

实用超声诊断学

陈仁彬 主编

中国医药科技出版社

实用超声诊断学

陈仁彬 主编

中国医药科技出版社

登记证号: (京) 075 号

内 容 提 要

本书共三十四章,系统地介绍了超声诊断的物理性质、原理及其应用,诊断中常见的伪像,操作程序与检查方法,心血管、胸部疾病、肝、胆、胰、脾、胃肠疾病、腹壁、腹膜腔及腹膜后疾病、肾上腺、泌尿、男性生殖系、妇科、产科、眼部、唾液腺和颈部、甲状腺、甲状旁腺、乳腺等疾病、介入性超声、术中超声等。

书中以简明物理概念、解剖学、病理学等形态学为基础,并与临床医学密切结合,以实用为中心,图文并茂,言简意明、理论联系实际。

本书可作为超声医学专业工具书,临床有关医师、进修生参考书,医学院校教学及继续医学教育培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用超声诊断学/陈仁彬主编. —北京:

中国医药科技出版社, 1997. 5

ISBN 7-5067-1606-2

I. 实… I. 陈… III. 超声波诊断—诊断学 IV. R445.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 13556 号

中国医药科技出版社 出版
(北京海淀区文慧园北路甲 22 号)
(邮政编码 100088)

北京市昌平精工印刷厂 印刷
全国各地新华书店 经销

*

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 40

字数 930 千字 印数 3001—7000

1997 年 5 月第 1 版 1998 年 1 月第 2 次印刷

定价: 80.00 元

主 编：陈仁彬

副主编：林新霖 陈传元

编著者（按姓氏笔画为序）：

方彦昌	任永富	朱建平	吕国荣
陈仁彬	吴幼波	陈传元	沈 明
陈德伟	林 坚	林 晓	林晓文
林皓平	林新霖	梁敬伟	游又庭

序

现代科学发展迅速，电子技术不断更新换代，超声医学是医、理、工相结合的一个学科。超声诊断已普及到临床各科，其检查法已由体表发展至腔内、血管内。由于高能电子计算机的应用，超声诊断仪可谓日新月异，超声医务人员也不断需要知识更新，所以一本内容新、实用性强的专业书籍，乃为超声界的普遍需要。

福建省超声医学工程学会会长陈仁彬主任积 30 余年的实践经验，结合超声学的最新进展，组织编著了《实用超声诊断学》一书。全书共 34 章 90 余万字，内容丰富，文字精炼，更着重于实用二字，适合超声诊断人员的要求，将会受到广大超声医学工作人员的欢迎。

特为之序。

郭万学

1996 年 6 月 6 日

前 言

超声医学影像诊断是在现代电子学基础上，将雷达技术声学原理以及电子计算机、生物学相结合应用于临床医学方面的一门新学科。它具有灵敏度高、分辨力好、准确率高、检查简便、成本低、对人体无损伤等优点，已成为临床医疗方面不可缺少的诊断工具。随着超声诊断仪不断更新，检查诊断技术不断提高，更显示出其优越性，深受医学界、广大群众普遍重视和欢迎。

作者参阅了国内外大量资料，并结合多年从事超声工作经验，编写了《实用超声诊断学》一书。本书着重于实用性，以常见病、多发病为重点，从实际需要出发，结合声学原理、人体解剖，叙述各种疾病的声像图表现、超声诊断、鉴别诊断、临床意义以及诊断要注意的问题。

本书共有三十四章，内容包括超声诊断的物理性质、原理、检查方法、心血管、胸部、肝、胆、胰、脾、胃肠、腹腔、腹膜后、肾上腺、泌尿、男性生殖系、妇产科、浅表等器官超声诊断、介入性超声以及术中超声等诊断技术。内容丰富、资料新颖、图文并茂、深入浅出、简明实用。

在编写本书的过程中，得到福建医科大学校长康仲涵教授，福建省立医院李温仁教授、胡锡衷教授、吴平教授，福建医大附属第一医院吴可贵教授，以及福州大学蔡星炳教授等同志的指导和大力支持，在此致以衷心感谢！

限于作者水平且超声技术发展迅速，书中难免有不当之处，乃至错误，殷切希望专家和广大读者批评指正。

编著者

1996年6月于福州

目 录

第一章 超声诊断的物理性质	方彦昌、陈传元 (1)
第一节 超声波	(1)
第二节 超声波的传播特性	(1)
第三节 超声波的性质	(2)
第四节 声场特性	(4)
第五节 分辨力	(5)
第六节 声学参数	(6)
参考文献	(7)
第二章 超声诊断仪的原理及其应用	陈传元 (8)
第一节 超声脉冲回声法	(8)
第二节 多普勒法	(10)
第三节 超声诊断的新进展	(10)
第四节 其他	(11)
参考文献	(12)
第三章 超声诊断中常见的伪像	陈传元 (13)
第一节 多重反射 (Reverberation)	(13)
第二节 旁瓣	(13)
第三节 干扰	(14)
第四节 声影 (Acoustic Shadow)	(14)
第五节 侧后声影	(14)
第六节 声增强	(15)
第七节 镜像效应 (Mirror Effect)	(15)
第八节 折射重影效应	(15)
参考文献	(16)
第四章 超声诊断操作程序与检查方法	吕国荣 (17)
第一节 超声诊断操作程序	(17)
第二节 检查和诊断方法	(18)
参考文献	(26)
第五章 心脏超声解剖和检查方法及进展	(27)
第一节 心脏的形态和投影	林皓平 (27)
第二节 心脏的解剖结构	林皓平 (27)
第三节 心脏超声探测方法	陈德伟 (29)
第四节 多普勒超声心动图	陈德伟 (35)

第五节 心脏声学造影·····	陈德伟 (37)
第六节 临床应用·····	陈德伟 (39)
第七节 经食道超声心动图·····	陈德伟 (39)
第八节 心脏功能的超声测量·····	陈德伟 (42)
第九节 超声心动图学新进展·····	陈德伟 (45)
参考文献·····	(48)
第六章 心脏瓣膜病 ·····	游又庭 (49)
第一节 二尖瓣病变·····	(49)
第二节 主动脉瓣疾病·····	(63)
第三节 三尖瓣疾病·····	(71)
第四节 肺动脉瓣疾病·····	(75)
第五节 老年钙化性心瓣膜病·····	(77)
第六节 感染性心内膜炎·····	(77)
参考文献·····	(82)
第七章 先天性心脏病 ·····	陈德伟 (83)
第一节 非紫绀型先天性心脏病·····	(83)
第二节 紫绀型先天性心脏病·····	(100)
参考文献·····	(109)
第八章 心肌病 ·····	游又庭 (110)
第一节 扩张型心肌病·····	(110)
第二节 肥厚型心肌病·····	(112)
第三节 限制型心肌病·····	(114)
参考文献·····	(115)
第九章 心包疾病 ·····	游又庭 (116)
第一节 心包积液·····	(116)
第二节 缩窄性心包炎·····	(118)
参考文献·····	(118)
第十章 冠状动脉疾病 ·····	林皓平 (119)
第一节 冠状动脉粥样硬化性心脏病·····	(119)
第二节 川崎病·····	(121)
参考文献·····	(121)
第十一章 心脏肿瘤及心内异常回声 ·····	陈德伟 (122)
第一节 心脏肿瘤·····	(122)
第二节 心内异常回声·····	(124)
参考文献·····	(126)
第十二章 慢性肺原性心脏病 ·····	游又庭 (127)
参考文献·····	(129)
第十三章 主动脉疾病 ·····	陈德伟 (131)

第一节	主动脉窦瘤	(131)
第二节	主动脉瘤	(132)
第三节	主动脉夹层动脉瘤	(133)
参考文献		(134)
第十四章	颈部血管疾病及下肢血管疾病	林皓平 (135)
第一节	颈部血管解剖	(135)
第二节	超声探测方法	(135)
第三节	正常颈部血管超声显像	(135)
第四节	颈部血管疾病	(136)
第五节	下肢血管解剖	(138)
第六节	超声探测方法和正常声像	(138)
第七节	下肢血管疾病	(139)
参考文献		(141)
第十五章	胸部疾病超声诊断	吴幼波 (142)
第一节	解剖概要	(142)
第二节	探测方法	(144)
第三节	正常声像图	(145)
第四节	胸壁肿瘤	(145)
第五节	胸腔积液	(147)
第六节	胸膜肿瘤	(150)
第七节	肺部疾病	(152)
第八节	纵膈肿瘤	(155)
参考文献		(159)
第十六章	肝脏超声检查	沈明 (160)
第一节	肝脏解剖概要	(160)
第二节	肝脏超声检查方法	(164)
第三节	正常肝脏声像图	(166)
第四节	肝脏囊性病变超声诊断	(177)
第五节	肝脏肿瘤	(187)
第六节	肝脏弥漫性疾病的超声诊断	(202)
第七节	肝脏创伤	(212)
第八节	肝脏其他疾病	(213)
第九节	彩色多普勒血流显像在肝脏疾病中的应用	(215)
第十节	肝脏介入超声	(222)
参考文献		(226)
第十七章	胆道疾病超声诊断	陈仁彬 (228)
第一节	胆道解剖及生理学概要	(228)
第二节	胆道系检查技术与正常声像图	(230)

第三节	胆系结石	(232)
第四节	胆囊炎症	(241)
第五节	胆囊肿瘤	(244)
第六节	胆囊增生性疾病	(248)
第七节	胆管肿瘤	(252)
第八节	胆道蛔虫病	(254)
第九节	胆道积气	(255)
第十节	先天性胆系疾病	(256)
第十一节	梗阻性黄疸的鉴别诊断	(261)
第十二节	介入性超声在胆系中应用	(262)
	参考文献	(263)
第十八章	脾脏超声诊断	梁敬伟 (264)
第一节	解剖概要	(264)
第二节	检查方法	(264)
第三节	正常声像图	(265)
第四节	超声测量方法和正常值	(265)
第五节	脾脏先天性异常	(266)
第六节	脾脏弥漫性肿大	(267)
第七节	脾萎缩	(270)
第八节	游走脾	(270)
第九节	脾肿瘤	(271)
第十节	脾囊肿	(276)
第十一节	脾包虫病	(277)
第十二节	脾脓肿	(277)
第十三节	脾结核	(278)
第十四节	脾硬塞	(279)
第十五节	脾静脉阻塞综合征	(279)
第十六节	脾破裂	(280)
第十九章	胰 腺	林 坚 (283)
第一节	胰腺的解剖概要	(283)
第二节	超声检查方法	(284)
第三节	正常胰腺超声图像	(285)
第四节	胰腺疾病	(286)
	参考文献	(302)
第二十章	胃肠疾病的超声诊断	任永富 (304)
第一节	胃超声解剖概要	(304)
第二节	胃超声扫查方法和正常声图像	(305)
第三节	胃癌	(308)

第四节	胃恶性淋巴瘤	(313)
第五节	胃平滑肌肉瘤	(316)
第六节	胃平滑肌瘤	(317)
第七节	胃息肉	(318)
第八节	胃溃疡	(319)
第九节	胃结石	(321)
第十节	慢性胃炎	(321)
第十一节	胃下垂	(323)
第十二节	肠道超声解剖概要	(324)
第十三节	肠道超声扫查方法与正常声像图	(325)
第十四节	大肠癌	(328)
第十五节	大肠恶性淋巴瘤	(331)
第十六节	小肠肿瘤	(332)
第十七节	肠梗阻	(333)
第十八节	急性阑尾炎	(335)
第十九节	肠套叠	(336)
第二十节	十二指肠溃疡	(338)
	参考文献	(339)
第二十一章	腹壁、腹膜腔及腹膜后疾病	吕国荣 (340)
第一节	超声解剖和超声检查方法	(340)
第二节	腹壁疾病	(342)
第三节	腹膜、肠系膜及大网膜疾病	(343)
第四节	腹膜后疾病	(345)
	参考文献	(349)
第二十二章	肾上腺疾病的超声诊断	林新霖 (350)
第一节	解剖概要	(350)
第二节	仪器和检查方法	(350)
第三节	常见肾上腺疾病的超声诊断	(352)
第四节	肾上腺疾病的鉴别诊断	(357)
第五节	肾上腺疾病超声诊断的临床意义	(357)
	参考文献	(358)
第二十三章	肾脏疾病的超声诊断	林新霖 (359)
第一节	肾解剖概要	(359)
第二节	仪器与检查方法	(361)
第三节	正常肾脏的声像图	(363)
第四节	肾脏疾病的超声诊断	(364)
	参考文献	(377)
第二十四章	膀胱与输尿管	林 坚 (379)

第一节	膀胱的解剖和动力学概要	(379)
第二节	膀胱的超声检查技术	(380)
第三节	正常膀胱声像图	(381)
第四节	膀胱疾病	(381)
第五节	输尿管解剖及动力学概要	(387)
第六节	输尿管超声检查	(388)
第七节	输尿管的正常声像图	(389)
第八节	输尿管疾病	(389)
参考文献		(394)
第二十五章	前列腺、精囊与尿道	林 坚 (397)
第一节	前列腺、精囊与尿道的解剖概要	(397)
第二节	超声检查方法	(399)
第三节	正常前列腺、精囊与尿道声像图	(400)
第四节	前列腺、精囊与尿道疾病	(401)
参考文献		(412)
第二十六章	阴囊及其内容物	林 坚 (415)
第一节	阴囊及其内容物的解剖概要	(415)
第二节	阴囊及其内容物超声检查	(416)
第三节	正常阴囊内容物声像图	(417)
第四节	阴囊及其内容物疾病	(417)
参考文献		(425)
第二十七章	妇科疾病的超声诊断	(427)
第一节	盆腔器官的解剖及超声图像	林晓文 (427)
第二节	子宫疾病的超声诊断	林晓文 (433)
第三节	卵巢囊性肿物	林晓文 (443)
第四节	卵巢实质性肿瘤	林 晓 (450)
第五节	炎性包块	林 晓 (454)
参考文献		(459)
第二十八章	产科超声	朱建平 (460)
第一节	胚胎学	(460)
第二节	仪器与探测方法	(461)
第三节	正常妊娠声像图	(462)
第四节	胎儿孕龄的评估	(467)
第五节	胎儿生理活动的观察	(473)
第六节	超声判断胎位	(473)
第七节	超声估计胎盘成熟度	(474)
第八节	早期流产	(475)
第九节	异位妊娠	(476)

第十节	双胎妊娠	(480)
第十一节	胎死宫内	(483)
第十二节	胎盘疾病	(483)
第十三节	胎儿宫内发育迟缓	(487)
第十四节	羊水异常	(489)
第十五节	滋养叶肿瘤	(491)
第十六节	脐带疾病	(493)
第十七节	宫颈机能不全	(494)
第十八节	胎儿畸形	(495)
第十九节	超声监测卵泡发育及引导取卵术	(503)
第二十节	介入性超声在产科的应用及其进展	(510)
参考文献		(514)
第二十九章	眼部疾病的超声检查	林新霖 (518)
第一节	解剖概要	(518)
第二节	仪器及检查方法	(520)
第三节	正常眼部超声图像	(520)
第四节	眼内病	(521)
第五节	眼眶内疾病	(532)
第六节	邻近部位疾病眶侵犯	(537)
第七节	眼眶肿瘤及眶邻近部位肿瘤鉴别诊断	(538)
第八节	超声检查眼眶及邻近组织肿瘤的临床意义	(539)
第九节	眼外伤	(539)
参考文献		(542)
第三十章	颌面部及颈部疾病的超声诊断	林新霖 (544)
第一节	颈部解剖概要	(544)
第二节	仪器及检查方法	(546)
第三节	正常涎腺、血管声像图	(546)
第四节	涎腺疾病声像图	(547)
第五节	颈部疾病	(552)
第六节	颈部血管性疾病	(556)
第七节	颈动脉闭塞性疾病	(557)
参考文献		(558)
第三十一章	甲状腺和甲状旁腺疾病的超声诊断	林新霖 (559)
第一节	甲状腺解剖和生理概要	(559)
第二节	仪器和检查方法	(560)
第三节	正常甲状腺声像图	(561)
第四节	甲状腺疾病声像图	(562)
第五节	甲状腺结节的鉴别诊断	(567)

第六节	超声诊断的临床意义·····	(568)
第七节	甲状旁腺疾病的诊断·····	(569)
	参考文献·····	(571)
第三十二章	乳腺疾病的超声诊断 ·····	林新霖 (573)
第一节	解剖概要·····	(573)
第二节	仪器与检查方法·····	(574)
第三节	正常乳腺声像图·····	(575)
第四节	乳房疾病声像图·····	(575)
第五节	超声对乳腺疾病诊断的临床意义·····	(581)
	参考文献·····	(581)
第三十三章	腹部介入性超声 ·····	吕国荣 (583)
第一节	器械与穿刺技术·····	(583)
第二节	穿刺活检·····	(593)
第三节	腹部脏器囊肿介入性超声诊断与治疗·····	(597)
第四节	腹部脓肿介入性超声诊断与治疗·····	(603)
第五节	超声引导肝癌酒精硬化治疗·····	(605)
第六节	胆囊、胆管穿刺造影与置管引流·····	(609)
	参考文献·····	(612)
第三十四章	术中超声 ·····	吕国荣 (614)
第一节	仪器与方法·····	(614)
第二节	肝脏外科术中超声·····	(615)
第三节	胆道外科术中超声·····	(619)
第四节	胰腺外科术中超声检查·····	(623)
	参考文献·····	(624)
	英文缩写注释·····	(625)

第一章 超声诊断的物理性质

超声诊断是利用声波传播产生的回声显像进行诊断,要掌握超声的物理性质、原理,以解剖学、物理学等形态学为基础,并与临床医学密切结合。充分理解超声诊断的特征,超声波对人体软组织有良好的分辨力,有利于识别生物组织的微小病变。超声图像显示活体组织时不用染色处理,即可获得所需图像有利于检测活体组织。

第一节 超声波

在自然界中,超声波是客观存在着的,例如某些蜜蜂,蟋蟀、海豚等,可以发生超声波。蝙蝠能发出大约 50kHz 的超声波短脉冲引导飞行和准确捕捉小虫。有些动物如犬能听到 1MHz 左右的超声。超声波是指人耳所不能听闻的声波。

人耳可以感觉的声波在 20~20kHz 之间。频率高于 20kHz 人耳所不能听闻的声波,称为超声波。诊断用超声频率在 1~20MHz。其中,最常用者在 3~10MHz 段。依不同对象的脏器而不同。腹部、心脏用 3.5~5MHz;眼科、乳腺等浅表脏器用 7.5~10MHz。

波峰与波峰(或波谷与波谷)之间的距离,即相位差一周的两个波阵面的垂直距离,称为一个波长。波长和频率成反比,与声速成正比。其公式如下:

$$\lambda = c / f \quad (1-1)$$

式中, λ : 波长; c : 声波传播速度; f : 声波频率。声带(人体软组织平均声速为 1540m/s)为一定,所以频率越高,波长越短。这样,波长短的声波,其传播性质与光很接近,所以,基本上按直线持续传播,无任何反射。但当声波在两种不同密度的介质的界面上,则会在界面上产生反射和折射现象。从而,如果使用声透镜、凹透镜振子,就可以使其聚焦。

第二节 超声波的传播特性

自然界中存在着各种各样的波动现象,如水面上的水波,空气中的声波和超声波,无线电波和光波。抛去各自的特征,概括这些现象,就是它们都有一个不断扰动着的波源,使周围的空间或介质也产生扰动;并继续向四面八方扩展,便构成了我们所说的一般的波动概念。所谓波动就是一般扰动状态在空间的传播。波动有两种形式,如扰动方向和传播方向互相平行叫做纵波,相互垂直的则叫做横波,不管纵波和横波,它们都是扰动能量的传播。

声波在液体或气体中只有一种振动方式,即纵波。这种波动如图(1-1)所示,它是依

次传递着压缩和弛张交替的波动，以疏密形式传播。

超声波在生物体中，如在血液、肌肉、脂肪、骨骼、内脏器官等媒质的不同密度通过透射、吸收、扩散等衰减而传播，超声波传播速度随媒质的密度不同而不同，从而在界面产生反射、折射、散射等现象与密度有着复杂的关系。

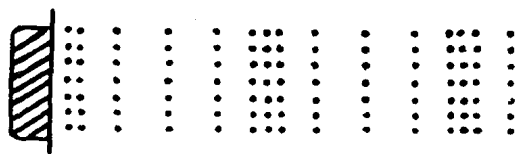


图 1-1 声波在液体、固体中传播

第三节 超声波的性质

一、波长、频率、声速 现介绍超声波的波长、频率和声速之间的关系。波长是一个波周期在空间里的长度。频率是每秒存在波的个数。声速是在媒质中传播的速度。波长 (λ)、频率 (f) 与声速 (c) 的关系可表达如下：

$$\lambda = c/f \quad (1-2)$$

生物体中的声速度为 1530m/s，频率为 3.5MHz 时波长为 0.44mm。实际上人体各种组织密度不同，声速也有差别，如表 (1-1) 所示。

表 1-1 主要组织的声速

组 织	声 速 m/s
水 (20℃)	1483
血液	1571
脂肪	1410~1479
脾	1520~1591
肝	1550~1607
线状肌	1568~1603
皮肤	1498
软骨	1665

二、衰减 声波在介质中传播时，其强度亦将随传播距离的增大而减弱，这种现象称为超声衰减。造成衰减的主要原因是介质对超声的吸收。生物组织的超声吸收取决于其粘滞性、热传导及各种弛豫过程。另外，介质的不均匀性或微小散射体的存在，引起散射；声波按球面状扩散。在人体中，尿、血液、胆汁、囊肿、眼前房液等吸收量小，肌肉组织的吸收有所增加，纤维组织及软骨吸收大量能量，骨质吸收更大。由于衰减现象的普遍存在，故需在仪器设计时使用“深度增益补偿 (DGC) 调节”，使声像图深浅均匀。

三、反射和折射 当声波在均质性的介质中传播时，基本上是按直线持续传播，

无任何反射。但当声波在两种不同密度的介质的分界面上，则会在分界面上产生反射和折射现象（图 1-2）。一部分声波在界面处反射而成为返回第一介质的反射波，反射使入射超声能量中的较大部分向一个方向折返，大界面反射应按照斯奈耳（Snell）定律：①入射声波与反射声波在同一平面上。②入射声束与反射声束在法线的两侧。③入射角 α 与反射角 α' 相等。另一部分声波则透过界面被第二介质折射，Snellius 的折射定律在这里是适用的。如图 1-2 所示。

当一个纵波出现在两种介质的分界面上，其 Snellius 折射定律如下：

$$\sin\alpha/c_1 = \sin\beta/c_2 \quad (1-3)$$

式中， α ：波的入射角； β ：波的折射角； c_1 和 c_2 分别为波在介质 1 和介质 2 传播速度。

由上式入射角、折射角与声速的关系可得当 $c_1 < c_2$ 时，则 $\beta > \alpha$ ；在一定条件下将出现全反射。

当 $c_1 > c_2$ 时，则 $\beta > \alpha$ ；不会出现全反射。在 $c_1 < c_2$ 情况下：当 $\beta_0 = 90^\circ$ 时， $\sin\beta_0 = 1$ ， $\sin\alpha_0 = c_1/c_2$ 。此时为产生反射条件，即声波不能从第 1 介质进入第 2 介质中，完全被反射回第 1 介质内。把这时的 α_0 称为临界角。

当 $\alpha = 0$ 时， $\alpha' = 0$ ， $\beta = 0$ ，这时入射波叫做垂直入射波，反射波叫做返回波，折射波叫做穿透波。穿透波进入第二、第三层介质，又将有第二层面，第三层面的返回波。这些不同密度介质层面的返回波，将先后返回到超声探头，界面反射现象是超声诊断的主要基础。

四、散射 当声波的传播途中遇到障碍物时，则在此障碍物产生多方向的不规则反射、折射和衍射，称声散射。其返回到振源的回声能量甚低。此散射回声来自各脏器内部的微细结构，其临床意义十分重要。在超声探测中，如果入射波不垂直于层面时，反射波与入射波之间方向成 2α 夹角，反射波将不返回到超声探头，这时只有依赖层面的粗糙度形成的散射，使一部分反射波能还回探头。当入射角较大时，即层面与入射线接近平行，这时散射量很小，可能返回波非常微弱，这种现象叫做“回波失落。”

五、衍射 声波传播时，可以越过障碍物的直径小于 $\lambda/2$ (λ 波长)，再继续前进，这一现象称为衍射。若障碍的直径大于 $\lambda/2$ 时，在该物体表面产生回声反射，而在其边缘仍然有衍射发生，但在障碍物的后方有一块没有声振动的区域，通常称为“声影”区。

六、干涉 如果在一种介质中发生许多声波，并且这些声波在空间内无干扰地传播出去，那么这些波就将彼此叠加，于是产生所谓干涉的现象。由于各种不同的干涉现象，在发生器的周围将形成一个包括最大和最小声强地点的声场，而一个象活塞样地振动着的超声发生器呈现一种类似于光学 Fraunhofer 绕射现象的特性。干涉现象使空间某些点处振动始终加强，某些点处振动始终减弱。在相对应的屏幕上可看到明暗相间的条纹，称干涉条纹 (interference fringe)。干涉现象是波动形式所独具的重要特征之一，它用于超声全

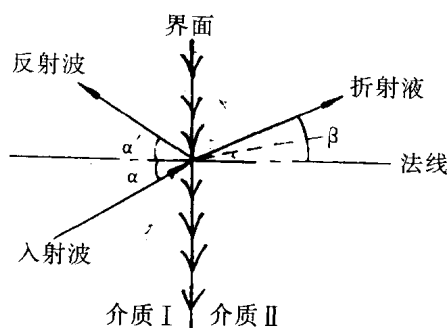


图 1-2 超声在两种不同介质的界面上入射、反射和折射