

# 承压设备无损检测

## 第 1 部分 通用要求

### 前 言

JB/T4730.1~4730.6—2005《承压设备无损检测》分为六个部分：

- 第 1 部分 通用要求；
- 第 2 部分 射线检测；
- 第 3 部分 超声检测；
- 第 4 部分 磁粉检测；
- 第 5 部分 渗透检测；
- 第 6 部分 涡流检测。

本部分为 JB/T4730.1~4730.6—2005 的第 1 部分 通用要求。本部分主要参照 ASME《锅炉压力容器规范》第 V 卷和 JIS 标准的有关要求,并结合国内的实际制定。本部分与 JB 4730—1994 相比主要变化如下：

1. 扩大了标准的使用范围。

- a) 规定了射线、超声、磁粉、渗透和涡流检测共五种常规的无损检测方法及其质量分级评定；
- b) 适用于金属材料制承压设备无损检测；
- c) 增加了在用承压设备无损检测的技术要求；
- d) 增加了承压设备支承件和结构件的无损检测技术要求。

2. 增加了无损检测方法使用原则的相关规定。

- a) 根据承压设备材质、制造方法、工作介质、使用条件和失效模式,选择合适的无损检测方法；
- b) 射线和超声检测主要用于检测承压设备内部缺陷；
- c) 磁粉检测主要用于检测铁磁性材料制承压设备表面和近表面缺陷,涡流检测主要用于检测导电材料制承压设备表面和近表面缺陷；

d) 渗透检测用于检测非多孔性金属材料制承压设备表面开口缺陷；

e) 在某些特定条件下允许采用声发射、X 射线实时成像等新的无损检测方法。

3. 增加了对采用新的无损检测方法和新的无损检测设备的具体规定。

- a) 采用国外新检测方法时,这种方法及其检测范围应是国外承压设备行业所允许使用的；
- b) 采用国内新研制的检测方法时,应经全国锅炉压力容器标准化技术委员会评审,形成标准案例。

4. 增加了无损检测工艺规程的内容(通用工艺规程和工艺卡)。

a)通用工艺流程应遵照或严于现行法规、标准的要求,应针对检验单位的特点和能力;

b)无损检测工艺卡应根据相关法规、标准编制,承压设备及零部件的无损检测工作应按无损检测工艺卡进行。

5. 增加了对无损检测设备的定期检验要求,规定检测用仪器、设备性能应进行定期检定,检定结果应有记录可查。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC262)提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/JTC262)归口。

本部分主要起草人:寿比南、沈钢、袁榕、强天鹏、康纪黔、何泽云、胡军、杨国义。

# 承压设备无损检测

## 第 1 部分 通用要求

### 1 范围

JB/T4730 的本部分规定了射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测五种无损检测方法的一般要求和使用原则。

本部分适用于在制和在用金属材料制承压设备的无损检测。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 JB/T4730 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T12604.1	无损检测术语 超声检测
GB/T12604.2	无损检测术语 射线检测
GB/T12604.3	无损检测术语 渗透检测
GB/T12604.4	无损检测术语 声发射检测
GB/T12604.5	无损检测术语 磁粉检测
GB/T12604.6	无损检测术语 涡流检测
GB17925—1999	气瓶对接焊缝 X 射线实时成像检测
GB/T18182—2000	金属压力容器声发射检测及结果评价方法
GB/T19293—2003	对接焊缝 X 射线实时成像检测法
JB/T4730.2	承压设备无损检测 第 2 部分 射线检测
JB/T4730.3	承压设备无损检测 第 3 部分 超声检测
JB/T4730.4	承压设备无损检测 第 4 部分 磁粉检测
JB/T4730.5	承压设备无损检测 第 5 部分 渗透检测
JB/T4730.6	承压设备无损检测 第 6 部分 涡流检测

国家质量监督检验检疫总局国质锅检字[2003]248 号文 特种设备无损检测人员考核与监督管理规则

### 3 术语和定义

GB/T12604.1 ~ 12604.6 规定的、以及下列术语和定义适用于 JB/T4730 的本部分。

#### 3.1 公称厚度 T nominal thickness

受检工件名义厚度,不考虑材料制造偏差和加工减薄。

#### 3.2 透照厚度 W penetrated thickness

射线照射方向上材料的公称厚度。多层透照时,透照厚度为通过的各层材料公称厚度之和。

#### 3.3 工件至胶片距离 b object - to - film distance

沿射线束中心测定的工件受检部位射线源侧表面与胶片之间的距离。

#### 3.4 射线源至工件距离 f source - to - object distance

沿射线束中心测定的工件受检部位射线源与受检工件近源侧表面之间的距离。

### 3.5 焦距 F focal distance

沿射线束中心测定的射线源与胶片之间的距离。

### 3.6 射线源尺寸 d source size

射线源的有效焦点尺寸。

### 3.7 管子直径 $D_o$ external diameter of the pipe

管子的外径。

### 3.8 圆形缺陷 round flaw

长宽比不大于 3 的气孔、夹渣和夹钨等缺陷。

### 3.9 条形缺陷 stripy flaw

长宽比大于 3 的气孔、夹渣和夹钨等缺陷。

### 3.10 透照厚度比 K ratio of max. and min. penetrated thickness

一次透照长度范围内射线束穿过母材的最大厚度与最小厚度之比。

### 3.11 小径管 small diameter tube

外直径  $D_o$  小于或等于 100mm 的管子。

### 3.12 底片评定范围 film evaluation scope

本部分规定底片上必须观测和评定的范围。

### 3.13 缺陷评定区 defect evaluation zone

在质量分级评定时,为评价缺陷数量和密集程度而设置的一定尺寸区域。可以是正方形或长方形。

### 3.14 超声标准试块 ultrasonic calibration block

JB/T4730.3 规定的用于超声仪器探头系统性能校准和检测校准的试块。

### 3.15 超声对比试块 ultrasonic reference block

用于超声检测校准的试块。

### 3.16 密集区缺陷 a cluster of flaws

在荧光屏扫描线相当于 50mm 声程范围内同时有 5 个或 5 个以上的缺陷反射信号;或是在 50mm × 50mm 的检测面上发现在同一深度范围内有 5 个或 5 个以上的缺陷反射信号。其反射波幅均大于某一特定当量缺陷基准反射波幅。

### 3.17 由缺陷引起的底波降低量 $BG/BF$ (dB) loss of back reflection caused by flaws $BG/BF$ (dB)

在靠近缺陷处的无缺陷完好区域内第一次底波幅度  $BG$  与缺陷区域内的第一次底波幅度  $BF$  之比,用声压级(dB)值来表示。

### 3.18 基准灵敏度和扫查灵敏度 basic sensitivity and scanning sensitivity

基准灵敏度一般指的是记录灵敏度,它通常用于缺陷的定量和缺陷的等级评定。扫查灵敏度则主要指实际检测灵敏度。

### 3.19 缺陷自身高度 flaw height (thru-wall dimension)

缺陷在壁厚方向的尺寸。

### 3.20 聚焦探头 focusing probes

采用透镜式、反射式和曲面晶片等聚焦方法使超声波束会聚以提高检测灵敏度的超声探头。

### 3.21 端点衍射 tip diffraction

超声波在传播过程中,当波阵面通过缺陷时,波阵面会绕缺陷边缘弯曲,并呈圆心展衍,这种现象称之为端点衍射。

### 3.22 端点最大反射波 maximum tip reflected wave

当缺陷的端部回波的幅度达到最大时(也即缺陷端部回波峰值开始降落前瞬时的幅度位置),该回波称为缺陷端点最大反射波。

### 3.23 回波动态波型 echodynamic patterns

动态波型是探头移动距离与相应缺陷反射体回波波幅变化的包络线。

### 3.24 相关显示 relevant indication

磁粉检测时由缺陷(裂纹、未熔合、气孔、夹渣等)产生的漏磁场吸附磁粉形成的磁痕显示,或渗透检测时由缺陷产生的渗透剂显示,通常称之为相关显示。一般也叫做缺陷显示。

### 3.25 非相关显示 non-relevant indication

由磁路截面突变以及材料磁导率差异等原因产生的漏磁场吸附磁粉形成的磁痕显示,或是由于加工工艺、零件结构、外形或机械损伤等所引起的渗透剂显示,通称为非相关显示。

### 3.26 伪显示 false indication

不是由漏磁场吸附磁粉形成的磁痕显示,也叫假显示。

### 3.27 切线磁场强度 tangential magnetic field strength

平行于被检工件表面的磁场强度分量。

### 3.28 交叉磁轭 crossed yoke

在同一平面(或曲面)上,由具有一定相位差(不等于 $0^\circ$ 或 $180^\circ$ )而且相互交叉成一定角度(不等于 $0^\circ$ 或 $180^\circ$ )的两相正弦交变磁场相互叠加而在该平面(或曲面)上产生旋转磁场的磁粉检测设备。

### 3.29 环境可见光 environment visible light

在暗区,黑光照射下从工件表面测得的可见光照度。

### 3.30 背景 background

渗透检测时,衬托渗透剂显示的工件表面,一般是覆盖显像剂的表面,也可以是自然表面。

### 3.31 虚假显示 false indication

由于渗透剂污染等所引起的渗透剂显示。

### 3.32 评定 evaluation

对观察到的渗透相关显示进行分析,确定产生这种显示的原因及其分类过程。

### 3.33 涡流检测线圈 eddy current coil

涡流检测时,外穿过式线圈、内插式线圈和放置式线圈的统称。

### 3.34 放置式线圈 probe coil

放置式线圈是放置于被检试件表面上实施检测的线圈。可以是单线圈,也可以是双线圈;可以接成绝对式,也可接成差动式(自比差动、他比差动);可以做成扇形、平面形和点状等形状。

### 3.35 磁饱和装置 magnetic saturation system

是指在被检工件上施加强磁场,使工件在被检测区域饱和磁化的装置。

### 3.36 远场涡流检测 remote field eddy current testing

一种穿透金属管壁的低频涡流检测技术。

### 3.37 涡流检测探头 eddy current probe

用于激励和接收涡流信号的装置。

## 4 使用原则

### 4.1 概述

4.1.1 应根据受检承压设备的材质、结构、制造方法、工作介质、使用条件和失效模式,预计可能产生的缺陷种类、形状、部位和方向,选择适宜的无损检测方法。

4.1.2 射线和超声检测主要用于承压设备的内部缺陷的检测,磁粉检测主要用于铁磁性材料制承压设备的表面和近表面缺陷的检测,渗透检测主要用于非多孔性金属材料和非金属材料制承压设备的表面开口缺陷的检测,涡流检测主要用于导电金属材料制承压设备表面和近表面缺陷的检测。

4.1.3 铁磁性材料表面检测时,宜采用磁粉检测。

4.1.4 当采用两种或两种以上的检测方法对承压设备的同一部位进行检测时,应按各自的方法评定级别。

4.1.5 采用同种检测方法按不同检测工艺进行检测时,如果检测结果不一致,应以危险度大的评定级别为准。

### 4.2 射线检测

4.2.1 射线检测能确定缺陷平面投影的位置、大小,可获得缺陷平面图像并能据此判定缺陷的性质。

4.2.2 射线检测适用于金属材料制承压设备熔化焊对接焊接接头的检测,用于制作对接焊接接头的金属材料包括碳素钢、低合金钢、不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、镍及镍合金。射线检测不适用于锻件、管材、棒材的检测。T型焊接接头、角焊缝以及堆焊层的检测一般也不采用射线检测。

4.2.3 射线检测的穿透厚度,主要由射线能量确定,参见表1。

表1 不同射线源检测的厚度范围

射线源	透照厚度 $W$ ( AB级 ) mm	射线源	透照厚度 $W$ ( AB级 )mm
X射线( 300kV )	$\leq 40$	Co - 60	40 ~ 200
X射线( 420kV )	$\leq 80$	X射线( 1MeV ~ 4MeV )	30 ~ 200
Se - 75	10 ~ 40	X射线( > 4MeV ~ 12MeV )	50 ~ 400
Ir - 192	20 ~ 100	X射线( > 12MeV )	$\geq 80$

4.2.4 当应用 $\gamma$ 射线照相时,宜采用高梯度噪声比(T1或T2)胶片;当应用高能X射线照相时,应采用高梯度噪声比的胶片,对于 $R_m \geq 540\text{MPa}$ 的高强度材料对接焊接接头射线检测,也应采用高梯度噪声比的胶片。

4.2.5 射线检测的具体要求应符合JB/T4730.2的规定。

### 4.3 超声检测

4.3.1 超声检测通常能确定缺陷的位置和相对尺寸。

4.3.2 超声检测适用于板材、复合板材、碳钢和低合金钢锻件、管材、棒材、奥氏体不锈钢锻件等承压设备原材料和零部件的检测,也适用于承压设备对接焊接接头、T型焊接接头、角焊缝以及堆焊层等的检测。

4.3.3 采用超声直(斜)射法检测内部缺陷。不同检测对象相应的超声厚度检测范围见表2。

表 2 不同检测对象相应的超声厚度检测范围

超声检测对象	适用的厚度范围 mm
碳素钢、低合金钢、镍及镍合金板材	母材为 6 ~ 250
铝及铝合金和钛及钛合金板材	厚度 $\geq 6$
碳钢、低合金钢锻件	厚度 $\leq 1000$
不锈钢、钛及钛合金、铝及铝合金、镍及镍合金复合板	基板厚度 $\geq 6$
碳钢、低合金钢无缝钢管	外径为 12 ~ 660、壁厚 $\geq 2$
奥氏体不锈钢无缝钢管	外径为 12 ~ 400、壁厚为 2 ~ 35
碳钢、低合金钢螺栓件	直径 $> M36$
全熔化焊钢对接焊接接头	母材厚度为 6 ~ 400
铝及铝合金制压力容器对接焊接接头	母材厚度 $\geq 8$
钛及钛合金制压力容器对接焊接接头	母材厚度 $\geq 8$
碳钢、低合金钢压力管道环焊缝	壁厚 $\geq 4.0$ 外径为 32 ~ 159 或壁厚为 4.0 ~ 6 , 外径 $\geq 159$
铝及铝合金接管环焊缝	壁厚 $\geq 5.0$ 外径为 80 ~ 159 或壁厚为 5.0 ~ 8 , 外径 $\geq 159$
奥氏体不锈钢对接焊接接头	母材厚度为 10 ~ 50

4.3.4 超声检测的具体技术要求应符合 JB/T4730.3 的规定。

#### 4.4 磁粉检测

4.4.1 磁粉检测通常能确定表面和近表面缺陷的位置、大小和形状。

4.4.2 磁粉检测适用于铁磁性材料制板材、复合板材、管材以及锻件等表面和近表面缺陷的检测 ;也适用于铁磁性材料对接焊接接头、T 型焊接接头以及角焊缝等表面和近表面缺陷的检测。磁粉检测不适用非铁磁性材料的检测。

4.4.3 磁粉检测的具体技术要求应符合 JB/T4730.4 的规定。

#### 4.5 渗透检测

4.5.1 渗透检测通常能确定表面开口缺陷的位置、尺寸和形状。

4.5.2 渗透检测适用于金属材料和非金属材料板材、复合板材、锻件、管材和焊接接头表面开口缺陷的检测。渗透检测不适用多孔性材料的检测。

4.5.3 渗透检测的具体技术要求应符合 JB/T4730.5 的规定。

#### 4.6 涡流检测

4.6.1 涡流检测通常能确定表面及近表面缺陷的位置和相对尺寸。

4.6.2 涡流检测适用于导电金属材料和焊接接头表面和近表面缺陷的检测。

4.6.3 涡流检测的具体技术要求应符合 JB/T4730.6 的规定。

#### 4.7 声发射检测

- 4.7.1 声发射检测通常用于确定内部或表面存在的活性缺陷的强度和大致位置。
- 4.7.2 声发射检测适用于对承压设备在加载过程中进行的局部或整体检测,也可用于在线监测。
- 4.7.3 声发射检测的具体要求应符合 GB/T18182 的有关规定。

#### 4.8 X射线实时像检测

- 4.8.1 X射线实时成像检测通常用于实时确定缺陷平面投影的位置、大小以及缺陷的性质。
- 4.8.2 X射线实时成像检测适用于承压设备对接焊接接头的实时快速检测。
- 4.8.3 X射线实时成像检测的具体要求应符合 GB/T19293 或 GB17925 的有关规定。

### 5 一般要求

#### 5.1 无损检测机构

- 5.1.1 进行承压设备无损检测的机构应按 JB/T4730 的本部分的规定制定出符合要求的无损检测工艺规程。
- 5.1.2 检测记录和报告应准确、完整,并经相应责任人员签字认可。
- 5.1.3 检测记录和报告等保存期不得少于 7 年。7 年后,若用户需要可转交用户保管。
- 5.1.4 检测用仪器和设备的性能应进行定期检定(校准),并有记录可查。

#### 5.2 无损检测工艺规程

##### 5.2.1 无损检测工艺规程包括通用工艺规程和工艺卡。

##### 5.2.2 无损检测通用工艺规程

5.2.2.1 无损检测通用工艺规程应根据相关法规、产品标准、有关的技术文件和 JB/T4730 的本部分的要求,并针对检测机构的特点和检测能力进行编制。无损检测通用工艺规程应涵盖本单位(制造、安装或检测单位)产品的检测范围。

5.2.2.2 无损检测通用工艺规程至少应包括以下内容:

- a) 适用范围;
- b) 引用标准、法规;
- c) 检测人员资格;
- d) 检测设备、器材和材料;
- e) 检测表面制备;
- f) 检测时机;
- g) 检测工艺和检测技术;
- h) 检测结果的评定和质量等级分类;
- i) 检测记录、报告和资料存档;
- i) 编制(级别)、审核(级别)和批准人;
- k) 制定日期。

5.2.2.3 无损检测通用工艺规程的编制、审核及批准应符合相关法规或标准的规定。

##### 5.2.3 无损检测工艺卡

5.2.3.1 实施无损检测的人员应按无损检测工艺卡进行操作。

5.2.3.2 无损检测工艺卡应根据无损检测通用工艺规程、产品标准、有关的技术文件和 JB/T4730 的本部分的要求编制,一般应包括以下内容:

- a) 工艺卡编号;

b) 产品名称、产品编号、制造、安装或检验编号、承压设备的类别、规格尺寸、材料牌号、材质、热处理状态及表面状态；

c) 检测设备与器材：设备种类、型号、规格尺寸、检测附件和检测材料；

d) 检测工艺参数：检测方法、检测比例、检测部位、标准试块或标准试样(片)；

e) 检测技术要求：执行标准和验收级别；

f) 检测程序；

g) 检测部位示意图；

h) 编制(级别)和审核(级别)人；

i) 制定日期。

5.2.3.3 无损检测工艺卡的编制、审核应符合相关法规或标准的规定。

### 5.3 无损检测人员

5.3.1 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》的要求取得相应无损检测资格。

5.3.2 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。

### 5.4 未列入 JB/T4730 的本部分的无损检测方法的应用

JB/T4730 的本部分不排斥其他无损检测方法的应用。当采用未列入 JB/T4730 的本部分规定的无损检测方法时，使用该技术进行检测的单位应向全国锅炉压力容器标准化技术委员会提交有关技术资料，经评审形成标准案例。

## 附录 A

(资料性附录)

## 承压设备无损检测相关标准及文件目录

GB150	钢制压力容器
GB151	管壳式换热器
GB/T2970	中厚钢板超声波检验方法
GB/T3323	钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
GB 3531	低温压力容器用低合金钢板
GB/T5126	铝及铝合金冷拉薄壁管材涡流探伤方法
GB/T5248	铜及铜合金无缝管涡流探伤方法
GB/T5616—1985	常规无损探伤应用导则
GB/T 5777	无缝钢管超声波探伤检验方法
GB6654	压力容器用钢板
GB/T6846	确定暗室照明安全时间的方法
GB/T7735	钢管涡流探伤检验方法
GB/T11344	接触式超声波脉冲回波法测厚
GB/T11345	钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
GB12337	钢制球形储罐
GB/T15822	磁粉探伤方法
GB/T16544	球形储罐 Y 射线全景曝光照相方法
GB/T16673	无损检测用黑光源(UV - A)辐射的测量
GB 50235	工业金属管道工程施工及验收规范
GB 50236	现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
DL/T820	管道焊接接头超声波检验技术规程
DL/T821	钢制承压管道对接焊接接头射线检验技术规程
JB/T1619	锅壳锅炉本体制造技术条件
JB/T4008	液浸式超声纵波直射探伤方法
JB/T4009	接触式超声纵波直射探伤方法
JB/4708	钢制压力容器焊接工艺评定
JB/T4709	钢制压力容器焊接规程
JB/T4710	钢制塔式容器
JB/T4731	钢制卧式容器
JB4732	钢制压力容器—分析设计标准
JB/T4735	钢制焊接常压容器
JB/T6061	焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级
JB/T6062	焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级

- JB/T6063 磁粉探伤用磁粉 技术条件
- JB/T6064 渗透探伤用镀铬试块 技术条件
- JB/T6065—2004 无损检测 磁粉检测用试片
- JB/T6066—2004 无损检测 磁粉检测用环形试块
- JB/T6696 电站锅炉 技术条件
- JB/T7412 固定式(移动式)工业 X 射线探伤仪
- JB 7788 500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则
- JB/T7903 工业射线照相底片观片灯
- JB/T8283 声发射检测仪器性能测试方法
- JB/T9213—1999 无损检测 渗透检查 A 型对比试块
- JB/T9215 控制射线照相图像质量的方法
- JB/T9216 控制渗透探伤材料质量的方法
- JB/T9217 射线照相探伤方法
- JB/T9218 渗透探伤方法
- JB/T9402 工业 X 射线探伤机 性能测试方法
- JB/T10094 工业锅炉通用技术条件
- SH3501 石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范
- 国务院 2003 年第 373 号令 特种设备安全监察条例
- 劳动部劳锅字 1993 年 256 号文 有机热载体炉安全技术监察规程
- 国家质量技术监督局锅炉局 1998 年 12 月文件 工业锅炉 T 型接头对接焊缝超声波探伤规定
- TSG R7001 压力容器定期检验规则
- 劳动部劳锅字 1997 年 74 号文 热水锅炉安全技术监察规程
- 劳动部劳锅字 1993 年 4 号文 溶解乙炔气瓶安全监察规程
- 劳动部劳锅字 1993 年 370 号文 超高压容器安全监察规程
- 劳动部劳锅字 1994 年 262 号文 液化气体汽车罐车安全监察规程
- 劳动部劳锅字 1996 年 140 号文 压力管道安全管理与监察规定
- 劳动部劳锅字 1996 年 276 号文 蒸汽锅炉安全技术监察规程
- 国家质量技术监督局锅发 1999 年 154 号文 压力容器安全技术监察规程
- 国家质量技术监督局锅发 1999 年 202 号文 锅炉定期检验规则
- 国家质量技术监督局锅发 1999 年 218 号文 医用氧舱安全管理规定
- 国家质量技术监督局锅发 2000 年 250 号文 气瓶安全监察规程
- 国家质量监督检验检疫总局国质检锅 2003 年 108 号文 在用工业管道定期检验规程
- 国家质量监督检验检疫总局国质检 2003 249 号文 特种设备检验检测机构管理规定