

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 65—2022

船用低速柴油机曲轴技术要求

Technical requirements for crankshaft of marine low speed diesel engine

2022-11-22 发布

2022-11-22 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 要求 | 2 |
| 4.1 强度计算 | 2 |
| 4.2 材料特性要求 | 2 |
| 4.3 热处理 | 3 |
| 4.4 表面质量 | 3 |
| 4.5 内部质量 | 5 |
| 4.6 公差要求 | 6 |
| 5 试验方法 | 8 |
| 5.1 材料特性测试 | 8 |
| 5.2 无损检测 | 10 |
| 5.2.1 表面质量 | 10 |
| 5.2.2 内部质量 | 10 |
| 5.3 公差检验 | 11 |
| 6 标志、包装、运输和贮存 | 11 |
| 6.1 标志 | 11 |
| 6.2 包装 | 11 |
| 6.3 运输和储存 | 11 |
| 附录 A（资料性）船用低速柴油机曲轴公差的检验流程 | 12 |
| 参考文献 | 18 |

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》给出的规定起草。

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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会归口。

本文件起草单位：中船动力研究院有限公司、中国船舶工业综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：牛军军、宋雅丽、刘博、钱跃华、祁超、孙猛、王琮。

船用低速柴油机曲轴技术要求

1 范围

本文件规定了船用低速柴油机曲轴的要求、试验方法、标志、包装、运输和贮存。
本文件适用于船用低速柴油机曲轴的设计、制造和验收。

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 131—2006 产品几何技术规范(GPS) 技术产品文件中表面结构的表示法
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 228.1—2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229—2020 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 231.1—2018 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1800.2—2020 产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第2部分：标准公差带代号和孔、轴的极限偏差表
- GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 6402—2008 钢锻件超声波检查方法
- GB/T 15822—2005（所有部分） 无损检测 磁粉检测
- ISO 6892-1:2019 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法(Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature)
- 《钢质海船入级规范》2022 中国船级社

3 术语和定义

3.1

距离-波幅-当量曲线 Distance-Gain-Size curve

在超声波检查中，自然缺陷的形状、性质和方向各不相同，回拨相同的缺陷实际上往往相差很大，为此引进“当量尺寸”来衡量缺陷的大小。在相同探测条件下，当自然缺陷与某形状规则的人工缺陷回波等高时，则该人工缺陷的尺寸就为此自然缺陷的当量尺寸。描述规则反射体的距离、波幅、当量大小之间的关系曲线称为距离-波幅-当量曲线，德文缩写为AVG曲线，英文缩写为DGS曲线。

注：也称为 DGS 曲线图。

3.2

距离-幅度曲线 distance-amplitude curve

在使用一定的频率和晶片直径及规定的探伤灵敏度情况下，测得某个反射体在不同距离时产生回波的高度变化所构成的曲线。

注：也称为 DAC 曲线。

4 要求

4.1 强度计算

曲轴在设计时，应进行曲轴强度校核。曲轴强度校核主要包括由弯矩和径向剪力引起的交变应力的计算、交变扭转应力计算、应力集中系数的评估以及疲劳强度的计算，具体方法见《钢质海船入级规范》第 3 篇第 9 章附录 3。曲轴应按本标准及经规定程序批准的产品图样和技术文件制造。

4.2 材料特性要求

采用合金钢锻件的大型曲轴化学成分应符合表 1 的规定；力学性能应符合表 2 的规定；经正火加回火或淬火加回火后的冲击性能应符合表 3 的规定。

表 1 合金钢锻件的化学成分

| 钢种 | 化学成分 | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | % | | | | | | | | |
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | Mo | Ni | Cu |
| 合金钢 | ≤0.45 | ≤0.45 | 0.30~1.00 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≥0.40 | ≥0.15 | ≥0.40 | ≤0.30 |

表 2 合金钢锻件的力学性能

| 抗拉强度 ^{a、b} (R _m) N/mm ² | 屈服强度 R _{eh} (R _{p0.2}) N/mm ² | 伸长率 (A ₅) % | | 端面收缩率 (Z) % | | 硬度 HB |
|--|--|----------------------------|-----|----------------|-----|----------|
| | | 纵向 | 切向 | 纵向 | 切向 | |
| ≥600 | ≥360 | ≥18 | ≥14 | ≥50 | ≥35 | 175~215 |
| ≥700 | ≥420 | ≥16 | ≥12 | ≥45 | ≥30 | 205~245 |
| ≥800 | ≥480 | ≥14 | ≥10 | ≥40 | ≥27 | 235~275 |
| ≥900 | ≥630 | ≥13 | ≥9 | ≥40 | ≥27 | 260~320 |
| ≥1000 | ≥700 | ≥12 | ≥8 | ≥35 | ≥24 | 290~365 |
| ≥1100 | ≥770 | ≥11 | ≥7 | ≥35 | ≥24 | 320~385 |

^a 对抗拉强度小于 900 N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 150 N/mm²；对抗拉强度不小于 900 N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 200 N/mm²。

^b 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。

^c 硬度值仅供参考。

曲轴合金钢锻件在常温下的夏比 V 型缺口冲击试验要求见表 3。对于材料规定最小抗拉强度为表 2 列值中间时，其所对应的平均冲击功的最小值可用内插法求得。

表 3 合金钢锻件冲击性能要求

| 规定最小抗拉强度 (R_m) /N/mm ² | | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | |
|---------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|
| 夏比 V 型缺口冲击试验 平均冲击功/J | 正火加回火 | 纵向 | ≥25 | ≥20 | ≥15 | — | — | |
| | | 切向 | ≥15 | ≥12 | ≥9 | — | — | |
| | 淬火加回火 | 纵向 | ≥41 | ≥32 | ≥30 | ≥27 | ≥25 | ≥21 |
| | | 切向 | ≥24 | ≥22 | ≥20 | ≥18 | ≥16 | ≥13 |

4.3 热处理

合金钢锻件可采用下列方法之一进行热处理：

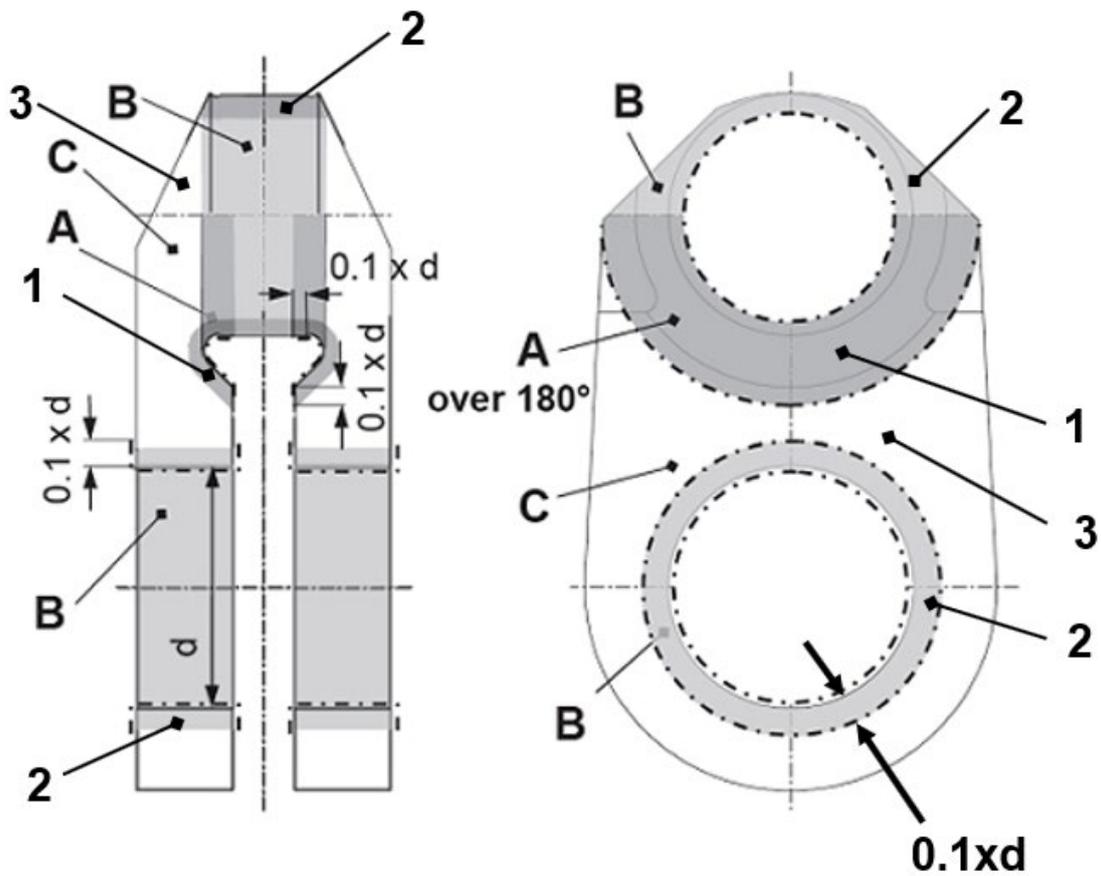
- a) 淬火加回火；
- b) 正火加回火。

其中，回火的温度应不低于 550 °C。

4.4 表面质量

表面质量要求如下：

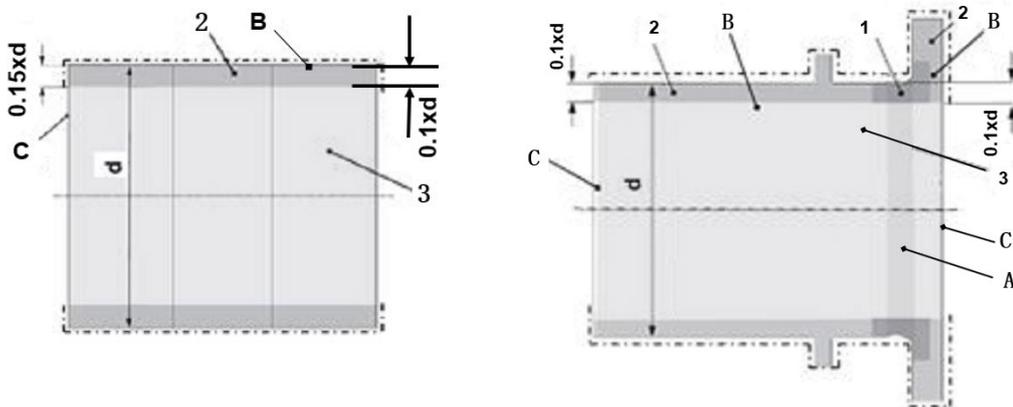
- a) 主轴颈及曲柄销的过渡圆角表面应圆滑，圆角与轴颈及曲柄臂的连接处不应有明显接痕，圆角 (R) 上不应有切削刀痕和周向的划痕；
- b) 曲轴加工表面应光洁，不应有气孔、裂纹、非金属夹杂以及类似的缺陷；
- c) 曲轴工作表面不应有碰痕、锈蚀、凹陷和其他肉眼可见的锻造及加工缺陷；
- d) 曲轴磨削表面不应有磨削裂纹存在；
- e) 不允许线性痕迹出现；
- f) 小于 1.0 mm 的痕迹可以忽略；
- g) 在区域 A（见图 1、图 2）内只允许不相关的非线性显示。区域 A 的详细定义如下：
 - 曲柄销下部圆角表面（包含曲柄销上相邻区域和曲臂上相邻区域），其中相邻区域的扩展长度为 15%曲柄销直径（ $0.15 \times d$ ， d 为曲柄销直径，下同）；
 - 如果曲柄销有中心孔，中心孔边缘向两侧扩展长度为 15%曲柄销直径（ $0.15 \times d$ ）的表面区域；
 - 曲轴轴颈上像圆角过渡区域那样有应力增加的所有表面。
- h) 在区域 B（见图 1、图 2）最多允许 3 个小于 3 mm 的非线性痕迹。区域 B 的详细定义如下：
 - 曲柄销上部圆角表面以及曲柄销表面、曲柄销下部除了区域 A 以外的其它区域和红套孔内表面以及红套孔边缘曲臂上扩展长度为 10%曲柄销直径（ $0.1 \times d$ ）的区域；
 - 曲轴轴颈上主轴颈、自由端轴颈、推力端轴颈所有圆周表面区域，以及端面扩展长度为 10%曲柄销直径（ $0.1 \times d$ ）的表面区域。
- i) 在区域 C（见图 1、图 2）最多允许 3 个小于 5 mm 的非线性显示。图 1 和图 2 中不属于区域 A 和区域 B 的其余区域都属于区域 C。



标引序号说明:

- 1——超声波检测关键区域;
- 2——超声波检测重要区域;
- 3——超声波检测一般区域;
- A——磁粉检测关键区域;
- B——磁粉检测重要区域;
- C——磁粉检测一般区域;
- d——轴颈直径。

图 1 曲柄区域划分



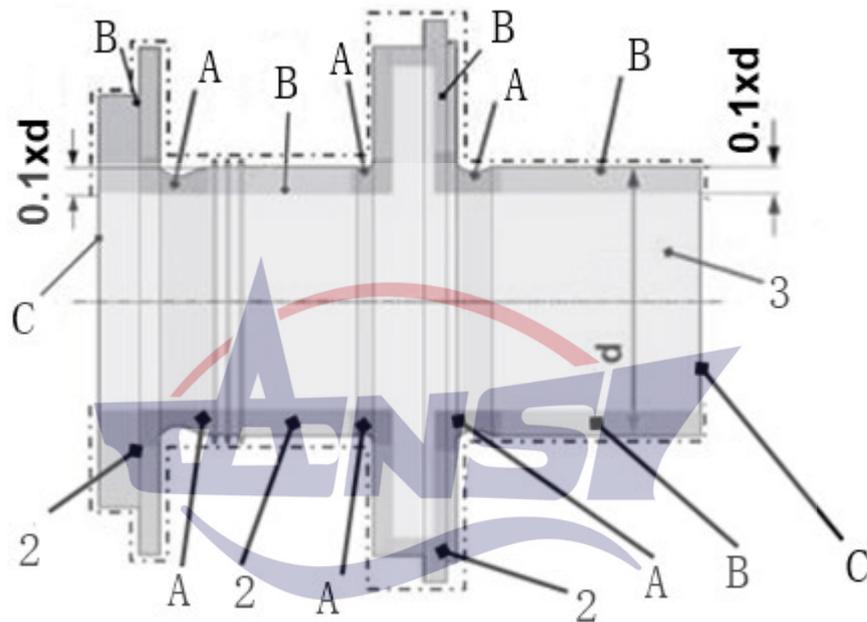
标引序号说明:

- 1——超声波检测关键区域;

- 2——超声波检测重要区域；
 3——超声波检测一般区域；
 A——磁粉检测关键区域；
 B——磁粉检测重要区域；
 C——磁粉检测一般区域；
 d——轴颈直径。

a) 主轴颈

b) 自由端轴颈



c) 推力端轴颈

标引序号说明：

- 1——超声波检测关键区域；
 2——超声波检测重要区域；
 3——超声波检测一般区域；
 A——磁粉检测关键区域；
 B——磁粉检测重要区域；
 C——磁粉检测一般区域；
 d——轴颈直径。

图2 轴颈区域划分

4.5 内部质量

曲轴内部质量要求如下：

- 小于 1.4 mm 的等效缺陷尺寸 (EFS) 可以忽略；
- 小于或等于估计值的显示可以忽略；
- 区域 1 (见图 1、图 2) 最大 1.4 mm 的不相关显示是允许的；区域 1 详细定义如下：
 - 从曲柄销下部圆角表面及圆角端部相邻区域 10% 曲柄销直径长度 ($0.10 \times d$) 的表面至 10% 曲柄销直径深度 ($0.10 \times d$) 部分；
 - 如果曲柄销有中心孔，曲柄销内孔表面及相邻过渡曲臂表面至两表面 15% 曲柄销直径深度

部分；

——曲轴轴颈上像圆角过渡区域那样有应力增加的所有表面到 10%曲柄销直径 ($0.10 \times d$) 深度部分。

d) 区域 2 (见图 1、图 2) 单个显示最大值为 2mm 等效缺陷尺寸 (EFS) 是允许的, 显示长度不允许超过 10mm, 两个显示的距离必须大于 20mm; 区域 2 详细定义如下:

——曲柄销上部圆角表面以及曲柄销表面到两表面 10%曲柄销直径 ($0.10 \times d$) 深度部分;

——从曲柄销下部除了区域 1 以外的其他区域表面到 10%曲柄销直径 ($0.10 \times d$) 深度部分;

——从红套孔内表面到 10%曲柄销直径 ($0.10 \times d$) 深度部分;

——曲轴轴颈、自由端轴颈、推力端轴颈所以圆周表面 (包含前端面) 区域到 10%红套孔直径深度 ($0.10 \times d_s$, d_s 为红套孔直径)。

e) 区域 3 (见图 1、图 2) 在扫描深度范围内, 按照 DGS 或 DAC 单个显示的最大值为 4 mm 等效缺陷尺寸 (EFS) 是允许的。在本区其余部分, 单个显示的最大值为 6 mm 等效缺陷尺寸 (EFS) 是允许的。图 1 和图 2 中不属于区域 1 和 2 的其余部分都属于区域 3。

4.6 公差要求

4.6.1 曲轴尺寸公差及形位公差要求应满足设计要求。

4.6.2 主轴颈及曲柄销直径尺寸公差等级不大于 GB/T 1800.2—2020 中表 1 规定的 IT7, 测量时在互相间隔 45° 的位置上进行, 见附图 A.1。

4.6.3 曲柄销与主轴颈中心距尺寸公差取 GB/T 1804—2000 中表 1 精密级。

4.6.4 平面度应满足 0.02mm 要求, 并且绝不能有局部的凸点 (高点)。测量时, 推力法兰以及前端和后端法兰表面的平面度见附图 A.2 和 A.3, 可以通过观察涂了兰油的精密直规, 从而做出评定, 直规的长度应不小于法兰的直径, 直规上兰油层的厚度不大于 $20 \mu\text{m}$ 。

4.6.5 曲柄销轴线对曲轴中心轴线平行度误差不大于 GB/T 1184—1996 附录 B 表 B3 中规定的 7 级。

4.6.6 曲轴最大跳动值不大于 GB/T 1184—1996 附录 B 表 B4 中规定的 4 级。测量时, 主轴颈上相互间隔 45° 的 8 个位置都应放置百分表测量, 同时被测轴颈应支承好。

4.6.7 偏差按附图 A.4 进行测量, 应符合 $\pm 0.3\text{mm}$ 的要求。在曲轴最终检验中, 千分表应放置在离曲柄销中心线的距离等于 $R+0.5d-10\text{mm}$ 的位置, 当实际曲柄在上止点位置时, 测量工具调节到 0, 曲轴的所有主轴颈都应支承好。

4.6.8 斜度测量时, 轴颈的斜度使用水平仪在相互间隔 45° 的 8 个位置进行测量, 所有位置的主轴颈斜度顺着 1 号曲柄销方向参照上止点, 所有位置的曲柄销轴颈斜度顺着每个单独曲柄方向参照上止点, 水平仪安装在特制托架上, 见附图 A.5。

4.6.9 圆柱度要求不大于 GB/T 1184—1996 附录 B 表 B2 中规定的 7 级。单独曲轴颈的圆柱度测量所得最大差值的一半进行计算 (主轴颈直径), 同时应满足接触面积的要求, 具体要求如下:

a) 接触面积测量时用精密兰油瓦板在轴颈上研敷兰油, 通过肉眼观察斑纹的情况来评定轴颈的接触面积, 详见附图 A.6。接触面积应分布均匀, 并且曲柄销的接触面积不应少于 60%, 主轴颈不少于 70%, 才能达到验收要求。

b) 作为指导性原则, 在轴颈周边每 60° 的范围之内, 未接触的最大单个面积不超过 10%, 就可以

通过验收。这种未能接触的单个面积 10%的数值仅作参考，一旦超过这个极限值，则应对单个轴颈作进一步分析。

- c) 当涂在测试轴瓦上兰油的厚度可以使用湿膜规（见附图 A. 7）进行检验时，兰油厚度基本要求如下：
- 被检验轴颈无油污和杂物；
 - 轴颈和兰油瓦板共有相同温度；
 - 检查兰油瓦板如果标定（如果标定温度和实际温度有明显差异，兰油瓦板可能应重新标定）；
 - 在兰油瓦板上加兰油（兰油不要太稀而应更像低温残渣）；
 - 用一大块海绵或类似布块将兰油敷到检验瓦块上；
 - 兰油瓦板上兰油层厚度不应超过 $3\ \mu\text{m}$ （经验表明当施加在兰油瓦板上的兰油厚度为 $3\ \mu\text{m}$ 时，就可以得到最佳结果，大约其上厚度的一半将经研敷涂镀到轴颈上，这种厚度层足以评定轴颈的接触斑纹。如果兰油层太厚，兰油就有可能堆积在轴颈下部区域，就会产生不正确的接触斑纹）；
 - 将兰油均匀分布后，可用湿膜规检验兰油层厚度是否正确；
 - 兰油瓦板在轴颈上的研动时，不应超过 90° ；
 - 当兰油瓦板研敷不顺时应查明原因，即如果有兰油滴落或相反太稠产生走形，则必须进行重新标定；
 - 接触面积用肉眼做评定（在斑纹（图 A. 6）中显示的斑纹可用来辅助评价接触面积是否符合验收标准）。
- d) 其它型式的检验装置：
- 可以使用直边尺作为额外工具，但使用时要小心，这是因为直边尺不能显示出所有形式的缺陷，即相对于使用直边尺来说使用兰油瓦板就较为容易发现突起（高点）。直边尺检测时要求如下：
 - 1) 采用轻合金制成，衬以白合金衬里的兰油瓦板（见图 A. 8），兰油瓦板应在圆柱形检验样件上做标定。
 - 2) 兰油瓦板白合金厚度不大于 $3\ \text{mm}$ （最终尺寸）；
 - 3) 精加工直径公差为 $\pm 0.01\ \text{mm}$ ；
 - 4) 表面粗糙度：按 GB/T 131—2006，最大 R_a 为 $0.3\ \mu\text{m}$ ；
 - 5) 接触面积不小于 80%；
 - 6) 在接触面上要注意：在标定兰油瓦板时要确保其上无饶边（边缘要倒角）。由于兰油瓦板作纵向移动的，重要的是接触面是分布在兰油瓦板的整个宽度范围。
 - 7) 瓦板处理要注意：处理瓦板时要小心，即如果兰油太稀有滴落或是出现斑纹走形，则需要做重新标定。兰油瓦板应定期做检验，特别三存放在仓库中的兰油瓦板。
 - 8) 圆柱形样件应按如下 D 公差，表面粗糙度和接触面要求机加工制成：直径机加工公差为 $\pm 0.01\ \text{mm}$ 。重要的检验样件不应凹陷。（注里面不能直接提要求，表面粗糙度：按 GB/T 131—2006，最大 $R_a=0.4\ \mu\text{m}$ 。
 - 其它形式的兰油瓦板要求如下：

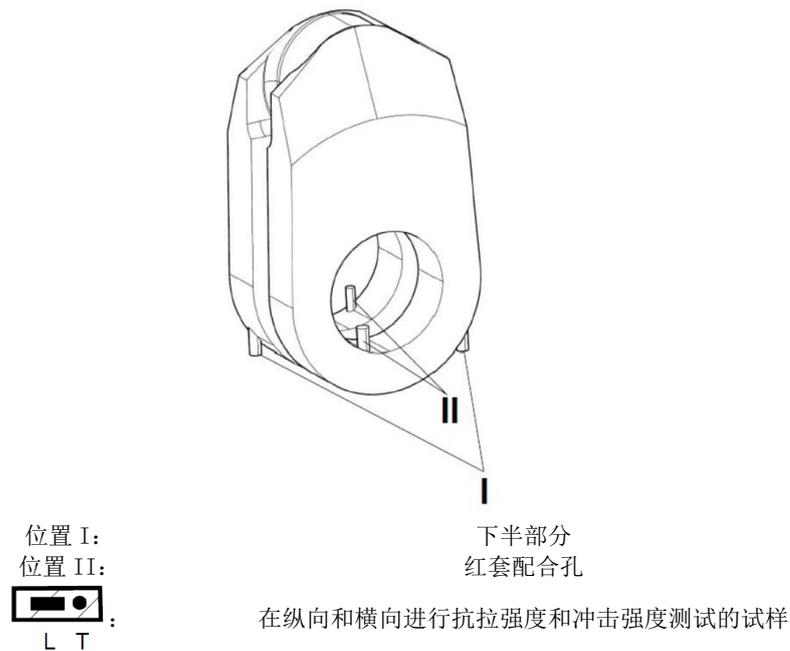
- 1) 灰铸铁制兰油瓦板：使用时也要小心。该型瓦板易为兰油所浸透，即该瓦板锁孔会为兰油所充满。
- 2) 不含白合金的铝制兰油瓦板，使用时也必须小心，其表面不得存有杂物（即，要经常修正和标定兰油瓦板）。
- 3) 铝制兰油瓦板应作为频繁的检验，特别是存放在仓库中的瓦板。不含白合金的铝制兰油瓦板，要求施用薄兰油涂层，最厚只达 5 μm。

5 试验方法

5.1 材料特性测试

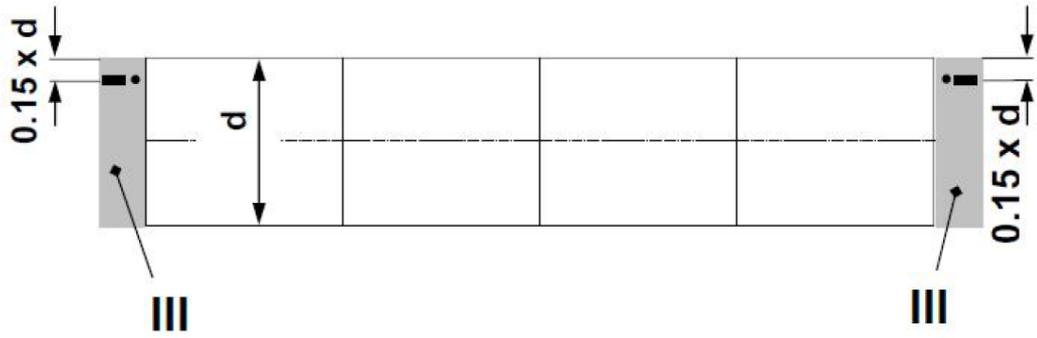
5.1.1 试样的位置和编号

在每个锻件上应至少取一套拉伸试样以及一套三只冲击试验用的试样。试验应在纵向进行，对首次锻件，还应在横向进行试验。所有的试样都应和曲柄一起经过同样的锻造和热处理工序。试样的位置和方向宜如图 3 至图 6 所示。



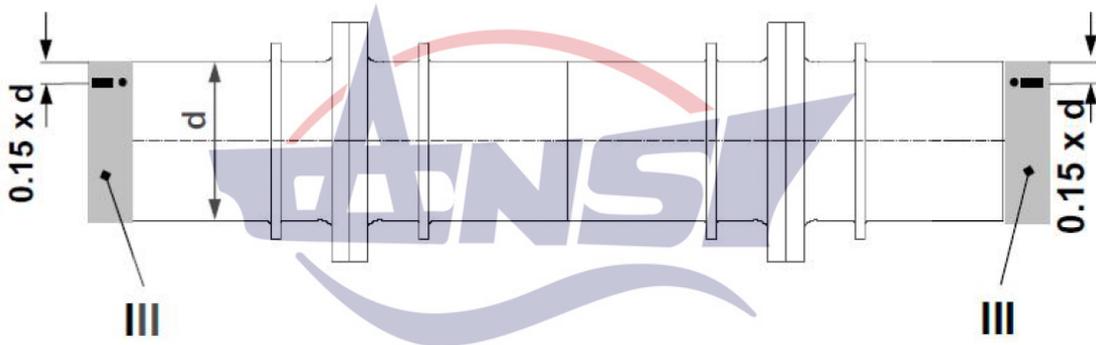
标引序号说明：
I——外部试样；
II——内部试样。

图 3 曲柄试样位置说明



标引序号说明：
 III——轴颈前面；
 d——轴颈直径。

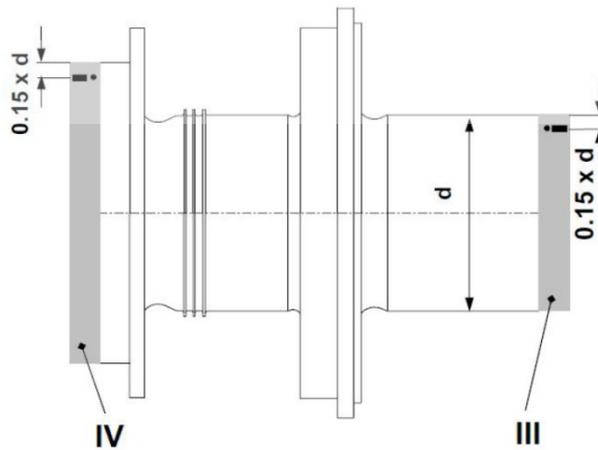
图4 轴颈试样位置说明



标引序号说明：
 III——轴颈前面；
 d——轴颈直径。

中国船舶工业行业协会
 China Association of the National Shipbuilding Industry

图5 自由端轴颈试样位置说明



标引序号说明：
 III——轴颈前面；
 IV——推力轴承法兰；
 d——轴颈直径。

图6 推力端轴颈试样位置说明

5.1.2 化学成分检查

目视检查试样的材质证明书。

5.1.3 力学性能试验方法

按照 GB/T 228.1—2021 和 ISO 6892-1: 2019 规定的方法, 对试样进行抗拉强度、屈服强度、延伸率和断面收缩率的测试。按照 GB/T 231.1—2018 规定的方法对试样进行硬度测试。

5.1.4 冲击性能试验方法

按照 GB/T 229—2020 规定的方法对试样进行冲击性能测试, 冲击性能测试应在带 ISO-V 型槽口的试样上进行。

5.2 无损检测

5.2.1 表面质量

表面质量检测方法应用目视检查和磁粉检查。

目视检测位置和要求如下:

- a) 检查主轴颈及曲柄销的过渡圆角, 圆角表面应圆滑, 圆角与轴颈及曲柄臂的连接处不应有明显接痕, 圆角 R 上不应有切削刀痕和周向的划痕;
- b) 检查曲轴加工表面, 加工表面应光洁, 不应有气孔、裂纹、非金属夹杂以及类似的缺陷;
- c) 检查主轴颈和曲柄销, 表面不应有碰痕、锈蚀、凹陷和其他肉眼可见的锻造及加工缺陷, 不应有磨削裂纹存在。

磁粉检查按照 GB/T 15822—2005 的方法进行, 检查位置和要求如下:

- a) 曲轴上不允许线性痕迹出现;
- b) 曲轴上小于 1.0 mm 的痕迹可以忽略;
- c) 在区域 A (见图 1、图 2) 内只允许不相关的非线性显示;
- d) 在区域 B (见图 1、图 2) 最多允许 3 个小于 3 mm 的非线性痕迹;
- e) 在区域 C (见图 1、图 2) 最多允许 3 个小于 5 mm 的非线性显示。

5.2.2 内部质量

内部缺陷检测应采用超声检测, 按照 GB/T 6402—2008 的检测方法进行。

超声波探伤应该在第一道加工和热处理之后、红套之前进行, 经检查区域的粗糙度不能超过 N9 (Ra=6.3 μ m)。

超声检测的位置和要求如下:

- a) 在曲轴上, 小于 1.4 mm 的等效缺陷尺寸 (EFS) 可以忽略;
- b) 在曲轴上, 小于或等于估计值的显示可以忽略;
- c) 区域内 1 (见图 1、图 2) 中最大 1.4 mm 的不相关显示是允许的;
- d) 区域 2 (见图 1、图 2) 中单个显示最大值为 2 mm 等效缺陷尺寸 (EFS) 是允许的, 显示长度不允许超过 10 mm, 两个显示的距离必须大于 20 mm;

- e) 区域3（见图1、图2）在扫描深度范围内，按照DGS或DAC单个显示的最大值为4mm等效缺陷尺寸（EFS）是允许的。在本区其余部分，单个显示的最大值为6mm等效缺陷尺寸（EFS）是允许的。

5.3 公差检验

曲轴的尺寸公差及形位公差的检验流程见附录A。

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 标志

应按照产品图样规定的位置在曲轴产品上清晰地刻上或打上标志或钢印，标志或钢印应包含下列内容：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 产品编号；
- c) 年代号；
- d) 检验标志；
- e) 产品图样规定的其他标记。



6.2 包装

包装应符合下列要求：

- a) 曲轴在包装前应清洗和油封或做其他防锈处理，根据运输方式和防锈期要求选用防锈油；
- b) 曲轴应单根独立包装。轴颈等重要部位的包装防护应严密，包装箱应坚固，并在包装箱内有适当的支承和固定装置对曲轴进行固定，应保证在正常运输过程中不致损伤；
- c) 曲轴出厂均应附有产品合格证和制造厂质量检验部门填发的检验报告等资料；
- d) 包装箱外表面至少表明文字或包装箱储运图示标志。包装储运图示标志按照GB/T 191的规定选择。

6.3 运输和储存

曲轴在运输和保存过程中，应防磕碰、防雨、防潮。

曲轴应保存在无腐蚀性物质、无磁性物质、清洁、干燥和通风良好的仓库中。

附录 A (资料性)

船用低速柴油机曲轴公差检验流程

A.1 适用范围

本附录规定了船用低速柴油机曲轴尺寸公差及形位公差的检验流程。

A.2 工具

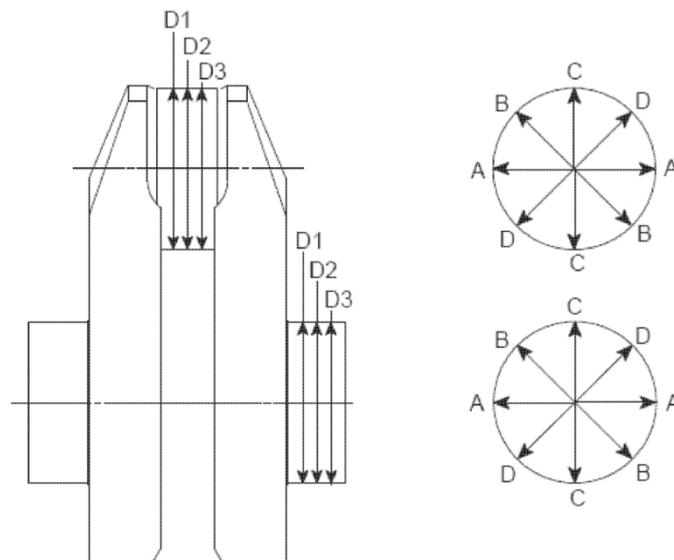
公差检验工具包括：

- a) 千分表（最低精度 0.01 mm）；
- b) 水平仪（最低精度 1 格为 0.05/1000 mm）；
- c) 水平仪支撑（见图 A.5）；
- d) 兰油；
- e) 海绵块或类似布块；
- f) 湿膜规（见图 A.7，最低精确度 1 μm）；
- g) 精密兰油瓦板（见图 A.8）；
- h) 精密直规（见图 A.2、图 A.3）。

A.3 检验工艺流程

A.3.1 曲轴颈公差

曲轴轴颈（曲柄销轴颈和主轴颈）测量见图 A.1。



标引序号说明：

- D1——曲轴轴颈 D1 测量面；
- D2——曲轴轴颈 D2 测量面；
- D3——曲轴轴颈 D3 测量面；
- A-A——曲轴轴颈测量面 A-A 位置；
- B-B——曲轴轴颈测量面 B-B 位置；

C-C——曲轴轴颈测量面 C-C 位置；
D-D——曲轴轴颈测量面 D-D 位置。

图 A.1 轴颈公差测量

A.3.2 平面度测量

平面度测量见图 A.2、A.3。

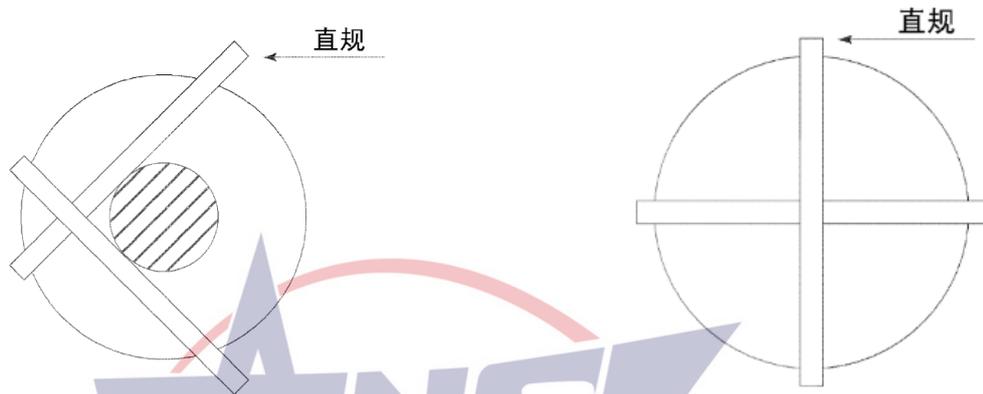
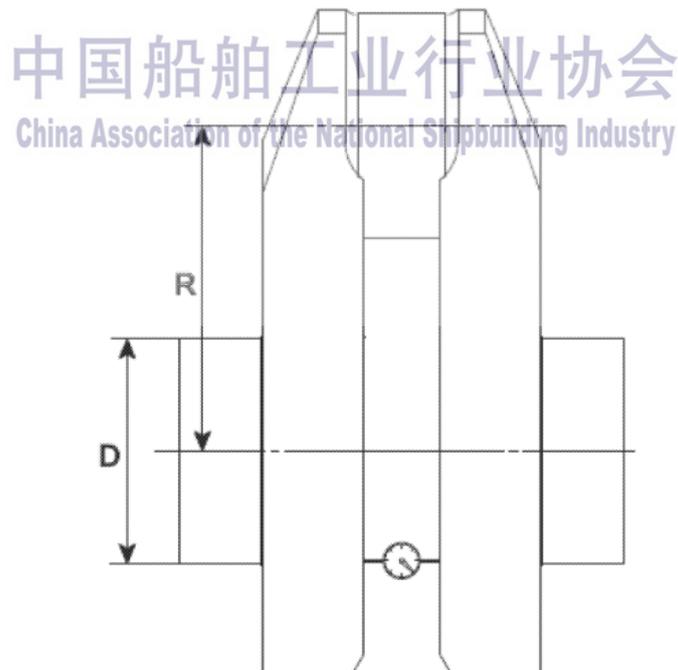


图 A.2 前端法兰和后端法兰平面度测量

图 A.3 推力端平面度测量

A.3.3 偏差测量

偏差测量见图 A.4。



标引序号说明：

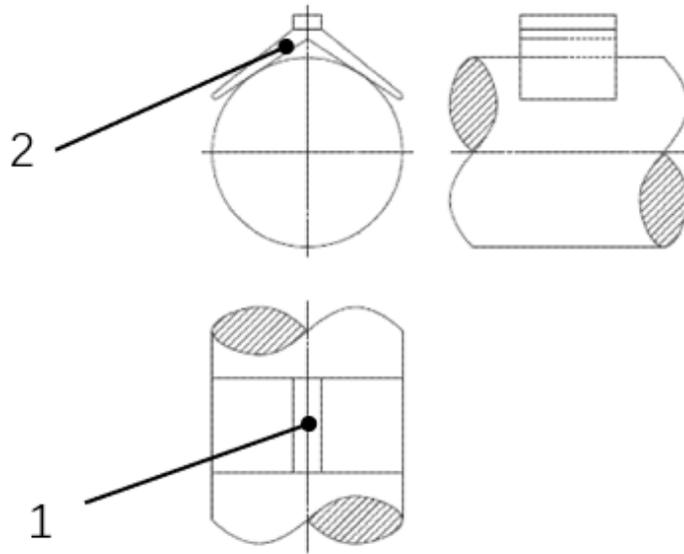
D——曲轴主轴颈直径；

R——曲柄销中心到主轴颈中心距离。

图 A.4 曲柄甩档偏差测量

A.3.4 偏差测量

斜度测量见图 A.5。



标引序号说明:

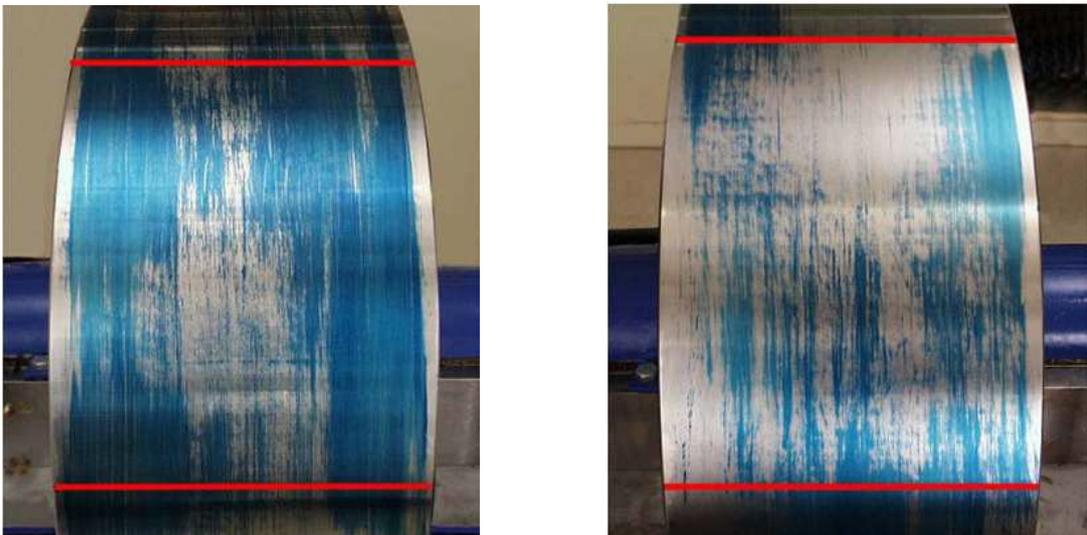
1——水平仪;

2——托架。

图 A.5 水平仪的支撑

A.3.5 兰油检测

兰油检测典型斑纹见图 A.6。

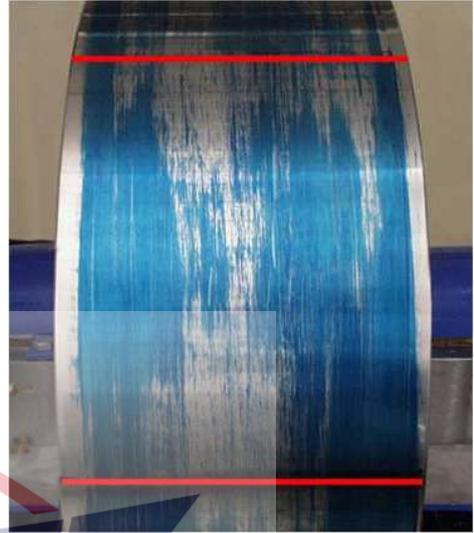
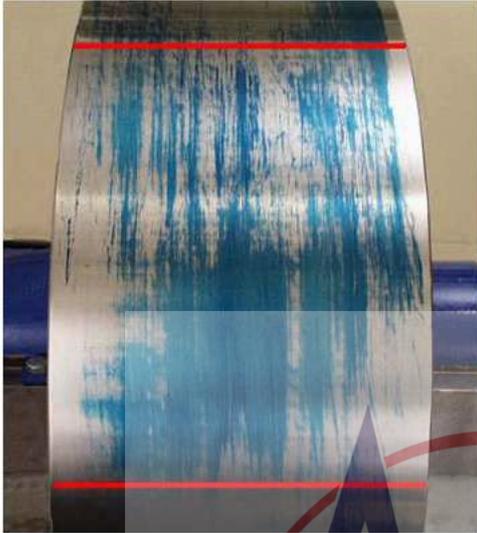


主轴颈可验收斑纹（接触面积不小于 70%）

未能接触最大单区面积不大于 10%

a) 斑纹 1

b) 斑纹 2

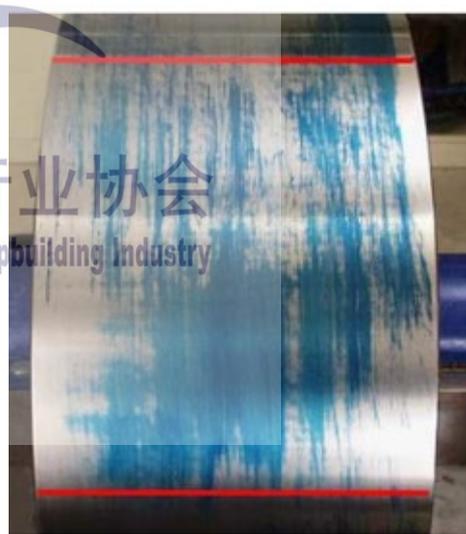
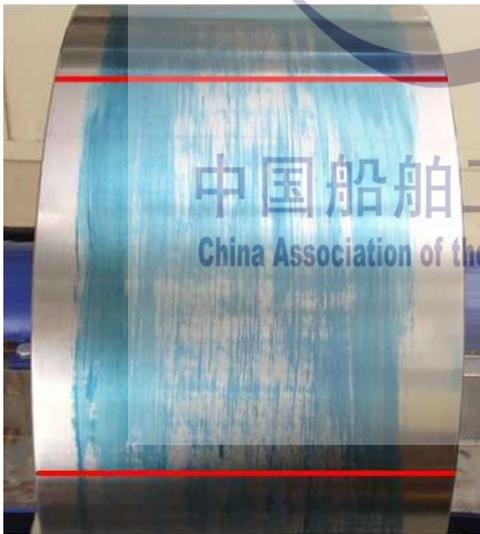


曲柄销可验收斑纹（接触面积不小于 60%）

典型斑纹（优良斑纹）（接触面积约等于 80%）

c) 斑纹 3

d) 斑纹 4

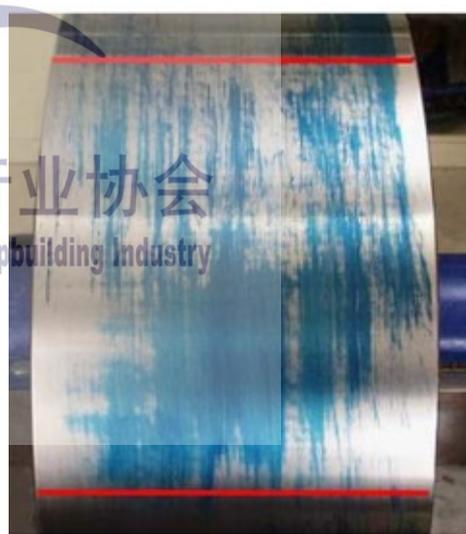
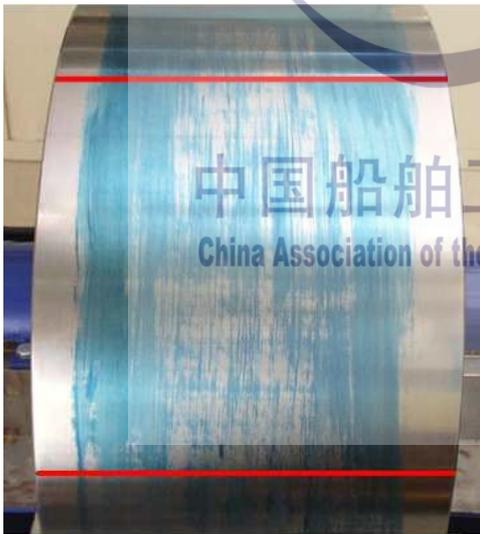


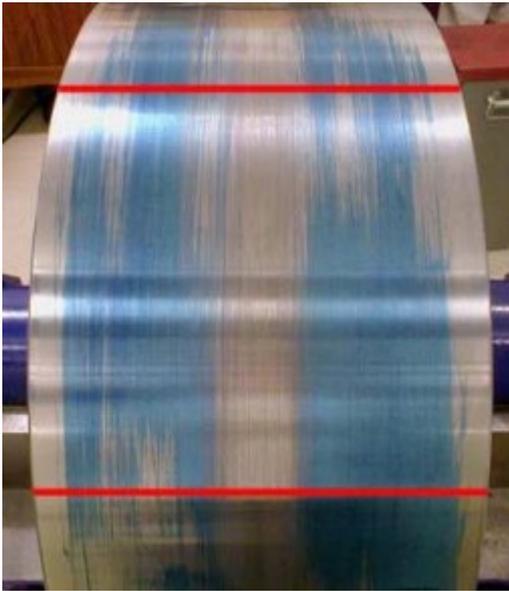
典型斑纹（最大可接受光板凸面）

主轴颈不可验收斑纹（接触面积小于 70%）

e) 斑纹 5

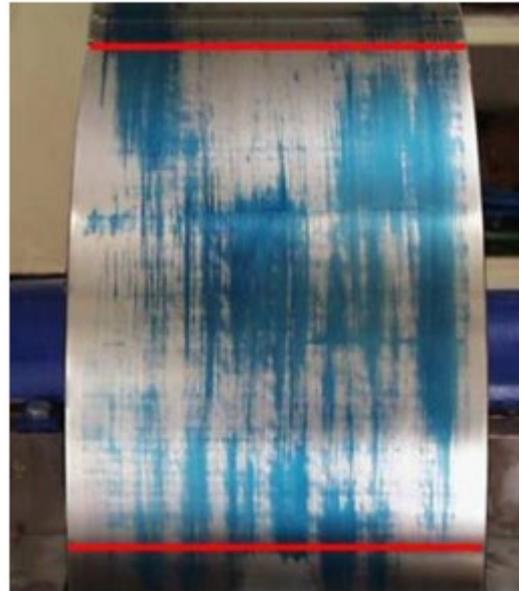
f) 斑纹 6





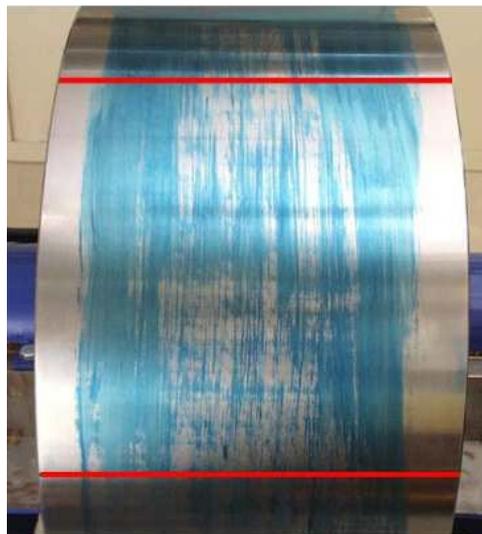
不能验收斑纹 (轴颈太多凸面且单个未接触面积不小于 10%)

g) 斑纹 7



曲柄销不可接受斑纹 (接触面积小于 60%)

h) 斑纹 8



不可接受斑纹, 轴颈太多凸面

j) 斑纹 9

图 A.6 典型蓝油斑纹

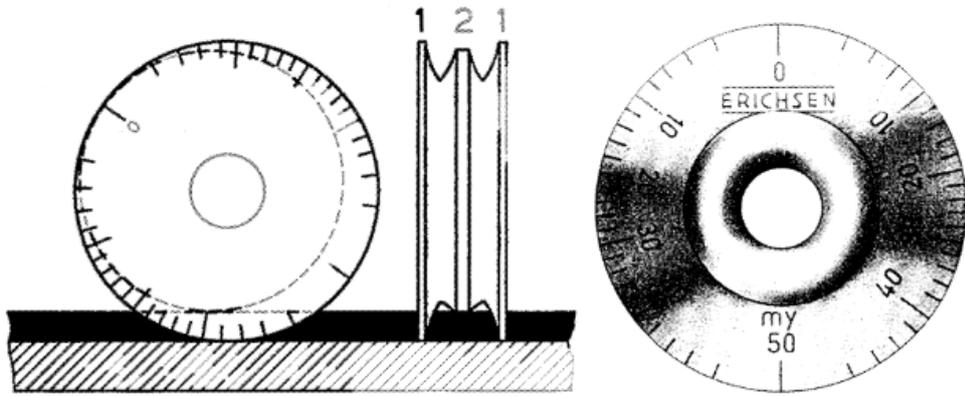


图 A. 7 湿膜规

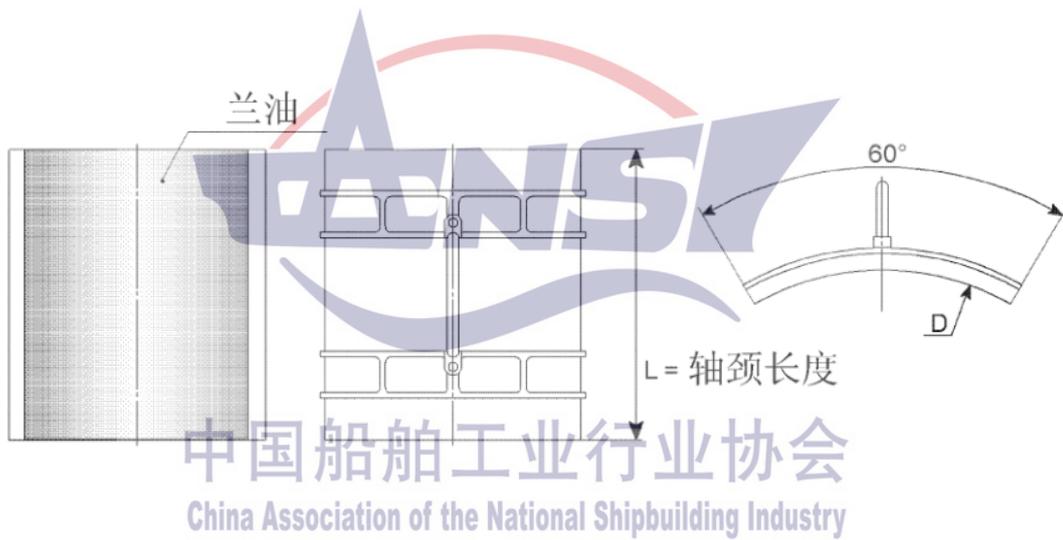


图 A. 8 瓦板

参考文献

- [1] 柴油机曲轴计算, 船舶入级规则, 2005 (Calculation of Crankshafts for Diesel Engine, Rules for Classification of Ships, 2005)
- [2] 船舶系统和机械, 钢质海船入级规则, 2010, 美国船级社 (Vessel Systems and Machinery, Rules for Building and Classing Steel Vessels of Ships, ABS, 2010)
- [3] 内燃机曲轴计算, 机械安装要求, 2011, 国际船级社协会 (Calculation of Crankshafts for I.C. Engines, Requirements concerning MACHINERY INSTALLATIONS, IACS, 2011)
-