

Q/SY-TGRC

中国石油集团石油管工程技术研究院企业标准

Q/SY-TGRC 192—2021

全防腐钢塑复合管突缘对焊环焊缝无损检测 第1部分：射线数字成像检测

NDT of girth weld on butt-welding flange of anti-corrosive steel-plastic composite pipe—Part 1: Ray digital radiography testing

2021-9-3 发布

2021-10-1 实施

中国石油集团石油管工程技术研究院 发布

١٥٦

目 次

前 言.....	II
特别声明.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 一般要求.....	3
5 检测方法.....	5
6 图像处理.....	6
7 图像评定.....	6
8 验收标准.....	7
9 检测报告及图像存储.....	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国石油集团石油管工程技术研究院提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团石油管工程技术研究院、成都共同钢塑制品有限公司、宝鸡石油钢管有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司。

本文件主要起草人：王联合国、蔡克、樊少波、张益铭、贾鹏军、杨亚、马佼佼、徐生东、陈奋华、包志刚。



特别声明

本文件是中国石油集团石油管工程技术研究院的企业文件。本文件的版权属中国石油集团石油管工程技术研究院所有。本文件无意限制任何专利产品和专有技术的应用和发展。

本文件是按照企业标准化管理办法规定的程序制定的。本文件至少每三年进行一次复审，并进行修订、重新确认或撤销。有关本文件内容的解释和对制定程序的看法与问题，可直接与石油管工程技术研究院标准信息与安全研究所（陕西省西安市锦业二路 89 号，邮政编码 710077，电话 029-81887847）。复印本文件部分或全部内容，应向石油管工程技术研究院标准信息与安全研究所提出申请，并征得同意。



١٥٦

全防腐钢塑复合管突缘对焊环焊缝无损检测

第 1 部分：射线数字成像检测

1 范围

本文件规定了采用计算机射线照相（CR）技术或数字阵列探测器的数字成像（DR）技术，对全防腐钢塑复合管对焊突缘环焊缝进行射线数字检测的一般要求、检测方法、图像处理、图像评定、验收标准、检测报告及图像存储进行规定。

本文件适用于制造、安装（含压力管道施工）、在用全防腐钢塑复合管突缘对焊环向对接焊接接头的 X 射线数字成像检测[11]。

2 规范性引用文件[12]

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3323.2-2019 焊缝无损检测 射线检测 第 2 部分：使用数字化探测器的 X 和伽玛射线技术

GB/T 9945 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T12604.2 无损检测 术语 射线照相检测

GB/T12604.11 无损检测 术语 X 射线数字成像检测

GB/T 20801.5-2020 压力管道规范 工业管道 第 5 部分：检验与试验

GB/T 23901.1 无损检测 射线照相底片像质 第 1 部分：线型像质计像质指数的测定

GB/T 23901.5 无损检测 射线照相检测图像质量 第 5 部分：双线型像质计 图像不清晰度和空间分辨率的测定

NB/T 47013.2-2015 承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测

NB/T 47013.11-2015 承压设备无损检测 第 11 部分：X 射线数字成像检测

3 术语和定义

GB/T12604.2、GB/T12604.11 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

对焊突缘 **butt-welding flange**

焊接在管端的凸起，用于管管对焊的环状结构。连接结构见图 1。

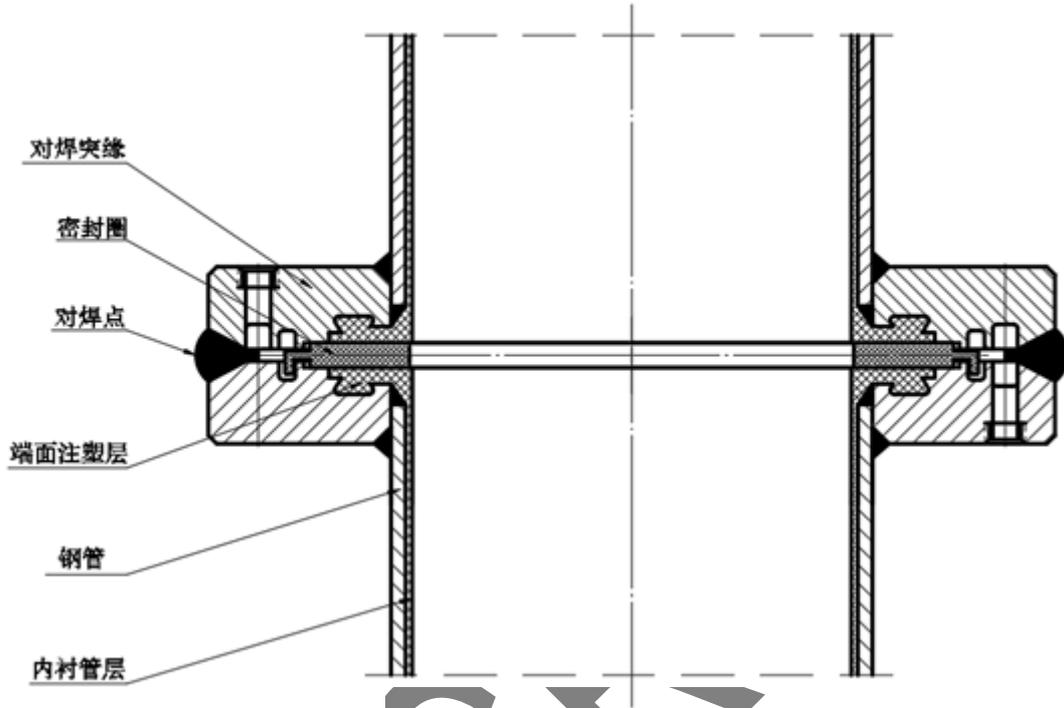


图 1 全防腐钢塑复合管对焊突缘连接结构示意图

3.2

像素 **pixel**

组成图像的最小单元。

3.3

灰度值 **greyvalue**

数字图像中的某个像素单元所吸收的射线能量数字化的灰度数值。

3.4

图像分辨率 **image resolution**

图像中所能分辨的两个相邻细节间的最小距离的度量。

3.5

图像空间分辨率 **basic spatial resolution of a digital image**

工件检测获得数字图像中所测定图像的不清晰度值的 1/2 且对应于有效像素尺寸，表示数字探测器在一定放大倍数下数字图像中可显示分辨的最小几何细节。

3.6

信噪比 **signal to noise ratio**

信号平均值与噪声(信号均方差)之比。

3.7

归一化信噪比 **normalized signal-to-noise ratio**

从数字图像中直接测量或由测量的信噪比 SNR_{msered} 按式(1)经归一化计算得到,即由图像空间分辨率归一化的信噪比。

4 一般要求

4.1 检测人员^[13]

4.1.1 按本部分实施射线检测的人员,应按照 GB/T 9945 或合同各方商定后进行资格鉴定与认证取得射线检测相关工业门类的资格等级证书。

4.1.2 从事射线数字成像检测的人员在上岗前应进行辐射安全知识的培训。

4.1.3 检测人员应了解与本检测技术有关的计算机知识、图像处理知识,掌握相应的计算机基本操作方法。

4.2 检测系统

4.2.1 系统的组成

射线数字成像系统主要由射线源、射线数字转换系统、计算机系统、检测工装、系统软件等组成。

4.2.2 射线机

根据被检测焊缝的厚度、材质和焦距大小,选择射线机(源)的能量范围。射线机(源)的选用应考虑影响图像质量的因素,如:射线管焦点尺寸、管电压和管电流调节范围等。

4.2.3 射线数字成像转换系统

射线数字成像转换系统包含面阵列探测器、线阵列探测器及其配件等。

4.2.4 计算机系统

计算机系统的基本配置依据采用的射线数字成像器件对性能和速度的要求而确定。宜配备较大容量的内存、硬盘、高亮度高分辨率显示器以及刻录机、网卡等。

4.2.5 系统软件

系统软件是成像系统的核心单元和操作系统,完成工件运动控制、图像采集、图像处理、缺陷几何

尺寸测量、缺陷标注、图像存储、辅助评定和检测报告打印等，是检测准确性和安全性的重要因素。

4.3 像质计

4.3.1 像质计类型

采用 GB/T 23901.1 线型像质计、GB/T 23901.5 双丝型像质计测定数字射线检测图像质量。

4.3.2 像质计的放置

线型像质计宜放在靠近 X 射线数字成像器件一侧焊缝表面上，金属丝应横跨焊缝并与焊缝垂直。

4.3.3 双丝型像质计

为确定数字探测系统的基本空间分辨率，验证系统硬件是否符合相关标准要求，需要一个参照图像，参照图像的具体制作方法可以参考 GB/T 3323.2 附录 B，双丝型像质计应直接放置在数字探测器表面上，其金属丝应与数字图像的行或列成小角度（ 2° ~ 5° ）。

4.4 检测技术等级[14][W5]

射线检测技术分为两个等级：

A 级：基本技术；

B 级：优化技术。

当 A 级技术的灵敏度不能满足要求时，采用 B 级技术。存在比 B 级更优的技术，当使用更优的技术时，由合同各方在文件中规定全部适宜的检测参数。

数字射线检测技术的选择应由合同各方商定。

数字射线的 A 级 B 级技术与射线照相的 A 级、B 级技术应具有同等的缺陷的可识别性。可识别性应采用 GB/T23901.1、GB/T23901.5 规定的像质计验证。

当由于技术或结构原因不能满足 B 级技术的透照条件时(例如射线源类型射线源—工件距离等)，经合同各方商定可选用 A 级技术规定的透照条件，其灵敏度损失应采取补偿措施。

4.5 安全要求

射线检测设备应符合放射防护法规的要求，射线检测工作时，应严格执行相关法律法规的规定，并采取必要的安全防护措施。

4.6 检测环境

检测环境应满足系统运行对环境的要求。

5 检测方法

5.1 透照方式

根据工件结构的特点，选择透照方式，被检试件焊缝靠近射线数字成像器件一侧。应采用双壁单影法进行透照，工件与射线管头和射线数字成像器件之间保持合理的距离，以防止碰撞损坏。透照方式见图 2。

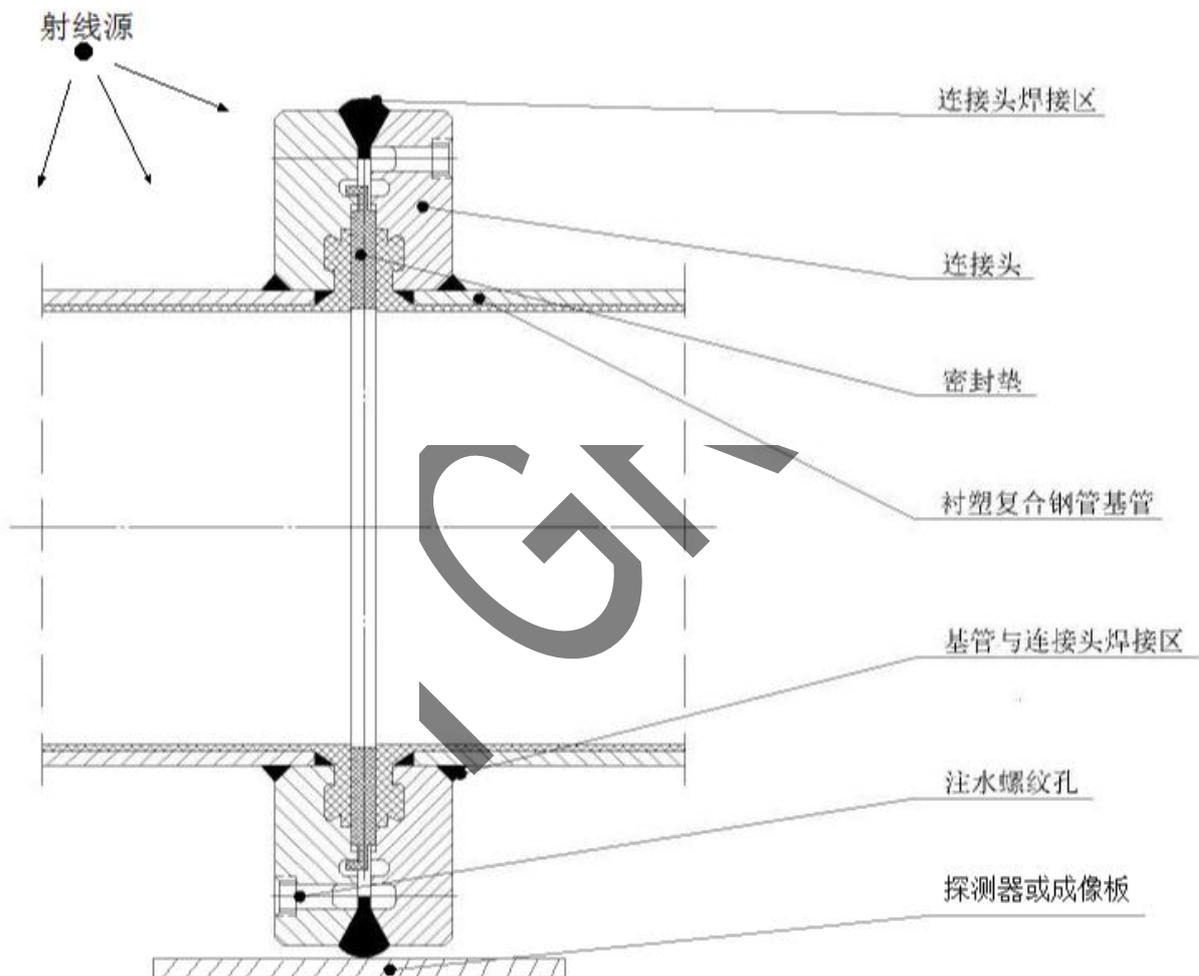


图 2 突缘对焊环焊缝透照布置

5.2 透照方向

透照时射线束中心应与透照区中心成 $45^\circ \pm 5^\circ$ ；也可选用有利于发现缺陷的方向透照。

5.3 透照参数的选择

由于检测厚度的阶梯变化，为获得好的检测灵敏度，管电压的选择应根据比对试验。实际检测时，

应根据采用的数字成像系统和熔化焊对接接头的特性,选择适当的射线能量、强度、积分时间(曝光量)等,满足检测要求。

5.4 无用射线和散射线屏蔽

应采用滤波板、准直器(光栅)等适当措施,屏蔽散射线和无用射线。

6 图像处理

数字检测图像应采用一定灰阶的灰度值表示方法进行评估,其灰度值与探测器所接收的射线剂量成正比。数字检测图像应对信噪比空间分辨率和 SNR_N 进行评价。可通过对比度和亮度的交互式调整,使数字检测图像具有最佳显示检测。软件中一般应集成有积分降噪、调制传递函数曲线测定(SR_b 测定)和信噪比或 SNR_N 测定工具,用于数字图像质量的评估。对于重要图像分析时,应通过电子缩放功能实现 1:1(一个数字图像像素显示为一个显示器像素)至 1:2(一个数字图像像素显示为四个显示器像素)的图像显示。

$$SNR_N = SNR_{msred} 88.6 / SR \quad (1)$$

式中:

SNR ——图像分辨率;

SNR_N ——信噪比;

88.6——常数。

对存储的原始图像显示进一步处理时(如高通或低通滤波),应有明确记录,并得到合同各方的许可,且不得修改所存储的原始图像数据。

如果进一步的图像处理(如高通或低通滤波)是为了评价丝型像质值时,则应采用相同的滤波参数对焊缝及像质计图像进行评价。

7 图像评定[16][W7]

像质计灵敏度达到规定的 A 级或 B 级的射线数字图像,方可进行图像评定;以正像或负像的方式显示;在光线柔和的环境下观察检测图像,显示器屏幕应清洁、无明显的光线反射。

7.1 像质计灵敏度

首次检测时应校验和测试图像分辨率。

在检测工艺条件不变条件下,根据系统组成各单元所要求性能降低到 80%,应对系统进行校验;检测工艺条件改变后,应重新测试图像分辨率。

7.2 图像灰度范围

图像有效评定区域内的灰度值宜控制在整个灰度范围的 20%~80% 之间。
可通过测量图像灰度直方图等方法确定图像灰度分布范围。

7.3 图像评定的时机

图像质量满足规定的要求后，方可进行焊接接头等级评定。

7.4 缺陷参数的测量

可用系统软件辅助测量缺陷参数。

8 验收标准

根据 GB/T 20801.5-2020 第 6 章或合同各方商定后的产品标准、技术条件确定验收标准。

9 检测报告及图像存储

9.1 图像存储

图像存储应符合以下要求：

- a) 图像应存储在硬盘等数字存储介质中，并在只读光盘中存档；
- b) 检测图像宜备份两份，相应的原始记录和检测报告也应同期保存；
- c) 在有效保存期内，图像数据不得丢失和更改；
- d) 保存检测图像的光盘或硬盘等数字存储介质应防磁、防潮、防尘、防积压、防划伤。

9.2 检测报告

检测报告的主要内容应包括：产品名称、型号、编号、材质、母材厚度、焊接方式、检测装置型号（射线源、探测器）、检测部位、透照方法、工艺参数、图像质量、缺陷名称、评定等级、返修情况和检测日期等；检测报告必须有操作人员和评定人员的签名并注明其资格级别。

9.3 保存期限

图像保存不少于 8 年。

192

١٥٦



中国石油集团
石油管工程技术研究院企业标准
全防腐钢塑复合管突缘对焊环焊缝无损检测
第1部分：射线数字成像检测

版权所有 不得翻印
Q/SY-TGRC 192—2021