

ICS 77.040.20

J 70

DB31

上 海 市 地 方 标 准

DB31/T 1177—2019

工业煤气大口径管道不停输腐蚀减薄 检测及评价方法

The inspection and evaluation method for the corrosion and attenuation of industry
non-stop gas transporting pipelines with large diameter

2019 - 08 -15 发布

2019- 11-01 实施

上海市市场监督管理局 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 3

5 腐蚀检测 3

6 管道腐蚀减薄的评价方法 5

7 管道腐蚀检测周期 8

8 检测、评价报告与问题处理 8

附录 A（资料性附录）管道不停输状况下腐蚀缺陷检测方法..... 9

附录 B（资料性附录）工业煤气管道检测及评价报告的格式..... 10

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由上海市应急管理局提出并组织实施。

本标准由上海市安全生产标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：上海金艺检测技术有限公司、中国宝武钢铁集团有限公司、上海市安全生产科学研究所、宝山钢铁股份有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、上海市燃气设备计量检测中心、上海高桥石化设备检验所有限公司。

本标准主要起草人：顾素兰、李盛、罗云东、万欣、陈丹、杨惠谷、陈小东、史建华、王伟、刁部源、丁晓滢、何磊、茅彩萍。

工业煤气大口径管道不停输腐蚀减薄检测及评价方法

1. 范围

本标准规定了工业煤气大口径架空管道不停输腐蚀减薄检测的基本要求、检测方法、评价方法，提出了检测周期的建议、检测和评价的报告格式。

本标准适用于输送介质为工业煤气、工作压力小于0.1MPa，公称直径大于等于500mm的钢制管道。其它腐蚀性介质、公称直径小于500mm的钢制管道也可参照使用。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 10123 金属和合金的腐蚀 基本术语和定义

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 28704 无损检测 磁致伸缩超声导波检测方法

NB/T 47013.7 承压设备无损检测 第7部分：目视检测

TSG D7004 压力管道定期检验规则-公用管道

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

腐蚀 corrosion

金属与环境间的物理-化学相互作用，其结果使金属的性能发生变化、并常可导致金属、环境或由它们作为组成部分的技术体系的功能受到损伤。

注：该相互作用通常为电化学性质。

[基于 GB/T 10123-2001, 2.1]

3.2

均匀腐蚀 uniform corrosion

在整个金属表面几乎以相同速度进行的全面腐蚀。

[基于 GB/T 10123-2001, 3.11]

3.3**局部腐蚀 localized corrosion**

暴露于腐蚀环境中，金属表面某些区域的优先集中腐蚀。

注：局部腐蚀可产生如点坑、裂纹、沟槽等。

[基于 GB/T 10123-2001, 3.10]

3.4**目视检测 visual examination**

观察、分析和评价被检件状况的一种无损检测方法，它仅指用人的眼睛或借助于某种目视辅助器材对被检件进行的检测。

[基于 NB/T 47013.7-2012, 3.1]

3.5**超声测厚 ultrasonic thickness measurement**

是根据超声波脉冲反射原理来进行厚度测量，当探头发射的超声波脉冲通过被测物体到达材料分界面时，脉冲被反射回探头，通过精确测量超声波在材料中传播的时间来确定被测材料的厚度。凡能使超声波以一恒定速度在其内部传播的各种材料均可采用此原理测量。

3.6**超声导波 ultrasonic guided wave**

受构件边界条件（如构件几何尺寸、受力状态等）约束的、能够较长距离传播的某些特定频率范围的超声波。

[基于 GB/T 28704-2012, 3.3]

3.7**C 扫描显示 C-scan display**

受检件的二维平面显示，按探头扫描位置，绘制幅度或声程在预置范围内的回波信号的存在。

[基于 GB/T 12604.1-2005, 14.3]

4. 基本要求

4.1 检测和评价人员要求

接受相关专业技术的培训,熟悉所使用的检测设备,具备熟练的操作技能,取得特种设备行业或使用单位所在行业超声检测 II 级及以上检测资格,才能从事相应项目的检测、评价工作。

4.2 设备要求

检测所需要的仪器设备应符合相应技术标准的要求,并在检定/校准有效期内使用。

4.3 检测安全要求

4.3.1 现场工作场所和环境应符合国家和地方有关环境卫生、安全防护和劳动保护的规定。

4.3.2 现场工作场所和环境包括但不限于能源、照明和环境条件(包括风速、温度、湿度等因素),应不影响现场工作的实施。

4.3.3 现场工作前,应进行危险源辨识,并采取必要的保护措施。

4.3.4 高空作业时,应考虑人员、检测仪器设备器材坠落等因素。

4.3.5 现场工作前,应检测工作区域内 CO 浓度,CO 浓度应不超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$,工作时应设立安全监护人,配备 CO 检测仪,定期监测 CO 浓度,如持续报警应停止相关工作,工作人员及时撤离,通知相关煤气防护单位进行检查、消缺处理,待现场满足条件后再实施检测。

5. 腐蚀检测

5.1 检测规定

5.1.1 管道的使用单位应根据管道的运行状况、生产实际及历次检测报告,制定检测计划,并按计划开展检测工作。

5.1.2 腐蚀检测工作可委托专业的检测机构实施,也可由使用单位持有相关资格证书的专业技术人员实施。

5.1.3 检测前,检测人员应编制检测方案,明确检测方法、检测部位、检测数量等。

5.1.4 检测工作是由使用单位委托专业检测机构实施的,检测方案应经委托方确认后,方可实施。

5.1.5 腐蚀减薄检测的方法包括目视检测、剩余壁厚测量(包括超声测厚、超声导波检测、超声 C 扫描检测)。

5.1.6 管道不停输状况下腐蚀缺陷检测方法参见附录 A。

5.1.7 检测工作完成后，检测人员应填写相应的检测记录和检测报告，检测记录和检测报告应存档备查。

5.2 腐蚀减薄检测方法

5.2.1 目视检测

5.2.1.1 管道腐蚀检测时应进行目视检测。目视检测可借助于放大镜、望远镜等观察管道外表面的防腐层及管体腐蚀状况，对检测到的管道外壁防腐层破损、管体腐蚀情况，应在管道单线图上标注其位置，并记录管道防腐层状态及管道腐蚀的形状、尺寸及分布情况。

5.2.1.2 膨胀节的目视检测，重点检测膨胀节与管道焊接部位的点蚀泄漏和膨胀节波纹是否损伤。

5.2.2 剩余壁厚测量

5.2.2.1 在目视检测的基础上，对管道进行剩余壁厚测量抽查，检测时，一般采用超声测厚、超声C扫描检测为主，必要时辅以超声导波检测。

5.2.2.2 剩余壁厚测量的部位应标注在管道轴测图上，对检测到的管体腐蚀，应记录腐蚀的形状、尺寸、深度及分布情况。

5.2.2.3 剩余壁厚测量抽查部位数量可视管道的使用状况及管道长度确定，抽查数量宜按表1执行。

表1 壁厚测量抽查部位数量

检测方法	超声测厚	超声C扫描检测	超声导波检测
抽查部位数量	1处/100m	1处/200m	视管道使用状况确定

5.2.2.4 抽查的重点部位主要有：

- (1) 目视检测发现的管道外壁腐蚀部位；
- (2) 管道弯头、三通、膨胀节、支管连接、异种金属连接、直径突变处及相邻直管、管道托座位置两侧焊缝附近；
- (3) 管道上有焊接连接件及管道施工人孔附近等。

5.2.2.5 超声测厚即使用超声波测厚仪对管道腐蚀减薄进行厚度测量，每处检测部位，选取5个圆周，圆周与圆周之间间隔100mm，每个圆周上视管道直径大小，测量6~10点，测点在管道圆周上均布，也可视管道具体情况选择上半圆周或下半圆周做为测量重点，一旦检测发现管道有异常情况，应在附近增加测点，并确定异常区域大小，并可适当提高整条管线壁厚测量抽查的数量，对弯头、三通、膨胀节、多接缝斜接弯管的厚度测量可视具体情况选择5个圆周的位置，或增加测量圆周的数量。

5.2.2.6 超声C扫描检测即使用超声C扫描检测系统对管道腐蚀减薄进行检测，检测结果可以C扫描方式显示。每处检测部位，管道轴线方向上的检测长度视管道使用情况确定，一般不小于1000mm，

管道圆周方向上视管道使用情况，做整个圆周检测或一定圆周长度的检测抽查，当检测发现管道有异常腐蚀情况，应在附近扩大检测范围，并可适当提高整条管线的壁厚测量抽查数量。

5.2.2.7 超声导波检测即使用超声导波检测系统，对管道腐蚀减薄进行长距离管体检测，检测部位、检测数量可根据管道使用状况确定，超声导波检测到的腐蚀部位，应采用超声测厚或超声 C 扫描检测方法，对腐蚀的形状、尺寸做进一步确认。

6. 管道腐蚀减薄的评价方法

6.1 评价要求

当所测得管道腐蚀减薄量即检测部位平均减薄量，超过管道设计壁厚 20%时，应当进行管道耐压强度校核，超过管道设计壁厚 30%时，应当进行剩余寿命预测，并视情况委托专业机构进行管道稳定性分析。

6.2 管道耐压强度校核

6.2.1 管道耐压强度校核可根据减薄部位按公式 (1) ~ (7) 计算。

直管段：

$$t_{\text{mm1}} = \frac{PD_0}{2[\sigma]^t \varphi + p} \quad \text{----- (1)}$$

弯管段：

$$t_{\text{mm1}} = \frac{PD_0}{2[\sigma]^t + P} \left[1 + \frac{D_0}{4R} \right] \quad \text{----- (2)}$$

异径管段：

$$t_{\text{mm1}} = \frac{PD_0}{2\cos\theta[\sigma]^t \varphi + P\cos\theta} \quad \text{----- (3)}$$

三通主管段：

$$t_{\text{mm1}} = \frac{PD_0}{2[\sigma]^t \varphi + P} \quad \text{----- (4)}$$

三通支管段：

$$t_{mm1} = t_{sz} \frac{d_0}{D_{01}} \quad \text{----- (5)}$$

多接缝斜接弯管段：

t_{mm1} 应取 (6) ~ (7) 式中 P 以最高工作压力代入所得的二式中的较大值

$$P = \frac{[\sigma]^t \varphi t_{mm1}}{r_0} \left[\frac{t_{mm1}}{t_{mm1} + 0.643 \tan \alpha (r_0 t_{mm1})^{0.5}} \right] \quad \text{----- (6)}$$

$$P = \frac{[\sigma]^t \varphi t_{mm1}}{r_0} \left[\frac{R_1 - r_0}{R_1 - 0.5 r_0} \right] \quad \text{----- (7)}$$

式中：

t_{mm1} —— 管道理论计算壁厚，单位为毫米 (mm)；

P —— 最高工作压力，单位为兆帕 (MPa)；

D_0 —— 管子外径，单位为毫米 (mm)；

d_0 —— 三通支管外径，单位为毫米 (mm)；

D_{01} —— 三通处主管外径，单位为毫米 (mm)；

R —— 弯管半径，单位为毫米 (mm)；

t_{min} —— 管子实测最小壁厚，单位为毫米 (mm)；

$[\sigma]^t$ —— 材料许用应力，单位为兆帕 (MPa)；

φ —— 焊缝系数；

θ —— 圆锥顶角的 1/2，单位为度 (°)；

t_{sz} —— 三通主管理论计算壁厚，单位为毫米 (mm)；

R_1 —— 斜接弯管的弯曲半径，单位为毫米 (mm)；

r_0 —— 管子的平均半径，单位为毫米 (mm)；

α —— 斜接弯管一条焊缝方向改变的角度的一半，单位为度 (°)。

6.2.2 耐压强度校核结论

当 $t_{mm1} \leq t_{min} - C1$, 耐压强度校核合格;

当 $t_{mm1} > t_{min} - C1$, 耐压强度校核不合格。

式中:

$C1$ —— 至下一检测周期管道预估腐蚀裕量, 单位为毫米 (mm);

t_{min} —— 管子实测最小壁厚, 单位为毫米 (mm)。

6.3 管道腐蚀剩余寿命预测

管道腐蚀剩余寿命预测可以按公式 (8) ~ (10) 计算:

$$RL = C \times SM \frac{t}{GR} \quad \text{----- (8)}$$

[基于 TSG D7004-2010, 第二十七条]

式中: RL — 腐蚀剩余寿命, 单位年 (y);

C — 校正系数, $C = 0.85$;

SM — 安全裕量, $SM = \frac{\text{计算失效压力}}{\text{屈服压力}} - \frac{MAOP}{\text{屈服压力}}$;

$MAOP$ — 管段许用压力, 单位兆帕 (MPa);

GR — 腐蚀速率, 单位毫米/年 (mm/y), 腐蚀速率的获得, 可以参考相近工况条件管道已有的经验值, 也可根据以往的检测数据来估算;

t — 名义壁厚, 是指材料标准规定的厚度, 对实际使用中的管道, 也可指检测部位的平均厚度, 单位毫米 (mm)。

对实际使用中的管道, 计算公式可以简化为:

$$RL = C \times (t_{mm} - t_{mm1}) / GR \quad \text{----- (9)}$$

式中:

t_{mm} — 检测部位平均壁厚, 单位毫米 (mm)。

考虑到煤气管道的腐蚀通常为局部腐蚀, 也可按每个检测部位实测最小值 t_{min} , 进行腐蚀穿孔的腐蚀寿命预测, 计算公式为:

$$RL = C \times t_{\min} / GR \quad \text{----- (10)}$$

7. 管道腐蚀检测周期

7.1 应结合腐蚀检测结果和评价结果，参考介质成分、管道材质、内部涂层或衬里状况以及维修情况等，给出管道下次腐蚀检测日期的建议。

7.2 如管道腐蚀减薄量不超过管道设计壁厚的 30%时，则检测周期不宜超过六年。

7.3 如管道腐蚀减薄量超过管道设计壁厚的 30%，则检测周期不宜超过预测的管道剩余寿命的二分之一，且不超过六年。

7.4 如管道在使用中发现泄漏、局部进行过修复的管道，内、外防腐层状态不佳等情况，则建议在上述检测周期基础上适当缩短。

8. 检测、评价报告与问题处理

8.1 检测人员应当根据检测情况，填写检测记录，及时出具相应的检测、评价报告，报告格式参见附录 B。

8.2 对严重影响管道安全运行的腐蚀、泄漏等情况，使用单位应及时组织维修、抢修。

附录 A

(资料性附录)

管道不停输状况下腐蚀缺陷检测方法

A.1 表 A.1 列出了各检测方法在管道不停输状况下通常能检测的腐蚀缺陷。

A.2 表 A.1 作为指导，未包括所有的检测方法，使用者在选择检测方法时，宜考虑所有的相关条件。

表 A.1 腐蚀缺陷与检测方法（管道不停输状态下）对照表

缺陷的位置和类型		检测方法			
		目视检测	超声测厚	超声 C 扫描	超声导波
管道内 表面	局部腐蚀	○	◎	●	◎
	均匀腐蚀	○	●	●	○
管道外 表面	局部腐蚀	●	●	○	◎
	均匀腐蚀	●	●	○	○

注：符号含义

●——优选方法。

◎——可选方法。

○——不可选方法。

(资料性附录)

工业煤气管道检测及评价报告的格式

报告编号:

工业煤气管道检测及评价报告

使用单位: _____

管道名称: _____

管道编号: _____

检测类别: _____ (检测、评价)

检测日期: _____

(检测及(或)评价机构名称)

工业煤气管道检测及评价结论报告

报告编号：

使用单位				
单位地址				
安全管理人员			联系电话	
管道名称			管道编号	
安装日期			投用日期	
管道起止点				
性能参数	管道规格			
	管道长度	km	防腐层材料	
	设计压力	MPa	设计温度	℃
	工作介质		管道材质	
	操作压力	MPa	操作温度	℃
主要依据	《工业煤气大口径管道不停输腐蚀减薄检测及评价方法》			
实施项目	☐ 腐蚀检测 ☐ 腐蚀评价			
问题与处理意见	{ 注明检查发现的缺陷位置、程度、性质及其处理意见（必要时附图或者附页） }			
检测结论	☐ 允许使用 ☐ 监控使用 ☐ 进行腐蚀评价			
检 测：		日期： 年 月 日		（检测及评价机构）专用章 年 月 日
审 批：		日期： 年 月 日		