

超  
音  
波  
探  
伤  
方  
法  
5.2



UT



# 超声波探伤A

〔日〕无损检测学会编

江苏科学技术出版社

# 超声波探伤 A

〔日〕无损检测学会 编

李 衍 译

江苏科学技术出版社

---

## 内 容 提 要

本书是无损检测技术丛书中的一本,介绍超声波无损探伤的基本知识和应用技术。叙述较为简明扼要,内容侧重于应用技术方面,每章后附有习题及解答。可供广大从事无损探伤工作的工人、技术人员参考。

全书共十一章:一、超声波探伤的基础。二、标准试块和对比试块。三、超声波探伤仪和探头。四、超声波探伤的要点和直探伤的要点。五、板材的探伤。六、铸锻钢件的探伤。七、条钢的探伤。八、斜探伤的要点。九、焊缝探伤。十、管材的探伤。十一、用于维护的超声波检测。附录:探伤标准等。

## 超 声 波 探 伤 A

(日)无损检测学会编

李 衍 译

---

江苏科学技术出版社出版

江苏省新华书店发行

南京人民印刷厂印刷

---

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数: 1—3,000册

书号: 15196·038 定价: 1.57元

## 译者的话

超声波探伤，是对工业产品进行无损检测与质量管理的一种十分重要的手段。近几年来，国外在发展自动化、图象化的超声波探伤技术方面，取得了显著的成效，已被广泛地应用到冶金、机械、造船、航空、建筑、化学以至原子能等许多工业领域。

本书原版是日本无损检测学会内的一些名人所编，是无损检测技术丛书中的一本。全书共十一章，可分为四大部分：一、超声波探伤的基础知识；二、仪器、探头和试块；三、纵波和横波探伤的要点；四、对各种工件的探伤（板材、管材、锻件、铸件、型钢、焊缝等）以及用于维修方面的超声波检测。内容侧重于应用技术方面，每章后附有习题与解答，可供我国广大从事无损检测的工人、技术人员学习参考。

本书译自日文1975年版本。出版前，承蒙江苏省农业机械研究所的刘和、庄拯时两位同志精心审校，在此深表感谢。由于译者水平有限，译文中尚有错漏欠妥之处，敬请读者批评指正。

1979年5月

---

# 前 言

超声波探伤使用于原材料、机械部件、结构件的制造和维修等方面,其应用范围正在不断扩大。由于适用范围的扩大与对提高检测精度的要求,超声波探伤技术还在日新月异地发展。

无损检测技术丛书中的《超声波探伤 A》自昭和 44 年(1969年)初版发行以来,每年都作部分修订。为了适应这些年来的技术进展,并解决本学会在“二级探伤人员鉴定考试”中的各种问题,决定对全书进行改写。

本书修订新版(1974年版)的目的是使超声波探伤的入门者和初级探伤人员能切实掌握超声波探伤方法的基础知识,修订时曾请这方面的第一流人物、并热心于技术教育的权威执笔。

超声波探伤有各种方法,为使入门者和初级探伤人员能切实理解超声波探伤的基础知识,本书仅限于讲述超声波探伤的主流——A型显示的脉冲反射法,至于特殊事项以及应用较少的部分都省略了。但是这里把近两年来应用的一般情况也搜罗进去了。再之,譬如对从事铸锻钢或焊缝探伤的专业人员一定要理解、掌握的内容,本书也作了介绍,并于文前附有“△”标记。因为有“△”标记的文中,还含有比较深奥的内容,初学者开始时可以跳过去阅读。习题中的“△”标记,意义稍有不同,为了培养实际能力,读者不妨解解看。

本书与《超声波探伤实用技术讲义》的形式、内容一样,读者也可以利用该书,融会贯通,灵活运用。

要进一步了解有关详细内容,请参阅日刊工业新闻公司出版的《超声波探伤法》(日本学术振兴会编)或《非破坏检查便览》(本学会编)。

1974年 5 月 日本无损检测学会

## 关于 1975 年版

1974年版自去春发行以来，承读者和社内教育等方面的利用者提出了各种意见。本书即参照这些意见，作了部分修订。修订的主要章节是 1.3.3, 3.5, 4.3.4, 5.2, 5.2.6, 8.3.5~8.3.9, 8.4.2, 9.2。此外对不适当的图表也作了更正。

鉴于 JIS G 0801-1974 和 NDIS 2404-74 标准已于公布，特补充在附录中。

### 编辑委员及执笔者

委员长	木村胜美	金属材料研究所
	井元釜二	明治大学工学部
	加藤 功	日本检查公司
	白岩俊男	住友金属工业公司 中央技术研究所
	广濑贞雄	大阪大学工学部
	富士 岳	日本钢管公司技术研究所
	藤盛纪明	清水建设公司研究所
	山本英尔	东京仪表公司

(以五十音为序)

# 目 录

<b>第一章 超声波探伤的基础</b> .....	1
1.1 音响检查和超声波探伤 .....	1
1.2 超声波的特征 .....	2
1.2.1 超声波的发生和接收 .....	2
1.2.2 波动和几何光学 .....	3
1.2.3 纵波(L波).....	4
1.2.4 横波(S波).....	5
1.2.5 表面波和板波 .....	6
1.3 超声波的理论 .....	7
1.3.1 声速 .....	7
1.3.2 波长 .....	7
1.3.3 反射和透过.....	9
1.3.4 在薄层中的透过和反射 .....	13
1.3.5 斜入射时的反射和折射 .....	15
1.3.6 斜入射时的透过率和反射率 .....	18
1.3.7 晶片 .....	21
1.3.8 晶片发射的声场 .....	21
1.3.9 指向性 .....	23
1.3.10 远距离声场和近距离声场 .....	24
1.4 缺陷对超声波的反射 .....	26
1.4.1 圆形平面伤和方形平面伤 .....	27
1.4.2 球形伤 .....	29
1.4.3 圆柱形伤 .....	30
1.4.4 大平面的反射(垂直探伤中的底面回波) .....	30

1.5 分贝 .....	32
习题 (第一章) .....	34
习题答案 (第一章) .....	42
<b>第二章 标准试块和对比试块 .....</b>	<b>44</b>
2.1 试块的目的 .....	44
2.2 标准试块 .....	45
2.2.1 JIS Z2345 超声波探伤用G型灵敏度	
标准试块 (STB-G) .....	45
(1) 目的、形状和构造 .....	45
(2) 使用方法 .....	47
2.2.2 JIS Z2346 钢板超声波探伤用 N1 型灵敏度	
标准试块 (STB-N1) .....	48
(1) 目的和形状 .....	48
(2) 使用方法 .....	49
2.2.3 JIS Z2347 超声波斜探伤用A1型	
标准试块 (STB-A1) .....	50
(1) 目的和形状 .....	50
(2) 使用方法 .....	50
2.2.4 JIS Z2348 超声波斜探伤用 A2 型灵敏度	
标准试块 (STB-A2) .....	51
(1) 目的和形状 .....	51
(2) 使用方法 .....	51
2.2.5 JIS Z2349 超声波斜角探伤用 A3 型	
标准试块 (STB-A3) .....	52
2.2.6 NDIS-2301-66 超声波板波探伤用 P1 型	
标准试块 (NDI-STB-P1) .....	53
2.3 对比试块 .....	53



2.3.1	按ASME 标准的对比试块 .....	53
2.3.2	采用日本无损检测协会(NDI) 标准的对比试块 .....	55
2.3.3	美国石油学会(API)的对比试块 .....	57
<b>习题 (第二章)</b> .....		59
<b>习题答案 (第二章)</b> .....		60
<b>第三章 超声波探伤仪和探头</b> .....		63
3.1	概要 .....	63
3.2	构造和性能 .....	63
3.2.1	整机构造 .....	63
3.2.2	发射部分 .....	67
3.2.3	接收部分 .....	67
3.2.4	示波管和刻度板 .....	71
3.2.5	时间轴部分和同步部分 .....	73
3.2.6	电源部分 .....	75
3.2.7	探头 .....	76
	(1) 直探头 .....	76
	(2) 斜探头 .....	78
	(3) 分割式直探头 .....	78
	(4) 水浸探头 .....	79
	(5) 间隙水浸探头 .....	80
	(6) 探头的标识 .....	82
3.2.8	高频电缆 .....	82
3.2.9	辅助电路 .....	84
	(1) 距离振幅补偿电路(DAC) .....	84
	(2) 闸门电路 .....	84
3.3	操作方法 .....	87

3.3.1	准备 .....	87
3.3.2	操作 .....	88
(1)	示波管部分的调整 .....	88
(2)	时间轴和增益的调整 .....	89
3.4	探伤仪的性能 .....	91
3.5	维修检查 .....	92
	习题 (第三章) .....	99
	习题答案 (第三章) .....	102
<b>第四章</b>	<b>超声波探伤的要点和垂直探伤的要点</b> .....	<b>103</b>
4.1	超声波探伤操作的要点 .....	103
4.1.1	探伤方法的种类 .....	103
(1)	按原理分类 .....	103
(2)	按显示方式分类 .....	103
(3)	按振动型式分类 .....	103
(4)	按探头个数分类 .....	104
(5)	按接触方法分类 .....	105
4.1.2	基本操作 .....	105
(1)	概要 .....	105
(2)	探头的操作方法 .....	107
(3)	测定范围的调整操作 .....	109
(4)	探伤灵敏度的调整操作 .....	112
4.1.3	探伤顺序 .....	113
(1)	探伤时间 .....	113
(2)	探伤方法的选定 .....	114
(3)	探伤装置的选定 .....	114
(4)	探伤方向 .....	114
(5)	频率 .....	115

(6)	晶片尺寸、折射角的选定 .....	116
(7)	探伤面及其修整 .....	117
(8)	耦合剂和耦合方法 .....	118
(9)	确定灵敏度的方式 .....	120
(10)	粗探伤和精探伤 .....	122
4.2	探伤图形的观察和评价 .....	123
4.2.1	回波位置的测定 .....	123
4.2.2	回波高度的测定 .....	124
4.2.3	回波高度的 dB 表示 .....	126
4.2.4	探伤图形的评价 .....	127
(1)	评价所用的回波 .....	127
(2)	探伤图形的表示符号 .....	128
(3)	迟到回波 .....	131
(4)	缺陷回波的评价方法 .....	132
(5)	报告书 .....	134
(6)	合格判定 .....	135
4.3	垂直探伤的要点 .....	135
4.3.1	探伤准备 .....	135
(1)	探伤方向 .....	135
(2)	探伤范围 .....	136
(3)	频率的选定 .....	137
4.3.2	探伤方法 .....	137
(1)	探伤面的修整 .....	137
(2)	耦合剂 .....	137
(3)	探伤灵敏度 .....	138
(4)	粗探伤和精探伤 .....	138
(5)	测定范围 .....	139

(6) 其他调度 .....	139
<b>4.3.3 使用特殊探头的方法</b> .....	139
(1) 全没水浸法 .....	139
(2) 局部水浸法 .....	140
(3) 间隙法 .....	140
(4) 喷流探伤法 .....	141
(5) 分割式探头探伤法 .....	142
<b>4.3.4 缺陷回波的评价</b> .....	142
(1) AVG 曲线图 .....	143
(2) 距离振幅的校正 .....	147
(3) 缺陷大小的推断 .....	147
<b>4.3.5 探伤顺序</b> .....	150
<b>习题 (第四章)</b> .....	152
<b>习题答案 (第四章)</b> .....	162
<b>第五章 板材的探伤</b> .....	165
<b>5.1 钢板的制造方法和缺陷</b> .....	165
<b>5.2 厚板的探伤</b> .....	167
5.2.1 探伤面和耦合剂 .....	167
5.2.2 探测频率 .....	167
5.2.3 探伤灵敏度 .....	170
5.2.4 探伤部位和扫查方法 .....	170
5.2.5 探伤图形 .....	172
5.2.6 叠加效应 .....	172
5.2.7 水浸法(包括局部水浸法、间隙法) .....	176
5.2.8 按回波高度对缺陷分类 .....	177
(1) 用分割式直探头时 .....	177
(2) 用直头探时 .....	177

5.2.9	缺陷指示长度的测定	177
5.2.10	探伤结果的记录	178
5.3	薄板探伤	178
5.3.1	板波的发生	179
5.3.2	用板波的探伤方法	180
(1)	使用波型和探伤装置	180
(2)	灵敏度调整	182
(3)	判定基准	183
5.3.3	用板波检出的缺陷	183
5.4	复合钢的探伤	185
5.4.1	复合钢的制法和缺陷	185
5.4.2	界面回波	185
5.4.3	复合钢的探伤	187
	习题 (第五章)	190
	习题答案 (第五章)	193
<b>第六章</b>	<b>铸锻钢件的探伤</b>	<b>195</b>
6.1	铸锻钢件的组织 and 缺陷	195
6.2	组织和衰减及草状回波	196
6.2.1	晶粒大小、晶粒组织和衰减及草状回波	196
6.2.2	有助于理解超声波衰减和草状回波的金相学	197
6.2.3	衰减的表示方法	199
(1)	钢板底波的多次反射	200
(2)	衰减程度的表示方法和测定方法	201
(3)	衰减系数的近似定义	201
(4)	用平板状试块测定衰减系数的方法	202
(5)	超厚板及粗圆棒的衰减系数测定方法	204
6.2.4	一般钢铁材料中的衰减表现	205

6.3	探伤面的修整和耦合剂	206
	(1) 铸造状态或锻造状态的探伤面	206
	(2) 机械加工的探伤面	206
6.4	探测频率	207
6.5	探伤灵敏度和测定范围	208
6.5.1	探伤灵敏度	208
	(1) 试块方式	209
	(2) 底波方式	209
6.5.2	测定范围	209
6.5.3	距离振幅的校正	209
6.6	探伤方向和扫查方向	211
6.7	探伤图形的分类	214
6.8	探伤结果的记录	216
	习题 (第六章)	218
	习题答案 (第六章)	220
<b>第七章</b>	<b>条钢的探伤</b>	<b>222</b>
7.1	条钢的制法和缺陷	222
7.2	组织、衰减及草状回波	223
7.3	圆柱面回波	223
7.4	探伤面的修整和耦合剂	225
7.5	探测频率	225
7.6	探伤灵敏度	226
7.6.1	灵敏度调整方法	226
	(1) 试块方式	226
	(2) 底波方式	226
7.6.2	距离振幅的校正	227
7.6.3	聚焦探头的使用	227

7.6.4	分割式探头的使用 .....	227
7.7	探伤方向和扫查方法 .....	227
7.7.1	手工探伤 .....	227
7.7.2	自动探伤 .....	229
7.8	缺陷和探伤图形 .....	230
7.9	探伤结果的记录 .....	230
	习题 (第七章) .....	234
	习题答案 (第七章) .....	236
<b>第八章</b>	<b>斜角探伤的要点</b> .....	<b>237</b>
8.1	概述 .....	237
8.2	斜角探伤的几何学 .....	237
8.3	探伤的准备 .....	243
8.3.1	频率、折射角和测定范围的选择 .....	244
(1)	频率的选择 .....	244
(2)	折射角的选择 .....	244
(3)	测定范围的选择 .....	244
8.3.2	斜探头入射点的测定 .....	245
8.3.3	测定范围的调整 .....	247
(1)	用斜探头调整横波的测定范围 .....	247
(2)	用直探头和斜探头调整横波的测定范围 .....	249
8.3.4	折射角的测定 .....	251
8.3.5	入射点、折射角和测定范围的综合校正 .....	252
8.3.6	距离波幅校正曲线的制作 .....	254
8.3.7	示波屏时间轴上的 $W_{0.5}$ 和 $W_{1s}$ 的标定 .....	257
8.3.8	探伤灵敏度的调整 .....	258
8.3.9	探伤面的修整和耦合剂 .....	260
8.3.10	探伤面的划线 .....	264

8.3.11 修正操作 .....	264
<b>8.4 探伤作业</b> .....	<b>262</b>
8.4.1 斜探头的扫查法 .....	264
8.4.2 粗探伤和精探伤 .....	266
8.4.3 缺陷长度的测定方法 .....	266
(1) NDIS-2404-74(JIS原案) .....	266
(2) 钢结构建筑焊缝的超声波检查标准 (日本建筑学会) .....	267
8.4.4 缺陷种类的推断方法 .....	267
<b>习题 (第八章)</b> .....	<b>268</b>
<b>习题答案 (第八章)</b> .....	<b>272</b>
<b>第九章 焊缝的探伤</b> .....	<b>273</b>
9.1 预备知识 .....	273
9.1.1 焊接法概要 .....	273
9.1.2 焊缝的接头形状 .....	274
9.1.3 焊缝的坡口形状 .....	275
9.1.4 焊接缺陷和超声波探伤的关系 .....	277
9.2 焊缝超声波探伤的一般顺序 .....	278
9.3 探伤方法 .....	280
(1) 对接焊缝的探伤 .....	280
(2) T型焊缝和角焊缝的探伤 .....	282
9.4 干扰回波(假讯号) .....	283
9.5 记录 .....	286
(1) 直接写在工件上 .....	286
(2) 探伤现场记录 .....	286
(3) 正式报告书 .....	286
<b>习题 (第九章)</b> .....	<b>292</b>



习题答案 (第九章)	293
<b>第十章 管材的探伤</b>	<b>296</b>
10.1 钢管的制造方法和缺陷	296
10.2 管材斜角探伤基础	297
10.2.1 管子探伤的几何学	298
(1) 折射角和内面入射角	298
(2) 探头距离及声程	299
(3) 半壁厚声程及半壁厚探头距离	301
10.3 直接接触法(包括间隙扫查法)	303
10.3.1 无缝钢管的超声波探伤	304
(1) 对比试块	304
(2) 折射角	304
(3) 测定范围	305
(4) 探伤灵敏度	305
(5) 探伤注意点	305
(6) 由曲面引起的折射角的扩散	305
(7) 折射角的测定	305
10.3.2 焊接管的超声波探伤	307
(1) 对比试块	307
(2) 折射角	308
(3) 测定范围	308
(4) 灵敏度调整	309
(5) 扫查	309
(6) 缺陷定位	309
10.4 水浸法	310
10.4.1 水浸探伤的基本方法	310
(1) 水层距离的选择	310