

团 体 标 准

T/CSNAME 180—2026

船用甲醇双燃料辅锅炉 性能试验方法

Marine methanol dual-fuel auxiliary boiler - Performance test method

2026 - 07 - 17 发布

2026 - 10 - 17 实施

中国造船工程学会 发 布

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。

本文件由中国造船工程学会船舶标准化专业委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中船九江锅炉有限公司、上海船舶研究设计院、中船黄埔文冲船舶有限公司、广船国际有限公司。

本文件主要起草人：易思洋、丁傲霜、孙建平、肖聪阳、陈琳、黄信男、李俊、吴兴武、蒋业宏。



船用甲醇双燃料辅锅炉 性能试验方法

1 范围

本文件规定了船用甲醇双燃料辅锅炉性能试验的试验要求、试验方法、炉膛检查、试验中断处理等内容。

本文件适用于设计压力不大于2.5 MPa，介质为水、饱和蒸汽，以甲醇、燃油为燃料的自然循环双燃料船用辅锅炉，同时适用于以甲醇为燃料的船用锅炉的检验。

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 11037 船用锅炉及压力容器强度和密性试验方法
- GB/T 14649—2005 船用辅锅炉性能试验方法
- CB/T 3161—1992 船用辅锅炉控制箱技术条件
- CB/T 3863—2015 船用锅炉燃油燃烧器性能试验方法
- CB/T 4428—2015 船用辅锅炉控制设备技术条件
- GD16—2022 船舶应用甲醇/乙醇燃料指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

船用甲醇双燃料辅锅炉 marine methanol dual-fuel auxiliary boiler

可使用甲醇和燃油为燃料（使用燃油引燃），又可单独使用燃油为燃料的，向辅助机械和设备及生活杂用提供蒸汽的船用锅炉。

3.2

甲醇阀组单元 methanol valve unit

甲醇燃料供应系统中，由多个阀门、管件及仪表组成的一个集成化单元，以实现甲醇通断控制、流量调节功能。

4 一般要求

4.1 试验目的

通过开展船用甲醇双燃料辅锅炉性能试验，完成锅炉本体、甲醇管路、惰性气体吹扫系统、燃烧器、自动控制及安全保护装置的功能与性能核验，实现以下目的：

- a) 验证锅炉受压部件、甲醇管路、惰性气体吹扫管路的强度、密性与耐压性能，确认结构承压安全，无渗漏、变形缺陷；
- b) 考核甲醇双燃料燃烧系统运行特性，测定喷甲醇量、不同负荷甲醇消耗量、烟气甲醇逃逸率，验证燃烧器甲醇流量控制精度，确认甲醇燃烧充分性；
- c) 检验锅炉水位、蒸汽压力、甲醇泵管道供给压力自动调节控制功能，考核全工况下参数稳定调节能力，满足设计运行区间要求；
- d) 验证甲醇系统安全保护逻辑有效性，考核可燃气体浓度超标、甲醇液体泄漏、燃烧器熄火、阀门状态异常时控制系统采取的措施满足相关安全规范要求；

- e) 分别在甲醇燃料模式、燃油燃料模式下开展热工性能试验，测定锅炉额定蒸发量、热效率，同步检测烟气排放指标、绝热保证外表面温度，评估能效与环保性能；
- f) 验证安全阀启闭特性、各类阀门附件操作效用、甲醇与燃油双向故障切换流程，考核船舶横倾、横摇、纵倾、纵摇及高低温高湿环境下整机运行适应性；
- g) 试验后开展炉膛内部检查，核查受热面、炉墙、燃烧器部件结焦、腐蚀、破损情况，评估长期运行结构可靠性；
- h) 获取型式试验、出厂试验、系泊（航行）试验实测数据，判定锅炉各项性能指标是否符合设计文件、本文件及相关标准要求，为产品定型、出厂验收、产品检验提供客观试验依据。

4.2 试验支持文件

试验前应提交如下资料：

- a) 试验大纲；
- b) 使用手册；
- c) 锅炉总图及系统图；
- d) 控制系统原理图及接线图。

4.3 试验仪器与设备设施

4.3.1 试验前锅炉的本体应按照 GB/T 11037 确定的试验要求和方法进行强度试验和密性试验并检验合格。

4.3.2 试验前锅炉配套设备和附件应是检验合格的。

4.3.3 船用甲醇双燃料辅锅炉控制箱应符合 CB/T 3161—1992 中 4.1、4.2 以及 CB/T 4428—2015 中 3.1 规定的设计技术条件，并进行模拟调试后经检验合格的。

4.3.4 船用甲醇双燃料辅锅炉控制箱安全保护和报警设计除应符合 CB/T 3161—1992 中 4.4 以及 CB/T 4428—2015 中 3.2.5、4.4.5 的设计技术条件要求外，还应满足对甲醇系统的安全保护和控制功能。

4.3.5 甲醇管路设计应满足 GD16—2022 中第 3 章要求，完成强度试验和密性试验并检验合格。

4.3.6 试验使用的测试仪器应在计量合格有效期内。

4.3.7 试验用燃料应与锅炉适用燃料一致。

4.3.8 试验环境条件应满足下列要求：

- a) 试验前应确保试验场所消防系统、逃生系统已完成调试并验收合格；
- b) 试验场所应具备较好的机械通风条件，性能要求每小时换气量不小于 30 次；
- c) 试验前应确认通风系统运行正常，且开启通风系统 15 min 后再开始试验；
- d) 试验现场应配备符合国家或国际标准的抗溶性泡沫灭火器、干粉灭火器、灭火毯；
- e) 甲醇供应系统现场应采取防静电措施并严禁明火作业；
- f) 试验现场应在醒目位置张贴禁止烟火、有毒危险、易燃危险等警示标识；
- g) 试验现场人员通道应保持通畅。

4.4 试验人员

试验人员防护要求：

- a) 试验人员进入可能存在甲醇泄露风险场所应穿戴符合国家或国际标准的防护装备，包括防静电、阻燃的长袖防护服，防静电鞋，耐甲醇腐蚀的橡胶手套，紧身护目镜或面罩；
- b) 试验人员进入通风不良环境中作业应佩戴防毒面具或自吸式呼吸器；
- c) 在甲醇供应系统附近应提供紧急洗眼器和沐浴器，试验前应测试洗眼器和沐浴器功能完好；
- d) 试验人员进入可能存在甲醇泄露风险场所时应携带符合国家或国际标准的便携式可燃气体报警装置；
- e) 试验组织单位应在试验前组织所有参试人员开展甲醇危险性告知以及应急处理操作流程教育培训。

4.5 船用甲醇双燃料辅锅炉的型式试验、出厂试验和系泊（航行）试验的项目和次数除满足 GB/T 14649—2005 中 3.1 的要求外，还应完成“喷甲醇量”试验。喷甲醇量试验项目和次数见表 1。

表1 喷甲醇量试验次数要求

项目	试验次数		
	型式试验	出厂试验	系泊（航行）试验
喷甲醇量	3	2	—

5 试验项目

船用甲醇双燃料辅锅炉应开展下列试验：

- a) 强度和密性试验；
- b) 甲醇管路耐压试验；
- c) 惰性气体吹扫管路耐压试验；
- d) 安全保护试验；
- e) 控制性能试验；
- f) 喷甲醇量试验；
- g) 燃烧器性能试验；
- h) 热工试验；
- i) 安全阀试验；
- j) 烟气排放测定；
- k) 锅炉绝热包装外表面温度测定；
- l) 阀门及附件效用试验；
- m) 燃料切换试验；
- n) 环境适应性试验。

6 数据记录

船用甲醇双燃料辅锅炉性能试验数据记录，应满足下列要求：

- a) 本文件规定的各项分项试验均应全程同步开展数据记录；原始记录须实时填报，严禁事后补记、涂改。记录若出现笔误，应采用划改方式更正，并由修改人签署姓名及修改日期；
- b) 试验所用检测仪器、传感器及数据采集设备均应处于计量检定有效期内，记录文件中应标注设备编号、检定有效期；设备自动生成的采集曲线、存储数据应同步导出并妥善留存；
- c) 数据记录所采用计量单位，须为国家法定计量单位；
- d) 试验原始记录、数据计算文件、现场过程照片、影像资料、异常问题处置记录等全部资料，均归入试验档案，与试验大纲、试验报告同步归档管理；
- e) 数据处理、修正及无量纲换算工作，应按照本文件第 9 章相关规定执行；
- f) 试验数据记录表应完整载明以下信息：项目编号、锅炉设备编号、试验类型、试验项目、试验日期、分项试验起止时间、试验场所、环境温度、操作人员、检验人员；
- g) 完成试验结果评定并形成对应记录。

7 试验方法

7.1 强度和密性试验

7.1.1 一般要求

锅炉的强度和密性试验应满足下列要求：

- a) 锅炉强度和密性试验时周围环境应整洁，环境温度应不低于 5℃；
- b) 在进行锅炉强度和密性试验时，试验用介质温度应保持高于周围空气露点的温度，但应不高于 70℃。对低碳钢试件，试验用介质的温度应不低于 5℃；合金钢试件，试验用介质的温度应高于该钢材的脆性转变温度；
- c) 锅炉及附件安装后在规定的密性试验压力下应无泄漏；
- d) 锅炉总装后，本体在规定的强度试验压力下应无泄漏、无异常响声和明显变形；

e) 强度试验和密性试验压力应符合 GB/T 11037 中 2.1 表 1 规定要求。

7.1.2 试验方法

强度和密性的试验压力及方法按 GB/T 11037 的规定执行。

7.1.3 数据记录

锅炉的强度和密性试验数据记录表,除应符合本文件第6章规定要求外,尚应完整载明下列内容:

- a) 锅炉设计压力;
- b) 试验介质;
- c) 升压全过程、保压阶段详细试验记录;
- d) 泄漏标记;

7.2 甲醇管路耐压试验

7.2.1 一般要求

试验介质可用常温淡水代替甲醇。

7.2.2 试验方法

甲醇管路耐压试验应按下述步骤执行:

- a) 试验时从甲醇泵上拆下各管路入口接头,分别接入液压机,封住管路出口,打开管路中所有甲醇切断阀,关闭管路中惰性气体吹扫阀、放散阀;
- b) 将试验介质压入试验管道中,试验过程中应打开排气阀,排除管路内空气后关闭排气阀;
- c) 缓慢升压至管路设计压力的 1.5 倍并保压不少于 15 min,检查管路有无渗漏、变形;
- d) 将压力降至设计压力,再稳压 30 min 后检查压力表是否有压降,检查管路所有部位有无渗漏和变形。

7.2.3 数据记录

甲醇管路耐压试验数据记录,除应符合本文件第6章规定要求外,尚应完整载明下列内容: :

- a) 甲醇管路设计压力;
- b) 试验介质;
- c) 升压全过程、保压阶段详细试验记录;
- d) 泄漏标记;

7.3 惰性气体吹扫管路耐压试验

7.3.1 一般要求

试验介质为氮气。

7.3.2 试验方法

惰性气体吹扫管路耐压试验应按下述步骤执行:

- a) 将惰性气体管吹扫阀、放散阀关闭,氮气瓶氮气出口接入吹扫管路入口,缓慢开启氮气瓶出口减压阀,将压力调至管路设计压力的 1.5 倍后关闭吹扫管路入口切断阀;
- b) 保压时间不少于 15 min,检查压力表压力值是否降低。若无降压,泄压后检查管路各部件的变形情况。

7.3.3 数据记录

惰性气体吹扫管路耐压试验数据记录,除应符合本文件第6章规定要求外,尚应完整载明下列内容: :

- a) 惰性气体吹扫管路设计压力;
- b) 试验介质;
- c) 升压全过程、保压阶段详细试验记录;
- d) 泄漏标记;

7.4 安全保护试验

7.4.1 一般要求

控制系统安全保护应符合CB/T 3161—1992中4.4以及CB/T 3863—2015中4.8.2.2的要求，同时应符合下列要求：

- a) 配备可燃气体浓度探测报警，探测器设置位置应包括：甲醇阀组单元、双壁管外管空间；
- b) 配备甲醇液体泄漏报警，探测器设置位置应包括：甲醇阀组单元最低点、双壁管管道最低点；
- c) 甲醇管道惰性气体吹扫控制：
通过控制惰性气体进入甲醇管道将管道内残余甲醇吹入炉膛内引燃，管道内设置探测器检测甲醇无残留；
- d) 配备甲醇阀组单元阀门位置状态监测组件。

7.4.2 试验方法

安全保护试验应按照下列步骤执行：

- a) 燃烧器安全保护试验应按 CB/T 3863—2015 中 4.8.2.2 规定的要求执行；
- b) 向控制系统输入可燃气体泄漏模拟量信号，且浓度值应低于 20%LEL，检查控制系统是否发出报警信号。撤销模拟量信号，报警信号应消失；
- c) 向控制系统输入可燃气体泄漏模拟量信号，且浓度值不低于 20%LEL，不大于 40%LEL，检查控制系统是否发出报警信号。撤销模拟量信号，报警信号应消失；
- d) 向控制系统输入可燃气体泄漏模拟量信号，且浓度值不低于 40%LEL，检查控制系统是否发出报警信号并进入锁定状态。撤销模拟量信号，报警信号应消失且锁定状态复位；
- e) 向控制系统输入甲醇阀组单元最低点或双壁管管道最低点甲醇泄漏模拟信号，检查控制系统是否发出报警信号并进入锁定状态。撤销输入的模拟信号，报警信号应消失且锁定状态复位；
- f) 在正常燃烧状态下，向控制系统输入火焰熄灭信号，检查控制系统是否执行下列动作：
 - 1) 关闭甲醇切断阀；
 - 2) 启动点火系统并产生点火火焰；
 - 3) 甲醇流量控制阀关至点火位；
 - 4) 惰性气体放散阀关闭，吹扫阀打开；
 - 5) 甲醇流量控制阀缓慢开至吹扫位；
 - 6) 吹扫完成后，关闭点火系统；
 - 7) 惰性气体吹扫阀关闭，放散阀打开；
 - 8) 进入炉膛后吹扫阶段。
- g) 在甲醇泵未运行状态下，依次向控制系统输入甲醇阀组单元中所有开关型阀门与实际状态相反的模拟信号，经过 5 s 时间延时，检查控制系统是否发出报警信号并进入锁定状态。撤销输入的模拟信号，报警信号应消失且锁定状态复位。

7.4.3 数据记录

安全保护试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- a) 各项安全保护报警名称、报警信号类型及对应保护动作；保护动作包含声光报警提示、备用设备自动投切、主燃料供给阀门紧急切断；
- b) 安全保护报警阈值、报警延时时间；
- c) 报警故障复位措施；
- d) 燃烧器点火前炉膛预吹扫时长；
- e) 点火安全时间记录；
- f) 燃烧器停机后甲醇管路惰性气体吹扫时长；
- g) 燃烧器停机后炉膛后吹扫时长；
- h) 控制系统点火执行逻辑符合性验证结果，确认其满足现行相关标准规范要求；
- i) 火焰熄灭后，控制系统联动执行动作应符合本文件 7.4.2 第 f) 项条款及相关规范要求。

7.5 控制性能试验

7.5.1 一般要求

控制性能试验应满足下列要求：

- a) 控制性能的试验对象应包含水位调节控制、蒸汽压力控制以及甲醇泵管道压力控制；
- b) 锅炉的水位值、蒸汽压力值以及甲醇管道压力值在所有运行工况下，应保持在设计的正常范围内。

7.5.2 试验方法

7.5.2.1 水位调节控制

在船用甲醇双燃料辅锅炉运行过程中，手动改变锅炉负荷，同时应满足下列要求：

- a) 对于连续式给水调节系统，检查控制系统是否能自动调节锅炉给水控制阀，使水位始终保持在正常范围内；
- b) 对于位式给水调节系统，检查控制系统是否能在低位（启动位）启动锅炉给水泵，在高位（停止位）停止锅炉给水泵，使水位应始终保持在正常范围内。

7.5.2.2 蒸汽压力控制

船用甲醇双燃料辅锅炉运行过程中，手动改变锅炉负荷，同时应满足下列要求：

- a) 对于负荷连续调节系统，检查控制系统是否能自动调节燃烧器甲醇燃烧量，确保锅筒蒸汽压力值稳定在额定压力值；
- b) 对于负荷位式调节系统，检查控制系统是否能随锅炉负荷变化自动切换大/小火。

7.5.2.3 甲醇泵管道压力控制

船用甲醇双燃料辅锅炉运行过程中，人为改变锅炉负荷，检查控制系统是否能自动调节甲醇泵出口压力控制阀，确保甲醇泵出口管道压力值稳定在正常范围内。

7.5.3 数据记录

控制性能试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- a) 水位调节控制方式；
- b) 采用连续给水调节系统时，应记录水位控制设定值、锅炉水位实测最小值及最大值；
- c) 采用位式给水调节系统时，应记录水位低位启动值、高位停止值；
- d) 蒸汽压力控制方式；
- e) 采用负荷连续调节系统时，应记录蒸汽压力设定值、锅炉蒸汽压力实测最小值及最大值；
- f) 采用负荷位式调节系统时，应记录蒸汽压力设定值、燃烧器小火切换大火对应蒸汽压力实测值、燃烧器大火切换小火对应蒸汽压力实测值；
- g) 开展甲醇泵管道压力控制试验时，应记录甲醇泵出口压力设定值、甲醇泵出口压力实测最小值、甲醇泵出口压力实测最大值、甲醇流量实测数据、甲醇泵后出口压力控制阀实测开度值。

7.6 喷甲醇量试验

7.6.1 一般要求

喷甲醇量试验应满足下列要求：

- a) 喷甲醇量试验用于测定船用甲醇双燃料锅炉全工况运行下的甲醇消耗量；
- b) 开展喷甲醇量试验前，应完成本文件 7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 规定的全部试验项目，并确认检验合格；
- c) 分别在锅炉最小负荷、50%额定负荷、100%额定负荷三种稳态工况下开展测试；
- d) 同一工况下，甲醇瞬时流量实测值相对设计值偏差不得大于 $\pm 5\%$ ，燃烧器入口甲醇压力波动范围不大于 $\pm 10\%$ ；高压雾化型燃烧器雾化介质压力波动不应超过 $\pm 5\%$ ；
- e) 各测试工况下，锅炉蒸汽压力、水位、风机风量应保持稳定，运行工况波动值不应超过 $\pm 5\%$ ；
- f) 甲醇燃料品质、温度、黏度与锅炉设计燃料参数一致，试验过程中甲醇供给温度保持恒定；
- g) 试验次数执行本文件表 1 规定。

7.6.2 试验方法

喷甲醇量试验应按照下列步骤执行：

- 使用甲醇燃烧模式运行锅炉，调节甲醇流量至目标测试负荷，稳定运行时长不少于 15 min，待各项运行参数稳定后方可启动数据采集；
- 单一工况下连续实时采集甲醇流量数据时长不少于 5 min；
- 各工况测量频次：型式试验测量次数不少于 3 次，出厂试验测量次数不少于 2 次，相邻两次测量间隔时间不少于 2 min；
- 单一工况测试完成后，调整甲醇流量切换至下一负荷点，重复进行数据采集流程，依次完成最小负荷、50%额定负荷、100%负荷测试工况测试。

7.6.3 数据记录

喷甲醇量试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- 锅炉运行负荷实测值、蒸汽压力实测值、水位实测值、风机风量实测值、燃烧器入口甲醇压力实测值、雾化介质压力实测值；
- 对应锅炉运行负荷工况下甲醇消耗量理论计算值；
- 实测喷甲醇量平均值、最大值、最小值。

7.7 燃烧器性能试验

7.7.1 一般要求

燃烧器性能试验应满足下列要求：

- 船用甲醇双燃料辅锅炉的甲醇流量应符合本文件 7.6.1 d) 项要求；
- 试验过程中，各工况下雾化器入口甲醇压力波动不应超过 $\pm 10\%$ ，对高压雾化燃烧器，雾化介质的压力波动不应超过 $\pm 5\%$ ；
- 燃烧器性能试验项目除完成 CB/T 3863—2015 中 4.2 的要求试验项目外，同时还应进行烟气甲醇逃逸率测试；
- 要求在试验时烟气中甲醇逃逸满足相关规范限值要求。

7.7.2 试验方法

燃烧器性能试验应按照下列步骤执行：

- 船用甲醇双燃料锅炉燃烧器燃油性能试验按照 CB/T 3863—2015 中 4.2 规定的内容和方法进行试验，燃烧器甲醇性能试验方法可参照 CB/T 3863—2015 中 4.2 规定的内容和方法执行；
- 将甲醇浓度检测仪安装在锅炉烟气出口位置，并开启实时记录功能；
- 在船用甲醇双燃料辅锅炉运行过程中手动改变燃烧器甲醇流量至目标测试负荷；
- 单一工况下甲醇浓度检测仪连续采集数据时长不少于 5 min；
- 单一工况测试完成后，调整甲醇流量切换至下一负荷点，重复进行数据采集流程，依次完成最小负荷、50%额定负荷、100%额定负荷工况下烟气甲醇浓度测试。

7.7.3 数据记录

燃烧器性能试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- 连续不少于 5 次手动点火试验记录；
- 连续不少于 10 次自动点火试验记录；
- 燃烧器燃油运行最小喷油量工况下，烟气 CO_2 含量检测值；
- 燃烧器甲醇运行最小喷甲醇量工况下，烟气 CO_2 含量检测值；
- 全负荷运行区间火焰工况验证记录，核查是否存在脱火、熄火、冒黑烟和明显振动、火焰偏斜等异常现象；
- 甲醇运行模式下各测试工况对应的甲醇逃逸率测试数据。

7.8 热工试验

7.8.1 一般要求

热工试验适用于测定锅炉的蒸发量和热效率。

7.8.2 试验方法

试验方法按CB/T 14649—2005的规定分别在甲醇模式和燃油模式下进行性能试验。

7.8.3 数据记录

热工试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整记录CB/T 14649—2005表4所规定的试验数据；采用甲醇燃料开展热工试验时，应将CB/T 14649—2005表4内燃油对应参数替换为甲醇燃料相关参数。

7.9 安全阀试验

7.9.1 一般要求

安全阀试验应满足下列要求：

- 安全阀的开启压力应设定为工作压力的 1.05 倍~1.1 倍；
- 安全阀的关闭压力应不低于工作压力的 0.9 倍；
- 任意一个安全阀开启后，燃烧器满负荷运行工况下，锅炉蒸汽压力应不高于锅炉设计压力且不低于安全阀关闭压力；
- 每个安全阀应至少进行两次开启和关闭试验；
- 检查锅炉安全阀手动开启装置的设置情况，手动开启装置应能在炉舱或机舱底层的安全处所操作。

7.9.2 试验方法

安全阀试验方法按CB/T 14649—2005中4.2规定的方法执行。

7.9.3 数据记录

安全阀试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- 安全阀名称、型号、编号；
- 安全阀开启规定值、试验值；
- 安全阀开启后锅炉蒸汽压力实测值；
- 安全阀开启后关闭规定值、试验值；
- 手动开启安全阀情况记录；

7.10 烟气排放测定

7.10.1 一般要求

烟气排放测定应在锅炉额定运行工况下对烟气中氧含量、CO浓度、NO_x浓度、排烟黑度进行测量。

7.10.2 试验方法

烟气排放测定应按照下列步骤执行：

- 排烟温度测定方法按 CB/T 14649—2005 中 4.5 的规定执行；
- 应采用林格曼黑度计测定额定工况下的排烟黑度，测量位置为锅炉的烟道处；
- 应采用烟气分析仪测定额定工况下的锅炉排烟氧含量、CO 浓度和 NO_x 浓度，测量位置为锅炉的烟道出口处；
- 测量频率不低于每 5 min 测量一次且测定次数不应少于 3 次，分别取其算术平均值作为烟气成分的测试值。

7.10.3 数据记录

烟气排放试验数据记录，除应符合本文件第6章规定要求外，尚应完整载明下列内容：

- 燃烧器甲醇或燃油流量实测值；
- 锅炉蒸汽压力实测值；

- c) 排烟温度实测值;
- d) 排烟黑度实测值;
- e) 燃油运行模式喷油量最大工况时, 烟气中氧含量、CO、NO_x 含量检测值;
- f) 甲醇运行模式喷甲醇量最大工况时, 烟气中氧含量、CO、NO_x 含量检测值;

7.11 锅炉绝热包装外表面温度测定

7.11.1 一般要求

锅炉绝热包装外表面温度测定应满足下列要求:

- a) 应在锅炉额定工况下连续运行一段时间工况稳定后进行绝热外包装表面温度测定试验;
- b) 测点温度不应超过 60 °C。

7.11.2 试验方法

锅炉绝热包装外表面温度测定方法按CB/T 14649—2005中4.8的规定执行。

7.11.3 数据记录

锅炉绝热包装外表面温度测定试验数据记录, 除应符合本文件第6章规定要求外, 尚应完整载明下列内容: :

- a) 测温点;
- b) 实测温度值。

7.12 阀门及附件效用试验

7.12.1 一般要求

阀门及附件效用试验适用于检测锅炉排污阀、蒸汽阀、吹灰器、水位计吹泄阀门是否能灵活开启和关闭。

7.12.2 试验方法

阀门及附件效用试验方法按CB/T 14649—2005中4.9的规定执行。

7.12.3 数据记录

阀门及附件效用试验数据记录, 除应符合本文件第6章规定要求外, 尚应完整载明下列内容: :

- a) 锅炉排污阀手动启闭功能试验结果;
- b) 蒸汽阀手动启闭试验结果;
- c) 吹灰器阀门手动启闭试验结果;
- d) 水位计吹泄阀手动启关闭试验结果。

7.13 燃料切换试验

7.13.1 一般要求

燃料切换试验应满足下列要求:

- a) 燃料切换试验适用于以甲醇、燃油为燃料的双燃料锅炉;
- b) 燃料切换试验应包括甲醇与船用柴油或船用低硫油的相互切换、甲醇与船用重质油的相互切换;
- c) 燃料切换模式应包括手动切换和甲醇系统故障自动切换。本文件仅规定甲醇系统故障切换燃油模式的试验方法;
- d) 甲醇系统故障应包括: 甲醇系统的传感器故障、动力源故障、甲醇泵故障、阀门故障以及甲醇系统内出现甲醇液体泄漏、可燃气体浓度超上限等可能导致甲醇系统无法正常运行或危及船上人员、设备安全的事件。

7.13.2 试验方法

7.13.2.1 甲醇切换船用柴油或船用低硫油试验

甲醇切换船用柴油或船用低硫油试验按下列方法执行：

- a) 锅炉应以额定负荷的甲醇模式稳定运行，且在燃料切换过程中风机应始终保持运行状态；
- b) 船用柴油或船用低硫油系统应处于就绪状态；
- c) 向控制系统输入任一甲醇系统故障，触发燃烧器甲醇模式停机程序；
- d) 启动点火燃烧器；
- e) 点火燃烧器启动后立即进行甲醇管路吹扫；
- f) 吹扫完成后关闭点火燃烧器，同步启动炉膛吹扫；
- g) 炉膛吹扫完成后启动船用柴油或船用低硫油点火；
- h) 完成甲醇向船用柴油或船用低硫油燃料的切换试验。

7.13.2.2 甲醇切换船用重质油试验

甲醇切换船用重质油试验按下列方法执行：

- a) 锅炉应以额定负荷的甲醇模式稳定运行，且在燃料切换过程中风机应始终保持运行状态；
- b) 船用重质燃油系统应处于再循环模式，燃油加热器出口温度应保持在正常范围内；
- c) 后续试验按 7.13.2.1 c)～g) 项实施；
- d) 完成甲醇向船用重质油燃料的切换试验。

7.13.3 数据记录

燃料切换试验数据记录除满足本文件第6章的规定外，还应载明下列信息：

- a) 甲醇切换船用柴油或船用低硫油过程逻辑是否符合本文件及其它现行相关标准规范要求；
- b) 甲醇切换船用重质油过程逻辑是否符合本文件及其它现行相关标准规范要求；

7.14 环境适应性试验

7.14.1 一般要求

锅炉应能在以下环境条件下正常工作：

- a) 船体横倾 15°，横摇 22.5°；
- a) 船体纵倾 5°，纵摇 7.5°；
- b) 横倾和纵摇可能同时发生；
- c) 环境温度 0℃～50℃，相对湿度 95% (有凝露)；
- d) 船用甲醇双燃料锅炉配套的燃烧器和控制柜环境适应性试验应在型式试验阶段完成。

7.14.2 试验方法

环境适应性试验按下列方法执行：

- a) 已持有船级社型式认可证书的锅炉系统设备或部件不再单独进行环境适应性试验；
- b) 船用甲醇双燃料锅炉配套的燃烧器环境适应性试验方法按 CB/T 3863—2015 中 4.10 的规定执行；
- c) 船用甲醇双燃料锅炉配套的控制柜环境适应性试验方法按 CB/T 3161—1992 中 5.5、5.6、5.7、5.8、5.9、5.10、5.11 的规定执行；
- d) 当不具备试验条件时，锅炉本体横倾、横摇、纵倾、纵摇试验可不在性能试验阶段完成，但锅炉本体在系泊（航行）试验期间应处于正常工作状态。

7.14.3 数据记录

环境适应性试验数据记录除满足本文件第6章的规定外，还应载明下列信息：

- a) 试验环境温度、相对湿度实测值；
- b) 试验台或船体横倾、横摇、纵倾、纵摇对应试验角度；
- c) 各船级社型式试验规范明确要求留存的其它数据记录。

8 炉膛检查

按本文件7.4~7.12完成试验后,待炉膛温度自然冷却至环境温度,打开炉膛检查孔或燃烧器,检查炉膛、燃烧器喷嘴是否有结焦、腐蚀情况。检查结果应满足下列要求:

- a) 炉墙应完整,无明显裂缝、变形和破损,耐火材料密封性良好;
- b) 保温层应完好,无脱落、损坏;
- c) 锅炉受热面管排应无明显变形、鼓包、磨损、腐蚀等缺陷;
- d) 锅炉受热管表面清洁、无积灰、结焦现象;
- e) 锅炉受热面焊缝处无渗漏、裂纹等问题,必要时应进行无损检测确认;
- f) 燃烧器喷嘴、点火装置及稳焰器无损坏、变形。

8.1.1 数据记录

炉膛检查试验数据记录除满足本文件第6章的规定外,还应载明下列信息:

- a) 炉墙、耐火材料检查情况;
- b) 保温层检查情况;
- c) 锅炉受热面检查情况;
- d) 燃烧器喷嘴、点火装置及稳焰器检查情况;
- e) 当文字描述不足以清晰佐证相关情况时,可辅以检查时现场实拍影像资料进行补充说明。

9 试验中断处理

9.1 试验中断条件

在执行本文件7.1~7.14试验过程中,出现以下事项应中断试验:

- a) 试验场所环境条件不满足本文件4.3.8的规定;
- b) 试验过程中出现甲醇泄露且应急处理失效;
- c) 试验条件超出允许范围或工况参数调节不当导致试验结果不符合技术要求;
- d) 试验人员认为可能危及其生命健康安全的且未采取任何有效防护措施的其他事项。

9.2 试验中断处理原则

当试验中断时,应按下述原则处理:

- a) 试验场所应恢复至满足本文件4.3.8规定的条件,经试验组织单位综合评估后再次试验;
- b) 当试验条件超出允许范围或工况参数调节不当导致试验结果不符合技术要求时,应中断试验。经调整并确认满足试验条件后,方可重新进行试验;
- c) 当单项试验中断后的调整可能影响已完成的其它单项试验结果时,应重新进行受影响试验项目的试验。

10 试验报告

试验报告应完整、客观记录船用甲醇双燃料辅锅炉全部性能试验过程与结果,报告至少包括下列内容:

- a) 锅炉设备基础信息:产品型号规格、设计参数(设计压力、额定蒸发量、适用燃料类型)、制造单位、产品编号、试验类型(型式试验/出厂试验/系泊航行试验)、委托方信息;
- b) 试验依据文件:相关标准、经审批的试验大纲、产品使用手册、锅炉总图及系统原理图;
- c) 试验对象配套信息:甲醇阀组单元、燃烧器、控制系统、安全阀等关键辅件型号、产品编号及检验合格证明文件;
- d) 试验仪器设备清单:全部测试仪表、检测装置名称、型号、计量证书编号及有效检定周期;
- e) 试验环境与现场条件:试验场所通风换气状态、环境温湿度、消防与防静电设施配置、甲醇安全防护装备配置情况;
- f) 参试人员信息:试验组织单位、主要试验人员、操作人员、检验人员名单及安全培训记录;
- g) 试验燃料信息:试验所用甲醇、燃油牌号、理化指标;
- h) 全部试验项目执行记录;

- i) 原始试验数据记录;
- j) 数据处理与修正说明;
- k) 试验过程异常记录;
- l) 炉膛检查记录,必要时附无损检测报告;
- m) 各项试验结论;
- n) 签署与审批: 试验操作人员、检验人员、审核人员、批准人员签字, 试验单位盖章, 报告出具日期。

