

超声探伤B

马羽宽 姜志明 李世荣 译

蔡清福 骆嘉龄 校

吉林科学技术出版社

71.563

465

2

D651/05

超声探伤 B

马羽宽 姜志明 李世荣 译

蔡清福 骆嘉龄 校



吉林科学技术出版社

1013175

内 容 提 要

该书叙述了超声探伤理论, 超声探伤仪器、标准试块、超声探伤方法和各种材料及零部件的探伤实例等。

本书可作为超声探伤Ⅰ级和Ⅱ级人员培训教材, 也可供从事无损检测的工程技术人员和高等院校有关专业的师生参考。

超 声 探 伤

马羽宽 姜志明 李世荣 译

蔡清福 骆嘉龄 校

吉林科学技术出版社出版发行

长春市印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 18印张 429,000字

1985年6月第1版 1985年6月第1次印刷

印数 1~5,000册

统一书号 13376·20 定价, 3.80元

译 序

超声探伤是一种广泛应用的探伤方法，这是因为超声探伤的效率高，成本低、穿透能力强。但是，对于从事超声探伤的人员来说，要具有一定的理论基础和实践经验，否则会影响探伤结果。为了提高我国从事超声探伤的工程技术人员和工人的水平，我们先后翻译了理论性较强的两部世界有名著作，一部是日本的《超声探伤法》，另一部是西德的《超声检测技术》。而这本《超声探伤 B》是日本的超声探伤人员培训教材，重点介绍各种材料和零部件的探伤方法和探伤实例，是一本比较好的教材和参考书。这本书的翻译出版对超声探伤人员的培训工作会议起到一定的作用。

该书是由日本非破坏检查协会编写的《超声探伤 B》最新版本译出的，参加译校工作的有机械工业部长春试验机研究所马羽宽、姜志明、骆嘉龄，汕头超声仪器研究所蔡清福和吉林工业大学李世荣。

由于时间仓促和我们的水平有限，所以，缺点和错误在所难免，望广大读者批评指正。

译 者

1985年6月



4013175

前 言

超声探伤使用于原材料、机械零件与构件制造和维修各个领域，其适用范围不断扩大。相应于扩大适用范围与提高探伤精度的要求，超声探伤装置和技术日趋发展。

本协会为初级技术人员发行了《超声探伤A》，作为高级技术人员的教科书，既然有了日本学术振兴会编的《超声探伤法》，就不想再去编写教材了。可是，该书写的稍似过于庞杂，通读感到困难。

所以，决定编写以高级技术人员为对象的教科书，只规定了各类对象都希望而必须理解及记住的内容。作为其准备阶段，《超声探伤I级人员培训讲义》经过了1976年和1977年两次编写和使用，其结果，确立了教科书的编写目标，决心编写出版本书。

本书是以已经掌握了《超声探伤A》与《超声探伤实验技术教程》的知识和技术者为对象的。所以，初学者至少要在学完《超声探伤A》之后才能学习本书。

本书欲作为超声探伤I级人员技术资格鉴定考试使用的教材。

本书只叙述I级人员一般的共同需要的内容。因此，专业性强的工作，例如，对于专门从事焊缝超声探伤的人员就不可避免地感到不充足。关于各个专业领域，可以阅读本协会会志《非破坏检查》的论文，本协会第2分科会资料、日刊工业新闻社发行的日本学术振兴会编《超声探伤法》（中译本由广东科技出版社出版，1981年）、《超声技术便览》和本协会编《非破坏检查便览》的Ⅲ编超声探伤、日本铸锻钢会发行的《锻钢件的超声探伤》、Springer发行的Krautkramer著《Ultrasonic Testing of Materials》（中译本由广东科技出版社出版，1984年）、美国National Technical Information Service发行的Gurvich著《Ultrasonic Flaw Detection of Joint welds (AD/A—002883)》、Ronald press发行的McMaste著《Nondestructive Testing Handbook》和世界无损检测会议的各届的论文集。另外，作为外国杂志有Materials Evaluation（美国）、British Journal of NDT、NDT International（英国）、Materialprüfung（西德）、Soviet Journal of NDT（Defektoskopiya英译）、Ultrasonics和Acoustica（瑞士）等。

1978年 8 月

日本非破坏检查协会

目 录

第 1 章 序论	1
1.1 超声探伤的历史	1
1.2 在无损检测中超声探伤的地位	2
1.3 对 I 级人员的要求	3
第 2 章 超声探伤理论	5
2.1 序	5
2.2 波动的种类	5
2.3 波动方程和迭加原理	6
2.4 声场和波面的 式	6
2.5 连续波和脉冲波	7
2.6 声的大小	7
2.7 声阻抗	8
2.8 声速	8
2.9 探伤方程式	9
2.10 电声转换——探头	10
2.11 发射脉冲	11
2.12 发射声场	12
2.12.1 概述	12
2.12.2 中心轴上的声压	12
2.12.3 远声场和指向系数	14
2.12.4 近声场	16
2.13 大底面的反射	16
2.14 小缺陷的反射	18
2.14.1 圆形平面缺陷	18
2.14.2 球形缺陷	18
2.14.3 圆柱形缺陷	18
2.15 伤的反射率和视在反射率	19
2.16 缺陷不在振子中心轴上的场合	20
2.17 缺陷倾斜的场合	21
2.18 AVG 曲线	22
2.19 倾斜入射的反射和折射	23
2.19.1 反射和折射定律	23
2.19.2 倾斜入射的效率	24
2.19.3 迟到反射波	24
2.19.4 倾斜入射时声压反射率	25
2.19.5 特殊路径的反射波	25

2.20	角反射	26
2.21	斜探头的指向性	26
2.22	层面反射	27
2.23	衰减和林状反射波	28
2.23.1	衰减系数	28
2.23.2	散射衰减理论	28
2.23.3	组织、衰减与林状反射波	29
2.23.4	衰减系数的测定方法	29
2.24	透镜效应	31
2.25	衍射作用	31
2.26	表面波	31
2.27	板波	32
第3章	超声探伤装置	33
3.1	探伤仪器的选择	33
3.1.1	仪器选择方法	33
3.1.2	选择装置时应注意的事项	34
3.1.3	选择探头时应注意的事项	35
3.1.4	其他用品的选择	37
3.2	A显示探伤装置的附加功能	37
3.2.1	附加在时间控制部分上的功能	37
3.2.2	灵敏度控制的附加功能	39
3.2.3	显示附加功能	40
3.2.4	信号输出功能	41
3.3	探头发展现状和难点	42
3.3.1	高分辨率探头	42
3.3.2	直接接触式聚焦探头	44
3.3.3	探伤衰减材料的探头	44
3.3.4	高温探头	45
3.3.5	自动探伤探头	46
3.3.6	电磁式探头	47
3.4	超声自动探伤系统	47
3.4.1	自动化半自动化的引入	48
3.4.2	自动探伤的现状	49
3.5	A显示以外的超声波探伤装置	50
3.5.1	B显示方式	50
3.5.2	C显示方式	50
3.5.3	复二维显示方式	51
3.5.4	超声波成象方式	51
3.5.5	频率分析方式	52

3.5.6 其他方式	53
3.6 仪器的保养与管理	53
3.6.1 保养管理规定的制定	54
3.6.2 保养管理	55
第4章 对比试块和标准试块	56
4.1 对比试块	56
4.1.1 对比试块的种类	56
4.1.2 对比试块的设计基础	56
4.1.3 对比试块的例	60
4.2 标准试块	64
4.2.1 标准试块与对比试块	64
4.2.2 标准试块的例	64
第5章 垂直探伤的基本问题	70
5.1 AVG 曲线	70
5.1.1 根据AVG曲线判断缺陷的大小	71
5.1.2 用AVG曲线求球形缺陷直径的方法	73
5.1.3 AVG曲线的适用范围	74
5.2 距离振幅特性曲线	75
5.2.1 概述	75
5.2.2 缺陷形状和距离振幅特性曲线	75
5.3 表面光洁度的影响(粗糙度的影响)	77
5.3.1 探伤面与探头之间隙和灵敏度	77
5.3.2 表面光洁度与探伤灵敏度	78
5.3.3 软质保护膜探头	78
5.4 试块方式和底面反射波方式	79
5.4.1 概述	79
5.4.2 探伤面粗糙的场合	80
5.4.3 有曲率的场合	80
5.4.4 近距离的场合	81
5.4.5 不能忽视衰减的场合	81
5.5 缺陷检出电平和定量化	81
5.6 缺陷大小与反射波高度	82
5.7 缺陷引起底面反射波的下降	83
5.8 缺陷尺寸的测定	83
5.9 分割型垂直探头的近距离探伤	84
5.10 晶体组织、衰减和林状反射波	84
第6章 斜角探伤的基本问题	86
6.1 斜角探头的声场	86
6.1.1 振子的视在尺寸	86

6.1.2	振子的视在位置	86
6.1.3	入射点的位置	87
6.1.4	近声场的极限距离	87
6.1.5	斜透过的效率	88
6.1.6	指向性	89
6.2	倾斜入射于平面缺陷	90
6.3	温度与折射角	91
6.4	探伤灵敏度和检测电平	92
6.5	耦合介质	93
6.6	距离振幅特性曲线和反射波高度区分线	94
6.7	修正操作	95
6.8	超声斜角探伤缺陷定量化的现状	96
6.8.1	缺陷定量化超声探伤的界限	96
6.8.2	AVG 曲线图	96
6.8.3	缺陷指示长度的测定	98
6.8.4	缺陷高度的测定	101
6.9	标准试块和对比试块	103
6.9.1	STB—A1 和 STB—A3	103
6.9.2	STB—A2 与 RB—4 关系	104
第 7 章	各种材料的特性和超声波特性	108
7.1	铸钢件	108
7.1.1	探伤对象的缺陷	108
7.1.2	铸钢件超声探伤的特征	110
7.1.3	探伤方法	111
7.1.4	对质量评价的考虑方法	113
7.1.5	探伤例	114
7.2	锻钢件	115
7.2.1	钢锭的性质	115
7.2.2	探伤对象的缺陷	116
7.2.3	结晶组织和超声衰减	119
7.2.4	锻钢件超声探伤的特征	121
7.2.5	关于操作标准	123
7.2.6	探伤实例	123
7.3	条钢	127
7.3.1	条钢的制造法	127
7.3.2	条钢中容易发生的缺陷	130
7.3.3	条钢的超声探伤	130
7.4	钢板	137
7.4.1	钢板的制造方法	137

7.4.2	钢板易发生的缺陷	139
7.4.3	厚钢板的超声探伤	141
7.4.4	薄钢板的超声探伤	147
7.5	钢焊缝	152
7.5.1	焊接	152
7.5.2	焊接法的种类	153
7.5.3	焊缝和坡口的种类	154
7.5.4	焊接缺陷的种类	155
7.5.5	焊接缺陷的容许限度	157
7.5.6	超声探伤的适用范围	158
7.5.7	焊缝的形状和适用探伤方法	158
7.5.8	缺陷反射波的特征	161
7.5.9	焊缝探伤的干扰反射波	162
7.5.10	探伤灵敏度和检出电平	164
7.5.11	STB-A2的 $\phi 4 \times 4\text{mm}$ 标准孔和焊接缺陷的关系	165
7.5.12	探伤操作前的准备	167
7.5.13	焊缝的自动探伤	169
7.6	管材	171
7.6.1	钢管的制造方法和缺陷	171
7.6.2	管材的探伤法	172
7.6.3	管材斜角探伤的基础	172
7.6.4	管材的手动探伤	175
7.6.5	管材的自动探伤	177
7.6.6	小径厚壁管的斜角探伤	182
7.6.7	薄壁细管的超声探伤	182
7.7	铝	183
7.7.1	铝的制造法	183
7.7.2	铝及其合金的种类	183
7.7.3	铝合金的特征和用途	184
7.7.4	铝合金的焊接性	186
7.7.5	声速的异向性对探伤的影响	187
7.7.6	铝合金的衰减及其对探伤的影响	189
7.7.7	锻件和轧制材料的探伤	190
7.7.8	铝焊缝的缺陷和超声探伤法	193
第8章	各种零件的探伤例	197
8.1	前言	197
8.2	铸锻件类	197
8.2.1	从涡轮机转子轴中心孔的探伤	198
8.2.2	轧辊外周表面缺陷的检查	199

8.2.3	车轴的探伤	199
8.2.4	车轮和钢轨的探伤	200
8.3	轧制材	200
8.3.1	板簧材的探伤	201
8.3.2	9%Ni 钢焊缝的探伤	201
8.4	管材	201
8.4.1	离心铸造管	202
8.4.2	HK-40管	202
8.4.3	异形钢管的探伤	202
8.4.4	其他	203
8.5	具有特殊焊缝的零部件的探伤	203
8.5.1	钢筋气体压接部的探伤	203
8.5.2	电子束焊缝的探伤	203
8.5.3	支撑护顶板焊缝	204
8.5.4	点焊焊点	204
8.5.5	滚焊焊缝	205
8.6	飞机零部件的保养检查	206
8.6.1	着陆传动装置	206
8.6.2	着陆传动装置的转矩连杆	206
8.6.3	蜂窝结构	206
8.6.4	涡轮机喷嘴壳体	206
8.6.5	轮	207
8.6.6	铝薄板的粘接	207
8.7	塑料的试验	207
8.7.1	玻璃纤维增强塑料(FRP)壳体、火箭发动机的试验	207
8.7.2	对碳素玻璃纤维增强塑料(CFRP)的应用	207
8.7.3	多层塑料透明板的板厚测定	208
8.8	其他	208
8.9	结语	208
第9章	保养检查	209
9.1	前言	209
9.2	保养检查例	209
9.2.1	发电厂的超声保养检查例	209
9.2.2	造船厂的超声保养检查例	210
9.2.3	国营铁道的保养检查例	210
9.2.4	高压容器的保养检查例	211
9.2.5	煤气制造设备保养管理用的例子	212
9.2.6	原子能发电站保养检查例	212
9.3	户外纵圆筒容器侧板和底板间的填角焊缝缝边裂纹的超声探伤方法	212

9.3.1	测定法	212
9.4	超声波厚度测定	215
9.4.1	术语的意义	215
9.4.2	超声厚度测定的原理	216
9.4.3	超声厚度计的构成	217
9.4.4	测定方法	221
9.4.5	实用例	222
第10章	规格书、要领书、程序书和报告书	224
10.1	规格书、要领书、程序书和报告书的关系	224
10.2	检查规格书	224
10.2.1	检查规格书的编制程序	224
10.2.2	检查规格书的样式及其注意事项	224
10.3	检查要领书	225
10.3.1	检查要领书的编制程序	225
10.3.2	检查要领书的样式及其注意事项	225
10.4	程序书	226
10.4.1	程序书的内容	226
10.5	报告书	226
10.6	编制检查要领书一例	226
10.6.1	检查规格书例	226
10.6.2	检查要领书的编制例	228
10.6.3	编制程序书的例子	232
10.6.4	检查报告书的例子	233
第11章	标准的读法	238
11.1	必须制定标准的背景	238
11.2	制定标准的历史	239
11.3	标准的分类和性质	242
11.4	标准的组成和解释的要点	243
11.4.1	一般地规定试验方法的标准	243
11.4.2	规定对试验方法具有辅助性质的内容的标准	243
11.4.3	限定试验对象,规定试验方法和等级分类的标准	244
11.4.4	JIS Z 3060—75 例子	244
11.4.5	ASME 锅炉、压力容器标准的例子	246
11.4.6	对 I 级技术人员要求掌握的标准知识	248
11.5	判定基准和标准适用的一些问题	250
11.5.1	非破坏试验和破坏试验	250
11.5.2	合格判定基准的考虑方法	251
第12章	超声探伤的应用	253
12.1	手动超声探伤法的一些问题和界限	253

12.2 调查研究.....	256
12.2.1 超声探伤能够得到的信息.....	256
12.2.2 情报收集.....	257
12.2.3 实验时的注意事项.....	258
12.3 指导新的人员和Ⅱ级技术人员时的要点.....	258
12.3.1 超声探伤技术人员所必要的资质.....	258
12.3.2 教育项目.....	259
12.3.3 Ⅱ级技术人员容易搞错的事项.....	259
12.3.4 探伤操作时的思想准备.....	260
第13章 超声探伤技术人员应具备的材料力学知识.....	263
13.1 弹性.....	263
13.2 应力—应变曲线图.....	264
13.3 弯曲.....	266
13.4 扭转.....	267
13.5 应力集中.....	267
13.6 应力集中与破坏.....	268
附 录.....	269

第 1 章 序 论

1.1 超声探伤的历史

采用超声波研究物体内部状态的方法始于1930年,当时就透过法进行了试验,因分辨能力差而未实际应用。

1944年和1946年,分别在美国和英国开发了脉冲反射式超声探伤仪。它们是随着第二次世界大战的雷达技术、声纳技术和脉冲技术的发展而被开发的。

日本的日本无线、三菱电机和帝国通信各公司从外国的情报着手,于1948年开始试制超声探伤仪器,从1951年开始渐渐用于锻钢件和厚钢板的无损检验。

这样,由于超声探伤技术渐渐地为钢铁、造船和机器制造业所采用,就有必要统一各公司的灵敏度,所以,日本学术振兴会于1953年制作并颁布了学振STB—1试块。

当初的超声探伤仪是以脉冲反射式超声探伤仪为主的,这同现在一样,共振式超声测厚计除能测厚而外,还可以使用于薄钢板的垂直探伤。连续波透过法探伤仪因电路简单、便宜并易于自动记录,曾受到重视,但因缺陷的检测能力本质上就不如脉冲反射法,所以未能普及。井元的理论和实践研究,丹羽的直视式厚度计的研究发表于1954年。

1956年,《超声探伤法》(学振编)在世界上最先出版,自动探伤、自动记录和管材的斜角探伤等等也都出现了,现在的超声探伤技术(以下略称UT)基本内容几乎全出现了。

1957年,制定了车轴的超声探伤标准。

1958年,制定了JIS Z 2344标准。确定了IIW试块的形状尺寸。并且开始了UT技术在医学上应用,开发了锆钛酸铅振子。

1959年,Krautkramer发表了关于AVG线图的论文。美国发行了无损检测手册(NDT handbook)。同时决定第三届国际无损检测会议于1960年在日本召开,日本非破坏检查协会(NDT)的各小委员会活动活跃。

1960~1962年,就船用锻钢件制定了造船关连工业会的标准,锻钢会集中力量开展了共同研究,利用衰减器的UT定量化迅速发展。制造钢轨探伤车,进行高温探伤试验。发行了Krautkramer的《超声检测技术》。

1963年,发表ASME的锅炉压力容器标准的第Ⅲ部份,规定了焊缝的超声探伤。开始制作并颁布STB—G的前身学振STB—Ⅲ试块,另外,回波高度的分贝(dB)表示法也普及了。

1964年,是UT重要的一年。欧洲尤其西德的超声探伤仪的性能(尤其灵敏度、分辨率和放大器线性)优良,始于1951年但迟迟没有进展的焊缝超声探伤问题,用西德的探伤仪就能够很好地解决,这为NDI202小委员会利用引进的探伤仪进行的综合试验所证实。这一年围绕Sperry和Krautkramer公司专利纠纷的贸易协定期满,Krautkramer公司的小型探伤仪USK4首先由国铁引进,验证了其性能的优良。日本探伤仪生产厂和用户受到很大冲击。此后的五年间,日本探伤仪生产厂处境艰难。学振的《超声探伤法》一书由日刊工业发行也是在这一年,另外制定了钢板超声探伤标准HPIS—F103。

1965年,是焊缝超声探伤的重要的一年。也就是决定采用UT检查东京都的自来水管道

焊缝,制定了标准。反复进行试验与实验,1958年开始研究的STB—A2试块,可是存在着表面波的问题,作不出合适的试块,为满足自来水管道的UT的迫切需要,制作颁布了STB—A2T试块。由于这种STB没有多少改善,所以仍然还使用STB—A2。取得沿新干线运行的铁轨探伤车成果,发布通产省令及通知,实际应用板波也是在这一年。

1966~68年,制定了分辨能力和放大线性非破坏检查协会标准(NDIS),奠定了提高日本探伤仪性能的基础。学术振兴会开展了钢板自动探伤的共同研究,自动探伤技术得到迅速发展。另外,ASME标准中的焊缝UT标准进行了大幅度修改,大体上就是现行的内容。制定颁布了STB—A1试块。

1969年,202小委员会提出制定JIS Z 3060的建议。发表了日本产的小型探伤仪,出现了脉冲反射式数字式厚度计。在日本高压力技术协会中设立了声发射委员会。开始执行无损检测人员资格鉴定制度。

1970~72年,制定了标准刻度板,基本上确定了现行探伤仪示波管的刻度板。制定了JIS Z 3060前身的NDIS 2404—70标准。其他还进行了超声全息,回波的频谱分析,用分割型直探头探伤等工作,制定颁布STB—A3试块等。

1973年,大幅度修订了JIS Z 2344标准,制定Z 2345—49标准。出现了携带式小型数字式厚度计,对维修检查发挥了很大作用。证实了斜角探伤对裂纹深度测定的可能性,还给出了理论根据。

1974年,制定了压力容器钢板的UT标准JIS G 0801,还对几年前就很盛行的建筑焊缝制定了建筑学会标准。由探伤装置制造者协会发表了探伤维修检定基准。大幅度修订了NDI的《超声探伤试验A》,并修改了《实习教材》,形成《实际技术教材》。进一步修订学振的《超声探伤法》。

1975年,制定了以NDIS2404为基础的JIS Z 3060标准。压力容器的声发射(AE)检测渐渐兴盛起来。因为水岛的石油流出事故,使罐体的UT方法的研究活跃起来了。还开始了关于锻钢件垂直探伤包括软质保护膜影响的再次讨论。

1976~77年,由于强调了焊缝缺陷深度(厚度方向的尺寸)与断裂力学的关系,采用斜角探伤法缺陷深度测量的研究开始活跃。而且,认为点聚焦斜角探头探伤法有效。

1.2 在无损检测中超声探伤的地位

无损检测常常用于以材料和焊缝缺陷为对象的质量管理或质量评价。

—超声探伤试验(UT)和射线探伤试验(RT)都可称为体积探伤试验(Volumetric Examination),因为它们是以内部和表面所有缺陷为对象的。由于UT和RT检测缺陷的原理不同,分别有其易于检测的缺陷和难于检测的缺陷。

UT最大的优点是检测裂纹等面状缺陷的能力比RT明显的优越。高强度钢等材料强度越高对于裂纹的危害就越敏感,裂纹引起的强度下降就越显著。所以材料的强度越高,就越应该注重检测裂纹。为此,必须选择使超声波尽量垂直于裂纹面入射的探伤方法。

UT最大缺点是很难识别缺陷的种类。根据缺陷发生的位置、采用各种扫查(前后扫查、左右扫查和振子扫查)方法时回波高度及其波形变化和积累的经验(由切断试验或切除试验验证缺陷)可以识别缺陷种类的情况是不少的,但是识别的几率还是不够的。

对于表面缺陷的检测,比磁粉探伤(MT)和浸透探伤(PT)的检出几率低。但是对表面裂

纹深度, UT要比MT和PT得到的信息多, 在某种程度上可以定量地测定。

UT最易受金属组织尤其是晶粒大小的影响。即常常有这样的情况, 如果组织是微细的, 即使 2 m厚的试件也可能容易地用UT检查; 若组织粗大, 即使 50mm 厚的试件也不可能采用 UT 检查。

如上所述, UT具有与其他无损检测试验方法不同的特征, 所以必须发挥UT之长处, 用其他方法弥补它的不足。

1.3 对 I 级人员的要求

理想的超声探伤 I 级人员应具备下述条件。当然要求完全掌握这些项目是过分的, 但是对于自己专业范围及其边缘, 高级的技术人员应是必备的。

(1) 能够正确地进行探伤操作。

探伤操作有两种情况, I 级人员直接操作和让 II 级人员操作。后者、遇到疑难问题时, I 级人员必须能够做到亲自正确地进行探伤操作。

(2) 要基本掌握缺陷的评价

例如, 要充分掌握下述事项, 并必须能够反映在探伤操作中。

a) 探头与工件的接触

是定量处理反射波高度的基础, 要能够充分掌握表面光洁度、曲率、接触介质、频率、探头结构与反射波高度乃至超声波的传递效率之间的关系。

b) AVG 曲线图

从基本理论直到使用方法都能够向别人解释清楚。

c) 理论与实际的关系

包括AVG曲线在内, 在理论上处理方便的是简单形状的缺陷。然而, 自然缺陷即使是象裂纹那样的通常视为平面状的缺陷也是凹凸和弯曲的。所以, 与理论的平面缺陷常常是不同的。另外, 砂眼与理论球形缺陷也常常有些差异。从而, 以单纯形状缺陷为对象的理论结果与以自然缺陷为对象的实验结果通常是不大一致的。这是理论的不足之处, 但是, 这不同于理论不符合实际。

I 级无损检测人员一般都不是研究人员, 所以, 不要求掌握超过本书、《非破坏检查便览》和学振编《超声探伤法》(日刊工业出版)的内容。作为 I 级人员必须尽量定量地掌握理论与实际符合的程度。

d) 缺陷尺寸的测定方法

采用 UT 能正确地求得缺陷尺寸的场所是有限的, 一般是相当困难的。因而, 要能够提出种种试验方法。I 级人员针对自己专门检查的材料, 必须充分掌握要采用什么方法、其原理是什么, 实际精度和困难是什么。

e) 距离振幅特性曲线

必须掌握与 AVG 曲线之间的关系, 与第 2 章的理论之间的关系和衰减的影响。希望掌握用于制作距离振幅特性曲线的STB或RB试块上人工缺陷形状的影响和自然缺陷的距离振幅特性。

f) 试块方式和底面反射波方式

要能够理解两者的理论是同一的。若认真讨论一下AVG曲线, 这一点就应该是很清楚

的。可是若从现场的角度出发，则必须掌握在什么地方产生不同及其如何处理的方法。

(3) 要能够解释标准，指出适用范围和局限性

标准反映的是制定时期的技术水平，有非常好的地方，也有牵强附会之处。标准也是利害相冲突的人相互妥协的产物，所以也存在蹙足的地方。对于试验需要的时间和费用过大的地方，实际上又没什么危害，常常省略这部份的试验。I级人员只记住标准条文不行，要能站在标准制定者的立场上加以解释，能够把条文中没有表现出来的问题挖掘出来加以评论。在认识了这个问题的基础上，必须掌握这个标准应该怎样使用。

另外，必须能够编制基于这个标准的要领书和工艺书。

(4) 遇到新现象和不可解的现象的时候，要具有解释的态度和若干能力。

(5) 对于现行探伤方法的改进或者新方法的创造，要具有改革技术的姿态和若干能力。必须认识到能力是经过努力锻炼出来的。

(6) 能够培养和指导II级人员。NDI的培训班主要受时间限制，处于不能充分进行教育的状态。所以，I级人员在各自的工作岗位上，不仅必须能够以自己的经验而且要以正确的方法教育和指导II级人员。

(7) 要熟悉专门的产品

例如，在锻钢的场合，必须知道容易发生的缺陷，容易发生的部位及其与炼钢、铸锭、锻造和热处理方法之间的关系。另外，要熟悉这种缺陷的检测方法、缺陷定量的评价方法和各种修正及其与相关标准的关系。

对于专门产品和材料的UT，只用本书是不够的，尚需研究其他书籍、杂志和论文。

从强度角度还必须能够对下列问题进行若干考察，什么样的缺陷在什么位置上是最有害的，在什么位置上是不大要紧的，作用应力的种类与大小，应力集中与材料韧性的关系。

《非破坏试验概论》1975A的7.2节“应力与应变的关系”是最低要求的知识，还需要有弯曲和扭转应力分布的知识。

(8) 要充分了解相邻的材料

例如，作为专门从事焊缝UT的I级人员，除必须具备焊缝RT、MT和PT的很多知识外，在钢板焊缝的情况下，还必须充分掌握钢板缺陷及其对焊接的影响，以及钢板的探伤。

(9) 要认识无损检测人员的立场和任务。

(10) 要懂得无损检测的任务和界限。

(11) 要熟悉各种超声探伤法及其意义。

(12) 对于自己的专门领域，要不懈地收集情报，要有经常吸取新知识的态度。