



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/001-2023

工业大数据

松耦合交换技术应用指南

Application guide for industrial big data loosely coupled interchange
technology

工业互联网产业联盟

(2023年9月发布)

目 次

前 言	2
引 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 缩略语	6
5 松耦合交换技术应用总体原则	6
5.1 工业大数据互联互通原则	6
5.2 结构兼容性原则	6
6 松耦合交换技术应用要点	6
6.1 工业大数据松耦合结构	6
6.2 工业大数据接口建设	7
6.2.1 工业大数据结构基本协议	7
6.2.2 工业要素数据属性定义	8
6.2.3 工业要素技术参数标识协议	8
6.2.4 工业要素类别标识协议	8
6.2.5 工业要素数据类型标识协议	9
6.3 工业群建设与管理	9
6.3.1 概述	9
6.3.2 工业群功能参考模型	9
6.3.3 群成员参考模型	10
6.3.4 数据发布/订阅接口	12
6.3.5 适配器接口	12
6.4 数据发布/订阅协议	13
6.5 松耦合交换技术实施	13

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。

本文件牵头编写单位及主要起草人：

浙江清华长三角研究院：赵骥、赵博、吴教丰、齐晓锐、黄辉先

本文件参与编写单位及主要起草人：

北京航天智造科技发展有限公司：曹玉龙

杭州老板电器股份有限公司：葛皓、卜天娇、俞佳良

北京航空航天大学：宋晓、李文欣、刘路、孙炳利

长春理工大学：于正林，石贺，段景淞，邵长顺

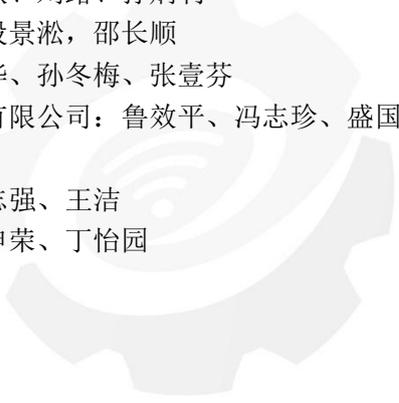
浙江中控技术股份有限公司：姚华、孙冬梅、张壹芬

卡奥斯工业智能研究院（青岛）有限公司：鲁效平、冯志珍、盛国军

华为技术有限公司：孔超、张元

佳禾智能科技股份有限公司：唐志强、王洁

上海新迪数字技术有限公司：陆申荣、丁怡园



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

引 言

随着工业互联网的深度应用，企业信息化、数字化、智能化转型，产生了海量的工业数据。打破“数据孤岛”，将工业数据“变废为宝”，发挥工业数据价值，是智能制造企业未来提升竞争力的手段。

面向工业互联网平台内不同系统间数据交换需求，智能制造企业在工业互联网平台调度下的灵活定制、柔性配置、按需生产的需求，工业大数据松耦合交互技术具有重要意义。

工业大数据松耦合交换技术通过一系列的接口定义工业要素类型、属性、具体参数等，作为工业群成员参与生产任务的数据交换，所有参与生产任务的群成员共同组建一个工业群。工业群及群成员可根据企业需求动态组建，工业大数据松耦合交换技术可以实现企业生产要素的动态加入、动态退出，工业大数据按需交换。

推动工业大数据松耦合交换技术应用，指导企业异构系统间数据松耦合交换、互操作，打破“数据孤岛”，使得工业互联网平台的应用企业充分利用、调动工业大数据，驱动企业的智能制造转型发展，提高竞争力。

本文件是工业互联网标准体系（版本 3.0）系列标准之一。

随着技术发展和工业大数据松耦合交换的持续深入应用，广泛吸收产业界应用的反馈意见，不断推进标准化研究工作，还将制定后续的相关标准。

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

工业大数据松耦合交换技术应用指南

1 范围

本文件提出了工业互联网环境下应用工业设备或信息系统数据松耦合交换技术的建议,给出了工业大数据松耦合交换技术的接口要求、工业群建设与管理、松耦合交换技术实施所需考虑的要点信息。

本文件适用于智能制造中具有工业大数据特征的企业,为其柔性配置、按需生产,提供松耦合数据交换技术应用指导,进行战略性部署。

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 41778-2022

信息技术 工业大数据 术语

GB/T 42383.2-2023

智能制造 网络协同设计 第2部分:软件接口和数据交互

3 术语和定义

GB/T 41778-2022, 3.21、GB/T 42383.2-2023, 3.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业要素 industrial elements

工业互联网环境中参与数据交换的各种工业设备、工具、软件、产品、物料、人员、模型等对象。

3.2

耦合性 coupling

工业互联网环境下,多源异构系统间数据接口、信息交互方式相互依赖程度的一种度量。

[来源:GB/T 42383.2-2023, 3.1, 有改动]

3.3

松耦合结构 loosely coupled structure

在工业互联网环境下,多源异构系统间耦合性低的一种互联互通结构。

注:松耦合结构对需要进行数据交换的工业要素宜通过适配封装的方式,实现数据的发布和订阅,从而实现多源异构系统的互联互通。松耦合结构满足数据实时交换要求,同时能够处理工业要素动态加入、动态退出,满足集成后的系统柔性可配置、系统运行连续稳定可靠的应用需求,从而达到工业要素从紧耦合集成到松耦合互联的转变。

3.4

工业大数据 industrial big data

在工业活动过程中产生的具有体量巨大、来源多样、生成极快、多变等特征并且难以用传统数据体系结构有效处理的包含大量数据集的数据。

注：一般分成三类，即企业信息化数据、工业物联网数据以及外部跨界数据。其中，企业信息化和工业物联网中机器产生的海量时间序列数据是工业数据规模变大的主要来源。

[来源：GB/T 41778-2022, 3.21]

3.5

工业群 industrial groups

工业互联网环境下，对于工业要素的协作关系以及范围的一种描述。

示例：一条生产线上的物料、加工设备、物流、人员等所有参与方都可纳入到工业互联网环境中，构成一个工业群。

注1：工业大数据的复杂性、多样性，决定其数据的松耦合交换在一定的协作时期内具有一定范围，对于各种不同数据需求的工业要素，需要建立不同的工业群，只有在同一个工业群中的成员才能进行数据交互。

注2：一个工业群可以根据数据交换的需要动态建立，完成数据交换后各成员可以动态退出，待全部退出后群解散，也可根据需要再次组建。

3.6

群成员 industrial group members

构成一个工业群的工业要素。

示例：封装后的机器设备、物料、产品、工装、人以及软件系统等。

注：对于一个工业群而言，群内的群成员根据业务需要，相互之间连接、断开连接，其核心是群成员有数据交换的需求和能力，能满足群成员在信息上的集成协作。

3.7

适配器 adapter

将各种工业要素封装，使内部的异构数据能够转换为所定义的数据格式，并通过一类/一组公共接口发布出去，能够被其他群成员所接收和识别。

3.8

发布/订阅模式 publish/subscription pattern

在工业群中，群成员间一种消息传递模式。

注：在一个工业群中，数据的发布是有目标的，但不是直接由发布者传达给订阅者，而是发布者发布关于该数据的信息，消息中带有数据标识和获取数据的方式信息，接收者根据标识订阅消息、消费数据，即发布者发布/产生消息，订阅者通过工业群匹配，作为群成员进行数据订阅/消费。

3.9

交互网 interactive network

对工业全要素松耦合互联系统的抽象描述。

注：交互网是工业互联网的一个子集，是工业大数据的重要来源，也是工业大数据的重要应用。一个交互网可包含多个工业群，各个工业群的成员可以有交叉，即某一个工业要素可以加入不同的工业群，以实现不同的业务目标。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

JSON：轻量级数据交换格式（JavaScript Object Notation）

PDM：产品数据管理系统（Product Data Management）

SEC：强度-信息熵中心性（Strength-Entropy Centrality）

5 松耦合交换技术应用总体原则

5.1 工业大数据互联互通原则

制造企业宜根据自身生产情况、信息化程度，对接入工业互联网的工业要素进行标准化接口建设。

5.2 结构兼容性原则

工业大数据松耦合结构在所应用企业自身的信息化基础上，与制造企业已有的工业要素、信息系统正确交换数据，正确使用数据，能够协作完成生产任务。

6 松耦合交换技术应用要点

6.1 工业大数据松耦合结构

工业大数据松耦合结构宜分为工业大数据接口建设、工业群建设与管理、数据发布/订阅三个方面。工业大数据松耦合结构见图1。

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

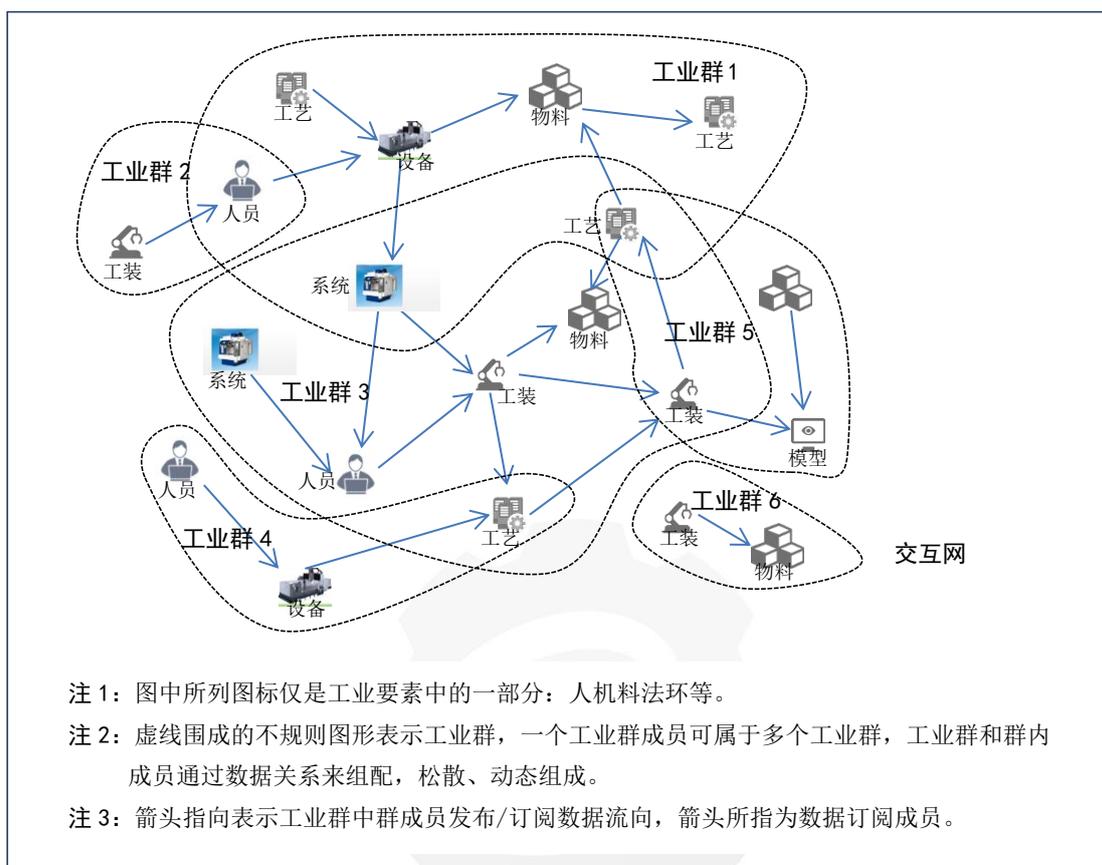


图 1 工业大数据松耦合结构

6.2 工业大数据接口建设

6.2.1 工业大数据结构基本协议

宜建立一个定义工业大数据结构的基本文件，规定哪些节点对应哪些业务类别的数据。比如发布方从PDM中提取的某个零件数据是一套数据，诸如设计图纸、三维模型、仿真数据、工艺数据、NC代码等，包含的内容很多，应通过预先定义的基本协议保证接收方正确定位和解析这些内容。

协议定义如下：

a) 根节点；

名称：用“F”表达。

用来校验文件是否具有指定的业务含义，即是否是工业大数据结构框架文件。属性见表1。

表 1 工业大数据结构文件中根节点的属性

名称	说明
Id	数据的类型在群内的唯一标识，比如为某种类型零件的某类数据指定一个 ID。
Name	根节点名称。
Note	对数据的附加说明。

b) 子节点。

每个节点的属性见表2。

表 2 工业大数据结构文件中子节点的属性

名称	说明
Id	工业要素在文件内的唯一标识。
Name	工业要素的名称，比如“机器人的实体模型”。
Type	工业要素的类别，比如“工艺流程”。对应于《6.2.4 工业要素类别标识协议》中的规定。
Note	对工业要素的附加说明。

6.2.2 工业要素数据属性定义

企业宜根据具体的业务需求，对工业要素的数据属性进行定义，包括但不限于：

- a) 定义工业要素本身属性，包含标识类属性（如编号、名称、型号、版本等）、功能描述类属性（如规格、所能提供的功能等参数）；
- b) 定义工业要素作用属性，包含状态属性（如要素特点、运行状态、功能情况等）、要素关联属性（如参与的任务号、参与的任务名称、要素检测情况、要素能耗、所处的环境参数等）。

6.2.3 工业要素技术参数标识协议

该协议是对工业要素数据属性定义的解析。协议定义如下：

- a) 根节点；

名称：用“H”表达。

用来校验文件是否具有指定的业务含义，即是否是群成员参数标识定义文件。属性见表3。

表 3 工业要素技术参数标识定义文件中根节点的属性

名称	说明
Id	参数的所有者在工业群内的唯一标识，比如机器人的 ID。
DataId	数据标识，对于某类关联数据的唯一的标识。

- b) 一级子节点。

名称：亦用“H”表达，属性见表4。

表 4 工业要素技术参数标识定义文件中一级子节点的属性

名称	说明
Id	某个参数在工业群内的唯一标识。
Name	参数的名称，比如“机器人的机器臂移动速度”。
Note	对参数的进一步解释。

6.2.4 工业要素类别标识协议

用来规定工业要素类别。

- a) 根节点；

名称：用“I”表达。

用来校验文件是否具有指定的业务含义，即是否是工业要素类别标识定义文件。

- b) 一级子节点。

名称：亦用“I”表达，属性见表5。

表 5 工业要素类别标识定义文件中一级子节点的属性

名称	说明
Id	某个类别在工业群内的唯一标识，比如机器人定义为：Robot。
Name	类别的名称解释，比如“机器人”。
Note	对类别的附加说明。

6.2.5 工业要素数据类型标识协议

宜建立一个专门定义所有数据类型的文件，一方面将异构数据源的数据类型定义统一起来，避免歧义，另一方面保持灵活性，可以增加标准数据类型之外的、在群内有效的自定义数据类型。这个文件称为数据类型标识定义文件，协议如下：

a) 根节点；

名称：用“D”表达。

用来校验文件是否具有指定的业务含义，即是否是群成员数据类型标识定义文件。

b) 一级子节点。

名称：亦用“D”表达，属性见表6。

表 6 群成员数据类型标识定义文件中一级子节点的属性

名称	说明
Id	某个数据类型在工业群内的唯一标识，比如 64 位整型定义为“Int64”。
Name	数据类型的名称，比如“64 位整型”。
Note	对数据类型的附加说明。尤其对自定义数据类型有用。

6.3 工业群建设与管理

6.3.1 概述

制造企业宜根据具体的生产需求、业务需求，将参与某一任务的全部工业要素组建成群，这些要素即为群成员。根据不同的任务建设不同的工业群，只有在一个群的成员才能进行数据交换，当然，一个工业要素可能位于不同的工业群中。

6.3.2 工业群功能参考模型

工业群包含若干功能和接口，其功能参考模型见图2。

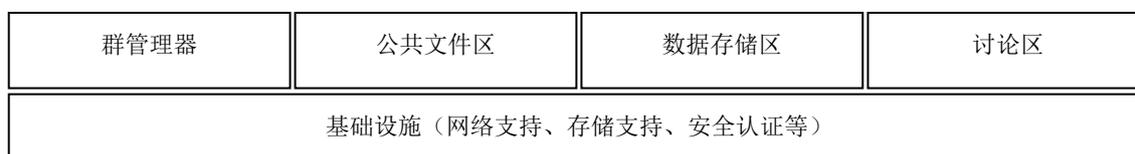


图 2 工业群功能参考模型

功能参考模型各模块说明如下：

a) 群管理器；

群管理器的主要作用是对工业群以及群成员进行管理，包括但不限于表7所示功能。

表 7 群管理器的必要功能

名称	说明
群数据建立	建立群的基础信息，其包含数据标识（DataId）、数据名称（DataName）、数据属性（Data，Key-Value 形式）。群成员通过数据标识来操作和访问数据。
群成员认证	通过所定义的群及群成员，校验及判别成员是否归属于本群（通过群成员连接关系进行查询校验），确保群成员之间的数据交换安全性。
群成员加入	自动创建成员 ID（群内）。
群成员退出	自动注销成员 ID（群内）。
群成员信息管理	能够查询群成员的各种属性，如群成员 ID、名称等。
群数据监控	能够对交互网所建立的群、群成员数量、发布及订阅的数据量等进行可视化监控。

b) 公共文件区；

用来发布若干公共文件（主要有两类：工业要素类别标识定义文件和群成员数据类型标识定义文件），它们遵循各自的协议（见6.2部分），以保证各个成员均能够识别和解析数据。

这些公共文件相当于群内成员进行数据交互的参考准则。

c) 数据存储区；

群成员发布数据时，将关于数据的消息发布到数据存储区，群成员接收者会接到消息，并从存储区自动提取数据，完成订阅。接口函数见“数据发布/订阅接口”。

d) 讨论区；

讨论区用于提供群成员之间的简单消息收发，尤其是当组成一个群的成员来自于多个组织实体（比如多个企业或一个企业内的多个部门等）或一个成员分属于不同群时，可以使用讨论区进行业务沟通（跨群，数据分发）。

e) 基础设施。

基础设施是工业要素加入工业互联网的基础条件，包括且不限于网络、群成员运行的机器支撑、数据存储等。

6.3.3 群成员参考模型

将一个工业要素封装成一个群成员，要提供其必要的功能，以保证与其他成员能够互相识别并有效安全交换数据。群成员功能参考模型见图3。

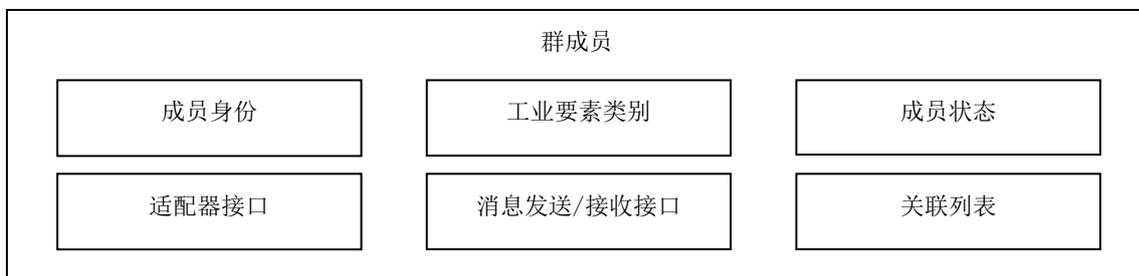


图 3 群成员功能参考模型

功能模块说明如下：

a) 成员身份；

成员的唯一标识，与群成员校验配合定义，至少包括表8所示的三个属性。

表 8 群成员身份的属性

标识	数据类型	说明
Id	字符串	成员 ID，在工业群的范围内唯一标识一个成员。32 位 16 进制数值。
Name	字符串	成员的名称解释，比如“XX 机器人”。其中，XX 不是型号和规格等，而是其他名词，比如某车间某工位机器人，是工业要素名称，对应唯一 ID。
Note	字符串	对成员的附加说明。

b) 工业要素类别；

对于每一种工业要素，赋予一个唯一标识，即每个群成员被赋予一个这样的ID，其只能属于某一个类别。

c) 成员状态；

用字符串表达，包括三种状态，见表9。

表 9 群成员状态

状态标识	含义	说明
INIT	初始化	正常工作前，需要根据公共文件进行适配，以保证与其他成员的数据互识别和可交换，通常这不是个自动化过程，需要人工配置，比如修改某个配置文件、调整适配器的内部结构等。
NORMAL	工作	群成员处于工作状态，运行中。
EXIT	退出	群成员退出，即暂时不能正常工作或已退出工作，比如设备处于检修状态、设备已经报废、系统运行不正常等。

d) 适配器接口；

群成员用于交换的数据格式体现在适配器接口中，具体内容见6.3.5。

e) 消息发送/接收接口；

该模块用来发送数据、发布消息和扫描群平台获取数据消息。函数的参数见表10。

表 10 消息发送/接收的函数参数

名称	数据类型	说明
Id	字符串	成员 ID。
PubId	字符串	消息发送者 ID，若成员为发布者，则为 True。32 位 16 进制数值。
SubId	字符串	消息接收者 ID，若成员为订阅者，则为 True。32 位 16 进制数值。
MsgId	字符串	数据消息标识，其中关联数据标识 (DataId)。
Result	字符串	1 代表成功，0 代表失败。

发布数据消息和订阅数据消息的时候，会通过这个模块标识ID，调用接口函数发布和获取消息。

f) 关联列表。

指与成员连接的工业群及其他成员ID和相关属性，以此来表达群成员工业互联的耦合程度，见表11。

表 11 群成员关联列表中的各项属性

标识	数据类型	说明
Id	字符串	关联成员 ID。
DataId	字符串	数据标识 ID。

表 11 群成员关联列表中的各项属性（续）

标识	数据类型	说明
Weight	16 位整型	消息传递的链路权重。消息传递的链路权重由其消息收发的频率来确定（频率越高，权重越大）。
SEC	16 位整型	评估工业互联成员（群成员）的复合中心性，以此来评价成员在交互网的耦合性和中心性，基于 SEC 值调整连接关系和数据交换策略，从而保证数据正常交换，满足工业互联稳定运行需求。

6.3.4 数据发布/订阅接口

用于定义群成员中数据发送和接收的接口函数，其中数据发布即数据发送，数据订阅即数据接收，说明如下：

a) 消息获取：

参数见表12。函数返回数据消息获取是否成功。

表 12 消息获取函数的参数

名称	数据类型	说明
MsgId	字符串	消息 ID，标识数据消息
DataId	字符串	数据标识 ID，标识数据。
Result	字符串	函数调用的返回值，success 代表消息获取成功，failed 代表消息获取失败。

b) 消息接收：

从群成员处收到数据发布消息，参数见表13。函数返回数据消息是否接收成功。

表 13 消息接收函数的参数

名称	数据类型	说明
SubId	字符串	数据消息接收者 ID。其与成员 ID 相关联。
MsgId	字符串	消息 ID，标识数据消息。
Msg	字符串	接收的数据，即群数据的 Data。
Result	字符串	函数调用的返回值，success 代表消息接收成功，failed 代表消息接收失败。

c) 消息发布。

群成员发布数据消息，参数见表14。函数返回数据消息是否发布成功。

表 14 消息发布函数的参数

名称	数据类型	说明
PubId	字符串	数据消息发布者 ID。其与成员 ID 关联。
MsgId	字符串	消息 ID，标识数据消息。
Msg	字符串	发布的数据，即群数据的 Data。
Result	字符串	函数调用的返回值，success 代表消息发布成功，failed 代表消息发布失败。

关于数据的消息，按照“数据发布/订阅协议”规定的属性形成JSON格式的字符串进行传递。

6.3.5 适配器接口

宜定义适配器的公共接口函数，各种适配器的开发要遵循这些接口要求，以保证要素资源基本的互通性。这部分是要素资源的标准化定义，其屏蔽掉了不同工业要素的连接特性，结合群成员管理，实现工业要素在工业群及交互网中的注册。公共接口函数包括但不限于：

a) 数据模板；

提供规定群成员所需要的技术参数标识定义文件，以备数据发送方匹配。比如一个机器人需要外部的驱动数据，此处文件中规定了该数据的定义。参数见表15。

表 15 数据模板函数的参数

名称	数据类型	说明
Key	字符串	用以找到所对应的一组数据的技术参数标识定义文件。
DataId	字符串	数据标识 ID。
Result	字符串	函数调用的返回值，表达与参数匹配的文件，success 代表成功，failed 代表失败。

b) 技术参数。

包含具体技术参数的数据。参数见表16。

表 16 技术参数的函数参数

名称	数据类型	说明
ParaData	字符串	技术参数。
DataId	字符串	数据标识 ID。
Data	字符串	群数据，其为 Key-Value 形式。
Result	字符串	函数调用的返回值，表达与参数匹配的文件，success 代表成功，failed 代表失败。

6.4 数据发布/订阅协议

对于发布的数据，只有订阅过该数据的群成员才能进行接收。对于订阅的数据，通过数据标识 (DataId) 来匹配发布者。

数据发布消息属性见表17。

表 17 数据发布消息的属性

名称	说明
DataId	数据的唯一标识。
PubId	作为发布方的群成员 ID。
SubId	作为订阅方的群成员 ID。

6.5 松耦合交换技术实施

制造企业宜采取适宜的松耦合交换技术应用方式，有序进行松耦合交换技术实施。可选择的实施方式包括但不限于以下方式：

a) 混合建设，在不改变当前的连接方式下，对新加入工业互联网的工业要素采用松耦合交换技术结构的连接方式，将已有平台或系统的工业要素数据集成到新建设的松耦合交换技术结构中；

b) 实施部署，企业宜根据自身智能化发展水平、工业数据体量，在松耦合交换技术实施时，选择本地部署或者是工业互联网云平台部署，建议现场层级的数据集成应用部署在本地，系统层级的数据集成应用可部署在云平台。