



中华人民共和国国家标准

GB/T 8363—2018
代替 GB/T 8363—2007

钢材 落锤撕裂试验方法

Steel—Drop-weight tear tests method

2018-02-06 发布

2018-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 试验原理 1

4 术语和定义 1

5 符号及说明 2

6 试样 2

7 试验设备及仪器 5

8 试验步骤 7

9 试验结果评定 8

10 试验结果的不确定度 11

11 试验报告 11

附录 A（规范性附录） 控轧管线钢断口分离面上脆性断裂区的处理和异常断口的评定 13

附录 B（资料性附录） DWTT 仪器化系统(示波系统) 16

参考文献 20

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 8363—2007《铁素体钢落锤撕裂试验方法》，与 GB/T 8363—2007 相比，主要技术内容变化如下：

- 根据标准的适用范围修改了标准名称；
- 增加了术语及定义中有关总吸收能量、裂纹启裂能量、裂纹扩展能量的说明(见第 4 章)；
- 增加了符号及说明(见第 5 章)；
- 修改了人字型缺口底部半径要求的描述(见第 6 章)；
- 增加了试样支撑装置应具有防晃动要求(见第 7 章)；
- 将文中“净截面”修改为“评判区域”；
- 增加了试样在气体介质下的保温时间(见第 8 章)；
- 增加了有关测定 E_{t} 、测定 E_{t} 与 E_{p} 的描述(见第 9 章)；
- 增加了报告中有关减薄方法的描述要求；
- 增加了第 10 章报告中对 E_{t} 、 E_{t} 、 E_{p} 的修约要求；
- 修改了规范性附录 A 中有关断口分离面上脆性区域的评判方法；
- 在附录 A 中，增加了异常断口示意图；
- 增加了资料性附录 B “DWTT 试验仪器化系统(示波系统)”；
- 增加了参考文献。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：宝山钢铁股份有限公司、中国石油天然气集团公司管材研究所、深圳万测试验设备有限公司、冶金工业信息标准研究院、江苏省特种设备安全监督检验研究院无锡分院。

本标准主要起草人：方健、陈宏达、黄星、董莉、张建伟、孙小伟。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 8363—1987；GB/T 8363—2007。

钢材 落锤撕裂试验方法

1 范围

本标准规定了钢材落锤撕裂试验方法的试验原理、术语和定义、符号及说明、试样、试验设备及仪器、试验步骤、试验结果的不确定度和试验报告。

本标准适用于厚度 3 mm~40 mm 的钢板和管材的落锤撕裂试验和结果评定。

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 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置和试样制备

3 试验原理

用一定高度的落锤或摆锤一次性冲断处于简支梁状态的试样,测试钢材的落锤撕裂性能,如剪切面积百分数、总吸收能量、裂纹启裂能量等。

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

4.1

落锤撕裂试验 drop-weight tear test; DWTT

用一定高度的落锤或摆锤一次性冲断处于简支梁状态的试样,并评定相关性能结果的试验。

4.2

管直径与壁厚比 diameter-to-thickness ratio

钢管直径 D 与壁厚 t 的比值,简称 D/t 。

4.3

韧性断裂区 ductile fracture surfaces

剪切断裂区 shear-fracture surfaces

按本方法冲断的试样断裂面上呈暗灰色纤维状的断裂区。

4.4

脆性断裂区 brittle fracture surfaces

解理断裂区 cleavage -fracture surfaces

按本方法冲断的试样断裂面上呈发亮结晶状的断裂区。

4.5

剪切面积百分数 percent shear area of the fracture surface

按本方法测量的韧性断裂区面积与用于评定的评判区域面积之比(评判区域面积的定义见 9.2),用百分数表示,记作 SA%。

4.6

压制缺口 **pressed notch**

用专用压头在试样上单边压制的 V 型缺口。

4.7

人字型缺口 **chevron notch**

用机加工方式在试样上单边加工的人字型缺口。

4.8

总吸收能量 **total absorbed energy**

E_t

将 DWTT 试样冲断所消耗的总能量。

4.9

裂纹启裂能量 **crack initiation energy**

E_i

DWTT 试样启裂时所消耗的能量。

注：通常情况下将力-位移曲线上最大力点作为名义启裂点

4.10

裂纹扩展能量 **crack propagation energy**

E_p

DWTT 试样启裂至断裂过程所消耗的能量。

5 符号及说明

本标准所使用的符号及说明见表 1。

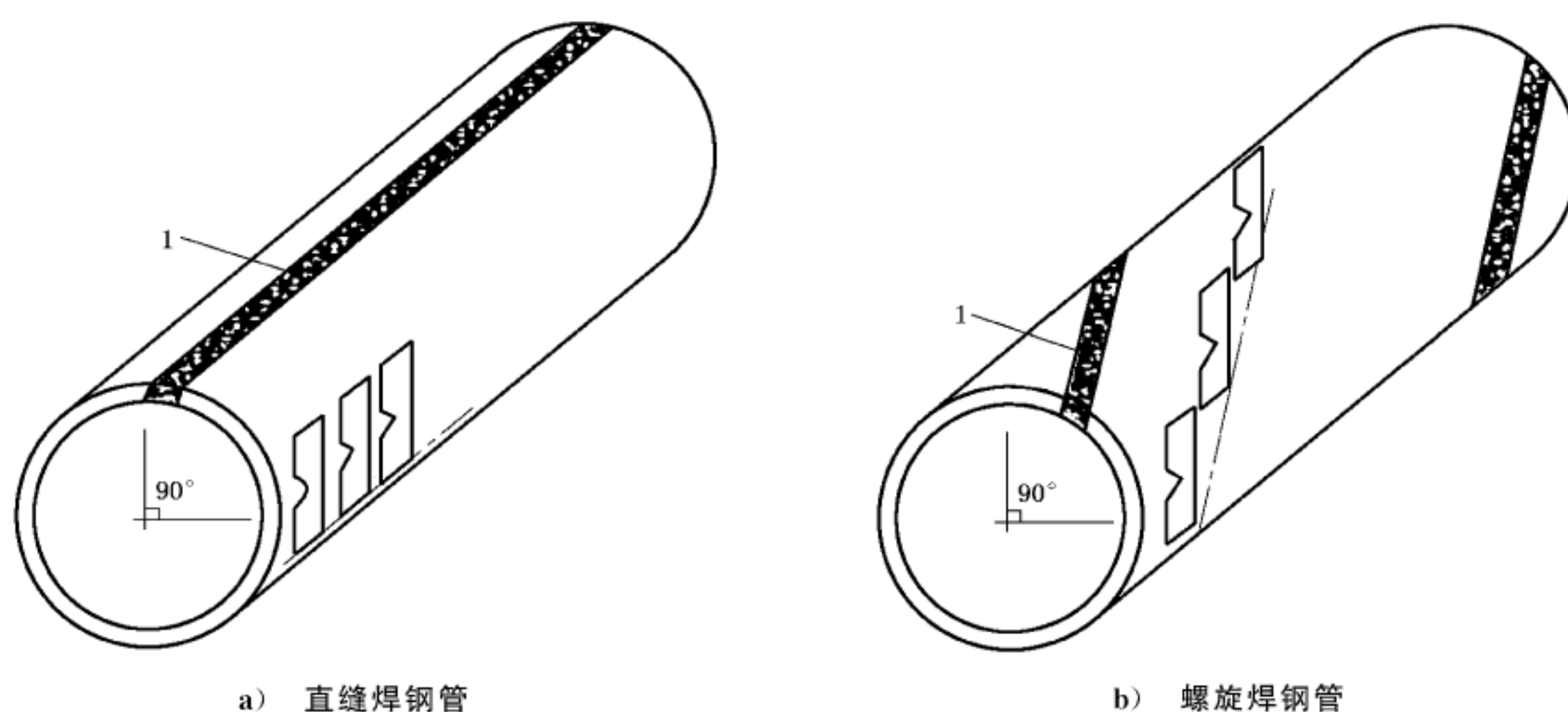
表 1 符号及说明

符号	说明	单位
t	试样厚度或壁厚	mm
E_t	总吸收能量	kJ
E_i	裂纹启裂能量	kJ
E_p	裂纹扩展能量	kJ

6 试样

6.1 试样的取样部位和方向

6.1.1 在钢板上取样时,取样部位和方向应按相关产品标准、协议的规定或参照 GB/T 2975 执行。样坯应取自其他力学性能试样的附近。在钢管上取样时,按有关标准或协议规定,如无规定时,按图 1 所示取样。



说明:

1——焊缝。

图 1 在钢管上取样部位示意图

6.1.2 在钢管上取样时,可用全压平或不全压平试样。通常, $D/t \geq 40$ 时,使用全压平试样, $D/t < 40$ 时,使用不全压平试样,在试样中部 25 mm~51 mm 长的部位保留钢管的原始曲率。如压平时样坯发生扭曲,则应舍弃该样坯,重新取样。如全压平试样和不全压平试样的试验结果有明显差异,或仲裁试验,则应采用不全压平试样。

注:试样全压平会导致断裂剪切面积百分数减小。

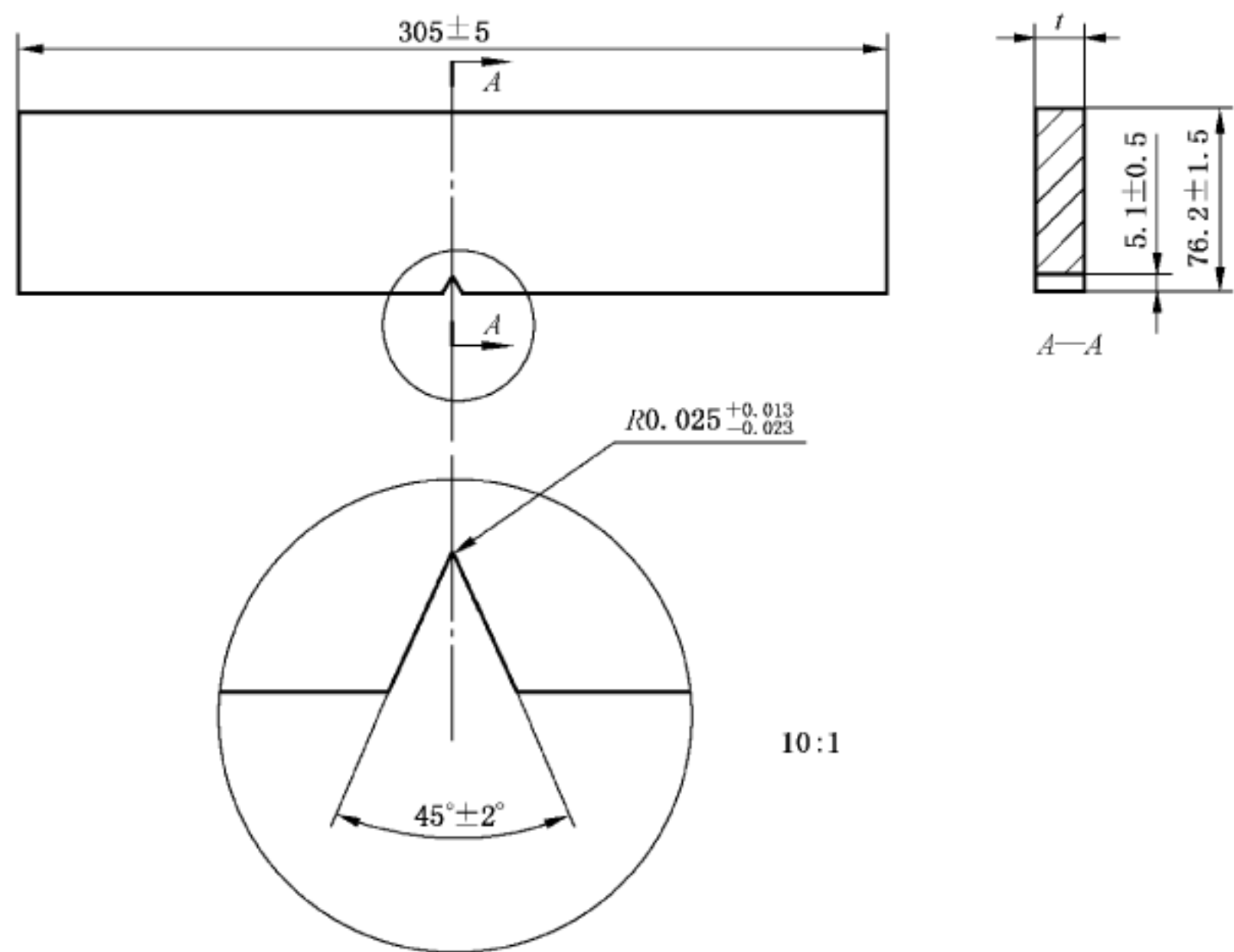
6.2 取样数量

试样数量应根据有关标准或协议规定,如无规定,一般取 2 个试样。

6.3 试样尺寸及公差

无论采用何种方法从钢板或钢管上切取试样,应通过机械加工去除剪切变形区或热影响区。试样尺寸及公差见图 2。

单位为毫米



说明：
A——截面线。

图 2 压制缺口试样

6.4 缺口几何形状

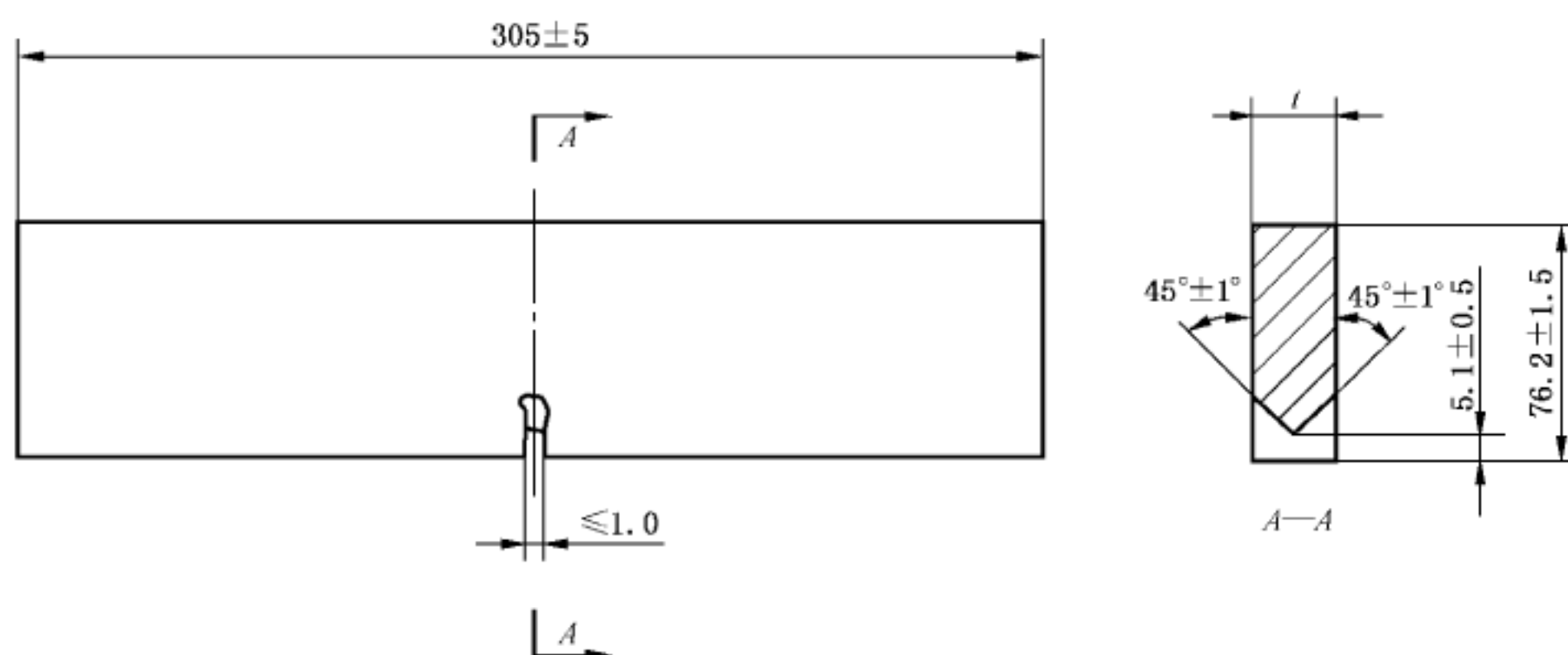
缺口几何形状可采用压制缺口或人字型缺口。低韧性管线钢与其他钢材应选用压制缺口，高韧性管线钢优先选用人字型缺口。人字型缺口可降低 DWTT 吸收能量，在一定程度上减小高韧性管线钢经常发生的如附录 A 中定义的异常断口的概率。压制缺口和人字缺口要求如下：

- a) 压制缺口是用刃口角度为 $45^\circ \pm 2^\circ$ 的特制钢压刀在试样上压制出图 2 所示的 V 型缺口。不允许采用其他机械加工方法。压制缺口前应对压刀刀刃及角度进行检查，刀刃不应有缺陷，压入深度应符合图 2 所示的公差范围。

注：如需要试验的试样较多，可以使用控制压入深度的装置。

- b) 人字型缺口可以用线切割或锯切成如图 3 所示的形状，缺口底部半径没有要求（缺口底部可呈圆形或平底）。

单位为毫米



说明：

A——截面线。

图 3 人字型缺口试样

6.5 试样厚度

如钢板的厚度或钢管的壁厚不大于 19.0 mm,应用原板厚或原壁厚试样。如厚度或壁厚大于 19.0 mm,可依据试验机的最大能量采用下列任意一种方式:

- 原板厚或原壁厚试样;
- 减薄试样,可对试样的一个或两个表面进行机械加工,将试样厚度减薄至 $19.0 \text{ mm} \pm 0.12 \text{ mm}$ 。若采用减薄试样,则实际的试验温度应低于规定试验温度,其降低量如表 2 所示,但试验报告仍按规定的试验温度填写。报告中应标注减薄方法(单面减薄或双面减薄)^[1]。

注:不同减薄方法可能会影响试验结果。

表 2 试验温度降低量

钢板厚度或钢管壁厚度 mm	试验温度降低量 ℃
>19.0~22.2	6
>22.2~28.6	11
>28.6~40.0	17

7 试验设备及仪器

7.1 试验机可为摆锤式或落锤式。为了保证将试样一次冲断,试验机应具有足够的能量。

7.2 试验机冲击能量的选用可参照图 4 给出的夏比 V 型缺口标准冲击试样冲击总吸收能量与部分压制缺口 DWTT 以及人字型缺口 DWTT 吸收能量之间的近似关系曲线。

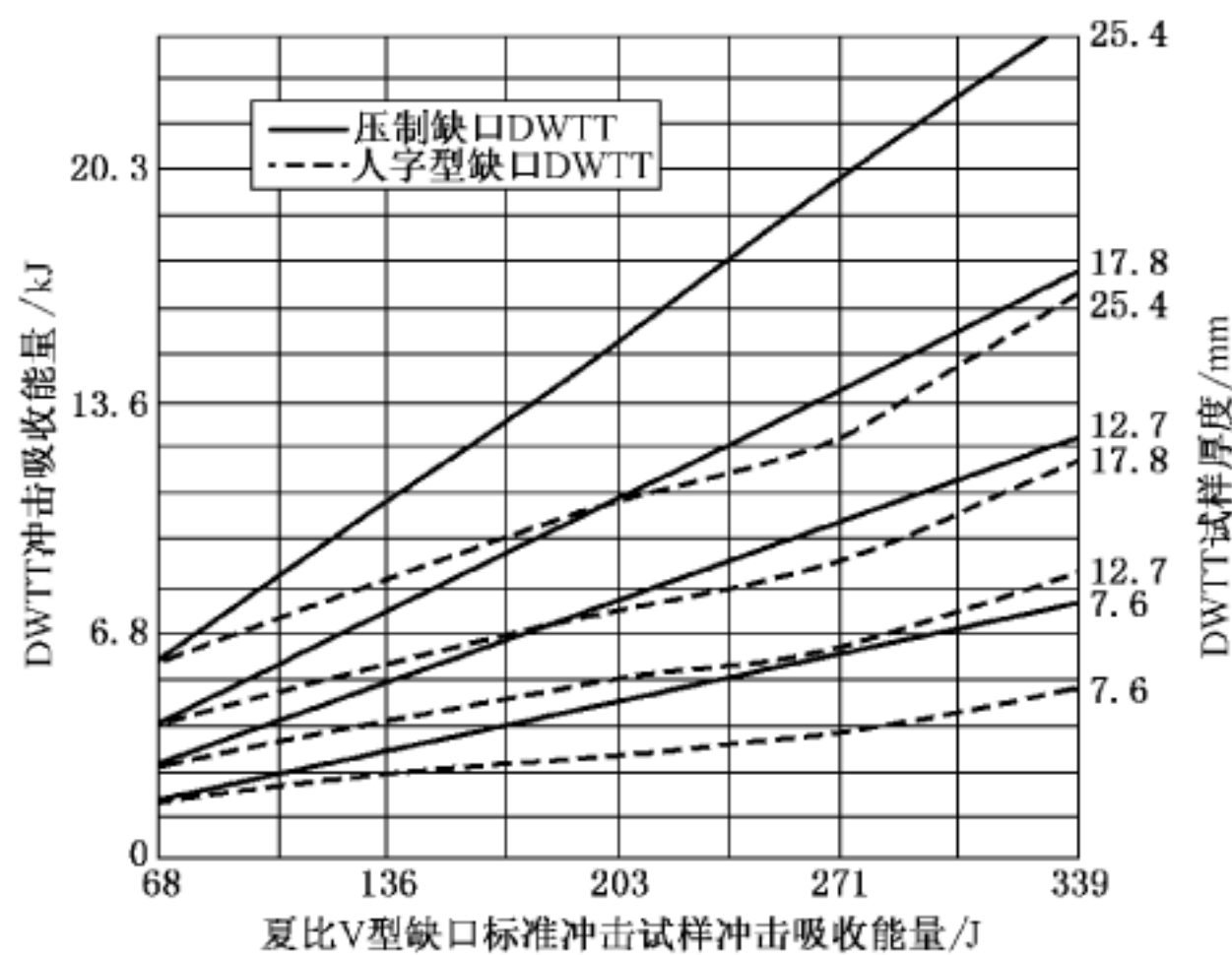


图 4 夏比 V 型缺口标准冲击试样总吸收能量与压制缺口、人字型缺口 DWTT 总吸收能量的近似关系

- 7.3 试验机应有坚实的地基和稳固的主体结构,锤体部分的所有配重与零部件应始终处于紧固状态。
- 7.4 当测定 DWTT 总吸收能量时,试验机应满足下列要求:
- a) 初始位能与试验机标称值的相对误差在 $\pm 1\%$ 以内;
 - b) 空打冲击能量的损失应在额定量程值的 0.5% 以内。
- 7.5 试验机的冲击速度应在 $5\text{m/s}\sim 9\text{m/s}$ 范围内。
- 7.6 锤刃应有足够的硬度($\text{HRC}>56$)。锤刃曲率半径及其公差应符合图 5 的要求,锤头打击试样时,其锤刃中心线应与支座跨距中心一致,偏差不大于 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。

单位为毫米

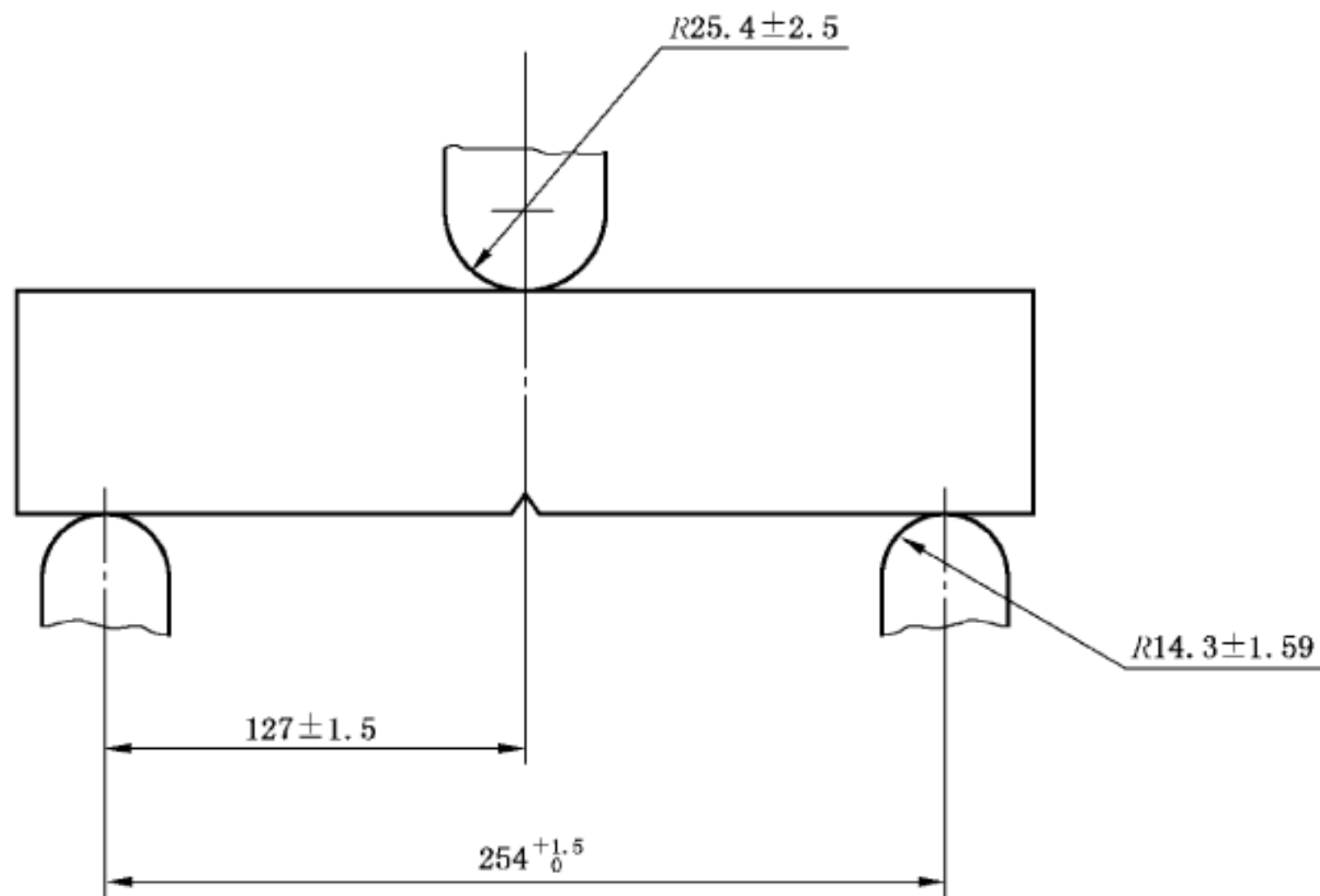


图 5 DWTT 试样支承装置及锤刃尺寸

- 7.7 试样支承装置应符合下列要求:
- a) 试样的支座应有足够的硬度($\text{HRC}>56$),尺寸及公差应符合图 5 的规定;
 - b) 两支座应平行、等高。支座跨距应符合图 5 的规定;

c) 使用落锤试验机时,支承装置应有防止试样晃动、倾倒的附件。

注:试样支承装置应具有足够的空间确保试样被一次冲断并不受妨碍地顺利通过支座,这需综合考虑锤刃曲率半径、支座半径实际公差的选取以及支座跨距的调整、试样宽度实际公差的选取,使两支座内侧的距离减去锤刃直径以及2倍试样宽度的值不小于5 mm。

7.8 测温仪器的示值误差不大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,数显式的分辨力应不大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,刻度式的最小分度应不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8 试验步骤

8.1 试样的加热与冷却有以下两种方式:

a) 液体介质:在 $-75\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,应将试样完全浸入装有适宜液体的保温装置内,试样之间的间距以及试样距保温装置边缘或底部的距离应至少为25 mm或至少等于试样厚度,取数值较大者。液体温度应在试验目标温度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。试样在试验温度中的最短保温时间在表3中给出。为保证温度均匀,应使保温装置内的液体保持连续流动。

表3 液体介质时试样的最短保温时间

试样厚度 t mm	最短保温时间 min
$t < 12.7$	15
$\geq 12.7 \sim < 25.4$	25
$\geq 25.4 \sim < 38.1$	45
$\geq 38.1 \sim \leq 40$	48

b) 气体介质:将试样置于密闭的容器内,试样之间和试样与容器壁(底部和侧壁)之间至少应有50 mm或两倍试样厚度的间距,取较大者。容器内应采取措施,使气体介质循环流动以保证温度均匀,容器内所有有效空间的温度与试验目标温度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。最短的保温时间应按照表4的规定。

表4 气体介质时试样的最短保温时间

试样厚度 t mm	最短保温时间 min	
	强制对流	自然对流
< 12.7	80	140
$\geq 12.7 \sim 25.4$	120	230
$> 25.4 \sim 38.1$	150	310

8.2 从保温装置中取出试样装入试验机并迅速打断。试样自离开保温装置至打断的时间不应超过10 s,若超过10 s仍未冲击,则应将试样放回保温装置中至少再保温10 min。不准许用与试验温度有明显差异的器械接触试样中心部分。

8.3 安装试样时,应采取适当措施使试样缺口中心线与支座跨距中心一致,允许偏差 $\pm 1.5\text{ mm}$,并使试样缺口中心线与锤刃中心线一致,允许偏差 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。

8.4 若试验温度超出8.1规定的范围,保温装置内介质温度与要求的试验温度的允许偏差为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,或协议规定。

9 试验结果评定

9.1 总则

DWTT 试验结果包括评定断口的剪切面积百分数(SA%)或同时测定 DWTT 试样总吸收能量(E_t)、裂纹启裂能量(E_i)与裂纹扩展能量(E_p)。

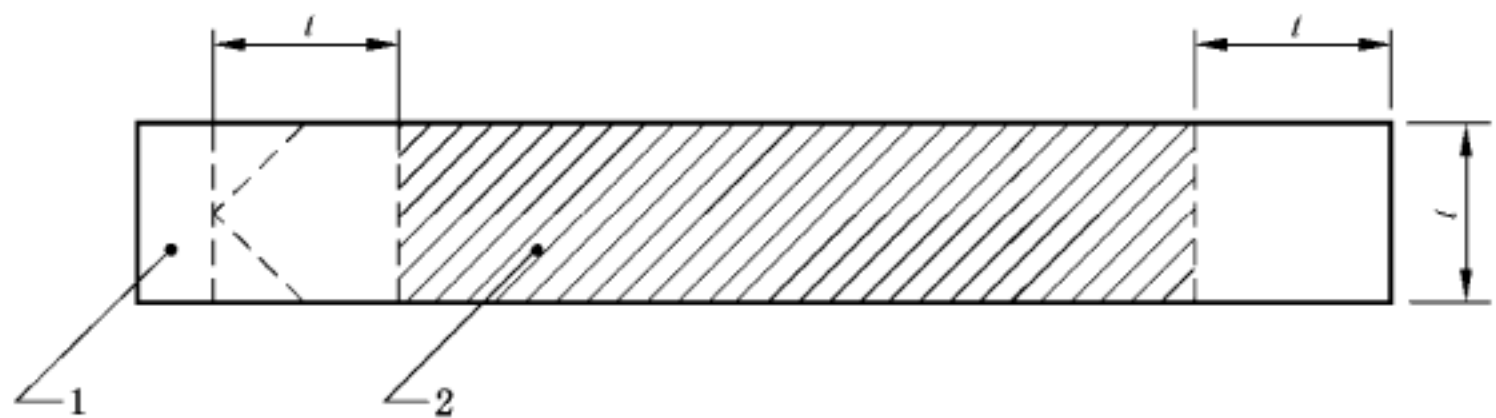
9.2 评定 SA%

9.2.1 概述

DWTT 试样断口形貌通常有两种,一种是试样断口横截面上全部为韧性断裂区或脆性断裂区,另一种是从缺口根部开始呈现脆性断裂区,从缺口根部至锤击侧由脆性断裂转变为韧性断裂。

9.2.2 确定断口的评判区域

试样断口的评定是测量评判区域上剪切面积百分数。厚度 $t \leq 19.0$ mm 的试样按图 6 所示确定断口的评判区域,即在试样横截面上从压制缺口根部或人字型缺口的尖端起扣除一个试样厚度并从锤击侧扣除一个试样厚度后的截面;厚度 $t > 19.0$ mm 的试样,评判区域是在试样横截面上从压制缺口根部或人字型缺口的尖端起和从锤击侧各扣除 19.0 mm 后的截面。



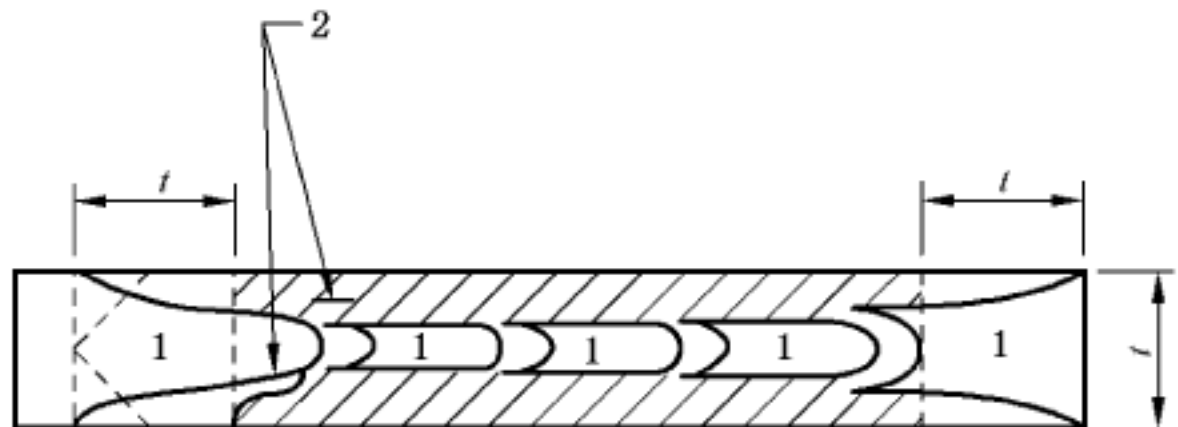
说明:
1——压制缺口或人字型缺口;
2——断口的评判区域。

图 6 断口的评判区域

9.2.3 确定韧性断裂区与脆性断裂区

9.2.3.1 在断口的评判区域内,按 4.3 和 4.4 定义确定韧性断裂区和脆性断裂区。

9.2.3.2 试样如出现图 7 所示的断口形貌,应将评判区域上出现韧性断裂和脆性断裂相间区域中的韧性断裂部分也作为脆性断裂处理。



说明:
1——脆性断裂区;
2——评定 SA%时只包括断口边缘部分的韧性断裂区。

图 7 韧性和脆性断裂区相间的断口形貌

9.2.4 计算剪切面积百分数

对于控轧管线钢断口分离面上脆性断裂区的处理和异常断口的评定,应按附录 A 的规定执行。可采用以下方法计算剪切面积百分数:

- a) 求积法:在附有标尺的断口照片或光学投影图上用求积仪测出脆性断裂区的面积,用评定断口的评判区域面积减去脆性断裂区面积,再除以评判区域面积,并用百分数表示。这种方法一般用于仲裁或有争议及用其他方法难以确定的情况。
- b) 对比法:将击断的试样断口与一组和试样厚度相同且经过标定的断口照片或实物断口相对比,得到剪切面积百分数。断口照片和实物断口的标定按求积法的规定进行。
- c) 测量法:根据图 8 给出的三种典型的试样断口形貌,用下列方法确定剪切面积百分数。
——若断口形貌介于图 8 a)~图 8 b),测量“ t ”线之间脆性断裂区的宽度 A 和长度 B ,厚度 $t < 19.0\text{mm}$ 的试样按式(1)计算剪切面积百分数,厚度 $t \geq 19.0\text{mm}$ 的试样按式(2)计算剪切面积百分数。由式(1)与式(2)计算出的剪切面积百分数通常在 45%~100%。

$$SA\% = \frac{(71 - 2t)t - 0.75AB}{(71 - 2t)t} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$SA\% = \frac{33t - 0.75AB}{33t} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

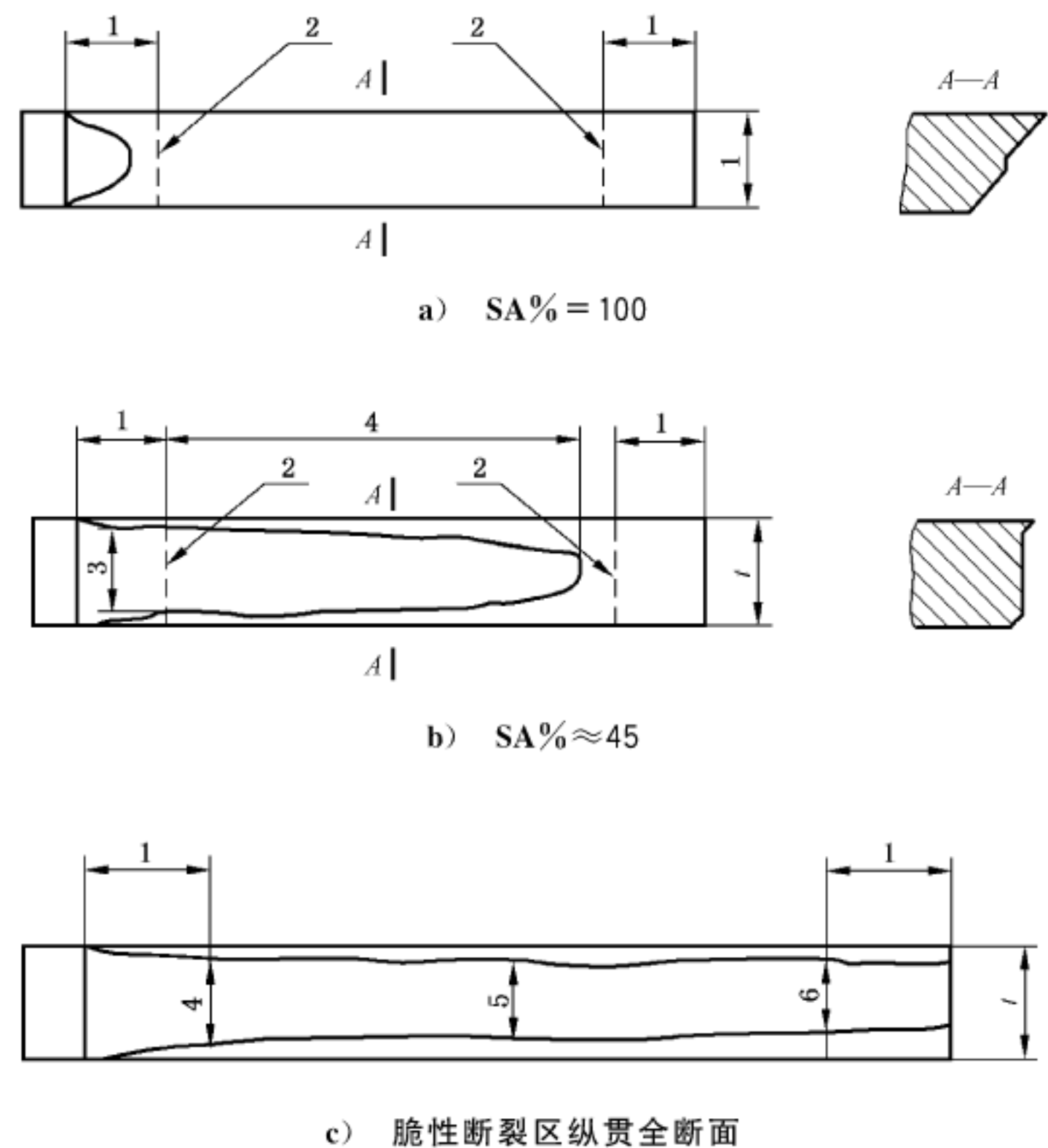
SA%——剪切面积百分数;

t ——试样厚度,单位为毫米(mm);

A ——缺口根部“ t ”线处脆性断裂区宽度,单位为毫米(mm);

B ——“ t ”线间脆性断裂区长度,单位为毫米(mm)。

注:对于不同厚度的试样,可预先制好 SA%与 A、B 关系曲线图,测量 A 和 B 的尺寸后,由 SA%与 A、B 关系曲线图确定剪切面积百分数。图 9 是 10 mm 厚的试样 SA%与 A、B 关系曲线图实例。



说明：
1—— t ，即试样厚度；
2——“ t ”线；
A——剖面线；
4—— A_1 宽度[见式(3)]；
5—— A_2 宽度[见式(3)]；
6—— A_3 宽度[见式(3)]。

图 8 典型的 DWTT 试样断口形貌

——若断口呈图 8c)形貌，则在两条“ t ”线处和两条“ t ”线之间的中点处测量脆性断裂区的宽度 A_1 、 A_2 、 A_3 ，按式(3)计算剪切面积百分数。

$$SA\% = \frac{t - (A_1 + A_2 + A_3)/3}{t} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：
SA%——剪切面积百分数；
 t ——试样厚度，单位为毫米(mm)；
 A_1 ——缺口根部“ t ”线处脆性断裂区宽度，单位为毫米(mm)；
 A_2 ——锤击侧“ t ”线处脆性断裂区宽度，单位为毫米(mm)；
 A_3 ——两条“ t ”线之间的中点处“ t ”线处脆性断裂区宽度，单位为毫米(mm)。

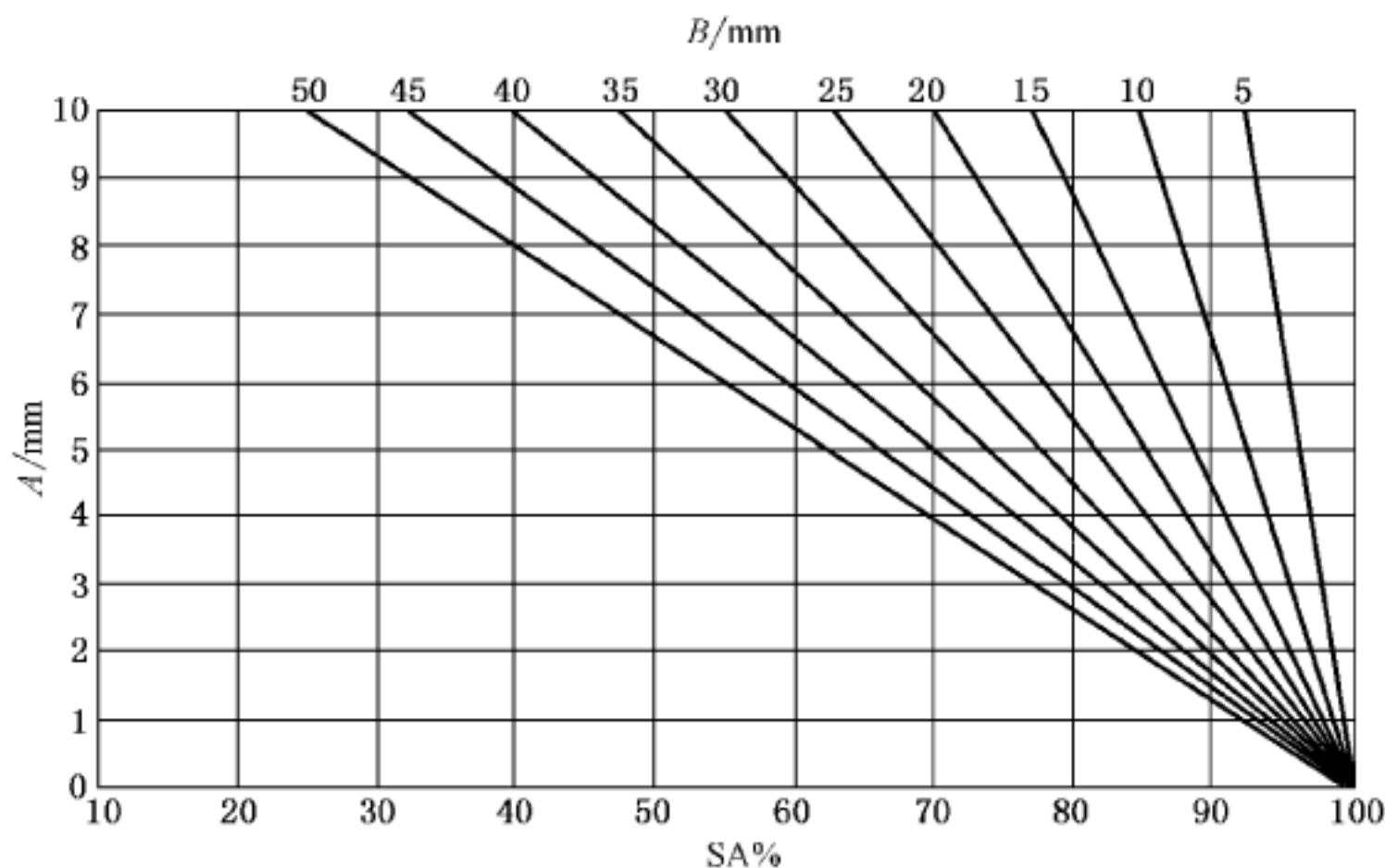


图 9 10 mm 厚的试样 SA%与 A、B 关系曲线图

注：也可采用与上述三种方法等效的其他方法（如采用光学断口分析仪、机器视觉系统等）测定剪切面积百分数。

9.3 测定 E_i

9.3.1 由机械能守恒原理，采用摆锤式试验机时根据摆锤初始释放角与止摆角的位置，由指针或数显直接示出 E_i ，采用落锤式试验机时需测定试样冲击断裂前后的动能与势能变化量，计算获得 E_i 。

9.3.2 采用摆锤式试验机时，试验前应检查摆锤空打的回零差或空载能耗。

注：采用摆锤式试验机，总吸收能量 E_i 宜在试验机实际势能的 20%~80%。

9.4 测定 E_i 与 E_p

可通过仪器化系统（示波系统），记录 DWTT 试样冲击断裂过程中力-位移关系曲线，经积分获得 E_i 与 E_p ，参见附录 B。

9.5 试验无效

由于试验机能量不足或冲击时试样翘曲，导致试样经一次冲击未完全断裂时试验无效。

注：试样厚度小于 5 mm 时容易翘曲。

10 试验结果的不确定度

10.1 影响试验结果不确定度的因素包括试样类型、试样尺寸、尺寸测量不确定度、试样对中状态、试验温度、材料性能、试验机有关参数和断口评定方法等。

10.2 对于上述因素对试验结果不确定度的影响，仍缺少充分的数据分析，因此目前尚不能评定试验结果的不确定度。

11 试验报告

11.1 试验报告应包括如下内容：

- a) 本标准编号；
- b) 材料的特征描述；
- c) 试样编号；

- d) 试样在产品中的部位和方向；
- e) 试样公称厚度(或试样实际厚度)；
- f) 试样类型；
- g) 试样减薄方式；
- h) 试验温度；
- i) 断口的剪切面积百分数 $SA\%$ ，修约至整数。

11.2 试验报告也可包括如下内容：

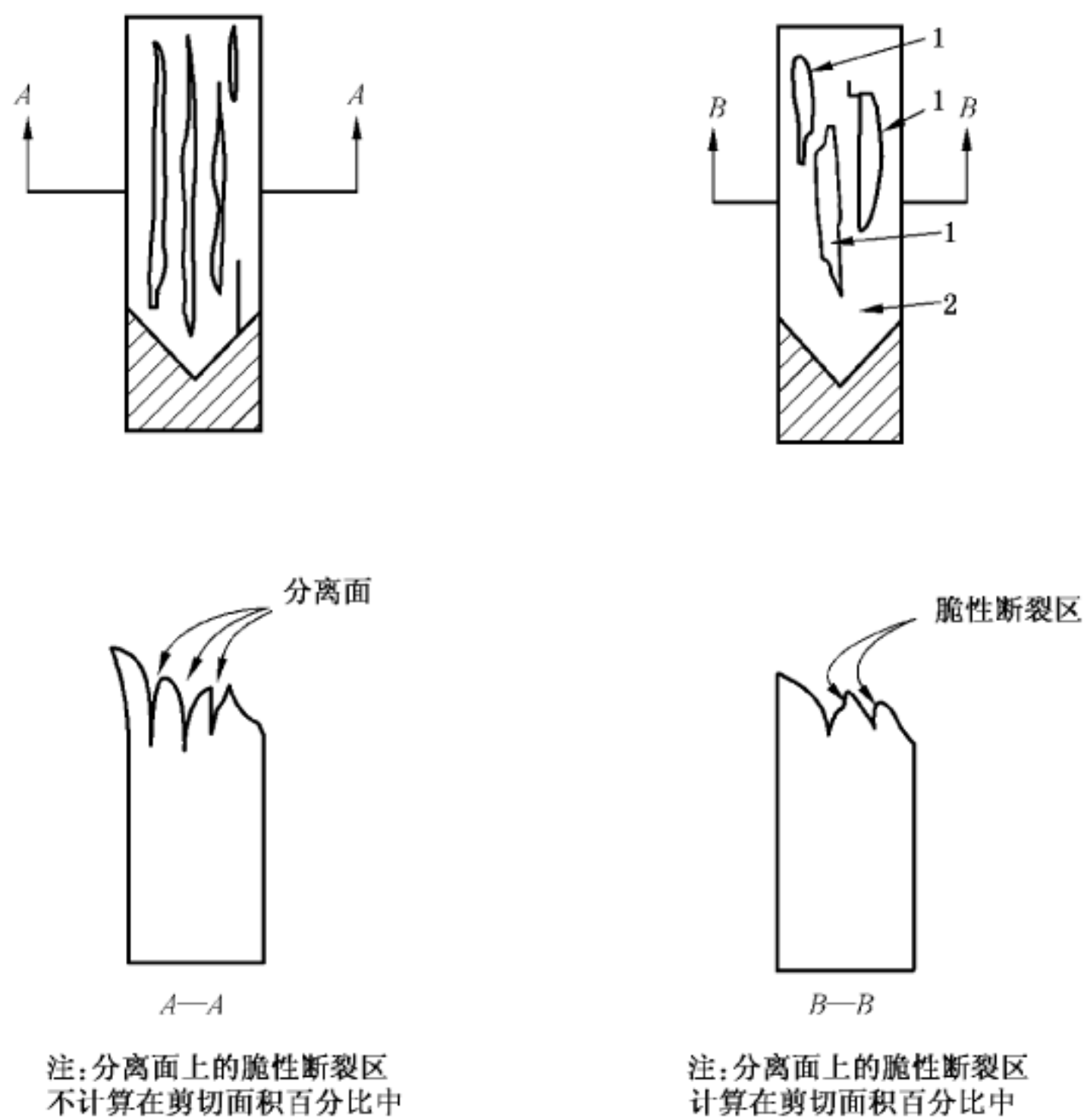
- a) E_t ，修约至 0.1 kJ；
- b) E_i ，修约至 0.1 kJ；
- c) E_p ，修约至 0.1 kJ。

附 录 A
(规范性附录)

控轧管线钢断口分离面上脆性断裂区的处理和异常断口的评定

A.1 控轧管线钢断口分离面上脆性断裂区的处理

控轧管线钢试样断口可能会出现具有脆性断裂特征的分界面,如图 A.1 所示。当正视试样断口,分界面平行于试样轧制面时,分离面上的脆性断裂区不计;当分界面与试样轧制面有一定角度时,分离面上的脆性断裂区其投影面积按脆性断裂计入剪切面积百分数中。



说明:
1——脆性区域;
2——韧性区域。

图 A.1 控轧管线钢断口分离面上的脆性断裂区处理示意图

A.2 异常断口的评定

A.2.1 异常断口

在高韧性及高强度管线钢的厚试样中经常会出现异常断口。异常断口是指在缺口根部附近呈现韧性断裂区,从缺口根部至锤击侧由韧性断裂逐渐转变为脆性断裂的断口(图 A.2)。



说明：
1——压制缺口；
2——韧性区域；
3——脆性区域。

图 A.2 异常断口示意图

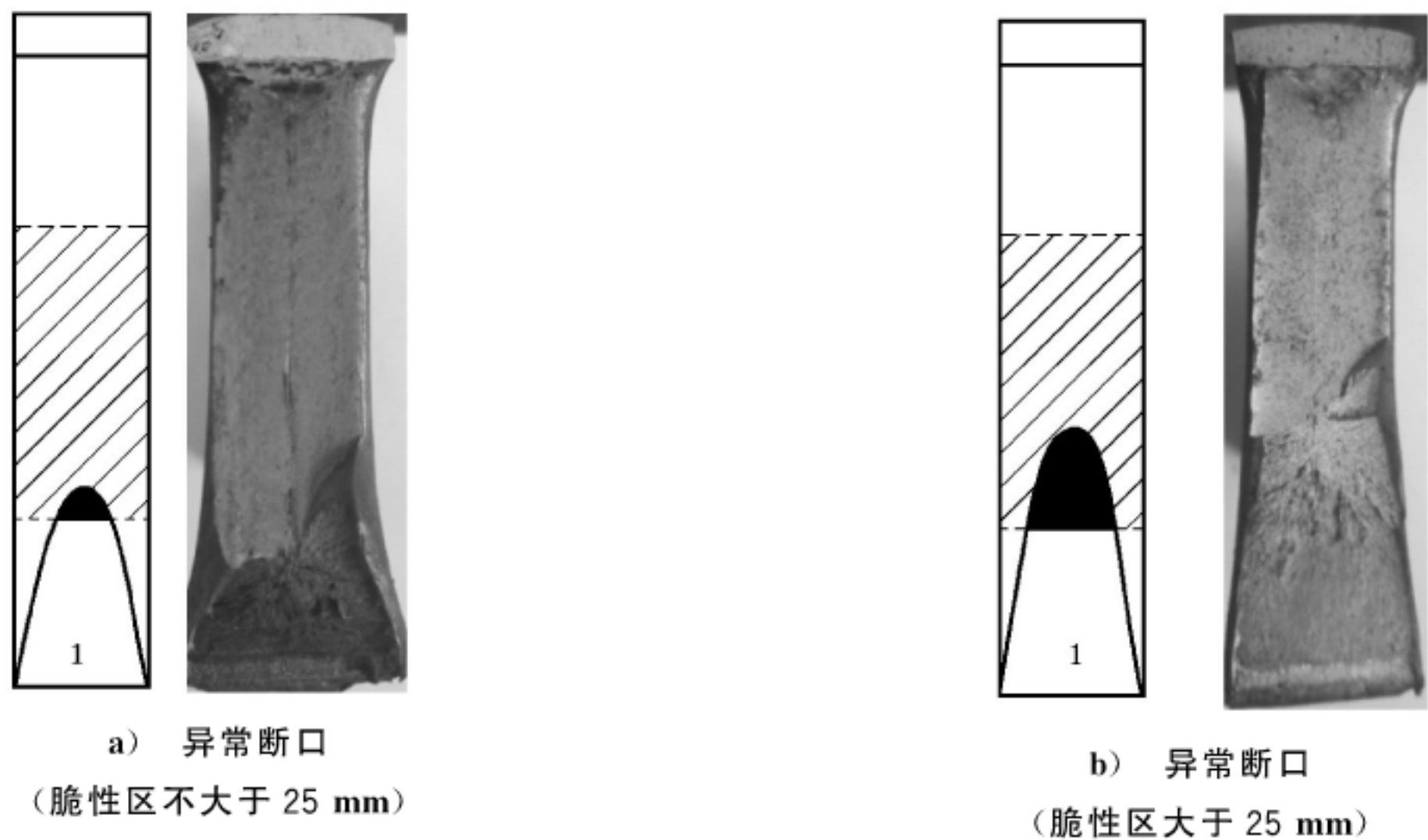
A.2.2 异常断口的评定

A.2.2.1 出现异常断口的试样,应作为有效试样,并按下述方法进行评定。如评定的 SA%未达到规定值,可按 A.2.2.2~A.2.2.5 重新进行评定。

- a) 评定断口的评判区域:从试样缺口根部和锤击侧各扣除一个试样厚度(厚度大于 19 mm 时,各扣除 19 mm)后的区域;
- b) 所有在评判区域内的脆性区均按实际面积计算,不连续的区域先独立计算,再累加。

A.2.2.2 对于锤击侧孤立存在脆性区的异常断口试样,按如下方法评定:

- a) 评定断口的评判区域:从试样缺口根部和锤击侧各扣除一个试样厚度(厚度大于 19 mm 时,各扣除 19 mm)后的区域;
- b) 当孤立脆性区的分布不超过从锤击侧算起的 25 mm 范围时,可忽略不计;超过 25 mm 范围时,在评判区域内的脆性面积按实际面积计算。[图 A.3a)、图 A.3b)]



说明：
1——锤击侧。

图 A.3 锤击侧孤立存在脆性区异常断口示意图

A.2.2.3 其他异常断口试样,按如下方法评定:

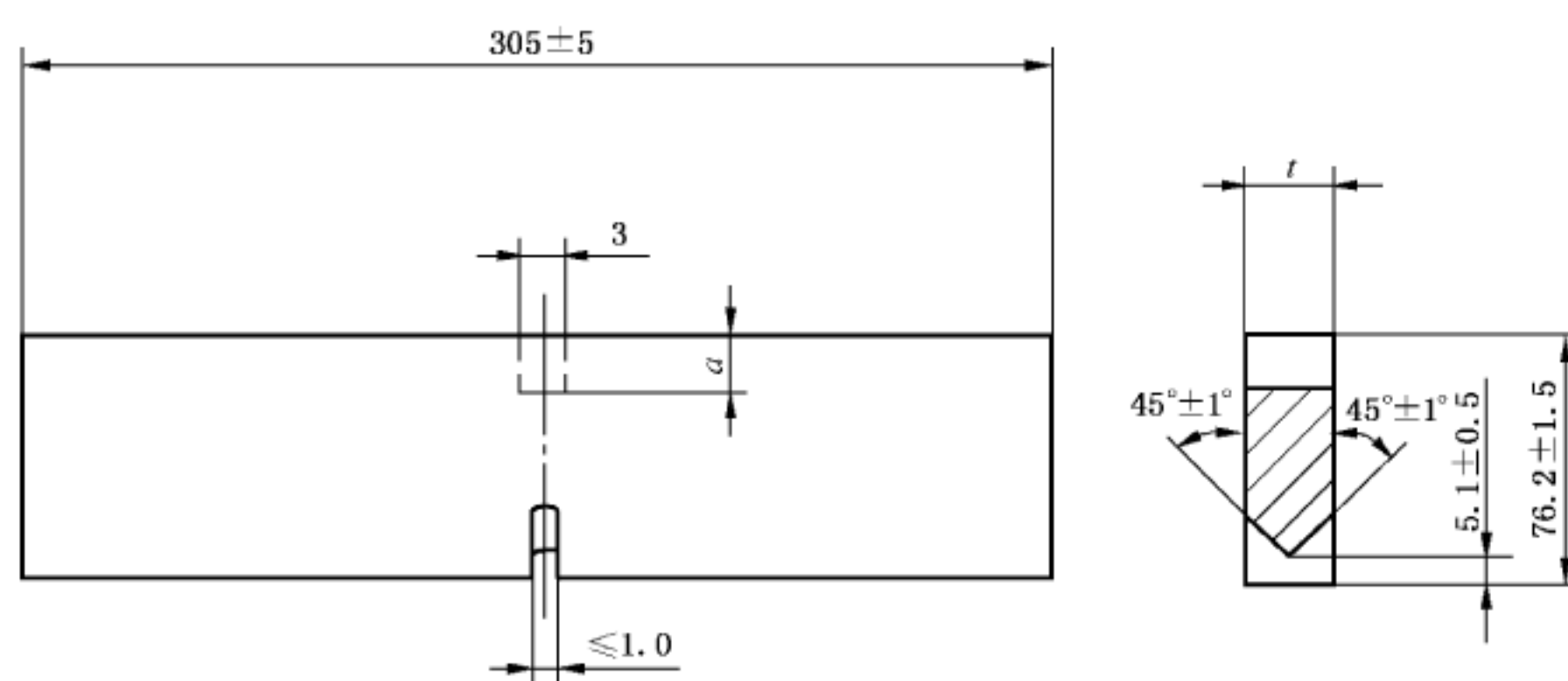
- 评定断口的评判区域:在锤击侧扣除 1.5 倍试样厚度(厚度大于 19 mm 时,扣除 28.5 mm)、缺口根部扣除 5 mm 后的区域;
- 所有在评判区域内的脆性区均按实际面积计算,不连续的区域先独立计算,再累加。

A.2.2.4 如压制缺口试样呈现异常断口且按上述方法进行评定,SA%未达到规定值,应改用人字型缺口或预制疲劳裂纹试样重新试验,如试样仍呈现异常断口,按 A.2.2.1~A.2.2.3 进行评定。

A.2.2.5 如人字型缺口试样呈现异常断口且按上述方法进行评定,SA%未达到规定值,允许协商采用图 A.4 所示的辅助试样——人字型缺口背后开切口加垫片试样重新试验,如人字型缺口背后开切口加垫片试样仍呈现异常断口,按 A.2.2.1~A.2.2.3 进行评定。

A.2.2.6 其他评判异常断口的方法,参见 SY/T 6476^[2]。

单位为毫米



$t \leq 19$ mm 时, $a = t$; $t > 19$ mm 时, $a = 19$ mm。

注: 可利用线切割加工后的 $3 \times t \times a$ 小块, 塞在原来位置(可垫纸张等)作为垫片使用。

图 A.4 辅助试样-人字型缺口背后开切口加垫片试样

附 录 B
(资料性附录)
DWTT 仪器化系统(示波系统)

B.1 概述

在高能量摆锤或落锤式 DWTT 试验机上配置测力传感器(也可以同时配置位移传感器),获得钢材大尺寸试样在锤击断裂过程中力、位移与能量的关系。其中,通过力与位移的积分即可得到 DWTT 试样的总吸收能量、裂纹启裂能量与裂纹扩展能量等。此外,基于弹塑性断裂力学原理,仪器化系统得到的力-位移关系可用于评价高强度高韧性管线钢的韧断行为与断裂特征,如获得裂纹尖端张开角(CTOA)等指标^[3,4]。

B.2 力的测量系统

B.2.1 试验机测量系统应能测定力-时间、力-位移曲线及计算冲断(冲击)试样过程中力的特征值、位移特征值及能量特征值。

B.2.2 力传感器应为两个相同的应变片粘贴到冲击刀刃的相对边上,并且与两个补偿应变片组成全桥电路。补偿应变片不应贴到试验机任何受冲击或震动的部位。

B.2.3 由力传感器、放大器及记录仪组成的测量系统,至少应有 100 kHz 频率响应,对钢试样其信号上升时间 t_r 应不大于 3.5 μs

B.2.4 力传感器和全部测量系统应静态检测。

B.2.5 力值范围在 10%~50%满量程误差 $\pm 1\%$ 。

B.2.6 力值范围在 50%~100%相对误差不大于 2%(见图 B.1)。

B.2.7 当力传感器单独校准时,在标称范围的 10%~100%相对误差 $\pm 1\%$ 。

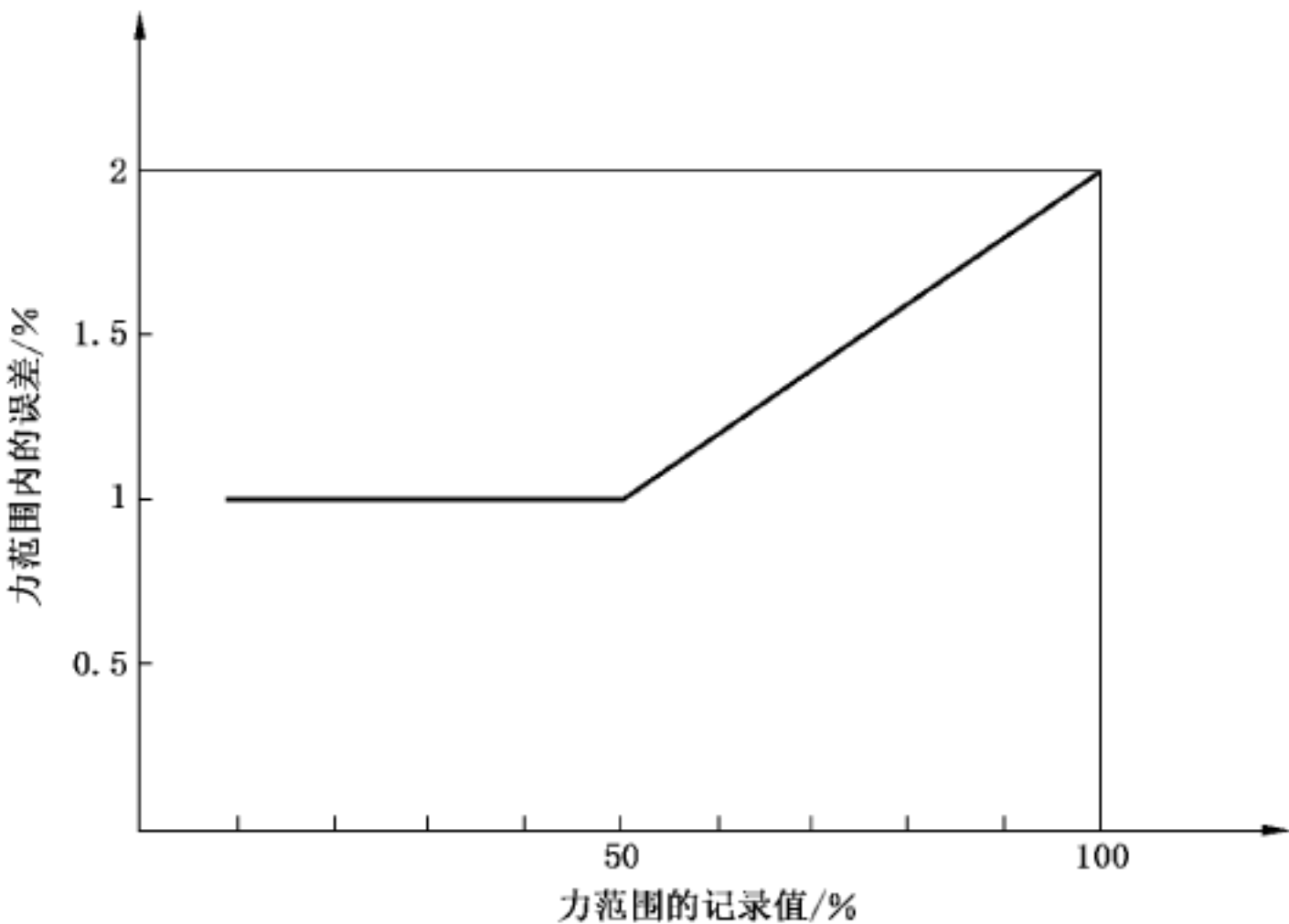


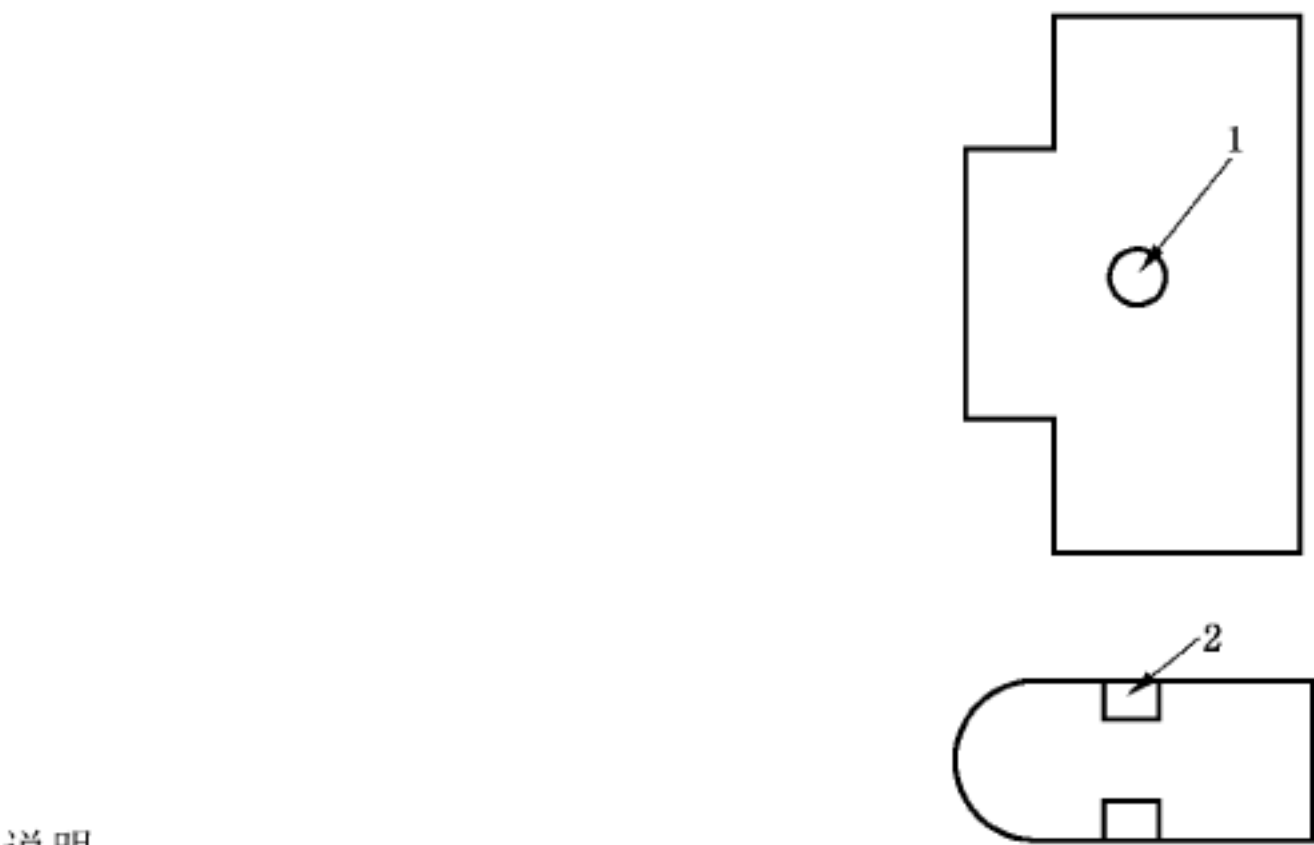
图 B.1 力范围内的允许误差

表 B.1 冲击机的能量对应的力传感器的量程推荐

序号	冲击试验机最大能量	力传感器的量程
1	30 kJ	450 kN
2	50 kJ	600 kN
3	80 kJ	800 kN
4	100 kJ	1 000 kN

注：考虑到冲击震荡的瞬时峰值效应，力值传感器具有不小于 150% 过载保护。

B.2.8 力值传感器推荐结构见图 B.2。



说明：
1——应变片粘贴处；
2——应变片粘贴处。

图 B.2 锤头应变片粘贴示意图

B.3 位移测量系统(可选配置)

B.3.1 试样位移(试样与锤头接触点位置与试样支座的相对位移)可由力-时间曲线计算确定,也可由位移传感器直接测定。位移传感器可采用光学式、感应式或者电容式等。

B.3.2 位移传感器系统信息的特性应与力测量系统一致,以使二者记录系统同步。位移测量传感器测量量程应不小于 150 mm,否则试样可能没有完全通过试样支座。在 5 mm~150 mm 范围内位移测量误差应为所测值的±2%。

B.3.3 可在不放试样条件下,释放冲击锤(摆锤或者落锤)进行位移系统的动态校准,冲击刀刃通过支座参考零位时的初速度可根据试验机打击能量计算获得,见式(B.1)。

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{M}}$$

.....(B.1)

说明：
 v_0 ——刀刃通过支座参考零位时的初速度,单位为米每秒(m/s)；
 E_0 ——试验机打击能量,单位为焦耳(J)；
 M ——打击锤质量,单位为千克(kg)。

B.3.4 对于摆锤试验机,摆锤通过最低位置时的速度信号为 V_0 ,建议当位移在 0 mm~10 mm 时,通过

测量时间的简易方式来确定动态校准位移,见式(B.2)。

B.3.5 对于落锤试验机,特别是配置有弹簧蓄力装置的落锤式冲击机安装光电传感器直接测量刀刃-试样理论接触点位置所对应的冲击刀刃的初速度,此时可通过式(B.3)确定其动态校准位移。

$$S(t) = v_0 \cdot (t - t_0) \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$$S(t) = v_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} g_n (t - t_0)^2 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$S(t)$ ——任一时刻空打冲击刀刃的行进位移,单位为毫米(mm);

g_n ——当地重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)

t_0 ——冲击刀刃通过参考零位时刻,单位为毫秒(ms)。

B.4 记录装置

为保证力和位移对数字测量和记录系统的准确度的要求,至少应有12位模拟数字(A/D)转换器,数字采样频率至少为250 kHz。数据存储器要确保至少能够存储60 ms时长的数据,即15 000个数据点。推荐采用16为模拟数字(A/D)转换器和1.25 MHz的数字采样频率。

B.5 试验机能量动态校准

B.5.1 将通过力-位移曲线积分获得的总能量与试验机实际测得的试样总吸收能量 E_t 进行比较,两者相对之差不超过 $\pm 2\%$ 。

B.5.2 使用摆锤式冲击试验机时, E_t 可通过打击试样前后摆锤初始与结束位置的势能差直接获得;使用落锤式冲击试验机时,试验机需具有测量重锤打断试样前后瞬时速度的装置,计算打断试样前后重锤的机械能之差(包括动能与势能)可获得 E_t 。

B.5.3 采用摆锤式试验机时,推荐采用式(B.4)与式(B.5)对力信号进行动态修正,可获得优于 $\pm 1\%$ 的能量动态校准结果。

$$\int_0^t c \cdot F'(t) dt = M v_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{E_t}{E_0}}\right) \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

c ——动态力传感器修正系数;

$F'(t)$ ——动态测力传感器某时刻的原始力信号;

M ——重锤质量,单位为千克(kg);

v_0 ——支座参考零位时(摆锤最低位置)冲击刀刃的初速度,单位为米每秒(m/s);

E_0 ——冲击试验机初始打击能量,单位为焦耳(J);

E_t ——试验机实测的试样总吸收能量,单位为焦耳(J)。

$$F(t) = c \cdot F'(t) \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$F(t)$ ——某时刻经修正后的力值;

注:使用落锤试验机时,建议采用中值逼近算法迭代计算出动态力修正系数,使计算获得的积分总能量与实测 E_t 接近一致。

B.6 力-位移曲线的获得

根据力传感器测出的力-时间曲线与加速度成比例的关系,按式(B.6)和式(B.7)计算试样的位移。

其中：

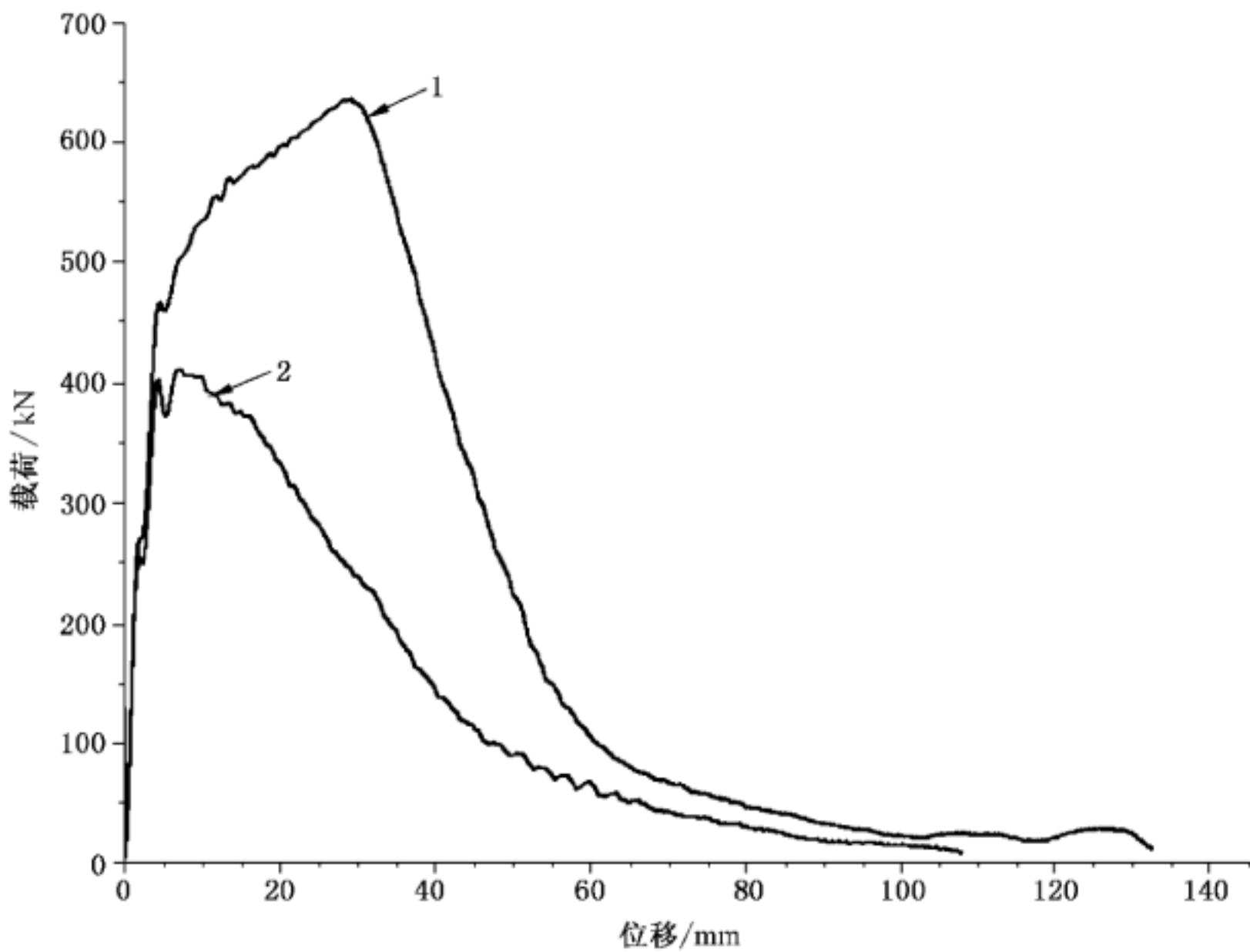
$$S = \int_{t_0}^t v(t) dt$$

.....(B.6)

$$v(t) = v_0 - \frac{1}{m} \int_{t_0}^t F(t) dt$$

.....(B.7)

B.7 仪器化 DWTT 力-位移曲线示例



说明：
1——V 型压制缺口试样力-位移曲线；
2——人字型缺口试样力-位移曲线。

图 B.3 不同类型仪器化冲击曲线



a) 压制缺口断面



b) 人字型缺口断面

图 B.4 不同类型缺口的断面

V 型压制缺口试样可获得完整的力-位移曲线,以曲线最大力位置为名义启裂点可将曲线分割为左右两半部分,其面积分别对应 DWTT 试样裂纹启裂能量 E_i 与裂纹扩展能量 E_p 。研究表明,裂纹启裂能量与高强高韧管线钢的韧断止裂性能相关。人字形缺口试样可有效消除试样裂纹启裂能量,此时试验得到的 DWTT 总吸收能量 E_i 与相同试验条件下 V 型压制缺口试样的裂纹扩展能量 E_p 接近一致。

参 考 文 献

- [1] 王长安, 杨专, 王高峰, 聂向晖, 余国民, 杨昆岳. X70 厚壁海管 DWTT 减薄试样与全壁厚试样的对比分析[J]. 焊管, 2015(4): 62-66.
- [2] SY/T 6476 管线钢落锤撕裂试验方法
- [3] 方健, 沈巍, 王磊. 应用仪器化 DWTT 试验评价管线钢的动态韧断行为[J]. 机械强度, 2015, 37(1): 039-044.
- [4] Jian FANG, Jianwei ZHANG, Lei Wang. Evaluation of cracking behavior and critical CTOA values of pipeline steel from DWT specimens[J]. Engineering Fracture Mechanics, 2014, 124-125: 18-29.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
钢材 落锤撕裂试验方法
GB/T 8363—2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年2月第一版

*

书号: 155066 • 1-59801

版权专有 侵权必究



GB/T 8363-2018