



高职高专“十二五”规划教材

焊接质量检验与控制

主 编 李文兵

副主编 丁 晖

主 审 高卫明



YZLI0890169109



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



高职高专“十二五”规划教材

焊接质量检验与控制

国家出版集团 人民邮电出版社

主 编 李文兵

副主编 丁 晖

主 审 高卫明



YZLI0890169109

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书较为全面系统地介绍了焊接质量检验时无损探伤中的射线探伤、超声波探伤、磁力探伤、渗透探伤以及密封性检验、耐压性检验、焊接接头力学性能检测和金相检验等内容。各相关内容通过列举应用实例进行讲解,淡化理论,突出应用,着重培养学生的实际操作能力。

本教材共设计了8个学习情境,每个学习情境分别介绍了各个检验方法的基本原理、探伤过程并以实例引导学生模拟完成各检测项目。

本书可作为高职高专院校、中等职业学校、各类成人教育焊接专业的教材或培训用书,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接质量检验与控制 / 李文兵主编. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013. 2

ISBN 978-7-5124-1003-9

I. ①焊… II. ①李… III. ①焊接—质量检验②焊接—质量控制 IV. ①TG441.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 261945 号

版权所有,侵权必究。

焊接质量检验与控制

主 编 李文兵

副主编 丁 晖

主 审 高卫明

责任编辑 陈守平

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:7.75 字数:198 千字

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1003-9 定价:16.80 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

随着我国高职高专教育改革的深入,国家对各高校培养适用型技能人才提出了很高的要求,一本适用的教材显然尤为重要。

本书重点培养学生采用焊接生产质量控制检测技术对焊接质量的控制能力,以理论知识够用、实际操作能独立完成为编写指导思想,分情景模式模拟实际工况,基本能达到学校和工作岗位零距离对接的效果。

本书充分体现了“教、学、做”合为一体的高职高专教学特点,其大致具有以下特点:

① 针对性强。本书根据国家职业教育的标准,主要针对高职高专院校及中等职业院校的学生编写,全书采用情景模式设计,强调实际应用操作能力,淡化理论知识讲授。

② 技能性强。不刻意做到知识的面面俱到,突出强调知识和技能的紧密联系,重在把握技能和技巧。

③ 通用性强。全书主要以化工行业用产品为检测实例,但又不局限于化工行业,充分考虑辐射其他行业的检测。

本书共设计了8个学习情境,学习情境1~2由李文兵编写;学习情境3~4由丁晖编写;学习情境5~6由张伟编写;学习情境7~8由姚明傲编写;其中焊接接头冲击性能检验部分由杨林编写。夏华对全书进行主审。

本书在编写过程中参考了国内外相关专业教材及有关文献资料,在此向有关著作者表示衷心的感谢!同时,对本书在编写过程中给予帮助的相关人士表示由衷的谢意!

由于编者水平有限,不足之处敬请读者批评指正。

编者

2012年7月17日

目 录

学习情境一 射线探伤	1
任务一 基本知识储备	1
1.1.1 射线探伤的基本原理	1
1.1.2 射线探伤的设备	2
1.1.3 射线照相法探伤	6
任务二 焊缝 X 射线探伤实训	20
1.2.1 任务目的	20
1.2.2 任务内容	20
1.2.3 任务实施	20
1.2.4 任务实施报告及质量评定	21
学习情境二 超声波探伤	24
任务一 基本知识储备	24
2.1.1 超声波探伤的基本原理	24
2.1.2 超声波探伤的设备	30
2.1.3 直接接触法超声波探伤	32
任务二 焊缝超声波探伤实训	46
2.2.1 任务目的	46
2.2.2 任务内容	46
2.2.3 任务实施	47
2.2.4 任务实施报告及质量评定	48
学习情境三 磁粉探伤	49
任务一 基本知识储备	49
3.1.1 基本原理	49
3.1.2 磁粉探伤的基本组成	50
3.1.3 磁粉探伤过程的控制	59
任务二 焊缝磁粉探伤实训	67
3.2.1 任务目的	67
3.2.2 任务内容	67
3.2.3 任务实施	67
3.2.4 任务实施报告及质量评定	68
学习情境四 渗透探伤	70
任务一 基本知识储备	70
4.1.1 渗透探伤系统的基本组成	71
4.1.2 渗透探伤过程的控制	76

任务二 焊缝渗透探伤实训	81
4.2.1 任务目的	81
4.2.2 任务内容	81
4.2.3 任务实施	82
4.2.4 任务实施报告及质量评定	83
学习情境五 焊接接头力学性能检测	84
任务一 焊接接头拉伸性能检验	84
5.1.1 任务目的	84
5.1.2 任务内容	84
5.1.3 任务实施	87
5.1.4 任务实施报告及质量评定	91
任务二 焊接接头弯曲性能检验	92
5.2.1 任务目的	92
5.2.2 任务内容	92
5.2.3 任务实施	95
5.2.4 任务实施报告及质量评定	96
任务三 焊接接头冲击性能检验	96
5.3.1 任务目的	96
5.3.2 试样的制备要求	97
5.3.3 任务实施	99
5.3.4 任务实施报告及质量评定	99
学习情境六 焊接接头金相组织检验	101
6.1 任务目的	101
6.2 任务内容	105
6.3 任务实施	106
6.4 任务实施报告及质量评定	109
学习情境七 液化罐密封性检验实训	110
7.1 任务目的	110
7.2 任务内容	110
7.3 任务实施	110
7.4 任务实施报告及质量评定	111
学习情境八 压力容器耐压性检验实训	113
8.1 任务目的	113
8.2 任务内容	113
8.3 任务实施	113
参考文献	117

任务一 基本知识储备

1.1.1 射线探伤的基本原理

射线就是指 X 射线、 α 射线、 β 射线、 γ 射线、电子射线和中子射线等。其中易于穿透物质的有 X 射线、 γ 射线以及中子射线三种。X 射线和 γ 射线就本质而言是相同的,都是波长很短的电磁波,只是射线发生的方法不同。中子和质子是构成原子核的粒子,质子带正电荷,电子带负电荷,而中子则是电中性的。发生核反应时,中子飞出核外,这种中子流叫做中子射线。

这三种射线都是易于穿透物体的,但是在穿透物体的过程中受到吸收和散射,因此,其穿透物体后的强度就小于穿透前的强度。衰减的程度由物体的厚度、物体的材料以及射线的种类而定。

当厚度相同的板材含有气孔时,有气孔的部分不吸收射线,容易透过。相反,如果混进容易吸收射线的异物时,这些地方射线就难于透过。因此,用强度均匀的射线照射所检测的物体,使透过的射线在照相胶片上感光,把胶片显影后就可得到与材料内部结构和缺陷相对应的黑度不同的图像,即射线底片;通过对这种底片的观察来检查缺陷的种类、大小、分布状况等,就称之为射线照相法检测。

现代工业中最常用于检测的是 X 射线和 γ 射线。

X 射线的波长为 $0.001 \sim 0.1 \text{ nm}$, γ 射线的波长为 $0.0003 \sim 0.1 \text{ nm}$ 。

1. 射线的性质

X 射线是由高速运行的电子在真空管内抨击金属板而产生的。目前用于产生 X 射线的设备主要是 X 射线机和加速器,其射线能量及强度均可调节。

γ 射线主要是由放射性物质内部原子核的衰变而产生,其能量改变几率不能控制,由 γ 射线机产生。

X 射线和 γ 射线均具有以下性质:

- ① 不可见,以光速直线传播。
- ② 不带电,不受电场和磁场的影响。
- ③ 具有可穿透物质的特性,波长越短,穿透能力越强,物质的密度越小,射线越容易穿透。
- ④ 可使物质电离,能使胶片感光,亦能使某些物质产生荧光。
- ⑤ 射线穿透物质时具有有衰减的特性,物质厚度越大,衰减越大。
- ⑥ 具有直线传播特性,速度和可见光速相同。
- ⑦ 能产生生物效应,伤害及杀死有生命的细胞。
- ⑧ 能产生反射、干涉、绕射和折射等现象,并与可见光明显不同。

2. 射线与物质的相互作用

当射线穿透物质时,由于物质对射线有吸收和散射作用(光电效应、汤姆逊散射、康普顿效应和电子对(电子偶)效应等),从而引起射线能量的衰减。可用衰减定律表达:

$$I_{\delta} = I_0 e^{-\mu \delta} \quad (1-1)$$

式中: I_{δ} ——射线透过厚度 δ 的物质后的射线强度;

I_0 ——射线的初始强度;

e ——自然对数的底;

δ ——被穿透物质的厚度;

μ ——射线衰减系数。

由式 1-1 可知,射线强度的衰减是呈负指数规律的,并且随着穿透物质厚度的增加,射线强度的衰减增大;随着线衰减系数的增大,射线强度的衰减也增大。线衰减系数 μ 值与射线本身的能量(波长 λ)及物质本身的性质(原子序数 Z 、密度 ρ)有关:对同样的物质,其射线的波长越长, μ 值也越大;对相同波长或能量的射线,物质的原子序数越大,密度越大,则 μ 值也越大。

3. 探伤的基本原理

射线探伤的实质是根据被检工件与其内部缺陷介质对射线能量衰减程度不同,而引起射线透过工件后的强度差异(见图 1-1),使缺陷能在射线底片或 X 光电视屏幕上显示出来。

设射线在工件及缺陷中的线衰减系数分别为 μ 和 μ' 。根据衰减定律,透过完好部位 x 厚的射线强度为

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}$$

透过缺陷部位的射线强度为

$$I' = I_0 e^{-[\mu(x-\Delta x) + \mu' \Delta x]}$$

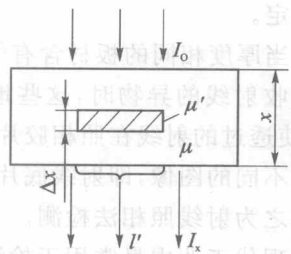


图 1-1 射线探伤原理图

① 当 $\mu' < \mu$ 时, $I' > I_x$, 即缺陷部位透过的射线强度大于周围完好部位。例如,钢焊缝中的气孔、夹渣等缺陷就属于这种情况,射线底片上缺陷呈黑色影像,X 光电视屏幕上呈灰白色影像。

② 当 $\mu' > \mu$ 时, $I' < I_x$, 即缺陷部位透过的射线强度小于周围完好部位。例如,钢焊缝中的夹钨就属于这种情况,射线底片上缺陷呈白色块状影像。

③ 当 $\mu' > \mu$ 时或 Δx 很小且趋近于零时, $I' \approx I_x$ 。这时,缺陷部位与周围完好部位透过的射线强度无差异,则射线底片上或 X 光电视屏幕上缺陷将得不到显示。

1.1.2 射线探伤的设备

X 射线机、 γ 射线机和电子直线加速器是射线探伤的主要设备,了解其原理、构造、主要性能及用途,是正确选择和有效进行探伤工作的保证。

1. X 射线机

(1) X 射线机的分类

目前国内外把 X 射线机大致分成三种,即携带式 X 射线机、移动式 X 射线机和固定式 X 射线机,这三类 X 射线机在结构和应用上都有所不同。

1) 携带式 X 射线机

这是一种体积小,重量轻,便于携带,适用于高空、野外作业的 X 射线机。典型产品如图 1-2 所示。

2) 移动式 X 射线机

这是一种体积和重量都比较大,安装在移动小车上,用于固定或半固定场合的 X 射线机,适用于中、厚板焊件的探伤。典型产品如图 1-3 所示。

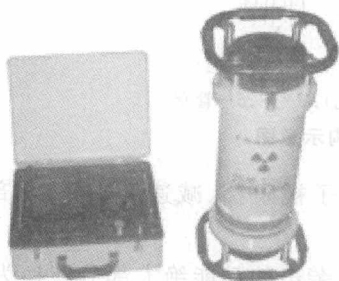


图 1-2 携带式 X 射线机

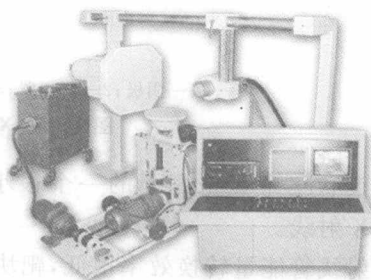


图 1-3 移动式 X 射线探伤机

3) 固定式 X 射线机

固定在确定的工作环境中,靠移动焊件来实现探伤工作。典型产品如图 1-4 所示。

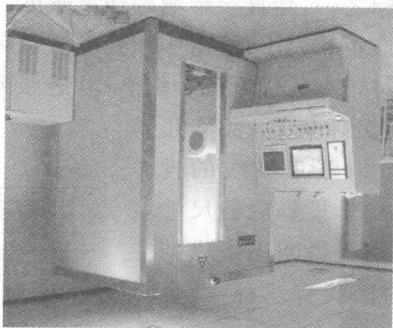


图 1-4 固定式 X 射线探伤机

2. X 射线机的核心部件

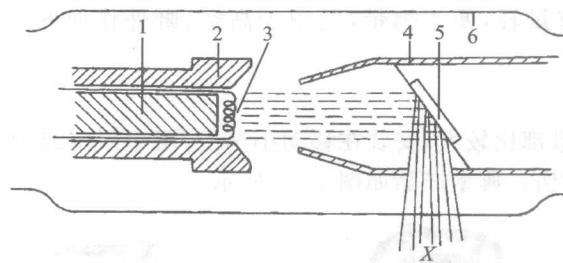
X 射线机的核心部件是 X 射线管,又称 X 光管,为一由阴极与阳极等组成的真空电子器件(见图 1-5)。X 射线管的结构特点、工作原理及有关特性如下:

(1) 结构特点

X 射线管由阴极构件、阳极构件和管套(其内真空度达 $133.3 \times 10^{-7} \sim 133.3 \times 10^{-6}$) 构成,阴极构件由阴极(钨)、灯丝(钨丝绕成平面螺旋形可产生圆焦点,绕成螺旋管形可产生方形或矩形的线焦点;当有两组灯丝时,可产生两个大小不同的焦点,称之为双焦点)和聚焦罩(纯铁或纯镍制成凹面形)等组成;阳极构件由阳极(铜,导电和散热)和靶块(钨等)组成。

(2) 工作原理

灯丝接低压交流电源通电加热至白炽时,阴极周围形成电子云,聚焦罩的凹面形状使其聚焦。当在阳极与阴极间施加高压时,电子被阴极排斥,被阳极吸引,加速穿过真空空间,高速运



1—阴极;2—聚焦罩;3—阳极(外壳);5—靶;6—管套

图 1-5 X 射线管结构示意图

动的电子成束状集中轰击靶子的一个很小面积,电子被阻挡、减速和吸收,其部分动能(约 1%)转换为 X 射线。

由于 X 射线管能量转换效率很低,靶块接受电子轰击的动能绝大部分转换为热能,因此,阳极的冷却至关重要,目前采用的冷却方式主要有辐射散热及冲油(水)冷却等。

X 射线管有玻璃壳管和金属陶瓷管两种,金属陶瓷管由于其机械性能、电性能、热性能优良,体积小,重量轻和寿命长等优点,而被广泛地应用,但其缺点是价格昂贵。

(3) 焦 点

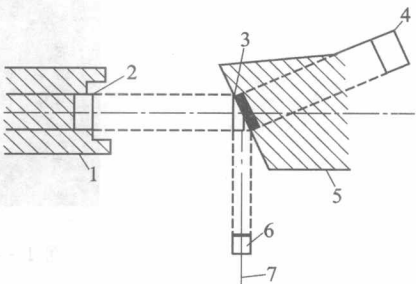
焦点大小是其重要技术指标之一,会直接影响探伤灵敏度。

焦点尺寸主要取决于灯丝形状和大小,管电压和管电流也有一定影响。

焦点大,有利于散热,可通过较大的管电流。焦点小,透照灵敏度高,底片清晰度好。

靶块被电子轰击的部分叫实际焦点,又称几何焦点。而实际焦点在垂直于射线束轴线的投影,或其在 X 射线传播方向经光学投影后的尺寸(面积)称有效(光学)焦点,探伤机说明书提供的焦点尺寸就是有效焦点。它的形状有三种:圆焦点(用直径表示)、长方形焦点(用 $\frac{\text{长}+\text{宽}}{2}$ 表示)和正方形焦点(用边长表示)。(见图 1-6)

一般斜靶的 X 射线管阳极靶与管轴线垂直方向成 20°的倾斜角,所以有效焦点尺寸大约是实际焦点尺寸的三分之一。



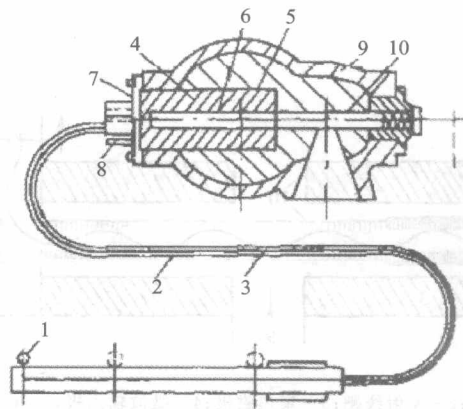
1—阴极;2—灯丝;3—阳极靶;4—实际焦点;
5—阳极;6—有效焦点;7—X 射线束中心

图 1-6 实际焦点和有效焦点

3. γ 射线机

γ 射线机又称 γ 射线探伤仪,其按结构形式可分为携带式、移动式 and 爬行式三种。携带式 γ 射线机多采用 ^{192}Ir 作射线源,适用于较薄件的探伤;移动式 γ 射线机多采 ^{60}Co 作射线源,多用于厚件探伤;爬行式 γ 射线机用于野外焊接管线的探伤。图 1-7 所示为 γ 射线探伤仪的结构简图。轻便型 γ 射线探伤仪,一般用手工控制探伤机的开启和关闭。使用中等活性以上放射性元素的 γ 射线探伤仪一般装在小车上,用遥控装置控制开关。

γ 射线探伤设备与普通 X 射线探伤机比较具有如下优点:



1—闸靶;2—软管;3—钢线;4—保护套;5—套筒;6—放射源;
7—法兰;8—连接支柱;9—防护套;10—圆柱形沟

图 1-7 γ 射线探伤仪结构简图

① 探测厚度大,穿透能力强。对钢工件而言,400 kV X 射线探伤机最大穿透厚度为 100 mm 左右,而 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线探伤机最大穿透厚度可在 200 mm 以上。

② 体积小,重量轻,不用电,不用水,特别适用于野外作业和在用设备的检测。

③ 效率极高,对环缝和球罐可进行周向曝光和全景曝光。同 X 射线机相比大大地节约了人力、物力,降低了成本,提高了效益。

④ 设备故障率低,无易损部件,价格低。

⑤ 可以连续运行,且不受温度、压力、磁场等外界条件影响。

γ 射线探伤设备的主要缺点是:

① γ 射线源都有一定的半衰期,有些半衰期较短的射源(如 ^{192}Ir)更换会比较频繁。

② 射线能量固定,无法根据试件厚度进行调节,强度随时间变化,使曝光时间受到制约。

③ 固有不清晰度一般比 X 射线大,用同样的器材及透照技术条件,其灵敏度稍低于 X 射线机。

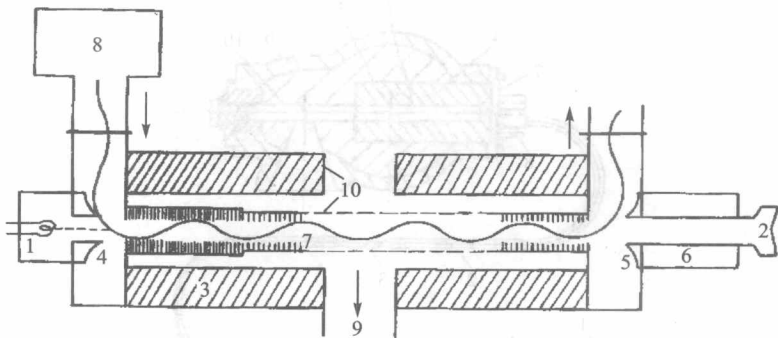
④ 对安全防护要求高,管理严格。

4. 加速器

加速器是带电粒子加速器的简称,其基本原理是利用电磁场使带电粒子(如电子、质子、氘核、氦核及其他重离子)获得能量。用于产生高能 X 射线(能量 $>1\text{MeV}$ 的 X 射线)的加速器主要有电子感应式、电子直线式和电子回旋式三种,目前应用最广的是电子直线加速器。

电子直线加速器的工作原理(见图 1-8):利用高功率的微波装置,在波导管(7、10 组成)内向电子输送能量,当管内产生 60~100 kV/cm 的微波电场时,灯丝发出的电子每前进 1 cm 的距离将获得 $60 \times 10^3 \text{ eV}$ 能量。显然,波导管越长电子获得的能量就越高,这些高能电子轰击靶面 2,则产生高能 X 射线,其转换效率可高达 40%~50%。

关键器件是波导管,它是由空心金属管 10 中装有许多带中心孔的圆片 7 组成的,称为载有圆片的波导管。波长为 1~100 cm 的高频微波可通过波导管传送,微波的传播速度取决于圆片之间的距离和圆片上中心孔的大小。由于这些波伴有电场,故可用来加速电子。



1—电子源;2—X 射线靶;3—聚焦磁极;4—微波输入极;5—微波输出极
6—极式电子聚焦准直仪;7—空心圆片;8—磁控管;9—真空泵;10—空心金属管

图 1-8 电子直线加速器工作原理示意图

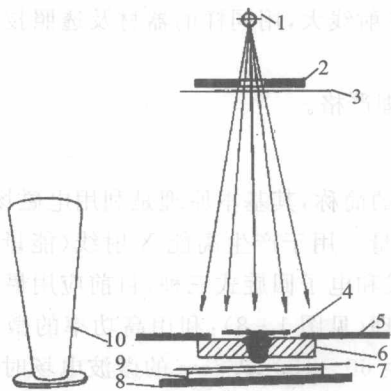
由于加速器具有射线束能量、强度与方向均可精确控制的优点,故其能量可高达35 MeV,探伤厚度达 500 mm(钢铁);射线焦点尺寸小(电子感应加速器一般在 $0.1\sim0.2\times2\text{ mm}$,电子直线加速器的略大),探伤灵敏度高达 $0.5\%\sim1\%$,故其应用日益广泛。

1.1.3 射线照相法探伤

射线照相法探伤实质:根据被检工件与内部缺陷介质对射线能量衰减程度的不同,而引起透过后射线强度分布差异(射线强度分布差异形成射线图像,又称辐射图像),在感光材料(胶片)上获得缺陷投影所产生的潜影,经过暗室处理后获得缺陷影像,再对照有关标准来评定工件内部质量。

1. 探伤系统基本组成

射线照相法探伤系统基本组成如图 1-9 所示。



1—射线源;2—铅光阑;3—滤板;4—像质计、标记带;5—铅遮板;
6—工件;7—滤板;8—底部铅板;9—暗盒、胶片、增感屏;10—铅罩

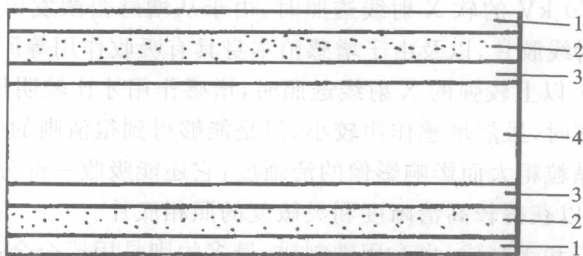
图 1-9 探伤系统基本组成示意图

(1) 射线源

射线源可以是 X 射线机、 γ 射线机或加速器。

(2) 射线胶片

一张结构良好的射线胶片共有七层物质组成,如图 1-10 所示。



1—保护层;2—乳剂层;3—结合层;4—片基

图 1-10 射线胶片结构

保护层的主要成分为明胶,可保护乳剂层不受损伤;乳剂层的主要成分为明胶、溴化银和微量碘化银(单层厚约 $10\sim 20\mu\text{m}$),明胶具有增感作用和使卤化银颗粒均匀悬浮、固定其中。溴化银在射线作用下将产生光化反应。碘化银可提高反差和改善感光性能。结合层主要成分为树脂,它能使乳剂层牢固粘附在片基上。片基的主要成分为涤纶或三醋酸纤维,起支承全部涂层的作用。

(3) 增感屏

射线胶片对射线能量的吸收能力很小,例如用 X 射线透照,当管电压为 100kV 时,被射线胶片吸收的能量仅为射线能量的 1% 左右。因此,射线胶片感光速度慢,曝光时间长。为了增加射线胶片对射线能量的吸收,缩短曝光时间,透照时一般都采用增感屏。增感屏有荧光增感屏和金属箔增感屏两种。

1) 荧光增感屏

X 射线具有能使荧光物质发光的特性,因此荧光增感屏主要由荧光物质制成,其结构如图 1-11 所示。

荧光物质的性质是,受到射线照射后,能吸收射线能量,并发出一种特有的射线——荧光。这种射线的波长,比原入射线的波长要长一些,而且荧光的强度与入射线的强度成正比,这样才有可能利用它作为增加射线胶片吸收射线能量的方法。



1—保护层;2—荧光物质;3—片基

图 1-11 荧光增感屏

在射线检测中常用的荧光物质是钨酸钙 (CaWO_4)。使用时,将射线胶片夹持在两张增感屏之间,一起装入暗盒内。当采用 100kV 的 X 射线透照时,一对钨酸钙的增感屏能吸收 $40\%\sim 50\%$ 的 X 射线能量并将其转变为荧光,因而曝光时间缩短,不但节约了电能,还可延长 X 射线机的使用寿命。

2) 金属增感屏

金属增感屏由金属箔粘合在纸基或胶片片基上制成。探伤时金属增感屏与射线胶片紧密接触,同时将射线胶片夹持在两张增感屏之间,一起装入暗盒内。

增感屏被射线穿透后能够被激发产生 β 射线和一小部分金属的标识 X 射线,从而增加胶片的感光作用(称增感效应)。同时,增感屏对波长较长的散射线又有吸收作用(称滤波作用),可减小散射线引起的灰雾度,从而提高了胶片的感光速度和底片的成像质量。

金属箔产生的射线强度,比钨酸钙所发出的荧光强度小很多,同时还会被金属箔本身吸收一些。特别是用低于 70 kV 的软 X 射线透照时,由于从增感箔激发出的光电子速度很小,只有很少一部分能到达射线胶片,以及由于增感箔本身具有吸收作用等原因,实际上不能缩短曝光时间。只有用 80 kV 以上较强的 X 射线透照时,增感作用才比较明显。

在使用金属箔增感时,虽然增感作用较小,但是能够得到很清晰的影像。由于金属箔本身不像荧光增感屏那样晶粒粗大而影响影像的清晰度,它还能吸收一部分散射线,因此采用硬射线透照金属箔增感,可以获得较高清晰度和灵敏度的照相底片。

常用的金属箔是铅和锡制成,也有用锆制成,最多的则是用铅合金制成的。

(4) 像质计

像质计是用来检查和定量评价射线底片影像质量的工具。其又被称为图像质量指示器、像质指示器、透度计。

像质计可用来检查射线检测的灵敏度。所谓灵敏度,是指在照相底片上,能发现工件中沿透照方向上的最小缺陷尺寸。能发现的缺陷尺寸愈小,则灵敏度愈高。这种用能发现的最小缺陷尺寸来表示的灵敏度,称为绝对灵敏度。用在射线透照方向上能发现的最小缺陷尺寸与工件厚度的比值来表示的灵敏度,称为相对灵敏度。在射线检测中都采用相对灵敏度。

像质计及其摆放位置如图 1-12 所示。它是用 7 根不同直径的金属丝平行排列,用塑料压制而成。金属丝像质计应放在被检焊缝射线源一侧。然后以照相底片上能显示出金属丝的最小直径比上工件的厚度,计算出相对灵敏度。

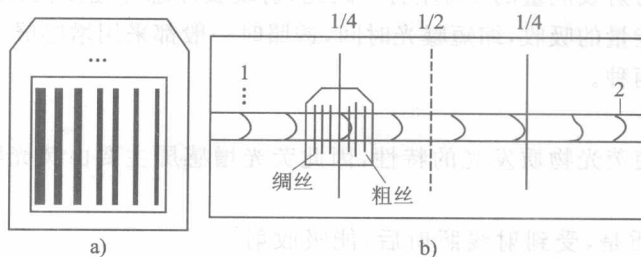


图 1-12 像质计及其摆放位置

GB 3323—87 中规定采用线型像质计,其型号和规格应符合 GB 5618—85《线型像质计》的规定(见表 1-1)。

(5) 铅罩、铅光阑

附加在 X 射线机窗口的铅罩或铅光阑,可以限制射线照射区域大小和得到合适的照射量,从而减少来自其他物体如地面、墙壁和工件非受检区的散射作用,以避免和减少散射线所导致底片灰雾度的增加。

(6) 铅遮板

工件表面和周围的铅遮板,可以有效地屏蔽前方散射线和工件外缘由散射引起的“边蚀”效应,对不规则的工件也可采用钡泥、金属粉末(铜粉、钢粉和铅粉)等代替铅遮板。

表 1-1 像质计组别

组别	1/7	6/12	10/16
线直径 /mm	3.200	1.000	0.400
	2.500	0.800	0.320
	2.000	0.630	0.250
	1.600	0.500	0.200
	1.250	0.400	0.160
	1.000	0.320	0.125
	0.800	0.250	0.100

(7) 底部铅板

底部铅板又称后防护铅板,用于屏蔽后方散射线(如来自地面)。

(8) 滤板

滤板的材料通常是铜、黄铜和铅,其厚度应合适。例如,透照钢时所用铜滤板的厚度不得大于工件最大厚度的 20%,而铅滤板则不得大于 3%。滤板的作用主要是吸收掉 X 射线中那些波长较大的谱线,这些谱线对底片上影像形成作用不大,却往往引起散射线。

(9) 暗盒

暗盒一般采用柔软的塑料带制成,因为塑料带制成的暗盒对射线吸收不明显,对影像质量无影响,并能很好地弯曲和贴紧工件。

(10) 标记带

标记带可使每张射线底片与工件被检部位始终对照;其上的铅质标记有:定位标记(中心标记,搭接标记)、识别标记(工件编号,焊缝编号,部位编号,返修标记)、B 标记等。铅质标记与被检区域同时透照在底片上,它们的安放位置如图 1-13 所示。

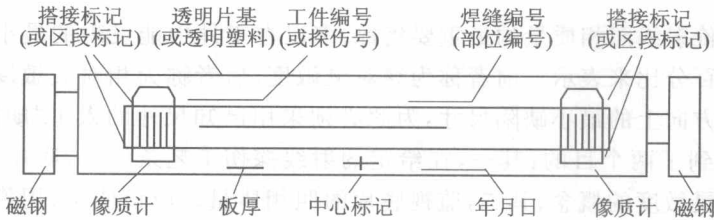


图 1-13 各种标记相互位置示例(标记带)

2. 探伤条件的选择

(1) 选择原则

1) 像质等级

应根据有关规程和标准要求选择适当的探伤条件。例如,透照钢熔焊对接接头时应以 GB 3323—87 为依据。其中对射线探伤技术本身的质量要求,是以所规定的照相质量等级来体现:

A 级——成像质量一般,适用于承受负载较小的产品及部件;

AB 级——成像质量较高,适用于锅炉和压力容器产品及部件;

B级——成像质量最高,适用于航天和核设备等极为重要的产品及部件。

不同的像质等级,对射线底片的黑度、灵敏度均有不同的规定。为达到其要求,需从探伤器材、方法、条件和程序等各方面预先进行正确选择和全面合理布置。

2) 黑 度

底片黑度(或光学密度)是指曝光并经暗室处理后的底片黑化程度,其大小与该部分含银量的多少有关,含银量多的部位比少的部位难于透光,即它的黑度较大。

黑度定义的数学表达式:

$$D = \lg \frac{L_0}{L} \tag{1-2}$$

式中: D ——底片黑度;

L_0 ——照射光强;

L ——透过光强。

灰雾度 D_0 是指未经曝光的胶片经显影处理后获得的微小黑度,当然也包括了片基本身的不透明度。当 $D_0 < 0.2$ 时对射线底片影像影响不大;若其值过大,则会损害影像的对比度和清晰度,而降低灵敏度。GB 3323—87 规定各像质等级的底片黑度值如表 1-2 所列。

表 1-2 底片的黑度范围

射线种类	底片黑度 $D^\text{①}$		灰雾度 D_0
X 射线	A 级	1.2~3.5	≤ 3.5
	AB 级		
	B 级	1.5~3.5	
γ 射线	1.8~3.5		

① D 值中包含了 D_0 值。

3) 灵敏度

灵敏度是评价射线照相质量的最重要指标,多以在工件中能发现的最小缺陷尺寸或其在工件厚度上所占百分比来表示。前者称为绝对灵敏度,后者称为相对灵敏度。由于预先无法了解沿射线穿透方向上的最小缺陷尺寸,为此必须采用已知尺寸的人工“缺陷”——像质计来度量。这样就达到了两个目的:其一,在给定的射线探伤工艺条件下,底片上显示出人工“缺陷”影像,以获得灵敏度的概念;其二,监视底片的照相质量。应该明了,用像质计得到的灵敏度并非真正发现实际缺陷的灵敏度,而只是表征对于某些人工“缺陷”(金属丝等)发现的难易程度,但它完全可以对影像质量作出客观的评价。

(2) 射线源的选择

1) 射线能量

射线能量是指射线源管电压的 kV、MeV 值或 γ 源的种类。射线能量越大,其穿透力越强,则可透照的工件厚度越大。但同时也带来由于线质硬而导致成像质量下降(主要使底片对比度明显下降和使灰雾度 D_0 严重增大)。所以,在满足透照工件厚度的条件下,应根据材质和成像质量要求,尽量选择较低的射线能量。尤其对线衰减系数较小的轻金属(如铝)薄件,最好选用软 X 射线机。在 GB 3323—87 中对允许使用的最高管电压和透照厚度的下限值均作出了规定,见图 1-14 和表 1-3。

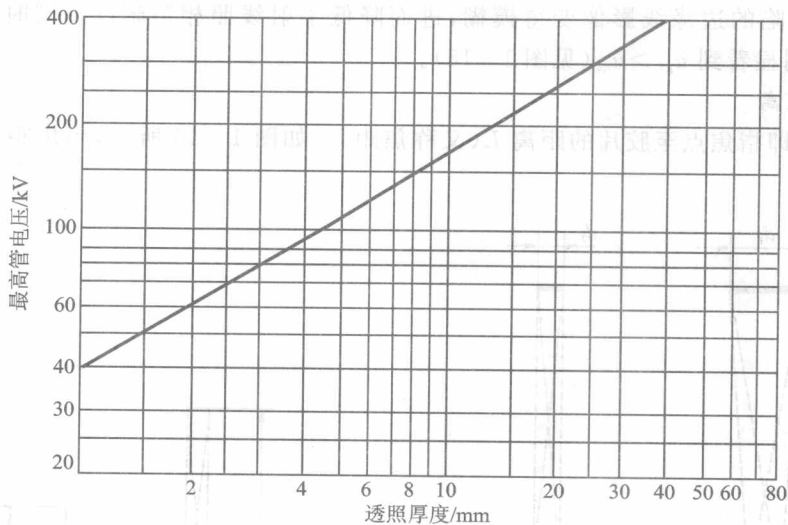


图 1-14 透照厚度和允许使用的最高管电压

表 1-3 γ 射线机和加速器适用探伤厚度

射线源	母材厚度/mm		
	A 级	AB 级	B 级
^{192}Ir	20~100	30~95	40~90
^{60}Co	40~200	50~175	60~150
1~2 MeV	30~200	40~175	50~150
>2 MeV	≥ 40	≥ 50	≥ 50

从表 1-3 可见, γ 射线机和加速器均不能透照低于表中下限厚度的工件, 这是因为二者射线能量很高, 且不能像普通 X 射线机那样可以调节, 必将引起成像质量低劣。

2) 射线强度

当管电压相同时, 管电流(mA 值)越大, X 射线源的射线强度越大, 则曝光时间可缩短, 能显著提高探伤生产率。

3) 焦点尺寸

由于焦点越小, 照相灵敏度越高, 因此, 在可能条件下应选择焦点小的射线源, 同时还需按焦点尺寸核算最短透照距离。

4) 辐射角

射线束所构成的角度叫辐射角。X 射线的辐射角分定向和周向, 分别适用于定向分段曝光和环焊缝整圈一次周向曝光, γ 射线的辐射角分定向、周向和 4π 立体角, 分别适用于分段曝光、周向曝光和全景曝光技术。

此外, 射线探伤设备的选型还应考虑其重量、体积和易于对位等其他条件。

(3) 几何参数的选择

1) 焦点大小的影响

由于焦点不是点源, 而有一定的几何尺寸, 在探伤中必然会产生几何不清晰度 u_g (又称半