



中华人民共和国国家标准

GB/T 40324—2021

无损检测 大直径圆棒聚焦超声检测方法

Non-destructive testing—Testing method for large diameter round bars by
focused ultrasound

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法原理 2

5 一般要求 2

6 检测程序 6

7 验收 8

8 检测记录和检测报告 8

附录 A (资料性) 推荐的单晶片分区聚焦检测探头参数 9

附录 B (资料性) 推荐的不同规格圆棒分区检测方案 11

附录 C (资料性) 特种钛合金圆棒($\phi 100\text{ mm} \sim \phi 356\text{ mm}$)的验收 16

附录 D (资料性) 推荐的超声分区聚焦检测用圆棒对比试块 17

附录 E (资料性) 推荐的超声相控阵检测用圆棒对比试块 31

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本文件起草单位：中国航发北京航空材料研究院、上海材料研究所、矩阵科工检测技术(北京)有限公司、宝钛集团有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、抚顺特殊钢股份有限公司、湖南金天钛业科技有限公司、宝武特种冶金有限公司。

本文件主要起草人：梁菁、沙正骁、史亦韦、蒋建生、黄隐、韩丽娜、丁杰、江运喜、马小怀、刘京洲、王建国、王丽娟、钟悦铮、姜毅敏。

无损检测 大直径圆棒聚焦超声检测方法

1 范围

本文件规定了大直径圆棒水浸分区聚焦(多个单晶片聚焦探头或超声相控阵探头)超声检测的一般要求、检测程序和验收等。

本文件适用于直径不小于 100 mm,采用锻造、挤压和轧制等成型工艺制备的特种金属圆棒(钛合金、高温合金等)的水浸分区聚焦超声检测。

注:特种金属圆棒主要指对材料质量要求较高,因而需要采用较高的检测灵敏度和信噪比,以达到检测小缺陷目的的金属圆棒。多用于制造航空航天领域的某些关键零部件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 36439 无损检测 航空无损检测人员资格鉴定与认证

ASTM E317 不用电子测量仪器对脉冲反射式超声检测系统性能特性评定(Standard Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments)

ASTM E1065 超声探头性能评价指南(Standard Practice for Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units)

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和 GB/T 20737 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动态深度聚焦 dynamic depth focusing; DDF

在超声相控阵检测时,控制聚焦法则使声束发射时聚焦于被检材料中一固定深度,接收时焦点在一定深度范围内变化。

3.2

水平极限 horizontal limit

由超声检测仪 A 型显示的电子或物理极限决定的水平扫描线的最大可读长度。

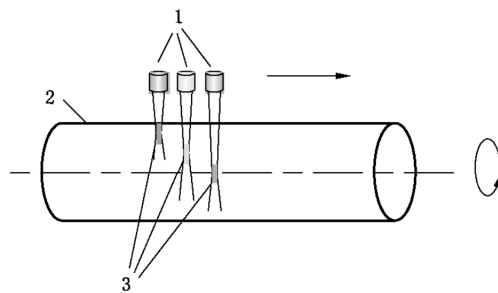
3.3

垂直极限 vertical limit

由超声检测仪 A 型显示的电子或物理极限决定的显示信号的最大可读高度。

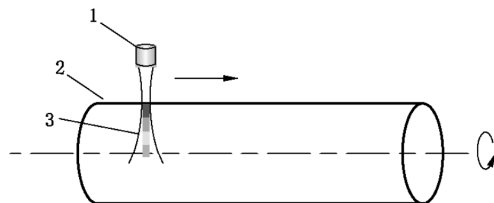
4 方法原理

在圆棒的圆周面,采用超声纵波直入射方式进行水浸分区聚焦检测。为了达到提高检测灵敏度和信噪比的目的,使用配置了一组不同焦距的单晶片聚焦探头的水浸超声 C 扫描检测系统,使各探头焦点位于圆棒的不同深度位置且圆棒半径深度区域均为探头焦区所覆盖,如图 1 所示;或使用水浸超声相控阵检测系统,通过聚焦法则的控制,保证圆棒半径深度区域内聚焦检测,如图 2 所示。通过圆棒旋转和探头直线运动,实现整个圆棒的超声检测。



标引序号说明:
1——一组单晶片聚焦探头;
2——大直径圆棒;
3——探头的焦区。

图 1 一组单晶片聚焦探头分区聚焦检测原理



标引序号说明:
1——超声相控阵探头;
2——大直径圆棒;
3——探头的焦区。

图 2 超声相控阵探头分区聚焦检测原理

5 一般要求

5.1 检测人员

5.1.1 检测人员应持有符合 GB/T 36439 或 GB/T 9445 或合同各方认可的标准的资格证书,并从事与专业资格等级相适应的工作。

5.1.2 检测人员应熟悉所使用的检测设备和本文件中涉及的水浸聚焦检测技术。

5.2 检测设备

5.2.1 超声检测仪

5.2.1.1 超声检测仪应能激发、接收和显示检测所需频率和能量的高频电脉冲,至少可在 2.5 MHz~10 MHz 频率范围下工作。仪器的通道数应能满足多个单晶片探头同时检测和底波监控的需要,推荐仪器通道数不少于 8 个。每个通道应具有独立的增益(衰减)控制、闸门和时间增益修正(Time Corrected Gain, TCG)功能。

5.2.1.2 超声检测仪在投入使用前、经过修理后或每年应按照 ASTM E317 或合同各方同意的文件进行校准。应对每个通道校验超声检测仪的水平极限和水平线性、垂直极限和垂直线性以及增益(衰减)控制器的精度,并满足以下要求:

- 水平极限达到满刻度,水平线性范围不小于 85%;
- 垂直极限达到满刻度,垂直线性下限不大于 10%,垂直线性上限不小于 95%;
- 在 50 dB 范围内,增益(衰减)控制器的控制偏差应不超过 ± 2 dB。

5.2.2 超声相控阵检测仪

5.2.2.1 超声相控阵检测仪的通道数应满足圆棒整个区域检测所用探头的需要,宜具备 128 个发射通道和 128 个接收通道或更多通道。

5.2.2.2 超声相控阵检测仪应具备 DDF 或多深度聚焦功能。该功能应集成在相控阵操作软件中,并可用于电子扫描和圆棒检测聚焦法则的设计。该功能与超声相控阵探头配合使用可保证在整个检测深度范围内的声束宽度大致相同。

5.2.2.3 超声相控阵检测仪的激励脉冲宽度调节范围应覆盖 50 ns~200 ns 范围。

5.2.2.4 超声相控阵检测仪应至少包含 4 个检测闸门,可分别记录峰值信号的幅度和时间;此外,超声相控阵检测仪还应具备一个用于跟踪界面的闸门。

5.2.2.5 超声相控阵检测仪宜具备同时使用至少 128 个聚焦法则的功能。

5.2.2.6 超声相控阵检测仪应具备 TCG 功能。

5.2.2.7 应定期对超声相控阵检测仪的性能进行校验。

5.2.3 单晶片聚焦探头

5.2.3.1 检测用探头应为标称频率不小于 5 MHz 的水浸聚焦探头。推荐采用双曲率聚焦探头,该探头的声场经过圆棒的表面折射后,在圆棒内部聚焦于一点状区域,即沿圆棒轴向和周向的焦点位于圆棒中的同一深度。推荐的分区聚焦探头参数参见附录 A,推荐的检测区域划分参见附录 B。

5.2.3.2 新购置探头或使用中怀疑有损坏的探头,应按照 ASTM E1065 或按合同各方同意的文件进行峰值频率测量,峰值频率不应超过标称频率的 $\pm 10\%$ 。

5.2.3.3 每年应在圆棒对比试块中的平底孔上测量探头沿圆棒轴向的 -3 dB 和 -6 dB 声束宽度和周向的 -3 dB 和 -6 dB 声束宽度,测量所用的平底孔应位于探头的焦点附近。无法确定焦点时应对探头对应检测深度区域内所有平底孔进行测量。

5.2.4 超声相控阵探头

5.2.4.1 超声相控阵探头的标称频率不应小于 5 MHz。

5.2.4.2 针对不同直径的被检圆棒,应在相应的对比试块上分别测量超声相控阵探头的声束宽度。

5.2.4.3 至少在圆棒对比试块中 2 个埋深的平底孔(包括近表面的平底孔和中间深度的平底孔)上测量探头的声束宽度。

5.2.5 超声检测仪与探头的组合性能

在被检圆棒的整个探测范围内,超声检测仪与探头的组合性能应满足灵敏度和近表面分辨力的检测要求。

5.2.6 扫查装置

5.2.6.1 扫查装置一般包括一个探头夹持器和多个机械运动轴,各轴定义如下:

——X轴和Y轴为沿水平方向且相互垂直的平动轴,其中之一平行于被检圆棒的轴向;

——Z轴为沿竖直方向的平动轴;

——A轴和B轴(或 θ)为转动轴,控制探头的角度。

5.2.6.2 扫查装置还应包含电机驱动装置用于旋转被检圆棒。

5.2.6.3 所有与采集系统有关的轴应可自动控制。

5.2.6.4 水槽尺寸应足以使被检圆棒和探头完全浸没于其中,同时确保探头具有足够的运动空间。

5.2.6.5 各轴运动的准确度和扫查速度的准确应满足使用要求。

5.2.6.6 应至少每年校验扫查装置的机械精度。

5.2.7 动态性能校验

5.2.7.1 应至少每六个月校验系统的动态性能。

5.2.7.2 测试应选择声束宽度最小的探头,在系统所用的最大检测速度下实施。

5.2.7.3 在确定声束宽度时所用的最小尺寸平底孔上,调整增益使其静态下回波幅度达到满刻度的80%。采用检测时的参数设置执行一次扫查,记录动态时平底孔的回波幅度。

5.2.7.4 动态响应与静态响应的偏差应在 ± 1 dB以内。

5.2.8 数据采集装置

5.2.8.1 数据采集装置应包括:记录轴向和周向位置的编码器、模数(A/D)信号转换装置、计算机、数据存储单元和相应软件。

5.2.8.2 A/D信号转换装置应能将闸门内的超声信号峰值幅度转换为不低于8位宽度的数字信号。

5.2.8.3 数据采集记录系统应具有良好的线性,能以屏幕满刻度的 $\pm 2\%$ 精度重现记录的超声信号幅度数据。

5.2.8.4 数据存储系统应能储存任一超声信号的幅度和对应的编码器位置。应能指示超声信号在圆棒轴向上的位置,便于检测人员重新定位和评估缺陷。

5.2.8.5 数据分析软件应至少具有以下功能:显示缺陷位置和幅度;选择目标区域(Region of interest, ROI);计算ROI内幅度的均值、最小值、最大值和标准差。根据数据分析软件给出的数据计算信噪比的方法参见附录C。

5.2.9 耦合剂

应使用洁净的水作为耦合剂,必要时可添加不损伤被检圆棒和设备的防锈剂、消泡剂或润湿剂。水中不应存在干扰超声检测的气泡。

5.2.10 对比试块

5.2.10.1 对比试块材料选择

制作对比试块的材料应与被检圆棒声学性能相同或相似。可通过比较试块和多个被检圆棒的第一

个底面反射回波,确认声衰减差异。在同一圆棒的三个位置(避免圆棒端部)选择轴向长度 25 mm、周向 360°的区域,记录并计算区域内底面回波幅度平均值。试块和被检圆棒之间的底面回波幅度差值不应超过 ± 6 dB,否则应使用与被检圆棒声学性能更为接近的材料制作试块。试块材料中不应存在影响试块使用的缺陷。

5.2.10.2 对比试块规格

对于直径在 356 mm 及以下的被检圆棒,对比试块直径与被检圆棒标称直径的差值应在 ± 13 mm 以内;对于直径在 356 mm 以上的被检圆棒,对比试块直径与被检圆棒标称直径的差值应在 ± 25 mm 以内。

5.2.10.3 人工反射体

对比试块中的人工反射体应为平底孔。试块应至少包含每个检测区域中起始深度和结束深度孔。整个对比试块应包含至少 4 个深度位置的孔,其中最浅的孔埋深根据验收标准确定,最深的孔埋深应比圆棒的半径至少大 10 mm。平底孔的直径应根据验收要求确定,公差为 ± 0.02 mm,孔深不小于 5 mm。

5.2.10.4 衰减测量区域

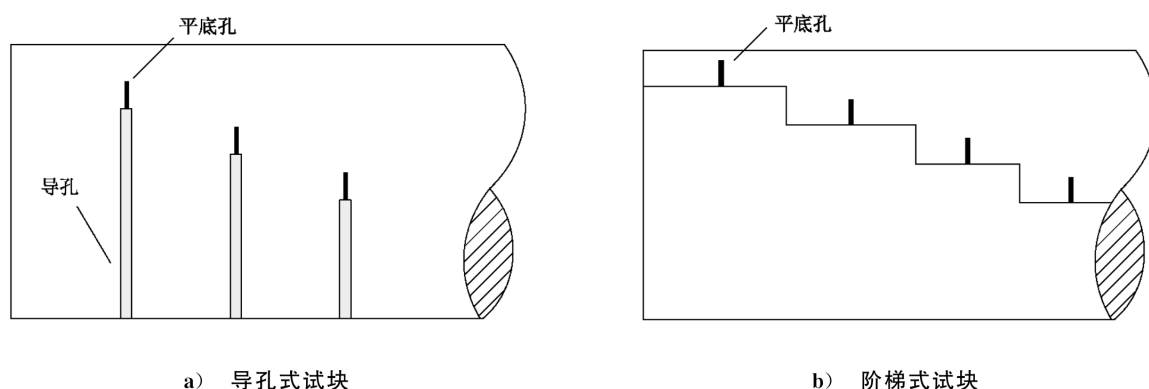
对比试块应包含一段轴向长度不小于 75 mm 的完整实心圆形区域,用于测量衰减补偿。该区域应与对比试块其他部位具有相同的材料和衰减特性,且应为对比试块的一部分或永久附加于对比试块上。

5.2.10.5 对比试块结构

对比试块设计时应尽量避免端角、台阶等结构的反射信号影响平底孔的识别。图 3 所示为不同形式的圆棒对比试块示意图。推荐的单晶片聚焦探头检测对比试块参见附录 D,超声相控阵检测对比试块参见附录 E。

5.2.10.6 对比试块检验

对比试块投入使用前,应按照图纸检验并符合要求。试块应妥善存放,每年应检查试块外观有无影响使用的表面损伤。



注:为使试块结构完整便于动态测试,阶梯式试块在完成平底孔的加工后,宜采用焊接、螺栓紧固等方式将余料与试块主体拼接成圆棒后使用。

图 3 不同形式的圆棒对比试块示意图

5.3 圆棒的表面状态

5.3.1 进行超声检测前,应目视检查圆棒表面。圆棒表面应经过机械加工,粗糙度 Ra 值不应大于 $3.2\ \mu\text{m}$,推荐采用圆头刀具车削。

5.3.2 具有表面缺陷的区域,视为超声不可检区域。此类区域应在检测报告中注明。任何所需的打磨处理均应在超声检测之后进行。

5.4 检测规程

超声检测应有详细的检测规程,规程应至少包含以下内容:

- a) 检测单位的名称;
- b) 被检圆棒的直径、材料牌号和热处理状态;
- c) 检测设备型号;
- d) 检测探头和分区检测方案;
- e) 采用的检测技术;
- f) 规程编号、编制和修改日期、编制规程依据的文件;
- g) 耦合剂名称;
- h) 灵敏度调整;
- i) 扫查方式、圆棒转速及扫查间距;
- j) 脉冲重复频率;
- k) 对比试块;
- l) TCG 设置;
- m) 传输修正(必要时);
- n) 验收标准;评定阈值,以及拒收的极限;
- o) 每个区域的闸门高度、起始和结束位置;
- p) 超声相控阵聚焦法则(必要时)。

6 检测程序

6.1 灵敏度调整

6.1.1 检测前应使用合适的对比试块进行灵敏度调整,使每个区域的平底孔回波幅度等于或超过满刻度的 80%,并绘制 TCG 曲线。

6.1.2 在灵敏度调整和检测之前,等待足够时间使耦合剂、对比试块和圆棒的温度达到稳定。

6.1.3 为确保检测结果的有效性,在每一个检测班次或每个批次的开始或结束应进行灵敏度复验。若仪器调整或插接件有任何变动,需重新调整灵敏度;若发现调整不正确或设备有问题,或灵敏度降低超过 2 dB,则在前一次灵敏度调整之后的所有圆棒应重新检测。如发现灵敏度提高,应对有疑问的显示信号重新评定。

6.2 扫查参数设置

6.2.1 衰减补偿

使用最深分区所用探头测量衰减补偿。通过比较对比试块底面回波和被检圆棒上两端和中部的三个区域(周向 360° 、轴向长度 25 mm)的底面回波平均值确定衰减补偿。若被检圆棒衰减小于对比试块或两者相差不大于 4 dB,检测时可不进行补偿。若被检圆棒衰减对比试块大 4 dB 以上,检测时应进

行补偿。每个分区应根据分区的最大深度按比例计算补偿值。

6.2.2 评定阈值

评定阈值的设定应确保扫查时超标的指示信号幅度超过评定阈值。超过评定阈值的信号应重新定位并进一步评定。评定阈值通常设置在验收水平以下 6 dB,在得到客户同意时也可随扫查间距的不同设置为其他值。

6.2.3 脉冲重复频率和扫查速度

在不引起幻象波的前提下,应尽可能提高脉冲重复频率。脉冲重复频率、扫查间距和扫查速度的组合应保证 C 扫描图像显示中无影响缺陷识别的数据丢失。

6.2.4 扫查间距

扫查间距分为轴向间距和周向间距,设置时应同时考虑脉冲重复频率和转速的设置,确保无论超标缺陷与采样点的相对位置如何,其信号幅度均会超过评定阈值。若评定阈值为 -6 dB,则扫查间距设置为不大于 -6 dB 声束宽度的 70%可保证检测区域的完全覆盖,如图 4。实际检测时,为了缺陷的可靠识别,可在保证覆盖的基础上,采用更小的扫查间距。

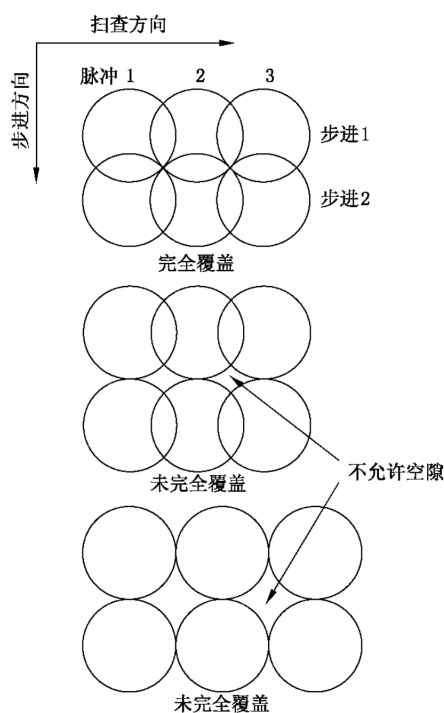


图 4 扫查间距和声束覆盖

6.3 过程控制

6.3.1 除端头盲区外,圆棒整个长度内 100%圆周面均应进行扫查。

6.3.2 圆棒检测时应采用与灵敏度调整时相同的仪器控制设置和检测参数(闸门宽度除外)。

6.3.3 检测时应保证声波垂直于圆棒圆周表面入射。超声相控阵检测时,可利用声束扫描功能实现声波垂直入射。

6.3.4 圆棒检测与灵敏度调整时所用水距相差应在 ± 2.5 mm 以内。

6.3.5 圆棒检测深度范围至少应包括近表面盲区至圆棒中心轴线以下 10 mm 范围。近表面盲区由客户验收要求确定。

7 验收

7.1 根据圆棒的验收要求进行检测结果的判定。

7.2 钛合金圆棒验收等级参见表 C.1。也可根据客户要求,采用其他验收要求。

7.3 其他金属圆棒的验收要求由合同各方商定。

8 检测记录和检测报告

8.1 检测记录

应按照相关质量控制程序和客户要求,对检测参数和检测数据进行记录和保存,以备查验。

8.2 检测报告

检测报告应至少包括以下信息:

- a) 本文件编号和验收要求;
- b) 对被检圆棒的描述,包括合金、炉次号、被检件标识以及尺寸;
- c) 所有超过验收要求的信号指示;
- d) 所有超过评定阈值的信号指示;
- e) 标识异常显示信号的位置以及由于异常显示信号和表面缺陷而切除的材料;
- f) 任何未检测的区域位置;
- g) 每个被检圆棒的噪声水平(如需)。

附 录 A

(资料性)

推荐的单晶片分区聚焦检测探头参数

推荐的单晶片分区聚焦检测探头参数见表 A.1。

表 A.1 推荐的单晶片分区聚焦检测探头参数

组别	编号	标称频率 MHz	晶片直径 mm	轴向焦距 mm	径向焦距 mm	焦点深度 mm	备注
A	A-1	7.5	19.0	114	114	10	推荐用于直径 100 mm~165 mm 圆棒的检测
	A-2	5	25.4	203	132	30	
	A-3	5	34.9	300	145	53	
	A-4	5	44.4	394	152	76	
B	B-1	7.5	19.0	114	114	10	推荐用于直径 165 mm~216 mm 圆棒的检测
	B-2	5	25.4	213	145	33	
	B-3	5	34.9	310	160	56	
	B-4	5	44.4	404	170	79	
	B-5	5	59.7	500	178	102	
C	C-1	7.5	19.0	114	114	10	推荐用于直径 216 mm~267 mm 圆棒的检测
	C-2	5	31.8	218	152	33	
	C-3	5	38.1	312	175	56	
	C-4	5	44.4	409	188	79	
	C-5	5	50.8	503	196	102	
	C-6	5	59.7	597	203	127	
D	D-1	7.5	19.0	137	137	10	推荐用于直径 267 mm~343 mm 圆棒的检测
	D-2	5	25.4	249	178	38	
	D-3	5	34.9	353	206	64	
	D-4	5	44.4	460	226	89	
	D-5	5	59.7	566	236	114	
	D-6	5	59.7	671	246	140	
	D-7	5	59.7	777	254	165	

表 A.1 推荐的单晶片分区聚焦检测探头参数 (续)

组别	编号	标称频率 MHz	晶片直径 mm	轴向焦距 mm	径向焦距 mm	焦点深度 mm	备注
E	E-1	7.5	19.0	152	152	13	推荐用于直径 343 mm~500 mm 圆棒的检测
	E-2	5	25.4	262	193	38	
	E-3	5	34.9	366	221	64	
	E-4	5	44.4	483	241	91	
	E-5	5	59.7	599	254	119	
	E-6	5	59.7	716	262	147	
	E-7	5	59.7	833	269	175	

附录 B

(资料性)

推荐的不同规格圆棒分区检测方案

B.1 直径为 100 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 A 组探头,水程为 89 mm。检测区域划分见表 B.1。

表 B.1 直径 100 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

分区	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~19	5	29	A-1
2	19~38	9	48	A-2
3	38~57	28	67	A-3

B.2 直径为 127 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 A 组探头,水程为 89 mm。检测区域划分见表 B.2。

表 B.2 直径 127 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

分区	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~19	5	29	A-1
2	19~38	9	48	A-2
3	38~57	28	67	A-3
4	57~76	47	86	A-4

B.3 直径为 152 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 A 组探头,水程为 76 mm。检测区域划分见表 B.3。

表 B.3 直径 152 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~20	5	30	A-1
2	20~43	10	53	A-2
3	43~66	33	76	A-3
4	66~89	56	99	A-4

B.4 直径为 178 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 B 组探头,水程为 89 mm。检测区域划分见表 B.4。

表 B.4 直径 178 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~20	5	30	B-1
2	20~41	10	51	B-2
3	41~61	31	71	B-3
4	61~81	51	91	B-4
5	81~102	71	112	B-5

B.5 直径为 203 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 B 组探头,水程为 76 mm。检测区域划分见表 B.5。

表 B.5 直径 203 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~23	5	33	B-1
2	23~46	13	56	B-2
3	46~69	36	79	B-3
4	69~91	59	101	B-4
5	91~114	81	124	B-5

B.6 直径为 229 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 C 组探头,水程为 89 mm。检测区域划分见表 B.6。

表 B.6 直径 229 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~20	5	30	C-1
2	20~41	10	51	C-2
3	41~61	30	71	C-3
4	61~81	51	91	C-4
5	81~104	71	114	C-5
6	104~127	94	137	C-6

B.7 直径为 254 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 C 组探头,水程为 76 mm。检测区域划分见表 B.7。

表 B.7 直径 254 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~23	5	33	C-1
2	23~46	13	56	C-2
3	46~69	36	79	C-3
4	69~91	59	101	C-4
5	91~114	81	124	C-5
6	114~140	104	150	C-6

B.8 直径为 305 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 D 组探头,水程为 102 mm。检测区域划分见表 B.8。

表 B.8 直径 305 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~23	5	33	D-1
2	23~46	13	56	D-2
3	46~69	36	79	D-3
4	69~91	59	101	D-4
5	91~114	81	124	D-5
6	114~140	104	150	D-6
7	140~165	130	175	D-7

B.9 直径为 330 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 D 组探头,水程为 89 mm。检测区域划分见表 B.9。

表 B.9 直径 330 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~25	5	35	D-1
2	25~51	15	61	D-2
3	51~76	41	86	D-3
4	76~102	66	112	D-4
5	102~127	92	137	D-5
6	127~152	117	162	D-6
7	152~178	142	188	D-7

B.10 直径为 356 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 E 组探头,水程为 102 mm。检测区域划分见表 B.10。

表 B.10 直径 356 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~25	5	35	E-1
2	25~51	15	61	E-2
3	51~79	41	89	E-3
4	79~107	69	117	E-4
5	107~135	97	145	E-5
6	135~163	125	173	E-6
7	163~190	153	200	E-7

B.11 直径为 400 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 E 组探头,水程为 102 mm。检测区域划分见表 B.11。

表 B.11 直径 400 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~25	5	35	E-1
2	25~51	15	61	E-2
3	51~81	41	91	E-3
4	81~114	71	124	E-4
5	114~147	104	157	E-5
6	147~180	137	190	E-6
7	180~213	170	223	E-7

B.12 直径为 450 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 E 组探头,水程为 102 mm。检测区域划分见表 B.12。

表 B.12 直径 450 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~30	5	40	E-1
2	30~61	20	71	E-2
3	61~97	51	107	E-3
4	97~132	87	142	E-4
5	132~168	122	178	E-5
6	168~203	158	213	E-6
7	203~238	193	248	E-7

B.13 直径为 500 mm 的圆棒分区检测方案

采用表 A.1 中 E 组探头,水程为 102 mm。检测区域划分见表 B.13。

表 B.13 直径 500 mm 圆棒的检测区域

单位为毫米

区域	检测深度范围	闸门起始	闸门结束	选用探头
1	5~25	5	35	E-1
2	25~51	15	61	E-2
3	51~76	41	86	E-3
4	76~102	66	112	E-4
5	102~152	92	162	E-5
6	152~203	142	213	E-6
7	203~263	193	273	E-7

附录 C

(资料性)

特种钛合金圆棒($\phi 100\text{ mm}\sim\phi 356\text{ mm}$)的验收

C.1 验收等级

C.1.1 验收等级如表 C.1 所示。根据客户产品使用要求,必要时可采用其他验收条件。验收条件包括近表面平底孔的埋深、孔径、平底孔幅度、最大允许信号幅度、最大允许信号的信噪比。

表 C.1 验收等级

验收等级	近表面平底孔埋深 mm	圆棒直径 mm	平底孔直径 mm	平底孔幅度 %	最大允许信号幅度 %	最大允许 信号信噪比
A	5.0	≤ 254	0.8	80	70	2.5
		> 254	1.2	80	40 ^a	2.5
					60 ^b	2.5
B	9.5	≤ 254	0.8	80	80	N/A
		> 254	1.2	80	80	N/A
C	9.5	> 127	1.2	80	80	N/A
^a 深度小于 102 mm。 ^b 深度大于或等于 102 mm。						

C.1.2 为达到根据信噪比确定信号验收水平的目的,对信噪比定义如下:

$$\text{SNR} = \frac{A_{\text{signal}} - A_{\text{mean}}}{A_{\text{peak}} - A_{\text{mean}}}$$

式中:

SNR —— 信噪比;

A_{signal} —— 从可疑指示中获得的最大振幅;

A_{mean} —— 环绕或者邻近指示区域噪声的平均值;

A_{peak} —— 环绕或邻近区域噪声的最大幅值,不包括电子噪声信号。

C.1.3 A 级验收等级包含对缺陷信号幅度和缺陷信号信噪比的验收要求。B 级和 C 级验收等级只包含对缺陷信号幅度的验收要求。

C.2 处理

C.2.1 圆棒中包含的超声显示信号未超过表 C.1 规定的验收要求,可直接验收。

C.2.2 所有超过表 C.1 验收要求的信号部位宜切除并进行金相分析。同一炉次的其他圆棒的处理可根据合同进行。

附录 D

(资料性)

推荐的超声分区聚焦检测用圆棒对比试块

推荐的不同规格圆棒试块的平底孔埋深见表 D.1, 试块的设计图见图 D.1~图 D.13。

表 D.1 推荐的不同规格圆棒的平底孔埋深分布

单位为毫米

圆棒试块直径	平底孔埋深							
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
100	见表 C.1 ^a	19	38	60	—	—	—	—
127	见表 C.1 ^a	19	38	57	76	—	—	—
152	见表 C.1 ^a	21	43	66	89	—	—	—
178	见表 C.1 ^a	21	41	61	81	102	—	—
203	见表 C.1 ^a	21	46	69	91	114	—	—
229	见表 C.1 ^a	21	41	61	81	104	127	—
254	见表 C.1 ^a	23	46	69	91	114	140	—
305	见表 C.1 ^a	23	46	69	91	114	140	165
330	见表 C.1 ^a	25	51	76	102	127	152	178
356	见表 C.1 ^a	25	51	79	107	135	163	190
400	见表 C.1 ^a	25	51	81	114	147	180	213
450	见表 C.1 ^a	30	61	97	132	168	203	238
500	见表 C.1 ^a	25	51	76	102	152	203	263
^a 根据不同验收级别, d_1 取表 C.1 中相对应的近表面平底孔埋深。								

单位为毫米

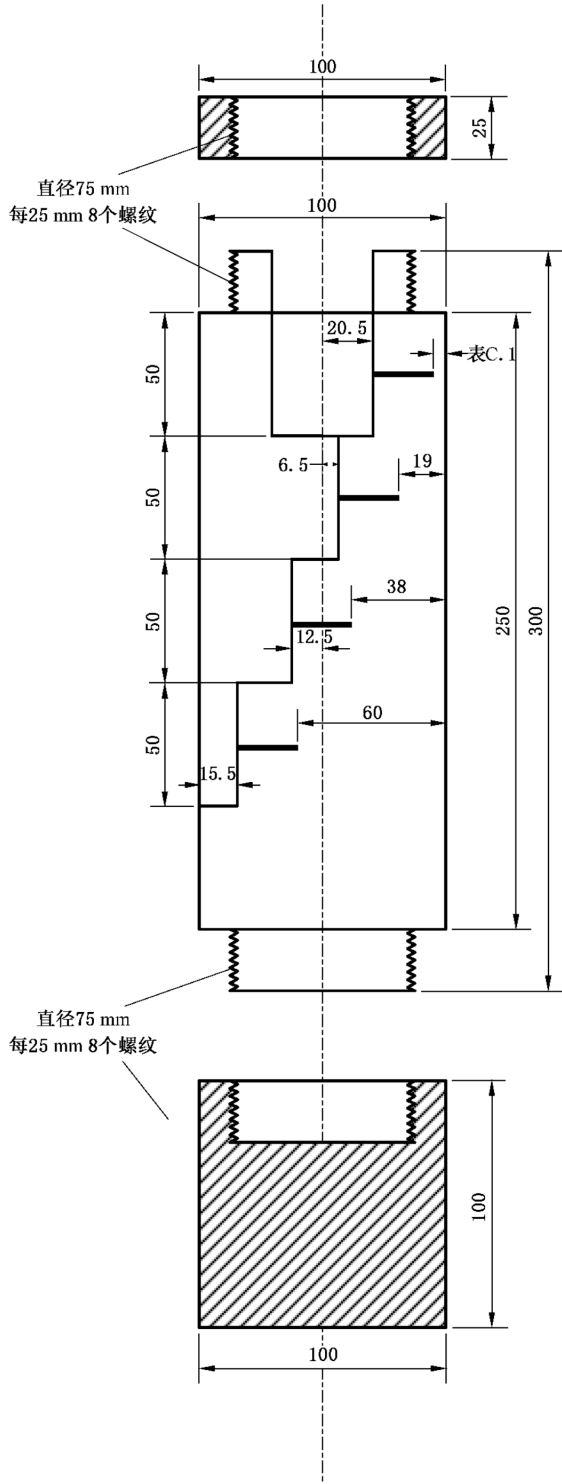


图 D.1 直径 100 mm 圆棒试块

单位为毫米

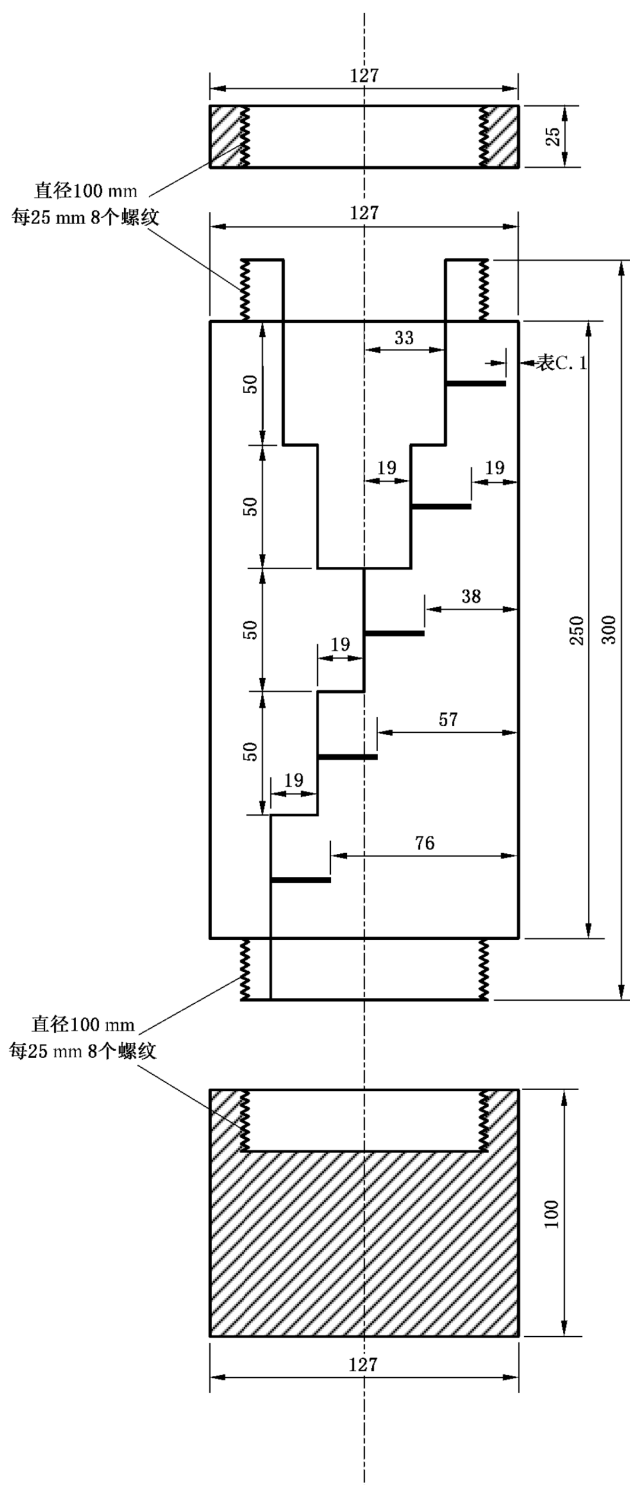


图 D.2 直径 127 mm 圆棒试块

单位为毫米

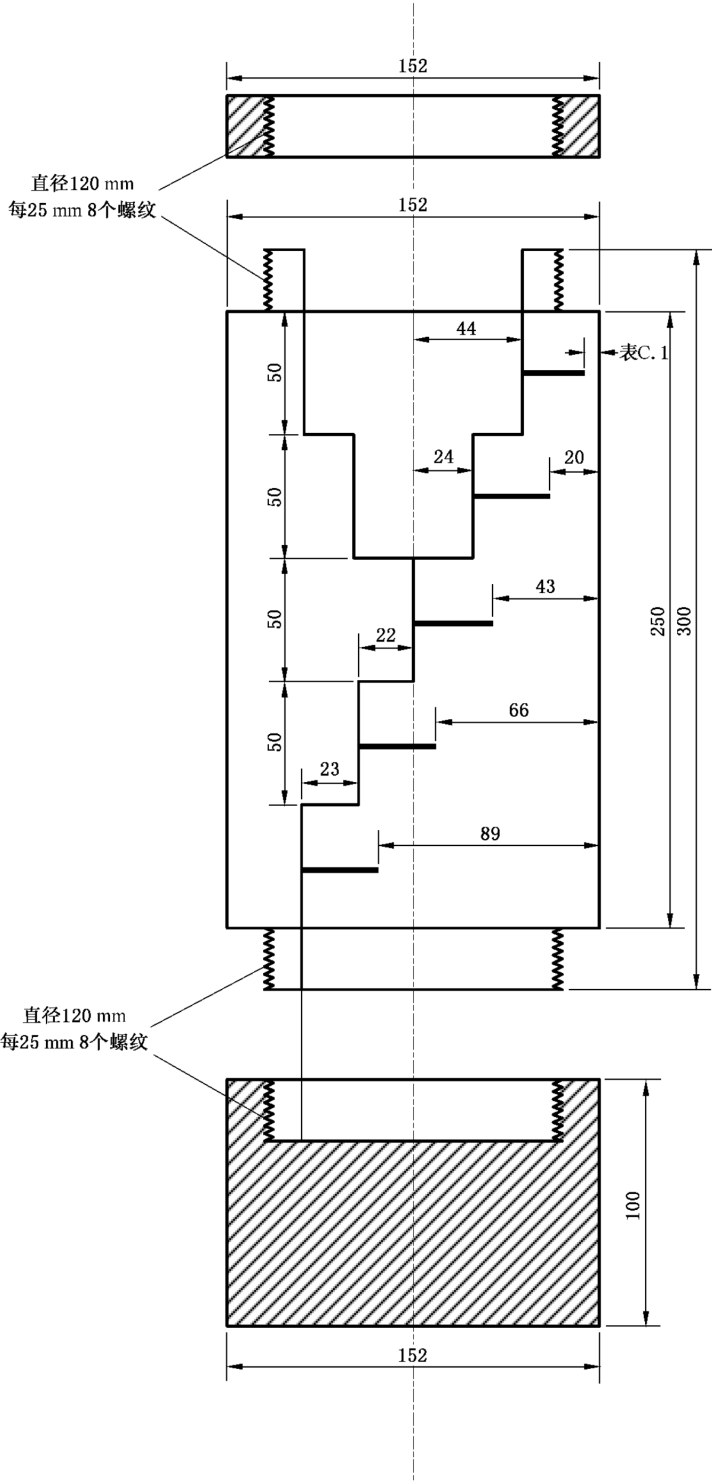


图 D.3 直径 152 mm 圆棒试块

单位为毫米

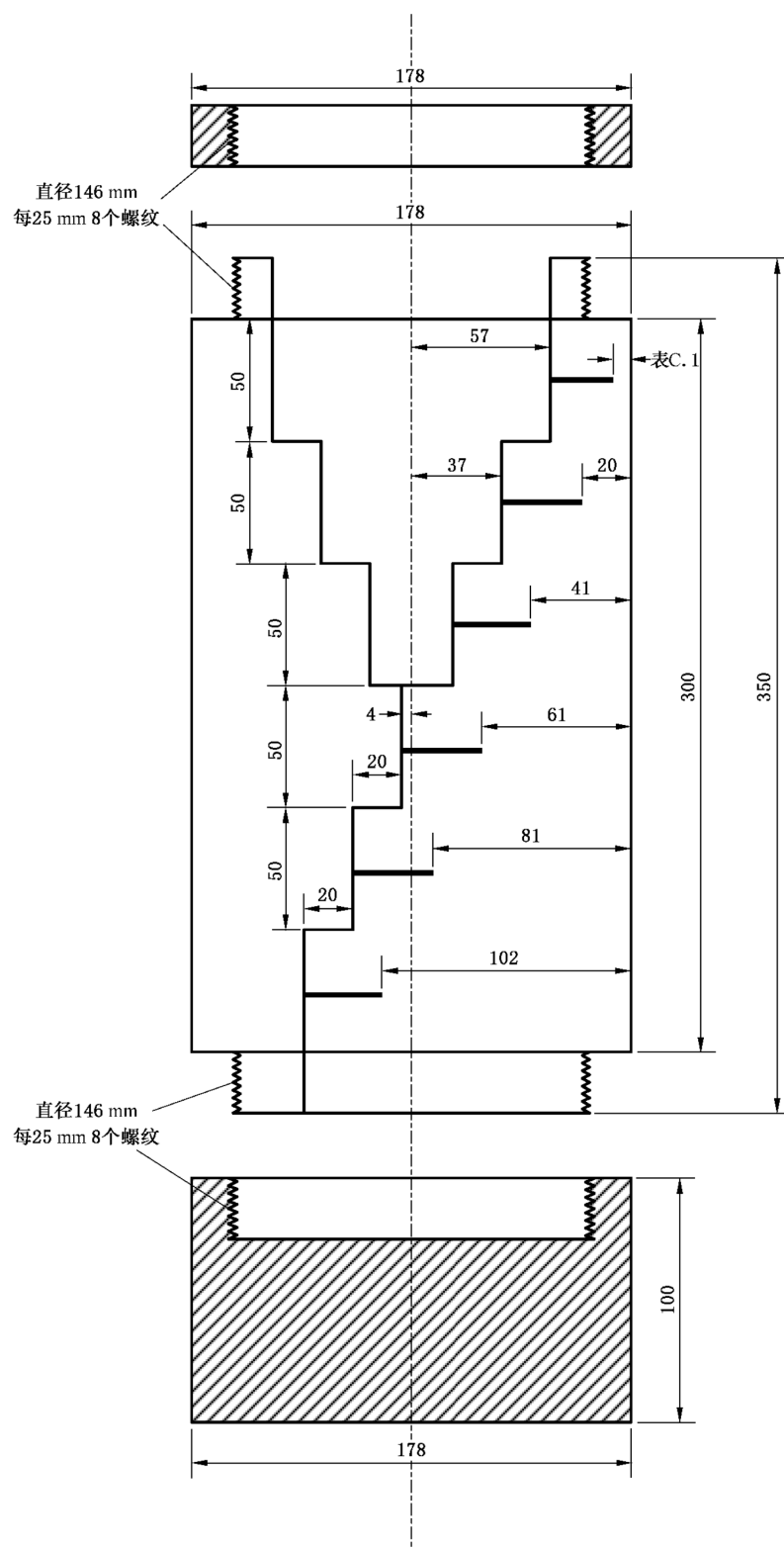


图 D.4 直径 178 mm 圆棒试块

单位为毫米

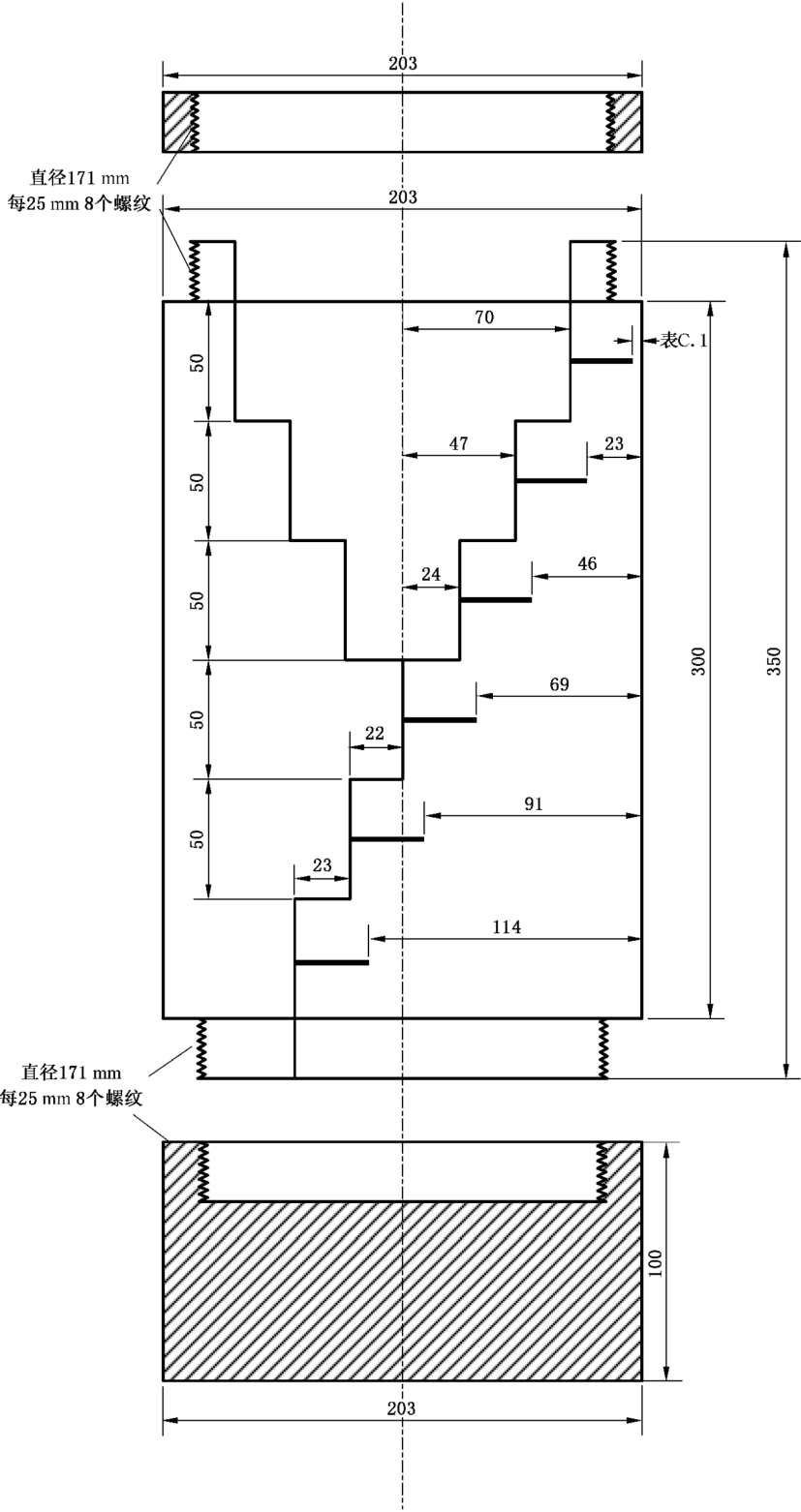
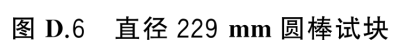


图 D.5 直径 203 mm 圆棒试块



单位为毫米

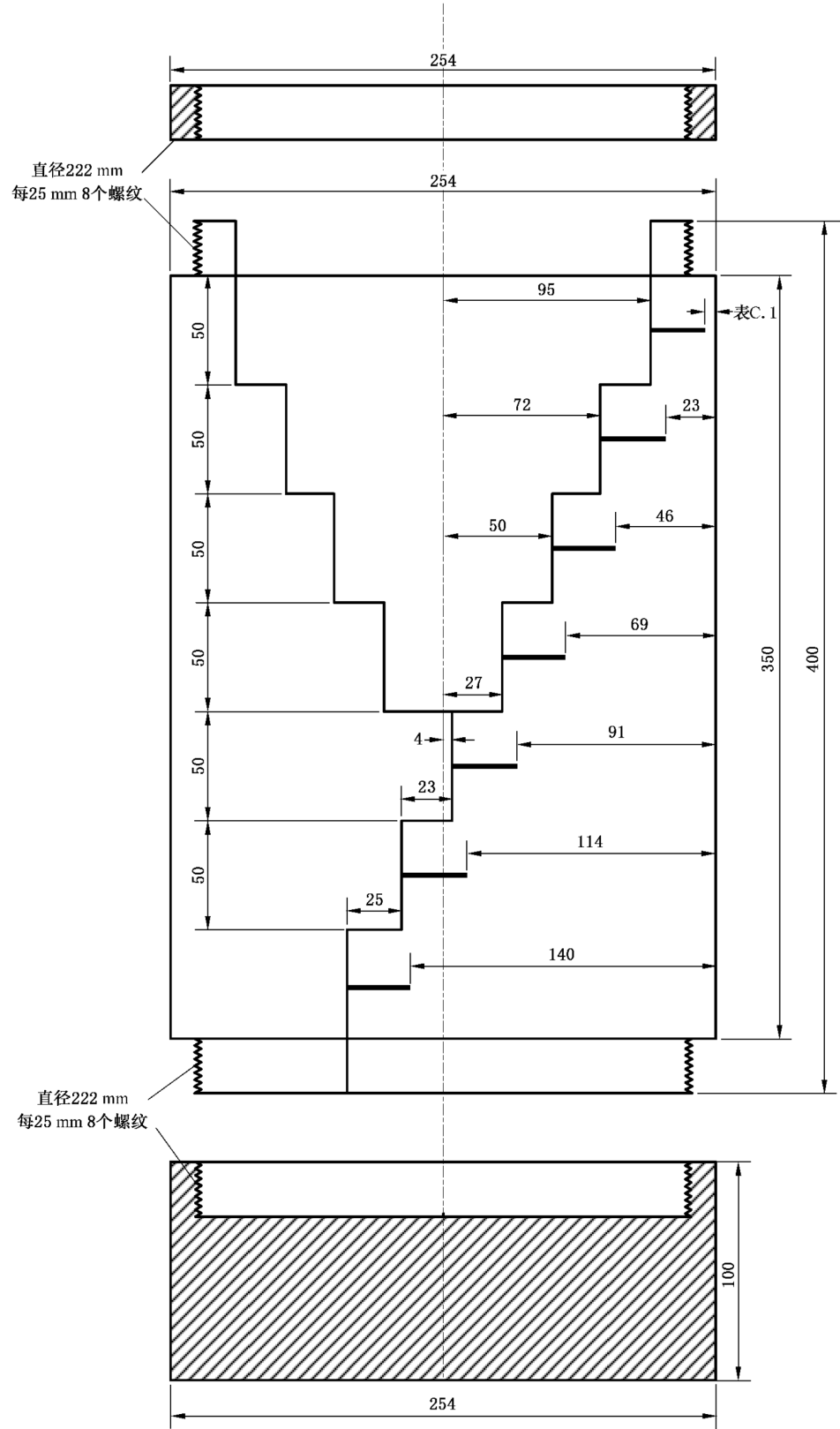


图 D.7 直径 254 mm 圆棒试块

单位为毫米

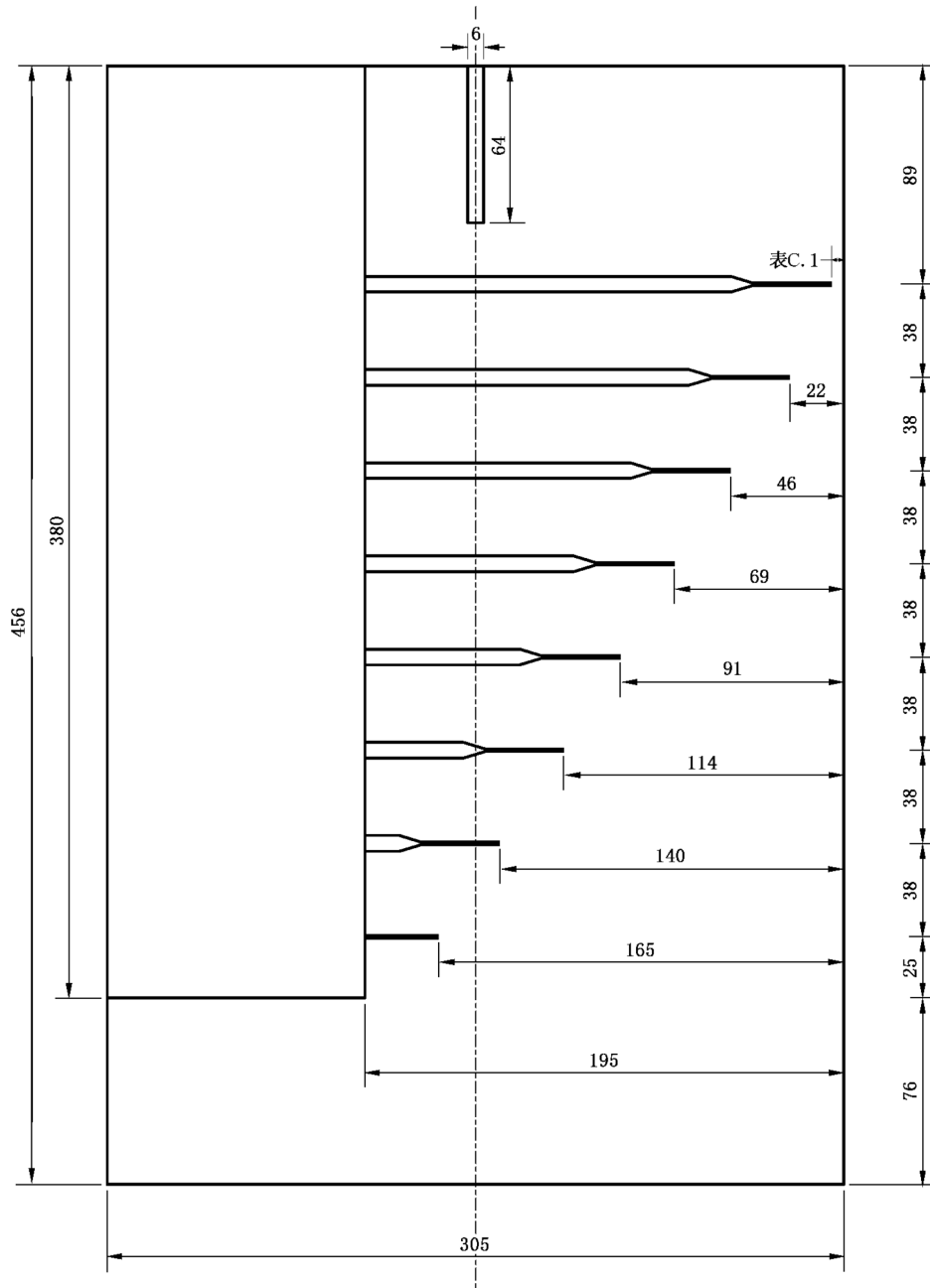


图 D.8 直径 305 mm 圆棒试块

单位为毫米

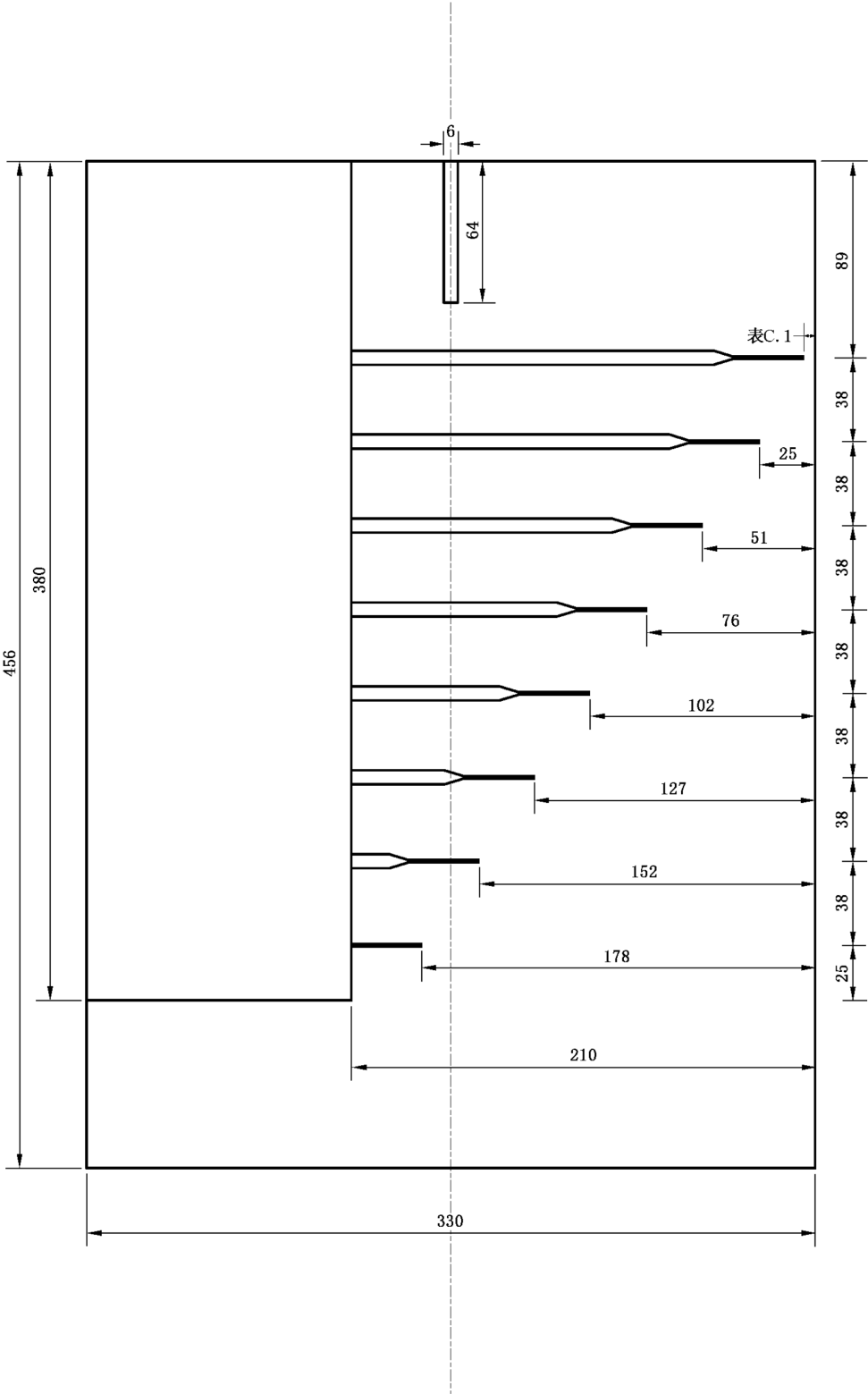


图 D.9 直径 330 mm 圆棒试块

单位为毫米

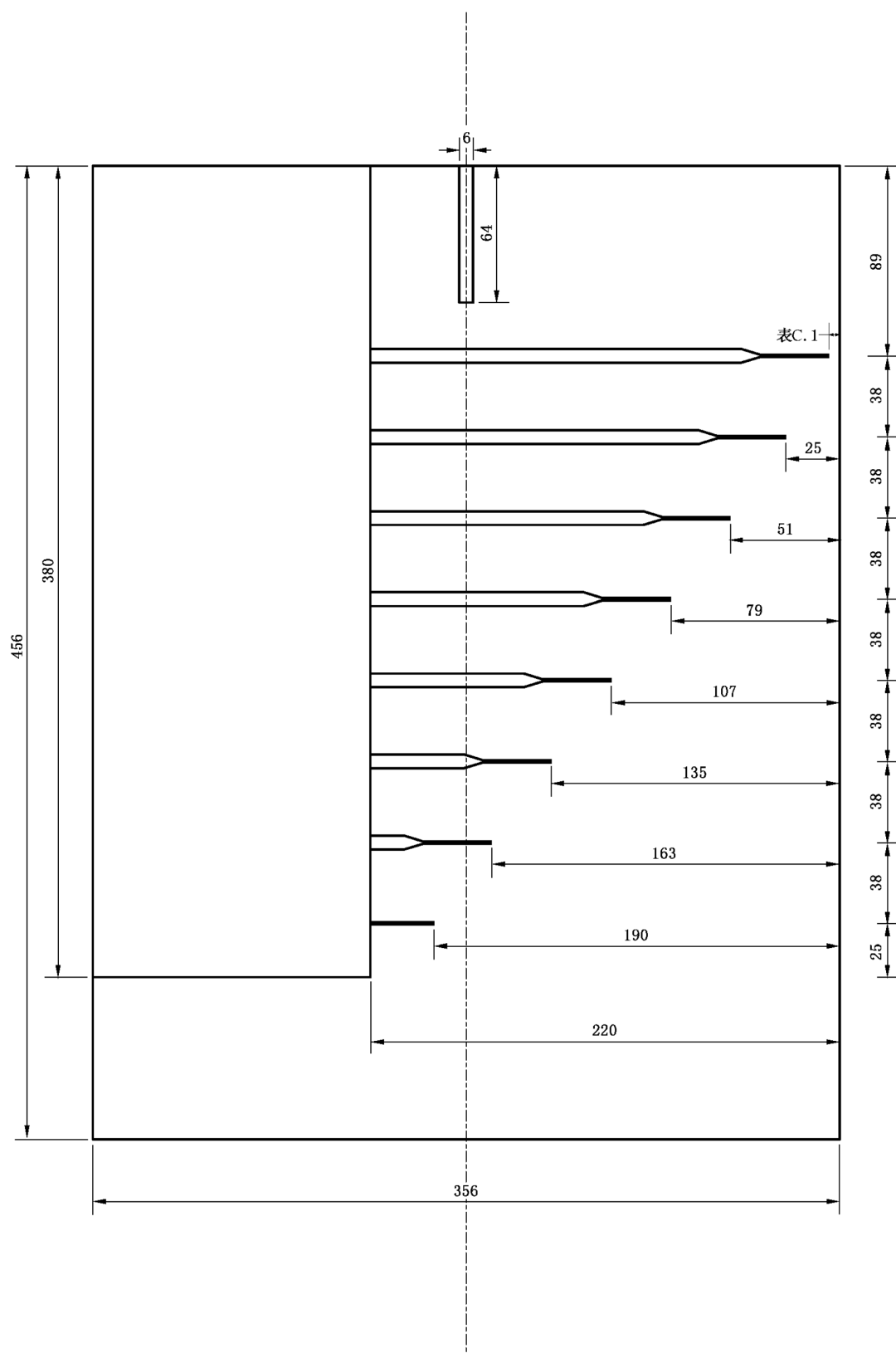


图 D.10 直径 356 mm 圆棒试块

单位为毫米

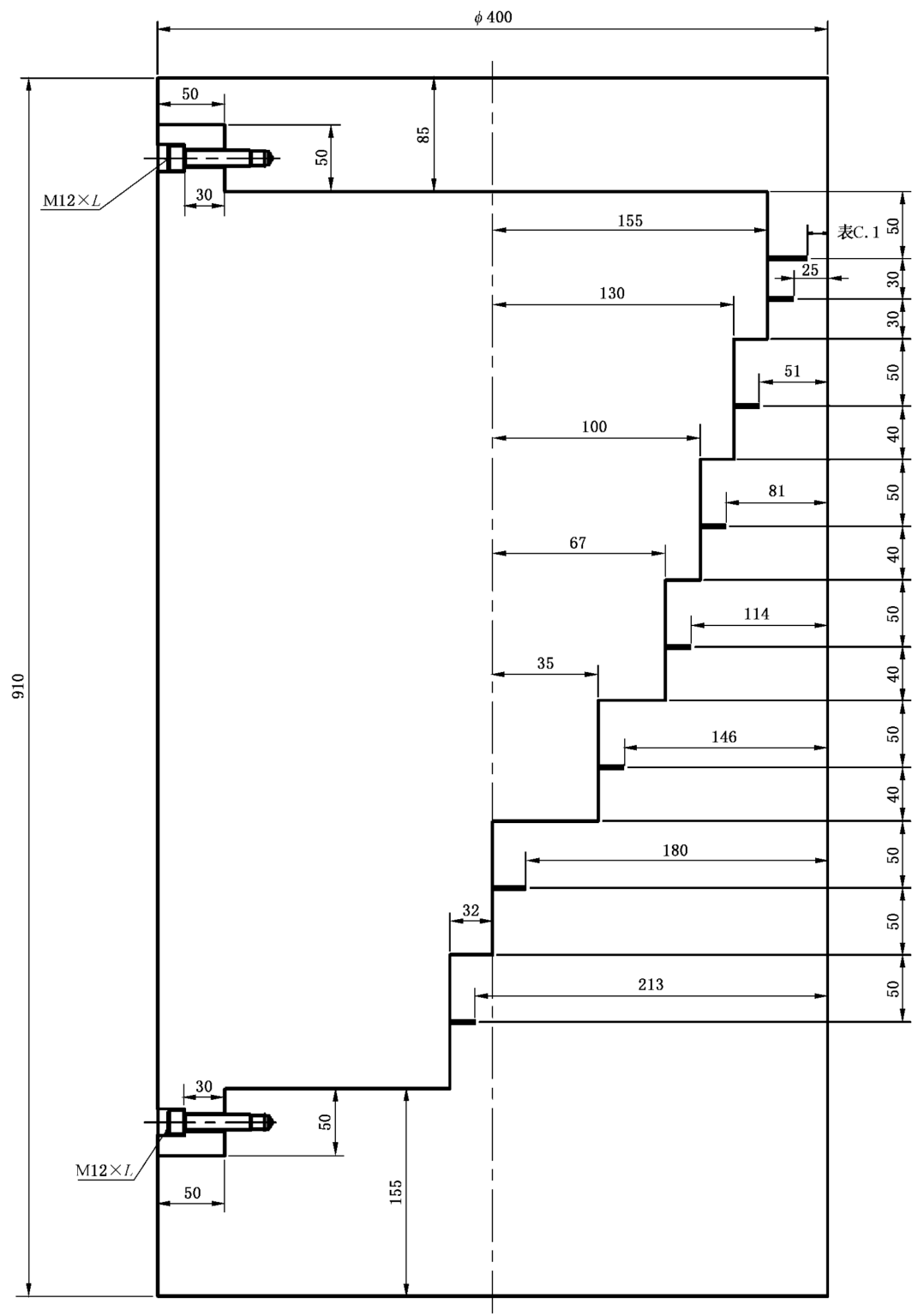


图 D.11 直径 400 mm 圆棒试块

单位为毫米

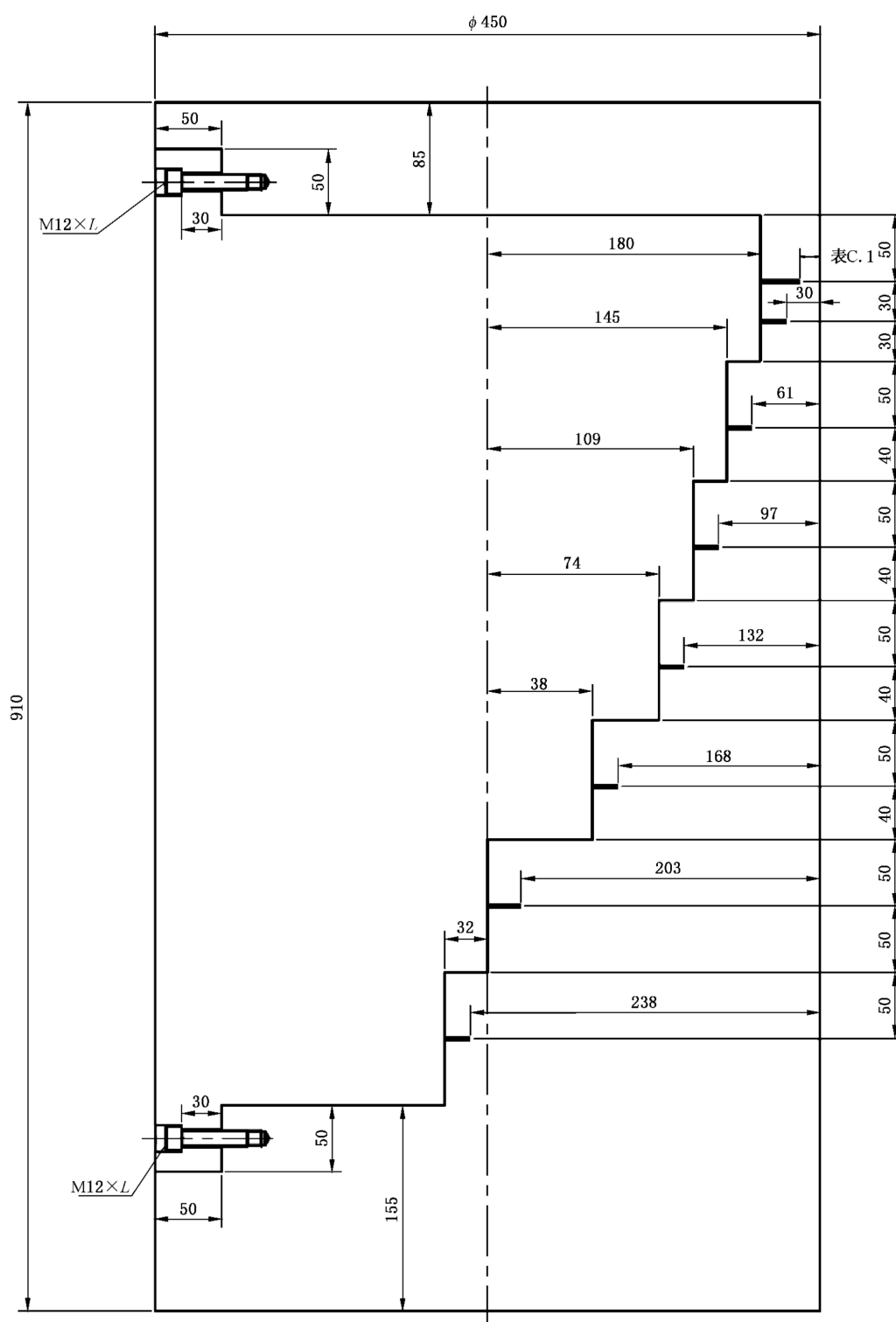


图 D.12 直径 450 mm 圆棒试块

单位为毫米

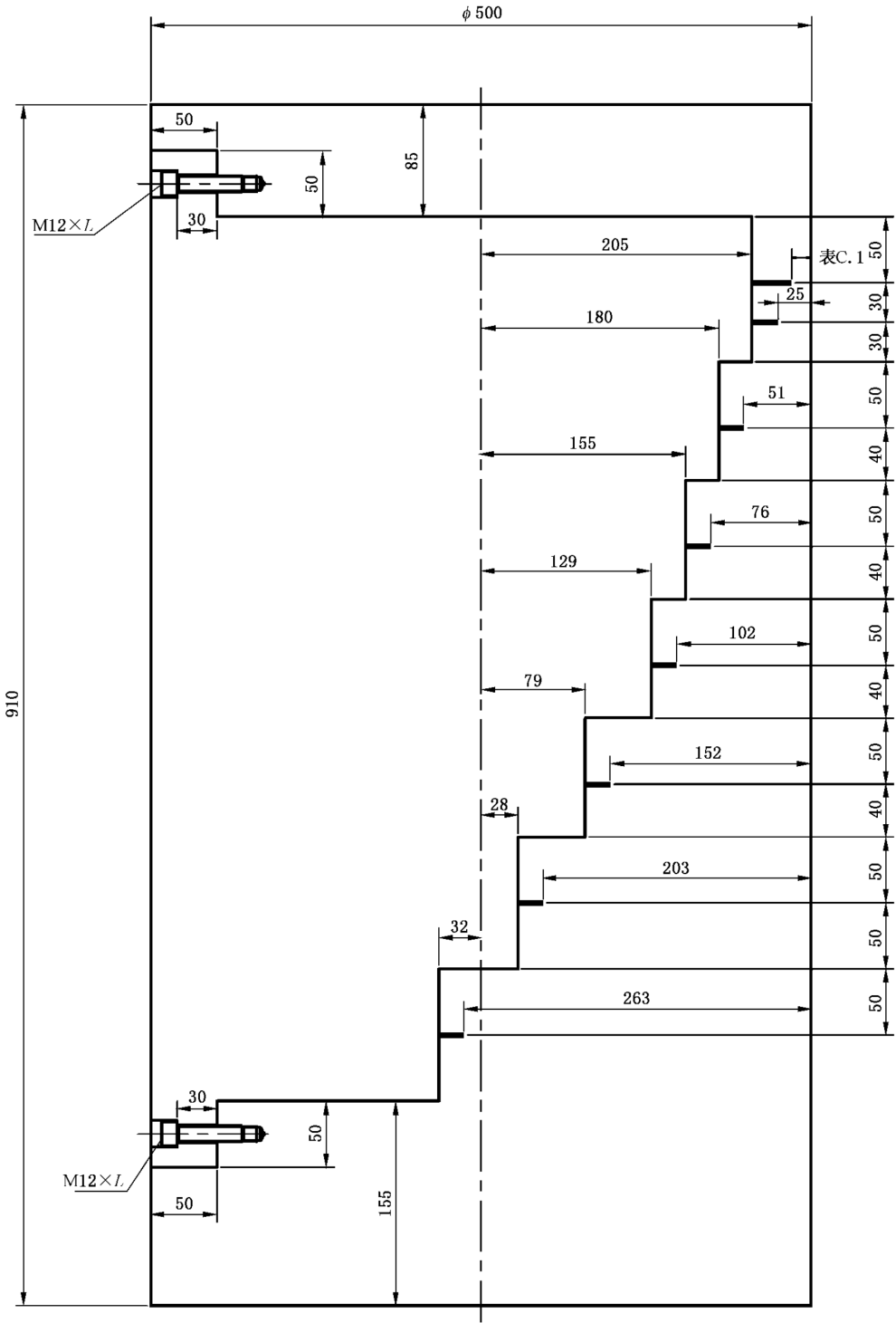


图 D.13 直径 500 mm 圆棒试块

附录 E
(资料性)

推荐的超声相控阵检测用圆棒对比试块

E.1 推荐的超声相控阵检测对比试块平底孔埋深配置见表 E.1,示意图见图 E.1。

E.2 超声相控阵检测对比试块宜采用以下设计：

- 对比试块可采用台阶形式和导孔形式,孔深至少达到 6 mm；
- 平底孔的孔径见表 B.1,公差±0.02 mm；
- 至少含有一段轴向长度 127 mm 的完整棒料用于比较衰减；
- 任一平底孔与圆棒端部的轴向距离不小于 50 mm；
- 如果采用台阶形式,任一平底孔与相邻的更浅台阶之间的轴向距离不小于 38 mm。

表 E.1 不同圆棒直径推荐的平底孔埋深配置

单位为毫米

圆棒直径	平底孔直径	平底孔埋深										
		5	12	20	28	38	51	63	76	—	—	—
127	0.8	5	12	20	28	38	51	63	76	89	—	—
152	0.8	5	12	20	28	38	51	63	76	89	—	—
178	0.8	5	12	25	38	51	63	76	89	102	—	—
203	0.8	5	12	25	38	51	63	76	89	102	114	—
229	0.8	5	15	25	38	51	63	76	89	102	114	127
254	0.8	5	15	25	35	48	63	79	94	109	124	140
279	1.2	5	18	30	43	56	71	86	102	117	135	152
305	1.2	5	18	30	46	61	76	94	112	130	147	165
330	1.2	5	20	35	51	69	86	104	122	140	157	178
356	1.2	5	20	38	56	74	91	109	130	150	170	190

单位为毫米

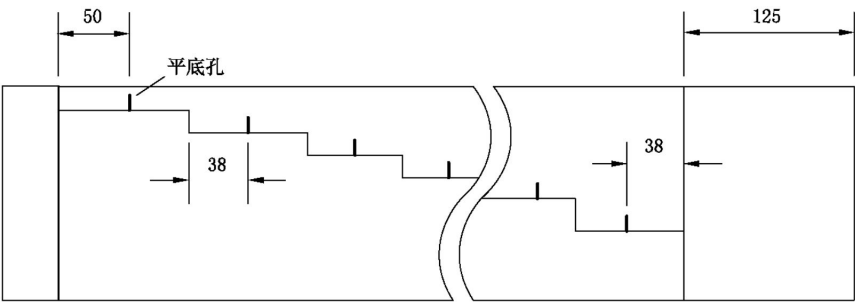


图 E.1 超声相控阵检测试块

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测 大直径圆棒聚焦超声检测方法
GB/T 40324—2021

*

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

2021年5月第一版

*

书号: 155066 · 1-67690

版权专有 侵权必究



GB/T 40324-2021



码上扫一扫 正版服务到