

团 体 标 准

T/CSNAME 184—2026

绿色智能船舶协同研发平台接口技术要求

Technical requirements for interface of green intelligent ship collaborative R&D platform

2026 - 10 - 23 发布

2027 - 01 - 23 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 一般要求 1

 4.1 系统架构 1

 4.2 平台接口总体要求 2

5 数据传输要求 2

 5.1 协同研发平台数据传输方式 2

 5.2 平台通用文件数据交互接口 3

 5.3 协同研发平台网络数据流拓扑 5

 5.4 接口性能技术要求 5

 5.5 接口功能与设计规范 6

6 数据设计及质量评估方法 7

 6.1 协同研发平台认证信息获取 7

 6.2 关键数据脱敏 7

7 数据传输安全要求 7

 7.1 总体安全约束 7

 7.2 多认证机制使用边界 7

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：中国船级社、水上载运装备安全研究院、武汉理工大学、上海船舶运输科学研究所。

本文件主要起草人：孙旭、王剑凡、赵旭会、李忠建、郑茂、乔继潘。



绿色智能船舶协同研发平台接口技术要求

1 范围

本文件规定了绿色智能船舶协同研发平台在接口交互过程中的一般要求、数据传输要求、数据设计及质量评估方法、数据传输安全要求，包含系统架构、接口总体约束、多模式数据传输、文件交互接口、接口性能、接口设计规范、认证、数据脱敏、多认证机制边界等技术内容。

本文件适用于绿色智能船舶协同研发平台开展船舶研发、仿真计算、物理台架试验、联合仿真试验业务过程中，平台与业务子系统、外部设备、第三方集成系统、不同用户角色之间的各类软件接口设计、开发、测试与集成对接。

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。

ISO/IEC 20922:2016 信息技术 — 消息队列遥测传输（Information technology — Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1）

ECMA 404 JSON 数据交换语法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

接口 interface

软件子系统、模块或软件配置项之间用于交换数据与控制信息的约定边界，包含交互协议、数据格式、调用方式、参数定义、异常处理等交互规则。

4 一般要求

4.1 系统架构

平台的系统架构如图1。



图1 绿色智能船舶协同研发平台架构

4.2 平台接口总体要求

协同研发平台应能够对接仿真试验、物理台架试验、联合仿真试验等业务子系统，通过标准化接口实现指令下发、数据交互、状态监控；平台接口应能够兼容多类用户、多类外部设备接入，保障跨地域协同研发业务正常开展。

接口还应满足以下通用约束：

- a) 接口所有 JSON 交互数据字符集应采用 UTF-8；
- b) 时间字段统一采用 UTC 时间戳；
- c) 接口返回错误码应遵循平台统一编码规则，错误信息应具备可读性；
- d) 接口宜支持版本化管理，版本变更应向下兼容。

5 数据传输要求

5.1 协同研发平台数据传输方式

5.1.1 文件类和 JSON 数据传输 Http/Https

5.1.1.1 JSON 数据传输

基于HTTP/HTTPS协议的JSON格式数据传输执行ECMA-404标准，适用于以下场景：

- a) 使用OpenFeign进行微服务间调用，接口协议遵循RESTful风格，采用application/json作为内容类型，使用POST或GET方法传输；
- b) 前后端接口通信统一采用RESTful API，接口路径以/api/开头，数据格式为标准 JSON，字段定义参照平台数据字典。

5.1.1.2 普通文件上传下载

适用于上传或下载不超过 10MB 的常规类型文件，如图片(JPEG/PNG)、文本(.txt)、Word(.docx)、Excel(.xlsx)等。

- a) 上传方式：采用multipart/form-data格式通过HTTP POST方式上传，接口路径统一为 /api/file/upload；
- b) 下载方式：通过 HTTP GET请求文件资源地址，服务器支持断点续传。

5.1.1.3 大文件数据上传/下载

适用于传输超过 10MB 的大文件，如视频、3D 模型、工程仿真数据等，需采用以下机制确保传输效率与稳定性：

- a) 传输协议是基于 HTTP/HTTPS，支持 RESTful API；
- b) 分片传输机制要求文件按顺序分为若干分片(默认每片大小为 5MB,可配置)，每片上传一次；
- c) 上传接口路径示例为：POST /api/file/upload/part，参数包含 fileId、chunkIndex、chunkData 等；上传完成后，调用 POST /api/file/merge 合并文件，参数包含所有分片索引；
- d) 断点续传机制要求前端可调用 GET /api/file/upload/status?fileId=xxx 查询已上传的分片；服务器记录每个分片上传状态，支持客户端断线重传；
- e) 秒传机制要求上传前客户端计算文件 MD5，调用 POST /api/file/check-exists；若服务器已存在相同文件，则返回上传成功结果，无需上传；
- f) 上传失败可重试最多 3 次，每次间隔 2~5 秒，使用幂等处理防止重复写入。

5.1.2 试验指令和消息类数据传输 (WebSocket)

为支持协同研发平台的实时消息推送与跨地域仿真/试验指令交互，WebSocket 通信需满足以下要求：

- a) 客户端在有网络连接条件下，主动连接服务端公网 IP，WebSocket 服务端地址格式为：
- b) ws(s)://{server_ip}:{port}/ws/connect；
- c) 客户端身份由服务端统一管理，连接时需携带 Token（如 JWT）进行身份认证；

- d) 心跳机制:客户端每隔 30 秒发送一次心跳包(格式为 JSON 字符串:{"type": "heartbeat"})以维持连接,服务器端响应 pong 消息确认连接有效性;超时 90 秒未收到心跳将视为断开连接;
- e) 平台应支持接收来自不同客户端的消息,根据消息中的 type 字段分发到相应的功能模块进行处理;
- f) 服务端可主动向特定客户端发送指令消息;
- g) 支持服务端对多个客户端群发统一消息,提供广播接口;
- h) 对于高频消息(>10次/s)使用 Redis 或 RabbitMQ 作为消息队列缓存,防止突发流量导致消息堆积或丢失。

5.1.3 试验过程时序类数据传输 RabbitMQ (MQTT)

MQTT协议执行ISO/IEC 20922:2016标准,适用于传感器数据、过程记录、仿真变量等高频/实时性强的时序数据传输,RabbitMQ 用于缓冲与持久化。具体要求如下:

5.1.3.1 主题命名规则 (Topic Structure)

为保障跨项目、跨服务主题一致性,主题命名应符合下列规则:

- a) 全部使用小写;
- b) 使用斜杠 / 分隔层级;
- c) 不建议使用空格或特殊字符;
- d) 避免过深嵌套,一般建议控制在 4~5 层。

5.1.3.2 消息结构与标识

MQTT 消息需使用标准 JSON 格式封装,消息缓存依托中间件或 Broker 配置,具体要求如下:

a) 消息缓存方式

对于 QoS=1 或 QoS=2 等级的消息,由 Broker 实现自动缓存;可设置`retain=true`,保存最新状态消息,供新建立连接的订阅方获取;可采用 Redis 或 Kafka 作为后端缓冲队列,支撑高频数据传输场景。

b) RabbitMQ 缓存与持久化策略

将 Exchange 与 Queue 均配置为durable=true,保障服务重启后消息不丢失;通过message-ttl参数设定消息留存时长,例如超过 60 秒未消费的消息自动删除;配置死信交换机dead-letter-exchange,对消费失败或异常消息进行处置;建议开启 Confirm 机制与 ACK 机制,保证消息发布与消费过程状态可靠。

c) 离线支持

客户端启用 MQTT 的Clean Session = false模式,Broker 将保存离线客户端的订阅信息,客户端重新上线后,可持续接收离线期间积压的消息。

5.2 平台通用文件数据交互接口

5.2.1 文件数据通用上传接口

本条款规范协同研发平台文件上传操作,统一上传接口设计,保障多类型文件上传的稳定性、安全性与可管理性。

5.2.1.1 适用范围

适用于所有需上传至协同研发平台的文件类数据,包括模型文件、配置文件、试验数据及日志文件等。

5.2.1.2 功能描述

文件通用上传接口应具备下列功能:

- a) 支持多种文件格式及大容量文件上传;
- b) 通过文件业务码区分不同业务类型文件;

- c) 支持断点续传及并发上传，提高传输效率；
- d) 实现文件版本管理，支持历史版本回溯。

5.2.1.3 接口说明

文件通用上传接口应满足下列接口约定：

- a) 接口协议：基于 HTTP/HTTPS 的 RESTful 接口；
- b) 请求参数：

示例：file 为待上传文件的二进制数据；fileBusinessCode 为文件业务码，标识文件类型；version（可选）为文件版本号；metadata（可选）为文件相关的元数据信息；返回结果为标准 JSON 格式，包含上传状态码、消息及文件唯一标识；错误处理为详细返回错误码及异常描述，支持重试机制。

5.2.1.4 性能要求

文件通用上传接口应符合下列性能要求：

- a) 支持单文件最大上传尺寸不低于 5GB；
- b) 支持断点续传，上传过程中断自动续传；
- c) 并发上传能力支持 ≥ 100 个并发连接。

5.2.1.5 安全要求

文件通用上传接口应满足下列安全要求：

- a) 采用 OAuth 2.0 进行身份认证和权限验证；
- b) 文件数据传输使用 TLS/SSL 加密；
- c) 上传文件需校验完整性，支持 MD5 或 SHA256 哈希校验。

5.2.2 文件数据通用下载接口

本条款规定统一文件下载服务接口，支撑仿真、试验服务高效获取文件，保障数据安全与完整。

5.2.2.1 适用范围

适用于协同研发平台内可下载的全部文件类型，包括模型数据、配置文件及历史试验数据。

5.2.2.2 功能描述

文件通用下载接口应具备下列功能：

- a) 通过下载指令码与文件地址精准定位文件；
- b) 支持大文件断点续传，保障下载稳定性；
- c) 权限验证，防止非法访问；
- d) 返回详细的下载状态信息，支持异常处理和恢复。

5.2.2.3 接口说明

文件通用下载接口应满足下列接口约定：

接口协议：支持 HTTP/HTTPS 协议；

示例：downloadCommandCode 为下载指令码，标识下载请求的文件类型和操作；fileURL 为文件访问地址或路径；返回结果为文件流数据，及下载状态信息；错误处理为返回标准错误码及详细说明，支持自动重试机制。

5.2.2.4 性能要求

文件通用下载接口应符合下列性能要求：

- a) 支持断点续传功能，保证大文件的完整下载；
- b) 高并发下载支持，确保服务稳定性；
- c) 下载速率应满足 $\geq 10\text{MB/s}$ （视网络环境调整）。

5.2.2.5 安全要求

文件通用下载接口应满足下列安全要求：

- a) 接口调用需通过身份验证机制；

- b) 传输过程使用 TLS/SSL 保障数据加密；
- c) 访问控制严格，确保文件仅被授权用户下载。

5.2.3 不同用户角色视角下的接口需求

协同研发平台同时服务模型开发人员、测试人员、系统管理员、第三方集成方等用户角色。各类角色业务职责不同，接口设计应充分考虑不同用户的业务场景和使用目标。

5.2.3.1 模型开发人员需求

- 平台接口应具备以下能力：
- a) 需上传大批量模型文件；
 - b) 支持文件版本管理；
 - c) 便捷的文件检索和更新机制。

5.2.3.2 测试人员需求

- 平台接口应具备以下能力：
- a) 快速下载模型及相关配置文件；
 - b) 批量获取文件接口；
 - c) 试验数据上传与下载需求。

5.2.3.3 系统管理员需求

- 平台接口应具备以下能力：
- a) 权限管理接口；
 - b) 操作日志和调用日志查询接口；
 - c) 系统状态监控相关接口。

5.2.3.4 第三方集成方需求

- 平台接口应具备以下能力：
- a) 标准化接口文档；
 - b) API 调用支持（如 RESTful）；
 - c) 安全认证接口。

5.3 协同研发平台网络数据流拓扑

网络数据流拓扑见图 2，平台通过通信服务端、通信客户端完成指令与数据交互。

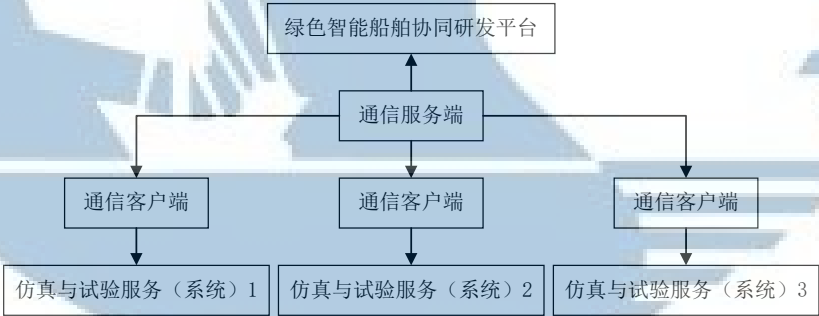


图2 网络数据流拓扑图

5.4 接口性能技术要求

接口性能是协同研发平台稳定高效运行的基础，各项指标应满足如下规定。

5.4.1 带宽与传输速率

- 平台带宽配置及传输速率应符合下列要求：
- a) 平台应根据业务文件大小、并发规模配置最低网络带宽，保障文件交互业务正常运行；

- b) 大文件上传、下载传输速率应满足业务场景要求，受网络链路条件影响可适度浮动。

5.4.2 并发能力

平台接口并发处理能力应符合下列要求：

- a) 平台接口应支持多客户端并发请求，并发指标应满足平台业务规模；
- b) 接口宜支持负载均衡与水平扩展，适配业务量增长。

5.4.3 稳定性与可用性

平台接口的稳定性与可用性应符合下列要求：

- a) 平台接口服务可用性宜不低于 99.9 %；
- b) 传输链路异常场景，接口应具备重试、容错处置能力。

5.4.4 断点续传和容错

针对网络异常场景，断点续传与容错处理应满足下列要求：

- a) 大文件上传、下载接口应支持断点续传，降低网络中断带来的重复传输开销；
- b) 发生网络异常时，客户端应执行合理重传策略，避免频繁重传加重服务端压力。

5.4.5 监控与报警

接口运行状态监控与报警应满足下列要求：

- a) 应提供接口性能指标监控能力，可采集吞吐量、响应时延、错误率等指标；
- b) 接口发生性能超限、大量报错等异常，宜支持自动报警。

5.5 接口功能与设计规范

协同研发平台对接多个测试子系统、数据通信子系统，接口设计应标准化、规范化，保障子系统间交互稳定、可靠、高效。

5.5.1 接口设计原则

平台接口设计应遵循下列原则：

- a) 规范化：接口协议、参数、返回格式、错误码应统一；
- b) 模块化：接口按业务功能解耦划分，职责边界清晰；
- c) 安全性：具备身份认证、权限控制、数据加密、防非法访问能力；
- d) 可扩展性与可维护性：预留扩展字段，便于后续业务迭代，便于故障排查。

5.5.2 接口功能要求

平台接口应具备下列功能：

- a) 具备文件分类上传/下载功能；
- b) 具备版本控制功能；
- c) 具备权限验证和访问控制；
- d) 具备日志记录与审计功能；
- e) 具备异常处理与反馈机制。

5.5.3 接口交互流程

客户端与平台之间接口业务交互流程应满足下列规定：

- a) 交互流程图用于描述客户端-平台之间完整业务交互逻辑，用于接口开发、联调依据；
- b) 正常流程应遵循请求-响应模式；
- c) 应定义异常分支流程，明确出错后的重试、回退处理逻辑。

5.5.4 平台与研发设备间接口规范

平台与外部研发设备之间进行数据与指令交互应符合下列要求：

- a) 设备通信可采用 TCP/IP、MQTT 等协议；

- b) 交互数据格式宜采用 JSON，可根据业务选用 XML；
- c) 应定义设备编码规则，实现设备身份识别；
- d) 支持设备实时数据交互、远程命令下发控制。

6 数据设计及质量评估方法

6.1 协同研发平台认证信息获取

认证信息可采用 AES 加密算法 CBC 模式生成，依靠密文与初始化向量完成身份校验，接口调用时携带加密认证信息，实现身份鉴别，具体要求如下：

- a) 服务端与客户端预存统一 32 字节密钥；
- b) 客户端、服务端均采用 CBC 模式执行加解密；
- c) 客户端生成 IV 初始化向量以及加密密文，随接口请求发送至服务端；
- d) 服务端接收初始化向量与密文，使用预共享密钥解密，完成身份合法性判断。

6.2 关键数据脱敏

关键数据传输、存储过程应开展脱敏处理，保障数据安全。脱敏处理由**数据发送方调用接口输出数据前完成，平台接收端可进行二次校验。

a) 脱敏范围

包括但不限于用户身份标识（如用户ID、账号）、设备编号、位置信息、行为记录、访问日志等敏感数据字段。

b) 脱敏规则

对于结构化数据字段，采用以下处理方式：

- 采用部分掩码方式（如“张三”→“张*”）；
- 身份标识符（如 ID）：使用 AES 加密算法或不可逆哈希处理（如 SHA-256）；
- 位置信息：精度模糊化处理（如保留至县/区级）；
- 日志信息中的敏感内容在输出前应进行字符替换或加密处理。

c) 处理流程

- 数据生成阶段即进行初步脱敏；
- 日志写入、传输前再次进行敏感字段识别与处理；
- 数据存储前进行脱敏版本与原始版本的隔离存储，确保访问权限受控。

d) 权限与解密管理

- 具备特定授权的用户方可访问原始敏感数据；
- 解密操作需经过审计与权限验证，确保数据恢复过程安全、可追溯。

7 数据传输安全要求

7.1 总体安全约束

所有对外接口通信链路应启用加密传输；接口调用均应完成身份鉴别，禁止匿名访问。

7.2 多认证机制使用边界

平台包含多套认证机制，适用边界如下：

- a) OAuth2.0：用于 HTTP/HTTPS RESTful 文件接口身份认证；
- b) JWT Token：用于 WebSocket 连接建立阶段身份鉴权；
- c) AES-CBC 加密认证：作为可选用的附加身份校验手段，可与前两者组合使用。