

中华人民共和国国家标准

GB/T 7233.2—2010
代替 GB/T 7233—1987

铸钢件 超声检测 第2部分：高承压铸钢件

Steel castings—Ultrasonic examination—
Part 2: Steel castings for highly stressed components

(ISO 4992-2:2006, MOD)

2010-12-23 发布

2011-06-01 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 术语和定义 1

4 一般要求 2

4.1 订货信息 2

4.2 检测范围 2

4.3 允许的最大缺陷尺寸 2

4.4 人员资格 3

4.5 壁厚分区 3

4.6 质量等级 3

5 检测 3

5.1 总则 3

5.2 材料 3

5.3 设备、耦合剂、探测灵敏度和分辨力 3

5.4 铸钢件被检表面的准备 4

5.5 检测程序 4

5.6 检测报告 6

附录 A (规范性附录) 整套设备(仪器/探头组合)的探测分辨力 12

附录 B (资料性附录) 声束直径 13

附录 C (资料性附录) 缺陷的类型 15

附录 D (资料性附录) 传输修正 21

附录 E (资料性附录) 耦合传输修正的测定 23

前 言

GB/T 7233《铸钢件 超声检测》分为两个部分：

- 第1部分：一般用途铸钢件；
- 第2部分：高承压铸钢件。

本部分为 GB/T 7233 的第2部分，对应于 ISO 4992-2:2006《铸钢件 超声检测 第2部分：高承压铸钢件》。

本部分修改采用了 ISO 4992-2:2006，标准结构和技术内容与 ISO 4992-2:2006 略有差异。与 ISO 4992-2:2006 相比，主要内容作了如下修改：

- 按照汉语习惯对一些编排格式进行了修改；
- 将一些适用于国际标准的表述改为适用于我国标准的表述；
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- 增加了图6测量壁厚方向上缺陷的尺寸；
- 增加了附录D传输修正；
- 增加了附录E耦合传输修正的测定。

本部分代替 GB/T 7233—1987《铸钢件超声探伤及质量评级方法》。

本部分与 GB/T 7233—1987 相比，主要技术内容变化如下：

- 修改了标准的适用范围(见第1章)；
- 增加了订货信息(见4.1)；
- 修改了质量等级的要求(见4.3)；
- 修改了检测方法；
- 增加了附录A、附录B、附录C、附录D和附录E，删除了1987年版的附录A、附录B和附录C。

本部分的附录A为规范性附录，附录B、附录C、附录D和附录E为资料性附录。

本部分由全国铸造标准化技术委员会(SAC/TC 54)提出并归口。

本部分主要起草单位：沈阳铸造研究所、沈阳北方重工集团公司、沈阳鼓风机集团公司。

本部分主要起草人：张钊骞、孙春贵、王立华、李冷西、齐兴、李兴捷。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 7233—1987。

铸钢件 超声检测

第2部分:高承压铸钢件

1 范围

GB/T 7233 的本部分规定了高承压铸钢件(非奥氏体)超声波检测的术语和定义、一般要求和应用脉冲反射技术检测内部缺陷的方法。

本部分适用于高承压铸钢件(非奥氏体)细化晶粒热处理后且厚度不超过 600 mm 铸钢件的超声检测。对于厚度大于 600 mm 的铸钢件,应有协议规定检测方法和记录限值。

本部分不适用于奥氏体钢。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 7233 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是标注日期的引用文件,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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

GB/T 5616 无损检测 应用导则

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(GB/T 9445—2008,ISO 9712:2005,IDT)

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2005,ISO 5577:2000,IDT)

GB/T 15056 铸造表面粗糙度 评定方法

GB/T 18694 无损检测 超声检验 探头及其声场的表征(GB/T 18694—2002,eqv ISO 10375:1997)

GB/T 19799.1 无损检测 超声检测 1号校准试块(GB/T 19799.1—2005,ISO 2400:1972,IDT)

GB/T 19799.2 无损检测 超声检测 2号校准试块(GB/T 19799.2—2005,ISO 7963:1985,IDT)

JB/T 9214 A型脉冲反射式超声探伤系统工作性能 测试方法(JB/T 9214—1999,neq JIS Z2344—1993)

JB/T 10061 A型脉冲反射式超声波探伤仪 通用技术条件(JB/T 10061—1999,neq ASTM E 750-1980)

3 术语和定义

GB/T 12604.1 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

参考缺陷回波尺寸 reference discontinuity echo size

超声检测通常用平底孔直径来表示可接受的最小缺陷尺寸。

3.2

点状缺陷 point discontinuity

缺陷的尺寸小于或者等于声束直径。

注:尺寸指长、宽和壁厚方向上的尺寸。

3.3

延伸性缺陷 **complex discontinuity**

缺陷的尺寸大于声束直径。

注：尺寸指长、宽和壁厚方向上的尺寸。

3.4

平面型缺陷 **planar discontinuity**

能测量二维缺陷的尺寸。

3.5

体积型缺陷 **volumetric discontinuity**

能测量三维缺陷的尺寸。

3.6

特殊的外层 **special rim zone**

有特殊要求的外层区域。

注：特殊要求，比如机加工、高压和密封的表面等。

3.7

补焊 **finishing welding**

通过焊接以获得与铸钢件同样的质量。

4 一般要求

4.1 订货信息

订货时需方应提供下列信息：

——超声检测的铸钢件区域、数量或百分数；

——铸钢件各部位的质量等级；

——检测工艺要求；

——是否有其他检测要求，见 5.5.1。

4.2 检测范围

应采用最适宜的检测方法，检测铸钢件的全部被检区域（铸钢件的形状适合检测时）。

对于厚度大于 600 mm 的铸钢件，其检测方法、记录限值、验收等级等由供需双方商定。

4.3 允许的最大缺陷尺寸

4.3.1 总则

需方应根据质量等级要求，确定铸钢件不同区域的体积型和平面型缺陷的验收等级。

4.3.2 不能测量尺寸的缺陷（点状缺陷）

在特殊外层和准备焊接区，不能测量尺寸的缺陷不应超过表 1 的限值。

4.3.3 能测量尺寸的缺陷（延伸性缺陷）

4.3.3.1 平面型缺陷

平面型缺陷的尺寸不应超过图 2 的限值。

对能测量长度而不能测量壁厚方向上尺寸的缺陷面积，应按图 2 的公式计算。

随着声程距离的增加，声束直径变大，不宜按照图 2 测量小平面型缺陷的尺寸。通常在 30 mm 的外层测量这些尺寸，应使用聚焦探头，如双晶探头。

4.3.3.2 体积型缺陷

体积型缺陷尺寸，外层不能超过图 3 的限值，内层不能超过图 4 限值。

1 级不允许有能测量尺寸的缺陷。

能测量长度但不能测量宽度的缺陷面积，应按图 3 和图 4 的公式计算。

4.4 人员资格

超声检测人员应依据 GB/T 9445 的要求,取得相应资格证书。

4.5 壁厚分区

壁厚分区见图 1,这些区域按铸钢件最终使用尺寸划分。

4.6 质量等级

需方在铸钢件不同区域要求的质量等级不同,应清楚地图纸上注明:

- 准确的区域及尺寸;
- 准备焊接区域和特殊外层厚度。

1 级仅适用于准备焊接区和特殊的外层。除非订货时另有约定,否则补焊区同母材一样验收。

5 检测

5.1 总则

GB/T 5616 给出超声检测的基本规则。

5.2 材料

材料的超声可探性,可通过比较参考反射体回波高度(通常是一次底波)和噪声信号来评价。评价应选择铸钢件具有代表性的区域,该区域必须是上下面平行的最终表面和最大厚度。

依据表 2 的参考回波高度,至少高出噪声信号 6 dB。

如果在检测的最大厚度探测到的最小平底孔或相当的横孔直径回波高度不大于噪声信号 6 dB,超声可探性下降。在小于 6 dB 的信噪比下,探测到的平底孔或横孔直径应在检测报告中说明,并经供需双方同意。

注:为确定适当的平底孔尺寸,可以采用距离增益尺寸法(DGS)或者使用具有相同的金属材料、热处理状态和壁厚的平底孔试块,试块平底孔直径依据表 2 或相当的横孔直径。

用于平底孔和横孔的直径转换见公式(1):

$$D_Q = \frac{4.935 \times D_{FBH}^4}{\lambda^2 \times s} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- D_Q ——横孔直径,单位为毫米(mm);
- D_{FBH} ——平底孔直径,单位为毫米(mm);
- λ ——波长,单位为毫米(mm);
- s ——声程,单位为毫米(mm)。

公式(1)仅适用于 $D_Q \geq 2\lambda$ 、 $s \geq 5$ 倍近场长度、单晶探头。

5.3 设备、耦合剂、探测灵敏度和分辨力

5.3.1 超声仪器

超声仪器应满足 JB/T 10061 的要求,并具备下列特性:

- 范围调整,钢中纵波和横波,至少在 10 mm 和 2 000 mm 内可连续选择;
- 增益,调整范围在 80 dB 以上,步进级每档不大于 2 dB,精度 1 dB;
- 时基线性误差不大于 1%,垂直线性误差不大于 5%;
- 至少能适应 1 MHz~6 MHz 频率脉冲反射技术所用的单晶和双晶探头。

5.3.2 探头和频率

探头和频率应符合 GB/T 18694 的要求,并满足下列规定:

- 额定频率范围在 1 MHz~6 MHz 之间;
- 斜探头角度范围在 35°~70°之间。

注:在高承压铸钢件检测中,应依据铸钢件的形状和探测的缺陷类型来选择直探头和斜探头。

检测近表面区,应使用双晶探头。

5.3.3 校准超声检测设备

操作人员应按 JB/T 9214 的规定,定期校准超声检测设备。

5.3.4 耦合剂

耦合剂应湿润检测表面并确保声波传播,如机油、浆糊、甘油和水等,在校准和检测中应使用同一种耦合剂。

注:声波传播采用表面平行区域的一次或多次底波来校对。

5.3.5 探测灵敏度和分辨力

仪器的探测灵敏度至少应满足 5.5.3 要求的灵敏度调整。

整套设备(仪器/探头组合)的探测分辨力应符合附录 A 的要求。

5.4 铸钢件被检表面的准备

被检表面应能使探头达到良好的耦合效果,应无影响声波传播和探头移动的锈蚀、氧化皮、焊接飞溅或其他不规则物。

使用单晶探头时,为达到良好的耦合效果,被检表面粗糙度至少应 $Ra \leq 25 \mu\text{m}$ 。机加工的被检表面粗糙度应达到 $Ra \leq 12.5 \mu\text{m}$ 。特殊的检测技术,对表面粗糙度的要求更高,例如 $Ra \leq 6.3 \mu\text{m}$ (见 GB/T 15056)。

5.5 检测程序

5.5.1 总则

主要依据铸钢件的形状、铸造或补焊后可能产生的缺陷,来选择最佳入射方向和适合的探头。

铸钢件供方应明确所用的检测工艺规范,在特定条件下要编制书面协议。

尽可能从相对的两个方向检测,当只能从一个方向检测时,为了发现近表面缺陷应附加使用近场分辨探头,在壁厚不到 50 mm 时应使用双晶探头。

此外,当供需双方没有其他约定时,应使用双晶直探头和斜探头检测铸钢件下列 50 mm 内的区域:

- 重要区域,如内圆角、变截面、加外冷铁处;
- 补焊区;
- 准备焊接区;
- 涉及铸钢件重要性能的特殊外层。

深度超过 50 mm 的补焊区,应使用其他合适的斜探头补充检测。

斜探头的角度大于 60° ,声程不应超过 150 mm。

探头的扫查应有重叠,重叠率应大于探头直径或边长 15%,应有规律的扫查所有被检区域,扫查速度应不超过 150 mm/s。

5.5.2 范围调整

在检测仪器的荧屏上进行范围调整,使用直或斜探头,选择下列试块:

- GB/T 19799.1 校准试块 1 或者 GB/T 19799.2 校准试块 2;
- 与被检材料有相同声学特性的校准试块;
- 用直探头在具有平行表面且厚度可测的铸钢件本体调整。

5.5.3 灵敏度调整

5.5.3.1 总则

范围调整(见 5.5.2)后进行灵敏度调整,采用下述两种方法之一:

a) 距离幅度校正曲线法(DAC)

距离幅度校正曲线法是用一系列相同的反射体(平底孔 FBH 或横孔 SDH)的回波高度得出的,每个反射体有不同的声程。

注:通常采用 2 MHz~2.5 MHz 的频率和 6 mm 直径的平底孔。

b) 距离增益尺寸法(DGS)

距离增益尺寸法是用一系列理论上计算出的声程、仪器增益、垂直于声束轴线的平底孔直径的关系得出的曲线。

5.5.3.2 传输修正

传输修正应按照附录 D 确定。

当使用校准试块时,需要进行传输修正。传输修正不仅要考虑耦合面的粗糙度,也要考虑对应面的粗糙度,因为对应面粗糙度影响底波高度,如果对应面是机加工表面或表面粗糙度 $Ra \leq 25 \mu\text{m}$,满足传输修正的测定。

5.5.3.3 缺陷的探测

为了探测缺陷,应将增益一直提高到荧屏上可见噪声水平线(扫查灵敏度)。

表 2 给出的平底孔或相当横孔的直径,在检测的最大厚度范围内,回波高度不低于荧屏的 40%。

在检测过程中,如果怀疑因缺陷引起底波衰减,超出规定的记录值(见表 3),应降低检测灵敏度,准确测定底波衰减的 dB 值。

斜探头灵敏度调整应使反射体在荧屏上清晰地显示典型的动态回波图形(见图 6)。

推荐斜探头灵敏度调整使用自然的(非人工)平面型缺陷(裂纹尺寸在壁厚方向)或垂直于表面且远大于声束的侧壁来校核。探头底面要尽量与铸钢件表面形状吻合。

5.5.4 不同类型缺陷的评定

在铸钢件检测中发现一种或多种以下缺陷类型,应进行评定:

- 不是由铸钢件外形或耦合引起的底波衰减;
- 缺陷的回波。

底波衰减用底波高度下降的 dB 值表示,缺陷回波高度用平底孔或横孔直径表示。

5.5.5 记录

5.5.5.1 底波衰减

底波衰减超过 12 个 dB (2 MHz~2.5 MHz 的检测频率) 应记录,底波衰减的区域应该当作缺陷区域进行标记和测量。

5.5.5.2 缺陷回波

回波的记录限值应根据参考缺陷回波尺寸来确定信号波幅大小。

当信号波幅超过图 3、图 4 和表 3 的要求,能测量尺寸缺陷的回波应记录。

应识别表 4 给出的缺陷类型。

为了区别缺陷类型,根据缺陷到被检表面的距离、几何形状、被检表面的最终状态,检测灵敏度可以调整。

当使用斜探头时,不考虑缺陷回波的幅度,应记录所有具有游动特征或在壁厚方向上能测量尺寸的信号,并按 5.5.7.3 测定。

记录缺陷的位置,应标注在检测报告里,并附简图或照片。

5.5.6 记录缺陷的验证

记录的缺陷(见 5.5.5),应更准确地验证它们的类型、形状、尺寸和位置。这个验证可采用改变超声波检测技术(例如改变入射角度)或者另外采用射线照相检测技术。

5.5.7 缺陷的性质和尺寸

5.5.7.1 总则

对于工程应用,只有在一定条件下(如已知缺陷的类型、缺陷简单的几何形状、缺陷对声束处于最佳反射状态),才能用超声波技术比较准确测量缺陷的尺寸。

通过其他声束方向和入射角度可以验证缺陷的性质,简单地将缺陷按下列分类:

- 不能测量尺寸的缺陷(点状缺陷);

——能测量尺寸的缺陷(延伸性缺陷)。

注 1: 附录 B 给出了声束直径的资料, 区别缺陷能否测量尺寸。

注 2: 附录 C 给出了缺陷类型和测定尺寸的资料, 也给出了范围调整(见 5.5.2)和灵敏度调整的资料(见 5.5.3)。

为准确测量缺陷的尺寸, 推荐使用声束直径尽可能小的探头。

5.5.7.2 基本平行于检测面的缺陷尺寸的测定

缺陷的边界是通过比端点最高信号波幅下降 6 dB 来测定。对于底波衰减, 通过比正常底波高度下降 6 dB(2 MHz~2.5 MHz 探头)来测定。

按照图 5 来测定壁厚方向上缺陷尺寸。

5.5.7.3 基本垂直于检测面(壁厚方向上)的缺陷尺寸的测定

不同质量等级的平面型缺陷尺寸的测定, 应按 5.5.7.1 移动探头, 回波降低 20 dB(见图 C.7 和图 C.9)。

5.6 检测报告

检测报告应至少包含下述内容:

- 采用的标准;
- 铸钢件的特性数据;
- 检测范围;
- 检测设备型号, 采用的探头;
- 检测方法;
- 灵敏度调整的数据;
- 缺陷的所有特征(例如底波衰减、位置和壁厚方向尺寸、长度、面积和平底孔的直径)和它们位置的描述(简图或照片);
- 检测责任人和检测日期。

表 1 在特殊外层和准备焊接区不能测量尺寸的缺陷(点状缺陷)允许限值(用直探头或斜探头扫查)

质量等级 ^a	评定的最小平底孔当量直径或横孔直径		100 mm×100 mm 评定框内缺陷允许限值 ^e	
	FBH ^b /mm	SDH ^b /mm	最大数量	最小距离/mm
1	1.5	3 ^{d,e} DAC-6 dB	6	12
2	1.5	3 ^{d,e} DAC-6 dB	12	10
3	2	3 ^d	12	8

^a 1 级通常用于焊接准备区, 特殊外层的质量等级由需方指定。

^b FBH=平底孔, SDH=横孔。

^c 如果缺陷间距>15 mm, 允许不计数量。

^d 斜探头(4 MHz~5 MHz, 晶片尺寸接近 10 mm)。

^e 直径 0.75 mm 的横孔可以用直径 3 mm 的横孔代替, 把直径 3 mm 的横孔的距离波幅校正曲线降低 50%。

表 2 超声可探性要求

单位为毫米

壁厚/mm	检测区域	依据 5.2 能探测的最小平底孔直径
≤100	—	2
>100~300	—	3
>300~600	—	4
—	特殊外层, 准备焊接区	1.5

表 3 记录值

壁厚/mm	最小平底孔当量直径/mm	底波衰减/dB,最小
≤100	2	12
>100~300	3	
>300~600	4	

表 4 缺陷类型的参考符号

参考符号	缺陷类型	图
SDB	底波衰减	C. 2
Ⅱ	不能测量尺寸的单个缺陷	C. 3, C. 4
Ⅱ L	能测量的尺寸的单个缺陷	C. 4, C. 5
GIR	可分辨的密集缺陷	C. 6
Ⅱ P/Ⅱ D	有 2 个尺寸的单个缺陷	C. 5, C. 7
NⅡ	不能测量尺寸的多个缺陷	C. 8
NIP	能测量壁厚方向上尺寸的多个缺陷	C. 9
GIN	不可分辨的密集缺陷	C. 10, C. 11

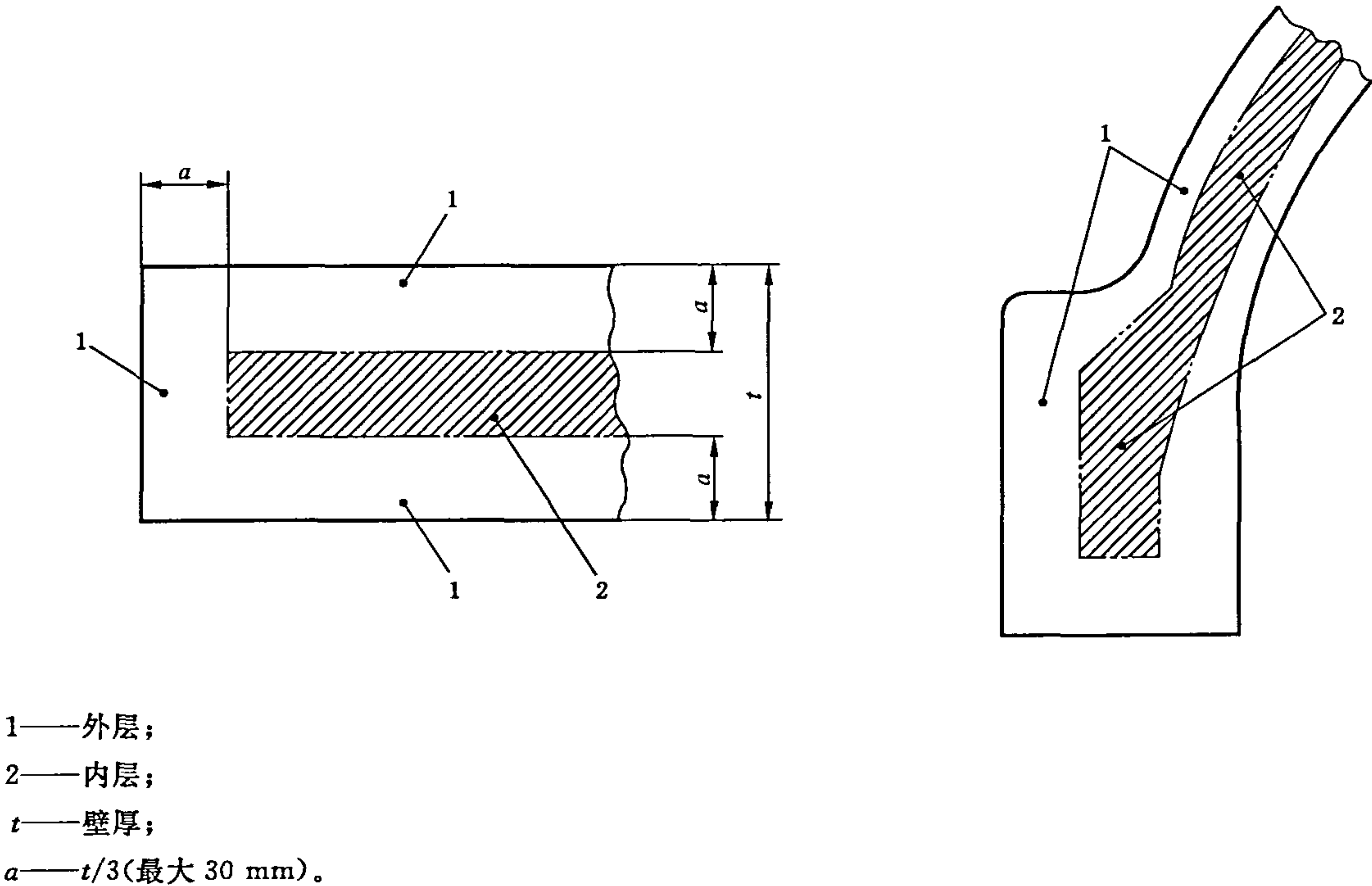
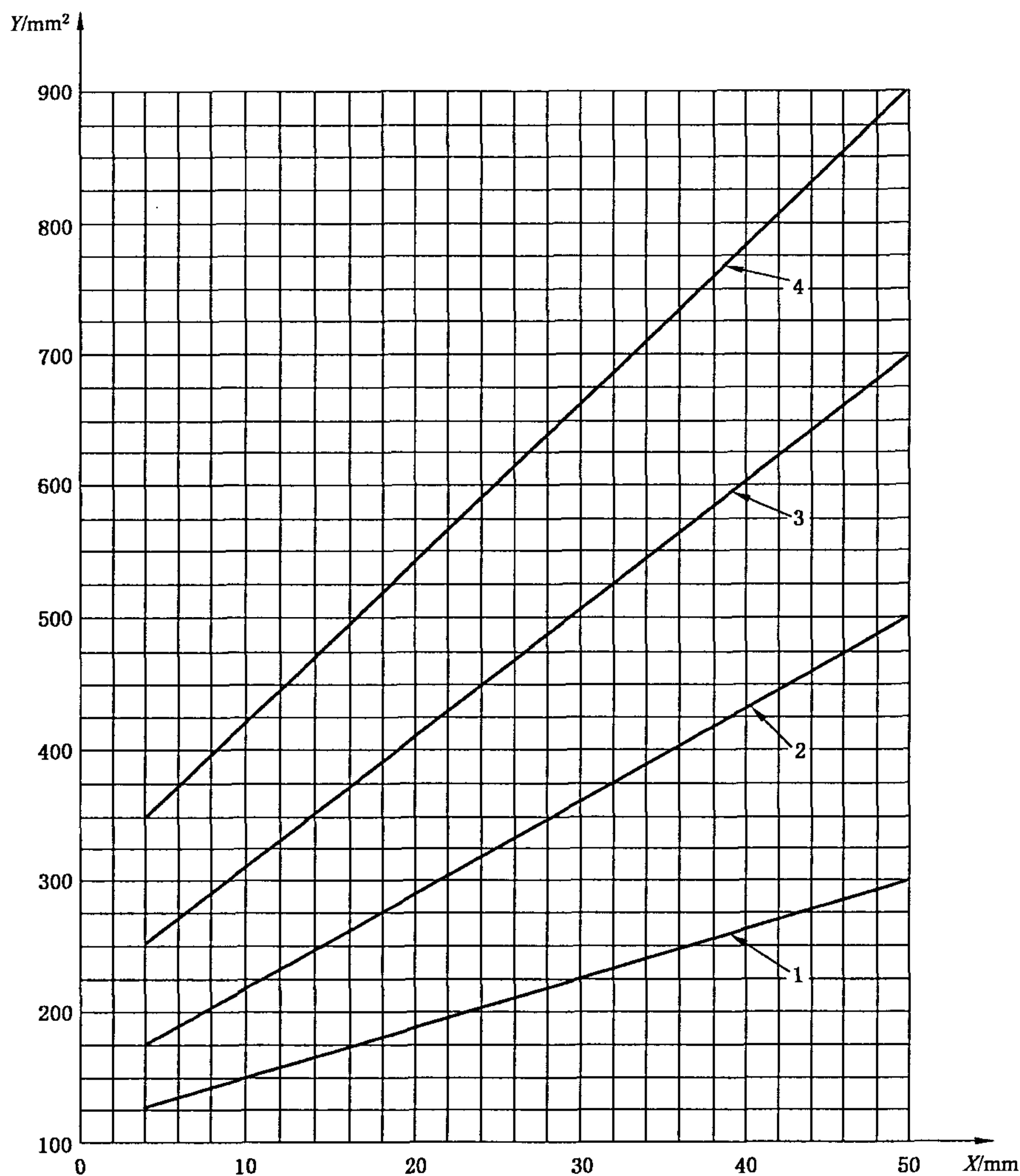


图 1 壁厚分区



- 1——2 级；
2——3 级；
3——4 级；
4——5 级；
- X——距检测表面的距离(最短距离),mm;
Y——允许的最大单个缺陷的面积,mm²。

1 级不允许有能测量尺寸的缺陷。

注：单个缺陷在壁厚方向上的最大尺寸不能超过壁厚的 10%，缺陷的尺寸不大于 10 mm 的除外，壁厚方向上缺陷累加尺寸不能超过壁厚的 25% 或 20 mm。

两个缺陷之间的最大距离不大于 10 mm，应作为一个壁厚方向上或侧向表面的单个缺陷或缺陷区域来评定。

对能测量长度而不能测量壁厚方向上尺寸的缺陷区域，不能测量的尺寸应认定为 3 mm，缺陷的面积应按下述公式计算：

$$A=3\times L$$

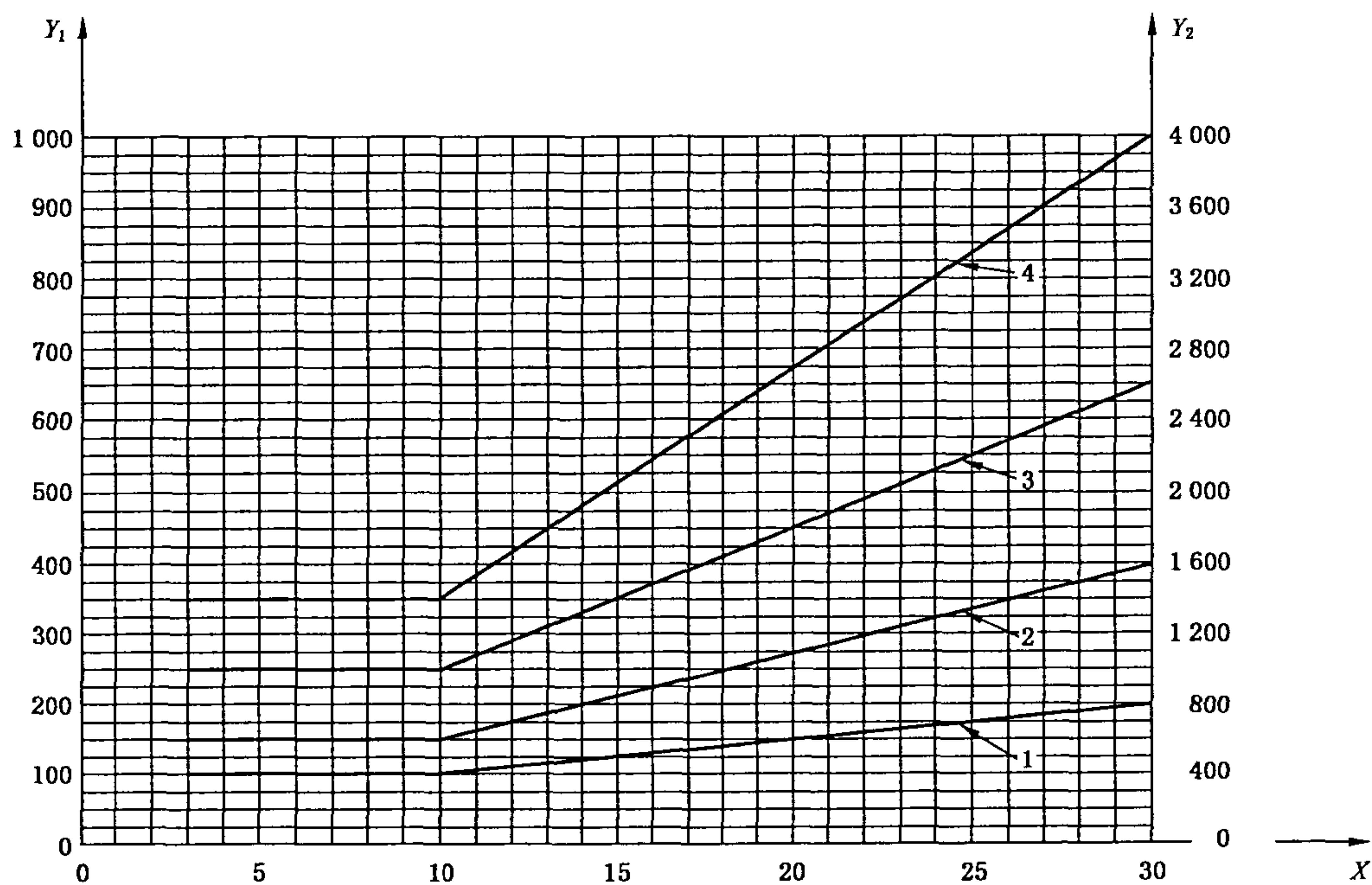
式中：

A——缺陷面积，单位为平方毫米(mm²)；

3——定义宽度，单位为毫米(mm)；

L——测量长度，单位为毫米(mm)。

图 2 用斜探头检测基本在壁厚方向上单个平面型缺陷的允许限值(见图 C. 8, 图 C. 9, 图 C. 11)



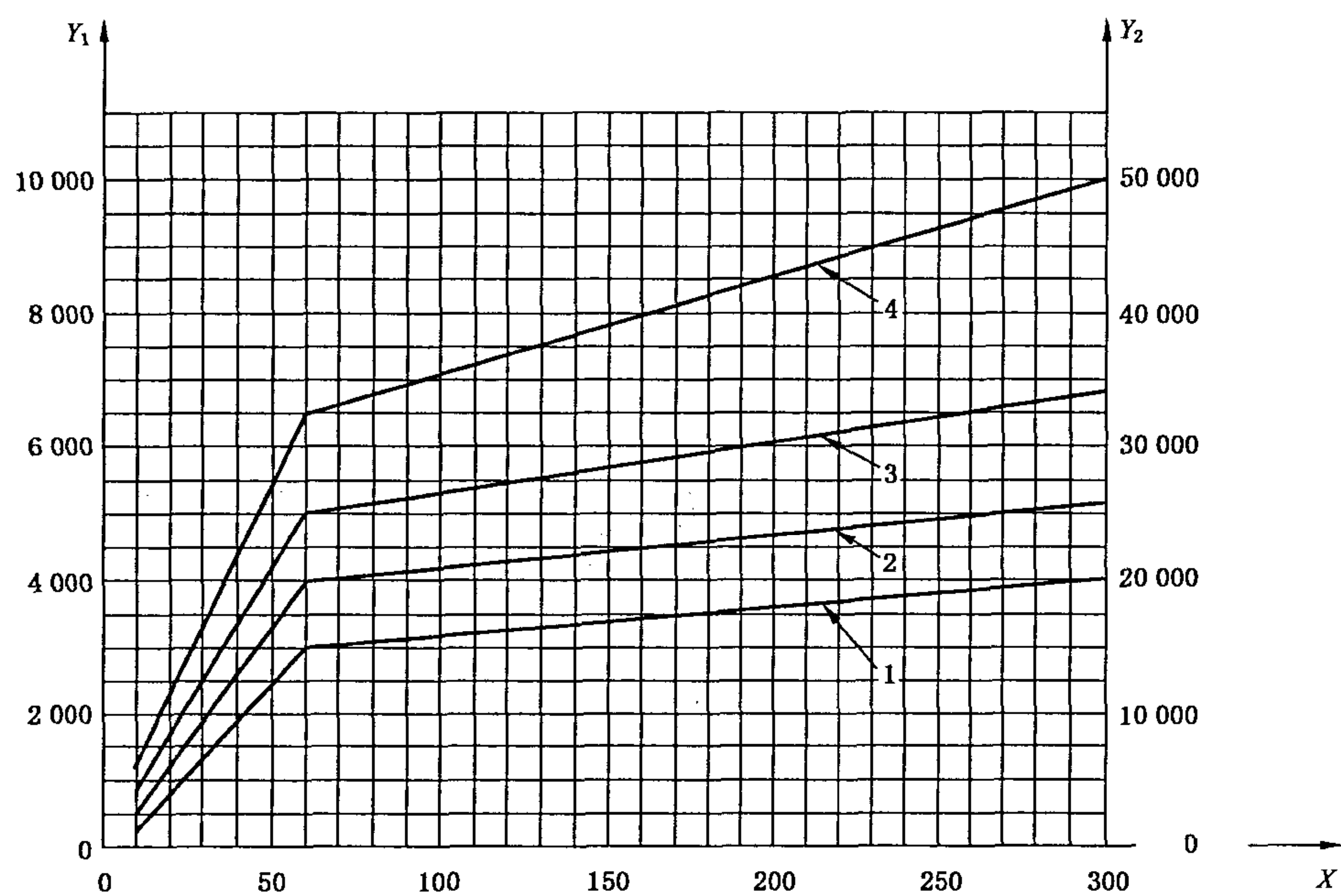
1——2 级；
2——3 级；
3——4 级；
4——5 级；
1 级不允许有能测量尺寸的缺陷。

X ——距检测面或底面的最短距离，mm；
 Y_1 ——记录的最小缺陷面积，mm²；
 Y_2 ——允许的最大单个缺陷面积，mm²。

注：缺陷在壁厚方向上最大允许尺寸应是外层厚度的 15%。

两个缺陷之间的最大距离不大于 10 mm，应作为一个壁厚方向上或侧向表面的单个缺陷或缺陷区域来评定。
对能测量长度而不能测量壁厚方向上尺寸的缺陷区域，不能测量的尺寸应认定为 3 mm，缺陷的面积应按图 2 的图注中公式计算。

图 3 用直探头检测位于外层能测量尺寸的体积型缺陷的记录和允许限值(见图 C. 2、图 C. 5、图 C. 10)



- 1——2 级；
2——3 级；
3——4 级；
4——5 级；
- X——距检测面或底面的最短距离，mm；
Y₁——记录的最小缺陷面积，mm²；
Y₂——允许的最大单个缺陷面积，mm²。

1 级不允许有能测量尺寸的缺陷。

注：缺陷在壁厚方向上的最大允许尺寸应是壁厚的 15%。

两个缺陷之间的最大距离不大于 20 mm，应作为一个壁厚方向上或侧向表面的单个缺陷或缺陷区域来评定。

对能测量长度而不能测量壁厚方向上尺寸的缺陷区域，不能测量的尺寸应认定为 3 mm，缺陷面积应按图 2 的图注中公式计算。

除非订货时另有协议，当完成射线和超声联合检测后，确定缺陷位于内层，缺陷允许降低一个级别，例如射线检测 3 级代替 2 级。

图 4 用直探头检测位于内层能测量尺寸的体积型缺陷的记录和允许限值(见图 C. 2、图 C. 5、图 C. 10)

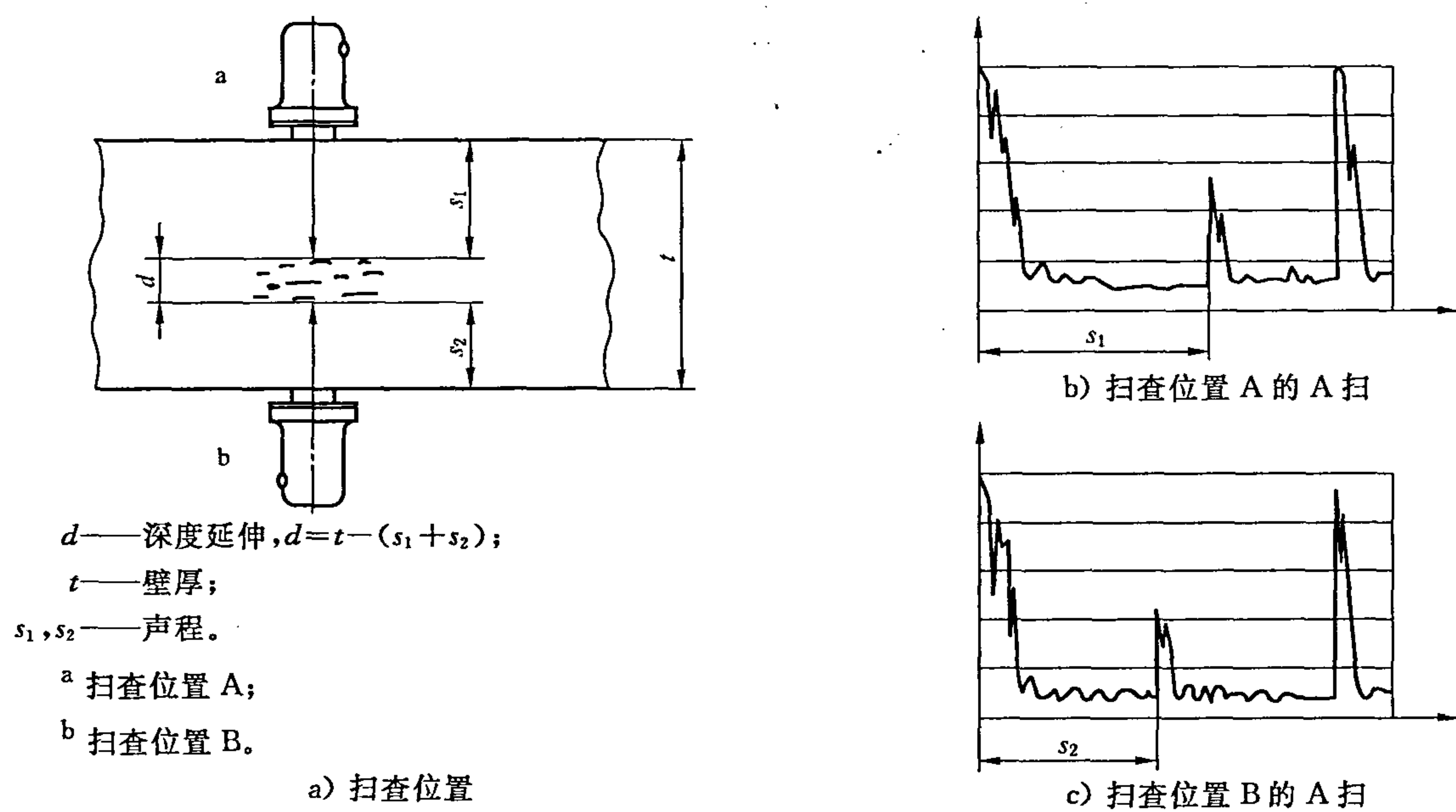


图 5 用直探头测量壁厚方向上缺陷的尺寸

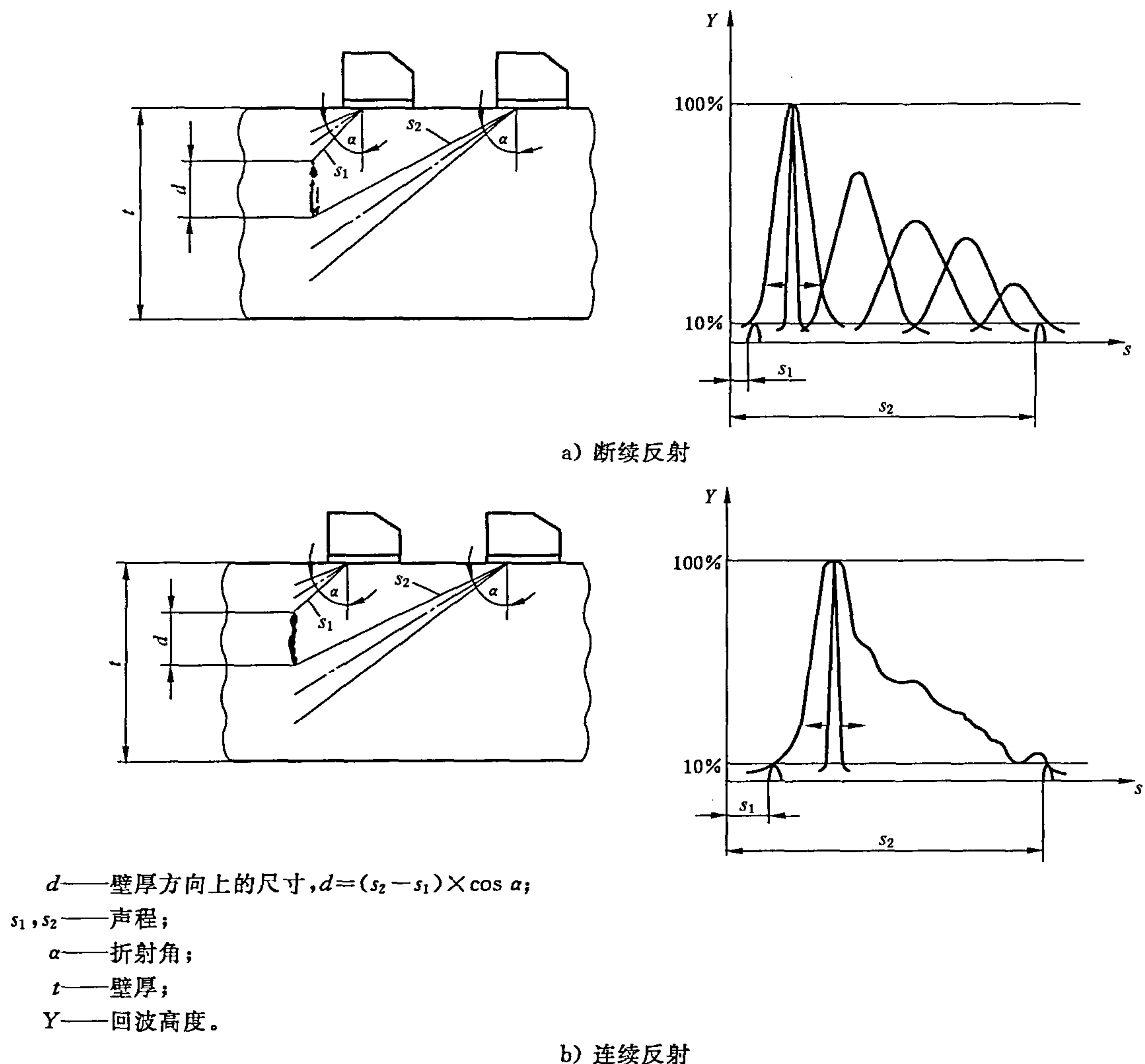


图 6 测量壁厚方向上缺陷的尺寸

附录 A
(规范性附录)

整套设备(仪器/探头组合)的探测分辨力

整套设备(仪器/探头组合)的探测分辨力,纵波是用测量 GB/T 19799.1 中 1 号钢校准试块 25 mm 厚处的一次底波宽度来评价。横波是用测量 GB/T 19799.1 中 1 号钢校准试块 1/4 圆弧处的回波宽度来评价。回波幅度调到屏高的 80%~100%,测量 10%回波高度处的回波宽度。表 A.1 给出了回波宽度的特征值。

表 A.1 回波宽度特征值

频率/MHz	回波宽度/mm	
	纵波(L)	横波(T)
1 或 1.25	15	—
2 或 2.25	9	5
4	5	3
5	4	2.5

附 录 B
(资料性附录)
声 束 直 径

图 B.1 和表 B.1 给出了声束直径的资料,区别缺陷能否测量尺寸。

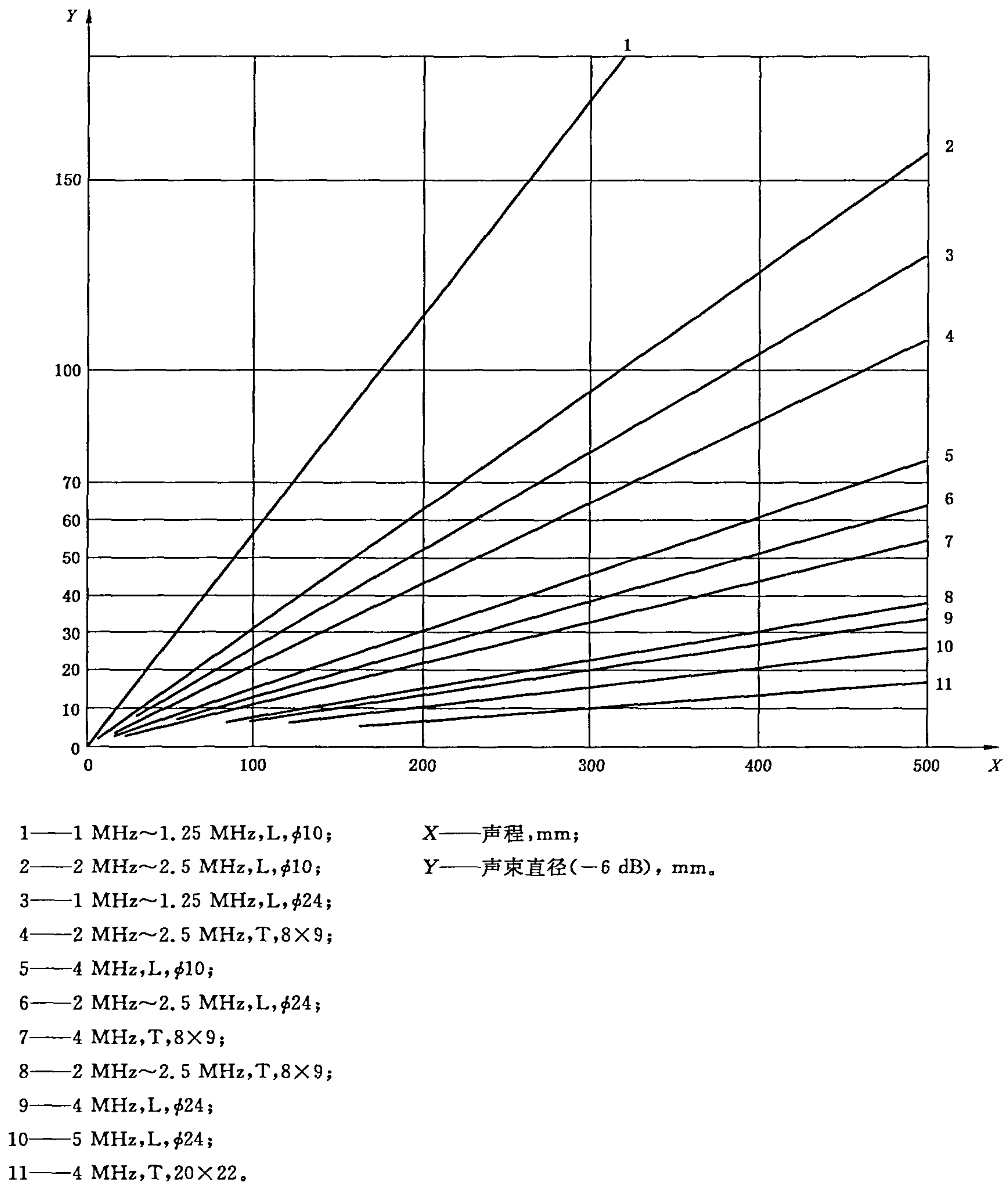


图 B.1 各种声程和近场长度的探头对应的声束直径

表 B.1 近场长度

探头晶片 尺寸/mm	近场长度/mm(近似值)					
	纵波(L)				横波(T)	
	1 MHz~1.25 MHz	2 MHz~2.5 MHz	4 MHz	5 MHz	2 MHz~2.5 MHz	4 MHz
φ10	4.2	8.0	15.6	—	—	—
φ24	22.7	45	88	115	—	—
8×9	—	—	—	—	14	28
20×22	—	—	—	—	75	150

近场长度和声束直径可以通过公式(B.1)和公式(B.2)计算：

$$N=\frac{D_c^2}{4\times\lambda}$$

.....(B.1)

$$D_F=\frac{\lambda\times s}{D_c}$$

.....(B.2)

式中：

N——近场长度,单位为毫米(mm)；

D_c——晶片直径,单位为毫米(mm)；

λ——波长,单位为毫米,(mm)；

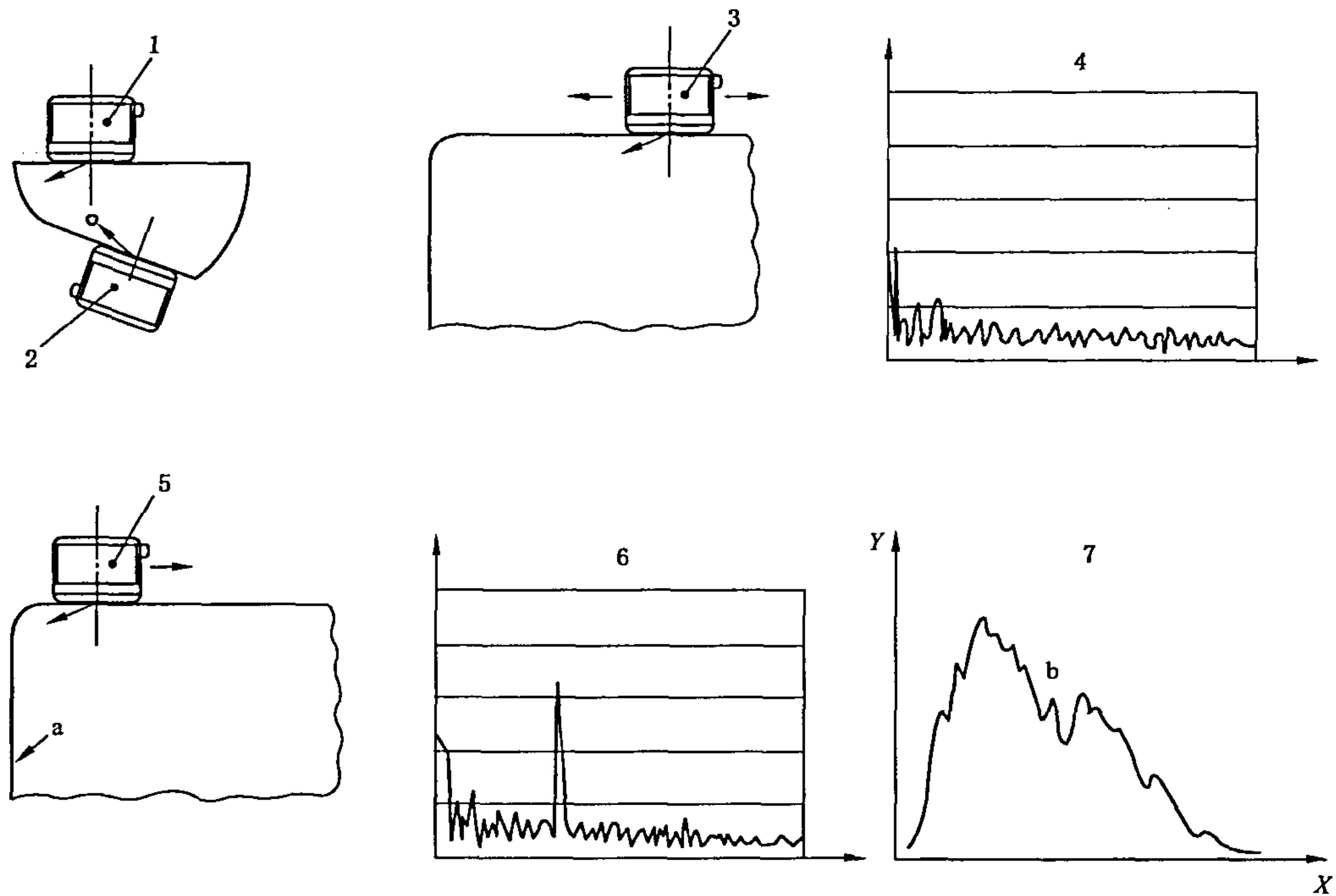
s——声程,单位为毫米,(mm)；

D_F——声束直径,单位为毫米,(mm)。沿着声程,垂直于中心声束的声压减小 6 dB。

附录 C
(资料性附录)
缺陷的类型

图 C.1~图 C.11 展示了通过回波动态可能区别的不同缺陷类型。
为了区别缺陷类型,可依据下述条件改变检测灵敏度:

- 表面到缺陷的距离;
- 几何形状;
- 被检表面的最终状态。



- 1——范围调整,例如使用符合 GB/T 19799.1 或者 GB/T 19799.2 的校准试块;
- 2——用横孔试块校准检测设备,横孔的回波高度是 100% 的屏高;
- 3——铸钢件被检区域的灵敏度调整,与参考反射体的缺陷无关;
- 4——噪声平均高度大致在屏高的 5%~10%;
- 5——通过观察铸态面在壁厚方向上的回波动态来校验检测灵敏度和所用设备;
- 6——A 扫;
- 7——典型的回波动态;
- X——探头移动;
- Y——回波高度。
- ^a 铸态表面;
- ^b 回波动态。

图 C.1 调整超声仪器范围和灵敏度,使用双晶斜探头(4 MHz~5 MHz,60 度)
检测主要在壁厚方向外层能测量尺寸的缺陷

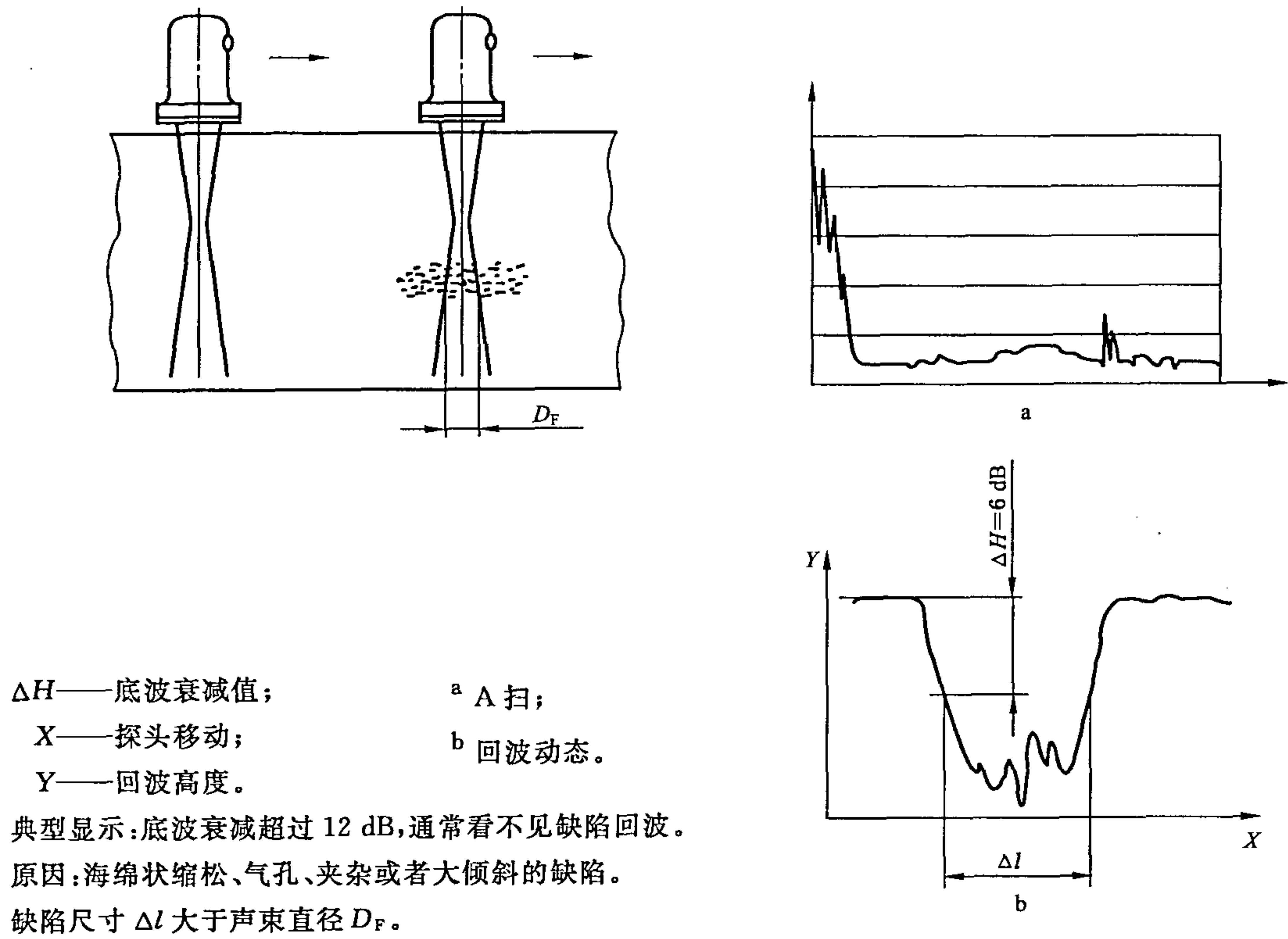


图 C.2 测量底波衰减超过 12 dB 范围尺寸的缺陷

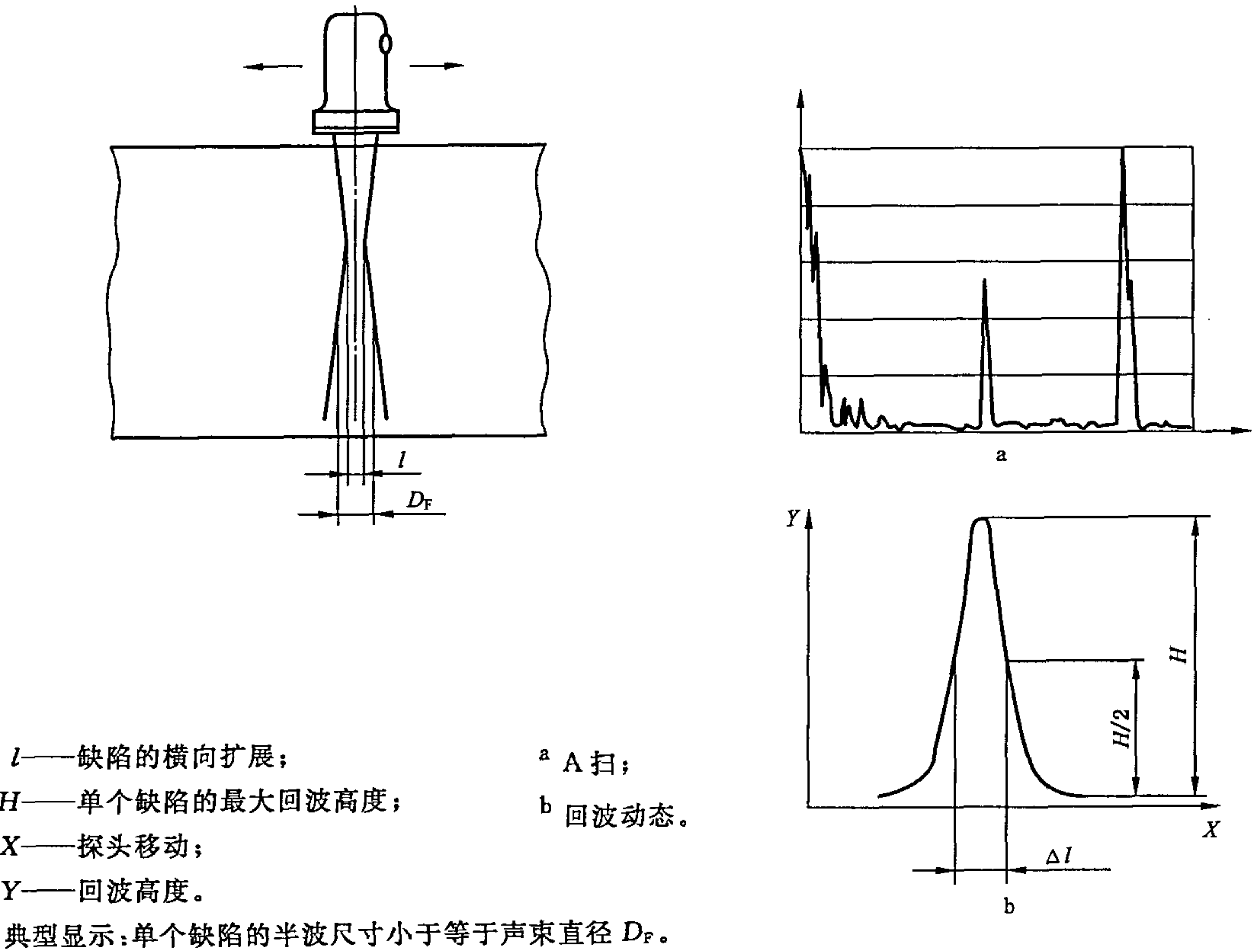
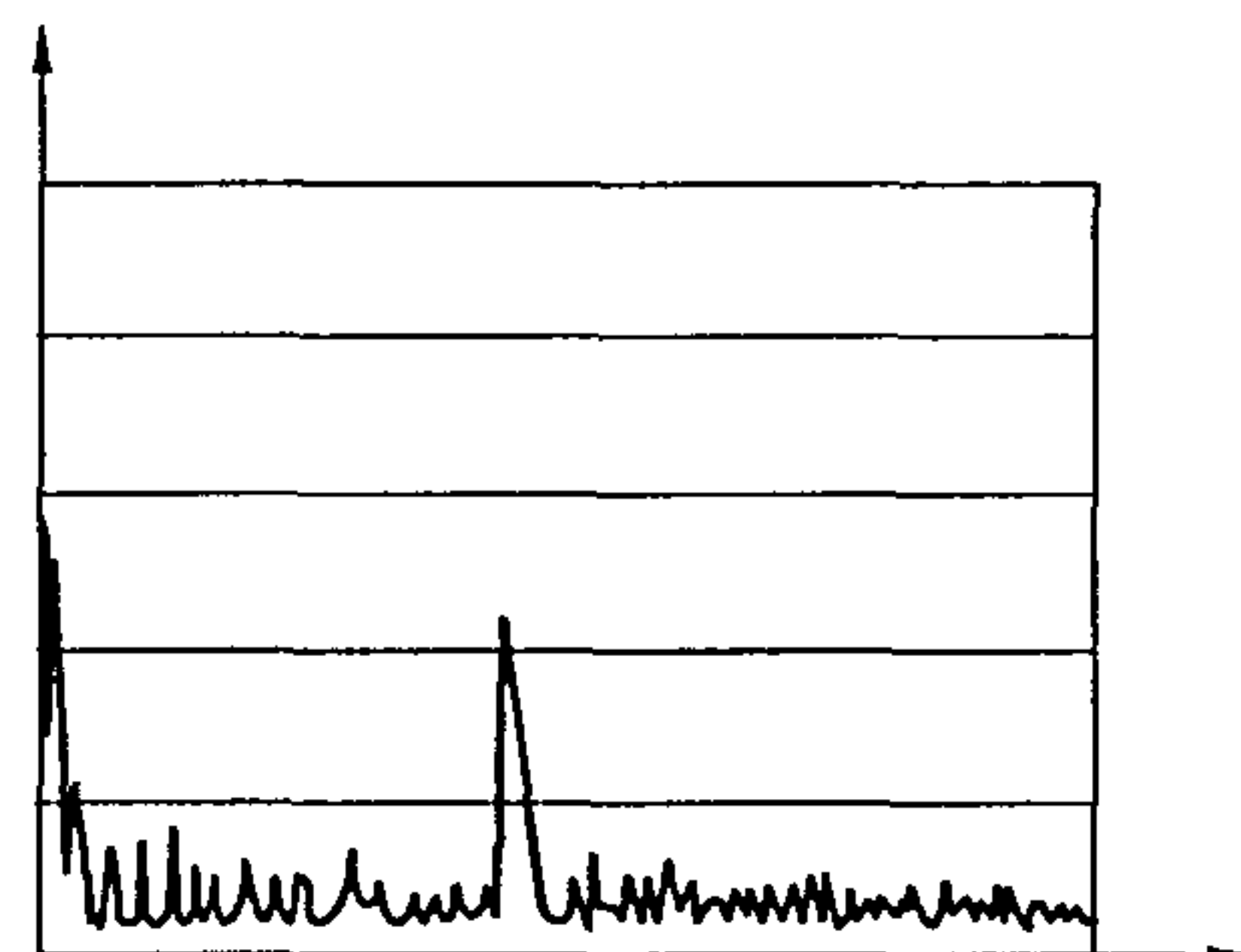
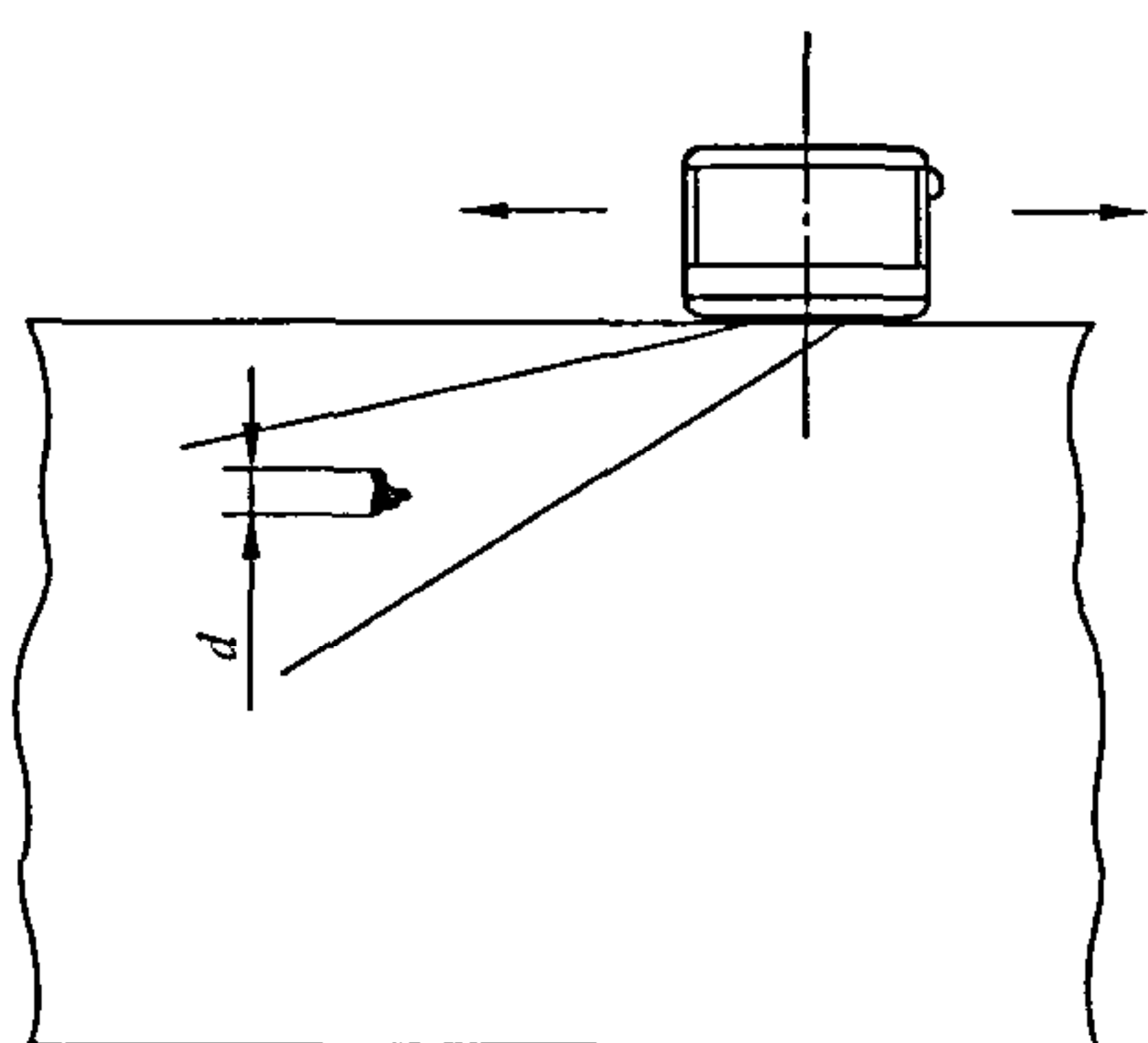
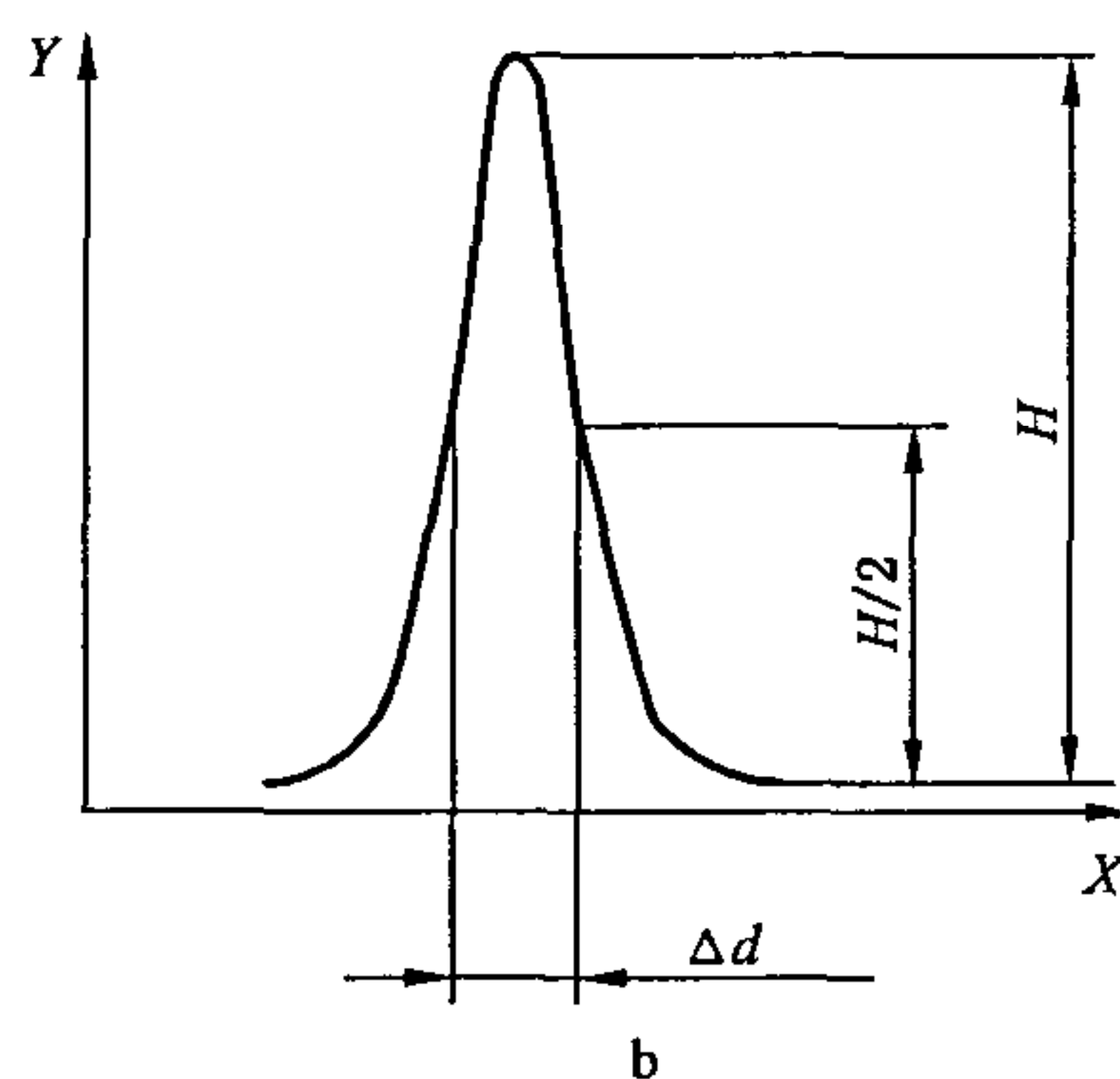


图 C.3 不能测量尺寸的单个缺陷



a



b

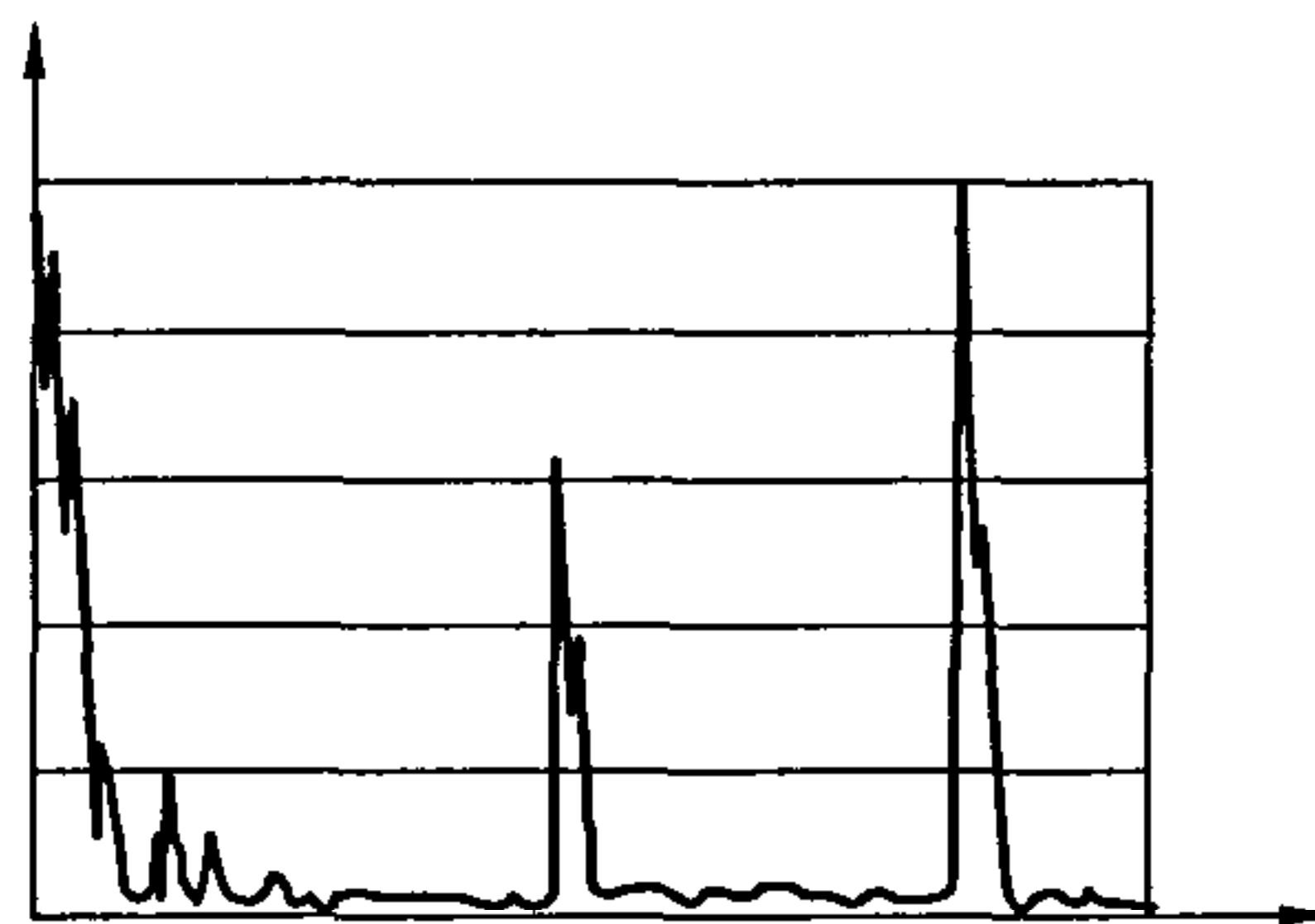
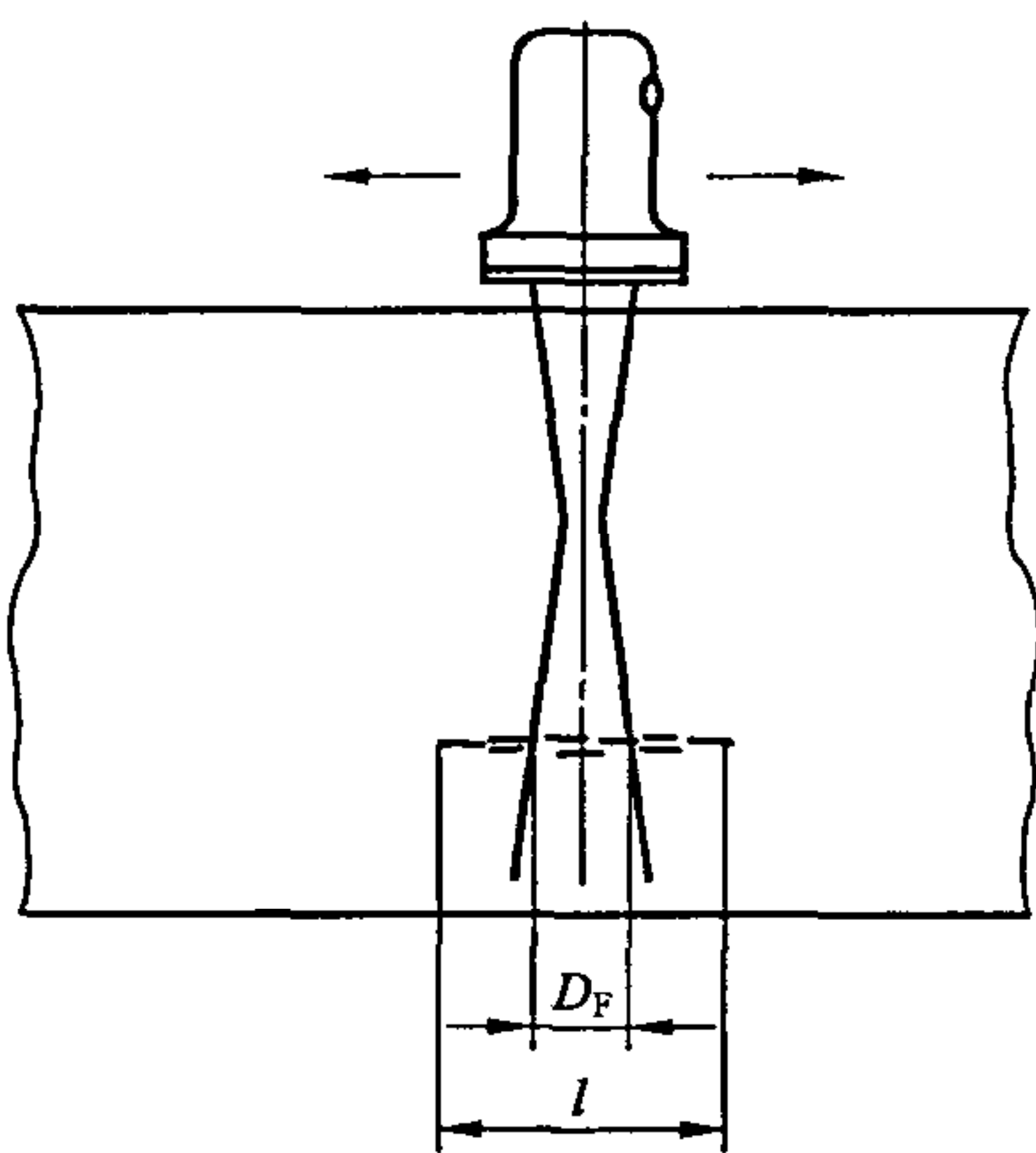
d ——壁厚方向上缺陷的尺寸；
 H ——单个缺陷的最大回波高度；
 X ——探头移动；
 Y ——回波高度。

a A 扫；

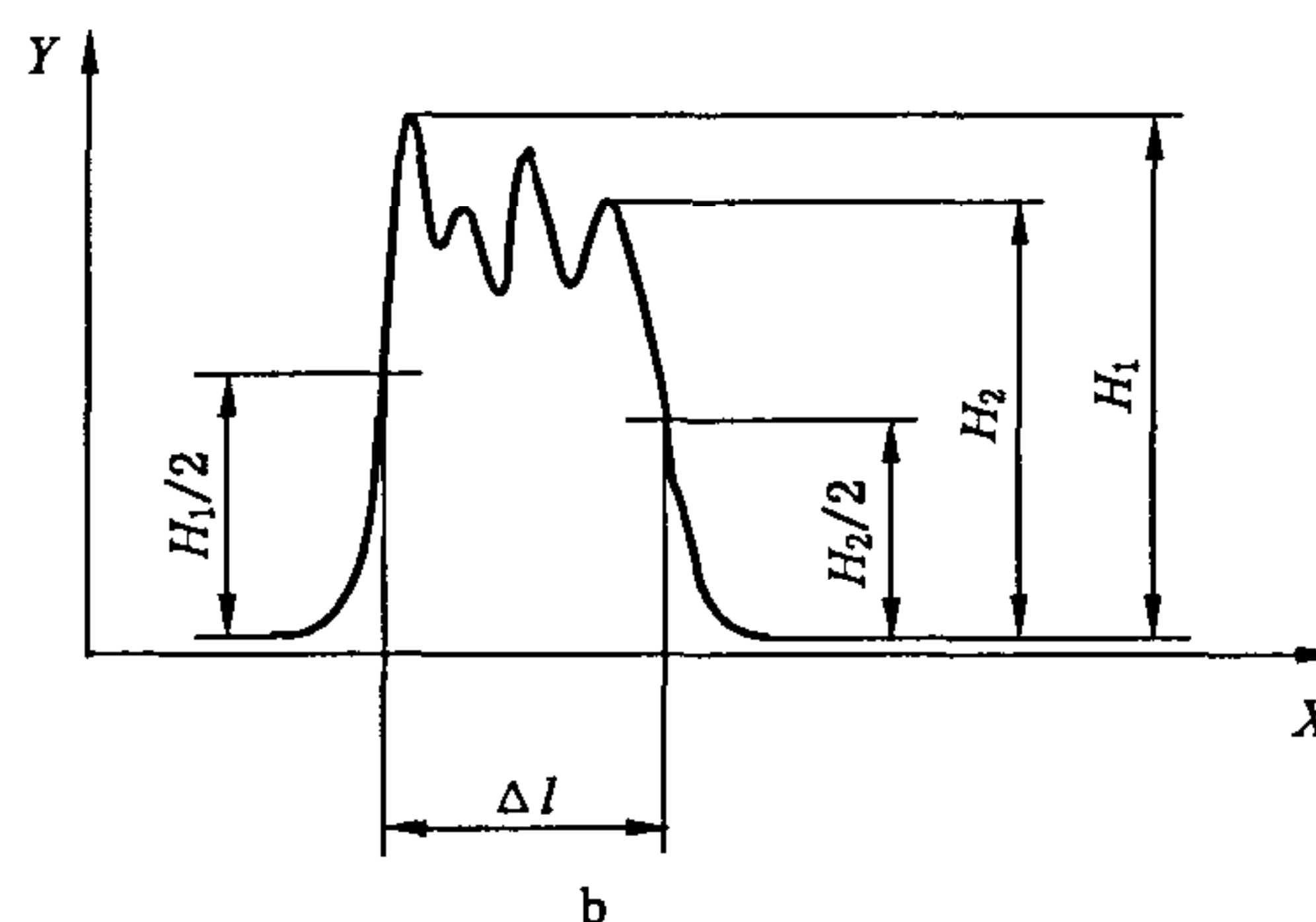
b 回波动态。

典型显示：在反射点单个缺陷的半波尺寸 Δd 等于或小于声束直径 D_F 。

图 C.4 不能测量尺寸的单个缺陷：能测量平行于检测面的尺寸而不能测量壁厚方向上尺寸



a



b

l ——缺陷的横向扩展；
 Δl ——缺陷半波尺寸；
 H_1, H_2 ——缺陷相对两侧的最大回波高度；
 X ——探头移动；
 Y ——回波高度。

a A 扫；

b 回波动态。

典型显示：壁厚方向大部分在同一位置的单个缺陷。

缺陷范围的尺寸大于声束直径 D_F 。

图 C.5 能测量尺寸的单个缺陷：能测量长度不能测量宽度；能测量长度又能测量宽度

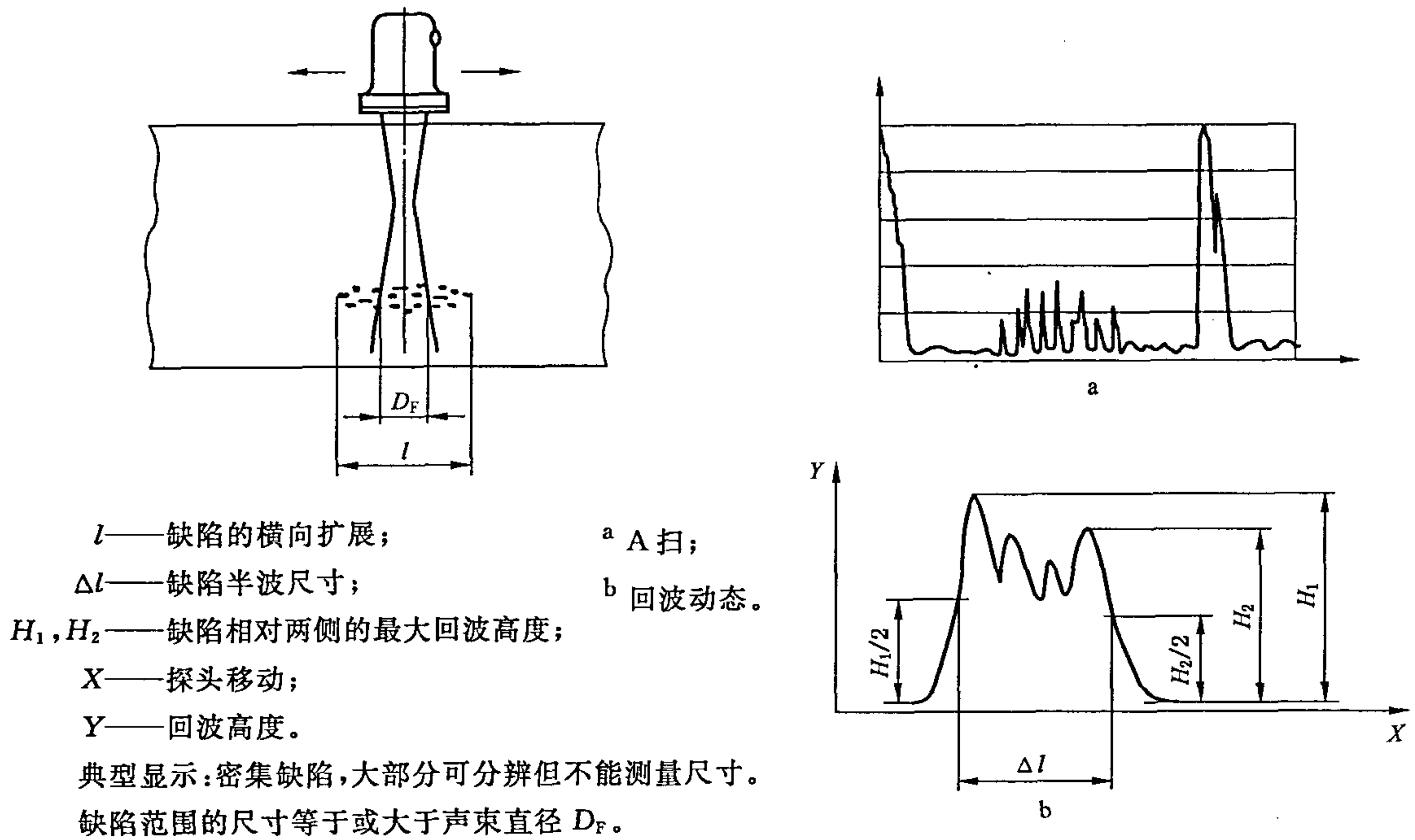
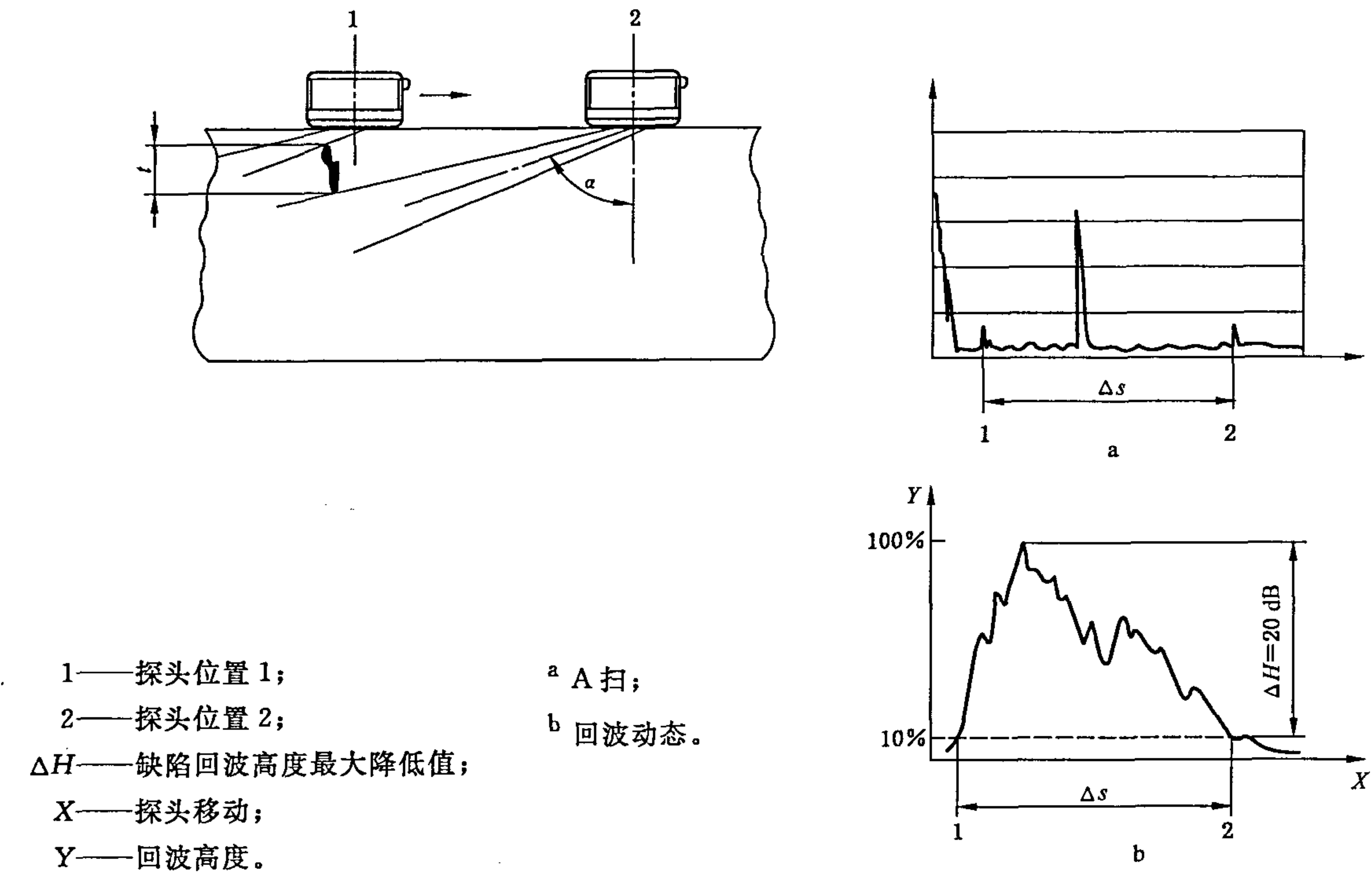


图 C.6 能测量范围尺寸的可分辨的密集缺陷



典型显示：仅在壁厚方向上(移动显示)或者在壁厚和平行检测面两个方向上都有明显的回波动态的单个缺陷尺寸，见如下公式：

$$t = \Delta s \times \cos \alpha$$

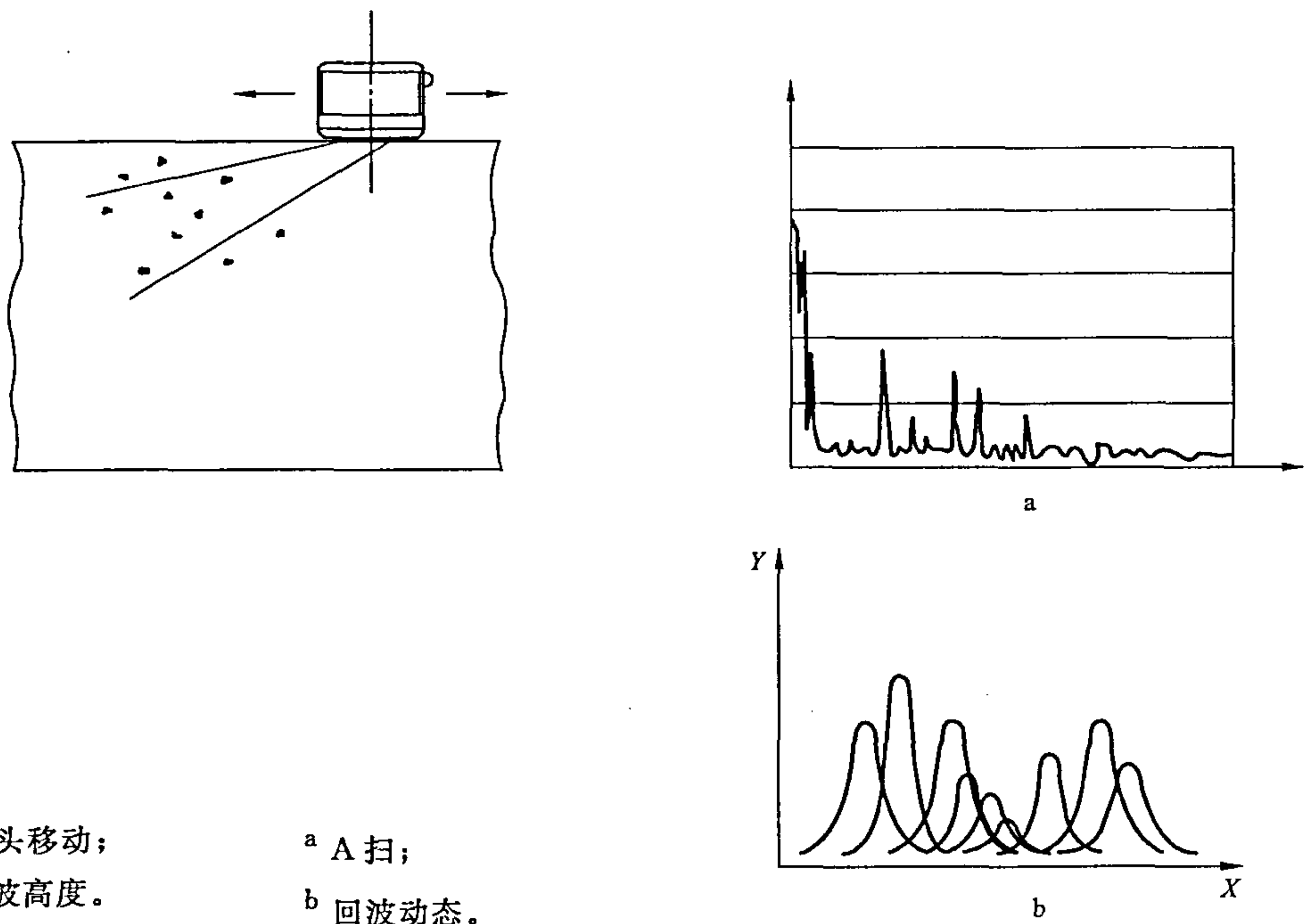
式中：

t ——壁厚方向上的尺寸；

Δs ——从位置 2 到位置 1 的声程差；

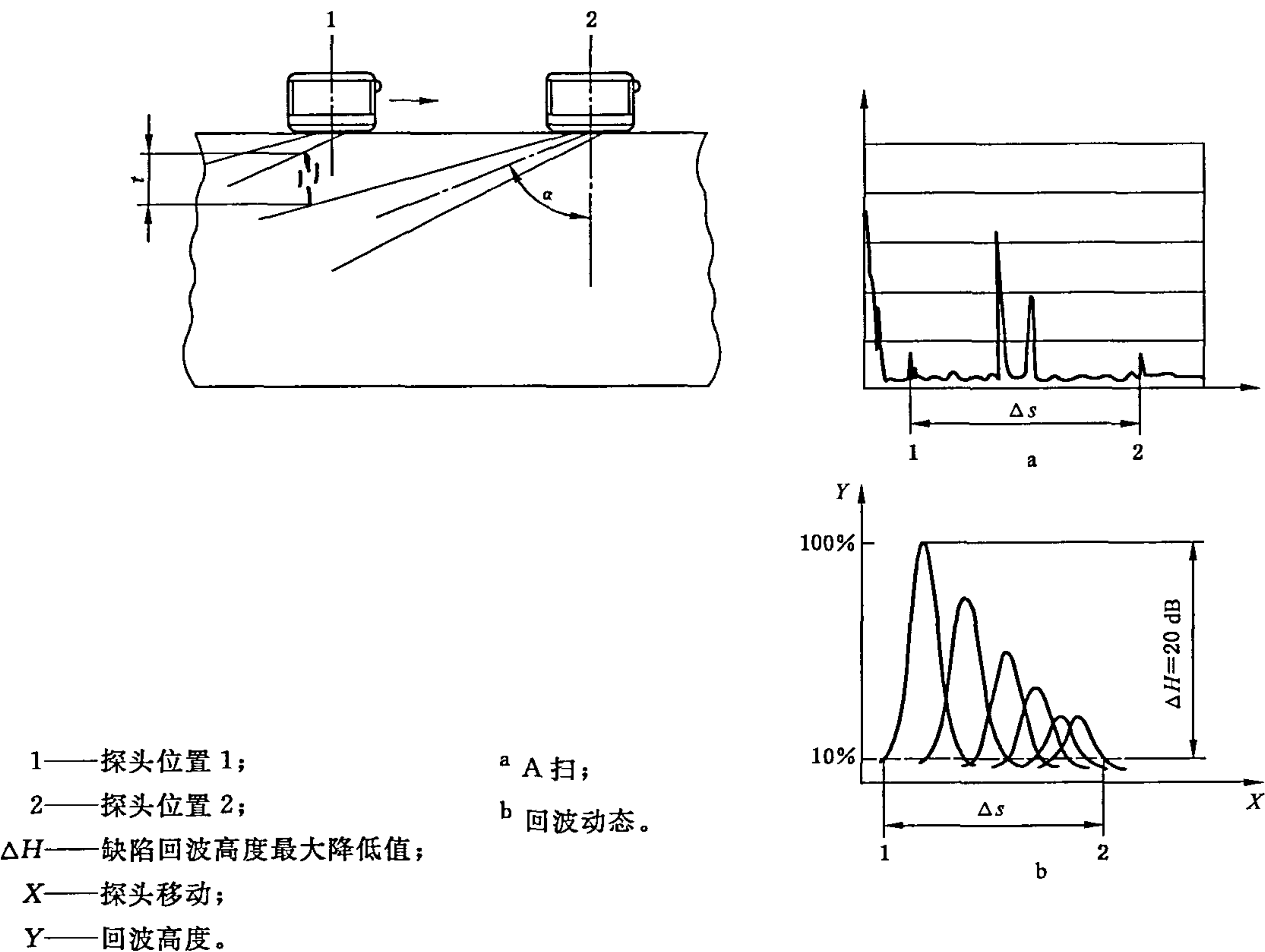
α ——折射角。

图 C.7 能测量壁厚方向上尺寸的单个缺陷



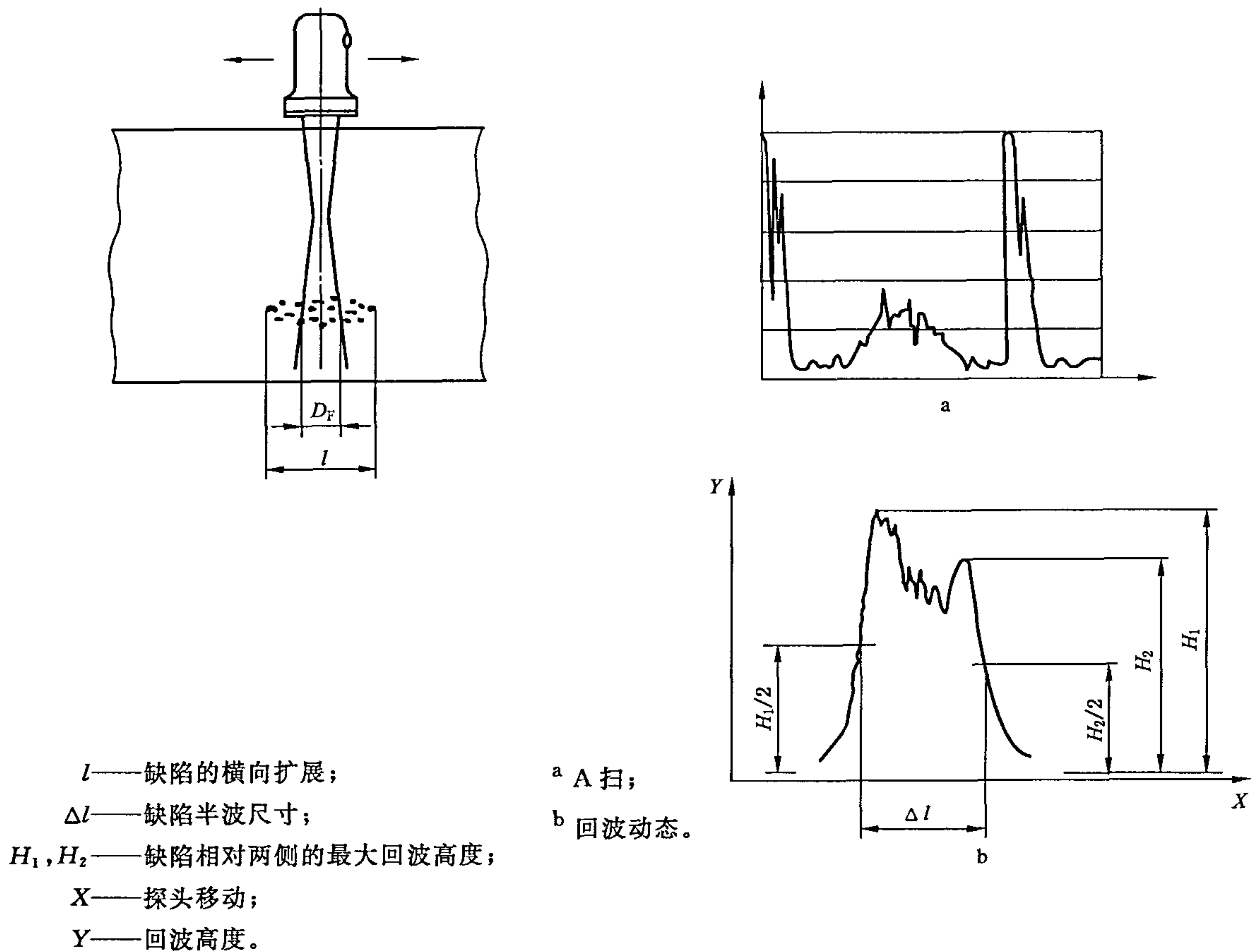
典型显示:多个单个缺陷。
当探头移动声程改变,所有的缺陷仍不能测量尺寸。

图 C.8 不能测量多个单个缺陷的尺寸,但能测量缺陷范围尺寸的多个单个缺陷



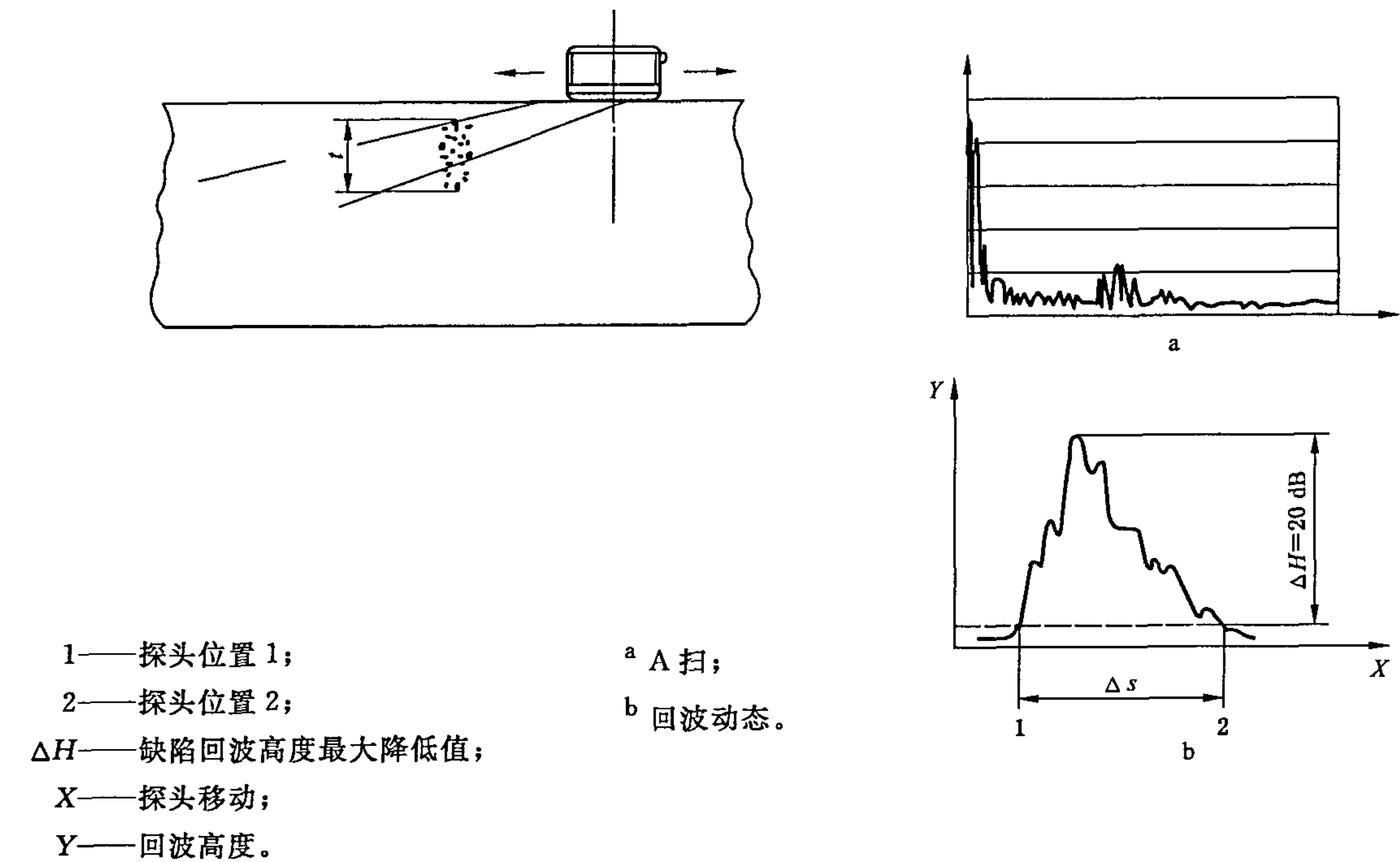
典型显示:测量主要在壁厚方向上的单个缺陷的尺寸见图 C.7 中公式。

图 C.9 能测量壁厚方向上尺寸的多个平面型缺陷



典型显示:大部分是无法分辨个体的密集缺陷,缺陷范围的尺寸等于或大于声束直径 D_F 。
如果因几何形状不能得到底面回波,这种类型的缺陷应评定。同时应按图 C.2 评定底波衰减。

图 C.10 能测量范围尺寸的无法分辨的密集缺陷(直探头)



典型显示:大部分是无法分辨的密集缺陷,壁厚方向上缺陷范围的尺寸见图 C.7 中公式。

图 C.11 能测量范围尺寸的无法分辨的密集缺陷(斜探头)

附录 D
(资料性附录)
传输修正

D.1 总则

除非调节检测灵敏度的试块和被检铸钢件的声学阻抗特性是一致的,否则在调节检测灵敏度或者测量任何缺陷的回波高度时,如果需要,都应测定传输修正并应用。

传输修正 ΔV_t 由两个方面构成:

- 1) 接触表面上的耦合衰减,与声程无关;
- 2) 材料的衰减,与声程有关。

通常有两种方法:一种简单的设定固定路径长度方法。另一种相对方法,有助于充分补偿上述两个方面。

D.2 固定路径长度的方法

仅适用于耦合衰减占声能衰减的大部分,材料衰减相比较而言小于耦合衰减,或者可测量回波高度的反射位于底面附近。

当使用直探头时,校准试块和被检铸钢件的一次底波在荧屏上的高度一致。记录下它们的增益 dB 值(分别记作 $V_{t,t}$ 和 $V_{t,r}$)。当使用斜探头时,两个相同的斜探头,一个作为发射者,一个作为接收者,以获得相应一倍跨距的底面回波。

对于不同的声程,大平底反射两个回波增益在理论上是不同的,它们的差值(ΔV_s)可以在 DGS 曲线上读出,传输修正值(ΔV_t)按公式(D.1)计算:

$$\Delta V_t = V_{t,t} - V_{t,r} - \Delta V_s, \dots\dots\dots (D.1)$$

D.3 相对方法

D.3.1 直探头

将探头放在校准试块上,调节增益使一次底波和二次底波达到同样的荧屏高度,分别测得 V_{A1} 和 V_{A2} (见图 D.1),数值标定与声程相对应,通过这两点画一条直线 2。将探头放在被检铸钢件上,按上述步骤,增益测得 V_{B1} 和 V_{B2} ,画出直线 1(见图 D.1)。适合的声程(S_0)对应的传输修正值(ΔV_t),通过这两条直线在增益上的差值算出,见图 D.1。

注:通过 V_{B1} 和 V_{B2} 画出的线的斜率并不代表被检铸钢件的真实衰减,所以没有理由算出在被检表面的多重反射由声束扩散和声能透射进探头引起的衰减。附录 E 给出一种方法测定在任一倍数反射的耦合衰减。

D.3.2 斜探头

除了使用两个相同的斜探头,一个作为发射者,一个作为接收者,原则上与直探头相似。

将探头放在 DAC 校准试块上,调节增益分别使一倍跨距的底面回波和二倍跨距的底面回波达到同样的荧屏高度,测得相应的增益值分别为 V_{A1} 和 V_{A2} ,数值标定与声程相对应,通过这两点画一条直线 2(见图 D.1)。将探头放在被检铸钢件上,按上述步骤,增益测得 V_{B1} 和 V_{B2} ,画出直线 1(见图 D.1)。

适合的声程(S_0)对应的传输修正值(ΔV_t),通过这两条直线在增益上的差值算出。

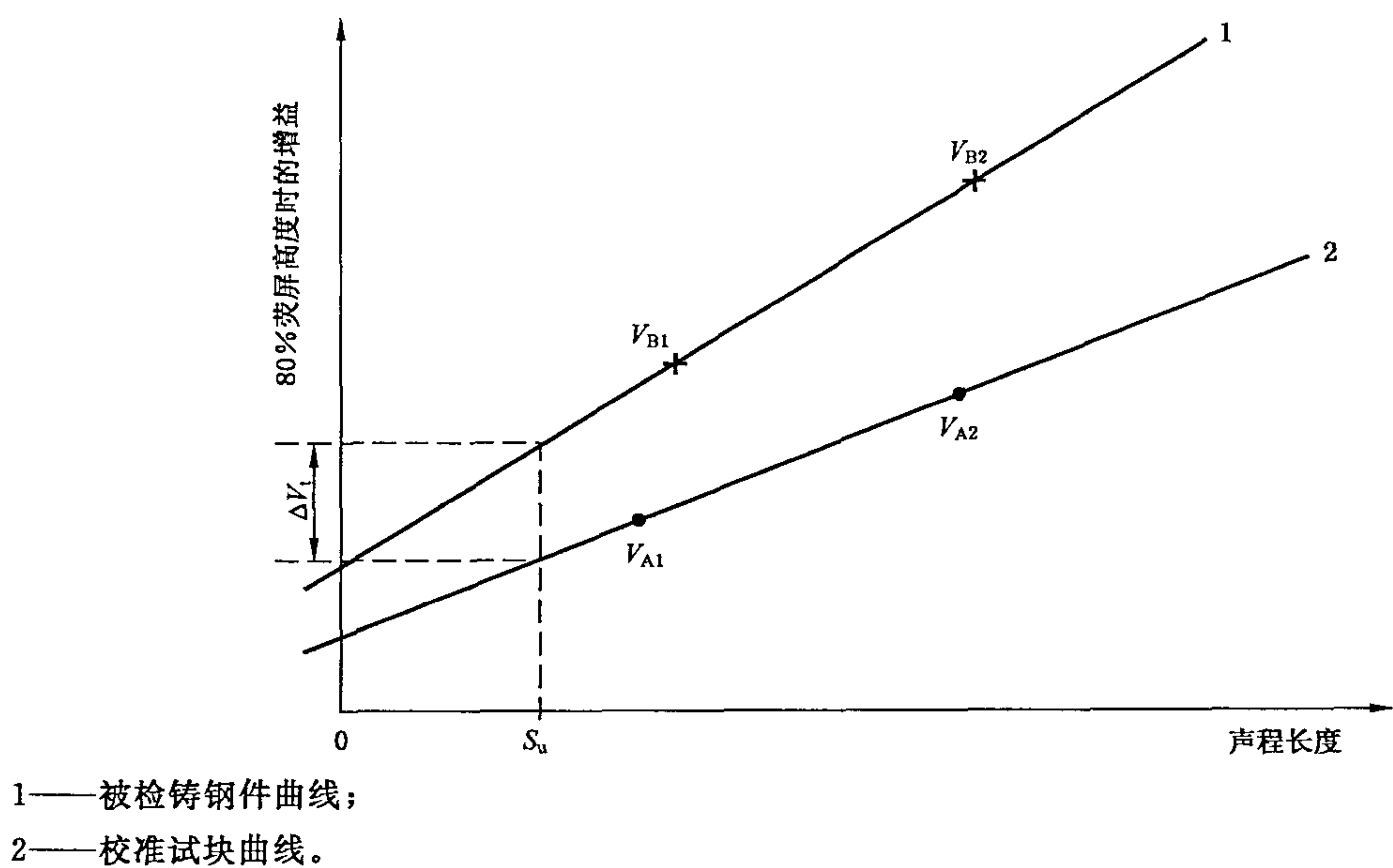


图 D. 1 相对方法确定传输修正

D.4 局部波动的传输修正的补偿

如果有理由怀疑传输修正的波动值在被检铸钢件所测值之上,传输修正在一些特定位置将要被重新测量。

如果传输修正的最大和最小值之间不超过 6 dB,传输修正值采用所有测量点的平均值。如果波动值超过 6 dB,采用方法 a)或方法 b)。

- a) 提高传输修正的平均值,计算所有高于 ΔV_i 以上差值的平均值 ΔV ,这个修正的传输修正值 $(\Delta V_i + \Delta V)$,适用于整个重检区域。
- b) 把被检区域分成不同的区,使任一区传输修正的波动值不超过 6 dB。每个 ΔV_i 值适用于各自的区域。

附录 E
(资料性附录)
耦合传输修正的测定

E.1 总则

通常增益 V 用下面的公式表示：

$$V = -20 \lg \frac{A}{A_0} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中： A 和 A_0 为信号幅度。
声波传播的过程中有三种不同的衰减：

- a) 与探头及其材质有关的扩散衰减 V_D 。随着距离增加，声压降低。可用曲线图表示，例如 DGS 图；
 - b) 与被检铸钢件的材质有关的介质衰减 V_A (吸收和散射)。通常声压的降低和距离关系是指数函数；
 - c) 与探头和被检铸钢件之间的耦合剂有关的耦合衰减 V_{ct} 。
- 每次反射回波通过耦合剂，部分声能进入探头，其余部分被反射获得多次底波。

E.2 测量

耦合衰减和距离的关系不是常数，要测量它必须忽略扩散衰减 V_D 和介质衰减 V_A 。

测量的过程中要保证扩散衰减 V_D 和介质衰减 V_A 是不变的，必须使用同一个探头，在不变的耦合条件(液态、负载、静止时间、温度)下测量一组至少三个同一材质制成的表面平行试块，三个试块的厚度 t_1, t_2, t_3 之间的关系是 $t_3 = 2t_2 = 4t_1$ 。

测量厚度 t_1 的 1 号试块，记录生成的四次底波的幅度 $V_1(t_1), V_1(2t_1), V_1(3t_1), V_1(4t_1)$ 。

同样，记录厚度 t_2 的 2 号试块二次底波幅度 $V_2(t_2), V_2(2t_2)$ 。最后，记录厚度 t_3 的 3 号试块一次底波幅度 $V_3(t_3)$ 。如图 E.1。

E.3 计算

厚度 t_2 的 2 号试块的第二次底波和厚度 t_3 的 3 号试块的第一次底波的声程是一样的，因此它们的扩散衰减 V_D 和介质衰减 V_A 是相等的。在 t_2 距离上耦合衰减的不同为：

$$V_2(2t_1) - V_3(t_3) = V_{ct}(t_2) \dots\dots\dots (E.2)$$

厚度 t_1 的 1 号试块的第二次底波和厚度 t_2 的 2 号试块的第一次底波的扩散衰减 V_D 和介质衰减 V_A 是相等的。在 t_1 距离上耦合衰减的不同为：

$$V_1(2t_1) - V_2(t_2) = V_{ct}(t_1) \dots\dots\dots (E.3)$$

厚度 t_1 的 1 号试块的第四次底波和厚度 t_3 的 3 号试块的第一次底波的扩散衰减 V_D 和介质衰减 V_A 是相等的，但是测量的 $V_1(4t_1)$ 值包括三个不同距离 $t_1, 2t_1, 3t_1$ 的耦合衰减。 t_1 和 $2t_1 = t_2$ 的衰减已由公式(E.2)和(E.3)算出。因此未知衰减 $V_{ct}(3t_1)$ 能被算出：

$$V_1(4t_1) - V_3(t_3) - V_{ct}(t_1) - V_{ct}(t_2) = V_{ct}(3t_1) \dots\dots\dots (E.4)$$

用三个不同距离的耦合衰减绘制出曲线图，如图 E.2。

$0.5t_1 \sim 3.5t_1$ 之间任一距离处的耦合衰减不用做更多测量就可从曲线图算出。

它们仅适用于符合相关标准规定合格的探头、耦合剂、材质。

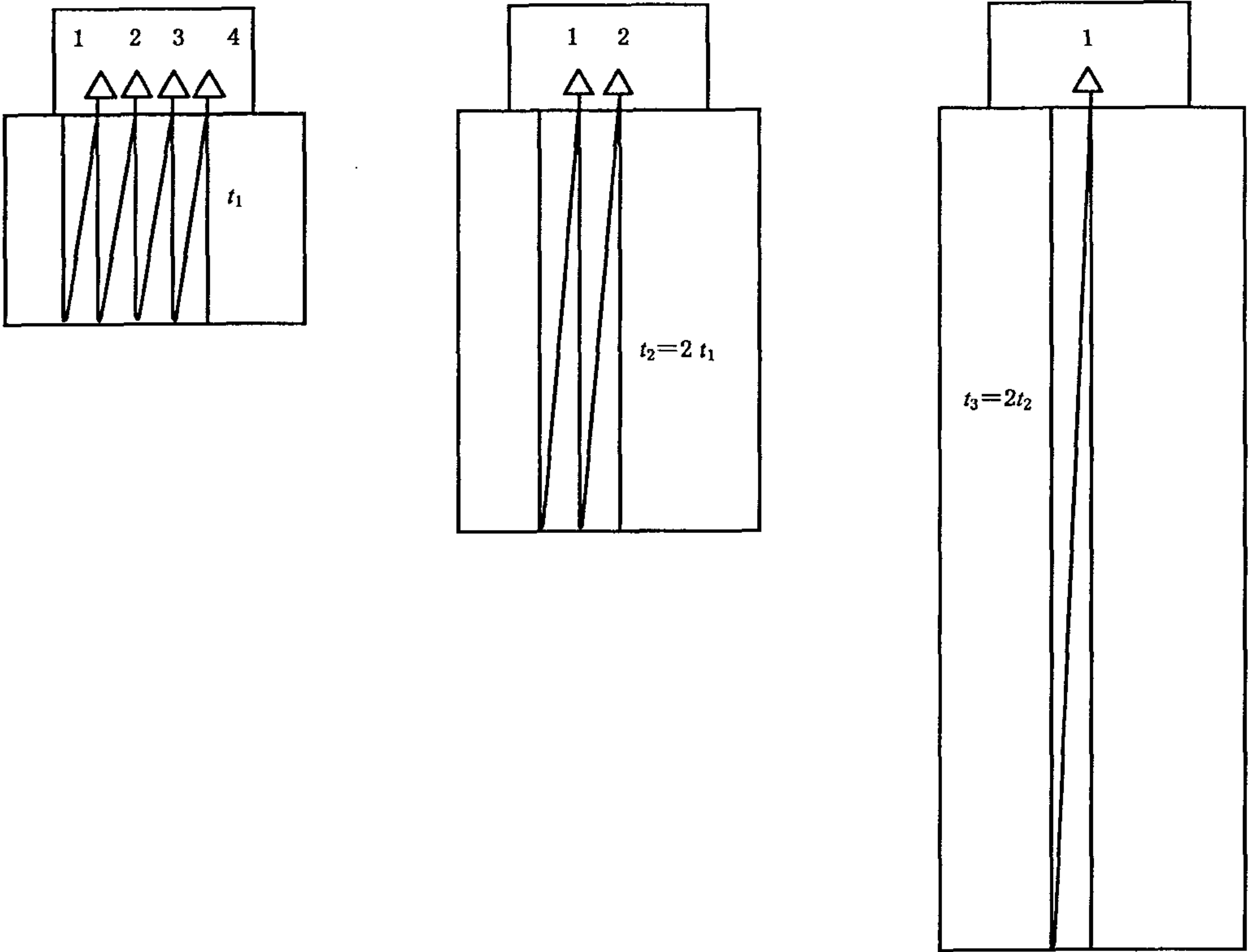
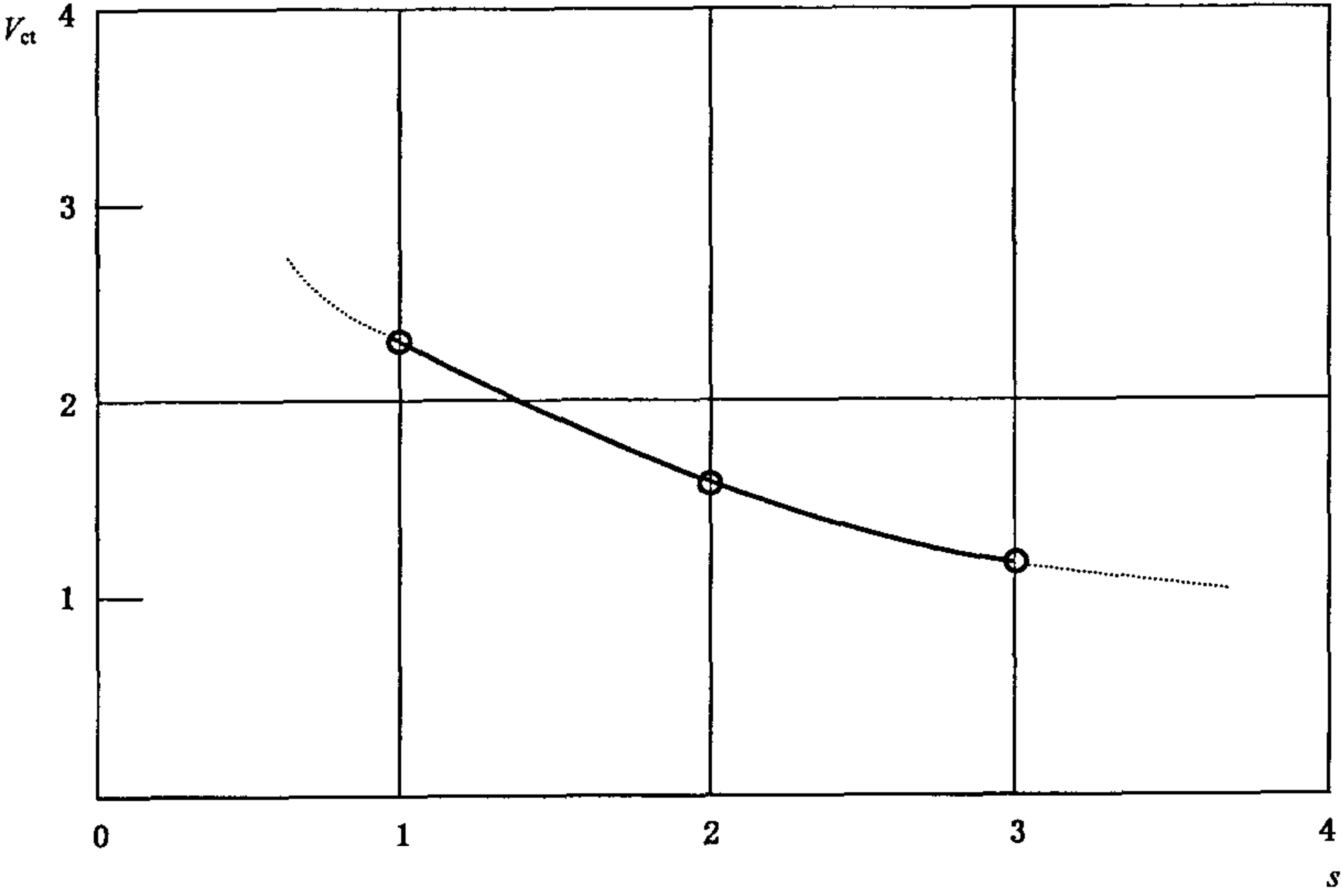


图 E.1 测量耦合衰减的步骤



V_{ct} ——耦合衰减,用 dB 表示;
 s ——声程,用 t_1 的倍数表示。

图 E.2 确定耦合衰减

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
铸钢件 超声检测
第 2 部分：高承压铸钢件
GB/T 7233.2—2010

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码：100045

网址 www.spc.net.cn

电话：68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

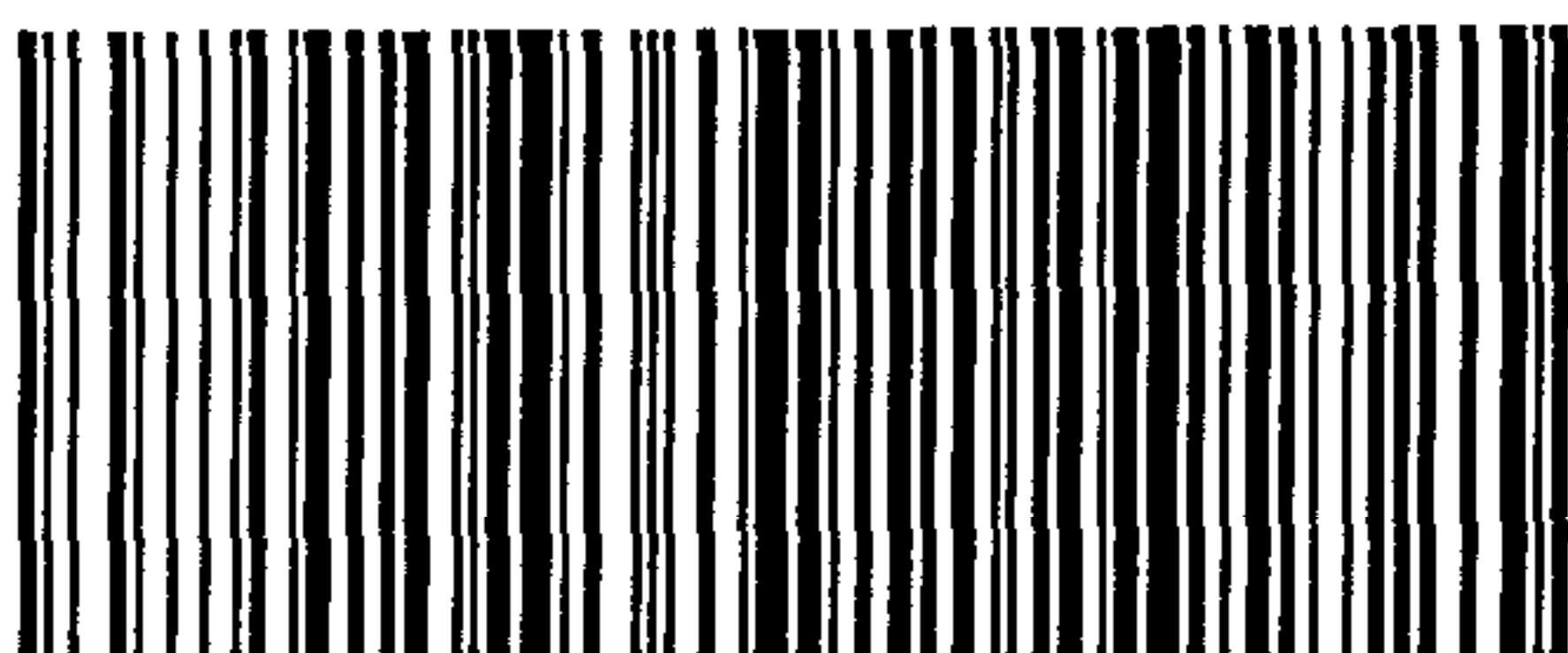
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 64 千字
2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月第一次印刷

*

书号：155066·1-42221

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68533533



GB/T 7233.2-2010