	N mm ²
F_t	缺陷面积	米 ²	m ²	毫米 ²	mm ²
F_s	晶片面积	米 ²	m ²	毫米 ²	mm ²
f	1. 频率 2. 焦距	赫 兹 米	Hz m	兆赫兹 毫 米	MHz mm
f_r	谐振频率	赫 兹	Hz	兆赫兹	MHz
f_0	自由频率、共振频率	赫 兹	Hz	兆赫兹	MHz
Δf	1. 频差 2. 多普勒频移	赫 兹 赫 兹	Hz Hz	兆赫兹 兆赫兹	MHz MHz
G	1. 归一化缺陷大小 2. 切变弹性模量	帕斯卡	P_a	兆 帕	MP_a
g	1. 压电电压常数 2. 重力加速度	伏米/牛顿 米/秒 ²	V·m/N m/s ²	伏米/牛顿 米/秒 ²	V·m/N m/s ²
H	1. 高度 2. 磁场强度	米 安/米	m A/m	毫 米 安/米	mm A/m
H_b	底波高度	分 贝	dB	分 贝	dB
H_t	缺陷波高	分 贝	dB	分 贝	dB
H_i	基准波高	分 贝	dB	分 贝	dB
H_0	起始波高	分 贝	dB	分 贝	dB
h	1. 水层厚度 2. 压电劲度常数	米 伏/米	m V/m	毫 米 伏/毫米	mm v/mm
I	1. 声强 2. 电流	焦/秒·米 ² 安 培	J/s·m ² A	焦/秒·毫米 ² 毫 安	J/s·mm ² mA
i	电流	安 培	A	毫 安	mA
J	功(能)的单位(焦耳)				
J_1	一阶贝塞尔函数				
j	复数的虚部单位($j^2 = -1$)				
K	系数				
K	1. 弹簧刚度 2. 机械耦合系数	牛 顿/米	N/m	牛 顿/毫米	N/mm
k	波数 $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$	1/米	1/m	1/毫米	1/mm
L	1. 长度 2. 电感 3. 纵波代号	米 亨	m H	毫 米 毫 亨	mm mH
l	1. 长度	米	m	毫 米	mm

续上表

m	2.缺陷长度	米	m	毫 米	mm
	3.缺陷水平距离	米	m	毫 米	mm
	4.晶片厚度	米	m	毫 米	mm
	1.质量	千 克	kg	克	g
N	2.长度单位(米)	.			
	1.近场长度	米	m	毫 米	mm
	2.力的单位(牛顿)				
N _t	厚度振动频率常数	赫兹·米	Hz·m	兆赫·毫米	MHz·mm
N _d	径向振动频率常数	赫兹·米	Hz·m	兆赫·毫米	MHz·mm
n	1.分贝数	分 贝	dB	分 贝	dB
	2.波次				
	3.法线代号				
	4.变比				
n'	奈培数	奈 培	N _p	奈 培	N _p
p	压力,压强	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
p _g	高斯声源轴线声压	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
p _i	入射声压	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
p _r	反射声压	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
p _o	起始声压	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
p _t	透射声压	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
R	1.半径	米	m	毫 米	mm
	2.电阻	欧 姆	Ω	欧 姆	Ω
	3.声压反射率			百分比	%
	4.表面波代号				
Rs	晶片半径	米	m	毫 米	mm
r	1.半径	米	m	毫 米	mm
	2.距离	米	m	毫 米	mm
Q _e	电气品质因数				
Q _m	机械品质因数				
S	1.面积	米 ²	m ²	毫米 ²	mm ²
	2.应变				
s	1.跨距	米	m	毫 米	mm
	2.弹性柔顺常数	米 ² /牛顿	m ² /N	米 ² /牛顿	m ² /N
	3.时间单位(秒)				
T	1.周期	秒	s	秒	s
	2.厚度	米	m	毫 米	mm
	3.应力	帕斯卡	Pa	兆 帕	MPa
	4.横波代号				
	5.始波代号				
t	时间	秒	s	秒	s
U	电压	伏	V	毫 伏	mv

续上表

V	1. 相对波高 (增益) 2. 体积 3. 电压单位 (伏)	分 贝 米 ³	dB m ³	分 贝 毫 米 ³	dB mm ³
v	速度	米/秒	m/s	毫米/秒	mm/s
W	横波声程	米	m	毫 米	mm
X	1. 电 抗 2. 座标轴				
x	1. 距离 2. 末知数	米	m	毫 米	mm
Y	座标轴				
y	1. 缺陷深度 2. 末知数	米	m	毫 米	mm
Z	1. 声阻抗 2. 座标轴	千克/米 ² ·秒	kg/m ² ·s	克/厘米 ² ·秒	g/cm ² ·s
z	1. 深度 2. 末知数	米	m	毫 米	mm
α	1. 角 2. 衰减系数	度 分贝/米	(°) dB/m	度 分贝·毫米	(°) dB/mm
α_a	吸收衰系数	"	"	"	"
α_i	纵波入射角	度	(°)	度	(°)
α'_i	纵波反射角	度	(°)	度	(°)
α_t	横波入射角	度	(°)	度	(°)
α'_t	横波反射角	度	(°)	度	(°)
α_s	散射衰减系数	分贝/米	dB/m	分贝/毫米	dB/mm
α_I	第一临界角	度	(°)	度	(°)
α_{II}	第二临界角	度	(°)	度	(°)
β	1. 角 2. 折射角 3. 介质隔离率	度 度 米/法	(°) (°) m/F	度 度 毫米/微法	(°) (°) mm/ μ F
β_i	纵波折射角	度	(°)	度	(°)
β_t	横波折射角	度	(°)	度	(°)
γ	角	度	(°)	度	(°)
δ	1. 波程差 2. 损耗角	米 度	m (°)	毫 米 度	mm (°)
ε	介电常数	法/米	F/m	微法/毫米	μ F/mm
η	动力粘度系数	米 ² /秒	m ² /s	毫米 ² /秒	mm ² /s
θ	角	度	(°)	度	(°)
θ_0	半扩散角	度	(°)	度	(°)
λ	波长	米	m	毫 米	mm
μ	1. 磁导率 2. 绝对粘度系数	亨/米 帕·秒	H/m Pa·s	毫亨/毫米 兆帕·秒	mH/mm MPa·S

续上表

ξ	位移	米	m	毫米	mm
π	圆周率				
ρ	密度	千克/米 ³	kg/m ³	克/厘米 ³	g/cm ³
σ	泊松比				
ϕ	直径	米	m	毫米	mm
φ	1.角	度	(°)	度	(°)
	2.相位	度	(°)	度	(°)
ψ	声势				
ψ_i	入射声势				
ψ_r	反射声势				
ψ_t	透射声势				
ω	角频率	1/秒	1/s	1/秒	1/s
ω_o	自由振动角频率	1/秒	1/s	1/秒	1/s
ω_d	阻尼振动角频率	1/秒	1/s	1/秒	1/s

绪 论

一、超声检测技术的发展简史和概况

超声波是一种看不见、摸不着、听不到的弹性波。它具有指向性好、传播性好和传播速度几乎不变的特点。

利用超声波来研究物体内部结构和缺陷,最早是由苏联的Соколов(萨哈诺夫)于1929年提出来的。1936年他首次完成了实验研究工作。当时采用的是连续波穿透法。但由于分辨力差,而未能用于工程实际。

1933年4月,美国Sperry(斯培雷)公司创立。至今仍是美国生产超声波探伤仪的主要厂家。

在第二次世界大战期间,由于雷达技术、脉冲技术的发展,大大地刺激和推动了超声检测技术的进步。法国首先利用声脉冲反射原理研制出声纳设备,用于探测水下潜艇。随后,于1944年和1946年分别由美国和英国开发出了A型脉冲反射式超声波探伤仪,并逐步用于锻钢和厚钢板的探伤。四十年代末和五十年代初,世界上各先进工业国家,相继采用A型脉冲反射式超声波探伤仪,用于钢铁、造船和机械制造中的探伤。

五十年代后期,超声检测技术开始用于医疗领域,并研制出锆钛酸铅压电陶瓷材料。B型超声断层成象已成为医学检测中的两大成象技术之一。当今,每年有数以亿计的患者接受超声诊断、治疗、健康检查和外科手术。

从探伤的角度看,由于压电陶瓷的应用,dB表示法的推广,到1956年已初步形成了近代超声探伤技术。1959年西德的KrautKramer发表了关于AVG曲线的论文。

1964年是超声检测重要的一年。欧洲,尤其是西德的超声探伤仪,在灵敏度、分辨力和放大器线性等主要性能上取得了突破性进展。使1951年以来一直没有进展的焊缝探伤问题获得了很好的解决。KrautKramer公司的小型超声探伤仪对世界各国的影响和冲击很大。

1969年出现了脉冲反射数字式测厚仪。

七十年代初期,对超声全息、回波频谱分析、分离式直探头等问题开展了研究工作。证实了用横波斜探头测定裂纹深度的可能性。七十年代后期,将焊缝裂纹深度与断裂力学联系起来了,开始了强度评价和寿命预测工作。

八十年代,在集成电路和计算机技术的支持下,是超声检测技术发展中最活跃的年代,使数字式探伤仪得到发展,首先在自动化探伤中得到了成功的应用。八十年代末期,便携式数字化探伤仪问世。于此同时,显示缺陷的二维特征和准三维特征的成象技术是这一期的热门课题。

纵观世界各先进工业国家的总体发展水平,美国仍然大体处于世界领先地位。美国特别重视教育和前沿研究。全国有100多所大专院校设置无损检测专业或开设无损检测与评价技术课程。前沿性基础研究主要由大学完成,应用研究和开发一般由各大公司负责。政府正在实施广泛而多样性的研究计划。西德拥有西方世界协调最好、最有效的发展计划。有两个完备的

研究中心。政府和工业界密切合作，确保了从基础研究和应用研究各阶段的连续性。它的仪器水平也是国际上公认的。日本的重点仍然放在较成熟的技术（如汽车工业检测等）的应用上，近来开始重视基础研究和应用开发。苏共中央作出了开发无损检测与评价技术以支持全苏工业产品和武器生产的决定，特别强调在先进空间武器系统中的应用。政府拨款给七个专业研究中心，从事基础研究和应用开发。拨款的75%用于基础研究。全国的组织协调工作由苏联科学院的全苏无损检测技术委员会负责。苏联有8所院校设置无损检测专业。英国、法国、加拿大、巴西、波兰、阿根廷、澳大利亚等国家也有完善的研究开发计划。

二、我国超声检测技术的现状

我国五十年代开始引进超声探伤技术，至今，仍处于高技术引进阶段。但我国的科技人员在新中国成立以后，特别是近十多年来，也进行了大量的研究开发工作。在某些方面已具有较高的水平。主要反映在以下几个方面：

1. 在固体中缺陷对声波的散射理论研究上，我国学者于1980年首先采用光弹的方法观察了透明固体中柱形空腔和无限裂缝尖端的散射、爬波的产生和绕行现象，同时伴有体波辐射存在。在粗晶材料的晶粒多次散射理论研究上，我国学者也有新的贡献。在压电超声换能器的瞬态行为研究上，也有国际上的独特见解。

2. 在电磁超声、高温检测、表面波、板波检测技术上，也有了在国际上可以比拟的进展和成果。

3. 在通用型、便携式、多通道和C扫描成像探伤仪的开发应用上，也大体达到了国际上八十年代的水平。中国科学院武汉物理所的KS—1010型数字式探伤仪就是代表产品。

4. 我国基本上完成了各种探伤标准的制定，使探伤工作逐渐趋于规范化，但有待于进一步协调统一。

我国与国际水平的差距，主要表现在高层次技术上，特别是定量检测，用材料或产品的物理量测量来评价其质量，三维成像技术等方面。主要原因是缺乏政府的足够重视、组织和协调，缺乏研究经费。近年来的发展和进步，主要是工业发展的刺激和在学会推动下取得的。

三、超声检测技术在国民经济中的地位

超声检测技术是整个无损检测技术的一个重要组成部分。它对于控制产品质量，改进生产过程，保证材料、零件和产品的可靠性，提高劳动生产率起着关键性作用，是发展现代工业不可缺少的重要应用技术之一。对于发展宇航、能源、材料等高新技术产业尤为重要。它在材料工业、机械制造、石油化工、水文地质、煤碳矿山等领域中，早已获得了广泛应用。因此，日本有人说，现代工业是建立在无损检测的基础之上的。西德有人认为，无损检测技术是机械行业的四大技术支柱之一。十年前，里根说过，没有无损检测技术，美国就不能享有在众多领域中的领先地位。

无损检测技术在国民经济中的地位，体现在社会效益和经济效益两个方面。

它的社会效益，主要表现在保障设备安全可靠、提高使用寿命、避免重大事故发生方面。近年来，蒸汽釜爆炸、石油液化气球形储罐爆炸、发电机组爆炸、铁路断轨、火车断轴、翻车事故时有发生，直接经济损失数以亿计。这些问题，本来是可以经过无损检测技术得到解决的。

它的经济效益,表现在直接经济效益和潜在经济效益两个方面。

直接经济效益,是在生产过程中通过降低成本、提高成品率和劳动生产率而直接获得的。它容易为人们认识和重视。例如,我国某钢厂,1978年以前,只对三次锻造、三次加工后的产品毛坯进行超声探伤,每年报废损失15万元,后来改为在第一次锻造后探伤,节省两次锻造和加工费,每年反而节约10万元;我国某钢厂,生产高温合金冷轧薄板,通过无损检测,找出了工艺改进方向,使产品合格率逐年提高,1978年为95.98%,1979年为97.20%,1980年为98.97%。西德在钢厂装备一台年处理能力为50万吨钢坯的超声裂缝自动检测装置,年创经济效益200多万马克。同时,经过无损检测后,提高产品售价,也是直接经济效益的一部分。一般说来,经过无损检测后的产品增值情况大致是:机械产品为5%左右,国防、宇航、原子能产品为12—18%,火箭20%左右。

潜在经济效益,是一种长期的综合效益。它有时与近期效益是相抵触和矛盾的,往往不为生产者和领导者所重视。我国在由计划经济转向商品经济,市场竞争日趋激烈的当今,潜在效益的意义就更显得突出和重要了。弄得不好,产品失去市场和信誉,有可能毁掉一个产品甚至一个企业。例如,我国某钢厂,在1963年和1964年,D60钢出厂退货达193万元,1976~1979年冷轧辊退货达200万元。1980年初采用了超声检测技术后,几乎没有退货了。西德奔驰(Benz)汽车的几千个零件经过无损检测后,整车运行公里数增加了一倍,大大提高了市场信誉和竞争能力。

我国新型材料的研究和开发,一般说来,在国际上起步并不算太晚。但由于没有同步研究和开发相应的无损检测技术,直到产品生产出来以后才发现质量和安全难以保障,长期得不到应用,经济损失十分可观。

因此,一个明智的领导者,为了长远利益,必须对无损检测技术给予高度的重视。

四、超声检测技术的发展趋势、难点和热点

现代工业技术的发展,对无损检测技术的要求越来越高,同时,多种学科的最新成就,又为该项技术的发展不断地提供着新的支持。根据国际上近年来的发展状况,大致可以看出如下趋势:

1. 由定性检测向定量检测和评价过渡和发展

现在已由“探伤”技术发展为“测伤”技术,即不但要求探测出缺陷的有无与位置,而且要求测出缺陷的尺寸、形状、取向和性质,并应用断裂力学理论作出寿命预测。为此,国际上主要开展以下研究工作:

(1) 成象技术

B扫描、C扫描、相控阵扫描、ALOK成象、合成孔径(SAFT)成象等技术的研究;

(2) 缺陷散射和逆散射理论的研究,发展缺陷测定的逆散射技术;

(3) 信号处理中自适应技术的研究,即把各种可能出现的缺陷都存储在计算机中,由计算机进行模式识别,用作标准判据。

2. 开展复合材料、工程陶瓷材料、特殊高分子材料、粗晶材料、异形工件特殊部位的检测方法和技术的研究。

3. 发展自动检测系统

自动检测系统可以提供更多的信息,更好的重复性和检测结果的一致性,使检测程序更

加完善,减少随机误差,实行自动标定,因而具有许多人工检测不可比拟的优点。

4. 由单纯的检测和评价向与生产工艺和产品设计相结合的方向发展

这就是使检测的目的不仅仅在于挑出废品,而是从改进产品设计和生产工艺出发,从根本上减少废品,提高产品的成品率。

5. 开展检测与评价的技术经济研究

即研究在各个生产环节上如何更合理地配置检测人员和设备,实现产品质量的最佳保障,以最少投资来获得最大的直接经济效益。

超声检测技术的永恒性难题,一是如何准确地确定缺陷的尺寸、确定缺陷的方位和确定缺陷的性质,简称“三定”;二是提高检测结果的可靠性。这两个问题的根本解决,必须依赖于成象技术。显示出了缺陷的三维立体图象,并给出三维方向上的准确尺寸,再结合断裂力学理论,这个问题就能得到较好的解决。三维或准三维成象技术距大范围的实用已为期不远了,这类仪器设备在一些先进工业国家已开始商品化了。当然,要从根本上攻克上述难题,还必须寻求在声传播理论、换能器结构和材料以及检测技术方面有新的突破。

目 录

本书常用符号名称对照表.....	(5)
------------------	-------

绪论.....	(10)
---------	--------

第一篇 超声检测的理论基础

第一章 振动和波

§ 1-1 简单机械振动系统分析.....	(1)
-----------------------	-------

一、无阻尼自由振动；二、阻尼振动；三、受迫振动

§ 1-2 波动.....	(7)
---------------	-------

一、波的产生和传播；二、波动方程及其解；三、波型；四、波形

§ 1-3 声波的波动特性.....	(11)
--------------------	--------

一、波的叠加和干涉；二、驻波；三、波的衍射和惠更斯原理

§ 1-4 声场及其特征量.....	(14)
--------------------	--------

一、声压；二、特性声阻抗；三、声强度；四、声速

§ 1-5 超声波在平面异质界面上的效应.....	(18)
---------------------------	--------

一、几何光学原理在声波界面效应上的应用；二、声波在平面界面上的能量分配；三、声束在反射界面上的位移

§ 1-6 声波在曲面上的反射和透射.....	(32)
-------------------------	--------

一、声波在曲面上的反射；二、声波在曲面上的透射；三、声透镜

§ 1-7 声波在传播中的衰减.....	(36)
----------------------	--------

一、声波衰减的原因；二、衰减系数和衰减规律；三、分贝(dB)和奈培(Np)的概念

§ 1-8 表面波在固体介质中的传播.....	(38)
-------------------------	--------

一、表面波的基本性质；二、表面波在棱角处的反射和透射

第二章 超声波的声场特性

§ 2-1 圆盘源辐射的纵波声场.....	(42)
-----------------------	--------

一、声源轴线上的声压分布；二、近场轴向声压分布特性；三、远场声压及其指向性

§ 2-2 矩形源辐射的纵波声场.....	(47)
-----------------------	--------

一、矩形源的远场声压及其指向性；二、液体介质和固体介质中纵波声场的比较

§ 2-3 非均匀激发声源(高斯声源)的纵波声场.....	(50)
-------------------------------	--------

§ 2-4 脉冲声源辐射的纵波声场.....	(51)
------------------------	--------

一、脉冲波的一般知识和特点；二、脉冲声场分析

第三章 超声探伤的基本原理

引言	(56)
§ 3-1 超声场中规则反射体的声压反射规律	(56)
一、大平底面的回波声压；二、平底孔底面的回波声压；三、圆柱体的回波声压；四、球形面的回波声压	
§ 3-2 声压反射率及其应用	(60)
一、声压反射率的定义和种类；二、声压反射率的应用举例	
§ 3-3 AVG图的绘制原理和初步应用	(63)
一、通用AVG图的基本原理；二、直探头的实用AVG图；三、斜探头的AVG图原理；四、斜探头实用AVG图的绘制	

第二篇 超声检测仪器、探头和试块

第四章 超声检测仪器

概述	(73)
§ 4-1 超声检测仪器的分类	(74)
一、按声波特征分类；二、按缺陷显示方式分类；三、按仪器的通道数目分类	
§ 4-2 脉冲反射式超声波探伤仪	(75)
一、脉冲反射式超声波探伤仪的基本特点；二、基本结构和工作原理；三、超声波探伤仪的主要技术性能；四、CTS-22型超声波探伤仪面板旋钮的使用	
§ 4-3 超声成像原理	(81)
一、B扫描显示；二、C扫描显示；三、超声全息成像	

第五章 超声换能器

§ 5-1 超声换能器的种类	(85)
一、磁致伸缩超声换能器；二、电磁超声换能器；三、激光超声换能器；四、压电超声换能器	
§ 5-2 压电效应和压电材料	(86)
一、压电效应的概念；二、压电材料；三、压电效应产生的机理；四、压电材料的主要技术参数；五、压电关系式；六、压电材料的选用	
§ 5-3 压电超声换能器	(95)
一、用途和分类；二、常用探头的形式和结构；三、压电超声换能器的等效电路；四、超声换能器的制造工艺	
§ 5-4 超声探头的基本性能及其测试	(104)
一、各种探头的测试项目；二、主要名词术语简介；三、测试方法简介；四、相关试块附图	

第六章 超声检测用试块

§ 6-1 试块的用途和分类	(110)
一、试块的用途；二、试块的种类	
§ 6-2 常用试块	(113)

- 一、常用标准试块；二、常用对比试块
- § 6-3 试块的设计和制造 (121)
- 一、试块的设计原则；二、材料选择；三、标准缺陷选择；四、标准缺陷的加工要求；五、试块的制作要求和检查；六、试块的维护和原始标准试块的保存

第三篇 超声探伤的通用技术

第七章 超声探伤方法的选用

- § 7-1 超声探伤的工艺原理 (124)
- 一、穿透法探伤；二、脉冲反射法探伤；三、双晶探头脉冲反射法
- § 7-2 脉冲反射法的分类和选用 (127)
- 一、直接接触脉冲反射法探伤；二、液浸法探伤

第八章 超声探伤的通用技术

- § 8-1 超声探伤准备 (136)
- 一、仪器选择；二、探头选择；三、探测灵敏度的校准与调节；四、仪器和探头的性能测试；五、探测面的选择与修整
- § 8-2 耦合 (138)
- 一、工件表面状态分析；二、耦合剂
- § 8-3 补偿 (139)
- 一、表面光洁度差异的补偿；二、曲面接触和曲率补偿
- § 8-4 探头在探测面上的扫查方式 (144)
- 一、直探头纵波探伤的扫查方式；二、斜探头横波探伤的扫查方式
- § 8-5 缺陷的定位和定量 (146)
- 一、缺陷定位；二、缺陷定量

第九章 影响探伤结果的因素分析

- § 9-1 影响缺陷定位的因素 (147)
- 一、工件自身质量对缺陷定位精度的影响；二、设备性能对缺陷定位精度的影响
- § 9-2 工件界面对探伤结果的影响 (149)
- 一、平行于声束轴线的工件侧面边界的影响；二、变型波的影响；三、三角形反射；四、 61° 反射
- § 9-3 缺陷特征对缺陷回波高度的影响 (155)
- 一、缺陷形状对回波声压的影响；二、缺陷反射面与声束轴线的相对位置关系对回波声压的影响；三、缺陷与探头的相对位置对缺陷回波声压的影响；四、缺陷回波的指向性；五、缺陷表面粗糙度对回波声压的影响；六、缺陷性质对回波声压的影响

第四篇 典型材料和构件的探伤

第十章 一般金属材料 and 构件的探伤

- § 10-1 焊缝探伤 (159)

一、概述；二、焊缝探伤的探测条件选择；三、焊缝缺陷的定位；四、焊缝中缺陷大小的确定；
五、焊缝中缺陷性质的估计和假信号的识别

§ 10-2 管材探伤 (177)

一、管材探伤的条件分析；二、大口径管材探伤；三、小口径管材探伤

§ 10-3 板材探伤 (184)

一、厚板探伤；二、薄板探伤

§ 10-4 典型汽车零件探伤 (192)

一、排气门探伤；二、镶圈铝活塞探伤；三、缸体探伤；四、气门弹簧探伤

第十一章 特殊材料和构件探伤

§ 11-1 复合材料探伤 (197)

一、复合钢板的制造及缺陷；二、界面回波；三、复合钢板探伤

§ 11-2 粗晶材料探伤 (200)

一、粗晶材料的特点及探伤方法要点；二、铸件探伤

§ 11-3 非金属材料探伤 (206)

一、混凝土探伤；二、人造石墨探伤；三、瓷器探伤

第十二章 超声检测技术在工业测量和医疗诊断上的应用

§ 12-1 超声工业测量技术 (211)

一、物位测量；二、流量测量；三、粘度测量；四、温度测量；五、硬度测量；六、应力测量；
七、厚度测量

§ 12-2 超声检测技术在医疗诊断中的应用 (225)

一、超声医疗诊断技术的重要特点和基本方法；二、超声成层成象的基本原理；三、多普勒诊断
原理及方法

附录 (231)

附录一 参考用表格和数据 (231)

附录二 超声波探伤术语（附英文） (237)

主要参考文献 (247)