

波

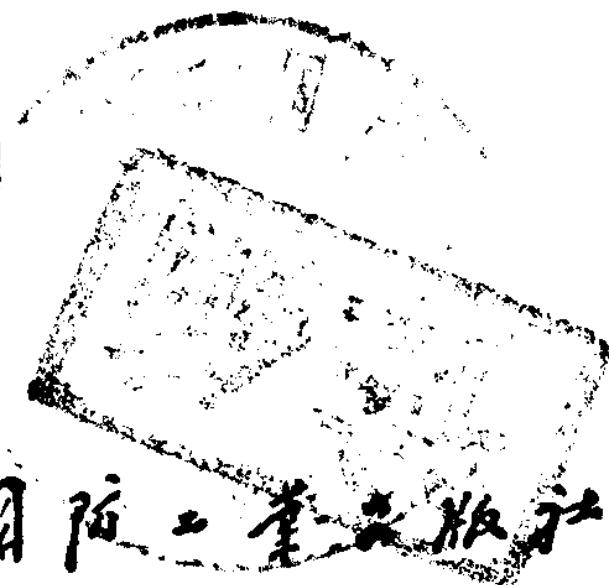
探伤技术及探伤仪

國防工業出版社



超声波 探伤技术及探伤仪

《超声波探伤技术及探伤仪》编写组 编



国防工业出版社

4008760

内 容 简 介

本书共分两部分，其一，比较详细地介绍了超声波探伤的物理基础，各种探伤方法、波形及金属材料或非金属材料的探伤实例；其二，介绍了几种典型仪器的线路分析及仪器的维护、调整和修理。

本书比较浅显易懂，插图较多，以利于读者在实践中参考、使用。适用于从事超声波探伤技术的广大工人、技术人员。

超声波探伤技术及探伤仪

《超声波探伤技术及探伤仪》编写组 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张19³/₈ 445千字

1977年9月第一版 1977年9月第一次印刷 印数：00,001—10,500册

统一书号：15034·1575 定价：1.60元

(限国内发行)

目 录

第一篇 超声波探伤技术

第一章 超声波探伤的物理基础

第一节 超声波及其波型	11
一、波与声波	11
二、超声波	12
三、超声波的波型	12
第二节 声波的传播速度	13
一、气体和液体中的声速	13
二、固体中的声速	14
三、兰姆波的声速	15
第三节 声场	16
一、扩散角	16
二、近场区及远场区	19
第四节 声波在界面上的反射和折射	21
一、声波的反射和折射	21
二、波型转换	24
三、入射角度与反射波及折射波能量的关系	27
四、缺陷反射率	27
第五节 声波的产生	31
一、纵波与横波的产生	31
二、表面波的产生	31
三、兰姆波的产生	32
第六节 声波的衰减	35
一、衰减因素	35
二、分贝(dB)	36
三、衰减系数	37
四、晶粒度的测定	40
五、衰减与探伤的关系	42

第二章 超声波探伤法

第一节 超声波探伤法的分类	43
第二节 接触法与液浸法	43
一、接触法	43
二、液浸法	44
三、液浸法与接触法的特点	45
第三节 反射法	47
一、脉冲反射法	47
二、连续波(共振)法	51
三、调频波法	52
第四节 穿透法	52
一、连续波穿透法	52
二、脉冲波穿透法	54

第五节 探测条件的选择	54
一、耦合剂的选择	54
二、对工件表面光洁度的要求	55
三、频率的选择	55
四、探头的选择	56
五、探伤方法的选择	56
六、灵敏度的调节	56
七、探测面的选择	57
八、探头的移动速度与压力	57

第三章 探伤波形

第一节 波形名称	58
一、基本波形名称	58
二、导出波形	58
第二节 影响探伤波形高度的因素	59
一、接触条件的影响	60
二、工件的影响	60
三、缺陷的影响	62
四、仪器的影响	63
五、探头的影响	63
第三节 波形的辨别	64

第四章 缺陷的定位、定量、定性

第一节 缺陷的定位	65
一、纵波探伤的定位	65
二、横波探伤的定位	66
第二节 缺陷的定量	73
一、当量法	74
二、以底波强度为基础的定量法	79
三、以波束指向性为基础的定量法	80
四、DGS曲线定量法	82
五、作图法	86
第三节 缺陷的定性	87
一、常见的缺陷及其形成原因	87
二、缺陷性质的估计	88
三、各种缺陷的波形特征	91

第五章 锻铸件的探伤

第一节 锻件探伤	93
一、探伤次序	93
二、探测条件	93
三、大型锻件探伤	94
四、小型锻件探伤	97
五、锻件中的典型缺陷与波形	98
第二节 铸件探伤	99

1008723

一、铸件探伤的特点	99
二、铸件探伤的方法	99
三、铸钢件探伤	100
四、铸铁件探伤	100
五、铸件中的典型缺陷与波形	101
第六章 焊缝探伤	
第一节 对接焊缝探伤	103
一、探伤前的准备工作	103
二、薄板对接焊缝探伤	104
三、中板对接焊缝探伤	106
四、厚板对接焊缝探伤	108
五、假讯号辨别	108
六、焊缝中的典型缺陷与波形	110
第二节 角焊、点焊探伤	111
一、T型焊缝探伤	111
二、搭接焊缝探伤	112
三、接管焊缝探伤	112
四、点焊焊缝探伤	112
第七章 板材、复合材料探伤	
第一节 板材探伤	113
一、中、厚板探伤	113
二、薄板探伤	117
三、板材中的典型缺陷与波形	120
第二节 复合材料探伤	121
一、复合板的探伤	121
二、轴瓦的探伤	122
三、复合材料的典型缺陷与波形	124
第八章 钢管、型材及铆接件探伤	
第一节 钢管探伤	125
一、纵向缺陷的探测	125
二、横向缺陷的探测	129
三、钢管自动探测	129
四、钢管中的典型缺陷与波形	131
第二节 型材探伤	132
一、钢轨探伤	132
二、棒材探伤	134
三、方型钢材、线材探伤	135
四、型材中的典型缺陷及波形	136
第三节 铆接件探伤	138
一、铆钉探伤	138
二、铆钉孔探伤	138
第九章 非金属材料探伤	
第一节 塑料探伤	139
一、塑料的声学特性	139
二、塑料中缺陷的探测	140
三、粘接强度的测量	140
第二节 陶瓷——高压瓷瓶的探伤	141
一、纵向裂纹的探测	141

二、横向裂纹的探测	141
三、气孔率测定	142
第三节 橡胶探伤	142
第十章 参考试块	
第一节 参考试块的用途	143
一、可测定仪器及探头的性能	143
二、调整和控制探伤灵敏度	143
三、确定缺陷的大小	143
第二节 常用的参考试块	143
一、定量（定位）用参考试块	143
二、校验用参考试块	147
三、其他试块	148

第二篇 探 伤 仪

第一章 超声波探伤仪的类型

第一节 概述	151
第二节 超声波设备的分类	151
一、超声检测（控制）设备	151
二、超声处理（加工）设备	152
第三节 超声波探伤仪的分类	152
一、以声源的能动性来分（广义的分类）	152
二、以声波的连续性来分	152
三、以缺陷的显示方式来分	153
四、以声波的通道来分	153
第四节 脉冲超声波探伤仪	154
一、A型显示探伤仪	154
二、B型显示探伤仪	159
三、C型显示探伤仪	160
四、脉冲超声波探伤仪主要参数	160
第五节 连续超声波探伤仪	161
一、基本原理和特点	161
二、超声显象	162
第六节 调频超声波探伤仪	163
一、基本原理和特点	163
二、调频方法	164
第七节 超声波测厚仪	165
一、共振式超声波测厚仪	165
二、脉冲式超声波测厚仪	168
三、兰姆波测厚仪	170
第八节 多通道超声波探伤仪	170
一、基本原理	170
二、脉冲切换电路	172
第九节 自动化探伤设备	173

第二章 超声波探伤仪的基本电路

第一节 微分电路与积分电路	176
一、用途及种类	176
二、稳态与暂态	176
三、时间常数	176

四、RC 电路暂态分析	176	五、压电晶体的几个参数	215
五、时间常数与波形的关系	178	六、几种压电体性能的比较	217
六、微分电路	178	第二节 探头	218
七、积分电路	179	一、用途及种类	218
第二节 触发波电路 (同步电路)	179	二、直探头	218
一、用途及种类	179	三、斜探头	220
二、矩形波变换电路	179	四、表面波探头	221
三、正弦波变换电路	180	五、兰姆波探头	221
四、双基极二极管电路	180	六、可变角探头	221
五、讨论	180	七、双探头	221
第三节 发射电路	181	八、水浸探头	222
一、用途及种类	181	九、聚焦探头	222
二、谐振式发射电路	181	十、其他探头	224
三、非谐振式发射电路	182	十一、探头的几个重要因素	224
四、讨论	182	第四章 超声波探伤仪线路分析	
第四节 放大电路	183	第一节 江南 I 型 C 超声波探伤仪	226
一、用途及种类	183	一、技术参数	226
二、放大倍数与频带宽度	183	二、线路分析	226
三、调谐放大器	185	三、电路原理	228
四、单调谐放大器	187	第二节 CTS-6 型超声波探伤仪	233
五、二级参差调谐放大器	189	一、技术参数	233
六、三级参差调谐放大器	190	二、线路分析	233
七、讨论	191	三、电路原理	239
第五节 矩形波电路	191	第三节 JTS-3 型超声波探伤仪	240
一、用途及种类	191	一、技术参数	240
二、基本原理	192	二、线路分析	241
三、非稳态电路	192	三、电路原理	242
四、单稳态电路	195	第四节 JGT-2 型钢轨探伤仪	255
五、双稳态电路	198	一、技术参数	255
六、讨论	199	二、线路分析	256
第六节 锯齿波电路	199	三、电路原理	260
一、用途及种类	199	第五节 CTS-10 型非金属超声波检测仪	264
二、基本原理	200	一、技术参数	264
三、正反馈锯齿波电路 (自举电路)	201	二、线路分析	265
四、负反馈锯齿波电路 (密勒电路)	203	三、电路原理	268
五、扫描线 (时间基线)	205	第六节 CCH-5 型超声波测厚仪	270
六、讨论	206	一、技术参数	270
第七节 标距波电路	206	二、线路分析	271
一、用途及种类	206	三、电路原理	273
二、摇铃标距电路	207	第五章 超声波探伤仪的维护修理与调整	
三、间歇振荡标距电路	209	第一节 维护	278
四、活动标距波电路	210	一、电子仪器的可靠性	278
五、精密标距电路	210	二、电子仪器的故障	278
六、讨论	211	三、电子仪器的维护	278
第三章 电声换能器与探头		第二节 修理概述	279
第一节 电声换能器	213	第三节 故障的检查程序和方法	279
一、用途及种类	213	一、“由表及里”	279
二、压电晶体	213	二、“从后往前”	280
三、压电效应	213		
四、压电体的动态特性	214		

三、“先易后难”	280	五、盲区的调整	295
四、“眼看、手摸、鼻闻、耳听”	280	六、固定距离标志的调整	295
五、仪表测量法	280	第六节 用参考试块测定超声波探伤仪	296
六、元件置换法	281	一、参考试块的用途	296
第四节 故障检修	281	二、时间基线(扫描线)线性的测定	296
例一、没有发射波(有扫描线)	281	三、放大器线性的测定	296
例二、灵敏度低	282	四、灵敏度的测定	296
例三、没有扫描线	285	五、盲区的测定	297
例四、扫描线太短	285	六、分辨力的测定	297
例五、扫描线跳动	286	七、斜探头波束零点线的校正	298
例六、扫描线后半根光淡	286	八、折射角的测定	298
例七、无标距波(有扫描线)	286	九、斜探头真零点的校正	298
例八、报警电路的故障	286	附图 1 江南 I 型 C 超声波探伤仪电路	299
例九、阳极射线示波管的故障	287	附图 2 CTS-6 型超声波探伤仪电路	300
例十、电源的故障	289	附图 3 JTS-3 型超声波探伤仪电路	301
例十一、JTS-3 型故障检修示例	290	附图 4 JGT-2 型钢轨探伤仪方块	302
第五节 调整	292	附图 5 JGT-2 型钢轨探伤仪电路	303
一、发射频率的调整	292	附图 6 CTS-10 型非金属超声波检 测仪电路	304
二、发射波脉冲宽度的调整	294		
三、放大器的调整	294		
四、灵敏度的调整	295		

超声波 探伤技术及探伤仪

《超声波探伤技术及探伤仪》编写组 编

内 容 简 介

本书共分两部分，其一，比较详细地介绍了超声波探伤的物理基础，各种探伤方法、波形及金属材料或非金属材料的探伤实例；其二，介绍了几种典型仪器的线路分析及仪器的维护、调整和修理。

本书比较浅显易懂，插图较多，以利于读者在实践中参考、使用。适用于从事超声波探伤技术的广大工人、技术人员。

超声波探伤技术及探伤仪

《超声波探伤技术及探伤仪》编写组 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张19³/₈ 445千字

1977年9月第一版 1977年9月第一次印刷 印数：00,001—10,500册

统一书号：15034·1575 定价：1.60元

(限国内发行)

前 言

超声波探伤法是无损检验（不破坏材料）的一种方法。近年来，特别是无产阶级文化大革命以来，超声波探伤法得到了广泛的应用。

无产阶级文化大革命是促进科学技术发展的强大推动力。广大探伤工人和技术人员，遵照伟大领袖毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来赶上和超过世界先进水平”的教导，以阶级斗争为纲，努力研究、实践和发展了超声波探伤技术，并已使它成为一种主要的探伤方法。在探伤仪器方面，也有了迅速提高，制成了多通道自动化专用设备。

“超声波探伤法”这一术语，就广义而言，不仅可探测金属及非金属材料的缺陷（内部和表面的），还可测定材料的厚度（如锅炉壁厚）、强度（如混凝土及塑料），高度（如油槽液面高度），在医学诊断上，还可早期发现病变（如肝炎等）。

超声波可用连续波、调频波及脉冲波进行探伤，而以脉冲波为主。超声波之所以能探伤，主要是利用超声波的传播能量大，方向性好及在不同介质的界面上具有反射的特性。超声波探伤的优点是：灵敏度高，穿透力强，探伤灵活，仪器轻便，效率高，成本低，对人体无害。

遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”的教导，我们根据过去做的一些工作，并收集了有关单位的丰富经验，编写了这本《超声波探伤技术及探伤仪》，供从事超声波探伤方面的广大工人和技术人员在实践中参考。

参加本书编写的单位有：江南造船厂，沪东造船厂，四川江云机械厂等，在编写过程中，还得到了有关单位的大力支持和协助，在此表示衷心的感谢！

由于我们的政治思想和业务水平不高，实践经验少，加之时间仓猝，书中一定存在缺点，甚至错误，请同志们提出宝贵意见。

《超声波探伤技术及探伤仪》 编写组

目 录

第一篇 超声波探伤技术

第一章 超声波探伤的物理基础

第一节 超声波及其波型11

- 一、波与声波11
- 二、超声波12
- 三、超声波的波型12

第二节 声波的传播速度13

- 一、气体和液体中的声速13
- 二、固体中的声速14
- 三、兰姆波的声速15

第三节 声场16

- 一、扩散角16
- 二、近场区及远场区19

第四节 声波在界面上的反射和折射21

- 一、声波的反射和折射21
- 二、波型转换24
- 三、入射角度与反射波及折射波能量的关系27
- 四、缺陷反射率27

第五节 声波的产生31

- 一、纵波与横波的产生31
- 二、表面波的产生31
- 三、兰姆波的产生32

第六节 声波的衰减35

- 一、衰减因素35
- 二、分贝(dB)36
- 三、衰减系数37
- 四、晶粒度的测定40
- 五、衰减与探伤的关系42

第二章 超声波探伤法

第一节 超声波探伤法的分类43

第二节 接触法与液浸法43

- 一、接触法43
- 二、液浸法44
- 三、液浸法与接触法的特点45

第三节 反射法47

- 一、脉冲反射法47
- 二、连续波(共振)法51
- 三、调频波法52

第四节 穿透法52

- 一、连续波穿透法52
- 二、脉冲波穿透法54

第五节 探测条件的选择54

- 一、耦合剂的选择54
- 二、对工件表面光洁度的要求55
- 三、频率的选择55
- 四、探头的选择56
- 五、探伤方法的选择56
- 六、灵敏度的调节56
- 七、探测面的选择57
- 八、探头的移动速度与压力57

第三章 探伤波形

第一节 波形名称58

- 一、基本波形名称58
- 二、导出波形58

第二节 影响探伤波形高度的因素59

- 一、接触条件的影响60
- 二、工件的影响60
- 三、缺陷的影响62
- 四、仪器的影响63
- 五、探头的影响63

第三节 波形的辨别64

第四章 缺陷的定位、定量、定性

第一节 缺陷的定位65

- 一、纵波探伤的定位65
- 二、横波探伤的定位66

第二节 缺陷的定量73

- 一、当量法74
- 二、以底波强度为基础的定量法79
- 三、以波束指向性为基础的定量法80
- 四、DGS曲线定量法82
- 作图法86

第三节 缺陷的定性87

- 一、常见的缺陷及其形成原因87
- 二、缺陷性质的估计88
- 三、各种缺陷的波形特征91

第五章 锻铸件的探伤

第一节 锻件探伤93

- 一、探伤次序93
- 二、探测条件93
- 三、大型锻件探伤94
- 四、小型锻件探伤97
- 五、锻件中的典型缺陷与波形98

第二节 铸件探伤99

一、铸件探伤的特点	99
二、铸件探伤的方法	99
三、铸钢件探伤	100
四、铸铁件探伤	100
五、铸件中的典型缺陷与波形	101
第六章 焊缝探伤	
第一节 对接焊缝探伤	103
一、探伤前的准备工作	103
二、薄板对接焊缝探伤	104
三、中板对接焊缝探伤	106
四、厚板对接焊缝探伤	108
五、假讯号辨别	108
六、焊缝中的典型缺陷与波形	110
第二节 角焊、点焊探伤	111
一、T型焊缝探伤	111
二、搭接焊缝探伤	112
三、接管焊缝探伤	112
四、点焊焊缝探伤	112
第七章 板材、复合材料探伤	
第一节 板材探伤	113
一、中、厚板探伤	113
二、薄板探伤	117
三、板材中的典型缺陷与波形	120
第二节 复合材料探伤	121
一、复合板的探伤	121
二、轴瓦的探伤	122
三、复合材料的典型缺陷与波形	124
第八章 钢管、型材及铆接件探伤	
第一节 钢管探伤	125
一、纵向缺陷的探测	125
二、横向缺陷的探测	129
三、钢管自动探测	129
四、钢管中的典型缺陷与波形	131
第二节 型材探伤	132
一、钢轨探伤	132
二、棒材探伤	134
三、方型钢材、线材探伤	135
四、型材中的典型缺陷及波形	136
第三节 铆接件探伤	138
一、铆钉探伤	138
二、铆钉孔探伤	138
第九章 非金属材料探伤	
第一节 塑料探伤	139
一、塑料的声学特性	139
二、塑料中缺陷的探测	140
三、粘接强度的测量	140
第二节 陶瓷——高压瓷瓶的探伤	141
一、纵向裂纹的探测	141

二、横向裂纹的探测	141
三、气孔率测定	142
第三节 橡胶探伤	142
第十章 参考试块	
第一节 参考试块的用途	143
一、可测定仪器及探头的性能	143
二、调整和控制探伤灵敏度	143
三、确定缺陷的大小	143
第二节 常用的参考试块	143
一、定量（定位）用参考试块	143
二、校验用参考试块	147
三、其他试块	148

第二篇 探 伤 仪

第一章 超声波探伤仪的类型

第一节 概述	151
第二节 超声波设备的分类	151
一、超声检测（控制）设备	151
二、超声处理（加工）设备	152
第三节 超声波探伤仪的分类	152
一、以声源的能动性来分（广义的分类）	152
二、以声波的连续性来分	152
三、以缺陷的显示方式来分	153
四、以声波的通道来分	153
第四节 脉冲超声波探伤仪	154
一、A型显示探伤仪	154
二、B型显示探伤仪	159
三、C型显示探伤仪	160
四、脉冲超声波探伤仪主要参数	160
第五节 连续超声波探伤仪	161
一、基本原理和特点	161
二、超声显象	162
第六节 调频超声波探伤仪	163
一、基本原理和特点	163
二、调频方法	164
第七节 超声波测厚仪	165
一、共振式超声波测厚仪	165
二、脉冲式超声波测厚仪	168
三、兰姆波测厚仪	170
第八节 多通道超声波探伤仪	170
一、基本原理	170
二、脉冲切换电路	172
第九节 自动化探伤设备	173

第二章 超声波探伤仪的基本电路

第一节 微分电路与积分电路	176
一、用途及种类	176
二、稳态与暂态	176
三、时间常数	176

四、RC 电路暂态分析	176	五、压电晶体的几个参数	215
五、时间常数与波形的关系	178	六、几种压电体性能的比较	217
六、微分电路	178	第二节 探头	218
七、积分电路	179	一、用途及种类	218
第二节 触发波电路 (同步电路)	179	二、直探头	218
一、用途及种类	179	三、斜探头	220
二、矩形波变换电路	179	四、表面波探头	221
三、正弦波变换电路	180	五、兰姆波探头	221
四、双基极二极管电路	180	六、可变角探头	221
五、讨论	180	七、双探头	221
第三节 发射电路	181	八、水浸探头	222
一、用途及种类	181	九、聚焦探头	222
二、谐振式发射电路	181	十、其他探头	224
三、非谐振式发射电路	182	十一、探头的几个重要因素	224
四、讨论	182	第四章 超声波探伤仪线路分析	
第四节 放大电路	183	第一节 江南 I 型 C 超声波探伤仪	226
一、用途及种类	183	一、技术参数	226
二、放大倍数与频带宽度	183	二、线路分析	226
三、调谐放大器	185	三、电路原理	228
四、单调谐放大器	187	第二节 CTS-6 型超声波探伤仪	233
五、二级参差调谐放大器	189	一、技术参数	233
六、三级参差调谐放大器	190	二、线路分析	233
七、讨论	191	三、电路原理	239
第五节 矩形波电路	191	第三节 JTS-3 型超声波探伤仪	240
一、用途及种类	191	一、技术参数	240
二、基本原理	192	二、线路分析	241
三、非稳态电路	192	三、电路原理	242
四、单稳态电路	195	第四节 JGT-2 型钢轨探伤仪	255
五、双稳态电路	198	一、技术参数	255
六、讨论	199	二、线路分析	256
第六节 锯齿波电路	199	三、电路原理	260
一、用途及种类	199	第五节 CTS-10 型非金属超声波检测仪	264
二、基本原理	200	一、技术参数	264
三、正反馈锯齿波电路 (自举电路)	201	二、线路分析	265
四、负反馈锯齿波电路 (密勒电路)	203	三、电路原理	268
五、扫描线 (时间基线)	205	第六节 CCH-5 型超声波测厚仪	270
六、讨论	206	一、技术参数	270
第七节 标距波电路	206	二、线路分析	271
一、用途及种类	206	三、电路原理	273
二、摇铃标距电路	207	第五章 超声波探伤仪的维护修理与调整	
三、间歇振荡标距电路	209	第一节 维护	278
四、活动标距波电路	210	一、电子仪器的可靠性	278
五、精密标距电路	210	二、电子仪器的故障	278
六、讨论	211	三、电子仪器的维护	278
第三章 电声换能器与探头		第二节 修理概述	279
第一节 电声换能器	213	第三节 故障的检查程序和方法	279
一、用途及种类	213	一、“由表及里”	279
二、压电晶体	213	二、“从后往前”	280
三、压电效应	213		
四、压电体的动态特性	214		

三、“先易后难”	280	五、盲区的调整	295
四、“眼看、手摸、鼻闻、耳听”	280	六、固定距离标志的调整	295
五、仪表测量法	280	第六节 用参考试块测定超声波探伤仪	296
六、元件置换法	281	一、参考试块的用途	296
第四节 故障检修	281	二、时间基线(扫描线)线性的测定	296
例一、没有发射波(有扫描线)	281	三、放大器线性的测定	296
例二、灵敏度低	282	四、灵敏度的测定	296
例三、没有扫描线	285	五、盲区的测定	297
例四、扫描线太短	285	六、分辨力的测定	297
例五、扫描线跳动	286	七、斜探头波束零点线的校正	298
例六、扫描线后半根光淡	286	八、折射角的测定	298
例七、无标距波(有扫描线)	286	九、斜探头真零点的校正	298
例八、报警电路的故障	286	附图1 江南I型C超声波探伤仪电路	299
例九、阳极射线示波管的故障	287	附图2 CTS-6型超声波探伤仪电路	300
例十、电源的故障	289	附图3 JTS-3型超声波探伤仪电路	301
例十一、JTS-3型故障检修示例	290	附图4 JGT-2型钢轨探伤仪方块	302
第五节 调整	292	附图5 JGT-2型钢轨探伤仪电路	303
一、发射频率的调整	292	附图6 CTS-10型非金属超声波检 测仪电路	304
二、发射波脉冲宽度的调整	294		
三、放大器的调整	294		
四、灵敏度的调整	295		

第一篇 超声波探伤技术

