



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟标准

AII/015-2022

工业终端设备信息模型 测试规范

Industrial Terminal Equipment Information Model :

Test Specification

工业互联网产业联盟

(2022年5月16日)



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

目 次

目 次	1
前 言	1
工业终端设备信息模型 测试规范	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1	1
工业终端设备 industrial terminal equipment	1
3.2	1
工业互联网信息模型（Industrial Internet Information Model, 3IM）	1
4 缩略语	1
5 测试项目概述	1
6 测试通用要求	2
6.1 测试流程	2
6.2 测试环境搭建	3
7 测试步骤	4
7.1 设备信息模型表示能力测试	4
7.2 设备建模管理能力测试	6
7.3 设备通信能力测试	8
7.4 设备应用能力测试	10
7.5 设备互操作能力测试	11

前 言

本文件是工业终端设备信息模型测试的基础标准。

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

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这些专利的责任。

随着技术的发展,本标准会作适当的修订。

本文件起草单位:机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国信息通信研究院、中国科学院沈阳自动化研究所、华为技术有限公司、**中兴通讯股份有限公司**。

本文件主要起草人:赵艳领、公彦杰、余思聪、胡永康、黄颖、刘阳、李栋、程春卯、**高峰**、田力、文武。

工业终端设备信息模型 测试规范

1 范围

本标准规定了工业终端信息模型的测试要求，涉及工业终端设备信息模型表示能力、设备信息建模能力、设备通信能力、设备服务能力、设备互操作能力测试项目，适用于工业设备信息模型相关应用功能的测试验证。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本检测细则的引用而成为本检测细则的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本检测细则。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本检测细则。

GB/T 40209-2021 制造装备集成信息模型 通用建模规则
AII XXXXX—XXXX 工业互联网信息模型 系统应用要求

3 术语和定义

3.1

工业终端设备 industrial terminal equipment

面向工业互联网领域，在工业现场具备感知、控制、执行能力的，承担生产及管理任务的硬件设施。

3.2

工业互联网信息模型 industrial internet information model, 3IM

指工业互联网全要素、全价值链、全产业链在信息空间的标准化表达。

[来源：AII XXXXX—XXXX 工业互联网信息模型 系统应用要求]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

OPC UA 开放平台通信统一架构（Open Platform Communications Unified Architecture）

NAS 网络附属存储（Network Attached Storage）

PLC 可编程控制器（Programmable Logic Controller）

XML 可扩展标记语言（Extensible Markup Language）

JSON JS数据对象表示(JavaScript Object Notation)

5 测试项目概述

测试项组成及依赖关系总体要求如下：

——测试项分为5大类共26个子项，包含工业终端设备信息模型的表示能力、建模能力、通信能力、服务能力、互操作能力测试；

——5大类测试项是逐层递进关系，如果前面的测试项没有通过，后面的测试项无法继续进行；

测试项列表如下，具体测试步骤及预期结果详见本标准第7章：

序号	测试项分类	测试项
1	设备信息模型表示能力测试	1-1 模型表示依据核查 1-2 模型文件可获取能力测试 1-3 模型文件与标准符合度测试 1-4 信息模型与传输协议耦合度测试 1-5 类型、实例引用关系测试 1-6 标准模型库引用测试
2	设备建模管理能力测试	2-1 建模工具功能测试 2-2 设备信息模型安装性测试 2-3 模型解析能力测试 2-4 设备信息模型兼容性测试 2-5 模型完备性测试 2-6 模型管理能力测试
3	设备通信能力测试	3-1 设备数据接入能力测试 3-2 设备数据与模型文件一致性测试 3-3 设备长期运行稳定性测试 3-4 设备通信异常处理能力测试 3-5 设备数据断点续传能力测试 3-6 设备重启数据保持能力测试
4	设备应用能力测试	4-1 数据预处理能力测试 4-2 设备语义描述能力测试 4-3 历史数据存储能力测试 4-4 设备信息模型数据安全访问测试
5	设备互操作能力测试	5-1 设备安全连接测试 5-2 通用云平台通信测试 5-3 跨厂家设备互操作测试 5-4 设备规模性能测试

6 测试通用要求

6.1 测试流程

工业终端设备信息模型测试流程如图1所示。

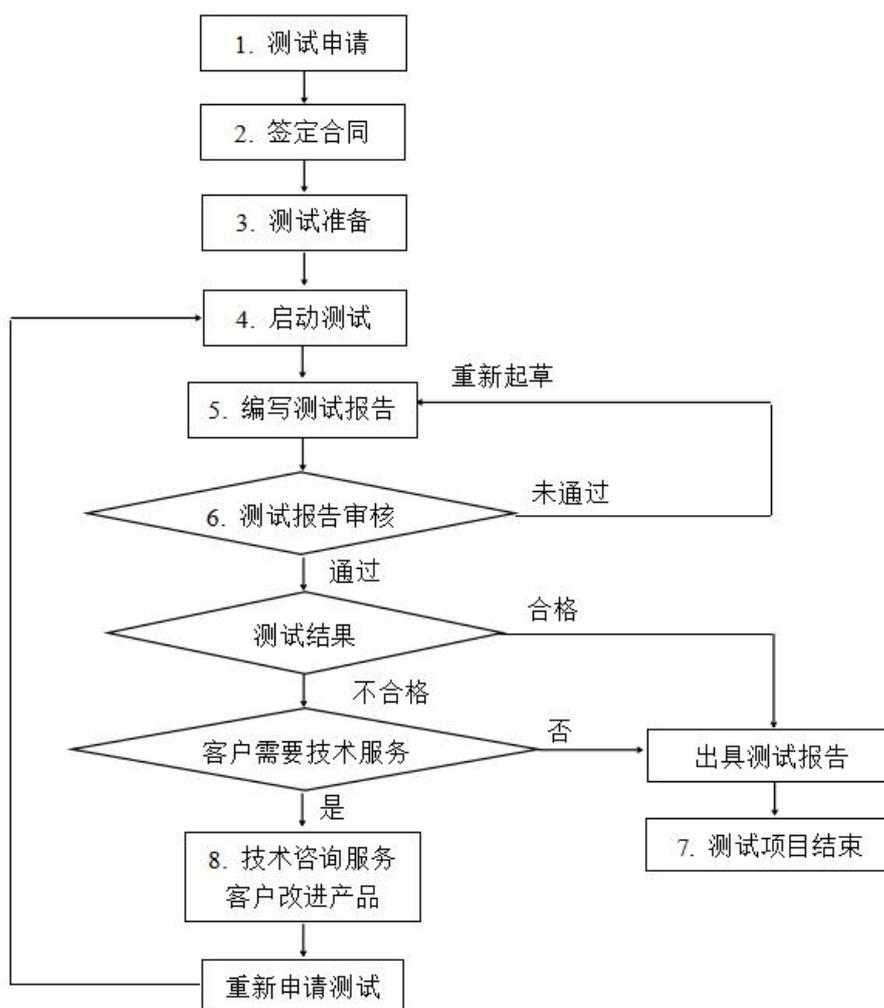


图1 测试流程

6.2 测试环境搭建

用户提供被测设备的同时,需根据设备实际运行环境,配合测试人员在实验室完成测试环境的配置,需提供的物品及测试环境配置要求如下:

表1 用户需要提供的物品

序号	需提供物品	是否提供
1	被测设备	必选
2	使用手册	必选
3	设备配置软件	必选
4	数据源	可选
5	软件系统 / 云平台	可选

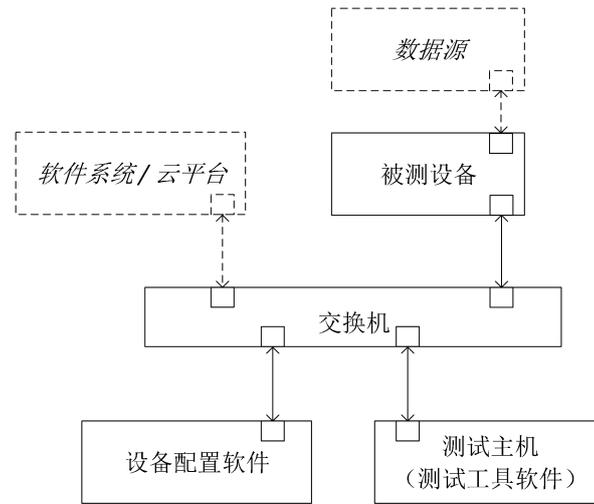


图2 测试环境

7 测试步骤

测试人员可以根据被测工业终端设备支持的功能列表，选择以下部分或者全部测试用例执行测试。

7.1 设备信息模型表示能力测试

7.1.1 模型表示依据核查

测试编号	1-1
测试项目	建模依据的标准核查
测试目的	设备信息模型的构建应当有依据的规范、标准
测试方式	人工审查
前置条件	被测设备提供了模型描述文件
测试步骤	1) 提供信息模型文件； 2) 遍历信息模型文件，与建模标准对照，对符合性给出核查结论。
预期结果	信息模型符合标准。

7.1.2 模型文件可获取能力测试

测试编号	1-2
测试项目	模型文件可获取能力测试
测试目的	模型描述文件可以方便地被需求方获取。
测试方式	人工审查/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 阅读信息模型说明文档； 2) 测试信息模型获取方式； 3) 如果模型是文档形式提供，需要核查描述信息是否清晰准确无歧义；

	4) 如果模型以独立文件形式提供, 需验证文件是否可以通过设备本体的通信接口获取。
预期结果	1) 模型文件以说明文档形式, 手动分发; 2) 模型文件以 XML 等标准格式, 可通过通信接口获取。

7.1.3 模型文件与标准符合度测试

测试编号	1-3
测试项目	模型文件与标准符合度测试
测试目的	模型文件应与依据的建模标准、规范一致
测试方式	遍历测试/人工审查
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 测试建模元素是否与标准/规范一致; 2) 测试数据类型是否与标准/规范一致; 3) 测试引用关系是否与标准/规范一致; 4) 测试类型定义是否与标准/规范一致; 5) 测试模型结构是否与标准/规范一致; 6) 测试模型文件编码方式是否与标准/规范一致;
预期结果	建模元素、数据类型、引用关系、类型定义、模型结构、模型文件编码方式与标准/规范一致。

7.1.4 信息模型与传输协议耦合度测试

测试编号	1-4
测试项目	信息模型与传输协议耦合度测试
测试目的	测试设备信息模型是否与通信协议绑定。
测试方式	遍历测试/动态测试。
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境; 2) 分别导入 XML、JSON 等格式的信息模型文件; 3) 在系统对导入的模型进行查看、调用等操作。
预期结果	1) 模型文件与通信协议的耦合程度测试, 如果数据基于 JSON 文件传输, 不需要依赖特定协议; 2) 如果数据与协议绑定, 应提升有效数据载荷占比及可用性。

7.1.5 类型、实例引用关系测试

测试编号	1-5
测试项目	类型、实例引用关系测试
测试目的	1) 类型、实例可分别定义; 2) 实例可以通过引用关联特定类型。
测试方式	遍历测试/动态测试。

前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 测试设备信息模型文件中的类型定义、实例定义； 2) 检查 1..n 个实例与模型的引用关系； 3) 遍历信息模型中的所有实例，都有类型定义。
预期结果	1) 信息模型中的实例引用了类型定义； 2) 类型可分层定义、引用，不重复。

7.1.6 标准模型库引用测试

测试编号	1-6
测试项目	测试模型是否可以引用标准模型库中的模型、组件
测试目的	验证系统与多种信息模型建模环境对接的能力
测试方式	遍历测试/动态测试。
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 测试设备信息模型文件，是否引用了标准模型库中的模型定义； 2) 引用的标准模型、组件是否与模型库中的定义一致。
预期结果	1) 标准模型库中已定义的标准模型、组件，不应重复定义； 2) 设备信息模型引用的标准模型、组件与模型库中的定义一致。

7.2 设备建模管理能力测试

7.2.1 建模工具功能测试

测试编号	2-1
测试项目	建模工具功能测试
测试目的	验证建模工具能否创建符合规范的信息模型
测试方式	动态测试
前置条件	被测设备同时提供了信息建模工具
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 利用建模工具创建设备信息模型； 3) 将创建的信息模型下载到被测设备中。
预期结果	1) 建模工具具有良好的易用性； 2) 建模过程能涵盖标识、类、属性、关系、事件、服务、参数等关键要素； 3) 模型能正常下载到设备。

7.2.2 设备信息模型安装性测试

测试编号	2-2
测试项目	设备信息模型安装性测试
测试目的	验证信息模型在正常情况和异常情况下能否正确地安装和使用
测试方式	遍历测试/动态测试。
前置条件	系统运行正常

测试步骤	<ol style="list-style-type: none"> 1) 将命名正确的信息模型文件存放在正确的存储位置; 2) 将命名错误的信息模型文件存放在正确的存储位置; 3) 将命名正确的信息模型文件存放在错误的存储位置; 4) 删除设备中信息模型文件。
预期结果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 将命名正确的信息模型文件存放在正确的存储位置, 设备能正常加载信息模型文件, 其他情况下设备不能正常加载信息模型文件; 2) 删除设备中信息模型文件后, 设备信息模型运行异常。

7.2.3 模型解析能力测试

测试编号	2-3
测试项目	模型解析能力测试
测试目的	验证设备能否正常加载信息模型文件
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	<ol style="list-style-type: none"> 1) 读取设备中信息模型文件; 2) 修改文件中属性 ID、名称信息; 3) 将修改后的信息模型文件下载到设备; 4) 读取设备信息模型。
预期结果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 设备能够正常加载修改后的信息模型文件; 2) 属性 ID 及名称信息为更改后的值。

7.2.4 设备信息模型兼容性测试

测试编号	2-4
测试项目	设备信息模型兼容性测试
测试目的	验证设备能否支持 XML、JSON 等格式的信息模型文件的加载
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	<ol style="list-style-type: none"> 1) 准备测试环境; 2) 向设备导入 XML、JSON 等格式的信息模型; 3) 在设备中对导入的模型进行查看、调用等操作。
预期结果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 信息模型成功导入; 2) 操作指令均被成功执行。

7.2.5 模型完备性测试

测试编号	2-5
测试项目	模型完备性测试
测试目的	验证建模工具生成的设备信息模型要素是否齐全, 信息模型是否包括标识、类、属性、关系、事件、服务、参数等关键要素

测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 读取系统信息模型文件； 3) 解析信息模型。
预期结果	设备中信息模型包括标识、类、属性、关系、事件、服务、参数等关键要素

7.2.6 模型管理能力测试

测试编号	2-6
测试项目	模型管理能力测试
测试目的	验证信息模型管理能力是否符合规范
测试方式	核查测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 测试模型版本变更日志； 2) 测试模型存储能力； 3) 测试模型维护日志。
预期结果	1) 相关日志文件记录清晰，齐全； 2) 模型管理系统运行稳定并可提供系统运行报告。

7.3 设备通信能力测试

7.3.1 设备数据接入能力测试

测试编号	3-1
测试项目	设备数据接入能力测试
测试目的	验证设备能否支持 Modbus、Profinet、cc-Link IE 等标准协议、私有协议、OPC UA 等开放式通信协议。 注：特定通信协议的一致性测试需符合相关标准的要求。
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 提取系统测试数据集； 3) 遍历测试数据集数据格式，验证数据格式的多样性； 4) 向系统发送整型、字符型、浮点型等类型数据。
预期结果	1) 设备能够正常接收不同类型的数据； 2) 设备支持宣称的通信协议。

7.3.2 设备数据与模型文件一致性测试

测试编号	3-2
------	-----

测试项目	设备数据与模型文件一致性测试
测试目的	验证信息模型定义的节点、属性、引用关系、节点层级结构与模型描述文件相符
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 通过设备提供的通信接口，遍历设备信息模型中的数据。
预期结果	信息模型定义的节点、属性、引用关系、节点层级结构与模型描述文件相符

7.3.3 设备长期运行稳定性测试

测试编号	3-3
测试项目	设备长期运行稳定性测试
测试目的	验证设备是否具备长期运行的能力
测试方式	人工审查/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 设备满负载连续运行 48 小时。
预期结果	设备满负载连续运行 48 小时期间，CPU、内存等资源无溢出，功能正常

7.3.4 设备通信异常处理能力测试

测试编号	3-4
测试项目	设备通信异常处理能力测试
测试目的	验证设备是否具备通信异常处理能力
测试方式	故障模拟测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 拔插通信线缆造成通信断开故障； 3) 利用发包工具发送大量数据构造数据堵塞场景； 4) 配置错误设备地址或者端口号造成连接失败。
预期结果	设备能正确处理通信断开、数据堵塞、连接失败等异常情况并在故障修复后继续正常工作。

7.3.5 设备数据断点续传能力测试

测试编号	3-5
测试项目	设备数据断点续传能力测试
测试目的	设备通信中断期间可以对数据缓冲，通信恢复后上传
测试方式	故障模拟测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境；

	2) 拔插通信线缆造成通信断开，维持断开状态一段时间； 3) 恢复通信连接，检查通信数据是否包含通信中断期间的缓存值。
预期结果	1) 断开时间小于被测设备支持的数据缓存时间，连接恢复后所有数据可上传； 2) 断开时间超过被测设备支持的数据缓存时间，连接恢复后较新数据可上传。

7.3.6 设备重启数据保持能力测试

测试编号	3-6
测试项目	设备重启数据保持能力测试
测试目的	验证设备重启后是否可以加载重启前最后通信值
测试方式	动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 准备测试环境； 2) 设备正常运行时记录模型中某个节点的实时值； 3) 对设备进行断电或复位重启； 4) 设备恢复通信后记录初始值。
预期结果	设备重启后节点的初始值与重启前最后一个通信值相同，设备重启对过程无扰。

7.4 设备应用能力测试

7.4.1 数据预处理能力测试

测试编号	4-1
测试项目	数据预处理能力测试
测试目的	验证模型能否对数据进行用户定义的预处理
测试方式	动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 设备与测试环境建立通信连接； 2) 用户可以自定义计算逻辑，对信息模型节点值进行简单计算。
预期结果	用户自定义的计算逻辑计算结果正确

7.4.2 设备语义描述能力测试

测试编号	4-2
测试项目	设备语义描述能力测试
测试目的	验证设备数据是否有完备的语义描述能力
测试方式	动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 设备与测试环境建立通信连接； 2) 设备数据节点值具有明确的物理单位、量程、报警限值等语义信息。
预期结果	节点值与语义信息相符

7.4.3 历史数据存储能力测试

测试编号	4-3
测试项目	历史数据存储能力测试
测试目的	验证设备历史数据节点是否可以在信息模型中表示
测试方式	动态测试
前置条件	1) 分配用户历史数据读写权限； 2) 设备运行一段时间，积累一定历史数据。
测试步骤	1) 测试设备信息模型是否支持历史数据存储； 2) 测试历史数据存储的时间间隔、记录方式等配置信息是否生效； 3) 读取指定时刻、时间段的历史数据，判断设备返回的结果是否正确。
预期结果	1) 信息模型中的历史数据可以通过修改节点的属性，打开或关闭历史数据存储功能； 2) 历史数据可以在设备本体或外部数据库存储，但需要通过信息模型统一访问。

7.4.4 设备信息模型数据安全访问测试

测试编号	4-4
测试项目	设备信息模型数据安全访问测试
测试目的	通过信息模型提供的设备数据可以安全访问
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	被测系统提供测试账户，开放相应数据迁移服务接口，访问地址等，允许测试系统远程接入
测试步骤	1) 测试被测设备与测试软件之间是否可以建立匿名、用户名/密码方式的连接； 2) 测试被测设备与测试软件之间是否可以建立基于证书的安全连接； 3) 判断不同用户对设备数据的访问/读写权限是否与模型定义一致。
预期结果	数据访问权限与模型定义一致，支持不同等级的安全访问机制。

7.5 设备互操作能力测试

7.5.1 设备安全连接测试

测试编号	5-1
测试项目	设备通信连接测试
测试目的	相同协议、不同厂家、已认证设备是否可以与被测设备建立基本的通信连接
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	1) 被测设备正常运行； 2) 与被测设备通信的设备、系统软件加入信任列表。
测试步骤	1) 遍历被测设备支持的通信协议、连接方式，支持相同通信协议的设备、系统软件是否可以与被测设备建立连接； 2) 测试身份认证功能是否生效； 3) 测试传输数据是否加密处理。
预期结果	1) 设备信息模型可以存储全局唯一的设备 ID（或证书）； 2) 设备之间可以解析通信节点的身份标识、可实现基于安全策略的传输数据加密、数据读写等权限控制。 3) 设备与设备之间、设备与信息系统之间可以通过 IP 或其它设备标识信息，经过一

	次配置，可重复建立稳定通信连接；
--	------------------

7.5.2 通用云平台通信测试

测试编号	5-2
测试项目	通用云平台通信测试
测试目的	验证设备与通用云平台之间的通信能力
测试方式	动态测试
前置条件	根据被测设备宣称支持的云平台，完成设备的通信参数配置
测试步骤	1) 配置被测设备与支持的云平台之间建立通信连接； 2) 记录设备上行、下行数据在不同网络环境下的数据流。
预期结果	1) 设备经过简单配置可以与不同云平台建立通信； 2) 在网络环境波动情况下，连接不会中断，数据通信能力满足需求。

7.5.3 跨厂家设备互操作测试

测试编号	5-4
测试项目	跨厂家设备互操作测试
测试目的	验证设备之间的互操作能力
测试方式	遍历测试/动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 使用2种以上的设备与被测设备建立安全连接； 2) 操作每个设备遍历被测设备信息模型中的数据，测试返回信息是否符合信息模型定义。
预期结果	1) 支持相同传输协议的跨厂家设备的数据通信； 2) 跨厂家设备与被测设备通信时，测试服务响应时间，且在规定的响应时间内返回请求结果。

7.5.4 设备规模性能测试

测试编号	5-5
测试项目	设备规模性能测试
测试目的	验证被测设备在满负荷运行时的互操作能力
测试方式	动态测试
前置条件	系统运行正常
测试步骤	1) 配置被测设备的物理通信接口达到带载能力上限； 2) 配置通信连接数、周期通信节点数到达上限； 3) 设备处于正常运行状态； 4) 访问被测设备信息模型中的数据，记录通信响应时间。
预期结果	1) 设备满足宣称的带载能力； 2) 设备在满负载通信条件下，模型数据请求应答时间在正常范围内，互操作能力不受影响。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

参 考 文 献

- [1] GB/T 33863 《OPC统一架构》.
-