



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6597—2004

---

## 钢质管道内检测技术规范

Technical standard of intelligent pigging on steel pipeline

2004—07—03 发布

2004—11—01 实施

---

国家发展和改革委员会 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 被检测管道应具备的条件 .....	2
5 检测施工准备 .....	3
6 检测前清管 .....	3
7 投运模拟器 .....	4
8 投运检测器 .....	4
9 检测数据预处理 .....	4
10 检测报告 .....	5
11 检测结果验证 .....	8
12 竣工资料 .....	9
附录 A (资料性附录) 管线调查表格式 .....	10
附录 B (资料性附录) 金属损失类型定义 .....	13

SY/T 6597—2004

## 前 言

本标准的附录 A、附录 B 是资料性附录。

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、中国石油天然气管道局管道技术公司、北京华油天然气有限责任公司、西南油气田分公司输气处。

本标准主要起草人：肖兴江、刘志刚、董绍华、周方勤、王瑞利、常连庚、金虹、常景龙。

## 钢质管道内检测技术规范

### 1 范围

本标准规定了实施管道几何变形检测和金属损失检测的技术要求。对施工准备、施工程序控制、检测报告内容和验收方法作出了规定。

本标准适用于陆上输送介质为气体和液体的钢质管道内检测。

海底输送介质为气体和液体的钢质管道内检测可参照本标准执行。

### 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。

SY/T 5922 天然气管道运行规范

SY/T 6148—1995 输油管线清管作业规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**管道内检测 intelligent pigging or smart pigging**

利用在管道内运行的可实时采集并记录管道信息的检测器所完成的检测，也叫作智能检测。

#### 3.2

**变形检测 geometry pigging**

以检测管道的几何变形情况为目的所实施的管道内检测。

#### 3.3

**腐蚀检测 corrosion pigging**

以检测管壁腐蚀、机械损伤等金属损失为目的所实施的管道内检测。

#### 3.4

**测径板 gauge plate**

安装在清管器上，直径小于正常管道最小内径的圆形软质金属盘（通常使用铝盘）。用于发现管径一定量的变化。

#### 3.5

**模拟器 dummy tool**

外部特征与检测器相似，通过能力与检测器相同的清管器。

#### 3.6

**设标 marking**

为实现对检测到的管道特征精确定位而设置地面测量参考点的工作。

#### 3.7

**地面标记器 above ground marker**

能够检测并记录检测器的通过，或者其发出的信号能够被检测器检测到的设备。

SY/T 6597—2004

3.8

**管道特征 pipeline feature**

检测器检测到的管壁金属损失、凹陷、椭圆度变形、管道附属设施等。

3.9

**可检测概率 (POD) probability of detection**

指检测器检测到管道特征的概率。

3.10

**可信度 (Conf) confidence**

检测报告数据与管道实际情况的符合程度。

3.11

**内部金属损失 internal metal - loss features**

发生在管壁内表面的金属损失和管体内部的金属损失。

3.12

**外部金属损失 external metal - loss features**

发生在管壁外表面的金属损失。

3.13

**预评估维修比 (ERF) estimated repair factor**

最大允许运行压力与通过金属损失评估法计算出的安全运行压力的比值。

$$ERF = MAOP / p_{safe}$$

式中:

MAOP——最大允许运行压力;

$p_{safe}$ ——通过金属损失评估法计算出的安全运行压力。

4 被检测管道应具备的条件

4.1 收发球筒

收发球筒如图 1 所示,收发球筒的设计尺寸在满足相应规范的基础上还应满足的条件见表 1。

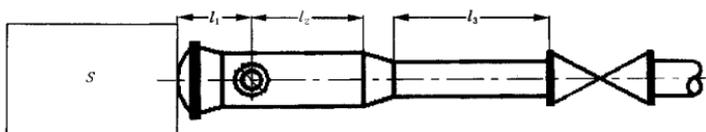


图 1 收发球筒示意图

表 1 收发球筒应具备的条件

项 目	S m <sup>2</sup>	l <sub>1</sub> m	l <sub>2</sub> m	l <sub>3</sub> m
发球筒应满足的条件	≥ 1.5l × l	0.5~1	≥ l	≥ l
收球筒应满足的条件	≥ 1.5l × l	0.5~1	≥ l	≥ l

注 1: S 指检测器操作场地的面积,以长 × 宽表示。

注 2: l<sub>1</sub> 指注(回)介质口距直板的距离。

注 3: l<sub>2</sub> 指注(回)介质口距大小头的距离。

注 4: l<sub>3</sub> 指大小头距阀门的距离。

注 5: l 指检测器的长度。

## 4.2 三通

4.2.1 开孔直径大于30%管道正常外径的三通应设置挡条或挡板。

4.2.2 套管三通开孔区域轴向长度应不大于管道外径。

4.2.3 两相邻三通（开孔直径大于30%管道正常外径的三通）中心间距离应大于管道外径的2.5倍。

## 4.3 弯头

4.3.1 管道弯头的曲率半径应满足相应规格检测器的通过性能指标。

4.3.2 两相邻弯头间的直管段长度应大于管道外径。

4.3.3 弯头上存在的变形不应超过相应规格检测器的通过性能指标。

## 4.4 阀门

管道沿线阀门开启灵活，检测期间应处于全开状态。

## 4.5 管道斜接

管道如果有斜接，其斜接角度不应超过相应规格检测器的通过性能指标。

## 4.6 直管道变形

管道检测时，直管道变形量不应超过相应规格检测器的通过性能指标。

## 4.7 里程桩、标志桩、测试桩

管道沿线的里程桩、标志桩、测试桩宜齐备。

## 4.8 管道运行压力

检测器运行期间，输气管道应建立大于0.2MPa的背压。

## 4.9 输送排量

检测器运行期间，管道的输送量应保持平稳且满足检测器运行速度不超过4m/s的要求。

## 5 检测施工准备

### 5.1 管道调查

5.1.1 管道业主应详细填写管道调查表（格式参见附录A）。

5.1.2 管道业主应提供与检测相关的管道建设、维修资料及以前的检测结果。

5.1.3 施工方宜在管道业主的配合下对管道调查表中的内容进行现场勘察和核实。

### 5.2 管道及附属设施改造

对不满足检测器运行条件的管道及管道附属设施进行改造或更换。

### 5.3 制定施工组织设计

根据实际情况制定施工组织设计，施工组织设计应符合HSE要求。

### 5.4 资质

施工方应具备相应的检测资质并对最终的检测结果负责。

### 5.5 设备准备

在设备调遣前，对将使用的检测设备进行基地调试，确保运转正常。

### 5.6 踏线选点

若使用地面标记器作为设标工具，检测前施工方应在管道业主的配合下对管道沿线进行现场勘察，了解路况并选择设标点位置。设标间距宜不大于2km。

## 6 检测前清管

### 6.1 常规清管

首先使用通过能力不低于业主日常维护所使用的清管器进行至少一次常规清管。

## SY/T 6597—2004

**6.2 测径清管**

6.2.1 使用带测径板的常规清管器进行至少一次清管。测径板的直径宜为正常管道最小内径的95%。

6.2.2 若测径板发生损伤,应及时分析损伤原因。若通过分析确定损伤是由管道变形造成的,应确定变形位置(若无法定位变形点的准确位置,应实施管道几何变形检测)。

**6.3 特殊清管**

6.3.1 测径清管后,施工方应根据测径清管的结果和输送介质的特点选择合适的特殊机械清管器进行清管。

6.3.2 清管器应装有跟踪仪器。

6.3.3 检测前宜采用磁力清管器清除管内的铁磁性杂质。

**6.4 管道清管作业规程**

6.4.1 输油管道清管器作业规程按 SY/T 6148—1995 执行。

6.4.2 输气管道清管器作业规程按 SY/T 5922 执行。

**6.5 清管次数**

清管次数视清管效果决定,清管效果应满足检测器的运行要求。

**6.6 跟踪**

6.6.1 清管器投运期间,应设点对清管器进行设点跟踪。

6.6.2 跟踪组之间、跟踪组与管道运行管理部门之间应保持通讯畅通。

**7 投运模拟器**

检测前宜投运模拟器。模拟器作业规程与清管器作业规程相同。

**8 投运检测器****8.1 检测器发送**

8.1.1 检测器应装配跟踪仪器。

8.1.2 发送前检测器应调试运转正常。

8.1.3 检测器的发送流程同 6.4。

**8.2 跟踪设标**

8.2.1 检测器投运期间,应对检测器进行跟踪和设标。

8.2.2 跟踪组之间、跟踪组与管道运行管理部门之间应保持通讯畅通。

**8.3 检测器接收**

8.3.1 检测器的接收流程同 6.4。

8.3.2 检测器从收球筒中取出后,应对检测器进行外观检查和清洁处理。

8.3.3 转储并备份检测数据。

8.3.4 检查数据的完整性。应包括:

- a) 各通道信号应清晰、完整;
- b) 地面标记数据应健全;
- c) 若数据不完整应及时分析原因,重新检测。

**9 检测数据预处理****9.1 变形检测数据预处理**

施工方应在变形检测器运行完成后 15 个工作日内,完成检测数据预处理,报告出变形量超过管道外径 5% 的几何变形点的相关信息。

## 9.2 腐蚀检测数据预处理

施工方应在腐蚀检测器运行完成后 15 个工作日内,完成检测数据预处理,报告出壁厚损失大于管道正常壁厚的 50% 以上的金属损失点的相关信息。

## 10 检测报告

### 10.1 变形检测报告内容

#### 10.1.1 检测工程概述

检测工程概述内容至少应包括:

- a) 管道变形状况;
- b) 检测器技术指标;
- c) 检测日程表;
- d) 管道运行参数;
- e) 清管情况。

#### 10.1.2 变形检测器技术指标

变形检测器技术指标应包括检测器性能指标和精度指标。

##### 10.1.2.1 变形检测器性能指标应包括:

- a) 检测器长度;
- b) 检测器重量;
- c) 连续检测长度;
- d) 最大运行速度;
- e) 最大承压能力;
- f) 工作温度范围;
- g) 可通过最小弯头曲率半径;
- h) 弯头最小间距;
- i) 可通过最大斜接角度;
- j) 可允许最大管道变形量;
- k) 最小通过孔径;
- l) 适用的输送介质。

##### 10.1.2.2 变形检测器精度指标的内容见表 2。

表 2 变形检测器精度指标

缺陷类型	检测精度 %D	可检测最小变形 %D	检测概率	可信度
凹陷				
椭圆度				
里程定位精度, mm				

注: D 是管道外径。

#### 10.1.3 特征统计

以数据和直方图的形式表示管道上几何变形的分类统计结果。

##### 10.1.3.1 统计数据应包括:

- a) 全部几何变形点的数量;

## SY/T 6597—2004

- b) 全部凹陷点的数量;
- c) 全部椭圆度变形点的数量;
- d)  $0\%D \leq \text{变形量} < 5\%D$  的几何变形点的数量;
- e)  $5\%D \leq \text{变形量} < 10\%D$  的几何变形点的数量;
- f) 变形量  $\geq 10\%D$  的几何变形点的数量。

## 10.1.3.2 应提供管道全程的统计直方图:

- a) 所有几何变形点的数量;
- b) 变形量  $\geq 10\%D$  的几何变形点的数量。

## 10.1.4 管道特征列表

变形检测特征列表应包括: 凹陷、椭圆度变形、壁厚变化(可选项)、造成管道内径变化的管道附件等。

对变形点的描述应至少包括以下几个方面:

- a) 管道特征名称;
- b) 管道特征的检测里程;
- c) 管道特征距最近参考点的距离;
- d) 管道几何变形的变形量(以绝对变形量或与管道外径的百分比表示)。

## 10.1.5 地面标记点列表

地面标记点与管道上相对永久标记的对应关系。

## 10.2 腐蚀检测报告内容

## 10.2.1 检测工程概述

检测工程概述应包括:

- a) 管道腐蚀状况;
- b) 检测器技术指标;
- c) 检测日程表;
- d) 管道运行参数;
- e) 清管情况等内容。

## 10.2.2 腐蚀检测器技术指标

腐蚀检测器技术指标应包括检测器性能指标和精度指标。

## 10.2.2.1 腐蚀检测器性能指标应包括:

- a) 检测器长度;
- b) 检测器重量;
- c) 连续检测长度;
- d) 最佳运行速度;
- e) 最大承压能力;
- f) 工作温度范围;
- g) 可通过最小弯头曲率半径;
- h) 最小弯头间距;
- i) 可通过最大斜接角度;
- j) 可通过最大管道变形量;
- k) 最小通过孔径;
- l) 能否区分内、外部金属损失;
- m) 适用的输送介质。

## 10.2.2.2 腐蚀检测器精度指标的内容见表 3。

表3 腐蚀检测器精度指标

金属损失类型	可检测最小深度	深度精度	长度精度	检测概率	可信度
	%t	%t	(°)	%	%
坑状腐蚀					
一般腐蚀					
轴向凹沟					
环向凹沟					
可检测最小面积 mm×mm					
周向精度 (°)					
里程定位精度 mm					

注1: t表示管道壁厚。  
注2: 金属损失类型定义见附录B。

10.2.3 摘要和统计

以数据、直方图和标绘图的形式表示管道上金属损失的分类统计结果。

10.2.3.1 统计数据应包括:

- a) 全部金属损失点的数量;
- b) 内部金属损失点的数量;
- c) 外部金属损失点的数量;
- d) 一般金属损失点的数量(一般金属损失定义参见附录B);
- e) 坑状金属损失点的数量(坑状金属损失定义参见附录B);
- f) 轴向和环向凹沟的数量(周向和环向凹沟的定义参见附录B);
- g)  $0\%t \leq \text{深度} < 10\%t$  的金属损失点的数量;
- h)  $10\%t \leq \text{深度} < 20\%t$  的金属损失点的数量;
- i)  $20\%t \leq \text{深度} < 30\%t$  的金属损失点的数量;
- j)  $30\%t \leq \text{深度} < 40\%t$  的金属损失点的数量;
- k)  $40\%t \leq \text{深度} < 50\%t$  的金属损失点的数量;
- l)  $50\%t \leq \text{深度} < 60\%t$  的金属损失点的数量;
- m)  $60\%t \leq \text{深度} < 70\%t$  的金属损失点的数量;
- n)  $70\%t \leq \text{深度} < 80\%t$  的金属损失点的数量;
- o)  $80\%t \leq \text{深度} < 90\%t$  的金属损失点的数量;
- p)  $\text{深度} \geq 90\%t$  的金属损失点的数量;
- q)  $0.6 \leq \text{ERF} < 0.8$  的金属损失点的数量;
- r)  $0.8 \leq \text{ERF} < 0.9$  的金属损失点的数量;
- s)  $0.9 \leq \text{ERF} < 1.0$  的金属损失点的数量;
- t)  $\text{ERF} \geq 1.0$  的金属损失点的数量。

10.2.3.2 统计直方图应提供管道全程的以下数据:

- a) 所有金属损失点的数量;
- b)  $\text{深度} \geq 40\%t$  的金属损失点的数量;
- c)  $\text{深度} \geq 60\%t$  的金属损失点的数量;

## SY/T 6597—2004

- d)  $ERF \geq 0.6$  的金属损失点的数量;
- e)  $ERF \geq 0.8$  的金属损失点的数量;
- f)  $ERF \geq 1.0$  的金属损失点的数量。

**10.2.3.3 标绘图应包括:**

- a) 管道全程所有金属损失周向标绘图;
- b) 管道全程所有内部金属损失周向标绘图;
- c) 管道全程所有外部金属损失周向标绘图;
- d) 管道全程检测器运行速度标绘图。

**10.2.4 严重金属损失全面描述表 (开挖表)**

严重金属损失全面评价表应至少包括最少 5 个最深的金属损失点和 5 个 ERF 值最高的金属损失点的相关信息。具体内容应包括:

- a) 金属损失所在管节的长度和直焊缝的周向位置;
- b) 金属损失所在管节上下游各两节管节的长度和直焊缝的周向位置;
- c) 上游参考环焊缝距上游参考点的距离;
- d) 下游参考环焊缝距下游参考点的距离;
- e) 金属损失距上游环焊缝的距离;
- f) 金属损失距下游环焊缝的距离;
- g) 金属损失的环向位置;
- h) 特征描述和尺寸;
- i) 内、外部指示。

**10.2.5 管道特征列表**

特征列表内容应包括:金属损失、焊缝、弯头、三通、小开孔、法兰、阀门、套管、补丁、定位磁铁、贴近的金属等。

对金属损失的描述应包括以下几个方面:

- a) 特征名称;
- b) 特征的里程位置;
- c) 特征距最近参考点的距离;
- d) 特征距上、下游环焊缝的距离;
- e) 特征的周向位置;
- f) 特征的尺寸;
- g) ERF;
- h) 内、外部指示。

**10.2.6 地面标记点列表**

地面标记点与管道上相对永久标记的对应关系。

**11 检测结果验证****11.1 验证过程**

最终检测报告提供后,应选择适当缺陷进行验证、测绘,并形成检测结果验证报告(验证点的数量宜不多于 10 个)。报告中应以表格的形式详细描述开挖验证点的检测结果和实测结果。

将验证点的现场测量结果与检测结果进行比对,确认实际检测精度是否满足检测器的精度指标。若事先没有具体约定,检测概率和可信度均不应低于 80%。

若检测结果验证合格,管道业主方现场代表应签署检测结果验证报告;若不合格,应及时分析原因,采取有效措施,直至满足要求。

## 11.2 验证报告

验证报告应包括：

- a) 验证点的全面描述。
- b) 验证点现场实测结果。
- c) 检测结果与实测结果之间的误差及分项可信度，应包括：
  - 定位误差及可信度；
  - 深度误差及可信度；
  - 长度误差及可信度；
  - 环向误差（腐蚀检测）及可信度。

## 12 竣工资料

竣工资料应至少包括以下内容：

- a) 管道调查表；
- b) 施工组织设计；
- c) 检测报告；
- d) 检测结果验证报告。

SY/T 6597—2004

附 录 A  
(资料性附录)  
管线调查表格式

用户公司名称: \_\_\_\_\_

地址: \_\_\_\_\_ 邮编: \_\_\_\_\_

联系人: \_\_\_\_\_ 电话: \_\_\_\_\_ 传真: \_\_\_\_\_

## 一、管线概况

管线名称: \_\_\_\_\_; 管线投产时间: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日;

管线公称直径: \_\_\_\_\_ mm; 输送介质: \_\_\_\_\_; 防腐类型: \_\_\_\_\_。

三桩是否齐全: \_\_\_\_\_。

是否有并行管线: \_\_\_\_\_, 并行管线位置: \_\_\_\_\_。

是否有交叉管线: \_\_\_\_\_, 管线交叉位置: \_\_\_\_\_。

## 二、工艺参数

最大允许操作压力: \_\_\_\_\_ MPa; 工作压力范围: \_\_\_\_\_ MPa;

排量范围: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h;

运行温度: 当前: \_\_\_\_\_ °C; 最高: \_\_\_\_\_ °C; 最低: \_\_\_\_\_ °C;

含蜡量: \_\_\_\_\_ %; 含硫化氢量: \_\_\_\_\_ %; 含盐水量: \_\_\_\_\_ %; 凝点: \_\_\_\_\_ °C。

表 A.1 沿线各站情况

序 号	名 称	距下站距离 km	功 能	有无收/发球装置
1				
2				
3				

表 A.2 管线壁厚及材料

序 号	起 点 km	终 点 km	壁 厚 mm	管道外径 mm	材 质
1					
2					
3					

## 三、清管/检测历史

清管器类型: \_\_\_\_\_; 清管周期: \_\_\_\_\_; 近期清出污物质量: \_\_\_\_\_ kg;

清出污物成分: \_\_\_\_\_。

曾进行过何种智能检测: \_\_\_\_\_; 检测时间: \_\_\_\_\_; 检测设备: \_\_\_\_\_;

已知管道最大变形: \_\_\_\_\_ %; 变形点位置: \_\_\_\_\_。

主要腐蚀类型(内腐蚀/外腐蚀): \_\_\_\_\_;

腐蚀主要分布区域: \_\_\_\_\_。

是否发生过穿孔泄漏: \_\_\_\_\_;

修理类型(套管、管卡、熔焊、销钉、换管): \_\_\_\_\_。

## 四、收发球筒情况

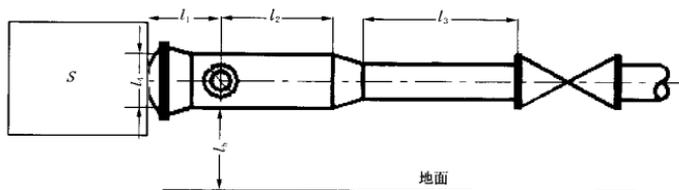


图 A.1 收发球筒示意图

表 A.3 收发球筒信息

序 号	站 名	球筒类别	S mm	$l_1$ mm	$l_2$ mm	$l_3$ mm	$l_4$ mm	$l_5$ mm
1		发球筒						
2		收球筒						
		发球筒						
3		收球筒						

表 A.4 穿跨越信息

序 号	种类 (穿/跨)	位置	穿跨越长度 m	支撑方式	悬空高度 m
1					
2					
3					

## 五、相关管道附件情况

表 A.5 相关管道附件信息

弯头信息				
序号	位置	曲率半径	弯头角度 (°)	壁厚 mm
1				
2				
3				
相邻弯头间最小直管段长度 (mm):				
斜接信息				
序号	位置	斜接角度 (°)		
1				
2				
3				

SY/T 6597—2004

表 A.5 (续)

开孔直径大于管道外径 30% 的三通信息				
序号	位置	开孔直径	是否有挡条或挡板	
1				
2				
3				
花板三通信息				
序号	位置	开孔区域轴向长度 m		
1				
2				
3				
阀门信息				
序号	位置	阀门类型	最小孔径 mm	工作状况
1				
2				
3				

## 六、可提供的资料

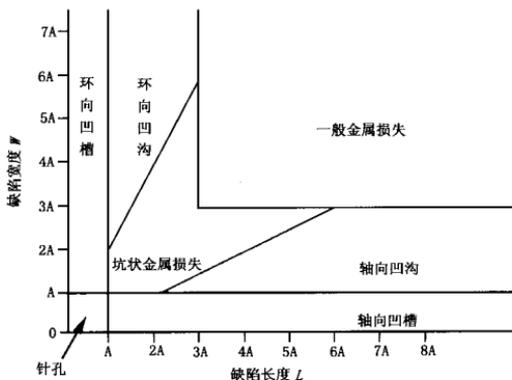
- 以往检测结果 ( )
- 管线维修记录 ( )
- 管线腐蚀调查记录 ( )
- 管线设计图纸 ( )
- 管线竣工图 ( )
- 站区工艺流程图 ( )
- 阴极保护情况 ( )

填写人：\_\_\_\_\_ 审核人：\_\_\_\_\_ 单位盖章：\_\_\_\_\_

填写时间：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

附录 B  
(资料性附录)  
金属损失类型定义

金属损失类型定义如图 B.1 所示。



金属损失类型	定义	参考点 (L×W)
一般金属损失	{ [W≥3A] 和 [L≥3A] }	4A×4A
坑状金属损失	{ ( [1A≤W<6A] 和 [1A≤L<6A] 和 [0.5<L/W<2] ) 并且不能是 ( [W≥3A] 和 [L≥3A] ) }	2A×2A
轴向凹沟	{ [1A≤W<3A] 和 [L/W≥2] }	4A×2A
环向凹沟	{ [L/W≤0.5] 和 [1A≤L<3A] }	2A×4A
针孔	{ [0<W<1A] 和 [0<L<1A] }	1/2A×1/2A
轴向凹槽	{ [0<W<1A] 和 [L≥1A] }	2A×1/2A
环向凹槽	{ [W≥1A] 和 [0<L<1A] }	1/2A×2A

注 1: L 表示缺陷的长度。  
注 2: W 表示缺陷的宽度。  
注 3: A 是几何参数,  
如果  $t < 10\text{mm}$ , 那么  $A = 10\text{mm}$ ;  
如果  $t \geq 10\text{mm}$ , 那么  $A = t$ 。  
 $t$  表示管道正常壁厚。

图 B.1 金属损失类型定义