



中国船级社

纯电池动力船舶动力系统 陆上联调机构认可指南

北京

目 录

1 适用范围	3
2 试验机构的试验能力	3
2.1 场地.....	3
2.2 人员.....	4
2.3 设备.....	4
2.3.1 电源	4
2.3.2 电气负载	4
2.3.3 模拟螺旋桨负载	5
2.4 测量仪器.....	6
2.5 试验项目.....	6
3 试验机构的质量体系	11
4 报告格式及要求.....	10

1 适用范围

1.1 为了配合《船舶应用电池动力规范》中电池动力系统陆上联调要求落实而制定本指南。本指南作为《船用产品试验检测机构认可指南》的补充，共同组成陆上联调试验机构的认可依据，在认可过程中应按照《船用产品试验检测机构认可指南》中的一般规定、通用要求和认可流程进行。

1.2 按照《船舶应用电池动力规范》中要求进行陆上联调的相关船舶动力系统应按照本指南执行。

2 试验机构的试验能力

试验机构的试验能力应从场地、人员、设备和仪器仪表、试验项目等几个方面进行认可。根据申请陆上联调认可机构的实际情况，可按照以下条件要求对陆上联调机构进行分级：

具备单轴推进总功率在 2000kW 及以上系统联调能力的可评定为“ I 级陆上联调试验机构”，并可根据需要授予“ I 级陆上联调机构”标志；

具备单轴推进总功率在 1000~2000kW（不含）系统联调能力的可评定为“ II 级陆上联调试验机构”，并可根据需要授予“ II 级陆上联调机构”标志；

具备单轴推进总功率在 500~1000（不含）kW 系统联调能力的可评定为“ III 级陆上联调试验机构”，并可根据需要授予“ III 级陆上联调机构”标志；

具备单轴推进总功率在 500（不含）kW 以下系统联调能力的可评定为“ IV 级陆上联调试验机构”，并可根据需要授予“ IV 级陆上联调机构”标志。

2.1 场地

申请认可的试验机构的场地应能满足拟进行的陆上联调船舶系统的调试试验需求。包括具备如下能力：

2.1.1 受试设备吊装移动以及存储的能力；

2.1.2 合理的布置联调船舶动力系统的设备空间、试验操作空间及人员紧急状态下的撤离通道等；

2.1.3 适当的照明和通风；

2.1.4 试验所需水、电、气的供应。

2.2 人员

申请认可的试验机构的应具有一定数量的,熟练掌握本指南 2.3 条陪试设备、2.4 条测量仪器的操作使用规程,熟练掌握本指南 2.5 条要求陆上联调试验项目的技能的专业人员,至少应满足:

具备船舶轮机专业中级职称技术人员不少于 2 人

具备船舶电气专业中级职称技术人员不少于 2 人

2.3 设备

申请认可的试验机构的设备应能满足拟进行的陆上联调船舶系统的调试试验需求。包括但不限于下列设备:

2.3.1 电源

2.3.1.1 直流电源

- (1) 额定输入电压
- (2) 额定输入电流
- (3) 额定输出电压
- (4) 额定输出电流
- (5) 最大输出功率
- (6) 断路器额定分断电流

上述电源参数应满足本指南第 2 条试验能力中相应级别的要求,额定输出电压直流 0-1000V 可连续稳定调节。

2.3.1.2 交流电源

- (1) 额定输入电压
- (2) 额定输入电流
- (3) 额定输出电压
- (4) 额定输出电流
- (5) 最大输出功率
- (6) 断路器额定分断电流

上述电源参数应满足本指南第 2 条试验能力中相应级别的要求。

2.3.2 电气负载

2.3.2.1 直流电阻负载

- (1) 额定电压
- (2) 额定电流
- (3) 最大吸收功率

上述电源参数应满足本指南第 2 条试验能力中相应级别的要求。

2.3.2.2 交流电阻负载

- (1) 额定电压
- (2) 额定电流
- (3) 最大吸收容量

上述电源参数应满足本指南第 2 条试验能力中相应级别的要求。

2.3.2.3 交流电感负载

- (1) 额定电压
- (2) 最大吸收容量

上述电源参数应满足本指南第 2 条试验能力中相应级别的要求。

2.3.3 模拟螺旋桨负载

采用水力测功器或类似功能设备来模拟船舶推进器的负载特性。根据船舶在不同航速下的推进器输入功率和转速结果,可手动设置模拟推进器负载的稳态转速和功率,也可设定“功率-转速”特性曲线后在推进电机调速过程中实现模拟螺旋桨负载的自动加减载。相应的转矩测量精度、转速测量精度满足我社要求。

- (1) 最高转速
- (2) 最大扭矩
- (3) 最大吸收功率
- (4) 转速测量精度
- (5) 扭矩测量精度
- (6) 转速控制精度
- (7) 扭矩控制精度

2.3.4 短路柜

专门用于模拟短路故障点,用于开展直流 1000V 级以下配电系统、三相 380V 交流日用配电系统短路试验(含直流正负极间短路、交流三相相间短路)。在参

试系统发生短路故障及相应保护动作期间，短路柜不应主动切除短路故障点，且应能耐受系统的短路电流。

2.4 测量仪器

申请认可的试验机构的测量仪器应能满足拟进行的陆上联调船舶系统的调试试验需求及各个分级要求（包括数量、测量范围、精度、有效期等）。测量仪器应至少包括但不限于：

- (1) 功率分析仪
- (2) 数据采集系统
- (3) 示波器
- (4) 高精度电压电流探头
- (5) 温度巡检仪
- (6) 数字钳形表
- (7) 数字万用表
- (8) 温度监测仪
- (9) 绝缘电阻测试仪

2.5 试验项目

陆上联调项目至少包括：

2.5.1 电池系统

2.5.1.1 检查和测量电池系统参数，监测值应在正常范围内，监测参数包括但不限于以下内容：

- (1) 电池组总电压；
- (2) 电池组 SOC；
- (3) 单体温度；
- (4) 单体电压；
- (5) 电池舱（处所）环境温度；
- (6) 报警状态。

2.5.1.2 进行电池系统的安全保护功能试验，包括但不限于以下内容：

- (1) 电池单体过压、欠压保护功能试验；
- (2) 电池单体过温保护功能试验；

- (3) 电池组故障（过充、过放、过流、过高温、外部短路）保护功能试验；
- (4) BMS 通讯故障保护试验（包括内部通讯及与 PMS/EMS/AMS、充电装置等设备之间的通讯）；
- (5) 电池系统急停试验；
- (6) 电池系统最小电量报警试验；
- (7) 操作地点联锁试验。

2.5.1.3 对每个电池组（或箱式电源，下同）进行投入和切出试验，记录电池系统和直流母排的状态。

2.5.1.4 进行电池组运行试验，试验内容包括但不限于以下内容：

- (1) 单电池组运行试验；
- (2) 手动并联试验：依次手动投入每个电池组，待状态稳定后记录电池系统电流、电压、功率、温度等参数；
- (3) 自动并联试验：通过驾控台上的电源控制面板进行电池组的自动并联试验，稳定后记录电池系统的电流、电压、功率、温度等参数；
- (4) 带载试验：将电池系统投入电网，启动推进变频器和日用逆变器，记录各工况（负荷分别为 25%、50%、75%、100%，负荷根据电力计算书确定）下的电压、电流、功率、温度、电池组间电流差等。

2.5.1.5 根据船舶实际设计的充电工况进行充电试验，当达到预设的充电容量或充电时间时，停止充电过程，记录相应充电时间、起止 SOC、电压、电流、功率、温度、电池组间电流差等。

2.5.1.6 检查针对风险评估报告中识别出的电池系统的风险所采取的安全措施的落实情况，并进行验证试验。

2.5.2 配电系统

2.5.2.1 进行直流配电系统试验，包括但不限于以下内容：

- (1) 在直流配电板上完成电池回路、推进回路、充电回路隔离开关(或断路器)和母联断路器的操作；
- (2) 保护器件整定值校验；
- (3) 开关联锁试验应满足以下要求：

- ① 母排隔离开关（或断路器）两端同时有电时，不能进行闭合操作；
 - ② 检修开关所在回路有电时，不能进行分断操作；
 - ③ 母排隔离开关（或断路器）合闸时，两侧绝缘监测仪表不应同时在线。
- (4) 根据选择性保护的分析报告进行相应的验证试验，包括但不限于以下内容：
- ① 直流配电系统直流母排正负极间短路；
 - ② 电池系统（含变流器）输出端正负极间短路；
 - ③ 直流配电系统负载装置（含变流器）输入端正负极间短路。
- (5) 进行 PMS/EMS 的功能试验，包括但不限于以下内容：
- ① 电池组的并网/解列、负载功率分配、自动卸载非重要负荷、功率/能量储备分析、重载问询；
 - ② 能根据储能系统的荷电状态实时核算其可用功率和可用电量；
 - ③ 控制电池系统充放电；
 - ④ 应具有功率限制功能，当电池组因故障解列后，能立即根据情况限制推进功率，不会导致其他在网电源装置过载跳闸而造成全船失电；
 - ⑤ 应能监测电力系统故障，当非故障段线路上的系统和设备供电中断时，应能自动执行相关措施恢复系统和设备供电；
 - ⑥ 验证在发生如下情况时，系统能自动进入到安全状态：
 - (a) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）电源故障；
 - (b) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）可编程控制器故障；
 - (c) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）通讯故障；
 - (d) FMEA 分析报告中风险等级较高的其他故障。
- (6) 进行直流系统短路试验，试验前应保证电池系统、推进系统功能正常。短路点保护试验包括：
- ① 电池组输出短路；
 - ② 直流母排短路，包含 DC/DC 变换装置熔断器输出侧、直流母排、逆变器单元及主推进单元熔断器输入侧和逆变器输出端短路；
 - ③ 直流配电系统负载装置（含变流器）输入端正负极间短路。
- 2.5.2.2 进行日用交流配电系统试验，包括但不限于以下内容：
- (1) 在日用交流配电板上完成相关回路开关的操作；

(2) 安保功能试验, 包括:

① 保护器件校核试验;

② 逆变器保护功能试验, 逆变器输出端短路, 应包含交流日用配电系统交流母排三相短路、交流日用配电系统电源装置输出端三相短路、交流日用配电系统负载输入端三相短路, 监测和记录逆变器输出电压、电流、频率、隔离变压器和交流配电板各支路的开关状态和电流;

③ 岸电/船电联锁试验。

(3) 开关联锁试验, 应满足以下要求:

① 隔离变压器副边开关和母联开关不能同时合闸;

② 隔离变压器副边开关和岸电开关不能同时合闸;

③ 母联开关合闸时两侧绝缘监测仪表不应同时在线。

(4) 根据选择性保护的分析报告进行相应的验证试验, 包括但不限于以下内容:

① 日用配电系统交流母排三相短路;

② 交流日用配电系统电源装置输出端三相短路;

③ 交流日用配电系统负载输入端三相短路。

(5) 日用逆变器试验, 包括但不限于以下内容:

① 日用逆变器空载试验: 对逆变器进行启动、停机控制, 记录隔离变压器副边空载电压和频率;

② 日用逆变器带载试验: 启动逆变器, 调节负载分别为 25%、50%、75%、100%、110%, 运行 1~5min。记录逆变器输出电压、电流、频率、功率、组件温度以及电压谐波, 隔离变压器绕组温度、滤波器绕组温度等运行参数;

③ 日用逆变器突加、突卸负荷试验: 逆变器启动后逐渐加载到额定负载稳定运行, 做 100%突卸试验, 记录逆变器输出电压的变化和稳定时间, 再按 0-50%-100%突加负载, 记录逆变器输出电压的变化和稳定时间;

④ 日用逆变器之间的转换试验, 记录自动转换和手动转换的时间;

⑤ 日用变压器之间的转换试验, 记录自动转换和手动转换的时间;

⑥ 日用逆变器并联运行试验, 记录两台日用逆变器长期并联运行时各自的输出电压、电流、频率, 计算有功和无功功率分配差度。

(6) 检查船电和岸电的相互转换功能。

2.5.2.3 检查针对风险评估报告中识别出的配电系统的风险所采取的安全措施落实情况，并进行试验验证。

2.5.3 推进系统

2.5.3.1 单电机/多电机启动、停机试验。

2.5.3.2 推进系统保护试验，包括但不限于以下内容：

(1) 推进电机应急停机试验：启动推进电动机到额定转速运行。分别测试推进控制面板和推进控制箱上的急停按钮功能；

(2) 推进电动机超速保护试验：可通过改变推进超速报警与保护阈值进行试验；

(3) 推进电动机启动联锁功能试验：可通过模拟推进系统故障，测试故障没有复位时，推进系统能否启动；

(4) 推进控制系统电源失效试验：测试控制系统主电源失效后，能切换到备用电源正常运行；

(5) 通信故障报警功能试验：断开逆变器和推进控制系统的通信，推进系统报通讯故障；

(6) 推进电动机过温保护功能试验：电动机温度达到报警设定值及以上时，推进控制系统报相应故障并闭锁启动信号；

(7) 推进电机空间加热器与运转的互锁试验；

(8) 越控功能试验。

2.5.3.3 推进系统功能性试验应包括：

(1) 每个推进电动机的启动、升速、降速、停机等控制功能；

(2) 每个推进电动机的换向试验；

(3) 进行多操作地点、多推进装置联控/分控等控制转换及控制试验。

2.5.3.4 推进系统负载试验，包括：

(1) 每个电机的空载试验；

(2) 每个推进电动机的负荷试验，按 0-25%-50%-75%-100%-75%-50%-25%-0 加减负载，并记录各试验点的参数。

2.5.3.5 检查针对风险评估报告中识别出的推进系统的风险所采取的安全措施落实情况，并进行试验验证。

2.5.4 冷却系统

2.5.4.1 监测电池系统、推进系统、配电系统各设备的温度变化，校验冷却系统的温度调节能力。

2.5.4.2 测试冷却系统单一故障下，系统的安全保护策略。

2.5.5 综合电力系统连续运行稳定性试验

根据船舶典型航次的任务剖面（由验船师与船东、设计院协商确定，但至少应包含停泊、进出港、巡航、全速等主要工况），完成至少 1 个完整任务剖面的连续运行稳定性试验，试验期间系统不能发生因参试设备责任故障导致的试验中断。

3 试验机构的质量体系

试验机构的质量体系认可应依据《船用产品试验检测机构认可指南》的相关要求进行。

4 报告格式及要求

4.1 检测报告格式应为本社接受的格式。报告的编写、审核、批准符合规定要求。

4.2 报告内容一般应包括申请方名称、委托方名称、检测样品信息（编号、型号/规格）、

检测方法、技术要求、检测结果、相关测试照片和结论或判定结果等内容。

4.3 检测证书和报告中还应包括：

测量设备名称、型号、校准状态；

辅助设备名称、型号、校准状态；

与被测设备有关的辅助设备名称、型号、连接方式；

被测设备的连接图；

检测布置图；

检测数据。