

[无损检测人员知识更新读物]
[Ⅲ级人员培训补充读物]

常规探伤研讨文集

Changgui Tanshang
Yantao Wenji

梁金昆 等 编著

山东大学出版社

- 无损检测人员知识更新读物 •
- III级人员培训补充读物 •

常规探伤研讨文集

梁金昆等编著

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

常规探伤研讨文集/梁金昆等编著. —济南:山东大学出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-5607-3360-9

I. 常...

II. 梁...

III. 无损检验—文集

IV. TG115.28—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 060198 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南景升印业有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 6 印张 147 千字

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

定价:31.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部负责调换

前言

本书共收集了 26 篇文章,其中 22 篇涉及了射线、超声、磁粉和渗透等四种常规探伤专业方法。绪篇是讨论“无损检测”这一概念的文章。附录 1 介绍了美国钢结构行业对无损检测的管理;附录 2 是关于钢结构连接设计的文章,读者可以从中了解焊接术语正确使用的问题;附录 3 是 GB50205 钢结构验收规范中“焊接工程”的条文解析,希望读者从中了解一些焊接检验的常识。

本书的作者,除我外,还有王琳、梁玉梅、梁玉峰和王彦启四位高级工程师。他们的工作单位为山东科捷工程检测有限公司,邮政编码为 250101,在此说明,不在每篇文章标题下重复标注了。济南市锅炉压力容器检验研究所韩立柱高级工程师对本书进行了审校,在此表示感谢。

在 1987~1994 这八年时间里,我有幸参加了锅炉压力容器高级 NDT 人员考前培训班的教学工作。其中有几个班,是我自始至终陪下来的。至今难忘和来自全国各地的学友们共同度过的日日夜夜。培训班上学友们提出的问题令我震惊:本来技术上已经成熟的、常规的探伤方法,其基础知识领域为何竟有如此多的疑团?“千里之行,始于足下”。基础知识领域这些疑团不解决,高新技术怎么会稳固呢?虽然自 1994 年以来,我几乎没有外出讲过课,虽然有些新技术(如射线的 CR 和 DR 技术、超声相控阵和衍射时差、磁记忆等等)已经进入了传统领域,但这些疑团却一直在我心里,我也一直没有放弃对它们的研讨。本书就算是我和山东

科捷检测公司的四位年轻人的研讨结果吧。

书中收集的多数文章为讨论性文章,文章中不赞同的观点,并非只指别人的观点,其中多数观点也是我自己曾经持有过的观点,还在各种培训班上宣讲过,只是经过后来的学习和反思,提出了新的看法。这些新的看法,我们自以为是,至于事实上对错与否,尚待时间检验和业界认可。

文集中有些文章的格式,是按《无损检测》等杂志对稿件要求写的,而且其中有6篇文章也在这些杂志上登载过;还有些文章,是我们自编教材的节选,在编写中,我们充分地表明了自身的观点,努力做到通俗易懂,但尚感粗糙,不够严谨,望读者见谅。

“人生七十古来稀”。今年我已是古稀之年。我希望把本书留给共度培训班日夜的学友们,也留给业界,希望他们了解我们的观点和呼声。最后,恳请读者对本书的错误或欠妥处,给予批评指正。在此,谨表谢意。

梁金昆

2007年2月25日于济南

目 录

绪 篇

关于“无损检测”三个说法的讨论意见	梁金昆	王 琳	(1)
-------------------	-----	-----	-----

射线部分

射线部分序言	梁金昆	(6)
“射线”的定义及相关说明	梁金昆 王琳	(7)
射线的能量和强度	梁玉梅 梁玉峰 王彦启	(11)
关于康普顿效应的两个问题	梁金昆	(27)
用康普顿实验结果讨论相干散射产生机理	梁金昆	(34)
对射线强度衰减律的一种理解	梁金昆	(40)
散射线及其对底片的影响	梁玉梅 梁玉峰 王彦启	(45)
像质理论概论	王彦启 梁玉梅 梁玉峰	(54)
关于射线照相颗粒度的探讨	梁金昆	(60)
普通 X 射线机的 kV—T 曝光		
曲线	梁玉梅 梁玉峰 王彦启	(66)
关于环焊缝透照次数的讨论	王琳 王彦启 梁玉峰	(71)
一起 Q235 输气管线焊接延迟		
裂纹事故	梁玉梅 王琳 王彦启	(82)
X 射线现场安全作业剂量率限		
值的计算	王琳 王彦启 梁玉峰	(88)

超声部分

超声波探伤理论概要	梁玉梅	梁玉峰	王彦启	(91)
-----------	-----	-----	-----	------

单面焊缝根部端角反射波的识别

方法..... 梁玉梅 王 琳(107)

T形接头角对接焊缝未焊透的

超声波检测..... 梁玉峰 王彦启 王 琳(112)

磁粉部分

磁粉探伤理论概要..... 梁金昆(116)

关于磁轭法和触头法检查支管角

焊缝的对比试验..... 梁玉梅 王彦启 梁玉峰(122)

(12) 压力管道焊缝的磁粉探伤..... 梁玉峰 王彦启(128)

渗透部分

(8) 渗透探伤的液体分子物理常识..... 梁金昆(134)

(7) 关于渗透探伤四个基础理论问题的讨论 梁金昆(140)

附 录

(75) 美国钢结构焊接质量的平行检验及其启示..... 梁玉梅(145)

(16) 关于钢结构连接设计的一些问题..... 梁金昆 梁玉峰(150)

(10) “钢结构焊接工程”应用解析..... 梁金昆 梁玉梅(156)

(24) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(17) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(08) 梁金昆 ... 超声波探伤技术及其发展

光栅 T-V 超声波探伤 X 射线

(03) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(17) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(53) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

超声波探伤技术及其发展

(88) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(19) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

(19) 梁玉梅 梁玉峰 梁玉峰 ... 超声波探伤技术及其发展

绪 篇

关于“无损检测”三个说法的讨论意见

梁金昆 王 琳

提示:本文不是无损检测概论。读者欲想对无损检测有较为准确的总的了解,请阅读《美国无损检测手册·射线卷》的绪论部分。本文对无损检测的概念的三个流行说法,提出了争鸣意见,作为本书的开篇。

摘要:无损检测应分无损检验和无损测量两个部分;无损检验并未过时,它不具备有准确度要求的测量功能;无损检测不可能发展为无损评估。

关键词:无损检测;检验;测量;评估

1 引 言

关于“X射线探伤机不是计量器具”的呼吁和声援活动,距今已九年多了。这一事件给我们的教训很多,我们认为主要应该有两点:第一,应对无损检测的基本概念开展讨论,弄清人云亦云、看起来“老生常谈”、实为“似是而非”的问题;第二,尽快以科学态度制定“无损检测”这一名词定义的标准,以及相关仪器的分类标准,原则上界定有无“测量”或“计量”功能。本文就关于“无损检测”的

三个说法,提出了讨论意见。希望商榷,欢迎指正。

2 说法一:“无损检测一词的原意是无损检测或无损检验,并非无损测量。”

2.1 “NDT”的原意和含义

“NDT”缩写表示的英语词组,其原意是“无损测试”或“无损检测”,似乎不应是“无损检验”。因为“NDI”是公认的“无损检验”或“无损探伤”的代号。“无损检测”不等同于“无损测量”,但如果认为“无损检测”的含义中没有“无损测量”,也是不妥的。我们的观点恰恰相反,认为“无损检测”应是在无损的前提下,分为“检验”和“测量”两个部分。这不是中文字面的拆字游戏,一些日本和美国学者也持此种观点。《美国无损检测手册·射线卷》就有这样的叙述:“无损检测学科包括检测和测量。”^[1]叙述中的“检测”和我们所说的“检验”虽有些差异,但“无损检测”应分两个部分,且包括“测量”,这个意思却是明确的。我们认为,无损检测是无损检验和无损测量的总称。

2.2 无损检验和无损测量各自的“测量”功能

将无损检测分为无损检验(探伤)和无损测量两部分,分别讨论它们各自有无“测量”功能,这是讨论无损检测与“测量”有无关联唯一可行的方法。这里说的“测量”是指有准确度要求的测量,是技术层面上的测量,而不是粗略的或大致上的测量。无损检验(探伤)以检查材料(工件)中宏观缺陷有无为目的,缺陷尺寸的测量是粗略的或大致的,因此说它没有“测量”功能,探伤仪器也不是计量器具;无损测量以测量材料(工件)某一特征(如尺寸、微观结构、性能、化学元素、应力等等)为目的,作为一个技术类别,它必须有“测量”功能,无损测量仪器多数应属于计量器具。

应该明确指出的是:无损检验(探伤)和无损测量是两类各自独立、并行发展的技术。它们之间不可互相替代,也没有发展上的依存关系。或者说,不能认为无损测量是由无损检验(探伤)发展来的,也不能认为无损检验(探伤)的技术发展会具有“测量”功能(这个问题在 3.2 节还要讨论)。

3 说法二:“无损检测是从无损探伤发展起来的。”

我们认为无损的物理或物理化学方法(技术)发展到今天,已由探伤“扩展到了”无损测量,总的名称由无损检验(探伤)改为了“无损检测”。但我们叙述中的“由探伤‘扩展到了’无损测量”是指探伤和无损测量是并行发展的,而说法二的叙述“无损检测是从无损探伤发展起来的”则有否定探伤之意。因此,说法二容易给人两个错觉:第一,探伤过时了;第二,探伤发展到今天,已经成为“无损检测”,具有了“测量”功能。但这正是我们担心的。

3.1 探伤过时了吗

无损检测发展到今天,探伤(无损检验)仍是其主体部分。我们看到的《美国无损检测手册》四卷(超声卷分上、下册)中译本,磁粉、渗透两卷内容,全是“探伤”(留意一下各章标题均有“检验”二字),而射线和超声两卷 80% 以上的内容,仍然是探伤。无损检测仪器虽然迅速发展,如已有了超声波 B、C 型兼有的立体成像、X 射线实时成像和现代工业 CT,但在类属上,它们仍然是探伤仪器。今天的金属加工涉及的各个领域,大量的无损检测工作,主要还是探伤。怎么过时了呢?

3.2 探伤发展到今天,具有了“测量”功能吗

答案应该是否定的。因为任何探伤标准未对缺陷尺寸检验的准确度(量值误差)提出要求。如前所述,没有准确度要求的粗略

测量,不是技术层面的“测量”,不应该认为探伤或探伤仪器“具有了测量功能”。这方面在“X射线机不是计量器具”的讨论中,几位专家发表了很好的意见,在此我们想补充一些看法。

迄今为止,各种方法均以设定的人工缺陷调整探伤灵敏度,并以设定的人工缺陷作为检查探伤工作质量合格与否的依据。然而,材料(工件)中的自然缺陷却是姿态各异、宽窄不等、大小不一的,所以漏检的可能性是存在的,而且漏检率无法用百分比来表示。即使没有发现缺陷信号(或显示)的探伤报告,也只能写“没有发现缺陷”,或“没有发现超标缺陷”,而不能写“没有缺陷”或“没有超标缺陷”。这里的意思很明显,材料(工件)中可能有缺陷,只不过“未发现而已”。应该指出:只要探伤工作符合标准的技术要求,显示的灵敏度达到了标准要求,这种“未发现”或“漏检”是允许的、合法的。这就是说,探伤首先在被检物(材料或工件中的宏观缺陷)有无这一根本问题上有了“合法的”不准确度,还怎么谈量值误差呢?

为了减少漏检或误判,各种探伤方法均把提高可靠性(即判断缺陷有无)作为首要任务,至于缺陷尺寸测量,则是粗略的,大体上的或大致的,没有、也不可能有准确度要求。不错,探伤中有测量,那是探伤人员或装设了这种功能的仪器对接收信号(显示图像)的测量,除伪显示外,测量的数据应该反映了缺陷的局部尺寸,但它可能不是缺陷完整的真实尺寸。现以工业现代CT系统检验裂纹为例,它给出的裂纹长度只能是主体部位(或说严重部位)的长度,而端部尖细部位受灵敏度(或分辨力)的限制,可能会漏检,所以也不一定能给出裂纹真实的全长尺寸。

3.3 慎把“探伤”称为“检测”

即使“无损检测是由无损探伤发展起来的”这句话是对的,那么我们使用普通探伤机,进行着连缺陷自身高度也未粗略测量的

普通探伤,把它“拔高”称为“检测”,那么,这种技术是从哪里发展来的呢?同理把“探伤机”称为“无损检测仪器”,似乎也有名实不符之嫌。在仪器名称选择上,应当谨慎。

4 说法三:“无损检测将要发展成为无损评估。”

材料的安全评估或设备的安全评定,那是材料专家或结构设计师的事情。科学技术发展,客观上要求无损检验提高可靠性,提供更“逼真”的缺陷三维尺寸,要求无损测量提供关于材料(工件)特征的更多信息,这是义不容辞的责任。但是无损检测不可能发展为“无损评估”。因为无损检测人员不是材料科学家,他们没有能力或资格进行评估,他们只能为评估提供无损检测方面的服务。

5 结束语

本文上述的说法一摘自某学术团体给国家技术监督总局的信。日本《无损检测概论》一书中有说法二和说法三,笔者也曾多次人云亦云地讲过。是九年前的“计量风波”逼得我们去反思,所以我们才坦诚地提出了上述讨论意见。因系一孔之见,再次恳请指正。

参考文献

- [1]美国无损检测学会编,美国无损检测译审委员会译. 美国无损检测手册·射线卷 [M]. 上海:世界图书出版公司,1992. 9

射线部分

射线部分序言

梁金昆

在四种常规方法中,射线探伤物理基础部分疑团是较多的。“射线部分”选了关于射线的定义、射线的能量和强度、康普顿和相干散射、散射线强度与工件厚度的关系等讨论性的文章,供读者参考。

关于像质理论,有两篇文章重点讨论了射线照相颗粒度。

关于射线工艺,有 kV-T 曝光曲线制作一文,提出了以 kV-T 曲线代替 X 射线机控制箱上 $\lg t$ -T 曲线和以观片灯可观察的最高黑度确定曝光参数的观点;还有一篇讨论环焊缝透照次数的文章,以及一篇涉及胶片平放和包裹小径管的实验文章。我个人认为这些文章有一定的实用价值。

属于综合知识方面的,有一篇介绍 Q235 管道焊缝、100% 射线探伤、漏检裂纹、出现事故的文章,读者可以从中认识射线探伤这种方法的不足,以及了解与冷裂纹产生的相关知识。

“射线部分”最后一篇文章,涉及现场探伤的安全防护,根据 GB16357-1996 提出了新的剂量率限值的计算方法。

我希望这部分内容,对搞射线探伤的同行们多少有点用处。

“射线”的定义及相关说明

梁金昆 王 琳

摘要:对“射线”一词的定义提出了看法,并作了相关说明。

关键词:射线;定义;微观粒子

和“超声波”不同,对“射线”一词下个定义,以适合我们目前所知的各种射线,是困难的。因为在物理学和相关标准上还找不到明确依据。本文是我们尝试给“射线”下的定义及相关说明。内容可能很粗浅,有的地方可能幼稚可笑,但我们期望能引起有关学者、专家的注意,以达到抛砖引玉之效。

1 射线的定义

射线是从天然物质或人工装置中放射出来的、可以引起物质电离的微观粒子流(对于光子其波长应限制在不大于 10^{-9} 米的数量级)。人们习惯上把它理解为“电离辐射”。

2 相关说明

2.1 射线的本质是粒子流

α 射线是 α 粒子流;质子射线是质子流;中子射线是中子流; γ 射线、阴极射线和电子射线是电子流; $^{+}\beta$ 射线是正电子流;X 和 γ 射线是波长不大于 $10 \times 10^{-10} \text{ m}$ 数量级的光子流;宇宙射线是来

自地球外各种粒子(光子、电子、 π 介子、 μ 子等)流的统称。

2.2 “微观粒子”的概念及提出理由

射线粒子不是气体中的分子,也不是液体金属挥发出的原子,它们是可以引起物质电离的、在物理结构上小于原子的粒子,我们称它们为“微观粒子”。最近的物理学观点认为:静止质量大的质子和中子,已推断出它们还有内部结构,称它们为“基本粒子”已经不合适了。所以许多物理文献中把有静止质量的微小粒子干脆称为“粒子”或“亚核粒子”。^[1]因为 α 粒子或质子,它们分别等同于氦核或氢核,我们认为称它们为“亚核粒子”并不合适,故而有“微观粒子”这一称谓。

2.3 射线粒子和物质中的粒子不同之处

射线自天然物质或人工装置(以下简称“源”)中放射出来,在正常情况下(即重力场的影响忽略不计,对带电射线无电场或磁场干扰),它们按“辐射”方向在空间传播。射线粒子和物质中的粒子(原子和小于原子的粒子)不同之处是:它们脱离了源的原子束缚,逸出了源的表面,成了具有动能、在空间“飞行”的自由粒子。而物质中的粒子则是束缚粒子。气体分子是自由的,但它的原子却被束缚在分子之内。金属中的自由电子在金属中是自由的,但它仍然被束缚在金属之内。

2.4 “引起物质电离”是射线的共同特征

定义中把光子波长上限作了规定,也就等于把X和 γ 射线能量下限限制在千电子伏(keV)数量级。X和 γ 射线通过物质时会把物质原子的壳层电子电离为光电子和反冲电子,这是常识了。放射性同位素放射的 α 或 β 射线是带电射线,而且动能较大,可以引起气体电离,这也是常识了。但自阴极发射、奔向阳极的电子

流,在电压很低时,却未必能将物质(通常指空气)电离。还有许多我们不大熟悉的粒子流,也不见得可以引起物质电离。我们认为,不能引起物质电离的微观粒子流,不能被称为射线。

中子射线虽然不可以直接电离物质,但它可以间接使物质电离。中子不带电,所以它不受原子电场库仑力的作用,而且它的质量比电子大一千八百多倍,不会像光子一样被电子吸收。因此,中子与原子核外壳层电子的作用只能是“机械式”的碰撞了,但这种碰撞的几率又甚小。因为对于中子和壳层电子来说,原子是比它们大若干亿倍的空间。既然中子与原子核外电子几乎没有任何作用,所以认为中子不直接引起物质电离。然而,从另一方面说,中子在物质中前进,也就没有什么动能损失,即使使用动能很小的热中子(能量范围大约为 $0.01 \sim 0.3$ 电子伏),它们之中有的也有机会逼近物质的原子核,进入核短程引力范围,从而被俘获,引起核反应。受到激发的物质原子核会放出 α 或质子或 γ 等高能射线。这些高能射线继续与物质作用(即次级效应),可以引起物质电离,称为“间接电离”。无论如何,中子射线通过物质后,最终的效果还是引起了物质电离。

2.5 不能将射线简单地定义为“电离辐射”

物理学使用的“辐射”一词,目前多见于指发射电磁波(光子)的现象,即似专指“电磁辐射”,所以“电离辐射”应指可以引起物质电离的电磁辐射,即指包括 X 和 γ 射线的辐射,似不适合其他射线。当然也有的物理书把“辐射”和“放射”等同的,但很少见,如通常我们不会把“热辐射”称为“热放射”一样。另外“引起物质电离”虽然是射线的共同特征,但并不是只有射线才可以使物质产生电离。金属阴极在紫外线照射或加热状态下发射电子,可以认为是一种特殊形式的“电离”。

2.6 射线对气体的电离作用较为明显

各种射线在气体电离室研究、计量比较方便。带电射线(α 射线、质子射线和 β 射线)在固体中几乎没有“射程”(穿透力)或射程很小, α 射线可以被一张纸挡住, β 射线能被金属薄片阻挡。^[2]这些带电射线使固体或液体电离的参考数据极少;然而它们与气体相互作用的参考资料却很多。带电射线在气体中的射程以 α 射线为最短。 α 射线在空气中的射程大约为几个厘米。^[3]由此看来,可以应用到金属结构内部质量检验上的射线,也只有不带电的射线了,即只有X和 γ 射线以及中子射线。

3 结束语

对本文中提出的所谓“射线的定义”,我们并不满意,对本文涉及的相关知识,我们仍可能是“一知半解”。再次恳请感兴趣的读者指正。也许,RT“名词术语”标准中出现“射线”一词的时间,要等到物理学界对“射线”有广泛认同的、“定义式叙述”之后了。

参考文献

- [1] 褚圣麟. 原子物理学. 北京: 高等教育出版社, 2002
- [2] 美国无损检测学会编, 美国无损检测手册译审委员会译. 美国无损检测手册·射线卷. 上海: 世界图书出版社, 1992
- [3] 褚圣麟. 原子物理学. 北京: 高等教育出版社, 2002