

# 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 193—2021

## 全防腐钢塑复合管突缘对焊环焊缝无损检测 第2部分：磁粉检测

NDT of girth weld on butt-welding flange of anti-corrosive steel-plastic  
composite pipe—Part 2: Magnetic particle 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.....	8
6 磁痕显示.....	9
7 复验.....	10
8 退磁.....	10
9 质量分级.....	10
10 安全警示.....	11
11 检测报告.....	11

## 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：蔡克、王联合国、樊少波、张益铭、贾鹏军、杨亚、马佼佼、徐生东、薛凯。



## 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战略研究所（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战略研究所提出申请，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 2 部分：磁粉检测

### 1 范围

本文件规定了全防腐钢塑复合管对焊突缘环焊缝磁粉检测方法及其质量分级要求，本文件适用于铁磁性材料突缘对焊环焊缝表面或近表面缺陷的检测，不适用于非铁磁性材料的检测。

### 2 规范性引用文件

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 9945 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 11533 标准对数视力表
- GB/T 12604.5 无损检测 术语 磁粉检测
- GB/T 5097 无损检测 渗透检测和磁粉检测观察条件
- GB/T 23907 无损检测 磁粉检测用试片
- JB/T 6063 无损检测 磁粉检测用材料
- JB/T 8290 磁粉探伤机
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测

### 3 术语和定义

GB/T 12604.5 和 NB/T 47013.4 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。

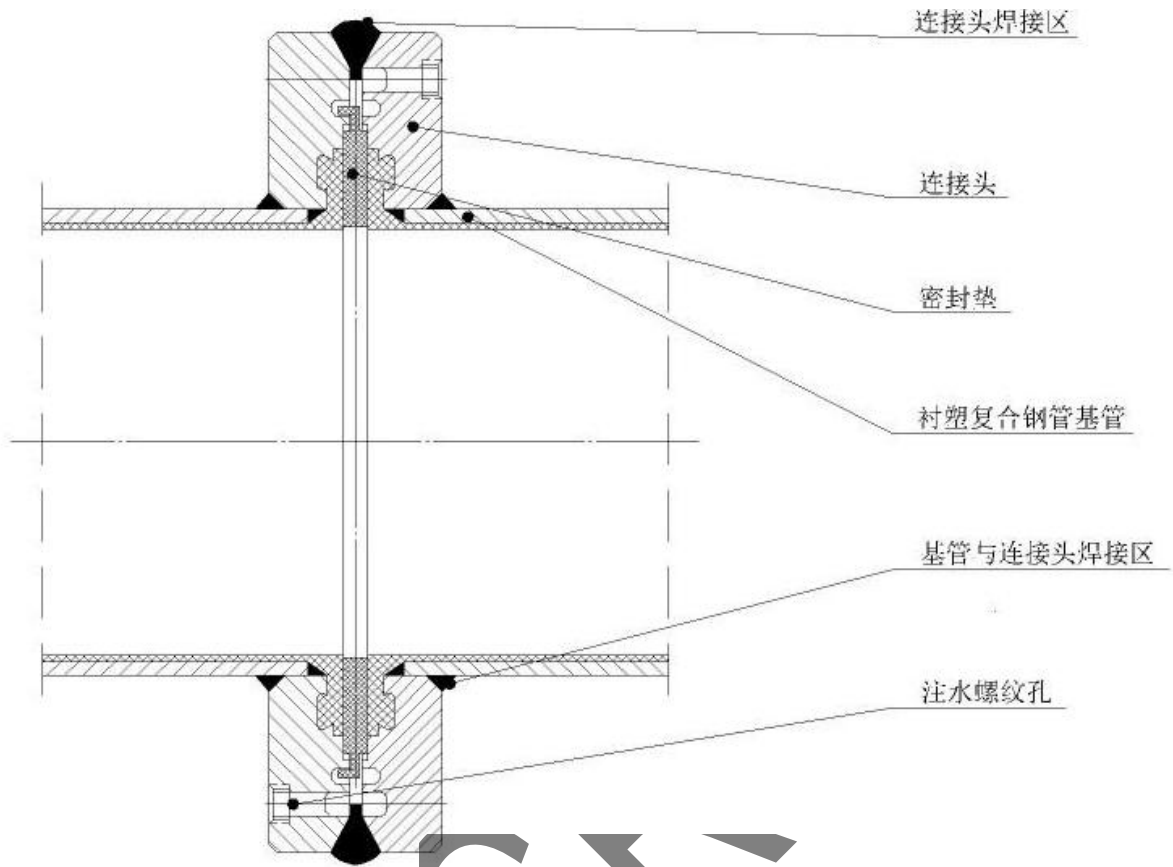


图 1 全防腐钢塑复合管对焊突缘连接结构示意图

3.2

**相关显示 relevant indication**

磁粉检测时由缺陷产生的漏磁场吸附磁粉而形成的磁痕显示，一般也叫做缺陷显示。

3.3

**非相关显示 non-relevant indication**

磁粉检测时由截面变化或材料磁导率改变等产生的漏磁而形成的磁痕显示。

3.4

**伪显示 false indication**

不是由漏磁场吸附磁粉形成的磁痕显示。

3.5

**复合磁化 combinatorial magnetization**

在工件中产生一个大小和方向随时间成圆形、椭圆形或螺旋形变化的磁场的磁化方法。

3.6

**纵、横向缺陷 longitudinal/transverse flaw**



缺陷磁痕长轴方向与工件轴线或母线的夹角大于或等于 30°时，按横向缺陷处理，其他按纵向缺陷处理。

## 4 一般要求

### 4.1 磁粉检测人员

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 磁粉检测人员的未经矫正或经矫正的近（小数）视力和远（距）视力应不低于 5.0，测试方法应符合 GB 11533 的规定；并一年检查一次，不得有色盲。

### 4.2 磁粉检测程序

磁粉检测程序如下：

- a) 预处理；
- b) 磁化；
- c) 施加磁粉或磁悬液；
- d) 磁痕的观察与记录；
- e) 缺陷评级；
- f) 退磁；
- g) 后处理。



### 4.3 检测工艺文件

4.3.1 磁粉检测应按照工艺规程文件进行。工艺文件可以是工艺规程和工艺卡。

4.3.2 工艺文件应验证。

4.3.3 工艺文件需经检测单位（或机构）相关责任人（或授权责任人）确认。

### 4.4 磁粉检测设备

#### 4.4.1 设备

磁粉检测设备应符合 JB/T 8290 的规定。

#### 4.4.2 提升力

交叉磁轭至少应有 118N 的提升力（磁极与试件表面间隙为小于等于 0.5 mm）。

用于核查提升力的试块重量应进行标定。使用、保管过程中发生损坏，应重新标定。

#### 4.4.3 黑光辐照度及波长

当采用荧光磁粉检测时，使用的黑光灯在工件表面的黑光辐照度应大于或等于  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，黑光的波长应为  $320 \text{ nm} \sim 400 \text{ nm}$ ，中心波长约为  $365 \text{ nm}$ 。

#### 4.4.4 退磁装置

退磁装置应能保证工件退磁后表面剩磁小于或等于  $0.3 \text{ mT}$  ( $240 \text{ A/m}$ )。

#### 4.4.5 辅助器材

一般应包括下列器材：

- a) 磁场强度计；
- b) A1 型、C 型、D 型和 M1 型试片、标准试块和磁场指示器；
- c) 磁悬液浓度沉淀管；
- d) 2 倍~10 倍放大镜；
- e) 白光照度计；
- f) 黑光灯；
- g) 黑光辐照计；
- h) 毫特斯拉计；
- I) 高斯计。

#### 4.5 磁粉、载体及磁悬液

##### 4.5.1 磁粉

磁粉应具有高磁导率、低矫顽力和低剩磁，非荧光磁粉应与被检工件表面颜色有较高的对比度。磁粉粒度和性能等其他要求应符合 JB/T 6063 的规定。

##### 4.5.2 载体

湿法应采用水或低粘度油基载体作为分散媒介。若以水为载体时，应加入适当的防锈剂和表面活性剂，必要时添加消泡剂。油基载体的运动粘度在  $38^\circ\text{C}$  时小于或等于  $3.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，最低使用温度下小于或等于  $5.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，闪点不低于  $94^\circ\text{C}$ ，且无荧光、无活性和无异味。

##### 4.5.3 磁悬液

磁悬液浓度应根据磁粉种类、粒度、施加方法和被检工件表面状态等因素来确定。一般情况下，磁

悬液浓度范围应符合表 1 的规定。测定前应对磁悬液进行充分的搅拌。

表 1 磁悬液浓度

磁粉类型	配制浓度, g/L	沉淀浓度 (含固体量), ml/100ml
非荧光磁粉	10~25	1.2~2.4
荧光磁粉	0.5~3.0	0.1~0.4

## 4.6 标准试件

### 4.6.1 标准试片

#### 4.6.1.1 标准试片使用要求如下:

- 标准试片适用于连续磁化法;使用时,应将试片无人工缺陷的面朝外,并保持与被检工件有良好的接触。为使试片与被检面接触良好,可用透明胶带或其他合适的方法将其平整粘贴在被检面上,并注意胶带不能覆盖试片上的人工缺陷;
- 标准试片使用时,所采用的磁粉检测技术和工艺规程,应与实际应用的一致;
- 使用试片前,应用溶剂清洗防锈油,如果工件表面贴试片处凹凸不平,应打磨平,并除去油污;
- 用完试片后,可用溶剂清洗并擦干。干燥后涂上防锈油,放回原装片袋保存;
- 标准试片表面有锈蚀、褶皱或磁特性发生改变时不得使用。

4.6.1.2 标准试片主要用于检验磁粉检测设备、磁粉和磁悬液的综合性能,显示被检工件表面具有足够的有效磁场强度和方向、有效检测区以及磁化方法是否正确。标准试片应符合 GB/T 23907 的规定。

一般可选用 C-15/50 型标准试片。

### 4.6.2 磁场指示器

磁场指示器是一种用于表示被检工件表面磁场方向、有效检测区以及磁化方法是否正确的一种粗略的校验工具,但不能作为磁场强度及其分布的定量指示。其几何尺寸见图 2。

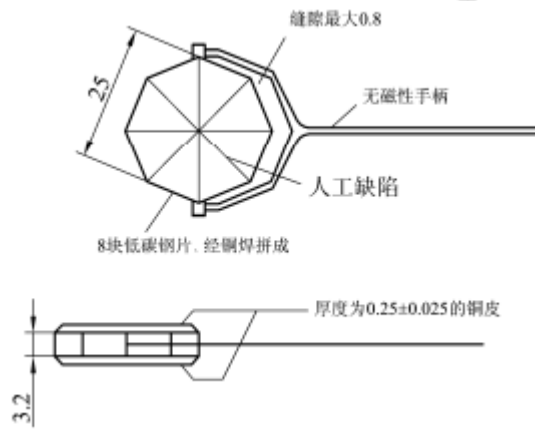


图2 磁场指示器

#### 4.7 磁化电流类型及其选用

##### 4.7.1 电流类型

磁粉检测常用的电流类型有：交流、整流电流（全波整流、半波整流）和直流。

##### 4.7.2 电流值

磁化规范要求的交流磁化电流值为有效值，整流电流值为平均值。

#### 4.8 磁化方向

磁化方向包括纵向磁化、周向磁化和复合磁化。一般采用复合磁化法（交叉磁轭法），见图3。

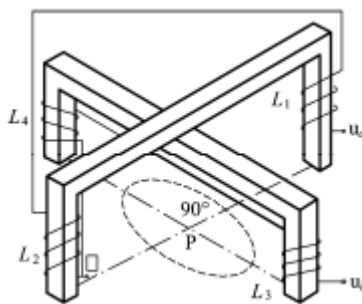


图3 交叉磁轭法

#### 4.9 磁化规范

##### 4.9.1 磁场强度

用标准试片来确定磁场强度是否合适。

#### 4.9.2 磁轭法

4.9.2.1 磁极间距应控制在 75 mm~200 mm 之间，其有效宽度为两极连线两侧各 1/4 极距的范围内，磁化区域每次应有不少于 10% 的重叠。

4.9.2.2 采用磁轭法磁化工件时，其磁化电流应根据标准试片磁痕显示来选择；采用固定式磁轭磁化工件时，应根据标准试片磁痕显示来校验灵敏度是否满足要求。

4.9.3 磁轭摆放位置如图 4。

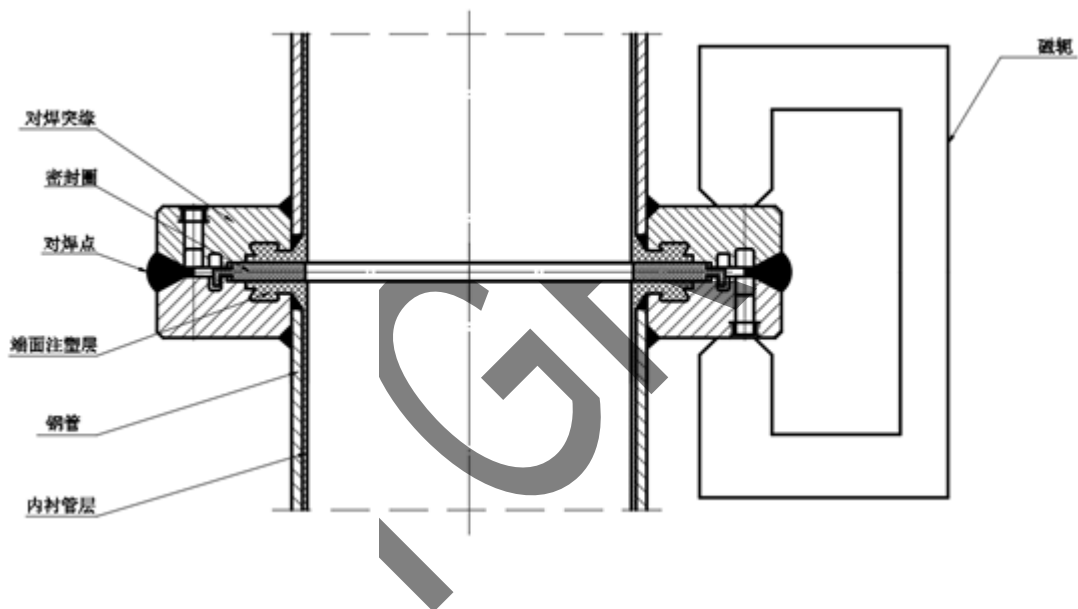


图 4 磁轭摆放位置

#### 4.10 质量控制

##### 4.10.1 综合性能试验

磁粉检测设备、仪表及材料应定期核查。每天检测工作开始前，用标准试片、标准试块检验磁粉检测设备及磁粉和磁悬液的综合性能（系统灵敏度）。

##### 4.10.2 磁悬液浓度测定

对于新配制的磁悬液，其浓度应符合 4.5 的要求；对循环使用的磁悬液，每天开始工作前，应进行磁悬液浓度测定。

##### 4.10.3 磁悬液污染判定

## Q/SY-TGRC 193—2021

对循环使用的磁悬液，应每周测定一次磁悬液污染。测定方法是：将磁悬液搅拌均匀，取 100 mL 注入梨形沉淀管中，静置 60 min 检查梨形沉淀管中的沉淀物。当上层（污染物）体积超过下层（磁粉）体积的 30% 时，或在黑光下检查荧光磁悬液的载体发出明显的荧光时，即可判定磁悬液污染。

### 4.10.4 磁悬液润湿性能检验

检测前，应进行磁悬液润湿性能检验。将磁悬液施加在被检工件表面上，如果磁悬液的液膜是均匀连续的，则磁悬液的润湿性能合格；如果液膜被断开，则磁悬液中润湿性能不合格。

### 4.10.5 电磁轭提升力核查

电磁轭的提升力至少半年核查一次。在磁轭损伤修复后应重新校验。

### 4.10.6 辅助仪表核查

磁粉检测用的辅助仪表，如黑光辐照计、照度计、磁场强度计、毫特斯拉计等，至少每年核查一次。

### 4.10.7 其他

设备内部短路检查、电流载荷校验、通电时间校验等原则上每年进行一次测定。

## 4.11 被检工件表面的准备

### 4.11.1 工件表面

工件被检区表面及其相邻至少 25mm 范围内应干燥，并不得有油脂、污垢、铁锈、氧化皮或其它粘附磁粉的物质；表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性，否则应做适当的修理。如需打磨，则打磨后被检工件的表面粗糙度  $Ra \leq 25 \mu m$ ；如被检工件表面有非磁性涂层，能够保证涂层厚度不超过 0.05mm，经检测单位（或机构）技术负责人同意和标准试片验证不影响磁痕显示时可带涂层进行磁粉检测，并归档保留验证资料。

### 4.11.2 反差增强剂

为增强对比度，经标准试片验证显示合格后，可以使用反差增强剂。

## 5 检测方法

5.1 一般采用交叉磁轭湿法、连续法进行检测。使用交叉磁轭装置时，四个磁极端面与检测面之间应保持良好贴合，最大间隙不应超过 0.5 mm。连续拖动检测时，检测速度应尽量均匀，一般不应大于 4 m/min。

5.2 使用交叉磁轭必须采用移动的方式磁化工件，磁悬液施加必须在有效磁化场范围内始终保持润湿状

态，以利于缺陷磁痕的形成。

5.3 磁痕观察必须在磁轭通过后立即进行，避免已形成的缺陷磁痕遭到破坏。

5.4 应使用标准试片对交叉磁轭法进行综合性能验证，验证时交叉磁轭应在移动的状态下进行；当移动速度、磁极间隙等工艺参数的变化有可能影响到检测灵敏度时，应进行复验。

## 6 磁痕显示

### 6.1 磁痕的分类和处理

6.1.1 磁痕显示分为相关显示、非相关显示和伪显示。

6.1.2 长度与宽度之比大于3的缺陷磁痕，按线性磁痕处理；长度与宽度之比不大于3的缺陷磁痕，按圆形磁痕处理。

6.1.3 长度小于0.5 mm的磁痕不计。

6.1.4 两条或两条以上缺陷磁痕在同一直线上且间距不大于2 mm时，按一条磁痕处理，其长度为两条磁痕之和再加间距。

### 6.2 观察

6.2.1 缺陷磁痕的观察应在磁痕形成后立即进行。

6.2.2 非荧光磁粉检测时，缺陷磁痕的评定应在可见光下进行，且工件被检表面可见光照度应大于等于1000 lx；现场检测时，由于条件所限可见光照度应不低于500 lx。

6.2.3 荧光磁粉检测时，缺陷磁痕的评定应在暗室或暗处黑光灯激发的黑光下进行，工件被检表面的黑光辐照度大于或等于1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ；暗室或暗处可见光照度应不大于20 lx。

6.2.4 检测人员进入暗室至少经过3 min的暗室适应后，使用已预热5 min以上的黑光灯，才能进行荧光磁粉检测。观察时，检测人员不准戴对检测有影响的眼镜或滤光镜。

6.2.5 除能确认磁痕是由于工件材料局部磁性不均或操作不当造成的之外，其他磁痕显示均应作为缺陷磁痕处理。当为辨认细小磁痕时，应用辅以2倍~10倍放大镜进行观察。

### 6.3 记录

可用下列一种或数种方式记录显示：

- a) 文字描述；
- b) 草图；
- c) 照片；
- d) 透明胶带；
- e) 透明漆“凝结”被检表面的显示；

## Q/SY-TGRC 193—2021

- f) 可剥离的反差增强剂;
- g) 录像;
- h) 环氧树脂或化学磁粉混合物;
- i) 磁带;
- j) 电子扫描。

## 7 复验

当出现下列情况之一时，需要复验：

- a) 检测结束时，用标准试片或标准试块验证检测灵敏度不符合要求时；
- b) 发现检测过程中操作方法有误或技术条件改变时；
- c) 合同各方有争议或认为有必要时；
- d) 对检测结果有怀疑时。

## 8 退磁

### 8.1 一般要求

下列情况下工件应进行退磁：

- a) 产品技术条件有规定或委托方有要求时；
- b) 当检测需要多次磁化时，如认定上一次磁化将会给下一次磁化带来不良影响；
- c) 如认为工件的剩磁会对以后的机械加工产生不良影响；
- d) 如认为工件的剩磁会对测试或计量装置产生不良影响；
- e) 如认为工件的剩磁会对焊接产生不良影响；
- f) 其他必要的场合。

### 8.2 剩磁测定

工件的退磁效果一般可用剩磁检查仪或磁场强度计测定。剩磁应不大于 0.3mT (240A/m) 或按产品技术条件规定。

## 9 质量分级

焊接接头的磁粉检测质量分级见表 2。



表 2 焊接接头的质量分级

等级	裂纹	线性缺陷磁痕	圆形缺陷磁痕（评定框尺寸为 35mm×100mm）
I	不允许	$L \leq 1.5$	$d \leq 2.0$ ，且在评定框内不大于 1 个
II	大于 I 级		
注：d 表示圆形缺陷磁痕长径，L 表示线形缺陷长度，mm。			

## 10 安全警示

可能发生的危险包括：

- 电流短路引起的电击或在所用相对较低电压下的大电流引起的灼伤；
- 使用荧光磁粉检测时，黑光灯激发的黑光对眼睛和皮肤产生的有害影响；
- 使用或去除多余磁粉时，尤其是干磁粉，以及检测环境悬浮的颗粒物等被吸入或进入眼睛、耳朵导致的伤害；
- 使用不符合要求的有毒磁粉等材料引起的有害影响；
- 易燃易爆的场合使用轴向通电法和触头法易引起的起火烧伤。

## 11 检测报告

### 11.1 检测报告的主要内容应包括：

- 被检测工件信息；
- 检测方法、检测条件和环境；
- 检测执行的工艺文件；
- 检测装置的名称和型号；
- 磁粉种类及磁悬液浓度和施加磁粉的方法；
- 检测部位、检测数据和检测结果；
- 检测审核人员与检测日期。

### 11.2 保存期限

图像保存不少于 8 年。



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2部分：磁粉检测  
Q/SY-TGRC 193—2021

版权所有 不得翻印