

工业数字孪生建模与应用

职业技能等级标准

标准代码：510076

（2021年2.0版）

树根互联股份有限公司 制定

2021年12月 发布

目 次

前言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 适用院校专业.....	3
5 面向职业岗位（群）	5
6 职业技能要求.....	6
参考文献.....	13

前 言

本标准按照GB/T1.1-2020《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。

本标准起草单位：树根互联股份有限公司、三一重工股份有限公司、湖南三一工业职业技术学院、清华大学、同济大学、武汉理工大学、中国电子企业协会、上海宝钢研究院、广州番禺职业技术学院、中国航空工业集团有限公司、白云电气集团有限公司、上海优也信息科技有限公司、北京兰光创新科技有限公司、美林数据技术股份有限公司、戴尔（中国）有限公司大连分公司。

本标准主要起草人：贺东东、易小刚、杨昉、冯世进、李德、董云庭、郭朝晖、宁振波、程咏斌、朱铎先、于洋、马佳佳、梁敬锋、陈立峰、杨卫、郑志喜、支潇、刘乐星、王雅平、段文娟、陈零、陆廷荣、张武金、赵晶、徐作栋、梁宗厚、曾宏波、匡益明。

声明：本标准的知识产权归属于树根互联股份有限公司，未经树根互联股份有限公司同意，不得印刷、销售。

1 范围

本标准规定了工业数字孪生建模与应用职业技能等级对应的工作领域、工作任务及职业技能要求。

本标准适用于工业数字孪生建模与应用职业技能培训、考核与评价，相关用人单位的人员聘用、培训与考核可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

170053-T-339 工业互联网 总体网络架构

GB/T 38619-2020 工业物联网 数据采集结构化描述规范

GB/T 37695-2019 智能制造 对象标识要求

AII/001-2017 工业互联网平台 通用要求

GB/T 38666-2020 信息技术 大数据 工业应用参考架构

3 术语和定义

20170053-T-339、GB/T 38619-2020、GB/T 37695-2019、AII/001-2017、GB/T 38666-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 数字孪生 (Digital Twin)

数字孪生简单来说是通过信息技术将物理设备映射到数字化的虚拟空间。其是一个充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程。数字孪生技术被广泛应用在产品的设计、产品制造、医学分析、工程建设等领域，是“工业互联网+智能制造”的重要基础技术。

3.2 物模型(Thing Model)

物模型指将物理空间中的实体数字化，并在云端构建该实体的数据模型。物模型由属性、状态、指令等所组成，用于设备管理和数据交互。通过物模型将现实设备映射到虚拟化数字空间，便可对现实设备进行状态跟踪、分析、预测等操作。

3.3 工业互联网(Industrial Internet of Things, IIoT)

工业互联网是满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，是新一代信息通信技术与先进制造业深度融合所形成的新兴业态与应用模式。

3.4 数字化工厂 (Digital Factory, DF)

数字化工厂是由数字化模型、方法和工具构成的综合网络，包含仿真和3D/虚拟现实可视化，通过连续的没有中断的数据管理集成在一起。

3.5 稼动率 (Utilization)

稼动率是指设备在所能提供的时间内为了创造价值而占用的时间所占的比重。是指一台机器设备实际的生产数量与可能的生产数量的比值。

3.6 整体设备效率 (overall equipment effectiveness, OEE)

整体设备效率是一个评量生产设施有效运作的指数。其计算结果是通用的，甚至可以比较不同行业。整体设备效率也可以作为关键绩效指标和精益生产的效率指标。

3.7 开放平台 (open platform)

在软件行业和网络中，开放平台是指软件系统通过公开其应用程序编程接口(API)或函数(function)来使外部的程序可以增加该软件系统的功能或使用该软件系统的资源，而不需要更改该软件系统的源代码。

4 适用院校专业

4.1 参照原版专业目录

中等职业学校：机电技术应用、数控技术应用、焊接技术应用、工业自动化仪表及应用、电气运行与控制、电气技术应用、计算机应用、计算机网络技术、软件与信息服务、电子与信息技术、电子技术应用、通信技术、机械制造技术、工业机器人技术应用、物联网技术应用等专业。

高等职业学校：数控技术、焊接技术与自动化、工业设计、自动化生产设备应用、机电一体化技术、电气自动化技术、工业过程自动化技术、智能控制技术、工业网络技术、工业机器人技术、电子信息工程技术、应用电子技术、智能产品开发、计算机应用技术、计算机网络技术、软件技术、嵌入式技术与应用、云计算技术与应用、通信技术、机械制造与自动化、工业工程技术、机械装备制造技术、物联网应用技术、物联网工程技术等专业。

高等职业教育本科学校：电气工程及其自动化、电子信息工程、通信工程、软件工程、网络工程、物联网工程、智能制造工程、机械设计制造及其自动化、工业机器人技术、自动化技术与应用等专业。

应用型本科学校：信息与计算科学、测控技术与仪器、电气工程及其自动化、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、信息工程、计算机科学与技术、软件工程、网络工程、信息安全、物联网工程、智能制造工程、焊接技术与工程、智能科学与技术、电子与计算机工程、机械设计制造及其自动化、工业机器人技术、自动化技术与应用等专业。

4.2 参照新版职业教育专业目录

中等职业学校：机电技术应用、数控技术应用、焊接技术应用、工业自动化仪表及应用、电气设备运行与控制、计算机应用、计算机网络技术、软件与信息服务、电子信息技术、电子技术应用、现代通信技术应用、机械制造技术、工业机器人技术应

用、物联网技术应用等专业。

高等职业学校：数控技术、智能焊接技术、工业设计、智能制造装备技术、机电一体化技术、电气自动化技术、工业过程自动化技术、智能控制技术、工业互联网技术、工业机器人技术、电子信息工程技术、应用电子技术、智能产品开发与应用、计算机应用技术、计算机网络技术、软件技术、嵌入式技术应用、云计算技术应用、现代通信技术、机械制造及自动化、工业工程技术、机械装备制造技术、物联网应用技术、智能互联网络技术等专业、工业互联网应用等专业。

高等职业教育本科学校：电气工程及其自动化、电子信息工程技术、现代通信工程、软件工程技术、网络工程技术、物联网工程技术、智能制造工程技术、机械设计制造及自动化、机器人技术、自动化技术与应用等专业、工业互联网工程、工业互联网技术等专业。

应用型本科学校：信息与计算科学、测控技术与仪器、电气工程及其自动化、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、信息工程、计算机科学与技术、软件工程、网络工程、信息安全、物联网工程、智能制造工程、焊接技术与工程、智能科学与技术、电子与计算机工程、机械设计制造及其自动化、机器人工程、自动化等专业。

5 面向职业岗位（群）

【工业数字孪生建模与应用】（初级）：主要面向应用工业互联网或工业人工智能技术的工业企事业单位的设备动力部、生产管理部、售后服务部、工艺管理部等部门，从事设备物联配置实施、设备维修和运维、工艺调试、质量管理、生产计划、设备技改等工作。

【工业数字孪生建模与应用】（中级）：主要面向应用工业互联网或工业人工智能技术的工业企业、系统集成公司、职业教育服务企业等单位的项目实施部、产品研发

部、设备动力部、生产管理部、售后服务部等部门，从事产品试验测试、设备数字化改造、设备维修和运维、工艺调试、工业互联网教育培训等工作。

【工业数字孪生建模与应用】（高级）：主要面向应用工业互联网或工业人工智能技术的工业企业、系统集成公司、职业教育服务企业等单位的数字化方案部门、项目实施部门、产品研发部、智能制造部、售后服务部等部门，从事产品试验测试、数字化工厂规划和实施、设备智能化维护、工艺优化、工业互联网教育培训等工作。

6 职业技能要求

6.1 职业技能等级划分

工业数字孪生建模与应用职业技能等级分为三个等级：初级、中级、高级，三个级别依次递进，高级别涵盖低级别职业技能要求。

【工业数字孪生建模与应用】（初级）：主要面向工业企业实施设备智能运维、智能后市场服务等工业互联网应用的部门，以及工业互联网服务商企业的系统实施等部门，从事工业设备数字孪生建模的分析、定义等工作，根据业务场景需求，配置设备模型、设备报警、设备指令，搭建设备数字孪生模型可视化应用。

【工业数字孪生建模与应用】（中级）：主要面向工业企业实施数字化工厂、数字化产线、智能后市场服务等工业互联网应用的部门，以及工业互联网服务商企业的产品设计、产品开发、系统实施等部门，从事数字化工厂建设、设备现场应用场景分析和需求定义等工作，根据业务场景需求，配置开发设备数据模型、产线复合物数据模型、设备指标体系配置，基于设备数字孪生模型和可视化配置开发平台搭建产线级和车间级看板。

【工业数字孪生建模与应用】（高级）：主要面向工业企业实施智能制造、数字化工厂、智慧后市场服务等工业互联网应用的部门，工业互联网应用服务商企业的产品

设计、产品开发、系统实施等部门，从事关键设备能效分析、精益生产、数字化工厂建设、设备现场应用搭建和实施等工作，根据设备机理，工艺特征，设备资产管理要求，基于设备数字孪生模型和开放平台，开发基于 IoT 数据的指标，驱动精益生产管理，开发针对具体场景的数字孪生工业 APP。

6.2 职业技能等级要求描述

表 1 工业数字孪生建模与应用职业技能等级要求（初级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1.设备数字孪生模型定义	1.1 设备现场调研	1.1.1 能介绍工业数字孪生的基本概念及内涵。
		1.1.2 能列举工业数字孪生的常见应用场景。
		1.1.3 能识别工业现场常见工控协议和端口。
		1.1.4 能识别常见工业现场硬件。
		1.1.5 能与设备用户沟通，输出准确的设备点表。
	1.2 设备数字孪生模型分析	1.2.1 能对设备点表进行准确归类整理，明确参数含义、数据类型、工程单位、计算需求、采集频率等属性。
		1.2.2 能参考标准设备模型，分析设备报警类别。
		1.2.3 能根据设备报警类别来设置报警触发规则。
		1.2.4 能根据设备使用场景，分析设备控制指令及控制规则。
	1.3 设备数字孪生模型定义输出	1.3.1 能输出规范的设备模型参数表。
		1.3.2 能输出设备的报警列表，报警类型，报警级别。
		1.3.3 能设置报警触发条件并编写对应的报警代码。
		1.3.4 能按规范要求输出设备控制指令列表，控制规则。
	2.设备数字孪生模型配置开发	2.1 设备数字孪生模型配置
2.1.2 能根据模型定义，完成设备物模型报警配置。		
2.1.3 能根据模型定义，完成设备物模型指令配置。		
2.1.4 能完成物联网关模型配置。		
2.2 物联网关配置		2.2.1 能够完成设备工控协议及协议相关参数配置。
		2.2.2 能够完成 MQTT 客户端相关参数配置。
		2.2.3 能够完成设备点表参数（南向）配置。
		2.2.4 能够完成设备点表映射（北向）配置。
2.3 设备数字孪生模型发布		2.3.1 能将设备物模型进行发布。
		2.3.2 能将网关物模型进行发布。
		2.3.3 能基于设备物模型创建与实体设备对应的设备实例。

		2.3.4 能基于网关物模型创建与实体设备对应的网关实例。
	2.4 模型双向数据测试与验证	2.4.1 能结合设备使用场景，完成设备实例工况数据的准确验证。
		2.4.2 能结合设备使用场景，完成设备实例工况数据的实时性验证。
		2.4.3 能结合设备使用场景，完成设备实例报警功能的实时性和准确性验证。
		2.4.4 能结合设备使用场景，完成设备实例控制指令功能准确性验证。
3.工业数字孪生可视化应用搭建	3.1 可视化应用设计	3.1.1 根据设备使用场，创建可视化项目，完成应用初始化。
		3.1.2 根据设备使用场，规划可视化项目的布局。
		3.1.3 根据设备属性特征，正确使用可视化组件进行应用配置。
		3.1.4 根据应用场景需求，正确使用可视化素材进行应用配置。
	3.2 数据源配置	3.2.1 能完成可视化应用与设备数字孪生模型的绑定设置。
		3.2.2 能根据设备特征，完成设备实时参数和报警与相关组件的配置开发。
		3.2.3 能根据设备实物组成，完成实时参数与动态组件的配置开发。
		3.2.4 能根据设备数据模型，在设备画面完成设备控制指令的配置开发。
	3.3 可视化应用发布	3.3.1 能够完成可视化应用的成功发布。
		3.3.2 根据设备实例数据，能完成设备可视化应用的数据准确性和实时性测试验证。
		3.3.3 根据设备模型，能完成设备可视化应用中设备报警数据的验证和测试。
		3.3.4 根据设备模型，能完成设备可视化应用中设备控制功能的验证和测试。

表 2 工业数字孪生建模与应用职业技能等级要求（中级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 单设备数字孪生建模	1.1 设备数字孪生模型	1.1.1 能识别工业现场常见工业控制器、工控协议和端口。
		1.1.2 能识别常见工业现场常见自动化系统。

	定义	1.1.3 能独立完成设备点表和关键指标调研，并输出文档。	
		1.1.4 能基于设备运行机理，梳理输出设备常见指标的计算逻辑，如开机率、作业率等。	
		1.1.5 能独立整理和准确输出设备数字孪生模型定义文档。	
	1.2 设备数字孪生模型配置开发	1.2.1 能根据模型定义，完成设备物模型属性、报警、指令的配置。	
		1.2.2 能准确选择相应的操作符和函数完成指标计算配置。	
		1.2.3 能够完成网关物模型配置。	
		1.2.4 能够完成物联网网关中，MQTT 客户端相关参数配置。	
		1.2.5 能够完成物联网网关中设备点表映射关系配置。	
	1.3 设备数字孪生模型发布和测试	1.3.1 能完成设备物模型和网关物模型发布操作。	
		1.3.2 能根据应用场景需求，基于网关物模型创建网关实例。	
		1.3.3 能根据应用场景需求，基于设备物模型创建设备实例。	
		1.3.4 能结合设备使用场景，验证设备实例数据准确性。	
		1.3.5 能结合设备使用场景，验证设备实例报警功能的实时性和准确性。	
		1.3.6 能结合设备使用场景，验证设备控制指令功能准确性。	
	2. 产线级数字孪生建模	2.1 产线级数字孪生模型定义	2.1.1 能梳理并输出多设备产线复合物模型的属性列表。
			2.1.2 能为复合物模型的属性设置合理的参数。
			2.1.3 能梳理并输出多设备产线复合物模型的报警列表。
			2.1.4 能输出多设备产线复合物模型定义文档。
2.2 产线级数字孪生模型配置		2.2.1 能完成产线复合物模型的创建。	
		2.2.2 能基于模型定义，选择合适的算子函数完成复合物模型属性添加。	
		2.2.3 能配置正确的复合物属性值来源。	
		2.2.4 能基于模型定义，完成复合物模型报警规则配置。	
2.3 产线级数字孪生模型发布和验证		2.3.1 能完成复合物模型和网关模型的发布。	
		2.3.2 能完成网关实例和复合物实例的创建。	
		2.3.3 能完成复合物实例实时数据准确性验证。	
		2.3.4 能完成复合物报警准确性验证。	
3. 业务管理指标配置开发	3.1 业务管理指标定义	3.1.1 了解常见物联网数据分析技术及其适用场景。	
		3.1.2 能够输出明确的管理指标定义。	
		3.1.3 能够输出明确的管理指标的计算规则。	

	3.2 基于数字孪生模型的指标配置开发	3.1.4 能够梳理并明确出指标计算所需的数据源。	
		3.2.1 能够完成指标计算任务的创建。	
		3.2.2 能够完成指标计算任务的编辑和删除管理。	
		3.2.3 能基于设备数字孪生模型，完成设备 IoT 数据的抽取和过滤。	
	3.3 业务管理指标输出和验证	3.2.4 能够完成对基于物模型的指标计算规则配置开发。	
		3.3.1 能完成指标计算任务的发布。	
		3.3.2 能完成数据抽取和过滤的准确性验证。	
		3.3.3 能完成指标计算的实时性验证。	
	4. 工业数字孪生可视化应用搭建	4.1 可视化应用设计	3.3.4 能完成指标计算的准确性验证。
			4.1.1 根据设备物模型特征，设计多设备可视化应用初始化。
4.1.2 根据应用场景需求，能使用正确的组件呈现设备实时数据。			
4.1.3 根据应用场景需求，能为组件选择正确的数据源。			
4.2 可视化应用搭建		4.1.4 根据设备特征和应用场景，能准确使用可视化组件呈现指标。	
		4.2.1 能完成可视化应用与设备数字孪生模型的绑定配置。	
		4.2.2 能根据设备实物组成，完成实时参数与动态组件的关联设置。	
		4.2.3 能根据设备物模型，在可视化应用中完成设备控制指令的配置开发。	
4.3 可视化应用发布		4.2.4 能上传自定义图片，并在组件关联自定义图片素材。	
		4.3.1 根据设备实例数据，能完成设备可视化应用的数据准确性和实时性测试验证。	
		4.3.2 根据设备物模型，能完成设备可视化应用中设备报警功能的验证和测试。	
		4.3.3 根据设备物模型，能完成设备可视化应用中设备控制功能的验证和测试。	
		4.3.3 能对设备下发指令，完成下发控制功能验证。	

表 3 工业数字孪生建模与应用职业技能等级要求（高级）

工作领域	工作任务	职业技能要求
1. 设备数字孪生建模	1.1 设备数字孪生模型	1.1.1 掌握几种常见工业数字孪生应用场景的基本原理。
		1.1.2 掌握常见工业控制器类型及应用。

	定义	1.1.3 理解 MQTT 协议及其特征。	
		1.1.4 掌握常见的设备物联方案及适用场景。	
		1.1.5 能独立整理和输出的产线级设备数字孪生模型定义文档。	
	1.2 设备数字孪生模型配置开发	1.2.1 能根据模型定义，完成设备物模型配置。	
		1.2.2 能根据模型定义，完成产线级设备复合物模型配置。	
		1.2.3 能根据模型定义，能完成指标计算配置。	
		1.2.4 能够在网关配置中，完成 MQTT 客户端相关参数配置。	
	1.3 设备数字孪生模型发布和测试	1.3.1 能将设备、网关、复合物的数字孪生模型进行发布。	
		1.3.2 能根据应用场景，基于数字孪生模型创建网关、设备、复合物实例。	
		1.3.3 能结合设备使用场景，验证设备实例数据准确性。	
		1.3.4 能结合设备使用场景，验证设备实例报警功能的实时性和准确性。	
	2. 业务管理指标配置开发	2.1 业务管理指标定义	2.1.1 了解常见物联网数据分析技术及其适用场景。
			2.1.2 能够根据业务管理需求，设计设备及产线的管理指标。
2.1.3 能够输出清晰的指标定义和计算规则。			
2.1.4 能够梳理并明确出指标计算所需的数据源。			
2.2 基于数字孪生模型的指标配置开发		2.2.1 能够熟练完成指标计算任务的创建、编辑、删除管理。	
		2.2.2 能完成设备 IoT 数据的抽取和过滤配置。	
		2.2.3 能够完成对多设备的指标计算代码块编写。	
		2.2.4 能够完成自定义维度的指标计算。	
2.3 业务管理指标验证		2.3.1 能完成指标计算任务的发布。	
		2.3.2 能完成设备指标计算的准确性验证。	
		2.3.3 能完成自定义维度的指标计算的准确性验证。	
		2.3.4 能根据验证结果完成自定义维度的指标计算的数据源修正。	
3. 工业数字孪生可视化应用搭建	3.1 可视化应用设计	3.1.1 根据设备数据模型特征，设计多设备可视化应用原型。	
		3.1.2 根据应用场景需求，能使用合适组件完成综合统计指标的呈现设计。	
		3.1.3 根据应用场景需求，能使用合适组件完成多设备产线的报警功能呈现。	
		3.1.4 根据应用场景需求，完成下发控制功能的呈现设计。	
	3.2 可视化	3.2.1 能完成设备可视化应用与设备物模型的绑定。	

	应用搭建	3.2.2 能根据设备特征，完成设备报警统计的关联配置。
		3.2.3 能根据设备实物组成，完成实时参数与动态组件的关联设置。
		3.2.4 能根据设备物模型，在设备可视化应用完成设备控制指令的配置。
		3.2.5 能上传自定义图片，并在组件关联自定义图片素材。
	3.3 可视化应用发布	3.3.1 根据设备实例数据，能完成设备可视化画面的原始数据准确性和实时性测试验证。
		3.3.2 根据设备模型，能完成应用中统计指标数据呈现的实时性验证。
		3.3.3 根据设备模型，能完成应用中统计指标数据呈现的准确性验证。
		3.3.4 能在发布后的画面中，对设备下发指令，完成下发控制功能验证。
4. 数字孪生工业 APP 开发	4.1 应用设计	4.1.1 能够从用户视角分析业务场景，输出用户故事。
		4.1.2 能够结合设备数字孪生模型，设计应用功能。
		4.1.3 能整理和输出工业 APP 的需求文档。
		4.1.4 能够输出应用的开发计划。
	4.2 应用配置开发	4.2.1 能够根据应用场景，完成应用框架设计和配置。
		4.2.2 能够根据需求文档，完成应用功能的配置开发。
		4.2.3 能够根据开发环境，完成技术性能测试。
		4.2.4 能够从用户视角完成应用功能的测试验证。
	4.3 应用发布	4.3.1 能够在数字孪生建模平台完成应用发布。
		4.3.2 能够完成应用的初始化配置。
		4.3.3 能够输出应用的操作指南。
		4.3.4 能够对应用目标用户提供培训。

参考文献

- [1] 国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见
- [2] 普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录（截至2019年）
- [3] 中等职业学校专业目录（2010年修订）
- [4] 普通高等学校本科专业目录（2012年）
- [5] 国家职业技能标准编制技术规程（2018 年版）
- [6] GB/T 5271.1-2000 《信息技术词汇第1 部分：基本术语》
- [7] 大数据安全标准化白皮书（2018 版）
- [8] 大数据标准化白皮书（2018 版）
- [9] 陈根. 数字孪生[M]. 北京:电子工业出版社, 2020.3
- [10] 丁飞. 物联网开放平台[M]. 北京:电子工业出版社, 2018.1
- [11] 工业数字孪生建模与应用（内训教材），树根互联，2020.1
- [12] 教育部关于印发《职业教育专业目录（2021年）》的通知（教职成〔2021〕2号）
- [13] 《教育部关于公布2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》
（教高函〔2020〕2号）
- [14] 《教育部关于公布2020年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》
（教高函〔2021〕1号）
- [15] 中等职业学校专业教学标准（2017年）
- [16] 高等职业学校专业教学标准（2019年）

[17] 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准（2018年）