

团 体 标 准

T/CSNAME 142—2026

基于 Modbus TCP/IP 的电池动力船舶充电系 统通信协议一致性测试要求

Consistency testing requirements for Modbus TCP/IP protocol communication
protocols of battery powered ship charging systems

2026-02-12 发布

2026-05-11 实施

中国造船工程学会 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 缩略语 2

5 测试要求 2

 5.1 通信协议 2

 5.2 通信参数 2

 5.3 报文要求 2

 5.4 主站测试 4

 5.5 从站测试 4

 5.6 被测实现 4

 5.7 测试流程 4

6 测试系统 5

 6.1 测试准备 5

 6.2 系统组成 5

 6.3 测试工具 5

7 测试内容 5

 7.1 测试内容分类 5

 7.2 协议规范性测试 5

 7.3 充电机测试 6

 7.4 BMS 测试 7

8 测试结论 11

附录 A（资料性） 异常码表、PICS 模板和 PIXIT 模板 12

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：绿水新航科技有限公司、中远海运发展股份有限公司、中国船级社武汉规范所、澄瑞电力科技（上海）股份有限公司、中远海运重工有限公司、武汉理工船舶设计股份有限公司、上海船舶运输科学研究所有限公司、华电湖北发电有限公司。

本文件主要起草人：张小玉、姚丹丹、宫玉卓、黄朝霞、苗亚、刘玉涛、吴志东、张兴龙、曾文兵、严丹森、严婕。



基于 Modbus TCP/IP 的电池动力船舶充电系统通信协议一致性测试要求

1 范围

本文件规定了基于Modbus TCP/IP协议的电池动力船舶充电系统通信协议一致性测试要求（以下简称一致性测试）的测试要求及流程、测试系统的搭建、测试内容和测试结论等内容。

本文件适用于基于Modbus TCP/IP协议的电池动力船舶使用岸上电网进行电池充电，或使用带控制导引功能的船用集装箱式移动电源与充电机之间基于Modbus TCP/IP协议的通信。

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 17178.1—1997信息技术 开放系统互连 一致性测试方法和框架 第1部分:基本概念

GB/T 34658—2017 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议一致性测试

IEEE 802.3 以太网标准规范（Ethernet LAN protocols as defined in IEEE 802.3 suite）

ISO 9646 信息开放系统一致性测试方法论和框架（Information Technology - Open Systems Interconnection - Conformance Testing Methodology And Framework）

3 术语和定义

GB/T 17178.1—1997和GB/T 34658—2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电池管理系统 battery management system, BMS

监视蓄电池的状态（温度、电压、荷电状态等），可以为蓄电池提供通信、安全、蓄电池单体均衡及管理控制，并提供与应用设备通信接口的系统。

3.2

肯定检测 positive testing

检测充电机返回的报文和整个通信流程，将电池管理系统与充电机通信，然后根据通信协议的要求将电池总状态、充电需求等相关数据信息实时发送到充电机，充电机根据通信协议要求保持和电池管理系统模拟端的正常通信，则意味着该检测是合格。

3.3

否定检测 negative testing

对各个通信阶段选取的报文进行修改，使得通信过程不根据通信协议内容要求进行。如果充电机的通信模块能够正确识别所接收到的非标准报文信息，并能够采取相应的处理措施，使充电机仍能安全稳定的运行，则说明该通信模块的一致性良好。

3.4

被测实现 implementation under test, IUT

通信协议一致性测试系统的Modbus TCP/IP物理层、数据链路层、应用层的产品。本文件中的IUT包括充电机、BMS等。

3.5

静态测试 static testing

测试集在整个测试期间不会被改变，而且测试集中的每一条测试序列在执行过程中按照一定的顺序相互独立的逐条执行的测试。

注：测试仪读取PICS/PIXIT文件并根据协议标准进行静态测试，检查IUT参数说明是否符合标准。

3.6

静态文档

静态文档是内容预先编写且访问时不可更改的计算机文档。

注：静态文档包括PICS和PIXIT，如附录A所示。PICS应由IUT提供者陈述IUT已实现的能力及可选项的实现情况；PIXIT应包括与IUT及其测试环境有关的全部信息（PICS给出的信息除外），参见表A.2和表A.3。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PICS：协议实现一致性声明（protocol implementation conformance statement）

PIXIT：被测协议实现附加信息（protocol implementation extra information of testing）

5 测试要求

5.1 通信协议

根测试系统与充电机及箱式电源应采用工业以太网进行通信，测试系统应与充电机或电池管理系统通信，通信协议应采用满足IEEE 802.3规定的以太网Modbus TCP/IP协议。

5.2 通信参数

测试过程中，通信参数要求如表1所示。

表1 通信参数要求

项目	参数
通信误码率	<3%
时钟误差	≤1 s
Modbus TCP/IP 通信主节点发出到收到对应的回复报文的响应时间	≤50 ms
Modbus TCP/IP 通信丢包率	≤0.5%
以太网通信模拟量信息响应时间	≤2 s
以太网通信状态量变化响应时间	≤2 s
以太网通信遥控执行响应时间	≤2 s
以太网通信告警直传响应时间	≤1 s
以太网通信丢包率	≤0.3%

注：测试应在100 Mbit/s全双工交换式以太网、线速小于30 %、帧长64 字节~1518 字节条件下进行，测试持续5 min。

5.3 报文要求

5.3.1 报文格式

一致性测试报文包括发送请求报文和响应报文，报文格式要求如下：

a) 请求报文格式

MBAP header + 功能码 + 起始地址H+起始地址L + 寄存器数量H+寄存器数量L。

b) 响应报文格式

MBAP header + 功能码 + 数据长度 + 寄存器数据。

5.3.2 报文时间误差

报文时间的误差要求如表2所示。

表2 报文时间误差要求

参数	标称值	误差范围
报文超时时间	5 s	< 0.5 s
	1 s	< 0.2 s

表2 报文时间误差要求（续）

参数	标称值	误差范围
	>10 s	< 3 s
报文周期时间	10 ms	±3 ms

5.3.3 数据单元格式

数据单元格式要求如表3所示。

表3 数据单元格式设置

项目	事务处理标识符	协议标识符	长度	单元标识码	功能码	数据
长度	2 字节	2 字节	2 字节	1 字节	1 字节	n 字节

5.3.4 报文地址、数据长度和报文周期

5.3.4.1 报文地址、数据长度和报文周期要求如表 4 所示。

表4 报文地址、数据长度和报文周期

报文代号	报文描述	地址	数据长度 字节	报文周期
CHM	充电握手	1000	3	250 ms
CRM	充电机辨识	1002	8	250 ms
BRM	BMS 和电池辨识	1003	41	250 ms
BCP	BMS 充电参数	1004	13	500 ms
CTS	充电机发送时间同步信息	1005	7	500 ms
CML	充电机最大输出能力	1006	8	250 ms
BRO	BMS 充电准备就绪状态	1007	1	250 ms
CRO	充电机输出准备就绪状态	1008	1	250 ms
BCL	BMS 充电需求	1009	5	50 ms
BCS	BMS 充电总状态	100a	9	250 ms
CCS	充电机充电状态	100b	8	50 ms
BSM	动力蓄电池状态信息	100c	7	250 ms
BMV	动力蓄电池最高电压	100d	不定	10 s
BSP	动力蓄电池预留报文	100e	不定	10 s
BST	BMS 终止充电	100f	4	10 ms
CST	充电机终止充电	1010	4	10 ms
BSD	BMS 统计数据	1011	7	250 ms
CSD	充电机统计数据	1012	8	250 ms
BEM	BMS 错误报文	1013	4	250 ms
CEM	充电机错误报文	1014	4	250 ms
BMT	动力蓄电池最高温度报文	1015	4	250 ms

5.3.4.2 对从站在测试过程中的、地址不在上述表列范围的响应报文，自定义地址的范围应为 1030～2100。

5.3.5 异常报文格式

异常报文的格式应为正常功能码加0x80，后跟一个占1字节的异常码，以通知主站异常原因。异常报文格式要求如表5所示。异常码定义和功能见表A.1。

示例：如异常报文功能码为 0x83，异常码为 0x02，表明在正常功能码 0x03（读取保持寄存器）过程中，数据地址错误。

表5 异常报文格式

项目	传输标识符	协议标识符	字节长度	单元标识符	功能码	异常码
长度	2 字节	2 字节	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节

5.4 主站测试

- 5.4.1 主站应能读写从站寄存器，读从站保持寄存器功能码为 03（十进制），写从站保持寄存器功能码为 16（十进制）。
- 5.4.2 主站应能测量从站响应主站请求的时间，确保在可接受范围内。
- 5.4.3 主站应能够有效识别和响应通信过程中遇到的各种异常情况，包括但不限于响应超时、无效功能码、设备故障等。
- 5.4.4 主站应能通过检测异常码识别错误，并根据错误类型采取相应的恢复措施。
- 5.4.5 对于响应超时，主站应能尝试重新发送请求。
- 5.4.6 对于无效功能码，主站应能更正并重新发送请求。
- 5.4.7 对于设备故障，主站应能明确设备故障报文并给出指示。

5.5 从站测试

- 5.5.1 从站应具备高效可靠的响应处理能力。
- 5.5.2 从站应能正确存储和返回数据。
- 5.5.3 从站在同时处理多个请求时，应能够逐个按顺序执行。
- 5.5.4 从站在遇到异常情况时，应向主站报告。

5.6 被测实现

- 5.6.1 IUT 的处理方式应满足安全性要求。
- 5.6.2 当前报文达到终止发送条件后，IUT 应在 500 ms 内停止发送报文。

5.7 测试流程

一致性测试流程如下：

- a) 测试前，设备完成功能测试和相应的电磁兼容（EMC）测试。采用静态测试方法进行测试，准备工作包括填写静态文档，搭建测试系统等；
- b) 确认所有设备正常启动后，开启上位机测试软件进行测试；
- c) 测试完成后，生成测试报告，得出测试结论。

一致性测试流程图如图1所示。



图1 一致性测试流程图

6 测试系统

6.1 测试准备

- 6.1.1 在执行一致性测试工作前，设备应完成功能测试和相应的 EMC 测试。
- 6.1.2 根据 ISO 16845，采用静态测试方法，准备工作包括填写静态文档、搭建测试系统等。
- 6.1.3 IUT 主要包括采用传导式充电方式的非船载充电机（或控制器）、BMS（或具有充电控制功能的其他箱式电源控制单元）等。

6.2 系统组成

根据IEEE 802.3 和ISO 9646 OSI，测试系统包括PC作为主站（PC模拟充电机或EMS）、PC作为从站（PC模拟船用电池的BMS）、连接部件和以太网网络。系统组成如图2所示。

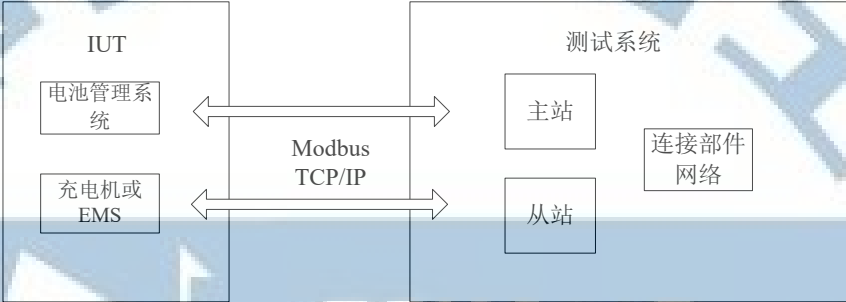


图2 协议一致性测试系统图

6.3 测试工具

测试工具包括但不限于执行测试必备的软件、示波器、信号发生器及相应的辅助测试模板，来完成对被测设备的协议的一致性测试。

7 测试内容

7.1 测试内容分类

- 7.1.1 一致性测试内容主要包含协议规范性检测、充电机测试和 BMS 测试。
- 7.1.2 充电机和 BMS 的一致性测试分为握手阶段、充电参数配置阶段、充电阶段和充电结束阶段四个阶段的测试。
- 7.1.3 测试包括肯定检测和否定检测。

7.2 协议规范性测试

测试要求见表6。

表6 协议规范性检验

项目	技术要求
超时报文检验	充电机连接负载，在正常充电过程中，充电机向测试系统发送报文超时，检查充电机应能接收相应的超时错误报文并处理。
错误功能码报文检验	充电机连接负载，在正常充电过程中，测试系统给充电机响应错误功能码报文，检查充电机应能接收到相应的错误功能码报文并处理。
设备故障报文检验	充电机连接负载，在正常充电过程中，接到请求后，测试系统向充电机发送设备故障报文，检查充电机应能接收相应的故障错误报文并处理。
无效信息报文检验	测试系统连接船用电池 BMS，在正常充电过程中，向船用电池 BMS 发送与标准规定不一致的无效信息单元报文，检查船用电池 BMS 错误响应报文。

表6 协议规范性检验（续）

项目	技术要求
数据范围检验	充电机连接测试系统，在正常充电过程中，测试系统接到请求后向充电机发送与标准规定的范围不一致的报文，检查充电机应能接收并处理相应的数据范围错误报文
优先级检验	充电机连接测试系统，在正常充电过程中，测试系统接到请求后向充电机发送与标准规定的优先级不一致的报文，检查充电机应能接收并处理相应的优先级错误报文。

7.3 充电机测试

7.3.1 总体要求

充电机测试时，充电机为主站，测试系统为从站。测试系统和充电机的Modbus TCP/IP通信速率根据当前以太网状态进行设置，测试系统和充电机物理连接完成并保证锁止，充电机低压辅助供电回路接触器闭合。

7.3.2 充电机低压辅助上电及握手阶段测试

充电机低压辅助上电及充电握手阶段测试要求表7所示。

表7 充电机充电握手阶段测试

项目	技术要求
CRM 发送检验	充电机和测试系统物理连接完成并检测满足充电条件后 5s 内，以周期 250 ms 向测试系统发送功能码 03 地址为 1002 的充电机辨识报文 CRM，直至收到测试系统返回的响应报文。
BRM 发送检验	充电机收到测试系统响应报文后 5 s 内应以周期 250 ms 向测试系统发送 BRM 的报文，功能码 03，地址 1003，直至收到测试系统的响应报文。
BCP 发送检验	充电机收到测试系统响应报文后 5 s 内应以周期 250 ms 向测试系统发送 BCP 的报文，功能码 03，地址 1004，直至收到测试系统的响应报文。

7.3.3 充电机充电参数配置阶段测试

充电机充电参数配置阶段测试要求如表8所示。

表8 充电机充电参数配置阶段测试

项目	技术要求
CTS 发送检验	充电机向 BMS 以周期 500 ms 发送充电机的时间同步信息报文 CTS，直至收到测试系统 CTS 响应报文。
CML 发送检验	充电机收到测试系统响应的动力电池充电参数报文响应后 5 s 内向测试系统以周期 250 ms 发送充电机 CML，直至收到测试系统 CML 响应报文。
CRO 发送检验	充电机在收到测试系统 CML 响应报文后停止发送 CTS 和充电机 CML，且 5 s 内向测试系统发送充电机 CRO 报文，报文周期 250 ms。

7.3.4 充电机充电阶段测试

充电机充电阶段测试要求如表9所示。

表9 充电机充电阶段测试

项目	技术要求
充电机发送 BCL、CCS 和 BCS 检验	充电机收到测试系统响应的 BCL 后，应周期 50 ms 向 BMS 发送 CCS，并在 5 s 内收到测试系统响应的 BCS 和 BSM。
充电机发送 BST 报文查询是否充电结束，如结束立即发送 CST 检验	充电机收到 BST 报文的响应后，应立即周期以 250 ms 向 BMS 发送 CS 报文，并在 5 s 内收到 BMS 响应的 BST 报文。

7.3.5 充电机充电结束阶段测试

充电机充电阶段测试要求如表10所示。

表10 充电结束阶段测试

项目	技术要求
BSD 发送检验	测试系统在收到 CST 报文后, 以周期 250 ms 向充电机发送 BSD

7.4 BMS 测试

7.4.1 总体要求

BMS测试时, 测试系统为主站, BMS为从站。

7.4.2 BMS 低压辅助上电及握手阶段测试

BMS低压辅助上电及充电握手阶段测试要求如表11所示。

表11 BMS 低压辅助上电及充电握手阶段测试

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
1	1) 测试系统和 BMS 的 Modbus TCP/IP 通信速率根据当前以太网状态进行设置; 2) 测试系统和 BMS 物理连接完成并保证锁止; 3) 测试系统低压辅助供电回路接触器闭合。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CHM 报文, 功能码 03, 地址 1000, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	BMS 接收到 CHM 报文后, 返回响应报文, 提供 BMS 最高允许充电总电压, 报文格式内容和周期符合表 6 的要求, 报文长度为 3 个字节。
2	1) 测试系统和 BMS 完成握手确认; 2) 测试系统完成绝缘检测。	测试系统停止发送 CHM 报文, 按 250 ms 的周期发送 CRM 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) BMS 接收到报文后, 停止响应 CHM 报文, 开始响应 CRM 报文; 2) BMS 使用传输协议功能的响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求, 报文长度为 8 个字节。
3	1) 测试系统和 BMS 的 Modbus TCP/IP 通信速率根据当前以太网状态进行设置; 2) 测试系统和 BMS 物理连接完成并保证锁止; 3) 测试系统低压辅助供电回路接触器闭合。	测试系统不发送报文, 且不启动绝缘监测。	自 BMS 系统启动 60 s 内 BMS 不发送任何响应报文。
4	1) 测试系统和 BMS 的 Modbus TCP/IP 通信速率根据当前以太网状态进行设置; 2) 测试系统和 BMS 物理连接完成并保证锁止; 3) 测试系统低压辅助供电回路接触器闭合。	测试系统发送与 CHM 报文类型定义不符的报文, 且不启动绝缘监测。	自 BMS 系统启动 60 s 内 BMS 发送错误响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
5	1) 测试系统和 BMS 完成握手确认; 2) 测试系统完成绝缘监测。	测试系统按 250 ms 的周期发送与 CRM 报文类型定义不符的报文。	1) 自首次接收到 CHM 报文起 30 s 内, BMS 按 250 ms 的周期发送错误响应报文; 2) 超过 30 s, BMS 不发送报文。
6	1) 测试系统和 BMS 完成握手确认; 2) 测试系统完成绝缘监测。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CRM 报文。	自首次接收到 CRM 报文起 30 s 内, BMS 响应 CRM 报文。
7	1) 测试系统和 BMS 完成握手确认; 2) 测试系统完成绝缘监测。	测试系统继续按 250 ms 的周期发送 CHM 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	自首次接收到 CHM 报文起, BMS 按 250 ms 的周期发送响应报文。
8	测试系统接收完成 BRM 报文。	测试系统停止发送报文。	BMS 停止发送响应报文。
9	测试系统接收完成 BRM 报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送与 CRM 报文类型定义不符的报文。	自首次发送 BRM 报文起 5 s 内 BMS 按 250 ms 的周期发送错误响应报文。

7.4.3 BMS 充电参数配置阶段测试

BMS充电参数配置阶段测试要求如表12所示。

表12 BMS 充电参数配置阶段测试

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
1	充电握手阶段完成,测试系统和 BMS 进入充电参数配置阶段。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CRM 报文	BMS 接收到 CRM 报文,发送 CRM 响应报文。
2	测试系统接收完成 CRM 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CML 报文,按 500 ms 的周期发送 CTS 报文(可选),报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) BMS 停止发送 CRM 响应报文; 2) BMS 按 250 ms 的周期发送 CML 响应报文,直到首次收到 CTS 报文后,开始响应 CTS 报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
3	测试系统接收到 CML 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CRO 报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	BMS 停止响 CTS 报文,开始发送 CRO 响应报文。
4	测试系统接收完成 CRO 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送 BCP 报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	BMS 停止发送 CRO 响应报文,开始发送 BCP 响应报文。 进入充电阶段通信流程。
5	测试系统接收 BCP 响应报文。	测试系统停止发送报文。	自测试系统停止发送 BCP 报文起 5 s 内 BMS 停止发送 BCP 响应报文。
6	测试系统接收 BCP 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送与 CML 报文类型定义不符的报文。	BMS 按 250 ms 的周期发送错误响应报文。
7	测试系统接收完成 BCP 报文。	测试系统继续按 250 ms 的周期依次发送 CRM 报文和 BRO 报文。	自首次停止发送 BCP 响应报文起 5 s 内 BMS 按 250 ms 的周期发送 CRM 响应报文、BRO 响应报文。
8	测试系统接收到 BRO 响应报文。	测试系统停止发送报文。	自测试系统停止发送报文起 5 s 内, BMS 停止发送响应报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
9	测试系统接收到 BRO 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送与 CRO 报文类型定义不符的报文。	BMS 发送错误响应报文。
10	测试系统接收到 BRO 响应报文。	测试系统按 250 ms 的周期发送 CRO 报文。	BMS 按 250 ms 的周期发送 CRO 响应报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
11	测试系统接收到 BRO 响应报文。	测试系统继续按 250 ms 的周期发送 CML 报文,按 500 ms 的周期发送 CTS 报文(可选)报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1)自首次发送的 BRO 报文起 5 s 内, BMS 按 250 ms 的周期发送 CML 报文的响应报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) BMS 发送 CTS 响应报文。

7.4.4 BMS 充电阶段测试

BMS充电阶段测试要求如表13所示。

表13 BMS 充电阶段测试

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
1	测试系统收到 BRO 响应报文	测试系统按 250 ms 的周期发送 CRO 报文,测试系统按 50 ms 的周期发送 CCS 报文,测试系统按 250 ms 的周期发送 BCL 报文, BCS 报文,测试系统按 10 s 的周期发送 BMV 报文, BMT 报文, BSP 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) BMS 接收到 CRO 报文后,发送 CRO 响应报文,收到 CCS 报文后,发送 CCS 响应报文; 2) BMS 按 50 ms 的周期发送 BCL 响应报文, 报文格式、内容符合表 6 的要求,报文长度为 5 个字节; 3) BMS 使用传输协议功能发送 BCS 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求,报文长度为 9 个字节; 4) BMS 按 10 s 的周期发送 BMV 响应报文、BMT 响应报文、BSP 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求(可选)。
2	测试系统主动中止充电	测试系统按 10 ms 的周期发送 CST 报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求,中止原因可能为: 1) 达到充电机设定的条件; 2) 人工中止; 3) 故障中止: 充电机过温故障; 充电连接器故障; 充电机内部过温故障; 所需电量不能传送; 充电机急停故障; 电流不匹配; 电压异常; 其他故障。	1) BMS 停止发送 BCL 响应报文、BCS 响应报文、BSM 响应报文、BMV 响应报文(可选)、BMT 响应报文(可选)、BSP 响应报文(可选); 2) BMS 按 10 ms 的周期发送 CST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求, 报文长度为 4 个字节; 3) 进入充电结束通信流程。
3	BMS 主动中止充电	测试系统发送 BST 报文, 查询是否中断充电, BMS 按照可模拟的方式停止充电, 测试系统向 BMS 发送 BMS 中止充电报文 BST 查询。	BMS 中止充电,按 10 ms 的周期发送 BST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求, 报文长度为 4 个字节
4	1) BMS 主动中止充电; 2) 测试系统接收到 BST 报文。	测试系统按 10 ms 的周期发送 CST 报文,报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) BMS 停止发送 BST 响应报文,开始发送 CST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) 进入充电结束通信流程。
5	1) 测试系统和 BMS 进入充电阶段; 2) 测试系统发送 BCL、BCS 查询报文后,首次接收到 BCL 响应报文, BCS 响应报文。	测试系统停止发送报文。	超过 1 s, BMS 停止发送响应报文。
6	1) 测试系统和 BMS 进入充电阶段; 2) 测试系统发送 BCL、BCS 查询报文后,首次接收到 BCL 响应报文, BCS 响应报文。	测试系统按 50 ms 的周期发送与 CCS 报文类型定义不符的报文。	1) 1 s 内, BMS 按 50 ms 的周期发送 BCL 响应报文, 250 ms 的周期发送 BCS 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) 超过 1 s, BMS 发送错误报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。

表13 BMS充电阶段测试（续）

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
7	1) 测试系统和 BMS 进入充电阶段; 2) 测试系统首次接收到 BCL 响应报文, BCS 响应报文。	测试系统继续按 250 ms 的周期发送 CRO 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) 1 s 内, BMS 按 50 ms 的发送 BCL 报文, 250 ms 的周期发送 BCS 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。 2) 超过 1 s, BMS 发送 CRO 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
8	测试系统和 BMS 正常充电中。	测试系统在充电过程中停止发送 CCS 报文。	1) 自接收到上一个 CCS 报文起 1 s 内 BMS 按 50 ms 的周期发送 CCS 响应报文; 2) 超过 1 s, BMS 停止发送报文。
9	测试系统和 BMS 正常充电中。	测试系统按 50 ms 的周期发送与 CCS 报文类型定义不符的报文。	1) 自接收到上一个 CCS 报文起 1 s 内 BMS 按 50 ms 的周期发送 CCS 响应报文; 2) 超过 1 s, BMS 发送 BEM 错误响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
10	BMS 主动中止充电, 按 10 ms 的周期发送 BST 报文。	测试系统停止发送报文。	1) 自首次发送 BST 响应报文起 5 s 内 BMS 按 10 ms 的周期发送 BST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) 超过 5 s, BMS 发送 BEM 错误响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 要求。
11	BMS 主动中止充电, 按 10 ms 的周期发送 BST 报文。	测试系统按 10 ms 的周期发送与 CST 报文类型定义不符的报文。	1) 自首次发送 CST 响应报文起 5 s 内 BMS 按 10 ms 的周期发送 CST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) 超过 5 s, BMS 发送 BEM 错误响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。
12	测试系统向 BMS 按 10 ms 的周期发送 BST 报文查询。	测试系统继续按 50 ms 的周期发送 CCS 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。	1) 自首次发送 BST 响应报文起 5 s 内 BMS 按 10 ms 的周期发送 BST 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求; 2) 超过 5 s, BMS 发送 CCS 响应报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求。

注：“人工中止”的方式包括刷卡中止、按下停止按钮等。

7.4.5 BMS 充电结束阶段测试

BMS 充电阶段测试要求如表 14 所示。

表14 BMS 充电结束阶段测试

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
1	测试系统和 BMS 进入充电结束阶段 (BMS 主动中止充电)。	测试系统按 10 ms 的周期发送 BST 报文, 停止电力输出, 发送 BSD 请求报文。	1) BMS 发送 BST 响应报文; 2) BMS 按 250 ms 的周期发送 BSD 报文, 报文格式、内容和期符合表 6 的要求, 报文长度为 7 个字节。
2	测试系统和 BMS 进入充电结束阶段 (测试系统主动中止充电)。	测试系统按 10 ms 的周期发送 CST 报文, 停止电力输出, 发送 BSD 请求报文。	$t (50 \leq t < 100)$ ms 后, BMS 停止发送 BST 响应报文, 开始发送 CST 响应报文, 并按 250 ms 的周期发送 BSD 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求, 报文长度为 7 个字节。
3	测试系统首次接收到 BSD 报文。	测试系统停止发送 CST 报文, 按 250 ms 的周期发送 CSD 报文, 报文格式、内容和周期符合表 6 的要求停止辅助电源。	BMS 继续按 250 ms 的周期发送 CSD 响应报文, 直到检测不到辅助电源输出, 停止发送 CSD 报文充电结束。

表14 BMS充电结束阶段测试（续）

序号	前置条件	测试步骤	预期结果
4	测试系统首次接收到CSD报文。	测试系统停止发送报文。	1) 自首次发送CST报文起10 s内BMS按250 ms的周期发送BSD响应报文，报文格式、内容和周期符合表6的要求； 2) 超过10 s BMS停止发送报文。
5	测试系统首次接收到BSD报文。	测试系统按250 ms的周期发送与CSD报文类型定义不符的报文。	1) 自首次发送BST响应报文起10 s内BMS按250 ms的周期发送CSD响应报文，报文格式、内容和周期符合表6的要求； 2) 超过10 s BMS发送BEM错误响应报文，报文格式、内容和周期符合表6的要求。
6	测试系统首次接收到BSD报文。	测试系统继续按10 ms的周期发送CST报文，报文格式、内容和周期符合表6的要求。	自首次发送BSD响应报文起BMS按250 ms的周期发送CSD报文，报文格式、内容和周期符合表6的要求。

8 测试结论

- 8.1 Modbus TCP/IP 协议的通信协议一致性测试根据第7章一致性测试内容做出测试报告。应对测试执行产生的测试记录文件进行分析，按照测试报告描述规格形成一致性测试报告。
- 8.2 协议一致性测试报告应记录所有测试内容的测试结果：成功（PASS）、失败（FAIL）、不确定（INCONCLUSIVE）。测试报告应符合 GB/T 17178.1—1997 中 6.5.1.3 的有关要求。

附 录 A
(资料性)
异常码表、PICS 模板和 PIXIT 模板

表A.1 异常码的定义和功能

序号	异常码	定义和功能
1	0x01	非法功能码。对于服务器（从站）来说，询问中收到的功能码是不可允许的操作，即从站设备不支持此功能码。
2	0x02	非法数据地址。对于从站来说，询问中收到的数据地址是不可允许的地址，即指定的数据地址在从站设备中不存在。起始地址和读取数量的组合是无效的。比如：对带有 100 个寄存器的 slave 来说，带有起始地址 96 和读取数量 4 的请求会成功，但带有起始地址 96 和读取数量 5 的请求将产生异常码 02。
3	0x03	非法数据值。对于服务器（从站）来说，询问中包括的值是不可允许的值，即指定的数据超过范围或不允许使用。当主机软件发送一个写入请求时，如果请求中的数据值无效或超出从机设备可接受的范围，从机返回错误码 0x03。这表示主机发送了一个无效的数据值，从机无法接受并处理该数据。
4	0x04	从站设备故障，当服务器（或从站）正在设法执行请求的操作时，产生不可重新获得的差错。即从站设备处理响应的过程中，出现未知错误等。
5	0x05	确认，与编程命令一起使用。服务器已经接受请求，并且正在处理这个请求，但是需要长的持续时间进行这些操作。返回这个响应防止在客户机中发生超时错误。客户机可以继续发生轮询程序完成报文来确定是否完成处理。
6	0x06	从属设备忙。与编程命令一起使用。服务器正在处理长持续时间的程序命令。当服务器空闲时，客户机稍后重新传输报文。
7	0x08	存储奇偶性差错，指示扩展文件区不能通过一致性校验。
8	0x0A	不可用网关路径，与网关一起使用，指示网关不能为处理请求分配输入端口至输出端口的内部通信路劲。通常意味着网关是错误配置的或过载的。
9	0x0B	网关目标设备响应失败，与网关一起使用，指示没有从目标设备中获得响应。通常意味着设备未在网络中。

表A.2 PICS 模板文件

协议实现一致性声明 PICS				
制造商名称				
制造商地址				
软件名称		规格型号		
软件版本号		软件校验码		
符合技术标准				
具体符合标准中的 下列要求				
必须项&可选项				
报文名称	内容代码	描述	是否支持	
CHM		充电机通信协议版本号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BHM		最高允许充电总电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CRM		辨识结果	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电机编号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电机/充电站所在区域编码	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BRM		BMS 通信协议版本号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池类型	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持

表A.2 PICS模板文件（续）

报文名称	内容代码	描述	是否支持	
BRM		整船动力蓄电池系统额定总电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池生产厂商名称	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池组序号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池组生产日期	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池组充电次数	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电池组产权标识	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		预留	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		船舶识别码	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		BMS 软件版本号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BCP		单体动力蓄电池最高允许充电电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高允许充电电流	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池标称总能量	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高允许充电总电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高允许温度	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		整船动力蓄电池荷电状态	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		整船动力蓄电池总电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BRO		BMS 是否充电准备好	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CTS		年/月/日/时/分/秒	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CML		最高输出电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最低输出电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最大输出电流	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最小输出电流	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CRO		充电机是否充电准备好	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BCL		电压需求	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电流需求	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电模式	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BCS		充电电压测量值	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电电流测量值	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高单体动力蓄电池电压及其组号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		当前荷电状态 SOC	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		估算剩余充电时间	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CCS		电压输出值	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		电流输出值	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		累计充电时间	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电允许	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BSM		最高单体动力蓄电池电压所在编号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高动力蓄电池温度	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最高温度检测点编号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		最低动力蓄电池温度	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持

表A.2 PICS模板文件（续）

报文名称	内容代码	描述	是否支持	
BSM		最低动力蓄电池温度检测点编号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		单体动力蓄电池电压过高/过低	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		整船动力蓄电池荷电状态 SOC 过高/过低	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池充电过电流	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度过高	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池绝缘状态	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池组输出连接器连接状态	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电允许	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BMV		#1 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#2 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#3 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#4 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#5 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#6 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#n-1 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		#n 单体动力蓄电池电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BMT		动力蓄电池温度 1	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 2	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 3	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 4	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 5	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 6	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 n-1	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池温度 n	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BSP		动力蓄电池预留字段 1	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池预留字段 2	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池预留字段 3	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池预留字段 4	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池预留字段 16	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BST		BMS 中止充电原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		BMS 中止充电故障原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		BMS 中止充电错误原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CST		充电机中止充电原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电机中止充电故障原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电机中止充电错误原因	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BSD		中止荷电状态 SOC	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池单体最低电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持

表A.2 PICS模板文件（续）

报文名称	内容代码	描述	是否支持	
BSD		动力蓄电池单体最高电压	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池最低温度	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		动力蓄电池最高温度	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CSD		累计充电时间	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		输出能量	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		充电机编号	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
BEM		接收 SPN2560=0x00 的充电机 辨识报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收 SPN2560=0xAA 的充电机 辨识报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收充电机的时间同步和充电 机最大输出能力报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收充电机完成充电准备报文 超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收充电机充电状态报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收充电机中止充电报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收充电机充电统计报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CEM		接收 BMS 和船舶的辨识报文 超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
CEM		接收电池充电参数报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收 BMS 完成充电准备报文 超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收电池充电总状态报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收电池充电要求报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收 BMS 中止充电报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持
		接收 BMS 充电统计报文超时	<input type="checkbox"/> 支持	<input type="checkbox"/> 不支持

表A.3 PIXIT 模板文件一览表

测试协议实现附加信息 PIXIT		
充电机（或控制器）	允许结束充电条件	<div><input type="checkbox"/> 充电机过温故障</div> <div><input type="checkbox"/> 充电连接器故障</div> <div><input type="checkbox"/> 充电机内部过温故障</div> <div><input type="checkbox"/> 所需电量不能传送</div> <div><input type="checkbox"/> 充电机急停故障</div> <div><input type="checkbox"/> 电流不匹配</div> <div><input type="checkbox"/> 电压异常</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池热失控</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池消防系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池温控系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源热失控</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源消防系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源温控系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 其他故障</div> <div>注：在测试中能模拟的中止充电故障</div>
BMS（或电池控制单元）	允许结束充电条件	<div><input type="checkbox"/> 绝缘故障</div> <div><input type="checkbox"/> 输出连接器故障</div> <div><input type="checkbox"/> BMS原件、输出连接器过温</div> <div><input type="checkbox"/> 充电连接器故障</div> <div><input type="checkbox"/> 电池组温度过高故障</div> <div><input type="checkbox"/> 高压继电器故障</div> <div><input type="checkbox"/> 检测点2电压检测故障</div> <div><input type="checkbox"/> 电流过大</div> <div><input type="checkbox"/> 电压异常</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池热失控</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池消防系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 舱级电池温控系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源热失控</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源消防系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 箱式电源温控系统故障</div> <div><input type="checkbox"/> 其他故障</div> <div>注：在测试中能模拟的中止充电故障</div>