

H26

备案号：7778—2000

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 718 — 2000

火力发电厂铸造三通、弯头 超声波探伤方法

The ultrasonic inspection method for casting tee joint
and elbow in power plant

2000 - 11 - 03 发布

2001 - 01 - 01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发 布

前 言

1992 年原能源部科技司委托电站金属材料标准化技术委员会制定“火力发电厂铸造三通、弯头超声波探伤方法”。该标准是在完成了铸造三通、弯头超声探伤研究课题的基础上，经过三年的调查研究，参照国内外有关标准和规程，吸取先进技术，结合现场三通、弯头的实际检验经验，广泛征求各方面意见，经反复修改于 1995 年 6 月 20~24 日在四川省重庆发电厂召开了本标准的审查会议。会议认为，该标准提出的探伤方法操作可行，检测程序、缺陷的定性、分类及各项技术指标具体明确，适应于火电机组现场检修要求。对于几何参数相近的挤压三通、弯头及其他异型部件亦可参考使用。

本标准共引用了三项国内标准，其中 GB/T 7233—1987《铸钢件超声探伤及质量评级方法》，主要参考引用了“铸钢件质量等级的评定”有关内容。GB/T 12604.1—1990《无损检测术语 超声检测》，本标准采用的术语只要实质内容及定义与该标准术语相同，则采用该标准相应术语，不使与之发生矛盾。JB9214—1999《A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法》，本标准中使用的仪器及常规探头，其性能测试方法以该标准为准。

附录 A、附录 B、附录 C 都是标准的附录。

附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国原能源部提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国家电力公司热工研究院、西北电力试验研究院、重庆发电厂。

本标准的主要起草人：李克明、李稳政、李平川、沈海明。

本标准委托国家电力公司热工研究院负责解释。

目 次

前 言

1 范围 1

2 引用标准 1

3 术语 1

4 要求 2

5 检测程序 3

6 检测方法 4

7 缺陷的分类和定性 8

8 探伤记录 9

9 探伤报告 9

附录 A（标准的附录） 专用试块 10

附录 B（标准的附录） 定量曲线 13

附录 C（标准的附录） 顶端回波法及多重分贝法 25

附录 D（提示的附录） 铸钢件中常见缺陷的定性 27

附录 E（提示的附录） 专用试块使用说明 28

附录 F（提示的附录） 考虑材质衰减系数的缺陷定量方法 30

附录 G（提示的附录） 铸造三通、弯头质量评级方法 31

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂铸造三通、弯头超声波探伤方法

The ultrasonic inspection method for casting tee joint and
elbow in power plant

DL/T 718—2000

1 范围

本标准规定了火力发电厂铸造三通、弯头使用 A 型显示脉冲反射式超声波探伤仪，以探头接触法进行探伤的超声探伤程序、探伤方法、探伤记录和探伤报告等。

本标准适用于外径 $\phi 219\text{mm}$ 以上，顺肩方位曲率半径 $R_A = 90\text{mm} \sim 130\text{mm}$ ，骑肩方位曲率半径 $R_B = 140\text{mm} \sim 180\text{mm}$ ，壁厚 $20\text{mm} \sim 80\text{mm}$ 的碳钢和低合金钢铸造三通、弯头超声探伤，对于壁厚大于 80mm 以及其他铸造件超声波探伤可参考应用。

探测表层缺陷，必要时辅以磁粉和渗透探伤。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 7233—1987 铸钢件超声探伤及质量评级标准

GB/T 12604.1—1990 无损检测超声检测术语

JB 9214—1999A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法

3 术语

3.1 轴向探测 axial scanning

入射平面与管段轴线平行的探测。

3.2 周向探测 circumferential scanning

入射平面与管段轴线垂直的探测。

3.3 管段肩部 shoulder of pipe

指三通弯头内弧双曲率部位，见图 1 斜线部位。

3.4 顺肩方位 bearing parallel to shoulder

沿内弧周向的方位见图 1。

3.5 骑肩方位 bearing vertical to shoulder

与顺肩方位垂直的方位见图 1。

3.6 声程 beam path

声束入射点至反射点的距离。

3.7 波高规定值 stipulated value of echo height

规定为波高达到荧光屏满刻度的 60%。

3.8 直通波 through wave

两相同型号爬波探头置于探测表面，入射方向相对，一收一发得到的信号。

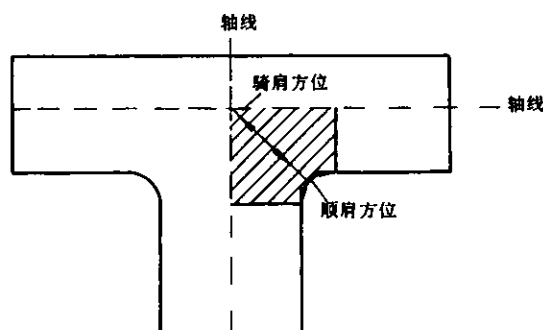


图 1 管段部位示意图

3.9 回波幅度 echo height

波高达到规定值时，以 dB 数量度的波幅大小。

3.10 探伤灵敏度 working sensitivity

在整定条件下，能探出最小缺陷的能力，即实际进行探伤的灵敏度。

3.11 裂纹深度 crack depth

指外表面裂纹下顶端至外表面的垂直尺寸。

3.12 裂纹高度 crack height

指内部或内表面裂纹，裂纹上、下顶端在部件厚度方向的尺寸。

3.13 爬波 creeping wave

沿介质表面层传播的以纵波成分为主兼有横波成分的合成波。传播速度近似纵波速度。

3.14 声束有效尺寸 effective size of beam

在规定距离和反射的条件下，回波声压相对声束轴线下降 6dB 的两侧声射线之间的距离。

3.15 可探最大深度 testable largest depth (对爬波探头)

φ3mm 平底孔的反射信号能和噪声信号相区别的前提下，φ3mm 平底孔反射面的中心点距探测表面的最大深度。

3.16 可探最大距离 testable largest distance (对爬波探头)

φ3mm 平底孔反射信号能和噪声信号相区别的前提下，探头前沿距 φ3mm 平底孔反射面的最大距离。

3.17 噪声水平 noise level

在规定仪器条件下，荧光屏上在可探最大距离范围内，噪声信号达到波高规定值时的 dB 数。

3.18 探头灵敏度 probe sensitivity

在规定仪器条件下，探头探测规定距离下的规定反射体，其回波达到波高规定值时的 dB 数。

3.19 焦柱直径 diameter of focused cylinder

聚集声束探测规定反射体（用 φ1mm 横通孔），在垂直于声束轴线的截面内，回波幅度相对声束轴线下降 6dB 的两侧声射线间的距离。

3.20 焦点深度 focus depth

聚集声束探测不同深度的规定反射体，测出回波幅度随不同深度的分布，其中最大回波幅度所对应的深度。

3.21 焦柱深度范围 depth range of focused cylinder

上述规定反射体回波幅度随不同深度的分布中，焦点深度对应的最大回波幅度 dB 值减去 6dB 所对应的深度范围。

3.22 底波信噪比 signal-noise ratio of bottom echo

底波幅度与噪声水平的 dB 差。

4 要求

4.1 一般要求

4.1.1 表面要求：被探铸件表面粗糙度 R_a 应在 12.5μm 以下。

4.1.2 耦合剂要求：在满足表面要求的铸件表面，涂敷一层含水 30%~33%（容积）的水玻璃水溶液，待完全干固后再用粘度较大的机油耦合。

4.1.3 扫查方式：扫查速度不大于 150mm/s，相邻两次扫查的重叠部分不低于探头晶片尺寸的 1/3。

4.2 人员要求

4.2.1 探伤人员需具有 II 级及以上超声检测人员资格。

4.2.2 探伤人员应掌握本方法并熟悉铸造工艺及常见缺陷等基础知识。

4.3 仪器要求

4.3.1 仪器性能要求

- a) 使用 A 型显示脉冲反射式宽频带超声波探伤仪，工作频率范围不小于 (0.5~10) MHz。
- b) 衰减器的总衰减量不小于 80dB，每标称 12dB 误差 ±1dB。
- c) 水平线性误差不大于 2%。
- d) 垂直线性误差不大于 5%。
- e) 灵敏度要求用常规 φ20mm、2.5MHz 直探头测量 CSK-1A 试块厚 25mm 一次底波，波高达荧光屏满刻度的 60%，〈增益〉最大，噪声不大于满刻度 5%，衰减量不低于 60dB。

4.3.2 仪器条件：不接探头，〈衰减〉置于 0dB，〈增益〉最大时，调节〈抑制〉使电噪声信号高度不大于荧光屏满刻度的 5%，探伤中始终保持该〈抑制〉状态。

4.4 使用探头

4.4.1 常规探头：φ20mm、2.5MHz 直探头，代号为 N。性能要求应满足有关标准。

4.4.2 专用探头：型号和主要性能标准见表 1、表 2、表 3。

4.5 使用试块

4.5.1 探伤中常需要标定探头入射点、折射角和调整扫描速度，下列试块分别用于各种探头的有关调试。CSK-1A，1IW₂ 为标准试块；TP-1、TP-2、TP-3 为专用试块。

4.5.2 专用试块的图纸见附录 A（标准的附录），专用试块使用说明见附录 E（提示的附录）。

5 检测程序

5.1 测量材质衰减系数

5.1.1 用 N 探头在被探部件上测得第 *m* 次和第 *n* 次底波 dB 差（取绝对值），按下式计算材质衰减系数 *a*：

$$a = \frac{V_{m-n} - 20\lg(m/n)}{2(m-n)T} \text{dB/mm}$$
 (1)

式中： *T*——被探件厚度，mm；
m、*n*——分别为底波次数，取 *m* > *n* 且 2*nT* ≥ 130mm；
V_{m-n}——第 *m* 次和第 *n* 次底波 dB 差，dB。

表 1 聚焦探头

型号	适用部位	接触面			频率 MHz	晶片尺寸 mm	波型	折射 角度	前沿 距离 mm	焦点 深度 mm	焦柱 直径 mm	集柱深度 范围 mm	灵敏度 dB	分辨率 dB
		<i>R</i> mm	<i>R_A</i> mm	<i>R_B</i> mm										
F-1	平面				2.5	28×23	横波	45±1°	23±1	54±5	φ5±1.5	18~90	≥30	≥30
F-3	轴向	190			2.5	21×17	横波	45±1°	20±1	50±5	φ5±1.5	15~80	≥30	≥28
F-5	周向	170			2.5	21×17	横波	40±1°	22±1	53±5	φ7±1.5	10~60	≥30	≥24
F-6	周向	190			2.5	20×15	横波	45±1°	20±1	38±5	φ6±1.5	10~50	≥30	≥30
F-8	直管段	190			2.5	28×21	纵波	—	—	57±5	φ6.5±1.5	30~80	≥35	≥10
F-9	顺肩		105	170	2.5	19×15	横波	48±1°	16±1	50±5	φ6±1.5	10~90	≥27	≥25
F-10	骑肩		100	170	2.5	22×32	横波	30±1°	21±1	69±5	φ7.5±1.5	10~85	≥22	≥15
F-11	骑肩		100	170	2.5	21×30	横波	40±1°	20±1	50±5	φ7±1.5	10~60	≥28	≥20
F-12	肩部		100	170	2.5	24×19	纵波	—	—	52±5	φ7.5±1.5	10~90	≥39	≥15

表 2 爬 波 探 头

型号	适用部位	接触面			频率 MHz	晶片尺寸 mm	灵敏度 dB	可探最 大距离 mm	可探最 大深度 mm	噪声电平 dB	声束有 效尺寸 mm
		R mm	R _A mm	R _B mm							
C-6	轴向	190			1.8	18×18	≥24	≥30	≥15	≤12	15±2
C-8	周向	190			1.8	18×18	≥28	≥35	≥15	≤9	12±2
C-9	顺肩		100	170	2.5	18×12	≥20	≥15	≥5	≤8	
C-11	骑肩		100	170	2.5	18×12	≥29	≥25	≥15	≤8	8±2

注：表中 R_A 为顺肩方位曲率半径，R_B 为骑肩方位曲率半径，R 为管段外半径。

表 3 双晶探头（纵波直探头）

型号	适用部位	频率 MHz	晶片尺寸 mm	灵敏度 dB	声轴交 点深度 mm	垂直隔声层方向 声束有效尺寸 mm	平行隔声层方向 声束有效尺寸 mm	菱形区 深度范围 mm	分辨率 dB
TR-1	直管段	2.5	10×13	≥40	10±3	4.5±1	4.5±1	2~30	≥20
TR-1M	肩部	2.5	10×13	≥40	10±3	4.5±1	4.5±1	2~30	≥20

5.1.2 一般情况 $a = 0.02\text{dB/mm} \sim 0.08\text{dB/mm}$ ，如实测 $a \geq 0.3\text{dB/mm}$ 则不能探伤，或者进行旨在降低衰减系数的热处理后再行探伤。

5.1.3 探伤时采用根据同声程底波（或直通波）和缺陷回波幅度的差异确定探伤灵敏度的方法，一般情况下，理论上已经补偿了在可探伤范围内，材质衰减系数的差异对缺陷定量的影响。个别情况 $a > 0.08\text{dB/mm}$ ，且检出缺陷的声程与探伤灵敏度所用的声程不同时，则缺陷定量中应作适当修正，修正方法见附录 F（提示的附录）（铸钢试块 $a = 0.05\text{dB/mm}$ ）。

5.2 测量底波信噪比

直管段用 F-8 探头，肩部用 F-12 探头测量。要求底波信噪比不小于 30dB。不能达到要求者，不能探伤。

5.3 按下面第 6 条所述检测方法进行检测

6 检测方法

6.1 直管段探伤

首先测量管段外径和管壁厚度，再用 N 探头普查底波。底波幅度较正常底波衰减 12dB 以上可作为缺陷。从底波正常区向缺陷区移动探头，按底波 6dB 法测其两维尺寸，分别取最大尺寸作为缺陷的两维尺寸。缺陷区的外接矩形的中心，作为缺陷定位点。

6.1.1 探测距表面 30mm 以内的缺陷

6.1.1.1 探测表面裂纹及其他面型缺陷

a) 使用探头：轴向探测以 C-6 探头为主，周向探测以 C-8 探头为主，必要时辅以其他探头探测。

b) 扫描速度：用 N 探头在 CSK-1A 试块侧面上，调整扫描速度为 1:1。用一对 C-6 或 C-8 探头置于探测表面，探头纵向轴线分别与管段轴线平行或垂直。一个探头前面的晶片作发射，另一个探头后面的晶片作接收，以上简称前发后收。调〈水平〉和〈微调〉，分别使两探头前沿对齐和两前沿相距 40mm，直通波分别位于横标 20mm 和 40mm，扫描速度即调好为 1:1。这时若用一个爬波探头兼收发探测时，若发现反射信号，其横标减 20mm 即为反射体至探头前沿的距离。横标观测范围为 5mm~70mm。

c) 轴向探测的探伤灵敏度及缺陷的定性定位定量。

探伤灵敏度：见附录 B（标准的附录）中图 B1，将两个 C-6 探头沿管段轴线放置。前沿对齐前发后收，躲开缺陷，调整〈增益〉使直通波幅度达 39dB，以 33dB 作为探伤灵敏度，能发现长度大于等于 10mm，深度大于等于 1mm 的表面裂纹。

缺陷定性定位定量：表面裂纹回波区别于埋藏深度大于等于 5mm 的缺陷回波的特征是：在荧光屏横标 $L = 10\text{mm}$ 时，前者波幅在 35dB 以上，而后者波幅在 24dB 以下。当探头前后移动波幅随距离变化，两者亦有明显区别，见附录 B（标准的附录）中图 B1，B2。

当发现缺陷回波，以间距 5mm 相对缺陷移动探头，测量其回波幅度分布，如判为表面裂纹，则按附录 B（标准的附录）中图 B1、B4 对其定位定量，其中图 B4 的纵标 L 是对应最远的波幅极大值回波的荧光屏横标。如测得深度大于 9mm，则用 F-1 或 F-3 探头参照附录 C（标准的附录）所述顶端回波法测其深度和方位。如判为埋藏缺陷，按 6.1.1.2 所述用 TR-1 探头探测的数据定位定量。

表面裂纹等面型缺陷的横向长度，按缺陷端部回波极大值下降 6dB 法测定。

d) 周向探测的探伤灵敏度及缺陷定性定位定量：

探伤灵敏度：见附录 B（标准的附录）中 B5。两个 C-8 探头沿管段周向放置。前沿对齐前发后收，躲开缺陷，调节〈增益〉使直通波幅度达 36dB，以 24dB 作为探伤灵敏度，能发现长度大于等于 10mm，深度大于等于 1mm 的表面裂纹。

缺陷的定性定位定量：表面裂纹回波区别于深度大于等于 5mm 的埋藏缺陷回波的特征是：当回波横标 $L = 10\text{mm}$ 时，前者波幅在 26dB 以上，后者波幅在 22dB 以下，且对应 L 从 20mm 移向 15mm 时，前者波幅上升，而后者波幅下降，见附录 B（标准的附录）中图 B5、B6。当发现缺陷回波，可按照上面轴向探测所述测量回波幅度分布的方法测量其回波幅度分布。根据回波幅度分布如判为表面裂纹，则按附录 B（标准的附录）中图 B4、B5 对其定位定量。如测得深度大于 9mm，则用 F-5 或 F-6 探头，参照附录 C（标准的附录）中 C1 所述顶端回波法，测量其深度和方位。如判为埋藏缺陷，按 6.1.1.2 所述用 TR-1 探头探测数据定位定量。

表面裂纹等面型缺陷横向长度的测定方法与轴向探测时相同。

6.1.1.2 探测近表面其他缺陷

a) 使用探头：主要用 TR-1 探头进行探测。

b) 扫描速度：用 TR-1 探头测 11W₂ 试块厚 12.5mm 和 CSK-1A 试块厚 25mm 一次底波。调节〈水平〉、〈微调〉使人射点对应荧光屏横标零点，扫描速度 1:1。横标观测范围，0mm~30mm。

c) 探伤灵敏度：两个 C-6 探头沿管段轴线放置，一个探头前面的晶片作发射，另一个探头前面的晶片作接收，以下简称前发前收，两探头前沿拉开一定距离 P ，使满足 (2) 式。

$$P = (60 - l_0)\text{mm} \quad (2)$$

式中： l_0 ——实量 C-6 探头前沿至隔声表面的距离，mm。

躲开缺陷测直通波幅度 $N_1\text{dB}$ ，从附录 B（标准的附录）中图 B8 上查得 $\phi 3\text{mm}$ 曲线与直通波 T 曲线，对应 $de = 30$ 的点相差 -6dB，则以 $(N_1 - 6)\text{dB} = N_2\text{dB}$ 作为用 TR-1 探头探伤的灵敏度，能发现深度 0mm~30mm， $\phi 3\text{mm}$ 当量以上缺陷。

d) 缺陷定量：缺陷定量方法与其类型有关。如系点状缺陷，则只定其当量，但是否属点状缺陷，不取决于其回波幅度的大小，而是按照 7.1 中缺陷的分类中所述，随探头移动，通过观察其回波连续性来判断。对于点状缺陷，按附录 B（标准的附录）中图 B9，按 DGS 方法定其当量。

例：TR-1 探头在深度 12mm 处发现一缺陷回波幅度为 $X\text{dB}$ ，查附录 B（标准的附录）中图 B8， $\phi 3\text{mm}$ 曲线上对应 $de = 12$ 比对应 $de = 30$ 的点高出 17dB，则以附录 B（标准的附录）中图 B9 中 $de = 12$ 的曲线对应 $\phi 3$ 点的纵标作为 0dB，按纵标 $(X - N_2 - 17)\text{dB}$ 查该曲线上对应的值即为缺陷当量。

对于条型、面型或体型缺陷，用 TR-1 探头以 6dB 法测其一或两维尺寸，或用 F-1 或 F-3 探头以顶端回波法测其深度方向尺寸。缺陷周向尺寸 l 按 (3) 式计算，见图 2。

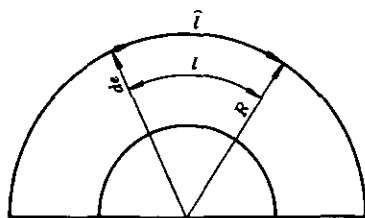


图2 凸曲面探测修正周向尺寸示意图

$$l = \hat{l} \left(1 - \frac{de}{R}\right) \text{mm} \quad (3)$$

式中： \hat{l} ——缺陷周向指示弧长，mm；
 de ——缺陷深度，mm；
 R ——管段外半径，mm。

6.1.2 探测中下部 20mm~80mm 范围内的缺陷

6.1.2.1 探测内表面裂纹及其他面型缺陷

a) 轴向探测使用探头：管段外径 $\phi 219\text{mm} \sim \phi 400\text{mm}$ 用 F-3 探头， $\phi 400\text{mm}$ 以上用 F-1 探头。

b) 扫描速度：按深度调整。用 CSK-1A 试块，按实测折射角 β ，配合调节〈水平〉、〈微调〉把 R50mm、R100mm 回波分别调到位于荧光屏横标 $50\cos\beta$ 、 $100\cos\beta$ ，即横标与深度之比为 1:1。观测范围，20mm 至部件厚度值。

c) 探伤灵敏度及缺陷高度定量：使用 F-3 探头、见附录 B（标准的附录）中图 B10。用一对 F-3 探头，入射方向相对，沿被探管段轴向放置，躲开缺陷测得收发一次底波幅度为 $N_1\text{dB}$ ，从附录 B（标准的附录）中图 B10 可查得两曲线对应被探件厚度的点相差 ΔdB ，则以 $(N_1 - \Delta)\text{dB} = N_2\text{dB}$ 作为探伤灵敏度，能发现下表面长度大于焦柱直径，高度大于等于 1mm 的裂纹。如测得裂纹回波幅度为 $N_3\text{dB}$ ，则以 $(N_3 - N_2)\text{dB}$ 查附录 B（标准的附录）中图 B11 相应被探件厚度的曲线，可得内表面裂纹高度。使用 F-1 探头时，探伤灵敏度的调整和裂纹高度定量见附录 B（标准的附录）中图 B12、B13。如从曲线上查得的裂纹高度已达到曲线对应裂纹高度的上限，或判为埋藏的面型缺陷，可用顶端回波法测其高度和方位。

d) 周向探测使用探头：“管段外径 $\phi 219\text{mm}$ （壁厚 37mm 以下）~ $\phi 380\text{mm}$ （壁厚 65mm 以下）用 F-5 探头；管段外径 $\phi 340\text{mm}$ （壁厚 47mm 以下）~ $\phi 420\text{mm}$ （壁厚 59mm 以下）用 F-6 探头。

e) 扫描速度：用 TP-1 试块 R40mm、R80mm 回波调成横标与声程之比为 1:1。观测范围，深度 20mm 至部件厚度相应的声程范围。声程与深度的关系式见附录 C（标准的附录）中 C1 顶端回波法中式（C-3）。

f) 探伤灵敏度及缺陷高度定量：探伤灵敏度及内表面裂纹高度定量见附录 B（标准的附录）中图 B14、B15、B16、B17，参考本节 F-3 探头相应方法进行。若从曲线上查得裂纹高度已达上限或发现埋藏的面型缺陷，可用顶端回波法测其高度和方位。

下表面裂纹等面型缺陷的横向长度，按缺陷端部回波极大值下降 6dB 法测定。

6.1.2.2 探测中下部其他缺陷

a) 使用探头：以 F-8 探头为主，必要时用其他探头辅助探测。

b) 扫描速度：用 F-8 探头通过 TP-1 试块厚 30mm、50mm 一次底波调成横标与深度之比为 1:1，观测范围，20mm 至部件厚度值。

c) 探伤灵敏度：将 F-8 探头置于探测表面，躲开缺陷，测得一次底波幅度为 $N_1\text{dB}$ 。设部件厚 50mm，查附录 B（标准的附录）中图 B19。因 $\phi 3\text{mm}$ 曲线对应 $de = 20\text{mm}$ 的纵标与 B 曲线对应 $de = 50\text{mm}$ 的纵标相差 -26dB，故取 $(N_1 - 26)\text{dB} = N_2\text{dB}$ 作为探伤灵敏度，能发现深 20mm~50mm， $\phi 3\text{mm}$ 当量以上缺陷。

d) 缺陷定量：对于点状缺陷，如测得回波幅度，可用 DGS 方法查附录 B（标准的附录）中图 B20 确定缺陷当量。对于非点状缺陷，可用 F-8 探头以多重分贝法测定缺陷一维或二维尺寸，参见附录 C（标准的附录）多重分贝法。周向尺寸参照（3）式计算，对测得周向弧长作曲面修正。必要时用适当探头以顶端回波法测定缺陷的高度和方位。

6.2 管段肩部探伤

实测顺肩方位，骑肩方位曲率半径 R_A 、 R_B ，实测肩部壁厚，用 F-12 探头普查肩部底波变化，底波幅度较正常底波衰减 12dB 以上的则作为缺陷。

6.2.1 探测距表面 30mm 以内的缺陷

6.2.1.1 探测表面裂纹及其他面型缺陷

a) 使用探头：顺肩方位以 C-9 探头为主，骑肩方位以 C-11 探头为主，必要时辅以其他探头探测。

b) 扫描速度：用 N 探头在 CSK-1A 试块侧面上以三次底波调整扫描速度为 1:1。C-9 探头置于 TP-2 试块厚 20mm 部位，C-11 探头置于 TP-3 试块厚 20mm 部位。探头前沿与试块端头对齐。调节〈水平〉使端头回波于荧光屏横标 20mm。依次后拉探头使前沿距端头分别为 10mm、30mm，配合调节〈水平〉〈微调〉使端头回波分别位于横标 30mm、50mm。这时横标值减 20mm 等于反射体至前沿距离，即调好。观测范围 5mm~60mm。

c) 探伤灵敏度：对 C-9 探头，见附录 B（标准的附录）中图 B21。用一对 C-9 探头沿顺肩方位放置，前发后收，入射方向相对，拉开适当距离，使直通波位于横标 30mm。调节〈增益〉使其幅度达 30dB。以此作为探伤灵敏度，能发现长度大于等于 10mm，深度大于等于 1mm 的表面裂纹。对 C-11 探头，见附录 B（标准的附录）中图 B22。用一对 C-11 探头，沿骑肩方位放置，前发后收，使直通波位于横标 20mm，调节〈增益〉使其幅度达 40dB。以 34dB 作为探伤灵敏度，能发现长度大于等于 10mm、深度大于等于 1mm 的表面裂纹。

d) 缺陷定性定位定量：由于 C-9 探头对埋藏缺陷不敏感，故出现缺陷回波，一般为表面裂纹，对于 C-11 探头，表面裂纹回波区别于深度大于等于 5mm 的埋藏缺陷回波的特征是对应横标 $L = 10\text{mm}$ ，前者波幅高于 42dB，后者波幅低于 32dB。幅度随距离的分布亦有明显区别，见附录 B（标准的附录）中图 B22、B24。如发现缺陷回波，以间距 5mm 相对缺陷移动探头，测其幅度分布。根据幅度分布如判为表面裂纹，对 C-9 探头查附录 B（标准的附录）中图 B21，对 C-11 探头查附录 B（标准的附录）中图 B22、B23，可对其定位定量。如测得深度已达到曲线对应深度的上限，则用 F-9 或 F-11 探头以顶端回波法测其深度和方位，如判为埋藏缺陷，按 6.2.1.2 所述用 TR-1M 探头探测数据定位定量。

表面裂纹等面型缺陷的横向长度，按缺陷端部回波极大值下降 6dB 法测定。

6.2.1.2 探测近表面其他缺陷

a) 使用探头：主要用 TR-1M 探头进行探测。

b) 扫描速度：先用 N 探头测 CSK-1A 试块厚 25mm 三次底波调成 1:1。然后用 TR-1M 探头测 TP-2 试块厚 20mm 一次底波，调〈水平〉，将其移至横标 20mm 即调成横标与深度之比为 1:1。横标观测范围 0mm~30mm。

c) 探伤灵敏度：两个 C-11 探头沿管段肩部骑肩方位放置，前发前收。两探头拉开一定距离 P ，使满足 (2) 式。测直通波幅度为 $N_1\text{dB}$ 。从附录 B（标准的附录）中图 B25 查得 $\phi 3$ 曲线与 T 曲线对应 $de = 30\text{mm}$ 的点相差 +14dB，则以 $(N_1 + 14)\text{dB} = N_2\text{dB}$ 作为用 TR-1M 探头时的探伤灵敏度，能发现深度 0mm~30mm 的 $\phi 3\text{mm}$ 当量以上缺陷。

d) 缺陷定量：对于点状缺陷，测得深度和回波幅度，参照附录 B（标准的附录）中图 B26，按 DGS 方法定其当量。对于非点状缺陷，用 6dB 法测其一维或二维尺寸，或必要时用 F-9、F-11 探头以顶端回波法测其深度方向尺寸。缺陷定量当中，无论顺肩方位或骑肩方位缺陷尺寸，都需作曲面修正，骑肩方位缺陷尺寸 l 按式 (3) 计算，式中 l 在这里为缺陷骑肩方位指示弧长， R 为骑肩方位曲率半径，顺肩方位缺陷尺寸 l 按式 (4) 计算见图 3。

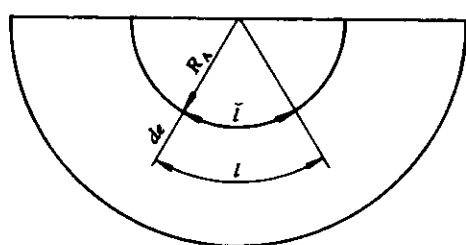


图3 凹曲面探测修正周
向尺寸示意图

$$l = \check{l} \left(1 + \frac{de}{R_A} \right) \quad (4)$$

式中： \check{l} ——缺陷顺肩方位指示弧长，mm；
 de ——缺陷深度，mm；
 R_A ——顺肩方位曲率半径，mm。

6.2.2 探测中下部深度 20mm~80mm 范围内的缺陷

6.2.2.1 探测内表面裂纹及其他面型缺陷

a) 顺肩方位使用探头：用 F-9 探头探测。

b) 扫描速度：用 F-9 探头通过 TP-2 试块 R40mm、R80mm 回波调成横标与声程之比为 1:1。观测范围深度 20mm 至部件厚度相应的声程范围。声程与深度的关系式见附录 C（标准的附录）中 C1 顶端回波法中式（C-6）。

c) 探伤灵敏度及缺陷高度定量：参照附录 B（标准的附录）中图 B27、B28，并参考 6.1.2.1 中相应方法进行。

d) 骑肩方位使用探头：曲率半径 $R_B = 140\text{mm}$ （厚度在 50mm 以下）~180mm（厚度在 65mm 以下）用 F-11 探头， $R_B = 140\text{mm}$ （厚度在 70mm 以下）~180mm（厚度在 85mm 以下）用 F-10 探头。

e) 扫描速度：通过 TP-3 试块 R40、R80mm 回波调成横标与声程之比为 1:1。观测范围 20mm 至部件厚度相应的声程范围，声程与深度的关系式见附录 C（标准的附录）中 C1 顶端回波法中式（C-3）。

f) 探伤灵敏度及缺陷高度定量：用 F-10 探头，见附录 B（标准的附录）中图 B29、B30；用 F-11 探头，参见附录 B（标准的附录）中图 B31、B32；并参照 6.1.2.1 中相应方法进行。

内表面裂纹等面型缺陷的横向长度，按缺陷端部回波极大值下降 6dB 法测定。

6.2.2.2 探测中下部其他缺陷

a) 使用探头：以 F-12 探头为主，必要时用其他探头辅助探测。

b) 扫描速度：用 F-12 探头通过 TP-2 试块厚 20mm、50mm 一次底波，调成横标与深度之比为 1:1。观测范围 20mm 至部件厚度值。

c) 探伤灵敏度：用 F-12 探头躲开缺陷测得一次底波幅度为 $N_1\text{dB}$ 。查附录 B（标准的附录）中图 B33 中 $\phi 3$ 曲线对应 $de = 20\text{mm}$ 的纵标与 B 曲线对应部件厚度的纵标相差的绝对值为 ΔdB ，以 $(N_1 - \Delta)\text{dB} = N_2\text{dB}$ 作为探作灵敏度，能发现观测范围内 $\phi 3$ 当量以上缺陷。

d) 缺陷定量：对于点状缺陷，测得其深度和回波幅度，查附录 B（标准的附录）中图 B34，按 DGS 法定其当量。对于非点状缺陷，用 F-12 探头以多重分贝法测其一维或二维尺寸。测得缺陷指示弧长，分别按（3）、（4）式求其骑肩和顺肩方位尺寸，必要时可用 F-9、F-10 或 F-11 探头以顶端回波法测其深度方向尺寸。

6.3 弯头探伤

实测壁厚、轴向和周向曲率半径。用 N 探头普查底波。表层用 C-8、TR-1 探头，中下部用 N 探头、F-5、F-9、F-11 等探头，按 6.1 及 6.2 中有关方法进行探伤。

7 缺陷的分类和定性

7.1 缺陷分类：按形状和分布划分的缺陷类型。

- 7.1.1 点状缺陷：当量直径不大于声束有效尺寸的缺陷。如点状夹杂气孔等。
- 7.1.2 单个分散点状缺陷：相邻缺陷中心点之间距离 B ，满足 $B \geq 5\phi$ 的点状缺陷。 ϕ 为所述相邻缺陷中最大的当量直径。
- 7.1.3 密集点状缺陷：满足 $B \leq 2\phi$ 点状缺陷，如密集夹杂气孔。
- 7.1.4 相关点状缺陷：满足 $2\phi < B < 5\phi$ 的点状缺陷。
- 7.1.5 长条型缺陷：宽度不大于声束有效尺寸，长、宽之比大于 3 的缺陷。如条形夹杂链状气孔等。
- 7.1.6 面型缺陷：反射面远大于声束有效尺寸，只能测出二维尺寸的缺陷。如裂纹冷隔等。
- 7.1.7 体积型缺陷：反射面远大于声束有效尺寸，能测出三维尺寸的缺陷。如疏松、缩孔、大型夹杂等。
- 7.1.8 埋藏缺陷：不外露于表面的部件内部缺陷。
- 7.2 缺陷的定性：当需要对缺陷定性时，应根据缺陷的尺寸、数量、类型，回波信号静态、动态特征，部件材料的特性，冶炼加工、热处理等工艺因素，进行综合分析，作出定性判断。必要时还应采用其他检测方法辅助验证。超声探伤中对缺陷定性的方法参照附录 D（提示的附录）。

8 探伤记录

探伤记录包括以下项目：

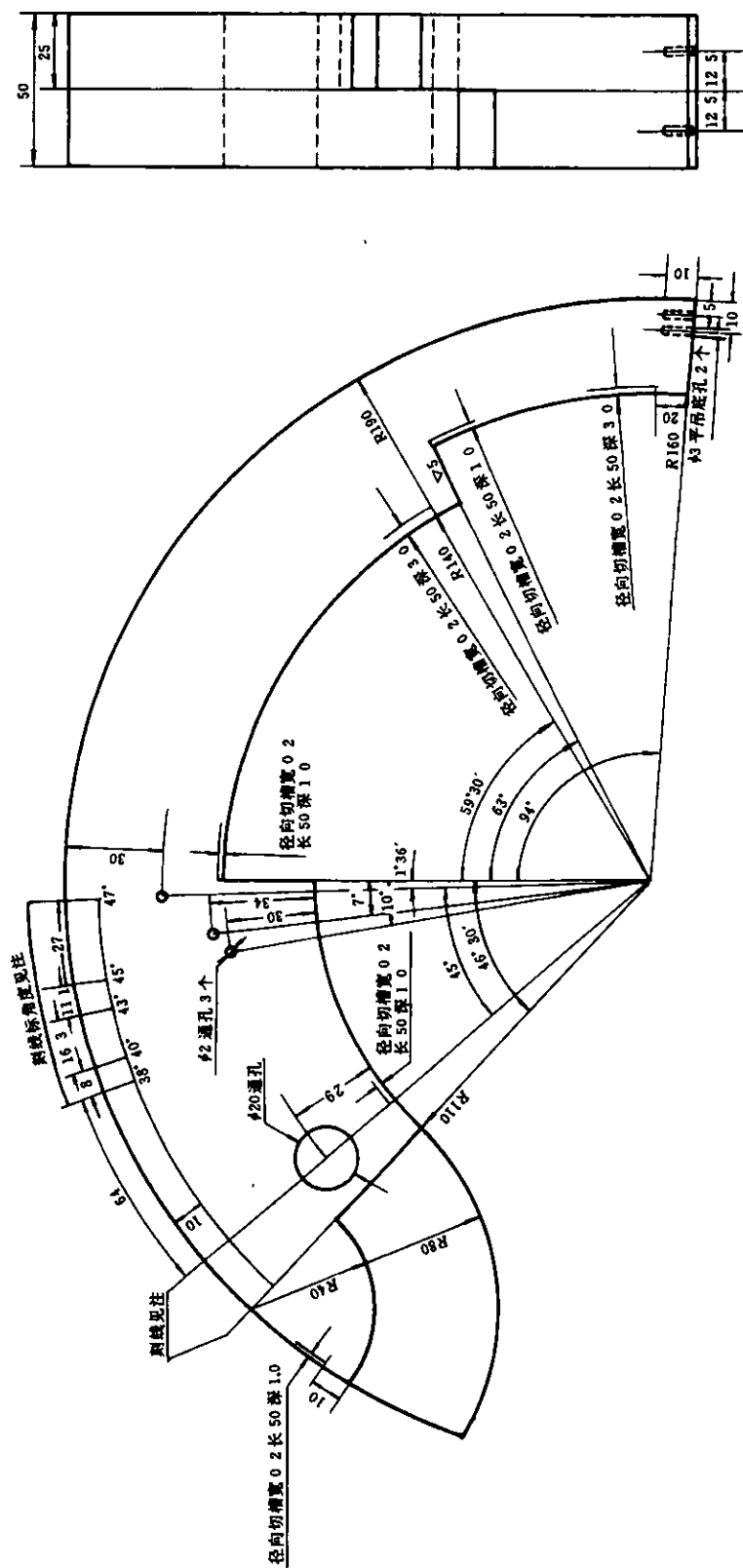
- 8.1 部件名称、编号、规格、材质、热处理状态，介质温度、压力、表面粗糙度。
- 8.2 仪器型号、探头型号频率，试块型号、耦合剂。
- 8.3 实测管段外径、 R_A 、 R_B 、壁厚、衰减系数、底波信噪比。
- 8.4 扫描速度、探伤灵敏度。
- 8.5 缺陷信号参数及相应底波参数。缺陷所在部位、缺陷类型、尺寸、方位、性质。
- 8.6 委托单位、探伤人员及日期。

9 探伤报告

探伤报告包括以下项目：

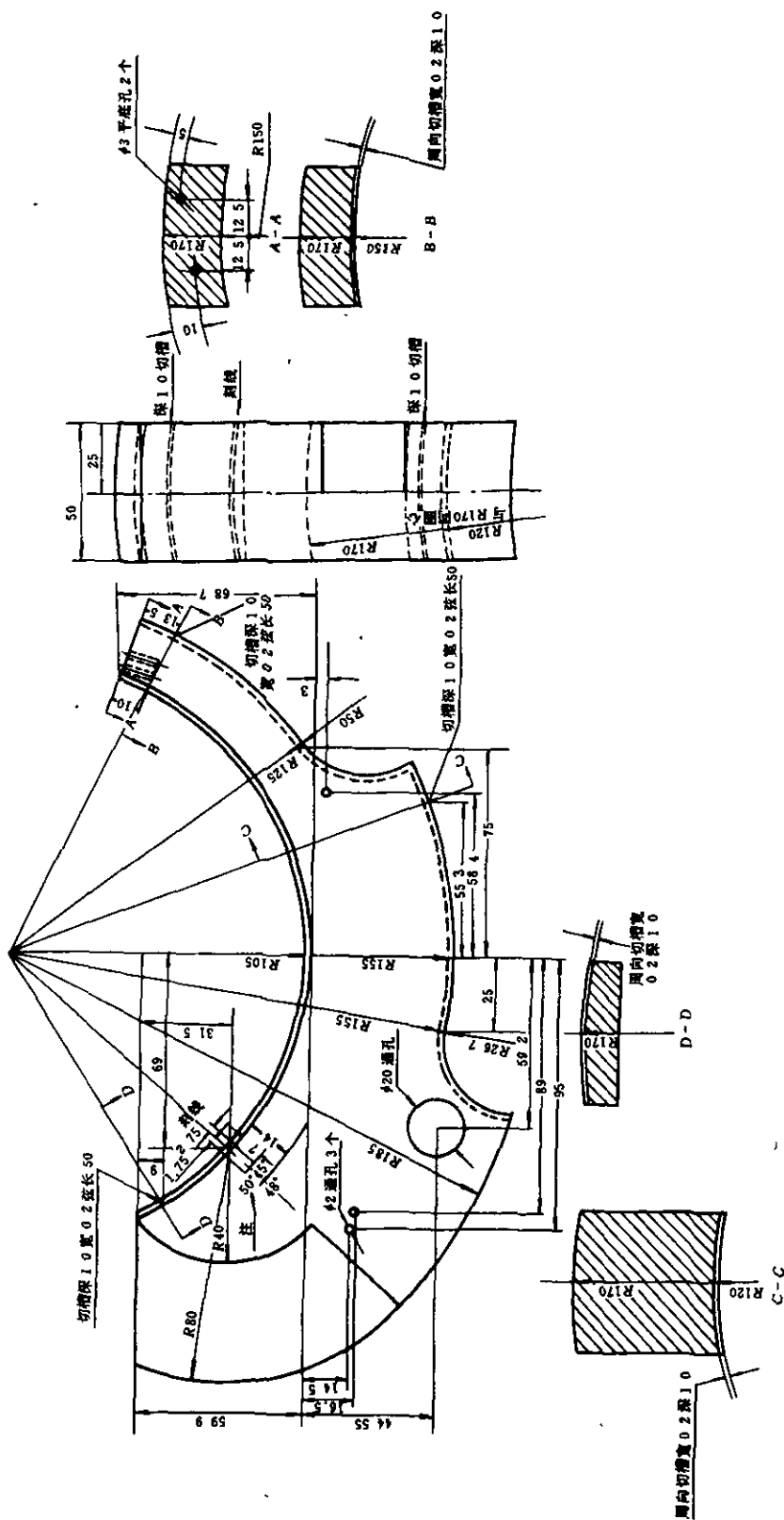
- 9.1 同于探伤记录 8.1 至 8.4 项。
- 9.2 探伤结果辅以图表表示缺陷所在部位、缺陷类型、尺寸、方位、性质。
- 9.3 参照附录 G（提示的附录）给出被探铸件质量等级或提出处理意见。
- 9.4 委托单位、探伤日期、探伤者及审核者签名。

块
试
用
专



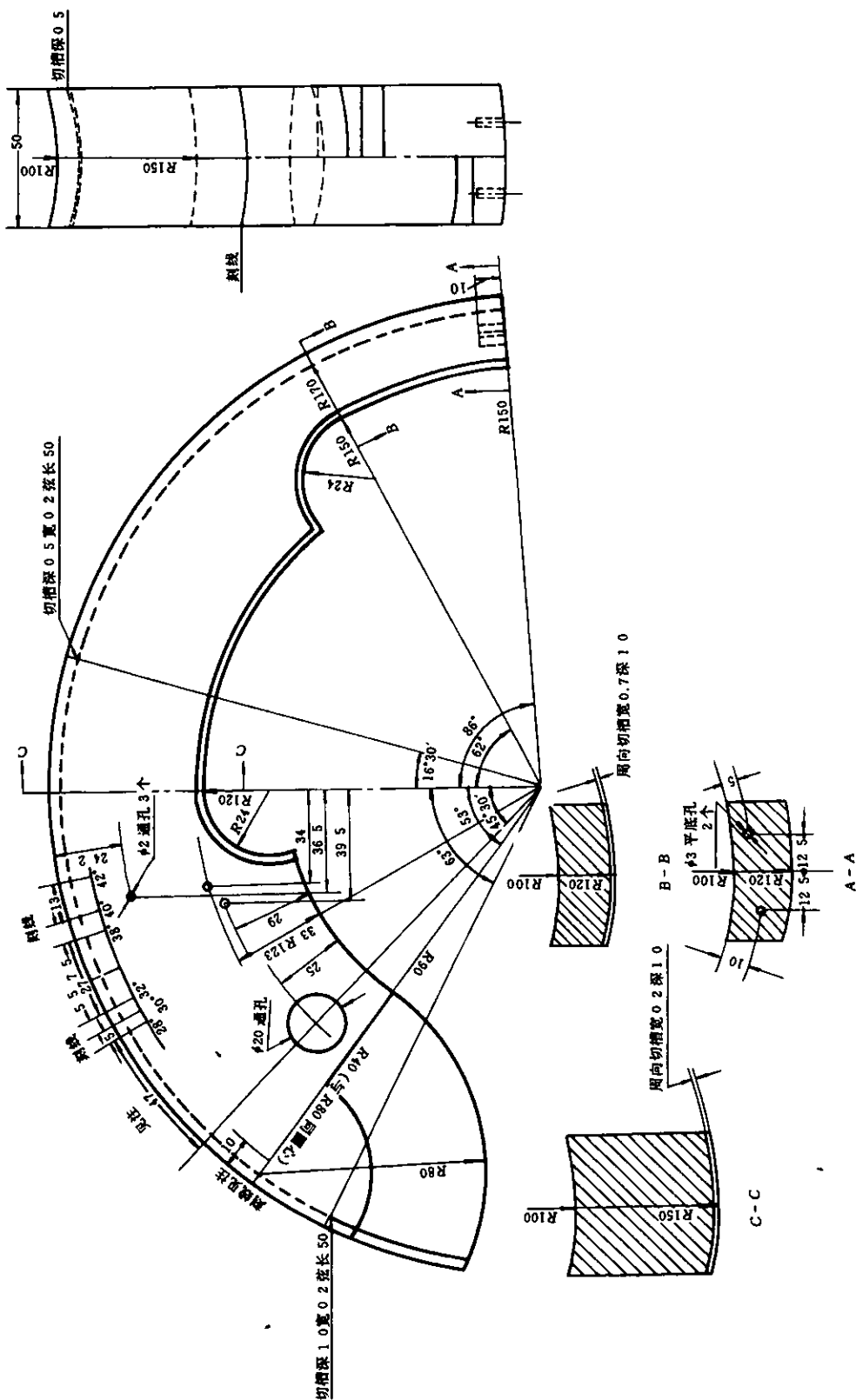
注: (1) 刻线深 0.1, 宽 0.1, 沿 R190 方向在两侧对称刻线, 并在探测柱面上相连接; (2) 标示距离为弦距, 尺寸误差 ± 0.10 , 角度误差 $\pm 2'$, 长度单位毫米; (3) 材料加工及热处理工艺同于 V-1 试块; (4) 光洁度 $\nabla 6$; (5) 通孔及切槽在侧视图中的投影从略; (6) 本试块可用于测 F-5、F-6, 入射点, 折射角, 调扫速度、距离较近的 $\phi 2$ 通孔用于测分辨率, 距上下表面分别为 30 的三通孔及切槽用于调灵敏度, 一收一发可测厚 50、30 底波; (7) 上表面切槽及 $\phi 3$ 平底孔用于 C-8 调灵敏度缺陷定位; (8) 材料: 20 号碳钢。

图 A1 专用试块 TP-1 详图



注: (1) 图中标示的角度的线间距离乃是试块侧面上缘曲线上的弦距, 角度刻线深 0.1、宽 0.1, 沿 R105 方向在两侧面对称刻线, 并在探测曲面上连接。(2) 材料加工及热处理工艺同于 V-1 试块。(3) 尺寸误差 ± 0.10 , 光洁度 $\nabla 6$, 长度单位毫米。(4) 通孔, 平底孔在侧视图中虚线从略。(5) 本试块可用于测 F-9 入射点, 折射角, 灵敏度, 一收一发测厚 50.20 底波, 调扫速度。(6) $\phi 3$ 平底孔及上表面切槽用于 C-9 测定灵敏度缺陷定位, 下表面切槽用于 F-9 测定灵敏度。(7) 任一 R155 或 R26.7 垂直纸面切割的截面, 下缘曲线 R120, 沿 R125 或 R30 垂直纸面切割的截面, 下缘曲线 R150, 沿 R105 垂直纸面切割的截面, 上缘曲线 R170; (8) 材料: 20 号碳钢。

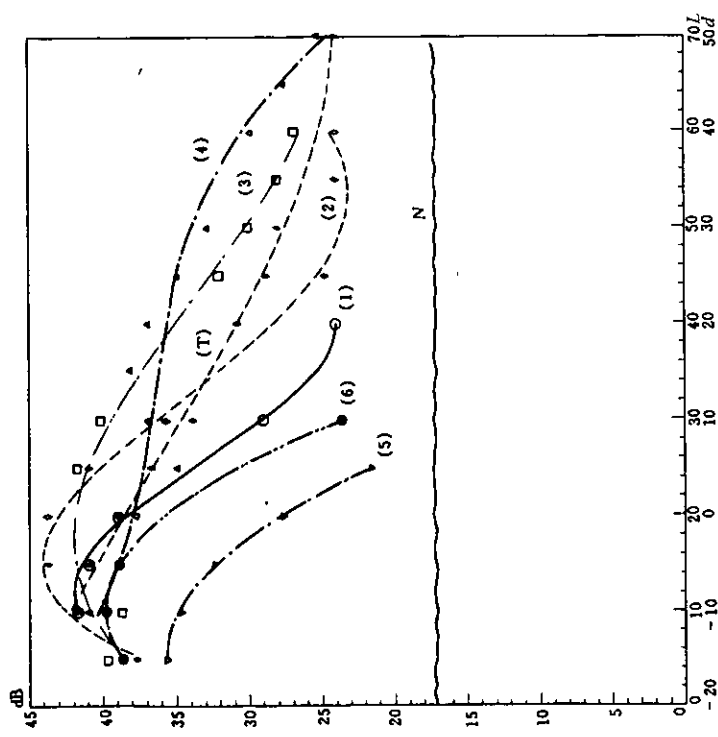
图 A2 专用试块 TP-2 详图



注: (1)图中标示的刻线周向距离乃是试块侧面上缘曲线上的弦距,刻线深0.1、宽0.1,沿R170方向在两侧面对称刻线,并在探测曲面上相连接; (2)沿R120方向垂直于纸面切割的任一截面其上的缘曲线为R150,下缘曲线为R100,沿R24(与R120相连接)方向垂直于纸面切割的任一截面,其下缘曲线为R150,沿R150方向垂直于纸面切割的任一截面如A-A所示,沿R24(R150相接)方向垂直于纸面切割的任一截面,其下缘曲线为R120; (3)材料加工及处理工艺同于V-1试块; (4)尺寸误差±0.10,角度误差±2',光洁度▽6,长度单位毫米; (5)在侧视图中只表示了一条刻线和一个深0.5切槽,其它刻线切槽及横通孔在侧视图中投影从略; (6)本试块可用于测F-10、F-11,入射点折射角,灵敏度—收一发侧厚50.20底波,并与同声中φ2对比调扫描速度; (7)φ3平底孔及切槽用于C-11测定灵敏度,缺陷定位; (8)材料:20号碳钢。

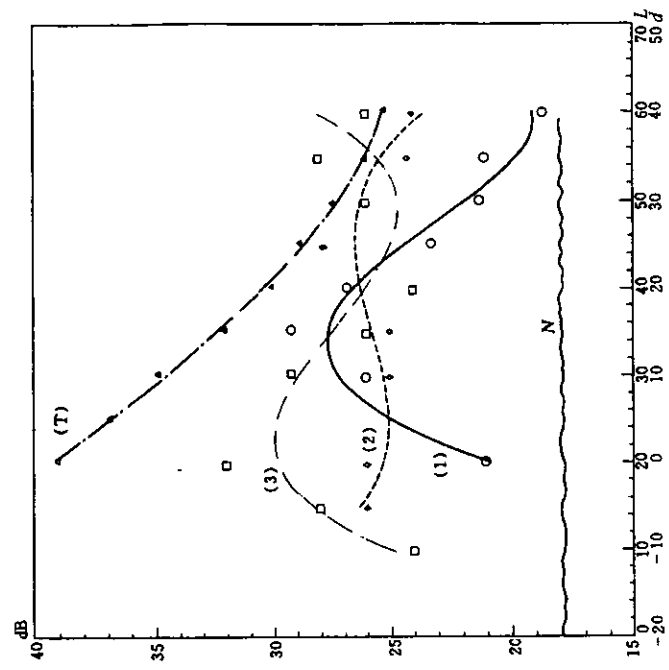
图 A3 专用试块 TP-3 详图

定 量 曲 线



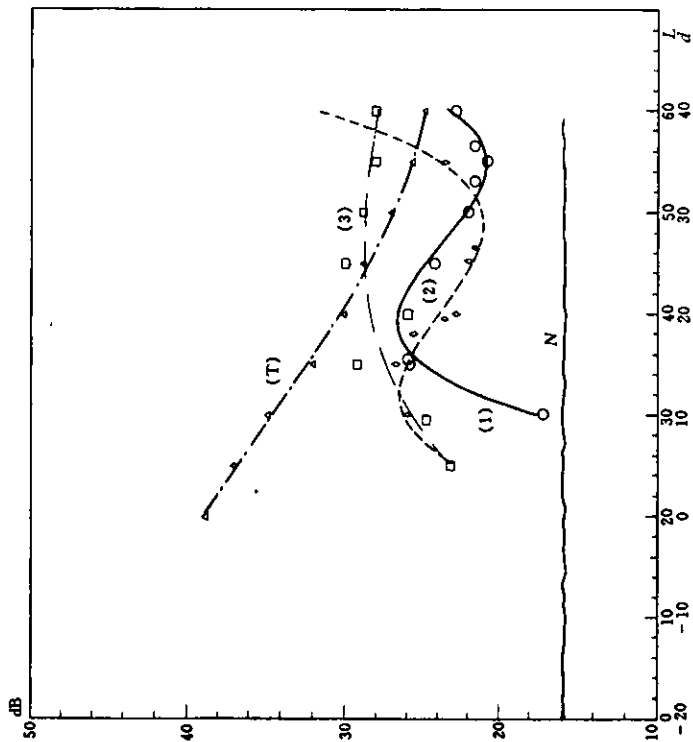
探头: c-6 两支; L: 荧光屏横标; d: 裂纹至探头前沿水平距离对直通波为收发探头前沿距离之半; de: 裂纹深度; (T) 对应 c-6-2 前发 c-6-1 后收直通波; (1): 对应 de3; (2): 对应 de5; (3): 对应 de7; (4): 对应 de9; (5): 对应 de1; (6): 对应 de1.5; N: 噪声水平; 长度单位: mm

图 B1 爬波轴向探测 裂纹定位定量深度曲线



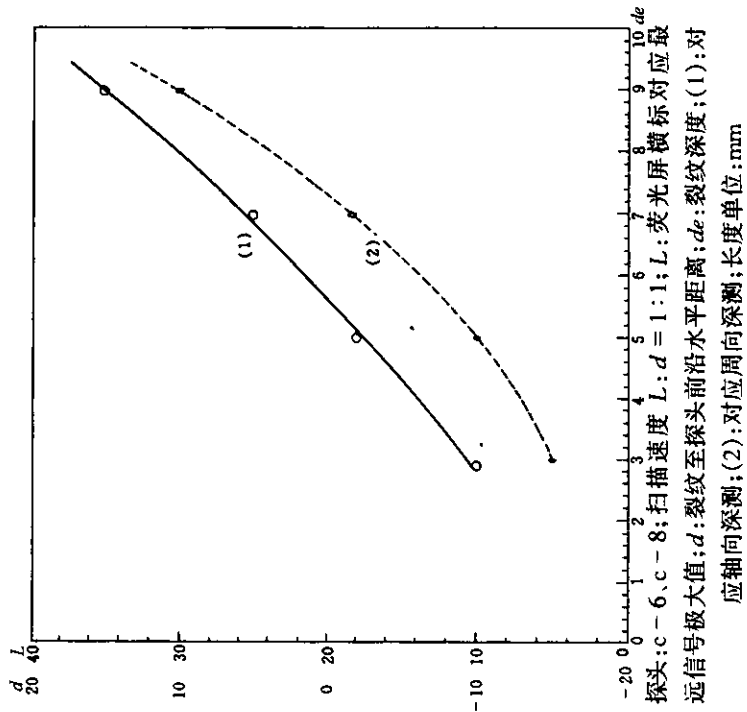
探头: c-6 两支; L: 荧光屏横标; d: 反射体至探头前沿水平距离对直通波为收发探头前沿距离之半; de: 反射体至表面深度 (T) 对应 c-6-2 前发 c-6-1 后收直通波; (1): 对应 de10φ3; (2): 对应 de10φ7; (3): 对应 de10φ9; N: 噪声水平; 长度单位: mm

图 B2 爬波轴向探测(深度 10mm) 缺陷定位定量曲线



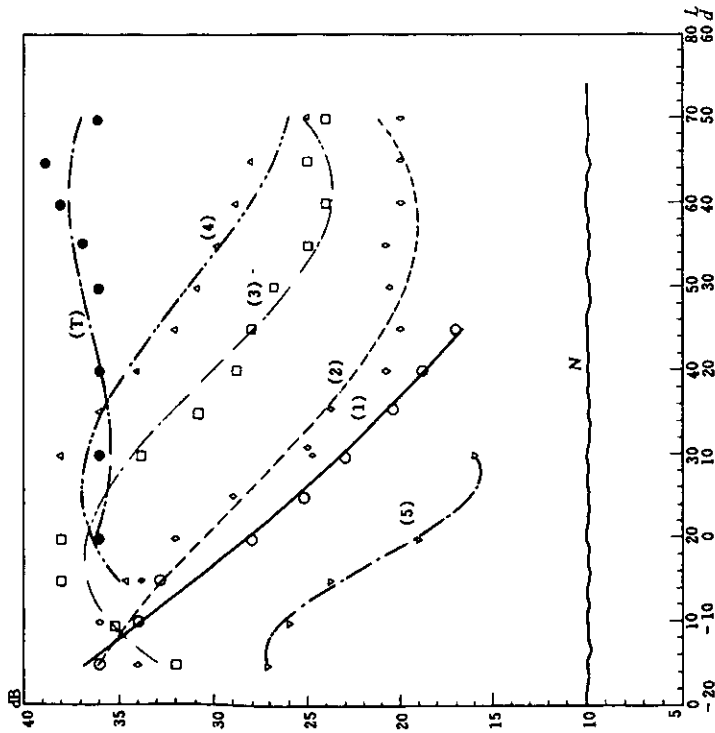
探头: c-6 两支; L: 荧光屏横标; d: 反射体至探头前沿水平距离
对直通波为收发探头前沿距离之半; de: 反射体至表面深度; (T):
对应c-6-2前发c-6-1后收直通波;(1): 对应de15φ3;(2): 对应de15φ7;
(3): 对应de15φ9; N: 噪声水平; 长度单位: mm

图 B3 爬波轴向探测 (深度 15mm) 缺陷定位定量曲线



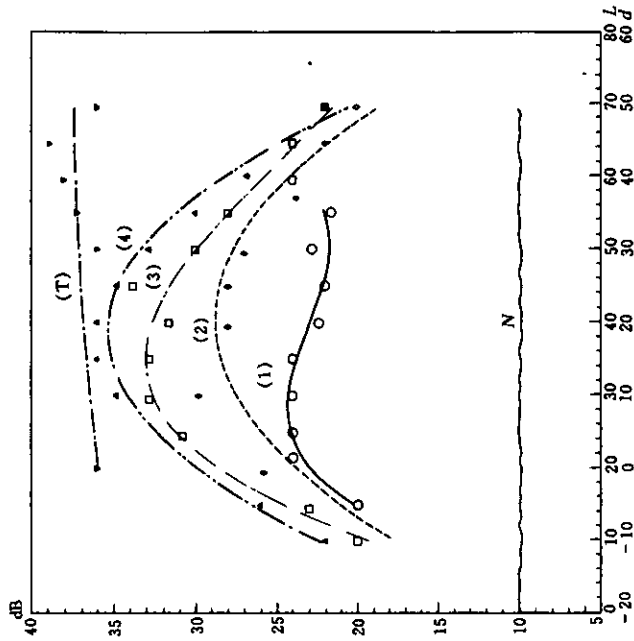
探头: c-6, c-8; 扫描速度 L: d = 1:1; L: 荧光屏横标对应最
远信号极大值; d: 裂纹至探头前沿水平距离; de: 裂纹深度; (1): 对
应轴向深测; (2): 对应周向深测; 长度单位: mm

图 B4 爬波探测 裂纹信号声程与深度关系曲线



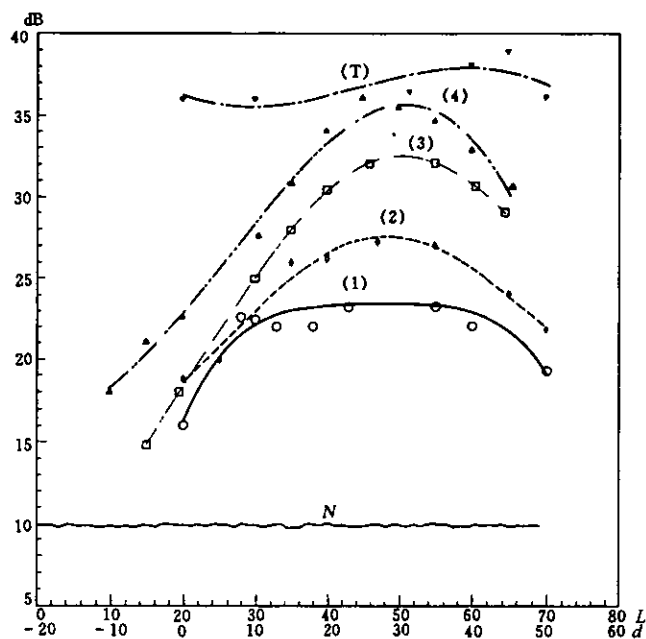
探头: c-8 两支; L: 荧光屏横标; d: 切槽至探头前沿水平距离, 对直通波为收发探头前沿距离之半; de: 切槽深度; (T): 对应 c-8-2 前发 c-8-1 后收直通波; (1) 对应 de3; (2) 对应 de5; (3) 对应 de7; (4) 对应 de9; N: 噪声水平; (5) 对应 de1; 长度单位: mm

图 B5 爬波周向探测 裂纹定位深度曲线



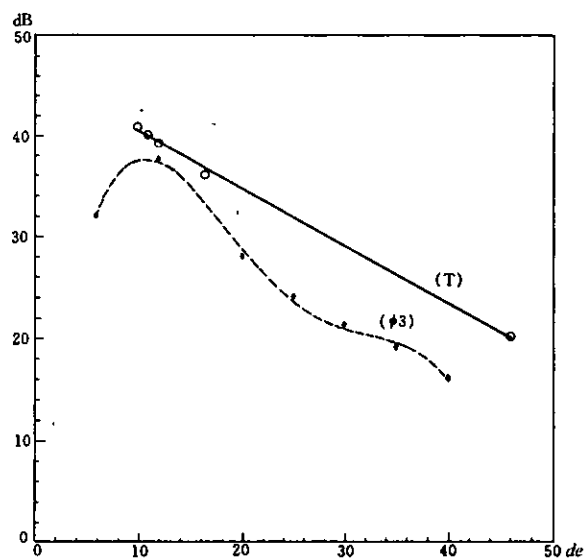
探头: c-8 两支; L: 荧光屏横标; d: 反射体至探头前沿水平距离, 对直通波为收发探头前沿距离之半; de: 反射体至表面深度; (T): 对应 c-8-2 前发 c-8-1 后收直通波; (1) 对应 de10φ3; (2) 对应 de10φ5; (3) 对应 de10φ7; (4) 对应 de10φ9; N: 噪声水平; 长度单位: mm

图 B6 爬波周向探测 (深度 10mm) 缺陷定位当量曲线



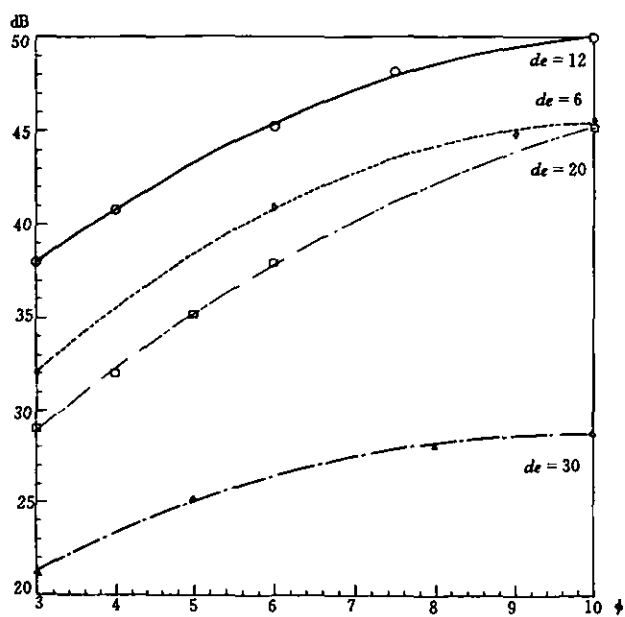
探头: c-8 两支; L : 荧光屏横标; d : 反射体至探头前沿水平距离, 对直通波为收发探头前沿距离之半; de : 反射体至表面深度; (T) 对应 c-8-2 前发 c-8-1 后收直通波; (1) 对应 $de15\phi3$; (2) 对应 $de15\phi5$; (3) 对应 $de15\phi7$; (4) 对应 $de15\phi9$; N : 噪声水平; 长度单位: mm

图 B7 爬波周向探测 (深度 15mm) 缺陷定位定当量曲线



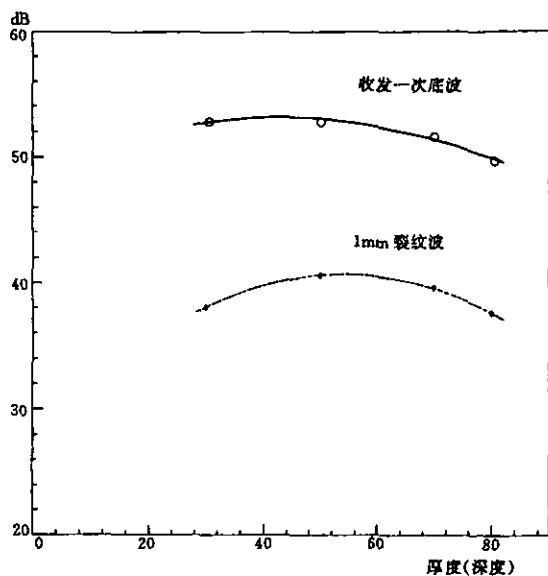
探头: 测直通波时用一支 c-6 前发另一支 c-6 前收; 测平底孔时用 TR-1; de : 平底孔至探测面的距离, 对直通波为爬波传播距离之半; (T) 直通波曲线; ($\phi3$): $\phi3$ 平底孔曲线; ϕ : 平底孔直径; 长度单位: mm

图 B8 TR-1 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 (两支 c-6 探头测得直通波曲线及 TR-1 探头探测不同深度的 $\phi3$ 平底孔曲线)



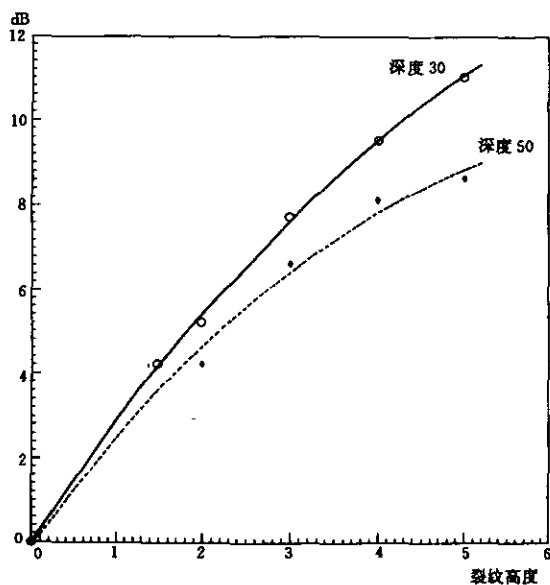
探头：测直通波时用一支 c-6 前发另一支 c-6 前收；
测平底孔时用 TR-1； de ：平底孔至探测面的距离，对
直通波为爬波传播距离之半； ϕ ：平底孔直径；
长度单位：mm

图 B9 TR-1 探头探测 缺陷定位定当量曲线
(TR-1 探测不同深度平底孔定当量曲线)



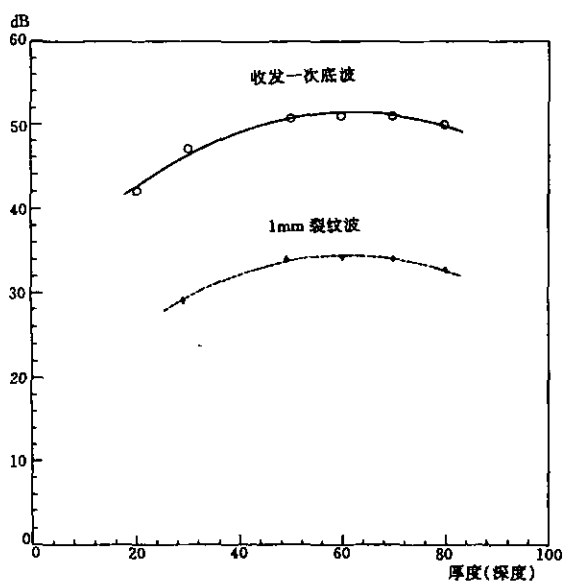
探头：F-3 两支；长度单位：mm

图 B10 F-3 探头探测 确定探伤灵敏度曲线
[F-3 探头探测收发一次底波和 1mm 裂纹波幅
度与厚度 (深度) 的关系曲线]



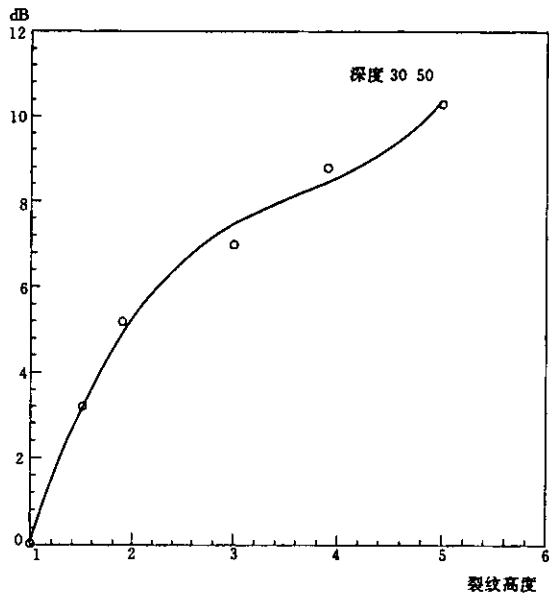
探头：F-3；长度单位：mm

图 B11 F-3 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-3 探头探测同一深度下不同高度裂纹回
波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



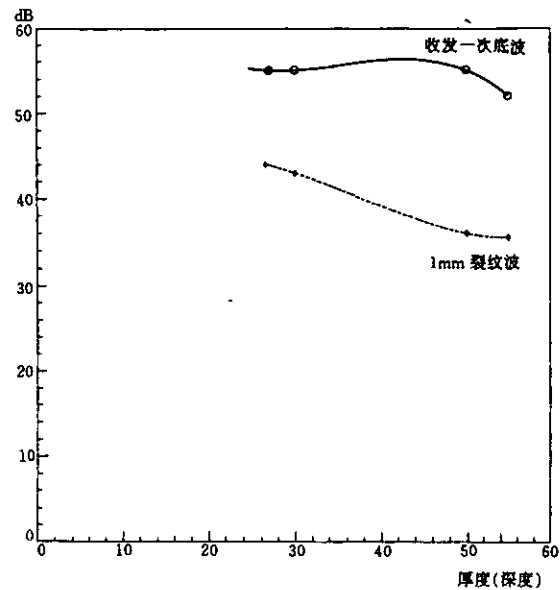
探头：F-1 两支；长度单位：mm

图 B12 F-1 探头探测 确定探伤灵敏度
度曲线 [F-1 探头探测收发一次底波和 1mm
裂纹波幅度与厚度 (深度) 的关系曲线]



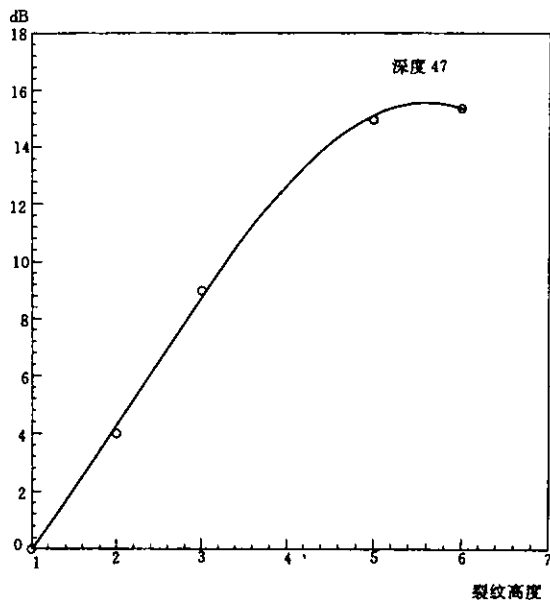
长度单位: mm

图 B13 F-1 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-1 探头探测同一深度下不同高度裂纹的回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



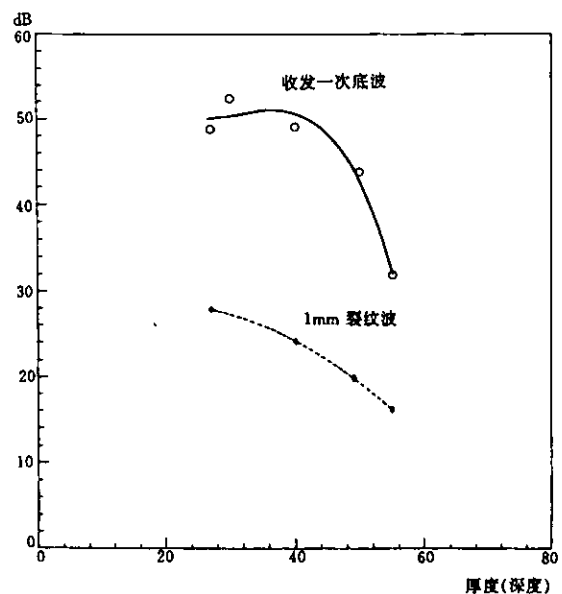
探头: F-5 两支; 长度单位: mm

图 B14 F-5 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 [F-5 探头探测时收发一次底波和 1mm 裂纹波幅度与厚度 (深度) 的关系曲线]



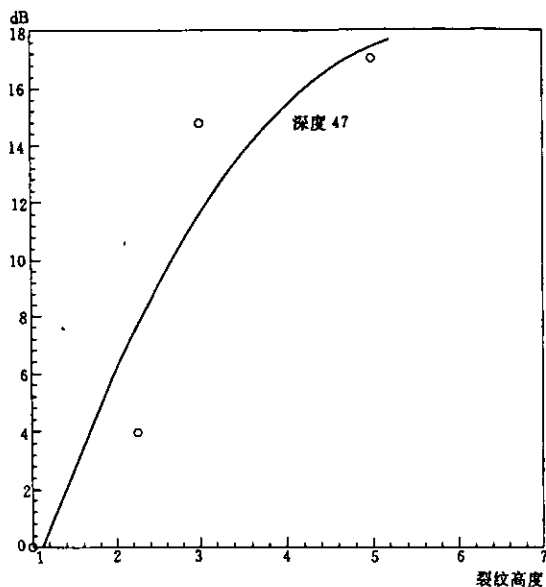
长度单位: mm

图 B15 F-5 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-5 探头探测同一深度下不同高度裂纹的回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



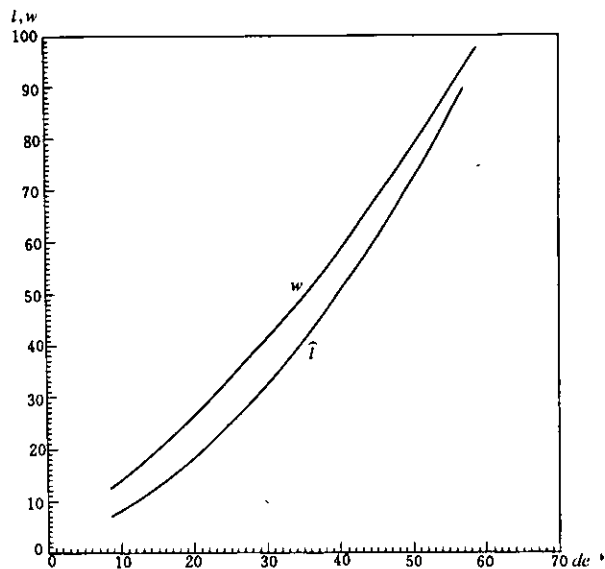
探头: F-6 两支; 长度单位: mm

图 B16 F-6 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 [F-6 探头探测收发一次底波和 1mm 裂纹波幅度与厚度 (深度) 的关系曲线]



长度单位: mm

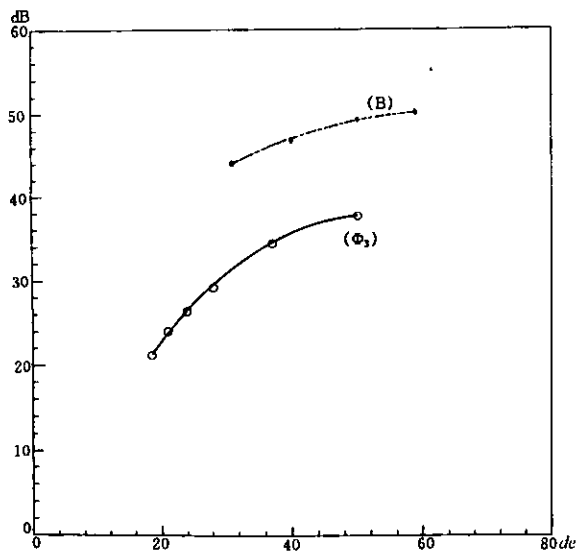
图 B17 F-6 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-6 探头探测同一深度下不同高度裂纹的回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



周向探测 R184; 折射角 $\beta 40^\circ$ F-5 反射点至表面深

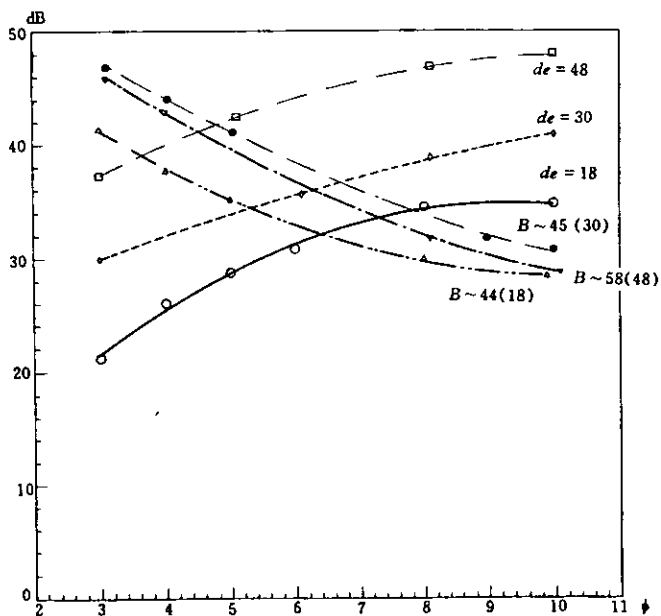
度 de ; 相应声程 w , 相应弧长 \hat{l} ; 长度单位: mm

图 B18 周向或骑肩方位探测
定位定深度曲线



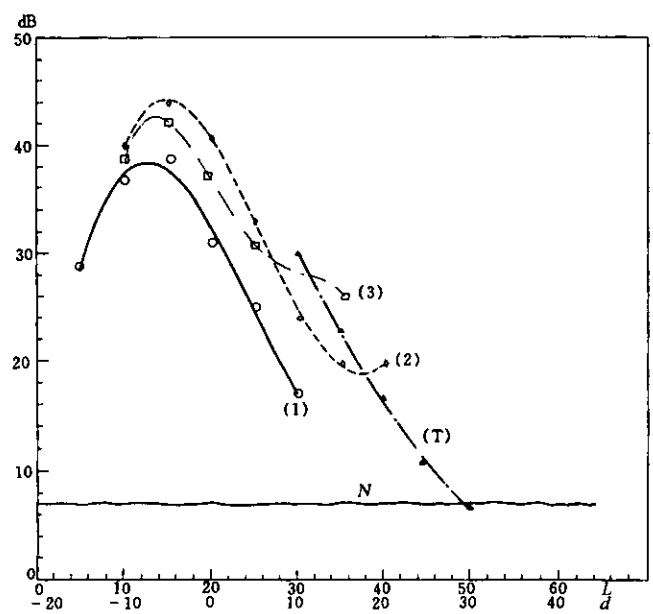
(B): 底波曲线; (ϕ_3): ϕ_3 平底孔曲线; de : 平底孔至探测面的距离, 对底波为试块厚度; 长度单位: mm

图 B19 F-8 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 (F-8 探头探测不同深度的底波和 ϕ_3 平底孔反射波幅随深度变化曲线)



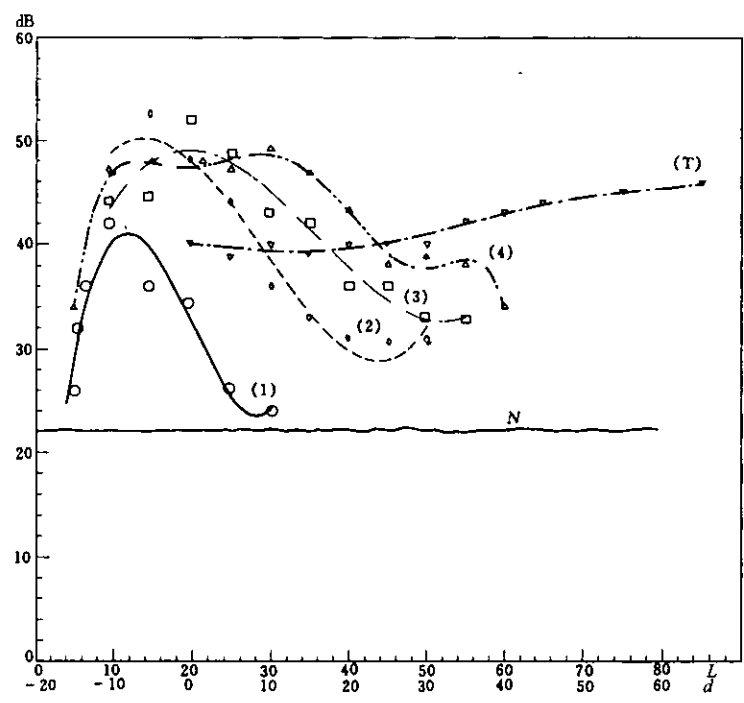
de : 平底孔至探测面距离; ϕ : 平底孔直径; $B \sim 45 (30)$: 深 30 平底孔波幅最大时厚 45 底波曲线; 长度单位: mm

图 B20 F-8 探头探测 确定缺陷当量曲线 (F-8 探头探测不同深度平底孔当量曲线及相应底波衰减曲线)



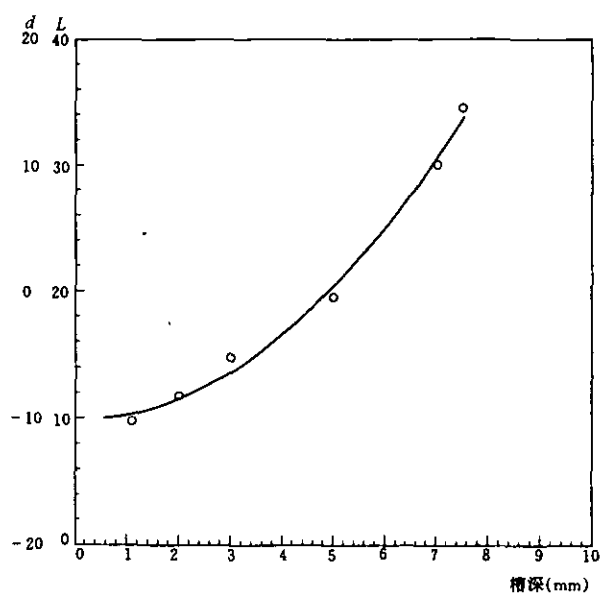
探头: c-9 两支; L : 荧光屏上横标; d : 裂纹至探头前沿的距离, 对直通波即指两探头前沿距离之半; de : 裂纹深度; (T) 对应 c-9-2 前发 c-9-1 后收直通波曲线; (1) 对应 $de1$ 的曲线; (2) 对应 $de3$ 的曲线; (3) 对应 $de5$ 的曲线; N : 噪声水平; 长度单位: mm

图 B21 爬波顺肩探测 裂纹定位定深度曲线



探头: c-11 两支; L : 荧光屏上横标; d : 裂纹至探头前沿的距离, 对直通波即指两探头前沿的距离之半; de : 裂纹深度; (T) 对应 c-11-2 前发 c-11-1 后收的直通波曲线; (1) 对应 $de1$ 的曲线; (2) 对应 $de3$ 的曲线; (3) 对应 $de5$ 的曲线; (4) 对应 $de7$ 的曲线; N : 噪声水平; 长度单位: mm

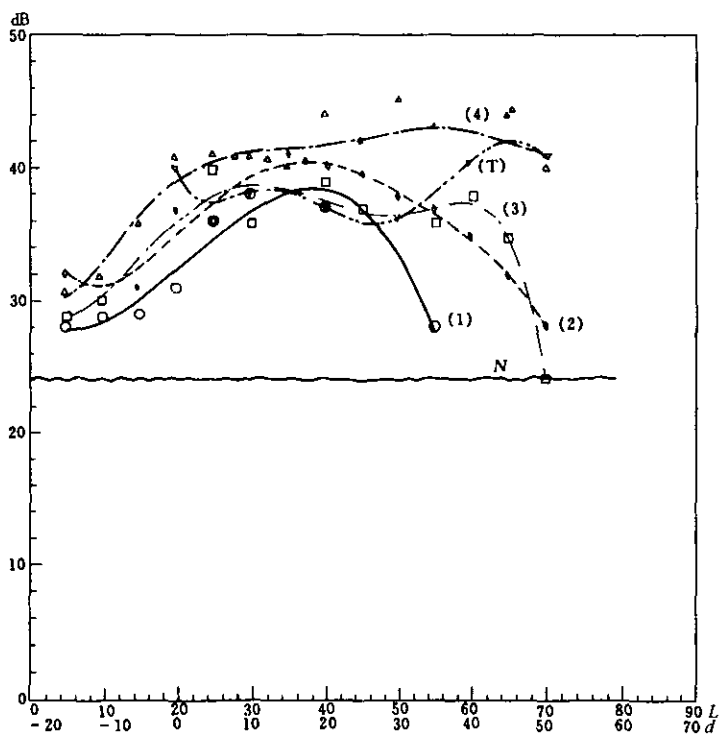
图 B22 爬波骑肩探测 裂纹定位定深度曲线



探头: c-11 两支; L : 荧光屏上的横标 (声程); d : 裂纹到探头前沿的距离

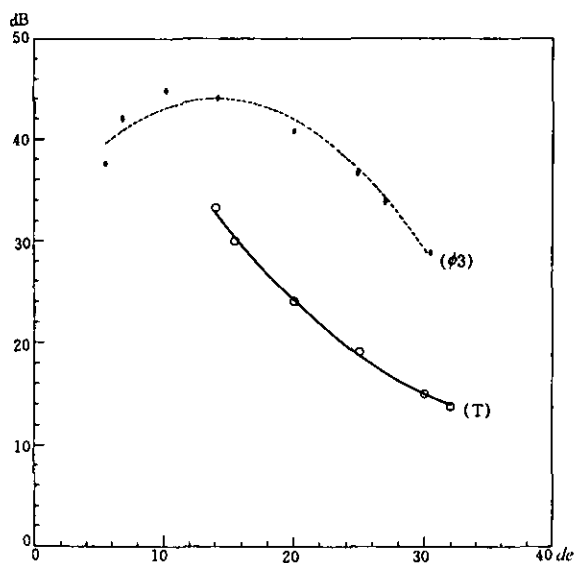
说明: (1) 声程 L 取反射波幅最高时的声程; (2) 当探头来回移动发现有两个最高峰时, 取后面高峰的声程; 长度单位: mm

图 B23 爬波骑肩探测 裂纹声程与深度关系曲线



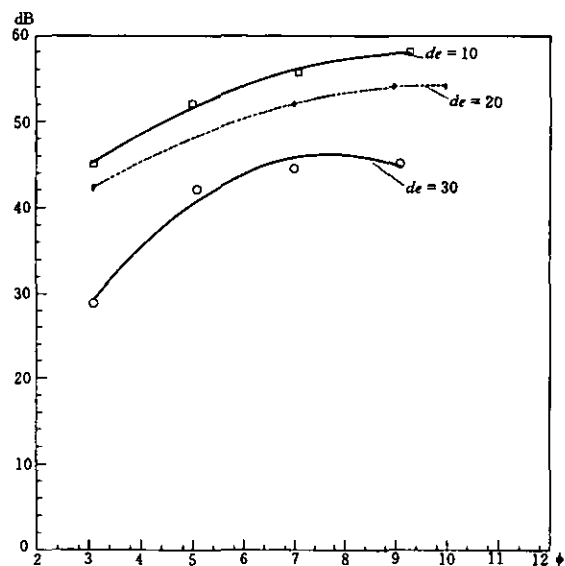
探头: c-11 两支; L : 荧光屏上横标; d : 缺陷至探头前沿的距离, 对直通波即指两探头前沿的距离之半; de : 反射体离探测面的距离; (T) 直通波曲线 c-11-2, c-11-1 前发后收; (1) $de=10$ 时, $\phi 3$ 平底孔当量曲线; (2) $de=10$ 时, $\phi 5$ 平底孔当量曲线; (3) $de=10$ 时, $\phi 7$ 平底孔当量曲线; (4) $de=10$ 时, $\phi 9$ 平底孔当量曲线; N : 噪声水平; 长度单位: mm

图 B24 爬波骑肩探测 深 10mm 缺陷定位定当量曲线



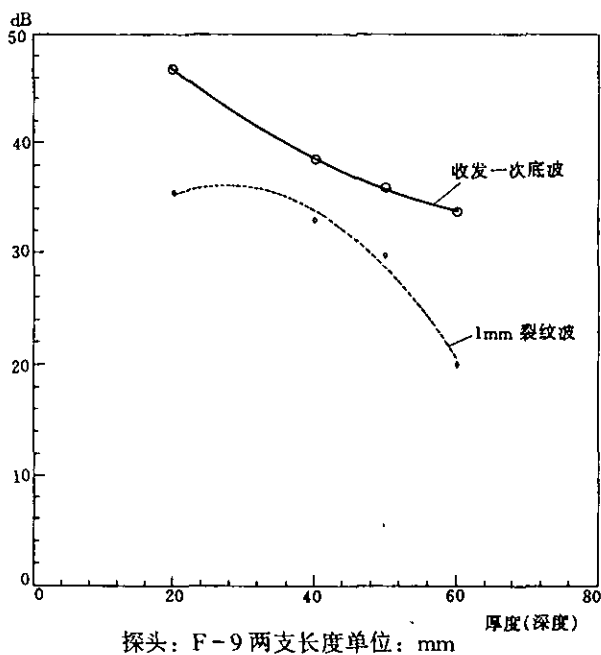
探头: TR-1M; c-9 两支 (前发、前收用以测直通波); de : 平底孔至探测面的距离, 对于直通波为爬波传播距离之半; (T) 直通波曲线; ($\phi 3$): $\phi 3$ 平底孔曲线; ϕ : 平底孔直径; 长度单位: mm

图 B25 TR-1M 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 (c-9 探头探测的直通波曲线及 TR-1M 探头探测不同深度 $\phi 3$ 平底孔曲线)



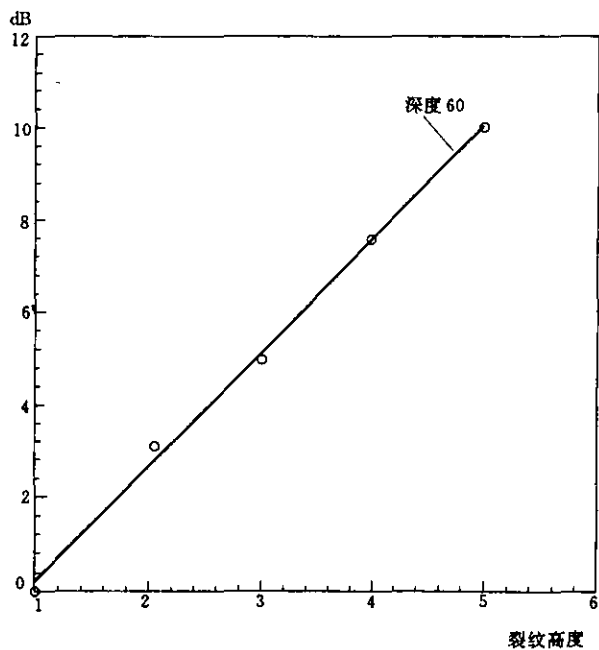
de : 平底孔至探测面的距离; ϕ : 平底孔直径; 长度单位: mm

图 B26 TR-1M 探头探测 确定缺陷当量曲线 (TR1-M 探测不同深度平底孔定当量曲线)



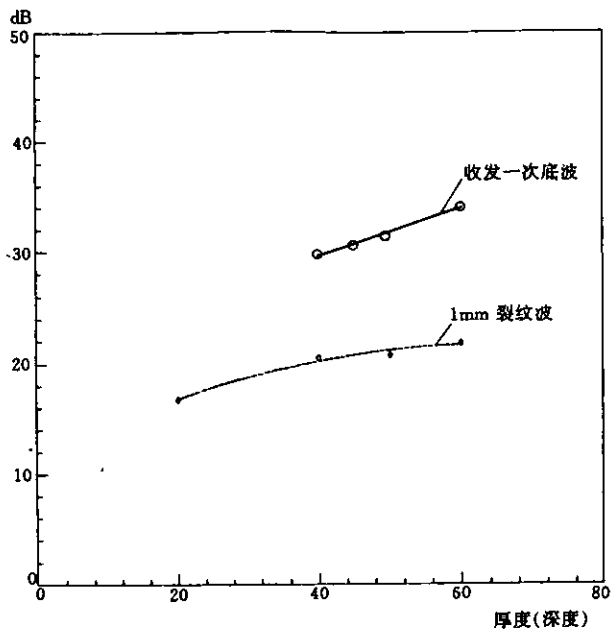
探头: F-9 两支 长度单位: mm

图 B27 F-9 探头探测 确定探伤灵敏度曲线 [F-9 探头探测收发一次底波和 1mm 裂纹波幅与厚度 (深度) 的关系曲线]



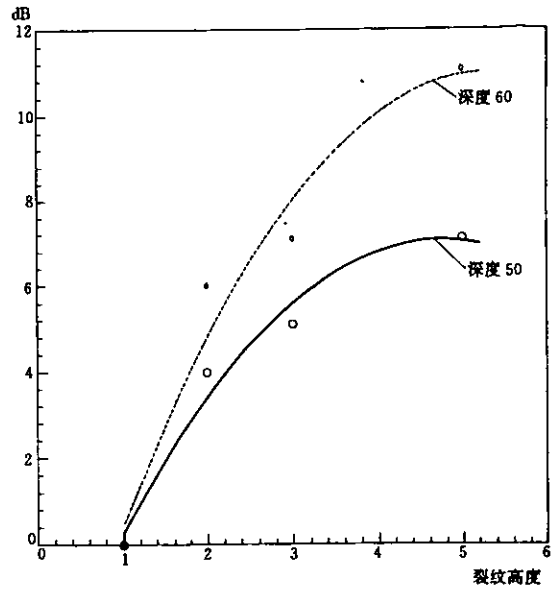
长度单位: mm

图 B28 F-9 探头探测 确定裂纹高度曲线 (F-9 探头探测同一深度下不同高度裂纹的回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



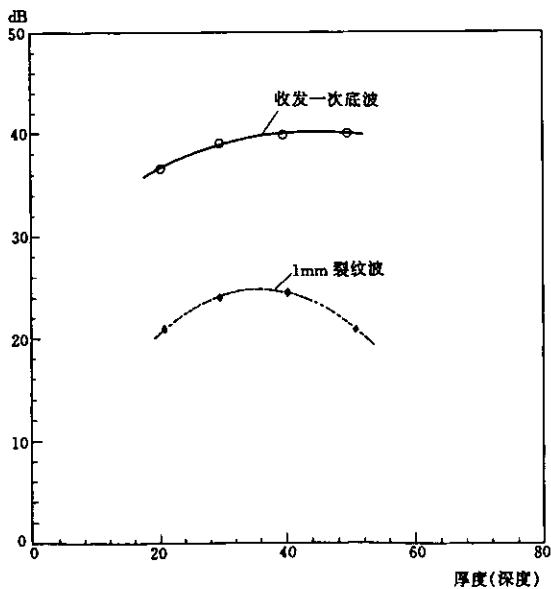
探头: F-10 两支, 长度单位: mm

图 B29 F-10 探头探测 确定探伤灵敏度曲线
[F-10 探头探测收发一次底波和 1mm 裂纹波幅
与厚度 (深度) 的关系曲线]



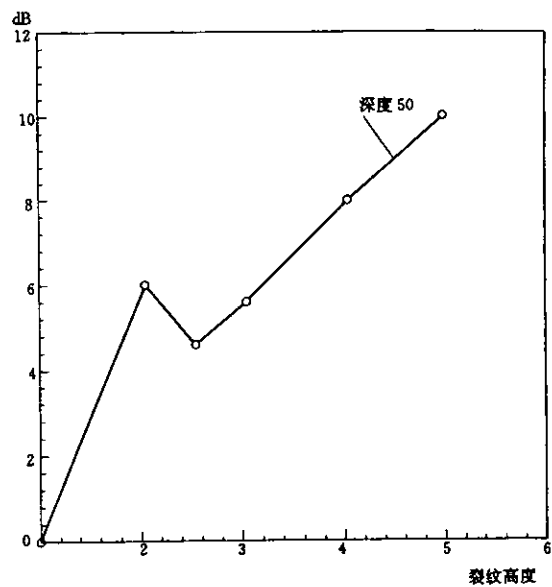
长度单位: mm

图 B30 F-10 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-10 探头探测同一深度下不同高度裂纹的
回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



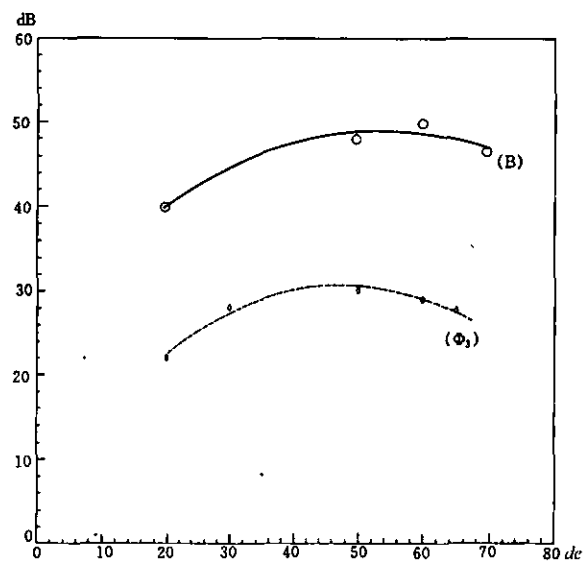
探头: F-11 两支; 长度单位: mm

图 B31 F-11 探头探测 确定探伤灵敏度曲线
[F-11 探头探测收发一次底波和 1mm 裂纹
波幅与厚度 (深度) 的关系曲线]



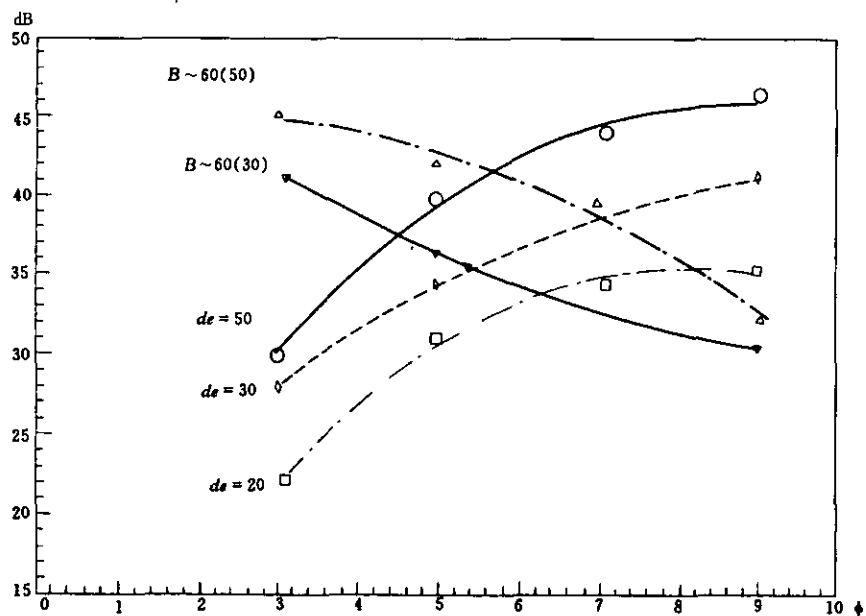
长度单位: mm

图 B32 F-11 探头探测 确定裂纹高度曲线
(F-11 探头探测同一深度下不同高度裂纹的
回波相对 1mm 裂纹回波的 dB 差)



(B): 底波曲线; (φ3): φ3 平底孔曲线; de : 平底孔至探测面的距离, 对底波为试块的厚度; 长度单位: mm

图 B33 F-12 探头探测 确定探伤灵敏度
曲线 (F-12 探头探测底波和 φ3
平底孔反射波幅随深度变化曲线)



de : 平底孔至探测面的距离; ϕ : 平底孔直径; $dB \sim 60$
(50): 深 50 平底孔波幅最大时厚 60 底波曲线; 长度单位: mm

图 B34 F-12 探头探测 确定缺陷当量曲线
(F-12 探头探测不同深度平底孔当量曲线
及相应底波衰减曲线)

顶端回波法及多重分贝法

C1 顶端回波法测定裂纹高度

C1.1 原理及要点

C1.1.1 声束投射于裂纹顶端,该顶端即作为衍射声源,当声束轴线与裂纹顶端相交时,收到的顶端衍射波信号最强,即所谓顶端回波。通过测得顶端回波的声程,计算裂纹顶端的高度。

C1.1.2 准确测定探头前沿至入射点的距离 l_0 (单位 mm) 和探头折射角 β (单位度),精度为小数点后一位数字。

C1.1.3 通过延迟扩展,最好把扫描速度调成荧光屏横标 L : 声程 W (或深度 de) 为 2:1。

C1.1.4 探测时,先找到裂面反射的最大回波,确定裂纹位置。然后在信噪比允许的情况下,尽量提高灵敏度 (比一般探伤灵敏度约提高 20dB 左右)。适当移动探头,使得声束轴线能与裂纹顶端相交。这时光屏上的回波脉冲往往是不单峰,应按最高的尖峰脉冲前沿读取声程 (或深度)。

C1.1.5 测得裂纹上、下顶端的声程 (或深度),已知部件的厚度,可以算出裂纹的高度和方位。

C1.2 轴向探测

C1.2.1 用 CSK-1A 试块测定 F-1 或 F-3 探头的 l_0 和 β 。

C1.2.2 用 CSK-1A 试块调整扫描速度为 $L:de=2:1$ 。

C1.2.3 对于中部埋藏裂纹,可直接测得上、下顶端的深度 de ,并求得上、下顶端至入射点的水平距离 l , $l = de \tan \beta$; 对于上、下表面裂纹,其位于表面的顶端位置,可以通过裂纹根部回波测出,从而不难求出裂纹的高度和方位。

C1.3 周向或骑肩方位探测

C1.3.1 用 TP-1 试块测定 F-5 或 F-6 探头的 l_0 和 β ,调整扫描速度为 $L:W=2:1$; 用 TP-3 试块测定 F-10 或 F-11 探头的 l_0 和 β ,调整扫描速度为 $L:W=2:1$ 。

C1.3.2 见图 C1,测得顶端回波声程 W ,按下式得顶点深度 de 和相应的弧长 \hat{l} 值:

$$de = R - [(R - W \cos \beta)^2 + (W \sin \beta)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (C-1)$$

$$\hat{l} = R \cdot \tan^{-1} \frac{W \sin \beta}{R - W \cos \beta} \quad (C-2)$$

式中: de ——顶点深度, mm;

\hat{l} ——弧长, mm;

R ——管段外半径或骑肩方位曲率半径, mm;

W ——声程, mm。

注: \tan^{-1} 项, 单位为弧度。

C1.3.3 为简化判定裂纹高度的手续,探伤前可根据探头焦柱起止深度,设定差值为 2mm 的一组 de 值,按 (C-3) 式和 (C-2) 式计算相应的 W 和 l 值并绘制曲线。探伤中只要测得 W 值即可从曲线查得相应的 de 和 \hat{l} 值。以 F-5 探头为例 $\beta=40^\circ$ 设定 $R=184\text{mm}$,按 (C-3), (C-2) 式计算结果见附录 B (标准的附录) 中的图 B18。

$$W = R \cos \beta - [(R \cos \beta)^2 - 2Rde + de^2]^{\frac{1}{2}} \quad (C-3)$$

C1.4 顺肩方位探测

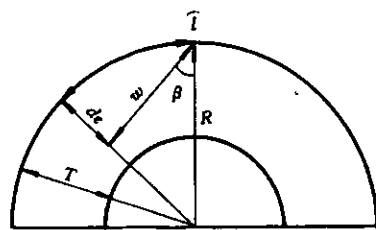


图 C1 凸曲面探测反射点定位示意图

C1.4.1 用 TP-2 试块测定 F-9 探头的 l_0 、 β 。调整扫描速度为 $L:W=2:1$

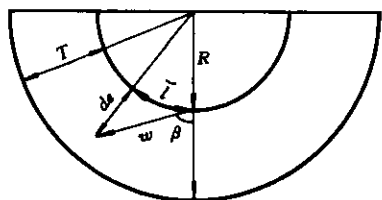


图 C2 凹曲面探测反射点
定位示意图

C1.4.2 见图 C2 测得 W 按下式得相应的 de 和 l 值

$$de = [(W \sin \beta)^2 + (W \cos \beta + R_A)^2]^{\frac{1}{2}} - R_A \quad (C-4)$$

$$\check{l} = R_A \cdot \tan^{-1} \frac{W \sin \beta}{R_A + W \cos \beta} \quad (C-5)$$

式中: \check{l} ——弧长, mm;

R_A ——顺肩方位曲率半径。

注: \tan^{-1} 项, 单位为弧度。

C1.4.3 为简化探伤时的计算手续, 探伤前可设定一组 de 值, 按 (C-6)、(C-5) 式计算相应的 W 和 \hat{l} 值并绘制曲线, 只要测得 W 值即可从曲线查得相应的 de 和 \hat{l} 值。

$$W = [(R_A \cos \beta)^2 + 2R_A de + de^2]^{\frac{1}{2}} - R_A \cos \beta \quad (C-6)$$

C2 多重分贝法测定缺陷尺寸

对于尺寸大于焦柱直径的缺陷, 可用聚焦探头以多重分贝法测定其尺寸。目前只考虑以垂直入射的纵波聚焦探头 F-8、F-12 使用本方法。

C2.1 原理及要点

C2.1.1 大于焦柱直径的缺陷边缘, 看作是由直径远小于焦柱直径的小球串连而成。假定灵敏度足够时以回波高度达规定值测出的指示轮廓线即为缺陷的实际轮廓线, 那么当灵敏度相对提高 6dB, 再测轮廓线, 正如用小球反射法测焦柱半径一样, 这时测得的指示轮廓线较实际轮廓线扩展的距离等于焦柱半径; 两者成为相似形。

C2.1.2 以回波下降 6dB 法测定探头的焦柱直径 d_{-6dB} 。

C2.1.3 在探伤灵敏度下若发现非点状缺陷, 则找出相应一维或二维最大尺寸的端部, 回波高度达规定值的端点。

C2.1.4 相对探伤灵敏度, 依次增益 6dB、12dB、18dB……每一探测灵敏度下均测得一对 (或两对) 端点位置。直至两相邻端点的间距等于 (或接近) 焦柱半径, 这时两内端点确定的尺寸即作为缺陷的最大一维指示尺寸。

C2.1.5 以 F-8 探头用此法在直管段上探测时, 取轴向最大指示尺寸作为缺陷的轴向尺寸; 取周向最大指示尺寸按 6.1.1.2 中 (3) 式作曲面修正后, 作为缺陷的周向尺寸。包括两组最大指示尺寸的外接矩形的中心作为缺陷定位点。

C2.1.6 以 F-12 探头在管段肩部探测时, 取骑肩方位最大指示尺寸按 6.1.1.2 中 (3) 式修正后, 作为缺陷骑肩方位尺寸; 顺肩方位最大指示尺寸按 6.2.1.2 中 (4) 式修正后, 作为缺陷顺肩方位尺寸, 缺陷定位点的取法与上述相同。

铸钢件中常见缺陷的定性

铸钢件中常见缺陷及定性有以下几种方法。

D1 气孔 (砂眼): 容易出现在表层部位, 呈球形或椭球形。对声束方向不敏感。回波高度较低 (就探伤灵敏度而言下同)。除密集气孔 (砂眼) 外, 一般对底波衰减不大, 在荧光屏上呈单个或多个分立的脉冲, 前后沿较光滑。

D2 夹杂 (夹渣、夹砂): 部位不定, 呈不规则形状, 附近多伴随气孔。对声束方向较敏感。较大夹杂对底波衰减明显。荧光屏上脉冲较宽且多峰重叠。

D3 缩孔: 多出现在壁厚中部, 有点状、管状、树枝状和密集缩孔之分。对底波衰减 12dB 以上, 特别是密集缩孔, 有时缺陷波和底波都不出现, $\phi 10\text{mm}$ 以上的缩孔荧光屏上出现单个或多个脉冲, 一般脉冲较宽, 前后沿不光滑。

D4 疏松: 多在铸件中呈一定体积, 对底波衰减 12dB 以上。有时缺陷波、底波都不出现, 有时荧光屏上呈多个矮小脉冲。

D5 裂纹: 产生机理不一, 部位不定。对声束方向敏感。方向适当, 高度 (深度) 大于 1mm 的裂纹, 在荧光屏上呈现单个或多个脉冲, 主脉冲直立挺拔, 幅度较大, 斜探头探测时, 随探头转动, 波高变化较大; 随探头移动, 脉冲沿横标游动。直探头探测时, 裂纹波幅度最大时, 底波衰减较大。

D6 冷隔: 因金属液对接或搭接时未融合而出现的穿透或不穿透的, 边缘呈圆角状的缝隙。多出现在远离浇口的宽大上表面或薄壁处、金属流汇合处、激冷部位等处。波形特征与裂纹相同。

专用试块使用说明

E1 TP-1 试块

E1.1 测定 F-5、F-6 探头入射点

E1.1.1 探头置于 R190mm 弧面上, 用 R40mm、R80mm 弧面回波, 测定方法同于常规斜探头入射点测定方法。

E1.1.2 由于聚焦声束轴线不是直线而略有弯曲, 从而使得相应 R40mm、R80mm 入射点的位置有 1~2mm 差别, T 为部件厚度。

$T \leq 40\text{mm}$, 用 R40mm 弧面回波;

$T \geq 60\text{mm}$, 用 R80mm 弧面回波;

$40\text{mm} < T < 60\text{mm}$, 取相应 R40mm、R80mm 入射点位置的中间位置。

E1.2 测定 F-5、F-6 探头折射角

E1.2.1 用 $\phi 20\text{mm}$ 通孔回波, 测定方法同于常规方法。

E1.2.2 有必要精确测定折射角时, 可用与被探对象深度相近的 $\phi 2\text{mm}$ 通孔找到通孔回波最大幅度, 测定入射点和 $\phi 2\text{mm}$ 通孔的相对位置后, 通过作图或计算求得折射角。

E1.3 使用 F-5、F-6 探头时调整扫描速度

探头入射点置于 R40mm 弧面的中心轴线上, 出现 R40mm、R80mm 弧面回波后, 通过调整〈微调〉、〈水平〉或〈延迟〉, 使该两个底波分别位于荧光屏横标 40mm、80mm, 即为横标: 声程 = 1:1。

E1.4 测定 F-5、F-6 探头分辨率

探头置于 R190mm 弧面上, 找到孔间距离较近的两个 $\phi 2\text{mm}$ 通孔的回波, 测定方法同于常规探头测定分辨率的方法。

E1.5 使用 F-8 探头时调整扫描速度

探头置于 R190mm 弧面上, 使厚度 30mm、50mm 部位一次底波同时出现在荧光屏上, 通过调整〈微调〉、〈水平〉或〈延迟〉, 使该两个底波分别位于荧光屏横标 30mm、50mm, 即为横标: 声程 = 1:1。

E2 TP-2 试块

E2.1 测定 F-9 探头入射点

E2.1.1 探头置于 R105mm 弧面上, 用 R40mm、R80mm 弧面回波, 测定方法同于常规方法。

E2.1.2 见 E1.1.2。

E2.2 测定 F-9 探头折射角

见 E1.2

E2.3 使用 F-9 探头时调整扫描速度

见 E1.3。

E2.4 测定 F-9 探头分辨率

探头置于 R105mm 弧面上, 找到孔间距离较近的两个 2mm 通孔的回波, 测定方法同于常规方法。

E2.5 使用 TR-1M、F-12 探头时调整扫描速度

E2.5.1 TR-1M 探头通过厚 20mm 部位底波调整扫描速度, 调整方法见标准正文。6.2.1.2。

E2.5.2 F-12 探头置于 R105mm 弧面上, 使厚度 20mm、50mm 部位一次底波同时出现在荧光屏上, 通过调整〈微调〉、〈水平〉或〈延迟〉, 使该两个底波分别位于荧光屏横标 20mm、50mm, 即为横标: 声程 = 1:1。

E3 TP-3 试块

E3.1 测定 F-10、F-11 探头入射点

E3.1.1 探头置于 R170mm 弧面上，用 R40mm、R80mm 弧面回波，测定方法同于常规方法。

E3.1.2 见 E1.1.2

E3.2 测定 F-10、F-11 探头折射角

见 E1.2.1, E1.2.2。

E3.3 使用 F-10、F-11 探头时调整扫描速度

见 E1.3。

E3.4 测定 F-10、F-11 探头分辨率

探头置于 R170mm 弧面上，找到孔间距离较近的两个 $\phi 2\text{mm}$ 通孔的回波，测定方法同于常规方法。

E3.5 使用 TP-1M、F-12 探头时调整扫描速度

E3.5.1 见 E2.5.1。

E3.5.2 F-12 探头置于 R170mm 弧面上，调整方法见 E2.5.2。

考虑材质衰减系数的缺陷定量方法

以图 B19、图 B20 为例说明必要考虑材质衰减系数的缺陷定量方法。

F1 确定探伤灵敏度

设被探铸件厚度 50mm，用 F-8 探头测得一次底波幅度为 48dB。用 N 探头测得材质衰减系数 $\alpha = 0.10\text{dB/mm}$ ，因 $\alpha > 0.08\text{dB/mm}$ ，故定量中予以考虑。查图 B19 曲线，深 50mm 底波与深 20mm $\phi 3$ 缺陷波幅度相差为：49 - 23 = 26 (dB)，制作图 B19 曲线与图 B20 曲线使用的铸钢试块材质衰减系数 $\alpha_0 = 0.05\text{dB/mm}$ ，考虑材质衰减系数的差异 $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 = 0.05\text{dB/mm}$ ，深 50mm 底波相对深 20mm $\phi 3\text{mm}$ 缺陷回波幅度衰减增量为 $0.05\text{dB/mm} \times (50 \times 2 - 20 \times 2) \text{mm} = 3 \text{ (dB)}$ 。两者回波幅度实际差值应为：26 - 3 = 23 (dB)，从而探伤灵敏度应为：48 - 23 = 25 (dB)。

F2 确定缺陷当量

以上述确定的探伤灵敏度测得深 30mm 处缺陷回波幅度为 34dB，求该缺陷的当量；缺陷回波幅度高出探伤灵敏度：34 - 25 = 9 (dB)。查图 B19，深 30mm $\phi 3\text{mm}$ 缺陷比深 20mm $\phi 3\text{mm}$ 缺陷回波幅度高了：31 - 23 = 8 (dB)，考虑材质衰减系数的差异，两者回波幅度相对衰减增量为 $0.05\text{dB/mm} \times (30 \times 2 - 20 \times 2) \text{mm} = 1 \text{ (dB)}$ 两者回波幅度实际差值应为：8 - 1 = 7 (dB)，从而该缺陷比同深度 $\phi 3\text{mm}$ 缺陷回波幅度高出：9 - 7 = 2 (dB)。查图 B20 中 $de = 30$ 的曲线，高出 $\phi 3\text{mm}$ 纵标 2dB 所对应的当量为 $\phi 4.2\text{mm}$ 即该缺陷的当量。

铸造三通、弯头质量评级方法

参照 GB/T 7233（铸钢件超声探伤方法及质量评级方法），结合铸造三通弯头探伤的具体情况制定本评级方法。

G1 评级方法：铸造三通、弯头的质量评级按表 G1、表 G2 进行

表 G1 按面型缺陷评定质量等级

相对尺寸	质量等级		
	1	2	3
最大高度（深度） 壁厚	0	≤10%	>10%
缺陷总面积 相应截面面积	0	≤1%	>1%
注：一个缺陷的面积，等于该缺陷的最大尺寸和与其垂直方向的最大尺寸之积。			

表 G2 按非面型缺陷评定质量等级

相对尺寸	质量等级		
	1	2	3
高度 壁厚	<20%	=20%	>20%
单个缺陷最大面积 评定面积	<2%	2~4%	>4%
缺陷总面积 评定面积	<20%	20~40%	>40%
注：一个缺陷一维尺寸大于 320mm 者，则评为 3 级。			

相应截面面积：直管段上可看作周向缺陷者，即直管段横截面面积。可看作轴向缺陷者，即缺陷所在纵截面面积等于直管段轴长（不大于 320mm 者以实探轴长计算，否则取 320mm 作为直管段轴长）乘以壁厚。可看作顺肩方位缺者（如用 F-11 探头探出的裂纹），即管段肩部顺肩方位纵截面面积，等于顺肩弧长乘以壁厚。可看作骑肩方位缺陷者（如用 F-9 探头探出的裂纹），即管段肩部骑肩方位横截面面积，等于骑肩弧长乘以壁厚。

评定面积：探测面积不大于 320mm×320mm 者，以实际探测面积计算，否则取包含缺陷部位的 320mm×320mm 作为评定面积。

密集缺陷或相关缺陷的整体，分别按单个体型缺陷计算其尺寸（但探伤报告中应分别指明缺陷类型）。当量为 ϕ 的点状缺陷，面积取为 $\pi\phi^2$ 。

如不特别指明，评为某级铸件系指铸件中面型缺陷和非面型缺陷均分别满足该级要求。

G2 质量评级：1 级质量最好，2、3 级质量依次降低。1 级铸件评为质量合格可继续使用，2 级铸件一般情况下可建议监督使用，3 级铸件建议返修、更换或按寿命评估计算结果处理。

G3 采用的评级标准与 GB/T 7233 质量评级标准的关系：控制等级与国标基本对应，原则上一致。以非面型缺陷评定质量等级为例说明如下（见表 G3）。

表 G3 评级标准对比

单个缺陷的最大面积 评定面积	国标 GB/T 7233	≤1%	1% < ~ ≤2%	2% < ~ ≤4%
	本标准	评为 1 级、2 级	评 3 级	评 4 级
缺陷总面积 评定面积	国标 GB/T 7233	<2%	2% ≤ ~ ≤4%	>4%
	本标准	评 1 级	评 2 级	评 3 级
	国标 GB/T 7233	≤10%	10% < ~ ≤20%	20% < ~ ≤40%
	本标准	评 1 级、2 级	3 级	4 级
	国标 GB/T 7233	<20%	20% ≤ ~ ≤40%	>40%
	本标准	评 1 级	评 2 级	评 3 级

从以上比较可以看出：采用标准 1 级相当于国标 1、2 级，2 级相当于国标 3、4 级，3 级相当于国标 5 级。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火力发电厂铸造三通、弯头超声波探伤方法
DL/T 718—2000

*

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 [http://www cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))
三河实验小学印刷厂印刷

*

2001 年 6 月第一版 2001 年 6 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 2.25 印张 62 千字
印数 0001—3000 册

*

书号 155083·224 定价 11.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)