指南编号/Guideline No.M-10(202607)

M-10

船用柴油机喷油泵

生效日期/Issued date:2026 年 07 月 01 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南（以下简称本指南）规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 http://www.ccs.org.cn 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 service@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间：M10(201510)　　2015 年 10 月 20 日

M10(201909)　　2019 年 09 月 24 日

本版本主要修改内容：

删除了 5.3.4 无损探伤的要求。

目 录

1 适用范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 图纸资料 4

5 技术要求 5

6 原材料及零部件 9

7 型式试验 9

8 单件/单批检验 16

船用柴油机喷油泵

1 适用范围

本指南适用于采用柱塞螺旋槽控制方式的单缸分列式、多缸合成式的船用柴油机燃油高压喷油泵总成的型式认可和产品检验。

2 规范性引用文件

2.1 中国船级社《钢质海船入级规范》（以下简称《海规》）；

2.2 中国船级社《材料与焊接规范》（以下简称《材料规范》）；

2.3 CCS 批准的低速柴油机专利厂技术规范。

3 术语和定义

关于产品检验、设计认可、型式认可、原型试验、样品、单件/单批检验、最终检验等术语的定义，参见《海规》第 1 篇第 3 章 3.1.2 条。

4 图纸资料

船用燃油高压喷油泵总成申请认可或检验时，下列图纸和技术资料应提交 CCS 批准或备查。

4.1 下列图纸资料应提交批准：

(1) 总图（纵、横剖面图）；

(2) 主要零部件图（喷油泵体、柱塞偶件、出油阀偶件等，可根据具体情况适当增减）；

(3) 主要性能规格表；

(4) 主要零部件理化性能一览表；

(5) 交货验收技术条件、出厂试验大纲、型式试验大纲。

4.2　下列图纸资料应提交备查：

(1)　产品说明书及铭牌、出厂合格证/质保书（样本）等（中英对照）；

(2)　无损检测标准（包括超声波检测、磁粉检测及着色检查）；

(3)　压力试验标准。

5　技术要求

5.1　材料要求

5.1.1　喷油泵体应采用锻件或铸件制成。其锻件应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章的规定，其铸件应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 7 章的规定。

5.1.2　柱塞偶件、出油阀偶件应采用性能满足相关标准技术要求的钢材制造。

5.1.3　当喷油泵采用柴油机专利厂技术规范进行生产时，其主要零部件材料化学成分及热处理后机械性能要求应符合柴油机专利厂技术规范的规定。

5.1.4　原材料及铸锻件毛坯一般应在经 CCS 认可的生产厂进行采购。

5.2　结构要求

5.2.1　对定型生产的喷油泵，除柱塞偶件及出油阀偶件外，同一机型的喷油泵总成及其主要零部件，均应具有互换性。

5.2.2　喷油泵与柴油机、高压油管总成和喷油器总成的接口尺寸按订购方与承制方的协议规定。

5.2.3　喷油泵上柱塞上止点或供油始点的记号标志的方式和部位按用户与制造厂的协议或有关技术文件规定。

5.2.4　喷油泵调节齿杆在调节时应灵活，无阻滞现象。

5.3　加工精度要求

5.3.1　柱塞偶件与出油阀偶件的主要尺寸公差及形位公差应满足相应技术

标准要求。

5.3.2　柱塞偶件与出油阀偶件的主要表面粗糙度应满足相应技术标准要求。

5.3.3　当承制方与设计单位在采用表面粗糙度系列不一致时，承制方应采用不低于产品图样规定的设计要求。

5.4　无损检测

5.4.1　柱塞与柱塞套、出油阀与出油阀座应进行磁粉检测。

5.4.2　低速柴油机喷油泵体应进行超声波检测。

5.5　热处理

5.5.1　喷油泵体热处理要求应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章、第 7 章要求。

5.5.2　柱塞偶件与出油阀偶件的热处理后的机械性能及表面硬度应满足相应技术标准要求。

5.5.3　柱塞偶件与出油阀偶件热处理后的内部金相组织及硬化层深度应满足相应技术标准要求。

5.5.4　有尺寸稳定性要求的柱塞偶件与出油阀偶件应进行低温处理。

5.6　压力及密性试验

5.6.1　柱塞偶件应进行径部密封性试验。

5.6.2　出油阀偶件的径部及密封锥面应进行密封性试验。

5.6.3　喷油泵体低压区应进行密封性试验。

5.6.4　高压油泵体（含分离式泵体及泵盖）的高压受压面应进行压力试验，试验压力为1.5P 或P+30MPa 取其较小者（P 是指被试验部件的最大工作压力。）当喷油泵采用柴油机专利厂技术规范进行生产时，其高压油泵体的受压面压力试验要求应符合柴油机专利厂技术规范的规定。

5.7　性能要求

5.7.1　使用轻柴油及运动粘度为 380 $mm^2/s/50℃$以下的重油时，喷油泵应能正常工作。使用重油时，其进口温度应为 130℃～150℃。

5.7.2　喷油泵的供油特性，一般应符合下列规定，有特殊要求者，按订购方与承制方的协议规定。

(1)　单缸分列式喷油泵供油量的偏差率δ应不大于表 5.7.2 (1)的规定。

供油量偏差率　　表 5.7.2 (1)

柴油机类型	供油量偏差率δ %	
	标定工况	最低稳定转速工况
高速机	±1.5	±10
中速机	±1.5	±15

供油量偏差率 δ 按公式(1)计算：

$$\delta = \frac{Q_1 - Q_0}{Q_0} \quad \text{……(1)}$$

式中：　δ——供油量偏差率数值，　%；

Q_0——标定供油量数值，　ml；

Q_1——实测供油量数值，　ml。

当采用与该喷油泵配套的喷油器做调整试验时，供油量的偏差率δ也应不大于表 5.7.2 (1)的规定。

(2)　多缸合成式喷油泵各缸供油量的不均匀度σ，应不大于表 5.7.2(2)的规定。

供油量不均匀度　　表 5.7.2(2)

喷油泵缸数	各缸供油量不均匀度σ %	
	标定工况	最低稳定转速工况
6,7	2.5	20
8,9	2.5	25
10,11	2.5	30
＞12	3	35

各缸供油量不均匀度σ按公式(2)计算

$$\sigma = \frac{2(Vmax - Vmin)}{Vmax + Vmin} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

式中：　σ——各缸供油量不均匀度数值， %；

Vmax——各缸中供油量最大的一个缸的供油量数值， ml；

Vmin——各缸中供油量最小的一个缸的供油量数值， ml。

当采用与该喷油泵配套的喷油器做调整试验时，各缸供油量的不均匀度σ也应不大于表 5.7.2(2)的规定。如果有特殊要求，按订购方与承制方的协议规定。

5.7.3　喷油泵供油预行程按订购方与承制方的协议规定。

5.7.4　多缸合成式喷油泵各缸静态供油始点按订购方与承制方的协议规定。

5.7.5　多缸合成式喷油泵各缸供油顺序按用户与制造厂的协议规定。

5.7.6　多缸合成式喷油泵各缸标定工况供油量时的供油始点与指定的基准缸供油始点的间隔角偏差应为±30′凸轮轴转角(静态测量)。所指定的基准缸供油始点应在明显处用刻线表示，并记载于相关的技术资料中。

5.8　可靠性

喷油泵的第一次检修期限，应与柴油机的中修期一致。

6　原材料及零部件

6.1　产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行控制。

6.2　喷油泵总成的主要零部件指喷油泵体、柱塞偶件、出油阀偶件等零部件。

7　型式试验

7.1　典型样品的选取

初次认可时，一般每一系列喷油泵应选一台样机进行型式试验。所选样机在技术参数上应能覆盖其所在系列；结构、制造工艺上具有代表性，体现工厂的加工能力和制造水平。

7.2　试验项目

喷油泵的型式试验一般应包括柱塞偶件型式试验、出油阀偶件型式试验、喷油泵体材料理化性能试验、喷油泵总成型式试验。

7.2.1　柱塞偶件型式试验项目

(1)　滑动性；

(2)　径部密封性；

(3)　清洁度；

(4)　可靠性；

(5)　磁粉检测；

(6)　主要尺寸及形位公差；

(7)　主要表面粗糙度。

7.2.2　出油阀偶件型式试验项目

(1)　磁粉检测；

(2)　滑动性；

(3)　密封锥面的密封性；

(4)　径部的密封性；

(5)　清洁度；

(6)　可靠性；

(7)　主要尺寸及形位公差；

(8)　主要表面粗糙度。

7.2.3　喷油泵体材料理化性能试验

7.2.4　喷油泵总成型式试验项目

(1)　静态供油始点；

(2)　供油预行程；

(3)　供油间隔角（仅多缸合成式喷油泵）；

(4)　调节齿杆移动阻力；

(5)　供油量特性；

(6)　泵体液压试验及总成密封性试验；

(7)　清洁度；

(8)　可靠性。

7.2.5　采用专利厂技术规范进行生产的低速柴油机喷油泵型式试验项目

低速柴油机喷油泵体应按本指南 7.2.3 条进行材料试验，对喷油泵体（含分离式泵体及泵盖）进行液压试验。

7.3　型式试验项目的减免

初次认可时，一般应进行上述所适用的全部试验项目。如满足以下条件，制造厂可以向 CCS 书面申请减免部分试验项目，验船师应根据工厂的生产情况、产品的生产历史及使用记录等给予考虑，并将意见及制造厂申请报总部，在获得同意批复后方能对该试验项目进行减免：

(1) 申请认可的制造厂能够提供近期内由权威检测机构（如国家质量技术监督局，或国防科技试验室等）出具的相应试验项目的试验报告；

(2) 认可申请方能够提供近期由 IACS 成员签署的相应试验项目的试验报告。

7.4　型式试验的方法和要求

7.4.1　柱塞偶件型式试验方法

(1) 滑动性试验

用轻柴油清洗和润滑零件。当柱塞偶件与水平面成 45° 位置时，将柱塞从柱塞套内抽出圆柱工作表面长度的三分之一，并围绕柱塞轴线转到任意位置，松手后，柱塞应借自重自由地滑下，不得有阻滞现象。

(2) 径部密封性试验

① 柱塞偶件的径部密封性试验，应在如下条件下进行：

(a) 试验用油为柴油和机油的混合油，20℃时的运动粘度为 10.2 mm^2/s～10.7mm^2/s；

(b) 环境温度为 20℃士 2℃；

(c) 压力显示装置精度不低于 1.5 级；

(d) 压缩空气的进气压力为 0.2 MPa～0.5 MPa。

柱塞偶件的径部密封性试验可采用等压法或降压法。

用柱塞偶件密封性标准样件进行比较试验时，试验用油的粘度、环境温度不作规定，但在试验过程中，当环境温度变化超过 4℃时，须复校样件。

允许采用等其他方法（例如，偶件间隙测量）来评定柱塞偶件的密封性能，但测量方法应满足相应技术标准要求。

② 等压法径部密封性试验步骤如下：

(a) 封堵柱塞套密封端面；

(b) 柱塞斜槽相对柱塞套回油孔的角度位置，为柴油机标定工况供油量位置；

(c) 向柱塞上部空间施加规定压力的试验用油，检查渗油时间，结果应符合批准规范的要求。

③ 降压法径部密封性试验步骤如下:

(a) 使柱塞套回油孔中心位于柴油机标定工况供油量时柱塞供油行程的二分之一位置；

(b) 试验起始压力按产品图样规定。试验时，试验油液自柱塞套上端泵入，待油压增加到比起始压力高 3MPa 时，测定油压自起始压力下降 5MPa 所需的时间。结果应符合批准规范的要求。

采用降压法对柱塞偶件进行径部密封性试验的试验台，其高压通道的所有连接处及柱塞端面密封部位均应保持密封。以无孔工艺垫块检验试验台时，在 30MPa 油压下，保持 3min，压力降应不超过 1MPa。

(3) 清洁度测定

对柱塞偶件出油阀偶件用 120＃汽油进行冲洗，将清洗后的汽油用洗净器皿盛放，然后用 5μm 滤网将该汽油过滤、烘干并称重，其杂质重量即为该柱塞偶件的清洁度。具体限值，按订购方和承制方的协议规定。

(4) 可靠性试验

柱塞偶件可靠性试验的项目和评定方法，按订购方和承制方的协议规定。

(5) 磁粉检测

柱塞偶件的磁粉检测方法应符合相关标准要求的规定。

7.4.2 出油阀偶件型式试验方法

(1) 磁粉检测试验

出油阀偶件的磁粉检测方法按相关标准要求的规定。

(2) 滑动性试验

用符合轻柴油清洗和润滑零件。置出油阀偶件成垂直位置时，从出油阀座内抽出相配合的圆柱工作表面长度的三分之一，使出油阀绕其轴线转到任何位置，松手后，出油阀应借自重自由地滑下落座，不得有阻滞现象。

(3) 密封锥面的密封性试验

① 试验条件：

(a) 密封锥面的密封性试验应在气密性试验台上进行；

(b) 试验台的集气管长度应不大于 300 mm 内径小于 5 mm，集气管的出口端插入水面深度不大于 20 mm；

(c) 试验前出油阀偶件应用符合轻柴油清洗干净并吹干；

(d) 作用在出油阀上的压紧力按产品图样的规定。

② 试验方法：

(a) 通入 0.4MPa 到 0.6MPa 的压缩空气，保持 10s，浸入水中检查，不得渗漏气；

(b) 每副出油阀偶件应在三个不同配合位置上试验。

(4) 径部的密封性

径部的密封性（间隙量）试验，一般采用与按规定程序批准间隙值的样品进行比较检查。

用气动量仪或其他方法进行试验时，应将出油阀稍抬起，浸入水中检查，结果应符合批准图纸或技术文件的要求。

(5) 清洁度

应用注射器对出油阀偶件用 120＃汽油进行冲洗，将清洗后的汽油用洗净器皿盛放，然后用 5μm 滤网将该汽油过滤、烘干并称重，其杂质重量即为该出油阀偶件的清洁度。具体限值，按订购方和承制方的协议规定。

(6) 可靠性试验

出油阀偶件可靠性试验的项目和评定方法，按订购方和承制方的协议规定。

7.4.3 喷油泵体材料理化性能型式试验方法

喷油泵体的材料化学成分及热处理后机械性能要求应符合 CCS《材料与焊接规范》的相关规定。

7.4.4 喷油泵总成型式试验方法

(1) 试验设备和试验用油

① 采用校泵油，也可用轻柴油；

② 试验台采用的凸轮型线应符合所配柴油机燃油凸轮的规定；

③ 油量调整试验所用的标准喷油器应具备所配柴油机喷油器的性能参数；

④ 连接喷油泵与标准喷油器的高压油管应满足所配柴油机的要求；

⑤ 试验用测量仪表应具有计量检定证书并在有效期内使用，试验仪表的精度应满足型式试验的要求。

(2) 静态供油始点

缓慢而平稳地转动喷油泵凸轮轴，从透明管中观察液压波动的情况，根据液面波动的瞬间测定单缸分列式喷油泵的供油始点;对于多缸合成式喷油泵，同样采用此方法按标定转向的供油顺序测定各缸的供油始点。

(3) 供油预行程

将喷油泵出油阀的弹簧取下，从喷油泵进油口输入压力为 0.015 MPa 的试验用油，由溢流口流出。转动喷油泵试验台飞轮，使柱塞由下止点缓慢地上升，当溢流口的试验油开始停流时，测得的柱塞行程即为供油预行程。

(4) 供油间隔角（仅多缸合成式喷油泵）

松开喷油泵试验台标准喷油器溢流阀，从喷油泵进油口输入具有一定压力的试验用油（其压力按出油阀开启压力规定），使其经出油阀由喷油泵试验台上的喷油器溢流管流出。然后缓慢地转动喷油泵试验台飞轮，当溢流管处的油停止流出的瞬间即为其供油始点。以基准缸的供油始点为基点，按供油顺序测定各缸供油始点与基准缸供油始点之间的间隔角，并计算它们的偏差。

(5) 调节齿杆移动阻力

将调节齿杆置于水平位置，在全行程范围内使调节齿杆缓慢地往加油或减油方向移动，应无卡滞现象。测定调节齿杆的行程范围。

(6) 供油量特性

将喷油器启阀压力调整到规定值，在喷油泵调节到规定的齿杆位置及转速下，测量一定循环数内的供油量。

(7) 密封性

将喷油泵组装后，从进油口施加 1.5 倍的最大工作压力或设计压力，其余油口堵死，历时 5min，检查喷油泵各密封处不得有渗漏现象。

(8) 清洁度

喷油泵解体后，用注射器对各零件内腔用 120＃汽油进行冲洗，将清洗后的汽油用洁净器皿盛放，然后用 5μm 滤网将该汽油过滤、烘干并称重，其杂质重量即为该喷油泵的清洁度。

(9) 可靠性

喷油泵可靠性试验的项目和评定方法按订购方与承制方的协议规定。

7.4.5 采用专利厂技术规范进行生产的低速柴油机喷油泵型式试验方法

(1) 材料理化性能试验

根据批准的专利厂图纸及技术规范进行。

(2) 液压试验

根据批准的专利厂图纸及技术规范进行。

8 单件/单批检验

型式认可后产品检验的具体检验方式按 CCS 在颁发型式认可证书时以检验计划规定进行。

8.1 对获得 CCS 型式认可制造厂的产品单件/单批检验

8.1.1 检验项目

(1) 喷油泵总成检验项目按照认可时批准的出厂试验大纲进行，至少包括以下试验：

① 供油间隔角（仅多缸合成泵）；

② 供油量特性；

③ 泵体液压试验及总成密封性试验，试验方法按本指南 7.4.3 进行。

(2) 对采用专利厂技术规范进行生产的低速柴油机喷油泵，若仅对喷油泵体进行检验发证时，只进行喷油泵体液压试验。

8.1.2 上述试验可以由制造厂独立完成并出具完整的试验报告提交验船师审核。

8.1.3 验船师的抽检数量视工厂报检数量而定。原则上，对于批量生产的产品可按同一系列 2%的比例抽取，但不得少于 2 台。对于单件小批量生产的，可视具体情况而定，但一般每一型号至少应抽 1 台。抽检产品应按上述试验项目进行复验或在制造厂试验时现场见证。

8.1.4 制造厂每次申请单件/单批检验时同时应提交下列文件供验船师审核：

(1) 喷油泵总成检验：

① 喷油泵体材料质量证明书；

② 按本指南 8.1.1 条进行检验或试验的报告。

(2) 低速柴油机喷油泵体检验：

① 材料质量证明书；

② 热处理检验报告；

③ 液压试验报告。