ICS 47.020.20
CCS U 44

T/CS

团 体 标 准

T/CS 315—2026

船用电喷主机喷油控制单元检测规范

Test specification of fuel injection control unit for marine electronic fuel injection main engine

2026－05－21 发布 2026－05－21 实施

中国商品学会 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　检测条件 1
5　检测项目及方法 2
6　合格判定规则 4
7　试验数据处理 5
8　产品处置 5
9　后续跟踪检验 6

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。

本文件由大连中远海运海事工程技术有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：大连中远海运海事工程技术有限公司、晋中中意德电子液压有限公司、大连海洋大学、大连太和机电设备有限公司。

本文件主要起草人：詹庆煌、张建、戴国兵、岑超财、彭遵平、衣正尧、王远鸣、巩永忠、黄锋。

船用电喷主机喷油控制单元检测规范

1 范围

本文件规定了船用电喷主机喷油控制单元（以下简称“喷油控制单元”）的检测条件、检测项目及方法、合格判定规则、试验数据处理、产品处置和后续跟踪检验。

本文件适用于船用电喷主机喷油控制单元的出厂检测、维修后检测及在役抽检等场景。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.3 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：用技术条件

GB/T 7094 船用电气设备振动（正弦）试验方法

GB/T 8029 柴油机喷油泵校泵油

GB 19147—2016 车用柴油

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

喷油控制单元 fuel injection control unit

对船用电喷主机喷油系统的喷油时间、喷油量、喷油压力等关键参数进行精确控制，确保主机高效、稳定运行的电子装置。

3.2

检测试验台 testing bench

用于对喷油控制单元进行性能检测、故障诊断和功能验证，具备模拟主机运行工况、数据采集与分析等功能的专用设备。

4 检测条件

4.1 环境条件

检测环境条件如下：

a) 温度：常规检测 15 ℃～35 ℃，环境适应性检测 -10 ℃～50 ℃；

b) 相对湿度：不大于 95%，无凝露；

c) 大气压力：86 kPa～106 kPa；

d) 无明显粉尘、腐蚀性气体、易燃易爆气体及强电磁干扰。

4.2 设备条件

4.2.1 检测试验台的外观和结构应满足以下要求：

a) 表面平整、光滑，无明显划痕、毛刺、锈蚀及变形；

b) 紧固件齐全，各部件连接牢固，无松动、脱落现象；

c) 操作指示标识、安全警示标识清晰、规范，粘贴牢固；

d) 管路连接顺畅，无扭曲、破损，接口密封良好。

4.2.2 检测试验台应经计量校准合格并在有效期内。

4.2.3 检测仪器包括多通道示波器、压力传感器、位移传感器、流量测试仪、绝缘电阻表、耐压测试仪等，精度应满足检测项目要求，计量校准合格并在有效期内。

4.2.4 应配备符合安全要求的供电系统、燃油供给系统及冷却系统，系统运行稳定。

4.2.5 进行喷油量试验的试验用油应符合 GB/T 8029 的规定；其他试验用油应符合 GB 19147—2016 规定的 0 号车用柴油。

4.3 人员要求

检测人员应具备相应的专业知识和操作技能，熟悉本文件及相关设备的使用说明，经培训合格后方可上岗。

5 检测项目及方法

5.1 性能

5.1.1 阶跃响应测试

5.1.1.1 检测内容：共轨电磁阀、喷射控制阀的阶跃响应时间。

5.1.1.2 检测方法：

a) 将喷油控制单元与检测试验台连接，接通电源及控制信号；

b) 通过示波器采集阀芯/阀门动作的电信号，记录从接收控制信号到动作完成的时间；

c) 利用多通道示波器的通道 1 采集施加的阶跃控制信号（0%～100% 或 100%～0%），通道 2 采集阀芯/阀门动作的反馈电信号并记录；

d) 以控制信号达到 10% 额定值时刻为计时起点，以反馈信号达到稳态值 90%（开启）或降至 10%（关闭）时刻为计时终点，计算响应时间；

e) 每个部件重复测试 3 次，取平均值。

5.1.1.3 合格指标：

a) 共轨电磁阀：阀芯阶跃响应时间≤4.5 ms；

b) 喷射控制阀：阀门阶跃响应时间符合设计要求。

5.1.2 工作行程测试

5.1.2.1 检测内容：喷射控制活塞的行程范围及对应电信号反馈的信号范围。

5.1.2.2 检测方法：

a) 安装位移传感器，对准喷射控制活塞运动轨迹；

b) 启动检测试验台，控制活塞从初始位置运动至最大行程，记录位移数据及对应的燃油量传感器反馈电信号；

c) 重复测试 3 次，取平均值。

5.1.2.3 合格指标：活塞运动范围 0 mm～50 mm，对应燃油量传感器反馈电信号 4 mA～20 mA。

5.1.3 压力测试

5.1.3.1 检测内容：燃油共轨压力、伺服油压力的稳定性。

5.1.3.2 检测方法：

a) 在燃油共轨管、伺服油管路安装压力传感器，连接数据采集设备；

b) 启动检测试验台，使喷油控制单元处于额定压力工作状态，连续运行 10 min，每 1 min 记录一次压力值；

c) 计算压力平均值及波动范围。

5.1.3.3 合格指标：

a) 燃油共轨压力稳定在设计额定值，波动范围≤±5%（额定值）；

b) 伺服油压力稳定在 200 bar，波动范围≤±10%。

5.1.4 泄漏测试

5.1.4.1 检测内容：外部泄漏、内部泄漏情况。

5.1.4.2 检测方法：

a) 外部泄漏：将喷油控制单元及相关管路充满燃油，保持额定工作压力 30 min，目视检查是否有油液渗漏；

b) 内部泄漏：通过流量测试仪测量喷射控制阀、喷射控制活塞等部件的泄漏油量，连续测试 5 次，每次测量 1 min 的泄漏量，取 5 次泄漏量的平均值。

5.1.4.3 合格指标：

a) 外部泄漏：无明显油液泄漏；

b) 内部泄漏：泄漏量符合设计允许范围，无设计要求时，≤5 mL/min。

5.1.5 喷油量准确性

5.1.5.1 检测内容：单缸喷油量偏差、各缸喷油量均匀性。

5.1.5.2 检测方法：

a) 连接流量测试系统，设置检测试验台为不同负荷工况，包括空载、50% 负荷和 100% 负荷；

b) 每个工况下，记录各缸喷油量数据，每个工况测试 5 次，取平均值；

c) 计算单缸喷油量与设计曲线的偏差、各缸喷油量与平均值的差异率。

5.1.5.3 合格指标：

a) 单缸喷油量：相对于设计喷油量曲线，偏差率≤±5%；

b) 各缸喷油量均匀性：相对于各缸平均值，差异率≤±10%。

5.1.6 喷油定时

5.1.6.1 检测内容：喷油始点、喷油终点的控制精度。

5.1.6.2 检测方法：

a) 安装曲柄转角传感器，同步采集喷油控制信号与曲轴转角信号；

b) 启动检测试验台，在额定转速下运行，记录喷油始点、喷油终点对应的曲轴转角；

c) 与通过可调喷油定时（VIT）计算的理论值进行比对，重复测试 3 次，取平均值。

5.1.6.3 合格指标：

a) 喷油始点：误差≤±2° 曲轴转角；

b) 喷油终点：偏差符合设计允许范围，无设计要求时，≤±1° 曲轴转角。

5.2 环境适应性

5.2.1 温度适应性

5.2.1.1 检测方法：按照 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 的规定进行。将喷油控制单元置于高低温试验箱内，分别在 -10 ℃ 和 50 ℃ 环境下保温 2 h 后，启动检测试验台，按照本文件 5.1 条项目进行测试。

5.2.1.2 合格指标：各项性能指标均符合本文件 5.1 条对应的合格要求。

5.2.2 湿度适应性

5.2.2.1 检测方法：按照 GB/T 2423.3 的规定进行。将喷油控制单元置于湿热试验箱内，在相对湿度 95%（无凝露）、温度 40 ℃ 环境下保温 48 h 后，启动检测试验台，按照本文件 5.1 条项目进行测试。

5.2.2.2 合格指标：各项性能指标均符合本文件 5.1 条对应的合格要求，无电气故障。

5.2.3 振动适应性

5.2.3.1 检测方法：按照 GB/T 7094 的规定进行。将喷油控制单元固定在振动试验台上，施加频率 10 Hz～55 Hz、振幅 0.35 mm 的正弦振动，历时 2 h（X、Y、Z 三个方向各 40 min），振动后按照本文件 5.1 条项目进行测试。

5.2.3.2 合格指标：外观与结构无松动、损坏，各项性能指标均符合本文件 5.1 条对应的合格要求。

5.2.4 模拟实际工况

5.2.4.1 检测方法：在检测试验台上模拟船舶实际运行的温度、湿度、振动复合环境，喷油控制单元连续运行 5 min 后，按照本文件 5.1 条项目进行测试。

5.2.4.2 合格指标：各项性能指标均符合本文件 5.1 条对应的合格要求。

5.3 电气安全

5.3.1 绝缘电阻

5.3.1.1 检测方法：使用绝缘电阻表，在喷油控制单元电源端子与外壳之间施加 500 V 直流电压，持续 1 min，记录绝缘电阻值。

5.3.1.2 合格指标：绝缘电阻≥10 MΩ。

5.3.2 耐压试验

5.3.2.1 检测方法：按照 GB/T 5226.1 的规定进行。在喷油控制单元电源端子与外壳之间施加 1.5 kV 交流电压（50 Hz），持续 1 min，观察是否有击穿、闪络现象。

5.3.2.2 合格指标：无击穿、闪络现象。

5.3.3 电气信号

5.3.3.1 检测方法:通过示波器检测喷油控制单元输入/输出电气信号的稳定性,观察是否有异常波动、短路或断路现象。

5.3.3.2 合格指标：电气信号稳定，无异常波动，无短路、断路现象。

6 合格判定规则

6.1 所有检测项目均符合本文件对应合格指标要求，判定为合格。

6.2 有一项及以上检测项目不符合本文件要求，直接判定为不合格。

7 试验数据处理

7.1 数据记录

7.1.1 所有检测数据均应采用电子和纸质双重方式记录，确保数据完整、准确、可追溯。

7.1.2 记录报告内容应包括：

a) 检测日期；
b) 检测人员；
c) 检测设备编号；
d) 喷油控制单元型号及批次号；
e) 检测条件；
f) 各检测项目的原始数据、测试曲线、异常情况描述。

7.1.3 记录应字迹清晰、签字齐全，电子记录应备份保存，防止数据丢失。

7.2 数据分析

7.2.1 应对检测数据进行统计分析，计算各项性能指标的平均值、最大值、最小值、标准差及偏差率等统计量，评估喷油控制单元性能的一致性和稳定性。

7.2.2 应绘制关键参数变化趋势图，如喷油定时随转速变化曲线、喷油量与负荷关系曲线等，直观展示参数变化规律，识别异常趋势。

7.2.3 应对不合格项目的数据进行专项分析，明确不合格原因。

7.3 数据存档管理

7.3.1 应将检测数据、记录报告整理为电子文档和纸质文档，按照“产品型号－检测日期－检测类型”的分类规则归档存储。

7.3.2 电子文档应采用不可修改格式，备份至专用服务器；纸质文档应装订成册，存入档案柜。

7.3.3 存档保存期限应不少于 5 年，存档期间应定期检查，防止文档损坏、丢失。

8 产品处置

8.1 合格产品处理

8.1.1 合格产品应在外壳明显位置粘贴合格标识，标识内容包括：

a) 产品型号、批次号；
b) 检测机构、检测人员；
c) 检测日期；
d) 合格标识编号。

8.1.2 合格产品应按照规定存储条件妥善保管，避免碰撞、受潮、污染，等待安装使用或作为备件储备。

8.1.3 存储期间应每 3 个月定期检查，确保产品状态完好。

8.2 不合格产品处理

8.2.1 不合格产品应单独存放，粘贴不合格标识，标识内容包括：

a) 产品型号、批次号；
b) 不合格项目；
c) 检测日期；

d) 处理意见。

8.2.2 应对不合格产品进行原因分析，制定针对性修复方案，修复后应重新进行全面检测，直至符合本文件要求。

8.2.3 对于无法修复或修复成本过高的不合格产品，应按照环保要求和企业报废管理规定进行处置，应做好处置记录，不应流入使用环节。

9 后续跟踪检验

9.1 定期抽检

9.1.1 对已投入使用的喷油控制单元，按照每 6 个月一次的频率进行定期抽检，抽检比例不少于同批次产品总量的 5%，最低不少于 2 台。

9.1.2 抽检项目包括：喷油量准确性测试、喷油定时测试、电气安全性能检测，可增加环境适应性抽检。

9.1.3 应建立抽检台账，记录抽检结果，对抽检不合格的产品，应扩大抽检比例，并对同批次产品进行全面排查，及时采取整改措施。

9.2 故障反馈处理

9.2.1 应建立故障反馈机制，收集船用电喷主机运行过程中喷油控制单元相关的故障信息。

9.2.2 应对故障信息进行分析，判断故障是否与检测过程相关；若为检测相关原因，应追溯检测过程，查明问题根源，优化检测方法和指标要求，并对同批次产品进行复查。

9.2.3 应建立故障处理档案，记录故障分析结果、处理措施及效果，为产品改进提供依据。