

承压设备 无损检测责任师 工作指南

主 编 王 俊 徐 彦
主 审 刘普明



東北大學出版社
Northeastern University Press

承压设备无损检测责任师 工作指南

主 编 王 俊 徐 彦

主 审 刘普明

东 北 大 学 出 版 社

· 沈 阳 ·

内 容 提 要

本书是笔者多年工作经验的总结。它以国家相关安全技术规范和承压设备无损检测标准为依据,结合实际,系统讲解了无损检测责任师应掌握的管理知识和技能,具有较强的实用性。

本书内容包括:无损检测质量控制、无损检测管理标准、无损检测通用工艺、无损检测专用工艺、射线检测室的设置和安全防护、各种曝光曲线的使用、无损检测仪器设备的管理等七章,各章均列举了典型工作实例,并附七个常用的技术资料,是一本较为实用的教科书。

本书不仅可作为无损检测责任师的培训和自学用教材,也可作为从事承压设备无损检测中、高级人员和质保工程师的常备资料。对相关的质量检验人员,质量管理人员,工程技术人员和设备制造、安装单位资格许可取换证及无损检测公司认证也有一定的参考价值。

© 王俊, 徐彦 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

承压设备无损检测责任师工作指南/王俊, 徐彦主编.— 沈阳: 东北大学出版社, 2006.7

ISBN 7-81102-271-0

I.承… II.①王… ②徐… III.压力容器-无损检验-指南 IV.TH49-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 067770 号

承压设备无损检测责任师工作指南

主 编 王 俊 徐 彦

东 北 大 学 出 版 社 出 版

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮编: 110004

电话: 024-83687331 83680267 传真: 024-83680180 83680265

E-mail: neuph@neupress.com http://www.neupress.com

沈阳航空发动机研究所印刷厂印刷 东北大学出版社发行

幅面尺寸: 210mm×295mm 印张: 11.625 插页: 3 字数: 296 千字

印数: 1-2000

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘乃义

责任校对: 章 力

封面设计: 唐敏智

ISBN 7-81102-271-0

定价: 58.00 元

前 言

为了贯彻执行国家质量监督检验检疫总局制定的《锅炉压力容器制造许可条件》(国质检锅[2003]194号)的有关规定,加强对承压设备无损检测工作的质量管理,提高无损检测责任师的管理素质和业务水平,受辽宁省质量技术监督局特种设备安全监察处委托,由辽宁省安全科学研究院组织编写了《承压设备无损检测责任师工作指南》。

本书以现行国家有关安全技术规范、标准和JB/T 4730.1~4730.6—2005《承压设备无损检测》为依据,系统讲解了无损检测责任师所应具备的管理知识与操作技能,详细介绍了在实际工作中如何将专业知识与检测标准有机地结合起来,制订出既满足标准要求,又切实可行的检测工艺规程,为产品质量服务。

本书内容包括:无损检测质量控制、无损检测管理标准、无损检测通用工艺、无损检测专用工艺、射线检测室的设置和安全防护、各种曝光曲线的制作和使用、无损检测仪器设备的管理等七章,列举了一个无损检测管理标准、五个通用工艺规程和十个专用工艺卡的编制实例,另附了两个规范性附录(防护层的确定、控制区的确定)和五个资料性附录(容器对接焊缝作无损检测标记的规定、绘制焊缝检测部位图的规定、球罐布片图绘制及现场作无损检测标记的规定、无损检测辽表表样、暗室安全操作规程)。本书较全面地介绍了无损检测质量控制系统的建立与运行、无损检测管理标准(程序文件)、通用工艺规程、专用工艺卡的编制,使无损检测实施过程中的每一个环节都有章可循,具有很强的可操作性。

本书集资料性与实用性于一体,既是无损检测责任师的良师益友,也可作为从事承压设备无损检测工作的中、高级人员的常备资料。

本书由刘普明主审,王俊、徐彦主编。参加编写人员有徐富民、陈东初、张忠新、姜殿臣。

本书在编写过程中得到了多年从事承压设备安全管理工作的专家林志宏先生的大力支持和指导,在资料的整理过程中得到了程浩同志、孟祥飞同志的帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编写时间较匆忙,本书不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便不断完善。

编 者

2006年4月

目 录

第1章 无损检测质量控制	1
1.1 概 述	1
1.2 有关安全技术规范、标准对无损检测质量控制的规定	1
1.3 无损检测质量控制系统的构成	11
1.4 无损检测质量控制系统的工作程序	16
1.5 无损检测质量控制系统的资料管理	18
1.6 锅炉压力容器制造单位无损检测工作中存在的问题	18
思考题	21
第2章 无损检测管理标准 (程序文件)	23
2.1 无损检测管理标准 (程序文件) 的编写	23
2.2 无损检测管理标准的编写实例	25
第3章 无损检测通用工艺	31
3.1 通用工艺规程的编制	31
3.2 射线检测通用工艺规程的编制	34
3.3 钢制压力容器对接接头射线检测规程编制实例	36
3.4 磁粉检测通用工艺规程的编制	56
3.5 磁粉检测通用工艺规程的编制实例	57
3.6 渗透检测通用工艺规程的编制	61
3.7 渗透检测通用工艺规程的编制实例	62
3.8 超声检测通用工艺规程的编制	68
3.9 超声检测通用工艺规程的编制实例	69
3.10 钢制球形储罐无损检测规程的编制	87
3.11 钢制球形储罐无损检测规程的编制实例	88
第4章 无损检测专用工艺	97
4.1 无损检测工艺卡的编制及注意事项	97
4.2 无损检测工艺卡的格式及填写说明	99
4.3 无损检测工艺卡的编制	109

4.4	浮头式换热器对接接头射线检测工艺卡填写实例	114
4.5	30m ³ 液化石油气储槽无损检测工艺卡填写实例	115
4.6	1000m ³ 液化石油气球罐（现场安装）无损检测工艺卡填写实例	117
4.7	丁二烯脱水罐无损检测工艺卡填写实例	122
4.8	某工程工业管道对接接头射线检测工艺卡填写实例	124
4.9	国外某长输管道工程施工射线检测工艺卡填写实例	125
4.10	检测作业指导书实例	126
4.11	水火管锅炉检测工艺卡填写实例	127
4.12	双纵锅筒水管锅炉检测工艺卡填写实例	128
4.13	立式蒸汽锅炉检测工艺卡填写实例	129
 第5章 射线检测室的设置和安全防护		130
5.1	射线检测室的设置	130
5.2	X射线、 γ 射线检测的安全防护	130
 第6章 各种曝光曲线的制作和使用		138
6.1	曝光曲线的制作	138
6.2	曝光曲线的应用	144
 第7章 无损检测仪器设备的管理		146
7.1	检测仪器的配置	146
7.2	常用射线机的使用	146
7.3	常用无损检测设备操作规程的编制要点	147
7.4	无损检测设备的管理	147
7.5	γ 射线机及源的管理	149
 附录A（资料性附录） 压力容器对接接头作无损检测标记的规定		151
附录B（资料性附录） 暗室安全操作规程		153
附录C（资料性附录） 绘制压力容器对接接头检测部位图的规定		154
附录D（资料性附录） 球罐布片图的绘制及现场作无损检测标记的规定		157
附录E（资料性附录） 无损检测辽表表样		159
附录F（规范性附录） 防护层的确定		173
附录G（规范性附录） 控制区的确定		177
引用标准目录		179

第 1 章 无损检测质量控制

1.1 概 述

无损检测 (又称无损探伤) 质量控制是承压类特种设备 (包括锅炉、压力容器及压力管道, 以下简称承压设备) 制造、安装质量保证体系中极其重要的组成部分。众所周知, 危及承压设备安全运行的主要因素是制造、安装过程中材料及焊接接头存在超标缺陷或运行过程中产生裂纹等, 而无损检测就是在不损坏工件本身的前提下检出这些缺陷的主要手段, 它对保证承压设备产品制造、安装的质量和运行起着重要作用。

在承压设备制造、安装和使用过程中, 常用的无损检测方法有射线检测 (RT)、超声检测 (UT)、磁粉检测 (MT) 和渗透检测 (PT) 四种, 此外还有涡流检测 (ET) 和声发射检测 (AE)。

无损检测方法的选择和检测比例, 通常由设计部门在图样上予以规定。无损检测人员应根据检测对象, 按照设计图样和国家有关安全技术规范、标准的规定进行检测。

为了保证无损检测工作质量, 必须按照质量保证体系的要求, 建立健全一个比较严密的行之有效的无损检测质量控制系统。下面仅以锅炉、压力容器制造及安装过程中的无损检测质量控制系统为例予以介绍。

1.2 有关安全技术规范、标准对无损检测质量控制的规定

1.2.1 锅炉规程、标准对无损检测质量控制的规定

1.2.1.1 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》中的规定

(1) 锅筒 (锅壳) 的纵向和环向对接焊缝、封头 (管板)、下脚圈的拼接焊缝以及集箱的纵向对接焊缝无损检测的数量如下:

① 额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 10%射线检测 (焊缝交叉部位必须在内)。

② 额定蒸汽压力大于 0.1MPa 但小于或等于 0.4MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 25%射线检测 (焊缝交叉部位必须在内)。

③ 额定蒸汽压力大于 0.4MPa 但小于 2.5MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100%射线检测。

④ 额定蒸汽压力大于或等于 2.5MPa 但小于 3.8MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100%超声检测加至少 25%射线检测, 或进行 100%射线检测。焊缝交叉部位及超声检测发现的质量可疑部位应进行射线检测。

⑤ 额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100%超声检测加至少 25%射线检测。焊缝交叉部位及超声检测发现的质量可疑部位必须进行射线检测。

封头 (管板)、下脚圈的拼接焊缝的无损检测应在加工成型后进行。

电渣焊焊缝的超声检测应在焊缝正火热处理后进行。

(2) 炉胆的纵向和环向对接焊缝、回燃室的对接焊缝及炉胆顶的拼接焊缝的无损检测数量如下:

① 额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 10%射线检测 (焊缝交叉部位必须在内)。

② 额定蒸汽压力大于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 25%射线检测 (焊缝交叉部位必须在内)。

(3) 额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的内燃锅壳锅炉, 其管板与炉胆、锅壳的角接连接焊缝的检测数量如下:

① 管板与锅壳的 T 型连接部位的每条焊缝应进行 100%超声检测。

② 管板与炉胆、回燃室及其 T 型连接部位的每条焊缝应进行 50%超声检测。

(4) 集箱、管子、管道和其他管件的环焊缝 (受热面管子接触焊除外), 射线或超声检测的数量规定如下:

① 当外径大于 159mm, 或者壁厚大于或等于 20mm 时, 每条焊缝应进行 100%检测。

② 外径小于或等于 159mm 的集箱环缝, 每条焊缝长度应进行 25%检测, 也可不少于每台锅炉集箱环缝条数的 25%。

③ 工作压力大于或等于 9.8MPa 的管子, 其外径小于或等于 159mm 时, 制造厂内为接头数的 100%, 安装工地至少为接头数的 25%。

④ 工作压力大于或等于 3.8MPa 但小于 9.8MPa 的管子, 其外径小于或等于 159mm 时, 制造厂内至少为接头数的 50%, 安装工地至少为接头数的 25%。

⑤ 工作压力大于或等于 0.1MPa 但小于 3.8MPa 的管子, 其外径小于或等于 159mm 时, 制造厂内及安装工地各应至少抽查接头数的 10%。

(5) 额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉, 集中下降管的角接接头应进行 100%射线或超声检测; 每个锅筒和集箱上的其他管接头角接接头, 应进行至少 10%的无损检测抽查。

(6) 对接接头的射线检测应按 GB 3323 (现行标准为 JB/T 4730.2) 的规定执行。射线照相的质量要求不应低于 AB 级。

额定蒸汽压力大于 0.1MPa 的锅炉, 对接接头的质量不低于 II 级为合格; 额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉, 对接接头的质量不低于 III 级为合格。

(7) 对接接头的超声检测, 当壁厚小于或等于 120mm 时, 应按 JB 1152 的规定执行; 当壁厚超过 120mm 时, 可按 GB 11345 的规定执行; 管子和管道的对接接头超声检测可按 SDJ 67 的规定执行; 超出 SDJ 67 适用范围的, 按企业标准执行。

采用超声检测时, 对接接头的质量不低于 I 级为合格。

(8) 集中下降管的角接接头的超声检测可按 JB 3144 的规定执行。

卧式内燃锅壳锅炉的管板与炉胆、锅壳的 T 形接头的超声检测按有关规定执行。

(9) 焊缝用超声和射线两种方法进行检测时, 按各自标准均合格者, 方可认为焊缝检测合格。

(10) 经过部分射线或超声检测的焊缝, 在检测部位任意一端发现缺陷有延伸可能时, 应在缺陷的延伸方向作补充射线或超声检测。在抽查或在缺陷的延伸方向补充检测中有不合格缺陷时, 该条焊缝应作抽查数量的双倍数目的补充检测。补充检测后, 仍有不合格时, 该条焊缝应全部进行检测。

测。

受压管道和管子对接焊接接头作检测抽查时,如发现有不合格的缺陷,应作抽查数量的双倍数目的补充检测。如补充检测仍不合格,应对该焊工焊接的全部对接焊接接头作检测。

1.2.1.2 《热水锅炉安全技术监察规程》中的规定

(1) 锅筒的纵向和环向对接焊缝、封头(管板)的拼接焊缝以及集箱的纵向对接焊缝的射线检测数量如下:

① 对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉,每条焊缝应进行 100% 射线检测。

② 对于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉,每条焊缝应进行至少 25% 的射线检测(必须包括焊缝交叉部位)。

(2) 炉胆的纵向和环向对接焊缝、炉胆顶的拼接焊缝,其射线检测数量为每条焊缝至少 25% (必须包括焊缝交叉部位)。

(3) 对于集箱、管子、管道和其他管件的环焊缝,射线检测的数量规定见表 1-1。

表 1-1 锅炉环焊缝射线检测数量

锅炉额定 出口热水温度 (℃) 元 件 种 类 外 径 (mm)	≥120		<120	
	集 箱	管道、管子、管件	集箱	管道、管子、管件
>159	100%		25%*	
≤159	≥25%*	≥2%	≥10%*	可免查

*按每条环缝的长度计算,也允许按环缝的条数计算

(4) 对接焊缝的射线检测应按 GB 3323 (现行标准为 JB/T 4730.2) 的规定执行。射线照相的质量要求不应低于 AB 级。

对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉,对接焊缝的质量不低于Ⅱ级为合格;对于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉,对接焊缝的质量不低于Ⅲ级为合格。

(5) 经过部分射线检测的焊缝,在检测部位两端发现有不允许的缺陷时,应在缺陷的延长方向作补充射线检测。补充检测后,对焊缝质量仍有怀疑时,该焊缝应全部进行射线检测。

锅炉范围内的受压管道和管子对接焊接接头,如发现有不允许的缺陷时,应作抽查数量的双倍数目的补充检测。如补充检测仍不合格,应对该焊工焊接的全部对接焊接接头作检测。

1.2.2 压力容器规程、标准对无损检测质量控制的规定

1.2.2.1 《压力容器安全技术监察规程》中的规定

(1) 对压力容器焊接接头无损检测条件的规定

压力容器焊接接头,应先进行形状尺寸和外观质量的检查,合格后才能进行无损检测。有延迟裂纹倾向的材料应在焊接完成 24h 后进行无损检测,有再热裂纹倾向的材料应在热处理后再增加一次无损检测。

(2) 对压力容器对接焊接接头无损检测比例的规定

压力容器的对接焊接接头的无损检测比例,一般分为全部(100%)和局部(大于或等于 20%)

两种。对铁素体钢制低温容器，局部无损检测的比例应大于或等于 50%。

(3) 对压力容器对接焊接接头必须进行全部射线或超声检测的规定

符合下列情况之一时，压力容器的对接焊接接头必须进行全部射线或超声检测：

- ① GB 150 及 GB 151 等标准中规定进行全部射线或超声检测的压力容器；
- ② 第三类压力容器；
- ③ 第二类压力容器易燃介质的反应压力容器和储存压力容器；
- ④ 设计压力大于 5.0MPa 的压力容器；
- ⑤ 设计压力大于或等于 0.6MPa 的管壳式余热锅炉；
- ⑥ 设计选用焊缝系数为 1.0 的压力容器（无缝管制造的筒体除外）；
- ⑦ 疲劳分析设计的压力容器；
- ⑧ 采用电渣焊的压力容器；
- ⑨ 使用后无法进行内外部检验或耐压试验的压力容器；
- ⑩ 符合下列情况之一的铝、铜、镍、钛及其合金制压力容器：
 - a) 介质为易燃或毒性程度为极度、高度、中度危害的；
 - b) 采用气压试验的；
 - c) 设计压力大于或等于 1.6MPa 的。

(4) 对压力容器对接焊接接头进行局部无损检测的规定

① 除《压力容器安全技术监察规程》规定必须进行全部射线或超声检测的对接焊接接头之外的其他压力容器，其对接焊接接头应作局部无损检测。

② 局部无损检测的部位由制造单位检验部门根据实际情况指定。但对所有的焊缝交叉部位以及开孔区将被其他元件覆盖的焊缝部分，必须进行射线检测，拼接封头（不含先成型后组焊的拼接封头）、拼接管板的对接接头必须进行 100% 无损检测，拼接补强圈的对接接头必须进行 100% 超声或射线检测，其合格级别与压力容器壳体相应的对接接头一致。

③ 拼接封头应在成型后进行无损检测，若成型前进行无损检测，则成型后应在圆弧过渡区再作无损检测。

④ 搪玻璃设备上、下接环与夹套组装焊接接头、公称直径小于 250mm 的搪玻璃设备接管焊接接头可免作无损检测，但应按 JB 4708 作焊接工艺评定，编制切实可行的焊接工艺规程，经制造单位技术负责人或总工程师批准后严格执行。上、下接环与筒体连接的焊接接头应作渗漏试验。

⑤ 经过局部射线检测或超声检测的焊接接头，若在检测部位发现超标缺陷时，则应进行不少于该条焊接接头长度 10% 的补充局部检测；如仍不合格，则应对该条焊接接头全部检测。

⑥ 进行局部检测的压力容器，制造单位也应对未检测部分的质量负责。

(5) 对压力容器无损检测所执行的标准和评定合格级别的规定

① 压力容器的无损检测按 JB 4730 现行标准执行。

② 对压力容器对接接头进行全部（100%）或局部（20%）无损检测：当采用射线检测时，其透照质量不应低于 AB 级，合格级别为Ⅲ级，且不允许有未焊透；当采用超声检测时，其合格级别为Ⅱ级。

③ 对 GB 150、GB 151 等标准中规定进行全部 (100%) 无损检测的压力容器、第三类压力容器、焊缝系数取 1.0 的压力容器以及无法进行内外部检验或耐压试验的压力容器, 其对接接头进行全部 (100%) 无损检测; 当采用射线检测时, 其透照质量不应低于 AB 级, 合格级别为 II 级; 当采用超声检测时, 其合格级别为 I 级。

④ 公称直径大于或等于 250mm (或公称直径小于 250mm, 但壁厚大于 28mm) 的压力容器接管对接接头的无损检测比例及合格级别应与压力容器壳体主体焊缝要求相同; 公称直径小于 250mm, 但壁厚小于或等于 28mm 时, 仅作表面无损检测, 其合格级别为 JB 4730 现行标准规定的 I 级。

⑤ 有色金属制压力容器焊接接头的无损检测合格级别、射线透照质量按相应的标准或设计图样规定进行。

(6) 对压力容器对接接头采用射线或超声两种方法检测质量评定的规定

压力容器的对接接头进行全部或局部无损检测, 采用射线或超声两种方法进行时, 均应合格。其质量要求和合格级别, 应按各自合格标准确定。

(7) 对压力容器焊接接头检测方法选择的规定

① 压力容器壁厚小于或等于 38mm, 其对接接头应采用射线检测; 由于结构等原因, 不能采用射线检测时, 允许采用可记录的超声检测。

② 压力容器壁厚大于 38mm (或小于等于 38mm, 但大于 20mm 且使用材料抗拉强度规定值下限大于或等于 540MPa) 时, 其对接接头如采用射线检测, 则每条焊缝还应附加局部超声检测; 如采用超声检测, 则每条焊缝还应附加局部射线检测。无法进行射线或超声检测时, 应采用其他检测方法进行附加局部无损检测。附加局部检测应包括所有的焊缝交叉部位, 附加局部检测的比例为《压力容器安全技术监察规程》第 84 条规定的原无损检测比例的 20%。

③ 对有无损检测要求的角接头、T 型接头, 不能进行射线或超声检测时, 应作 100% 表面检测。

④ 铁磁性材料压力容器的表面检测应优先采用磁粉检测。

⑤ 有色金属制压力容器对接接头应尽量采用射线检测。

(8) 对压力容器表面无损检测的规定

① 钢制压力容器的坡口表面、对接、角接和 T 型接头, 符合《压力容器安全技术监察规程》第 69 条第 2 款条件且使用材料抗拉强度规定值下限大于或等于 540MPa 时, 应按 GB 150、GB 151、GB 12337 等标准的有关规定进行磁粉或渗透检测。检查结果不得有任何裂纹、成排气孔、分层, 并应符合 JB 4730 现行标准中磁粉或渗透检测的缺陷显示痕迹等级评定的 I 级要求。

② 有色金属制压力容器应按相应的标准或设计图样规定进行。

(9) 对现场组装焊接的压力容器焊接接头表面无损检测的规定

现场组装焊接的压力容器, 在耐压试验前, 应按标准规定对现场焊接的接头进行表面无损检测; 在耐压试验后, 应按有关标准规定进行局部表面无损检测, 若发现裂纹等超标缺陷, 则应按标准规定进行补充检测, 若仍不合格, 则应对该焊接接头作全部表面无损检测。

(10) 对用于制造压力容器壳体的碳素钢和低合金钢钢板进行无损检测的规定

① 用于制造压力容器壳体的碳素钢和低合金钢钢板，凡符合下列条件之一的，应逐张进行超声检测：

- a) 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器；
- b) 盛装介质为液化石油气且硫化氢含量大于 100mg/L 的压力容器；
- c) 最高工作压力大于或等于 10MPa 的压力容器；
- d) GB 150 第 2 章和附录 C、GB 151、GB 12337 及其他国家标准和行业标准中规定应逐张进行超声检测的钢板；
- e) 移动式压力容器。

② 钢板的超声检测应按 JB 4730 现行标准的规定进行。用于本条(10)第 a)、第 b)、第 e)款所述压力容器的钢板合格等级应不低于Ⅱ级；用于本条(10)第 c)款所述容器的钢板合格等级应不低于Ⅲ级，用于本条(10)第 d)款所述压力容器的钢板合格等级应符合 GB 150、GB 151 或 GB 12337 的规定。

(11) 对用钛材制造压力容器受压元件无损检测的规定

① 钛材压力容器封头成型应采用热成型或冷成型后热校型。对成型的钛钢复合板封头，应作超声检测。

② 钛材压力容器的下列焊缝应进行渗透检测：

- a) 接管、法兰、补强圈与壳体或封头连接的角焊缝；
- b) 换热器管板与管子连接的焊缝；
- c) 钛钢复合板的复层焊缝及镶条盖板与复合板复层的搭接焊缝。

(12) 对用镍材制造压力容器受压元件无损检测的规定

① 镍材压力容器封头采用热成型时应严格控制加热温度。对成型的镍钢复合板封头，应作超声检测。

② 镍材压力容器的下列焊缝应进行磁粉或渗透检测：

- a) 接管、法兰、补强圈与壳体或封头连接的角焊缝；
- b) 换热器管板与管子连接的焊缝；
- c) 镍钢复合板的复层焊接接头。

(13) 其他有关无损检测的规定

① 在压力容器上焊接的临时吊耳和拉筋的垫板等，应采用与压力容器壳体相同或在力学性能和焊接性能方面相似的材料，并用相应的焊材及焊接工艺进行焊接。临时吊耳和拉筋的垫板割除后留下的焊疤必须打磨平滑，并按图样规定进行渗透检测或磁粉检测，确保表面无裂纹等缺陷。打磨后的厚度不应小于该部位的设计厚度。

② 不属于《压力容器安全技术监察规程》第 46 条所规定条件的压力容器，因特殊情况不能开设检查孔时，应同时满足以下要求：

- a) 对每条纵、环焊缝作 100%无损检测（射线检测或超声检测）。
- b) 应在设计图样上注明计算厚度，且在压力容器在用期间或检验时重点进行测厚检查。
- c) 相应缩短检验周期。

1.2.2.2 GB 150 标准中的规定

(1) 对压力容器焊接接头无损检测条件的规定

压力容器焊接接头, 经形状尺寸及外观检查合格后, 再进行无损检测。

(2) 对射线和超声检测范围的规定

① 对 A 类和 B 类焊接接头进行 100%射线或超声检测的规定

GB 150 第 10.8.2.1 条规定, 凡符合下列条件之一的容器及受压元件, 需采用图样规定的方法, 对其 A 类和 B 类焊接接头进行 100%射线或超声检测。

- a) 钢材厚度 $\delta_s > 30\text{mm}$ 的碳素钢、16MnR;
- b) 钢材厚度 $\delta_s > 25\text{mm}$ 的 15MnVR、20MnMo 和奥氏体不锈钢;
- c) 标准抗拉强度下限值 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ 的钢材;
- d) 钢材厚度 $\delta_s > 16\text{mm}$ 的 12CrMo、15CrMoR、15CrMo, 其他任意厚度的 Cr-Mo 低合金钢;
- e) 进行气压试验的容器;
- f) 图样注明盛装毒性为极度危害或高度危害介质的容器;
- g) 图样规定须 100%检测的容器;
- h) 多层包扎压力容器内筒的 A 类焊接接头;
- i) 热套压力容器各单层圆筒的 A 类焊接接头;
- j) 对于上述进行 100%射线或超声检测的焊接接头, 是否需采用超声或射线检测进行复查, 以及复查的长度, 由设计者在图样上予以规定。

② 对 A 类和 B 类焊接接头进行局部射线或超声检测的规定

GB 150 第 10.8.2.2 条规定, 除本标准第 10.8.2.1 条和第 10.8.2.3 条规定以外的容器, 允许对其 A 类及 B 类焊接接头进行局部射线或超声检测, 检测方法按图样规定; 检测长度不得少于各条焊接接头长度的 20%, 且不小于 250mm。焊缝交叉部位及以下部位应全部检测, 其检测长度可计入局部检测长度之内:

- a) 先拼板后成型的凸形封头上所有拼接接头;
- b) 凡被补强圈、支座、垫板、内件等所覆盖的焊接接头;
- c) 以开孔中心为圆心, 1.5 倍开孔直径为半径的圆中所包容的焊接接头;
- d) 嵌入式接管与圆筒或封头对接连接的焊接接头;
- e) 公称直径不小于 250mm 的接管与长径法兰、接管与接管对接连接的焊接接头。

(3) 对容器直径不超过 800mm 的圆筒与封头的最后一道环向封闭焊缝检测的规定

GB 150 第 10.8.2.3 条规定, 对容器直径不超过 800mm 的圆筒与封头的最后一道环向封闭焊缝, 当采用不带垫板的单面焊对接接头, 且无法进行射线或超声检测时, 允许不进行检测, 但需采用气体保护焊打底。

(4) 对焊接接头表面进行磁粉或渗透检测的规定

凡符合下列条件之一的焊接接头, 需按图样规定的方法, 对其表面进行磁粉或渗透检测:

- ① 凡属 GB 150 第 10.8.2.1c)、d) 条容器上的 C 类和 D 类焊接接头;
- ② 层板材料标准抗拉强度下限值 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ 的多层包扎压力容器的层板 C 类焊接接头;
- ③ 堆焊表面;

④ 复合钢板的复合层焊接接头;

⑤ 标准抗拉强度下限值 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ 的材料及 Cr-Mo 低合金钢材经火焰切割的坡口表面, 以及该容器的缺陷修磨或补焊处的表面, 卡具和拉筋等拆除处的焊痕表面;

⑥ 凡属 GB 150 第 10.8.2.1 条容器上公称直径小于 250mm 的接管与长径法兰、接管与接管对接的焊接接头。

(5) 对焊接接头进行无损检测合格指标的规定

按 JB 4730 现行标准对焊接接头进行射线、超声、磁粉和渗透检测, 其合格指标如下。

① 射线检测

a) 若容器及受压元件符合 GB 150 第 10.8.2.1 条的规定, 不低于Ⅱ级为合格;

b) 若容器符合 GB 150 第 10.8.2.2 条的规定, 不低于Ⅲ级为合格。

② 超声检测

a) 若容器及受压元件符合 GB 150 第 10.8.2.1 条的规定, I 级为合格;

b) 若容器符合 GB 150 第 10.8.2.2 条的规定, 不低于Ⅱ级为合格。

③ 磁粉和渗透检测

I 级为合格。

(6) 对重复检测的规定

① 经射线或超声检测的焊接接头, 如有不允许的缺陷, 应在缺陷清除干净后进行补焊, 并对该部位采用原检测方法重新检查, 直至合格。

② 进行局部检测的焊接接头, 发现有不允许的缺陷时, 应在该缺陷两端的延伸部位增加检测长度, 增加的长度为该焊接接头长度的 10%, 且不小于 250mm。若仍有不允许的缺陷时, 则对该焊接接头作 100% 检测。

③ 磁粉与渗透检测发现的不允许缺陷, 应进行修磨及必要的补焊, 并对该部位采用原检测方法重新检测, 直至合格。

(7) 对于制造压力容器壳体的碳素钢和低合金钢板进行无损检测的规定

用于制造压力容器壳体的下列碳素钢和低合金钢板, 应逐张进行超声检测, 钢板的超声检测方法和质量等级按 JB 4730 现行标准的规定:

① 厚度大于 30mm 的 20R 和 16MnR, 质量等级应不低于Ⅲ级;

② 厚度大于 25mm 的 15MnVR、15MnNbR、18MnMoNbR、13MnNiMoNbR 和 Cr-Mo 钢板, 质量等级应不低于Ⅲ级;

③ 厚度大于 20mm 的 16MnDR、15MnNiDR 和 09MnNiDR, 质量等级应不低于Ⅲ级;

④ 多层包扎压力容器的内筒钢板, 质量等级应不低于Ⅱ级;

⑤ 调质状态供货的钢板, 质量等级应不低于Ⅱ级。

(8) GB 150 附录 C 对低温压力容器无损检测的规定

① 附录 C 4.6.1 规定, 容器的对接接头 (A、B 类接头) 凡符合下列条件之一者, 应进行 100% 射线检测或超声检测:

a) 容器设计温度低于 -40°C ;

b) 容器设计温度虽高于或等于 -40°C , 但接头厚度大于 25mm;

c) 符合 GB 150 第 10.8.2.1 条和第 10.8.2.2 条规定者。

② 除附录 C 4.6.1 规定者外, 允许进行局部无损检测。检查长度不得少于各条焊接接头长度的 50%, 且不少于 250mm。

③ 凡符合附录 C 4.6.1 规定进行 100%射线或超声检测的容器, 其 T 型接头、对接焊缝、角焊缝, 均需作 100%磁粉或渗透检测。受压元件与非受压元件的连接焊缝亦按本要求检查。

1.2.2.3 GB 151 标准中的规定

(1) 焊接接头无损检测的检查要求和评定标准, 应根据换热管、壳程不同的设计条件按 GB 150 第 10.8 条的规定和图样要求执行。

(2) 换热管拼接时, 对接接头应进行射线检测, 抽查数量应不少于接头总数的 10%, 且不少于一条, 以 JB 4730 现行标准的Ⅲ级为合格; 如有一条不合格, 应加倍抽查; 再出现不合格时, 应进行 100%检测。

(3) 拼接管板的对接接头应进行 100%射线或超声检测, 按 JB 4730 现行标准射线检测不低于Ⅱ级, 或超声检测Ⅰ级为合格。

(4) 堆焊复合管板, 基层材料的待堆焊面和复层材料加工后 (钻孔前) 的表面, 应按 JB 4730 现行标准进行表面检测, 检测结果不得有裂纹、成排气孔, 且不低于Ⅱ级为合格。

(5) GB 151 附录 A 对低温管壳式换热器无损检测的规定如下。

① 附录 A 4.8.1 规定换热器的对接接头 (A、B 类接头) 凡符合下列条件之一者, 应进行 100%射线检测或超声检测:

a) 换热器设计温度低于 -40°C ;

b) 换热器设计温度虽高于或等于 -40°C , 但接头厚度大于 25mm;

c) 符合 GB 150 第 10.8.2.1 条和第 10.8.2.2 条规定者。

② 除附录 A 4.8.1 规定外, 允许进行局部无损检测。检查长度不得少于各条焊接接头长度的 50%, 且不少于 250mm。

③ 凡符合附录 A 4.8.1 规定进行 100%射线或超声检测的换热器, 所有受压元件焊接接头均需作 100%磁粉或渗透检测。受压元件与非受压元件的连接焊缝亦按本要求检查。

1.2.2.4 GB 12337 和 GB 50094 中的规定

见本书第 3.11 节之 4 “球罐的无损检测”。

1.2.2.5 《电力工业锅炉压力容器检验规程》中的规定

(1) 适用范围

本规程适用于额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa、供火力发电用的蒸汽锅炉、火力发电厂热力系统压力容器及主要汽水管道。额定蒸汽压力小于 3.8MPa 的发电锅炉可参照执行。

(2) 安装工地现场检验项目和质量要求

① 汽包、内 (外) 置式汽水分离器。对焊缝采用超声抽查。抽查比例为:

a) 筒体纵缝 25%、环缝 10% (包括全部 T 型接头);

b) 集中下降管管座、给水管管座角焊缝 100%;

- c) 其他焊缝 20%;
- d) 重点抽查返修过的部位及人孔加强圈焊缝;
- e) 检查吊耳或支座焊缝表面, 不允许有裂纹、气孔、弧坑、夹渣及深度大于 0.5mm 的咬边。
- ② 联箱、减温器、汽-汽热交换器、水冷壁进口环形联箱:
 - a) 每种管座角焊缝至少抽 1 个作磁粉检测, 高温部分联箱角焊缝应抽 10%, 有条件时作射线检测;
 - b) 手孔管座角焊缝、减温器进水管座角焊缝、内套筒定位螺丝角焊缝作 100%磁粉检测。
- ③ 受热面。焊缝质量作无损检测抽查。在制造厂已作 100%无损检测的, 则按不同受热面焊缝数量的 0.5%抽查; 采用磨擦焊的焊缝抽检比例为 1%。
- ④ 锅炉范围内管道、管件、阀门及附件焊缝按不同材质、规格各抽一个焊缝作无损检测。根据管道直径和壁厚确定检测方法。
- ⑤ 锅水循环泵壳体、法兰进行超声检测抽查。
- ⑥ 承重部件 (大板梁、钢架、高强螺栓): 大于或等于 M36 的合金钢螺栓作不少于 10%的磁粉检测抽查; 对悬吊汽包的 U 形吊杆及焊缝进行 100%超声检测; 对大板梁角焊缝和对接焊缝作磁粉检测和超声检测抽查, 比例各为 10%; 对钢架角焊缝和对接焊缝作磁粉检测抽查, 比例为 1%。
- (3) 锅炉安装质量检验
 - ① 汽包、内 (外) 置式汽水分离器。

安装焊缝作外观检查时应无裂纹、夹渣、气孔、咬边等超标缺陷; 对直径大于或等于 159mm 的对接焊缝抽查 1~2 个, 作超声检测或射线检测复检; 对直径小于 159mm 的管子对接焊缝按 1%比例 (至少 1 个) 作射线检测复检。
 - ② 联箱、减温器、汽-汽热交换器、水冷壁进口环形联箱。对合金钢焊缝作光谱检验时, 射线检测按 0.5%抽查; 对环形联箱弯头进行外观检查时, 应无裂纹、重皮和损伤, 外形尺寸符合设计要求。焊缝质量在 100%外观检查基础上, 作 25%超声检测抽检。
 - ③ 受热面安装焊缝内部质量用射线检测抽查, 比例为 1%。
 - ④ 锅炉范围内管道、管件、阀门及附件合金钢安装焊缝, 对直径大于或等于 159mm 的焊缝抽查 1~2 个, 作超声检测或射线检测; 对直径小于 159mm 的焊缝按 1%比例 (至少 1 个) 抽查, 作射线检测。
- (4) 在用锅炉定期检验 (略)
- (5) 压力容器安装质量检验
 - 现场检验:
 - ① 安装对接焊缝余高和角焊缝的焊脚尺寸应符合 GB 150 的有关规定, 焊缝表面不得有裂纹, 不应有气孔、弧坑和夹渣等超标缺陷。
 - ② 用射线或超声检测方法抽查安装焊缝内在质量。对属于制造厂性质的现场拼装焊缝, 包括压力式除氧器的除氧头与给水箱的安装焊缝、给水箱筒体和大型扩容器等的现场组装焊缝, 按 20%比例抽查, 其他安装焊缝按 5%比例抽查。
- (6) 在役压力容器定期检验 (略)

(7) 压力管道配置质量监检

压力管道配置的制造焊缝质量应符合 DL 5007 的规定。在安装前应进行无损检测抽查,数量可按管道(包括接管座)的品种、管径、壁厚、规格及材质,各抽检1根。

(8) 压力管道安装质量检验

检查管道安装焊缝质量:每种规格的管道选焊缝数的1%~2%,且不少于1道焊缝,进行无损检测抽查,检查其内部质量。

(9) 在役压力管道定期检验(略)

1.3 无损检测质量控制系统的构成

1.3.1 设置组织机构

无损检测组织机构是无损检测质量控制系统有效运行的组织保证。它的设置原则,应根据单位的规模大小而定。对于规模较大的承压设备制造、安装单位,一般应设置独立的无损检测部门,并在部门内设置无损检测技术组。对于规模较小的承压设备制造、安装单位,可不在无损检测部门设置无损检测技术组,而由无损检测专业(射线、超声等)负责人负责各项工作。有的单位将无损检测工作归质量检验部门或检测中心统一管理,是可行的,但不宜归生产部门管辖,更不得将无损检测机构或人员下放生产车间,因为这样做失去了在质量控制方面的约束机制,不利于无损检测质量控制系统的运行。

1.3.2 配备检测人员

1.3.2.1 对无损检测人员的要求

(1) 检测人员资格

① 从事承压设备的原材料、零部件和焊接接头无损检测的人员,应按照《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》的要求,取得相应的无损检测资格。

② 无损检测人员资格级别分为Ⅲ(高)级、Ⅱ(中)级和Ⅰ(初)级。取得不同无损检测方法各资格级别的人员,只能从事与该方法和该资格级别相应的无损检测工作,并负相应的技术责任。

③ 从事射线检测的人员上岗前应进行辐射安全知识的培训,并取得放射工作人员证。

(2) 检测人员数量

无损检测人员的数量和持证项目的配备,应符合国家有关法规、规章和安全技术规范的规定。

① 对于委托外单位进行锅炉压力容器无损检测的企业,应按有关规定和锅炉压力容器制造许可级别,配备相应的高、中级无损检测责任人员。

② 对于由本单位负责锅炉压力容器无损检测的企业,配备的无损检测人员数量和持证项目,除符合有关规定外,还必须满足本企业实际产品的检测需要。

(3) 检测责任人员

各级别锅炉压力容器制造许可单位的无损检测责任人员(即无损检测责任工程师),应根据以下基本条件予以配备,并经单位法人代表正式任命。

① 按《锅炉压力容器制造许可条件》的规定,A级锅炉制造许可单位无损检测责任工程师