

金属手册

第八版 第十一卷

无损检测与质量控制

(美) 美国金属学会 主编

机械工业出版社

金属手册

第十一卷 (第八版)

无损检测与质量控制

〔美〕 美国金属学会 主编



机械工业出版社



B

450977

本书是美国金属学会主编的“金属手册”第八版（共11卷）的最后一卷。它汇集了美国数百名专家、学者和从业人员的经验，较全面地阐述了17种无损检验方法的基本原理、操作要领，并以实例说明了其应用范围和效果。

本书的另一个特点是将无损检验与质量控制挂钩，辟有专门章节进行论述。

本书包括的无损检验方法有：硬度试验、液体渗透、磁粉、涡流、电磁分选、X射线照相、中子射线照相、超声、光全息、声全息、声发射、微波、热检查、渗漏、金属与合金的快速鉴定、铁合金的火花试验和化学点滴试验。所涉及到的制品有：锻件、铸件、棒材、管材、焊件、硬钎焊和软钎焊组件、胶接件、螺纹紧固件、压力容器和管路以及粉末冶金零件等，提供了大量有实用价值的技术信息。全书共有插图524幅，绘制精确、拍摄清晰。

本书可供从事无损检测工作的工程技术人员、质量管理人员使用，亦可供大专院校有关专业师生学习参考。

METALS HANDBOOK

8th Edition VOL. 11

Nondestructive Inspection and Quality Control

AMERICAN SOCIETY FOR METALS

1976

* * *

金 属 手 册

第十一卷（第八版）

无损检测与质量控制

〔美〕 美国金属学会 主编

*

责任编辑：方婉莹

封面设计：王 伦

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

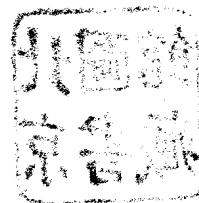
开本 787×1092 1/16·印张42·插页2·字数1280千字

1988年1月北京第一版·1988年1月北京第一次印刷

印数 0,001—4,100·定价：12.00元

*

ISBN 7-111-00053-6/TG·27



译者序

美国金属学会主编的《金属手册》是一部大型综合性技术专著，已经再版八次，且1~10卷第九版也已问世。前七版均系以单卷本出版，但随着金属材料科学技术的迅速发展，手册的内容和篇幅逐年增加，单卷本已不能容纳各专业的研究成果，因此，从第八版起改为多卷本出版。《无损检测与质量控制》属第八版金属手册中的第十一卷。

通常，无损检测意指找出有缺陷的零件而不损伤好的零件。很多常导致零件在使用过程中失效的、不希望有的缺陷，在本手册的第十卷《失效分析与预防》中已作了讨论；但是，为了防止由缺陷而引起的失效，首先总得找出缺陷，而后才能对零件进行修理或更换，所以，可以认为第十一卷乃是第十卷的当然的伴生卷。

本书内容共分三大部分，即：无损检测方法；这些方法在金属制件质量评定中的应用；质量控制和质量保证基础。如同前面的十卷一样，本书编写目的也着重于清楚、可靠而又客观地提供有用的技术信息。其最大特色在于内容的全面性、实用性，论述问题的深入性和具有一定的先进性。在一本书中，如此广泛地对无损检测和质量控制进行讨论的，尚属前所未有的。

本书第一部分系统、全面地介绍了十七种无损检测方法的基本原理、对所用器材的要求、操作要领、结果的说明及应用举例。这些方法有一般常用的（如硬度试验、射线照相检验、超声检查等）；也有并非一般和比较先进的（如热方法、中子射线照相、光全息、声全息等）。文中论述是相当详尽的。例如，在“射线照相检验”部分，对如何制得一张准确的曝光表按其步骤做了介绍；在“光全息”部分，甚至对如何选择检测系统及是否值得自家组建这种试验室都作了介绍。本部分共列表52个，所提供的技术数据都是非常有用的。

本书第二部分叙述了各种检查方法在检查产品（如铸件、锻件、棒管产品、紧固件和粉末冶金件等）和组合件（焊接件、胶接件等）时的应用。这一部分对缺陷产生的原因及最宜采用的检查方法都作了分析和介绍。本部分所介绍的61个实例和第一部分所给出的26个实例所涉及的对象是非常广泛的，从汽车、火车的车轴、化工设备的管道、高压容器、士兵弹药带连接环直到飞机锻件、航空发动机涡轮盘和火箭发动机中的重要零件——钨渗铜的粉末冶金喉衬。这些实例，有些本身就取材于这种产品的生产检验规程，因此非常实用。此外，讨论也是有相当深度的，例如在“压力容器和管道”部分，不仅介绍了缺陷的检查方法，还介绍了石油化学工业常用的以耐热合金HK-40离心铸成的重整炉管在使用过程中出现的蠕变龟裂，是如何采用超声衰减测量法进行检验的。

本书第三部分叙述了产品质量的控制和保证基础，既涉及到管理方面的概念也涉及到工作程序，其详尽的程度足以使读者能够理解和运用。这一部分专门讨论了无损检测的可靠性问题，这是很有意义的。随着断裂力学在产品设计工作中的得到应用，这个问题已变得非常突出了。

本书共有插图524幅之多，绘制精确、拍摄清晰，与文字叙述相得益彰，形成本书的另一特色。

目前在我国，无损检测技术在保证产品质量和设备安全运转方面所起的重要作用已日益

IV

为人们所了解和重视，数以万计的从业人员正活跃在航天、航空、造船、铁道、冶金、化工、机械等部门。我们深信，这本编入有数百位专家、学者和从业人员的知识和经验的专业书的出版，对我国广大无损检测从业人员是会有很大裨益的，对于从事冶金、机械制造、质量管理等方面的广大科技、教育工作者来说，它也是一本很重要的参考书。

本书所附的索引为内容索引，为了使我国读者使用方便，索引是按原文书第一层次词条的汉语拼音顺序编排的；原文书第二层次、第三层次的词条，由于其内容与第一层次词条不可分，故译者只是在第一词条之下将其按汉语拼音顺序进行了调整。

本手册中零件尺寸未注单位者，其单位均为英寸。

本书 1~30 页、147~225 页和 512~610 页由王庆绥、祝印兰译；31~43 页、64~104 页由郑文仪译；44~63 页由周大应译；105~146 页由谢昂、董玉祥、黄华云译；226~397 页由李家伟、廖玉龄译；398~511 页由周光垓译。全书最后由李家伟负责总校订。

由于本手册篇幅较大、专业技术性很强、涉及范围又相当广泛，且我们水平所限，译文中错误和不当之处在所难免，恳请读者指正。

译者 1987年8月

目 录

无损检验方法

硬度试验	3
压痕硬度试验的理论	3
压痕硬度试验	6
设备要求	6
局限性	6
布氏硬度试验	6
表面的制备	7
压痕的测量	8
压痕间距	8
校准	8
一般注意事项	8
局限性	8
布氏硬度计	8
轻便型布氏硬度计	9
洛氏硬度试验	10
洛氏硬度计的类型	10
普通洛氏硬度试验	11
表面洛氏硬度试验	11
洛氏标尺的选择	11
被测金属类型的影响	12
被测金属厚度的影响	12
试验区宽度的影响	14
洛氏标尺的局限性	14
各种不同尺寸与形状工件的洛氏试验	14
圆柱体硬度试验的修正	14
工件支架	15
长工件	16
薄壁筒	16
齿轮和其它形状复杂的工件	17
内表面	17
大型工件	18
日常的洛氏硬度试验	19
成品的洛氏硬度试验	19

洛氏硬度计的校准	20
维氏硬度试验	20
装置	20
回跳硬度试验	22
方法说明	22
硬度计	22
对工件表面光洁度的要求	23
对工件及硬化层厚度的限制	23
试验程序	23
垂直调准	23
压痕间隔	23
获取读数	23
校准	23
优点	23
缺点	23
显微硬度试验	24
应用的范围	24
压头	24
显微硬度计	24
光学装置	25
压痕的测量	25
硬度值与负荷的关系	26
样品的制备和固定	26
显微硬度试验的一些特殊应用	27
小工件的试验	27
表面硬化工序的监控	27
微量组分的硬度测量	28
车间生产的问题	28
硬度试验结果的诠释	29
渗层深度的估算	29
残余奥氏体的探测	29
脱碳现象的探测	29
局限性	29
液体渗透检验	31
局限性	31

物理原理.....	31	施加渗透剂.....	46
方法的发展.....	34	停放时间.....	46
工艺过程.....	34	水洗.....	46
渗透系统.....	35	干燥.....	47
水洗渗透系统.....	35	含水显象剂的施加.....	47
后乳化系统.....	35	干显象剂的施加.....	47
溶剂去除型系统.....	35	溶剂悬浮显象剂的施加.....	47
液体渗透剂材料.....	36	显象时间.....	47
规范.....	36	检验.....	47
物理和化学性能.....	36	实际例子.....	47
乳化剂.....	37	后乳化系统的工艺过程.....	49
溶剂洗净剂（清洗剂）.....	37	乳化剂的施加.....	49
显象剂.....	37	乳化剂的停留时间.....	49
应具备的性能.....	38	水洗.....	49
干显象剂.....	38	实际例子.....	49
干粉的施加和去除.....	38	溶剂去除系统的工艺过程.....	53
湿显象剂.....	39	实际例子.....	53
水悬浮显象剂.....	39	采用便携式设备的方法.....	56
水悬浮显象剂的使用与去除.....	39	便携箱.....	56
水溶型显象剂.....	39	清洗.....	56
溶剂悬浮型显象剂.....	40	施加渗透剂.....	56
溶剂型显象剂的使用与去除.....	40	渗透剂的去除.....	56
显象剂的选择.....	40	施加显象剂.....	56
设备要求.....	41	检验.....	56
预清洗装置.....	42	去除显象剂.....	56
渗透工位.....	42	渗漏检验技术.....	56
乳化工位.....	42	后清洗.....	57
漂洗工位.....	42	渗透剂的保管.....	58
干燥工位.....	42	渗透剂的消耗.....	58
显象工位.....	43	工作温度范围.....	58
检查工位.....	43	蒸发损失.....	58
后清洗工位.....	43	水的污染.....	59
轻便式设备.....	43	氯化物溶剂.....	59
重工件的操作.....	44	灰尘、脏物和绒毛.....	59
渗透系统的选择.....	44	各种各样的污染.....	59
灵敏度和费用.....	44	乳化剂的保管.....	59
各种系统的优缺点.....	44	检验和评定.....	59
预清洗.....	44	人员要求.....	60
清洗方法.....	45	检验工具.....	60
表面光洁度.....	45	典型的检验程序.....	60
延迟反应.....	45	评定.....	60
安全和卫生.....	45	不可验收工件的处置.....	60
水洗型系统的工艺过程.....	45	返修.....	61

假显示和不相关的显示.....	61	湿粉.....	78
规范和标准.....	61	油磁悬液.....	79
控制系统.....	61	水磁悬液.....	79
验收和拒收标准.....	61	磁悬液的浓度.....	79
磁粉检验	64	紫外光.....	79
应用.....	64	可探出的不连续性.....	79
优点.....	64	表面不连续性.....	79
局限性.....	64	内部不连续性.....	81
说明书及标准.....	65	表面下的不连续性.....	81
磁场的描述.....	65	有深度的不连续性.....	81
磁化环.....	65	无关显示.....	82
磁棒.....	65	磁粉检验的一般程序.....	83
磁场方向.....	66	电流的类型.....	83
周向磁化.....	66	磁粉的类型.....	84
纵向磁化.....	66	磁化方法.....	84
磁通方向的影响.....	66	磁化方向.....	84
磁化方法.....	67	采用的电流量.....	85
磁化电流.....	67	设备.....	85
直流电.....	67	空心圆柱形零件的检查.....	85
交流电.....	67	油井管.....	85
磁化电源.....	68	碳钢管的焊缝.....	85
便携式设备.....	68	一端封闭的空心圆柱体.....	86
移动式设备.....	68	铸件和锻件的检查.....	86
固定式设备.....	68	起重机吊钩.....	87
产生磁场的方法.....	69	传动齿轮轴.....	88
磁轭.....	70	轴上的圆盘或齿轮.....	88
线圈.....	71	Y形零件.....	88
中心导体.....	72	焊件的检查.....	89
直接接触法.....	73	钢坯的检查.....	91
支杆触头.....	73	焊接链环的检查.....	92
感应电流法.....	74	专用自动设备.....	92
磁性材料的磁导率.....	76	轴承滚柱.....	92
材料磁导率.....	76	轴承环.....	92
最大磁导率.....	76	小型零件.....	93
有效磁导率(表观磁导率).....	76	小型铸件.....	93
起始磁导率.....	76	大型联轴器.....	93
磁滞现象.....	77	曲轴.....	93
磁粉和悬浮液.....	77	轧钢钢坯.....	93
磁性.....	78	检查后的退磁.....	93
磁粉粒度的影响.....	78	退磁的必要性.....	93
磁粉形状的影响.....	78	不需要退磁的理由.....	94
可见度和对比度.....	78	退磁的限度.....	94
干粉.....	78	交流电退磁.....	95

直流电退磁.....	95	线圈阻抗	107
振荡电流.....	95	阻抗分量	108
磁轭.....	95	正弦曲线的相矢表示	109
退磁方法的适用性.....	95	电导率	109
附录	96	磁导率	109
磁粉检验的专利方法.....	96	提离因子	110
磁橡胶检查.....	96	占空因数	111
优点.....	96	边缘效应	111
局限性.....	96	趋肤效应	111
程序.....	96	基本的阻抗概念	112
检验前的准备.....	96	绕于薄壁管材上的长线圈的阻抗	112
催化和浇注.....	96	改变工作频率的效应	113
磁化.....	96	实心圆柱形棒料	114
观察和解释.....	97	厚度轨迹	116
另一种可供选择的方法.....	97	鉴相技术	116
在视力不能达到的部位使用.....	97	检测频率	117
用于有覆盖层的表面.....	98	工作频率的选择	117
用于难以检查的形状或尺寸.....	98	检测线圈	119
显示的放大.....	99	探头式线圈和环绕线圈	119
表面评价	100	复合线圈	119
监视疲劳试验	100	尺寸和形状	119
磁复印	100	涡流仪器	120
工艺过程	100	读出装置	123
一个与此类似的检查方法	101	涡流检测能探测的不连续性	123
应用	101	参考样件	123
钎焊蜂窝结构壁板	102	管子的检测	124
弹性和塑性变形	102	直径 3 英寸以下的管子	124
裂纹的检测	102	直径超过 3 英寸的管子	124
冶金方面的细节	102	反射法和透射法	125
热影响区	102	实心圆柱体的检查	126
磁性涂料	102	直径在 3 英寸以下的实心圆柱体	126
优点	102	直径超过 3 英寸的实心圆柱体	126
性能	103	检测管子或实心圆柱体的机器	126
应用	104	检测圆钢棒	127
参考文献	104	焊接管子和管道的焊缝检验	127
涡流检测	105	实际例子	128
涡流-磁性检测方法	105	电磁分选和试验	130
发展过程	105	磁性	130
工作原理	106	磁畴	130
基本系统的功能	106	磁化曲线	130
典型检测系统的部件	107	磁滞	131
工作变量	107	磁滞回线试验	132
		无畸变磁滞回线	132

静态磁滞回线	133	电磁辐射的衰减	153
磁滞回线图形的分析	133	原子的衰减过程	154
桥式比较仪的试验	133	光电效应	154
工作过程	134	瑞利散射	154
散布带	134	康普顿散射	154
范围和灵敏度	134	粒子偶的生成	154
用仪表显示的比较仪	135	总吸收	155
平衡程序	136	X射线的有效吸收	155
分选程序的建立	137	宽束吸收	155
调定门限电路	137	辐射谱的影响	155
分选输出	138	散射因数	155
仪器的读出装置	138	射线照相的等效	156
绝对式单线圈试验系统	138	阴影的形成原理	157
探头式线圈组	139	放大	157
复电压信号平面图	139	畸变	158
仪器和操作方法	139	几何不清晰度	158
参考电压	139	辐射的防护	159
信号分析	140	容许的最大剂量	159
灵敏度调节	140	辐射的防护	159
VRH装置的操作	140	辐射的监测	160
试验信号的选择	141	通道的控制	160
面板仪表的刻度范围	141	记录介质	160
应用	142	X射线胶片	160
标准件的选择	142	射线照相纸	161
读出的解释	143	静电电子射线照相术(干式射线照相术)	162
化学成分的分选	143	X射线荧光检验	162
按硬度进行分选	145	X射线荧光图象的电子放大	162
表面硬化	146	辐射的计量	163
射线照相检验	147	X射线胶片的特性	163
射线照相术的用途	147	黑度	163
适用性	147	曝光量	163
局限性	148	特性曲线	164
射线照相术的原理	149	胶片的感光速度	164
射线照相术中的几何因素	149	胶片的梯度	165
辐射源	149	粒度	165
X射线	149	光谱灵敏度	166
X射线管	150	显影对胶片特性的影响	166
X射线的产生	150	胶片的类型及挑选原则	167
X射线谱	151	胶片的类型	167
高能源	152	胶片的挑选方法	167
γ射线	152	X射线装备的工作特性	169
γ射线源的辐射特征	153	管压与管流的影响	169
γ射线源的物理特征	153	电力波形的影响	169

高能源的R输出	170	识别标志器和透度计(象质指示器)	192
倾侧效应	171	识别标志器	192
靶芯辐射	172	透度计	192
管子的额定性能	172	片型透度计	194
固有的滤波作用	173	丝型透度计	194
曝光因子	174	多级楔型透度计	195
平方反比定律	174	识别标志器与透度计的安放位置	195
X射线照相术的曝光曲线	174	平板的射线照相检验	197
Y射线的曝光曲线	176	圆筒体的射线照相检验	197
射线照相的对比度	177	凸缘的射线照相检验	198
射线照相用屏	178	散射	198
铅屏	178	内散射	198
散射的滤除	178	侧面散射	198
增感作用	178	反向散射	199
防护措施	179	散射的控制	199
氧化铅屏	179	铅屏	199
除铅以外的金属屏	180	对反向散射的防护	199
金屏	180	遮蔽物与光阑	199
钽屏	180	准直器	200
贫化铀屏	180	滤波器	200
铜屏	180	斑迹的控制	201
复合材料屏	180	高能光子的散射	201
荧光增感屏	180	射线照片的诠释	201
屏的感光速率	180	人员	203
缺点	180	射线照片的观察	203
使用时的注意事项	180	射线照相的验收标准	203
荧光金属屏	181	射线照片诠释的要点	204
检查方向的选择	181	图象的分析	205
射线照相的影象	181	试样的评价	205
简单型材的检验	182	报告	205
平板	183	特殊类型缺陷的射线照相形貌	205
曲面板材	183	铸件中的缺陷	205
实心圆柱体	184	焊接件中的缺陷	207
复杂零件的检验	184	X射线荧光图象的诠释	209
焊接件的检验	185	人的因素影响	209
电弧焊	186	视力	209
电阻焊	187	接受的训练及经验	209
管状部件的检验	187	辐射的安全性	209
双壁双象法	187	辐射特性的影响	210
双壁单象法	189	荧光屏特性的影响	210
单壁单象法	189	颜色与余辉	210
动式射线照相法	191	荧光屏不清晰度	210
动生不清晰度	192	几何因素的影响	210

X射线荧光检验法中图象的增强	211	波的传播	228
图象增强管	211	纵波	228
固态成像板	211	横波(切变波)	229
光导摄像管	212	表面波(瑞利波)	229
附录	212	兰姆波	229
射线照相胶片的处理	212	超声波检查中的主要变量	230
胶片的手工处理	212	频率	230
胶片的装卸	212	声阻抗	230
显影方法	213	入射角	232
温度与时间的控制	214	临界角	233
显影过程中的摇动	214	声束强度	233
显影液的活度	214	超声束的衰减	234
显影剂的补充	214	声阻抗效应	234
停显	215	吸收	235
定影	215	散射	235
冲洗	215	衍射	235
干燥	216	近场和远场效应	236
胶片的自动化处理	216	波束的扩展	236
显影液与定影液的补给	217	总的衰减	237
送片过程	217	基本的检查方法	237
预防性维修	217	脉冲回波法	238
注意事项	218	工作原理	238
定影剂排出量的检验	218	数据显示	239
中子射线照相检验	219	A扫描显示	239
中子	219	B扫描显示	240
中子射线照相检验法	219	C扫描显示	241
中子源	220	脉冲回波信息的说明	242
核反应堆	220	基本的A扫描显示	242
加速器	220	回波的形状	243
放射性源	221	回波高度	243
中子束的衰减	221	背反射损失	244
中子探测法	222	斜射声束方法	244
直接曝光法	222	表面波方法	245
转移法	222	乱真反射脉冲	245
实时成象法	222	透射法	246
应用	222	显示	246
超声波检查	226	串列检验	246
基本的装置	226	连续波检查	247
优点	226	电子设备	247
缺点	227	电源	247
适用范围	227	脉冲发生器电路	247
超声波的一般特性	228	探头	247
与水波的类比	228	接收-放大器电路	248
		示波器	248

钟	248	校准	264
其它部件	248	波束角	264
控制系统	248	波束的扩展	264
换能器	249	时间基线	264
石英晶体	249	线性	265
硫酸锂	249	分辨力	265
极化陶瓷	249	盲区	265
换能器的选择	250	灵敏度	265
耦合剂	250	作用范围的调整	265
探头	251	小型试块的应用	265
接触型探头	251	参考板的应用	265
直射声束探头	251	缺陷的探测	265
斜射声束探头	252	铸件的检查	266
双换能器探头	253	初轧产品的检查	267
带附加延迟块的探头	253	锻件的检查	267
“漆刷”换能器	253	扁平轧材的检查	267
液浸型探头	253	轧板的直射声束上表面检查	268
基本的液浸检查	253	直射声束的边缘检查	269
水柱的设计	253	斜射声束检查	269
轮型探头	254	机械化检查	270
聚焦探头	255	挤压和轧制型材的检查	270
声透镜	255	铝挤压件	270
焦距	256	冷挤压钢零件	272
有用范围	256	钢棒和管材	272
优点	257	铁路钢轨	273
机械装置	257	无缝管和导管	273
检查标准	258	焊缝的检查	273
含自然缺陷的试块	258	连接的检查	273
含人工缺陷的试块	258	裂纹的监视	274
参考块	259	疲劳裂纹的监视	274
背反射百分率	260	尺寸测量的应用	274
其他方法	260	厚度测量	274
厚度试块	260	位置测量	275
标准参考块	260	显微组织差异的测定	276
面积-幅度试块	261	光学全息术检查	277
距离-幅度试块	261	全息照相的记录	277
ASTM试块	261	全息照相的再现	277
IIW型试块	262	激光源的种类	278
小型斜声束试块	263	干涉量度检查法	279
ASTM参考板	263	时间推移干涉量度法	279
面积-幅度曲线和距离-幅度曲线的测定	263	实时干涉量度法	279
面积-幅度曲线	263	光学全息干涉量度法的用途	279
距离-幅度曲线	263	优点	279

缺点	280
干涉量度的加载方法	280
声加载	280
热加载	282
用压力或真空加载	282
机械加载	282
检查的程序	282
脉冲激光法	283
脉冲激光系统	284
用两个单脉冲以 Q 开关曝光的系统	284
用一个双脉冲以 Q 开关曝光的系统	284
采用一个启开式放射激光 (不用 Q 开关) 曝光的系统	284
试验变数的影响	284
物体的尺寸	284
曝光时间	285
表面光洁度	285
表面准备	285
表面状况	285
物体的整体运动	285
外界照明	286
外界的振动	286
信息读出方法	287
照相读出	287
电子读出	287
检查结果的解释	288
特征函数	288
定性的结果	289
两次曝光干涉图	289
离面位移	289
同平面位移	290
时间平均干涉图	290
全息照相元件	291
氦-氖 (He-Ne) 激光器	291
氩激光器	291
红宝石激光器	291
氦-镉激光器	292
氪激光器	292
光控制器	292
光束分裂器	292
空间滤光器	292
镜子	293
照相感光板和胶片的支架	293

透镜	293
支架	294
全息照相台	294
蜂窝结构台	294
厚板	294
焊接件	294
固定式全息照相系统	294
移动式全息照相系统	295
夹层结构未结合的检查	295
用热加载检查	296
用真空加载检查	296
工业用的检验装置	297
检查层压件的未结合区	298
金属零件上裂纹的检查	299
液压接头的检查	300
应力腐蚀裂纹的监测	301
测定电动机端框的静态刚度	302
涡轮叶片和桨叶的振动分析	302
斑纹图干涉量度法	304
全息照相描画轮廓	305
多源描画轮廓	305
多波长画轮廓	308
多折射率画轮廓	308
附录 选择全息照相系统时须要考虑的 一些事项	308
订立合同的 (委托做的) 全息照相	308
自有系统	308
装配设备	308
购买系统	309
参考文献	309
声全息术检查	311
液面声全息术	311
声学系统	311
光学系统	311
物体的尺寸和形状	311
灵敏度和分辨力	312
扫描声全息术	313
再现	315
物体尺寸	315
灵敏度和分辨力	315
工业用液面装置	316
工业用的扫描装置	318
再现装置	320
液面系统和扫描系统的比较	320

读出方法	320	微波的吸收和耗散	343
电视读出	320	微波检查的特殊方法	343
校准	321	透射法	343
试块	321	固定频率连续波透射	344
结果的说明	321	扫频连续波透射	344
应用	322	脉冲调制透射	344
检查薄材料焊缝	322	反射法	344
检查厚材料焊缝	323	固定频率连续波反射	344
套筒轴承座的检查	323	扫频连续波反射	345
画表面轮廓	324	脉冲调制反射	345
声发射检查	326	扫掠波长连续波反射	345
声发射的类型	326	驻波法	345
应用	326	散射法	345
优点	326	仪器	345
历史	326	厚度测量	346
声发射检查的基本概念	327	不连续性的探测	349
仪器	327	连续波反射计	349
信息读出方法	327	调频反射计	349
信号的描述	328	金属表面裂纹的微波探测	351
本底噪声	329	驻波系统	351
压力容器的检查	329	介电材料的化学成分	352
验证试验	329	用微波分析水分	352
缺陷定位	330	材料各向异性的微波测量	352
钢丝绳的检查	330	热检查	354
飞机结构件的检查	333	热检查的原理	354
焊缝的检查	333	接触检查法	354
焊接过程中的检查	333	非接触法	354
反应堆燃料细棒	333	热检查的注意事项	354
电阻焊的检查	334	接触式记温检查	355
凸焊的监测	335	热敏漆	355
验证试验的设备	337	热敏纸	355
陶瓷材料的检查	337	热致猝熄磷光体	356
金属与陶瓷的钎焊连接	337	液晶	357
复合材料的检查	338	应用液晶的方法	357
断裂机理的检查	338	校准和灵敏度	357
微波检查	340	其他热敏涂层	358
应用	340	热致变色有序-无序化合物	358
优点	340	表面张力可变材料	358
缺点	340	冰冻检验	358
微波的物理原理	341	非接触记温检查	358
反射和折射	341	优点	358
驻波	342	局限性	358
微波的散射	342	红外辐射	358

红外探测器	359	光学助视器	370
设备	359	表面浸湿	370
接触式测温检查	360	液体渗透	370
电阻式测辐射热计	360	发烟弹和发烟弹筒	371
热敏电阻型测辐射热计	360	用带铝箔的水溶性纸检查	371
温差电偶	360	真空系统的渗漏试验	371
温差电堆	360	示踪气体扩散率	371
可熔物质	360	质谱仪的连接	371
非接触测温检查	360	系统的材料和清洁	371
辐射计	360	温度和示踪气体的浓度	372
高温计	361	方法	372
渗漏试验	362	流体压力计	372
漏出物的测量	362	卤素探测器	372
漏道的类型	362	质谱仪	372
漏道中流动的类型	362	电离真空计	372
渗气	362	热导真空计	372
分子流	363	气相色谱仪	372
过渡流	363	渗漏检查方法的选择	372
粘滞流	363	系统和示踪流体特性	373
层流和湍流	363	漏道的尺寸	373
扼流	363	确定漏道位置	373
流体动力学的原理	363	系统的响应	373
在压力下流体系统的渗漏检查	364	漏道尺寸	373
声学方法	364	示踪气体的扩散	374
气泡法检查	365	示踪气体的吸收和吸附	374
流量探测	365	探测器的清除时间	374
特殊气体探测器	365	抽吸速率	374
人鼻	366	系统的容积	374
化学反应检查	366	用经校准的漏道测量渗漏率	374
卤素二极管试验	366	渗漏检查中的常见错误	374
六氟化硫探测器	366	金属与合金的快速鉴别法	375
可燃气体探测器	367	磁性	375
热导真空计	367	强磁金属	375
红外气体分析器	367	无磁性金属	375
质谱仪试验	367	重量	375
放射性同位素试验	368	颜色	375
电离真空计试验	368	火花试验	376
气相色谱法	368	化学点滴试验	376
特殊气体探测器的应用	369	铁合金的火花试验	377
用探头探查	369	原理	377
反增压	369	火花的分类	377
失量法	370	火花炸裂	378
目视检查	370	特性火花	379