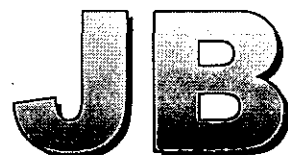


ICS 19.100

J 04

备案号: 19331—2007



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10659—2006

无损检测 锻钢材料超声检测 连杆的检测

Nondestructive testing — Ultrasonic testing of forged steel materials —
Testing of connecting rods

2006-11-27 发布

2007-05-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 连杆区域的划分	1
5 人员要求	3
6 检测系统	3
6.1 超声检测系统的性能	3
6.2 探头	3
6.3 耦合剂	3
7 检测原则	3
7.1 检测技术	3
7.2 连杆原材料的检测	3
7.3 连杆的检测	3
8 检测准备	3
8.1 表面清理	3
8.2 检测环境	4
8.3 表面粗糙度	4
9 超声检测灵敏度	4
9.1 连杆原材料超声检测灵敏度	4
9.2 连杆超声检测灵敏度	4
10 检测	4
10.1 检测时机	4
10.2 连杆原材料(棒料)的超声检测	5
10.3 锻造连杆毛坯的超声检测	5
11 质量分级	5
11.1 缺陷的评定	5
11.2 连杆原材料质量分级	7
11.3 连杆原材料综合质量分级	7
11.4 连杆质量分级	7
11.5 连杆综合质量分级	7
12 检测报告	7
附录 A (规范性附录) 连杆原材料超声检测灵敏度试块	9
A.1 形状和尺寸	9
A.2 要求	9
A.3 应用	9
附录 B (资料性附录) 连杆原材料超声检测报告示例	10

附录 C（资料性附录）连杆超声检测报告示例..... 11

图 A.1 LG—I 型连杆原材料超声检测灵敏度试块 9

表 1 超声检测连杆区域的划分 1

表 2 连杆原材料质量分级表 7

表 3 连杆质量分级表 7

前 言

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56）归口。

本标准起草单位：无锡市苏台工业检测技术研究所。

本标准主要起草人：孙岳宗。

本标准为首次发布。

引 言

连接曲轴和汽缸内活塞传递动力的部件称为连杆。连杆的大头孔套在曲轴的连杆轴颈上，连杆的小头孔套在活塞内的活塞销上。曲轴每转动一周，使连杆大头作一次周围运动的同时，连杆小头带动活塞在汽缸内作一次往复的直线运动。当曲轴高速运转时，连杆起到力的传递作用，同时也受到高频的交替拉伸力和压缩力的作用，其应力最集中部位为连杆的杆身部位，所以连杆杆身是最容易断裂的部位。一旦连杆断裂，此时发动机曲轴仍在运转，断裂后的连杆打坏发动机的机体，将发生重大事故，因此加强连杆的无损检测是防止连杆断裂，保证发动机安全运行的一项十分重要的技术工作。

连杆是由钢材锻造而成的。连杆内部缺陷大部分是由锻造连杆的钢材（棒料）中带来的，而小部分缺陷是由锻造连杆的工艺不当产生的，为了防止连杆的断裂，连杆的超声检测应分为二步：第一步，必须对锻造连杆的原材料（棒材）进行超声检测，不合格的原材料，就不能用来锻造连杆，这是一个基本原则。第二步，对锻成连杆，逐根进行超声检测，合格连杆才能装配到发动机上，只有做好这两步检测工作，才能保证连杆的质量。

连杆的超声检测，分为连杆大头、小头和杆身三部分按不同的灵敏度分别进行超声检测。为了解决连杆杆身“工”字形，两横一竖部位及大、小头部位超声近场区干扰问题，在制定本标准的过程中，我们专门设计制造出一种专用超声探头，解决了连杆大、小头及杆身的超声检测问题。

由于连杆几何形状复杂，这是一项对从事连杆超声检测人员技术水平要求较高的检测工作，希望检测人员应通过连杆的超声检测专业培训，再经过连杆超声检测实践，能熟练掌握连杆的超声检测技能，才能到现场独立对连杆进行超声检测，从而保证其检测结果的可靠性。

无损检测 锻钢材料超声检测 连杆的检测

1 范围

本标准规定了锻钢材料制成的连杆的超声检测方法及其质量分级。

本标准适用于发动机缸径在200mm以下连杆的超声检测，也适用于摩托车发动机连杆的超声检测。

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。

GB/T 4162 锻轧钢棒超声波检验方法

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证（GB/T 9445—2005，ISO 9712：1999，IDT）

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

Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—Vocabulary，IDT）

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 18852 无损检测 超声检验 测量接触探头声束特性的参考试块和方法（GB/T 18852—2002，ISO 12715：1999，IDT）

JB/T 4008 液浸式超声纵波直射探伤方法

JB/T 4009 接触式超声纵波直射探伤方法

JB/T 9214 A型脉冲反射式超声探伤系统工作性能 测试方法

3 术语和定义

GB/T 12604.1中确立的术语和定义适用于本标准。

4 连杆区域的划分

连杆划为Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区三个部分，区域的划分按表1规定，如图1所示。

表 1 超声检测连杆区域的划分

区 域	部位及范围	图表的说明
Ⅰ 区	杆身部分 AD	a) $AD=BC+2\times 0.1BC$ ， ϕa 为 AD 居中部位 $\phi 2$ 长横孔 b) B、C 点为杆身与大小头圆弧的交点或切点
Ⅱ 区	小头部分 DE	a) 小头部分包括小头部分的各部位， ϕb 为小头 $\phi 2$ 长横孔 b) 小头部分的计算长度为 DE
Ⅲ 区	大头部分 FA	a) 大头部分包括连杆盖的各部位， ϕc 为大头 $\phi 2$ 长横孔 b) 大头部分的计算长度为 FA

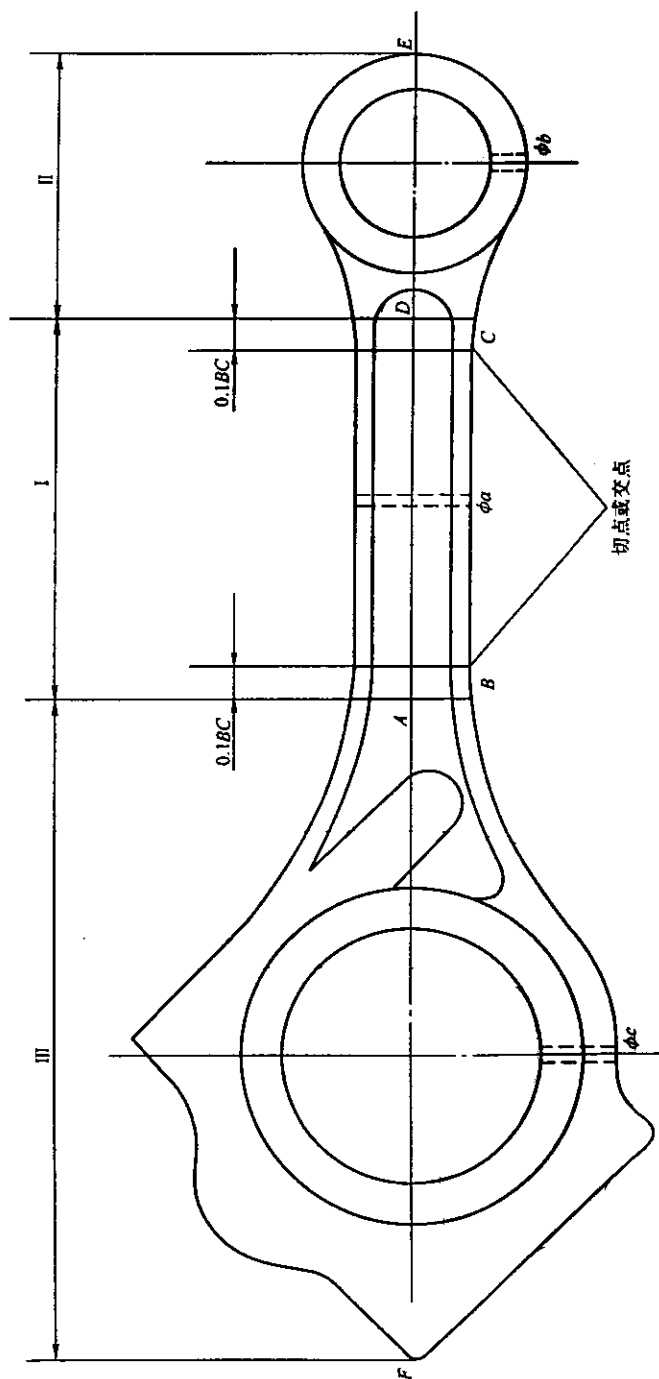


图 1 连杆区域划分示意图

5 人员要求

从事连杆超声检测的人员，应：

- a) 按GB/T 9445要求进行资格鉴定与认证，并取得相应等级的证书；
- b) 得到雇主或责任单位的工作授权。建议从事连杆超声检测人员在上岗之前，需要了解连杆的锻造工艺、热处理工艺及加工工艺，并通过连杆超声检测专业技术培训、再经过连杆超声检测实践、考试合格，具备熟练的超声检测连杆操作技能，才能在现场独立进行连杆的超声检测工作。

6 检测系统

6.1 超声检测系统的性能

应按JB/T 9214进行系统性能测试，并符合下列要求：

- 水平线性偏差不大于1%；
- 垂直线性偏差不大于5%；
- 动态范围不小于30dB；
- 灵敏度余量不小于45dB（在CS—1型 $\phi 2/200$ 平底孔试块上测得）。

6.2 探头

6.2.1 连杆超声检测探头为单晶片直探头、晶片直径 $\phi 14\text{mm} \sim \phi 20\text{mm}$ ，单晶片聚焦探头、晶片直径为 $\phi 14\text{mm} \sim \phi 18\text{mm}$ ，斜探头晶片尺寸 $10\text{mm} \times 12\text{mm}$ ，双晶片聚焦探头、晶片尺寸为 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 或 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。

6.2.2 单晶片直探头、斜探头频率为2.5MHz；单晶片聚焦探头、双晶片聚焦探头频率为5MHz。

6.2.3 单晶和双晶聚焦探头，其会聚区范围，应能满足检测连杆原材料和连杆缺陷深度的要求，且与被检测面有良好的配合。

6.2.4 应按GB/T 18694和（或）GB/T 18852进行性能测试，其主声束偏移声轴方向不应大于 1° 。

6.2.5 探头声场主声束不应出现双峰。

6.3 耦合剂

接触式超声检测连杆，视连杆表面粗糙度不同，可分别选用机油或化学浆糊（羧甲基纤维素的水溶液）作耦合剂。

7 检测原则

7.1 检测技术

可选用下列超声检测技术之一：

- a) 接触式（见JB/T 4009）；
- b) 液浸式（见JB/T 4008）。

7.2 连杆原材料的检测

为了确保锻造成型的连杆质量，必须对锻造连杆的原材料进行超声检测。其检测方法可参照GB/T 4162进行，若原材料中存在超过表2规定缺陷，则此原材料就不适合用来锻造连杆。

7.3 连杆的检测

由于连杆本身几何形状特殊性，连杆的超声检测分为连杆杆身和连杆大、小头的检测。如图3a）、b）所示，若连杆中存在超过表3规定的缺陷，则此连杆评为不合格。

8 检测准备

8.1 表面清理

8.1.1 原材料的表面清理, 连杆原材料多为整根棒材, 应将棒材表面的锈斑、毛刺、油污等全部清除、打磨干净后, 才能进行超声检测。

8.1.2 连杆的表面清理, 应将连杆表面氧化皮锈斑、毛刺、油污等全部清理、打磨干净后, 才能进行超声检测。

8.2 检测环境

检测现场应有水源、电源装置, 无强磁场、震动、高温、灰尘和腐蚀气味, 超声检测应在光线适中环境中进行。

检测连杆原材料现场应有吊装起吊设备, 对检测后不同等级的原材料, 应有足够场地进行分开堆放。场地大小应能满足原材料吊装、运输方便为宜。

连杆检测场地大小应能满足检测后, 按不同等级的连杆分别堆放, 且运输方便, 以保证检测人员进行正常检测操作为宜。

8.3 表面粗糙度

8.3.1 被检连杆原材料表面粗糙度 $R_a \leq 25\mu\text{m}$ 。

8.3.2 被检连杆表面粗糙度 $R_a \leq 12.5\mu\text{m}$ 。

9 超声检测灵敏度

9.1 连杆原材料超声检测灵敏度

在附录A所述的LG—I型试块上, 对应于锻造连杆原材料棒材直径相应的范围, 选择声程相近的 $\phi 2$ 平底孔; 使 $\phi 2$ 平底孔反射回波高度为80%幅度, 作为起始灵敏度, 对连杆原材料进行超声检测。

9.2 连杆超声检测灵敏度

选择连杆本体调节灵敏度的方法: 在被检测各种型号连杆中, 各选择一根无缺陷的连杆, 分别在 ϕa 、 ϕb 、 ϕc 三处厚度居中各钻 $\phi 2$ 长横孔, 如图1所示。以此三个不同部位的 $\phi 2$ 长横孔反射波高度为80%幅度, 来调节连杆超声检测起始灵敏度, 分别规定为:

- 连杆大头, 灵敏度为 $\phi 2$ -6dB;
- 连杆小头, 灵敏度为 $\phi 2$ -9dB;
- 连杆杆身, 灵敏度为 $\phi 2$ -12dB。

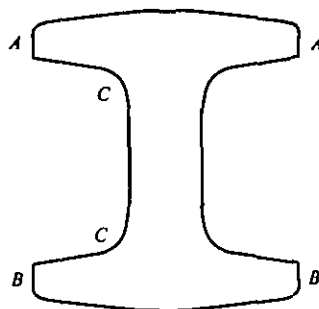


图2 连杆 I 区杆身“工”字形部位的超声检测示意图

超声检测杆身部位时, 图3中探头 D_1 、 D_2 、 F 分别对应图2中的AA、BB、CC位置

10 检测

10.1 检测时机

10.1.1 连杆原材料应在切割成段之前,进行整根棒料的超声检测。

10.1.2 连杆应在最终热处理后,未加工两个螺栓孔及杆身油孔之前,进行超声检测。

10.2 连杆原材料(棒料)的超声检测

连杆原材料棒材可用GB/T 4162进行超声检测,其灵敏度可按9.1的方法调节,检测方法可采用自动检测、半自动检测或人工手动检测。

- a) 自动检测:将被检棒材置于水槽中自动旋转,使单晶片聚焦探头,在水槽中沿棒材长度方向水平移动,对整个棒材进行全部扫查,发现缺陷,仪器自动报警,同时在缺陷处自动打标记,对不同等级的原材料进行自动分选。
- b) 半自动检测:将被检棒材置于水槽中旋转,用人工操作控制单晶片聚焦探头,在水槽中沿棒材长度方向水平移动,对整个棒材进行全部扫查,发现缺陷仪器自动报警,并在缺陷处自动打标记,最后人工分选。
- c) 人工手动检测:用液浸法或接触法进行连杆原材料棒材的检测。液浸法用单晶片聚焦探头在水槽内对棒材全部进行超声检测;接触法用双晶片聚焦探头借助耦合剂对棒材全部进行超声检测。发现缺陷,人工记录,人工分选。

10.3 锻造连杆毛坯的超声检测

10.3.1 概述

连杆内部缺陷一部分为原材料带来的材料缺陷。另一部分为锻造连杆时产生的缺陷,它必须在锻造后的连杆毛坯上进行超声检测,其灵敏度按9.2的方法调节,检测部位分为连杆杆身和连杆大、小头的检测(见图2、图3a)、图3b))。

10.3.2 连杆 I 区的超声检测

连杆杆身的横截面为一“工”字形,是连杆应力最集中、最易断裂的部位。由于连杆杆身为非加工面,锻造后连杆经喷砂处理,选择杆身的表面粗糙度达到 $R_a \leq 12.5 \mu\text{m}$ 时,可进行连杆毛坯面的超声检测。用双晶聚焦探头对连杆各个部位,全部进行超声扫查,其中:

- a) 连杆杆身 I 区“工”字形上下部位,即AA和BB部分的检测,如图2所示;探头位置及扫查方向,如图3a)中 D_1 、 D_2 所示。
- b) 连杆杆身 I 区“工”字形中间连接的CC部分的检测,探头位置及扫查方向如图3a)中F所示。

检测时,应注意探头的选用,使双晶聚焦探头的会聚区范围能满足AA和BB宽度要求。而CC区的厚度比AA、BB范围小,因此满足AA、BB宽度探头,即可满足CC区域检测要求。

10.3.3 连杆 II 区、III区的超声检测

在连杆大头平面部分及小头平面部分,用双晶聚焦探头使探头的超声束垂直大、小头平面部分入射,且沿大、小连杆孔圆周方向扫查,同时对 II 区、III区的整个范围全部进行检测。探头位置及扫查方向如图3a)中G、H所示。

图3b)表示出探头 D_1 、F、G、H在连杆剖面图上位置。

11 质量分级

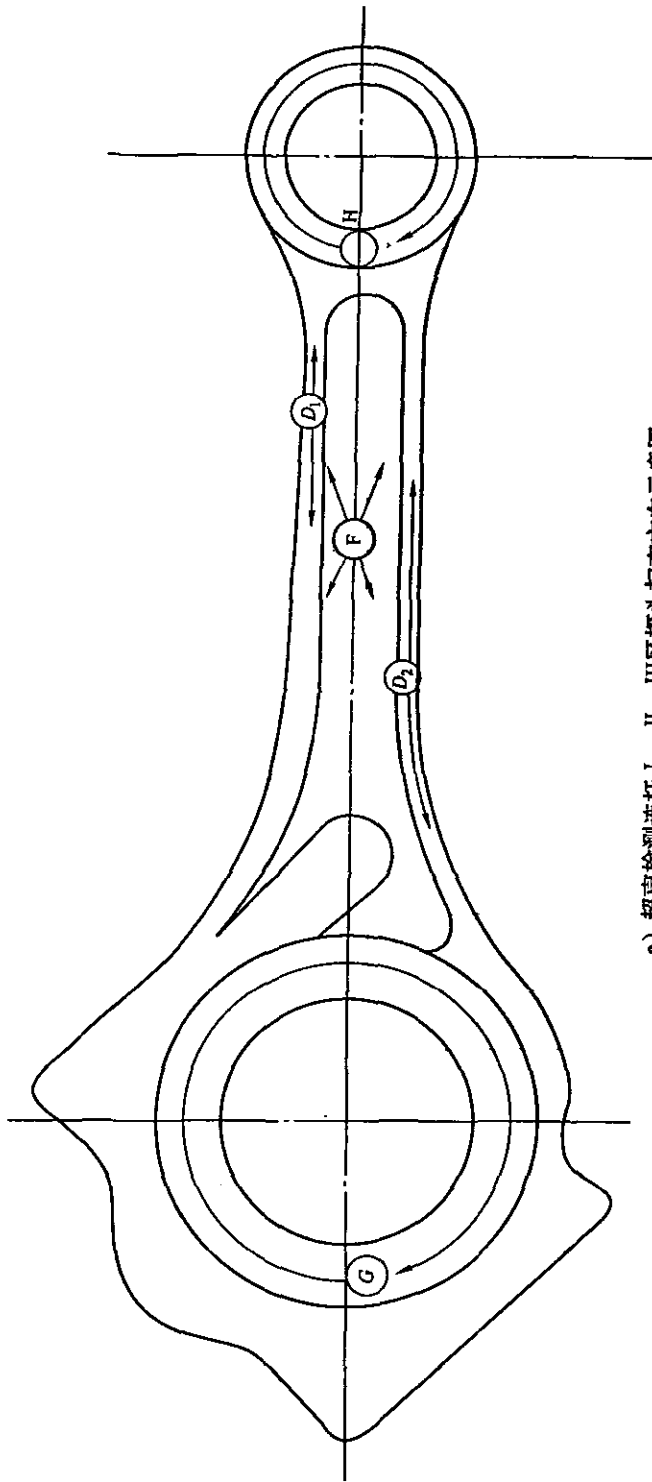
11.1 缺陷的评定

11.1.1 单个缺陷:在有缺陷部位移动探头,保持缺陷波高度稳定,当缺陷指示长度小于5mm时,评为单个缺陷。单个缺陷回波高度,连杆原材料按表2进行评定,连杆按表3进行评定(下同)。

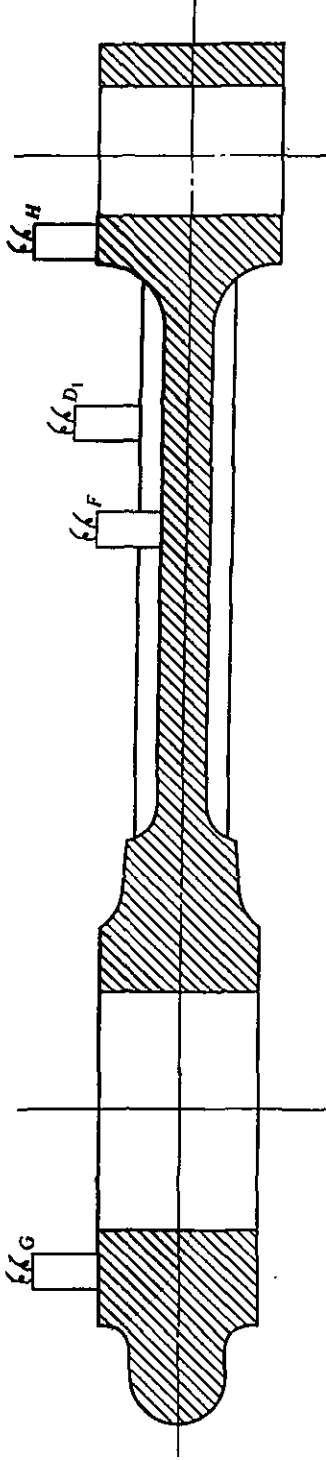
11.1.2 多个缺陷:在有多处缺陷部位移动探头,找出缺陷的最大回波,测出任意两个缺陷之间的距离;并按表2或表3进行评定。

11.1.3 长条形缺陷:在有长条形缺陷部位用6dB法测其指示长度,并按表2或表3进行评定。

11.1.4 背面回波幅度:由于缺陷引起背面回波下降时,其降低幅度按表2或表3评定。



a) 超声检测连杆 I、II、III 区探头扫描方向示意图



b) 超声探头在连杆剖面图上的位置示意图

图 3 连杆不同区域超声检测示意图

11.2 连杆原材料质量分级

按9.1校准仪器灵敏度,用10.2方法,对连杆原材料进行超声检测,发现连杆原材料棒材内有单个缺陷回波、多个缺陷(群)回波、长条形缺陷回波以及背面回波下降时,按表2进行分级。

表2 连杆原材料质量分级表

等 级	缺 陷 分 类			
	单个缺陷	多个缺陷(群)	长条形缺陷	背面回波幅度
优等品	无缺陷回波	无缺陷回波	无缺陷回波	不小于90%
一等品	缺陷回波高度小于等于40%	缺陷回波高度小于等于30%,缺陷间距大于25mm	缺陷回波高度小于等于30%,缺陷指示长度小于等于15mm	不小于80%
二等品	缺陷回波高度大于40%,小于等于80%	缺陷回波高度大于30%,小于等于60%,缺陷间距大于25mm	缺陷回波高度大于30%,小于等于60%,缺陷指示长度大于15mm/小于等于25mm	不小于60%
合格品	缺陷回波高度大于80%,小于等于95%	缺陷回波高度大于60%,小于等于80%,缺陷间距小于25mm	缺陷回波高度大于60%,小于等于80%,缺陷指示长度大于25mm,小于等于35mm	不小于50%

11.3 连杆原材料综合质量分级

按表2对单个缺陷、多个缺陷(群)、长条形缺陷及背面回波下降幅度分别进行分级后,连杆原材料最终质量等级,应以其中最差的等级作为连杆原材料综合质量等级。

11.4 连杆质量分级

按9.2分别以 $\phi 2$ -6dB、 $\phi 2$ -9dB、 $\phi 2$ -12dB确定连杆大头、小头及杆身的起始灵敏度,对连杆各部位进行超声波检测。在连杆大、小头及杆身上发现缺陷回波,按其缺陷回波高度及指示长度不同按表3进行质量分级。

表3 连杆质量分级表

等级	不同连杆部位的允许缺陷回波高度及指示长度		
	连杆杆身($\phi 2$ -12dB)	连杆大头($\phi 2$ -6dB)	连杆小头($\phi 2$ -9dB)
优等品	无缺陷回波	缺陷回波高度小于等于40%,缺陷指示长度小于等于5mm	缺陷回波高度小于等于40%,缺陷指示长度小于等于5mm
一等品	缺陷回波高度小于30%,缺陷指示长度小于等于5mm	缺陷回波高度大于40%小于等于80%,缺陷指示长度大于5mm小于等于10mm	缺陷回波高度大于40%小于等于80%,缺陷指示长度大于5mm小于等于10mm
合格品	缺陷回波高度大于30%小于等于60%,缺陷指示长度小于等于10mm	缺陷回波高度大于80%,缺陷指示长度大于10mm,小于等于25mm	缺陷回波高度大于80%,缺陷指示长度大于10mm,小于等于20mm

11.5 连杆综合质量分级

按表3分别评出连杆杆身等级、连杆大头等级及连杆小头等级,整根连杆的最终质量等级应以其中最差的等级,作为整根连杆的综合质量等级。

12 检测报告

每批连杆原材料和(或)连杆超声检测后,应由2级或2级以上超声检测人员分别编写连杆原材料和连杆的检测报告,其内容应至少包括:

- a) 连杆原材料钢种，外径、长度、数量、批号、分级、验收标准；
 - b) 连杆名称、型号、数量、件号、配主机型号、检测方法、验收标准；
 - c) 连杆材料、成型工艺、工序号、热处理、炉号；
 - d) 超声波检测仪器型号、检测方法、探头规格代号；
 - e) 检测结果，评定级别，结论，绘出缺陷草图；
 - f) 检测人员，审核人员签字，资格证书级别，报告日期，盖检测报告专用章。
- 检测报告格式参见附录B和附录C。

附 录 A
(规范性附录)
连杆原材料超声检测灵敏度试块

A.1 形状和尺寸

LG—I 型连杆原材料超声检测灵敏度试块的形状和尺寸见图 A.1。

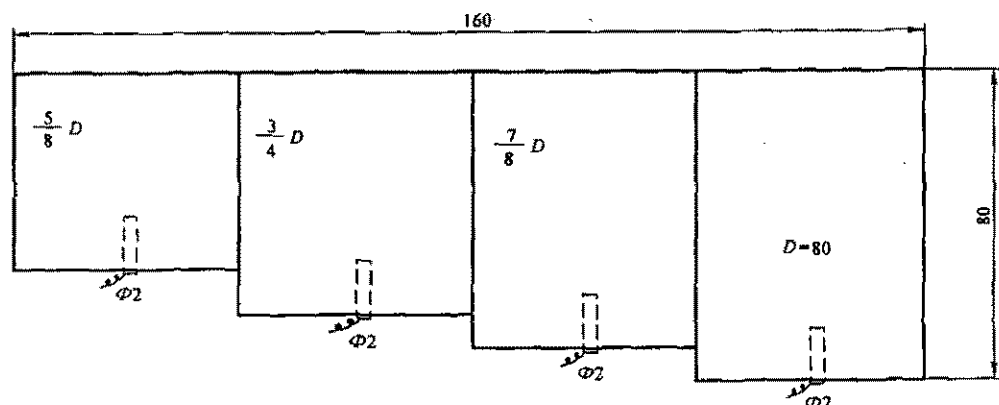


图 A.1 LG—I 型连杆原材料超声检测灵敏度试块

A.2 要求

A.2.1 用来制作连杆原材料超声检测灵敏度 LG—I 型试块的材料应与连杆原材料相同, 经超声检测不允许有大于 $\phi 0.5$ 平底孔当量的缺陷。

A.2.2 在直径为 $D=80\text{mm}$ 长 160mm 棒材上, 每隔 40mm 切进 10mm , 在居中部位钻深度为 10mm 的 $\phi 2$ 平底孔, 作为调节连杆原材料棒材超声检测灵敏度。

A.2.3 根据被检测连杆原材料棒材的直径不同, 选择 $\phi 2$ 平底孔声程与棒材直径相近似的距离, 来调节棒材超声检测灵敏度。

A.3 应用

每次对连杆原材料进行超声检测之前, 用单晶片聚焦探头, 在 LG—I 型试块上, 测出与被检连杆原材料直径相当声程的 $\phi 2$ 平底孔, 使其反射波高为 80% 幅度, 作为起始灵敏度, 对连杆原材料进行超声检测, 检测结果按表 2 进行评定。

附 录 B
(资料性附录)
连杆原材料超声检测报告示例

(单位名称)
连杆原材料超声检测报告

电话:

共 页 第 页

委托单位				报告日期	年 月 日
钢 号		基本尺寸		R_a	
原材料生产厂		数 量		批号	
仪器型号		检测方法		换能器型号	
灵 敏 度		验收标准			
检测结果:					
检测者	UT 级		审核者	UT 级 检测报告专用章	

