ICS 75－010
E 10
备案号：27482—2010

标准下载站 http://www.anystandards.com

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6151—2009
代替 SY/T 6151—1995

钢质管道管体腐蚀损伤评价方法

Assessment of corroded steel pipelines

2009－12－01 发布　　2010－05－01 实施

国家能源局　发布

标准下载站 http://www.anystandards.com

目　　次

前言 …… Ⅱ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　评价人员要求 …… 1
4　评价前原始资料的准备 …… 1
5　腐蚀区域测量 …… 1
5.1　测量方法 …… 1
5.2　腐蚀坑深度测量 …… 1
5.3　纵向长度测量 …… 1
5.4　环向长度测量 …… 2
6　管体腐蚀损伤评定类别划分 …… 2
7　管体腐蚀损伤尺寸评定法 …… 2
7.1　按腐蚀坑相对深度评定 …… 2
7.2　按腐蚀纵向长度评定 …… 2
7.3　环向腐蚀尺度的影响 …… 3
8　最大安全工作压力评定法 …… 3
8.1　最大安全工作压力计算 …… 3
8.2　腐蚀损伤类别评定 …… 4
8.3　总体评价流程 …… 4
附录A（规范性附录）　最大安全工作压力的断裂力学计算方法 …… 5
附录B（规范性附录）　评价流程图 …… 7

标准下载站 http://www.anystandards.com

前　言

管道腐蚀损伤使管体形成了各种形状、尺寸的缺陷，严重的缺陷可导致承压管道泄漏或断裂事故的发生，破坏管道的安全平稳运行。因此，对受到损伤的管道提出科学的评价方法，便成为管道工业的一种迫切需要。

本标准代替 SY/T 6151—1995《钢质管道管体腐蚀损伤评价方法》

本标准与 SY/T 6151—1995 相比，主要变化如下：

——修改了腐蚀损伤评定类别的内容（本版的第 6 章）；

——采用 Rstreng 的屈服强度计算公式替代了 SY/T 6151—1995 中引用的 ASME B31G—1991 中的屈服强度计算公式（本版的 8.1）；

——修改了腐蚀损伤类别的评定界限值（本版的 8.2）。

本标准的附录 A 和附录 B 是规范性附录。

本标准由油气储运专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油天然气股份有限公司管道分公司（包括原东北输油管理局）、中国科学院金属研究所。

本标准主要起草人：陈健峰、韩恩厚、张华兵、冯庆善、余景春、李绍忠、张波、柯伟、王学力、宋汉成、王富祥。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——SY/T 6151—1995。

标准下载站 http://www.anystandards.com

钢质管道管体腐蚀损伤评价方法

1 范围

本标准规定了在役含腐蚀损伤管道的评价方法。

本标准适用于钝性的、低应力集中的腐蚀损伤的碳钢和低合金钢管道的评价。管道钝性机械损伤的评价可参照本标准执行。

本标准不适用于安装之前或安装过程中钢管的腐蚀评价，或焊缝及热影响区存在较严重缺陷钢管的评价。

本标准只适用于管道承受内压的情况；当管道存在较大附加应力时，则应另行考虑。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准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标准。

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法

SY/T 6597 钢质管道内检测技术规范

3 评价人员要求

评价人员应具备下列基本知识和能力：

a）管道工作原理与安全运行注意事项。

b）材料腐蚀及力学性能基本知识。

c）现场腐蚀状态的辨识与测量。

4 评价前原始资料的准备

原始资料应包括下列各项：

a）管径、壁厚、材质、力学性能及生产厂家。

b）输送介质、工作压力、温度及最近一次试压情况。

c）腐蚀环境及防腐保护情况。

d）管道运行历史，如管道使用年限、泄漏历史、较大的维护维修工程等。

5 腐蚀区域测量

5.1 测量方法

5.1.1 对腐蚀缺陷，可采用智能内检测，具体可参照 SY/T 6597 执行。

5.1.2 对腐蚀缺陷，也可采用卡尺、直板尺、卷尺、超声测厚仪及其他测量仪器（如点蚀测量规）等外检测方法。

5.2 腐蚀坑深度测量

准确测量腐蚀坑深度，对连成片的腐蚀坑，测量最深部位的深度。

5.3 纵向长度测量

标准下载站 http://www.anystandards.com

5.3.1 测量每个腐蚀坑的纵向（在管道轴线方向）最大投影长度。

5.3.2 测量按 7.2.3 给出的细则判定的属同一腐蚀坑的总长度。

5.4 环向长度测量

5.4.1 测量每个腐蚀坑在圆周方向的最大投影长度（弧线长）。

5.4.2 测量按 7.3.1 给出的细则判定的属同一腐蚀坑的总投影长度（弧线长）。

6 管体腐蚀损伤评定类别划分

管体腐蚀损伤评定类别依据其继续使用的能力划分，见表 1。

表 1 管体腐蚀损伤评定类别划分

类别	修复计划	评定与结论
1	立即修复	腐蚀程度很严重，应立即修复
2	限期修复	腐蚀程度较严重，应制定修复计划或降至安全工作压力运行
3	监测使用	腐蚀程度不严重，能维持正常运行，但监测使用，如果管体存在较大附加应力，应另行考虑
注：安全工作压力按 8.1 确定。		

7 管体腐蚀损伤尺寸评定法

7.1 按腐蚀坑相对深度评定

7.1.1 腐蚀坑相对深度按式（1）计算：

$$A=\frac{d}{t}\times 100\% \qquad \cdots\cdots (1)$$

式中：

A——腐蚀坑相对深度；

d——实测的腐蚀区域最大腐蚀坑深度，单位为毫米（mm）；

t——管道公称壁厚，单位为毫米（mm）。

7.1.2 如果 $A\leqslant 10\%$，属第 3 类腐蚀。

7.1.3 如果 $A>80\%$，属第 1 类腐蚀。

7.1.4 如果 $10\%<A\leqslant 80\%$，按 7.2，7.3 评定。

7.2 按腐蚀纵向长度评定

7.2.1 最大允许纵向长度按式（2）计算：

$$L=1.12B\sqrt{D\cdot t} \qquad \cdots\cdots (2)$$

式中：

L——最大允许纵向长度，单位为毫米（mm）；

D——管道公称外径，单位为毫米（mm）；

t——管道公称壁厚，单位为毫米（mm）；

B——系数。

当 $10\%<A\leqslant 17.5\%$ 时，$B=4.0$；

当 $A>17.5\%$ 时，$B=\{[A/(1.1A-0.15)]^2-1\}^{1/2}$。

7.2.2 当计算的 L 值大于实测的腐蚀区域最大纵向投影长度 L_m（如图 1 所示）时，属第 3 类腐蚀；

标准下载站 http://www.anystandards.com

当 L 小于或等于 L_m 时，应按 8.1 计算和 8.2 评定。

7.2.3 当相邻腐蚀坑之间未腐蚀区域小于 25mm 时，应视为同一腐蚀坑，即腐蚀坑长度为相邻腐蚀坑长度与未腐蚀区域长度之和。

7.3 环向腐蚀尺度的影响

7.3.1 环向腐蚀长度以实测的腐蚀坑在垂直于管道轴线的圆周方向上的投影弧线长 C 计算。当相邻腐蚀坑之间未腐蚀区域的最小尺寸小于 $6t$（6 倍壁厚）时，应视为同一腐蚀坑计算其投影长。

7.3.2 C 的影响按下列条件评定：

a）条件 1：

—— $10\%<A\leqslant 20\%$。

—— $20\%<A\leqslant 50\%$，且 $C\leqslant \pi \cdot D/3$。

—— $50\%<A\leqslant 60\%$，且 $C\leqslant \pi \cdot D/6$。

—— $60\%<A<80\%$，且 $C\leqslant \pi \cdot D/12$。

当满足上述条件时，不必考虑 C 的影响，按 7.2 评定。

b）条件 2：

—— $20\%<A\leqslant 50\%$，且 $C>\pi \cdot D/3$。

—— $50\%<A\leqslant 60\%$，且 $C>\pi \cdot D/6$。

—— $60\%<A<80\%$，且 $C>\pi \cdot D/12$。

当满足上述条件时，应计算 L 值。当 L 大于 L_m 时，属第 4 类腐蚀；当 L 小于 L_m 时，应考虑 C 的影响，并按第 8 章计算和评定。

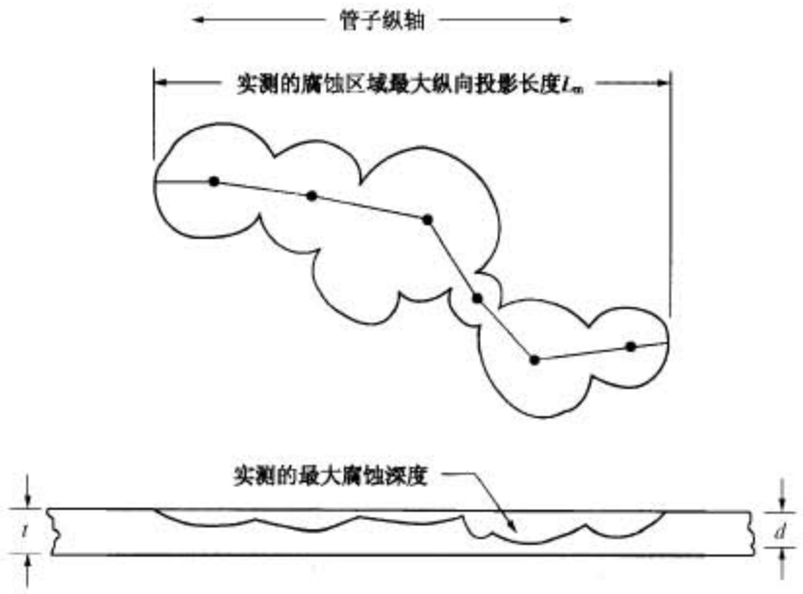


图 1 腐蚀管道实测的参数示意图

8 最大安全工作压力评定法

8.1 最大安全工作压力计算

8.1.1 按腐蚀区域最大安全工作压力 p' 评定时，应分别用屈服强度理论和断裂力学理论计算得到 p_{sw}，取其中较小者为 p'。

8.1.2 采用最大剪应力屈服强度理论计算腐蚀区域最大安全工作压力 p_{sw} 时，按式（3）计算：

标准下载站 http://www.anystandards.com

$$p_{sw}=(\sigma_s+68.95)\frac{2F\cdot t}{D}\left[\frac{1-0.85\frac{d}{t}}{1-0.85\frac{d}{t}\cdot\left(\frac{1}{M}\right)}\right] \quad \cdots\cdots (3)$$

当 $L_m\leqslant\sqrt{50D\cdot t}$ 时：

$$M=\left\{\left[1+0.6275\left(\frac{L_m}{\sqrt{D\cdot t}}\right)^2-0.003375\left(\frac{L_m}{\sqrt{D\cdot t}}\right)^4\right]^{\frac{1}{2}}\right\} \quad \cdots\cdots (4)$$

当 $L_m>\sqrt{50D\cdot t}$ 时：

$$M=0.032\left(\frac{L_m}{\sqrt{D\cdot t}}\right)^2+3.3 \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

p_{sw}——管道最大安全工作压力，单位为兆帕（MPa）；

F——管道的设计系数；

M——管道的鼓胀系数；

σ_s——最小规定屈服强度，单位为兆帕（MPa）；

D——管道公称外径，单位为毫米（mm）；

t——管道公称壁厚，单位为毫米（mm）。

L_m——腐蚀区域纵向投影长度，大于 D 时，取 D，单位为毫米（mm）。

8.1.3 采用断裂力学方法计算腐蚀区域最大安全工作压力 p_{sw} 时，见附录 A。

8.2 腐蚀损伤类别评定

8.2.1 当 $p'/MAOP>1$ 时，属第 3 类腐蚀（*MAOP* 指最大允许工作压力，F 为管道的设计系数，下同）。

8.2.2 当 $F<p'/MAOP\leqslant 1$ 时，属第 2 类腐蚀。

8.2.3 当 $p'/MAOP\leqslant F$，属第 1 类腐蚀。

8.3 总体评价流程

总体评价流程见附录 B。

标准下载站 http://www.anystandards.com

附 录 A
（规范性附录）
最大安全工作压力的断裂力学计算方法

A.1 采用断裂力学理论时，按式（A.1）、式（A.2）计算：

$$p_{1c}=\frac{4t\cdot\sigma_s}{1.39\pi\cdot D\cdot M'}\cos^{-1}\left[\exp\left(-\frac{\pi\cdot E\cdot\delta_c}{8\sigma_s\cdot a}\right)\right] \quad \cdots\cdots (A.1)$$

$$p_{2c}=\frac{8t\cdot\sigma_s}{\pi\cdot D\cdot M'}\cos^{-1}\left[\exp\left(-\frac{\pi\cdot E\cdot\delta_c}{8\sigma_s\cdot a}\right)\right] \quad \cdots\cdots (A.2)$$

式中：

p_{1c}——当腐蚀坑为纵向时采用断裂力学理论计算得出的管线所能承受的最大压力值，单位为兆帕（MPa）；

p_{2c}——当腐蚀坑为环向时采用断裂力学理论计算得出的管线所能承受的最大压力值，单位为兆帕（MPa）；

σ_s——最小规定屈服强度，单位为兆帕（MPa）；

E——材料的弹性模量，单位为兆帕（MPa）；

δ_c——材料的 COD 值，单位为毫米（mm）；

M'——基于断裂力学的管道鼓胀系数；

a——腐蚀区域的当量半裂纹长度，单位为毫米（mm）。

a）纵向裂纹：

当 $L_m>D$ 时：

$$M'=\sqrt{1+3.22\left(\frac{a^2}{D\cdot t}\right)} \quad \cdots\cdots (A.3)$$

当 $L_m\leqslant D$ 时：

$$M'=\sqrt{1+2.51\left(\frac{a^2}{D\cdot t}\right)-0.054\left(\frac{a^2}{D\cdot t}\right)^2} \quad \cdots\cdots (A.4)$$

b）环向裂纹：

$$M'=\sqrt{1+0.64\left(\frac{a^2}{D\cdot t}\right)} \quad \cdots\cdots (A.5)$$

$$a=S/2t \quad \cdots\cdots (A.6)$$

式中：

S——腐蚀坑截面积，采用多项面积叠加法计算。

计算 S 值时：

a）纵向裂纹：

当 $L_m\leqslant 1.2\sqrt{D\cdot t}$ 时：

$$S=\frac{2}{3}d\cdot L_m \quad \cdots\cdots (A.7)$$

当 $1.2\sqrt{D\cdot t}<L_m\leqslant\sqrt{50D\cdot t}$ 时：

$$S=0.8d\sqrt{D\cdot t}+0.25d\left(L_m-1.2\sqrt{D\cdot t}\right) \quad \cdots\cdots (A.8)$$

标准下载站 http://www.anystandards.com

当 $L_m > \sqrt{50D \cdot t}$ 时：

$$S = 0.8d\sqrt{D \cdot t} + 0.25d(\sqrt{50D \cdot t} - 1.2\sqrt{D \cdot t}) + 0.125d(L_m - \sqrt{50D \cdot t}) \quad \cdots\cdots (A.9)$$

b）环向裂纹：

式（A.7）、式（A.8）、式（A.9）中的 L_m 应为 C。

A.2 式（A.1）、式（A.2）中所涉及的材料力学性能应以使用后发生强度退化的材料测定，其检测方法如下：

a）E 值按 GB/T 228 测定。

b）COD 值按 GB/T 21143 测定。

c）对难以测定的 COD 值，可采用 J 积分换算，J 积分按 GB/T 21143 测定。

d）对于难以确定力学性能的材料，可取原始母材相应值的 80%计算。

A.3 腐蚀管道所能承受的最大安全工作压力 p_{sw} 按式（A.10）计算：

$$p_{sw} = 1.1MAOP(1 - d/t) \quad \cdots\cdots (A.10)$$

A.4 当 p_{1c} 小于 p_{sw} 时，取 $p_{1c} = p_{sw}$；当需要考虑 C 的影响时，如果 p_{2c} 小于 p_{sw} 时，取 $p_{2c} = p_{sw}$。

标准下载站 http://www.anystandards.com

附 录 B
（规范性附录）
评价流程图

评价流程图见图 B.1。

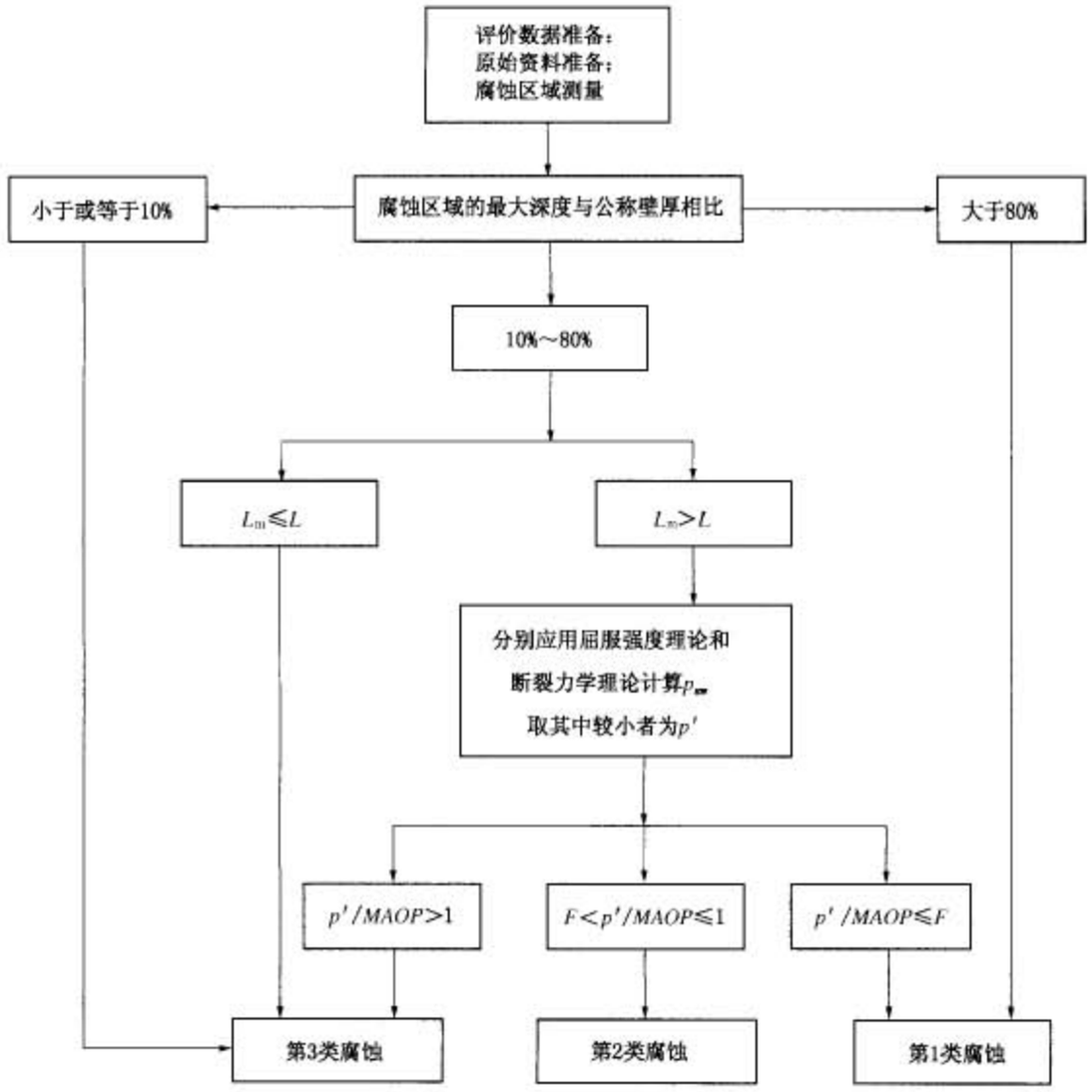


图 B.1 评价流程图