ICS 35.240
CCS L 67

中华人民共和国国家标准

GB/T 46237—2025

信息技术　数字孪生能力成熟度模型

Information technology—Capability maturity model for digital twin

2025-10-05 发布　　2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

资料整理
火龙果科技 荐

目　　次

前言 …… Ⅲ
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　成熟度模型 …… 2
6　成熟度等级 …… 2
7　能力域 …… 2
8　能力要求 …… 3
8.1　概述 …… 3
8.2　基本要求 …… 3
8.3　核心能力要求 …… 3
8.3.1　数字模型 …… 3
8.3.2　孪生数据 …… 4
8.3.3　信息交互 …… 4
8.4　应用能力要求 …… 5
8.4.1　可视化 …… 5
8.4.2　仿真 …… 5
8.4.3　预测 …… 6
8.4.4　优化 …… 6
8.4.5　控制 …… 7
8.5　扩展能力要求 …… 7
8.5.1　功能更新 …… 7
8.5.2　系统集成 …… 7
附录 A（资料性）　数字孪生能力成熟度评估案例 …… 9
参考文献 …… 10

资料整理
火龙果科技 荐

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。

本文件由全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、中国电子技术标准化研究院华东分院、深圳赛西信息技术有限公司、北京航空航天大学、中国电子科技集团公司第三十八研究所、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、重庆邮电大学、金航数码科技有限责任公司、株洲中车时代电气股份有限公司、腾讯云计算(北京)有限责任公司、西安华云智联信息科技有限公司、电子科技大学、西门子(中国)有限公司、北自所(北京)科技发展股份有限公司、清华大学、浙江西图盟数字科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、石化盈科信息技术有限责任公司、天津市特种设备监督监检技术研究院、北京工业大学、西北工业大学、喀什地区电子信息产业技术研究院、武汉工学智联科技有限公司、中核武汉核电运行技术股份有限公司、中国电子科技集团公司第五十四研究所、南京维拓科技股份有限公司、西南石油大学、苏州格比智能科技有限公司、北京石油化工学院、西安航天自动化股份有限公司、无锡物联网创新中心有限公司、中建科技集团有限公司、北京电信规划设计院有限公司、中国烟草总公司郑州烟草研究院、中广核(上海)仿真技术有限公司、中移物联网有限公司、广州凡拓数字创意科技股份有限公司、上海大学、中国烟草机械集团有限责任公司、昆仑数智科技有限责任公司、建龙西林钢铁有限公司、贵州丰茂供应链管理股份有限公司、本溪钢铁(集团)信息自动化有限责任公司、精航伟泰测控仪器(北京)有限公司、上海海达通信有限公司、润屹兴科技(青岛)有限公司、深圳盼月亮创新技术有限公司、中诚智信工程咨询集团股份有限公司、福建中锐电子科技有限公司、安徽智汇云舟科技有限公司。

本文件主要起草人：韩丽、李佳、胡琳、陶飞、张星星、焦国涛、黎晓迎、郭磊、戚庆林、左鹏、陈志漫、黄旭炜、张晓梅、闫理跃、李建慧、胡成林、任志刚、杨贵林、纪婷钰、曾涛、朱国良、张辰源、马立群、李瑞琪、程颖、周彬、张树蕊、张智慧、姚新新、何智勇、梅述家、王辰康、李晓瑜、刘东庆、付根利、董接莲、陈树君、蒋志超、李振轩、刘海军、冯江涛、尚小磊、惠永川、李士宁、徐飞龙、张红旗、蒋志超、徐慧、马恒涛、弭如坤、张学琴、李爽、李竹青、丁亮、刘屹、周永、曹义军、朱文魁、郑坤、杨会甲、曾青华、王梓行、李家京、徐维利、张光昱、黄雅琳、孔令军、谢君亮、罗俊、李青、胡晓东、高洋、李飞、仵大奎、李善莲、张达鑫、谢明浩、郝海生、王华、于洋、陆俊、郑友敏、周舟。

资料整理
火龙果科技 荐

信息技术　数字孪生能力成熟度模型

1　范围

本文件给出了数字孪生能力成熟度模型的构成，规定了成熟度等级、能力域和能力要求。

本文件适用于数字孪生系统的规划、建设和评估。

2　规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

目标实体　target entity

现实世界被选中进行数字化映射的实体。

[来源：GB/T 43441.1—2023，3.2]

3.2

数字实体　digital entity

目标实体的数字化映射。

[来源：GB/T 43441.1—2023，3.3]

3.3

数字孪生　digital twin

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。

[来源：GB/T 43441.1—2023，3.4]

3.4

几何模型　geometric model

用于描述目标实体外形、内部结构、尺寸大小和空间位置的模型。

3.5

物理模型　physical model

用于描述目标实体物理属性和运行机理的模型。

3.6

行为模型　behavior model

用于描述目标实体状态转移、属性变化和响应机制的模型。

3.7

规则模型　rule model

用于描述目标实体相关规律、规则、标准、准则和约束的模型。

资料整理
火龙果科技 荐

3.8

数字孪生系统　digital twin system

基于数据驱动来实现目标实体与数字实体间各要素动态迭代的系统。

注：数字孪生系统由目标实体、数字实体，两者之间的数据连接以及数据连接过程中涉及的模型、数据和接口等要素组成。

[来源：GB/T 43441.1—2023，3.5]

3.9

功能重构　function reconfiguration

对现有数字孪生系统的功能进行组合、拆解、增强和选择性裁剪的过程。

4　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AR：增强现实（Augmented Reality）

ERP：企业资源计划（Enterprise Resource Planning）

MR：混合现实（Mixed Reality）

PDM：产品数据管理（Product Data Management）

PHM：故障预测与健康管理（Prognostics and Health Management）

QMS：质量管理系统（Quality Management System）

VR：虚拟现实（Virtual Reality）

5　成熟度模型

数字孪生能力成熟度模型由成熟度等级、能力域和能力要求构成。成熟度等级规定了数字孪生系统在不同阶段应达到的水平，能力域是一组相关的实践域，能力要求是成熟度等级对应需要满足的能力条件。

6　成熟度等级

成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为：一级（虚拟建模）、二级（虚实映射）、三级（双向交互）、四级（智能决策）和五级（自主演化）。各等级呈递进关系，较高等级涵盖了较低等级的能力要求。

一级（虚拟建模）：数字孪生系统应实现对目标实体的定义与数字化描述，具备目标实体的数字模型。

二级（虚实映射）：数字孪生系统应实现对目标实体的动态映射，及时反映目标实体的状态信息。

三级（双向交互）：数字孪生系统应通过数字实体与目标实体间的双向数据交互，实现对目标实体的实时监测与管控。

四级（智能决策）：数字孪生系统应实现对目标实体的预测、优化、控制等智能化决策。

五级（自主演化）：数字孪生系统应实现数字实体的自主学习和迭代优化。

7　能力域

能力域包括核心能力域、应用能力域和扩展能力域三类，每个能力域由能力子域组成，能力子域由能力要素组成，如图1所示。

资料整理
火龙果科技 荐

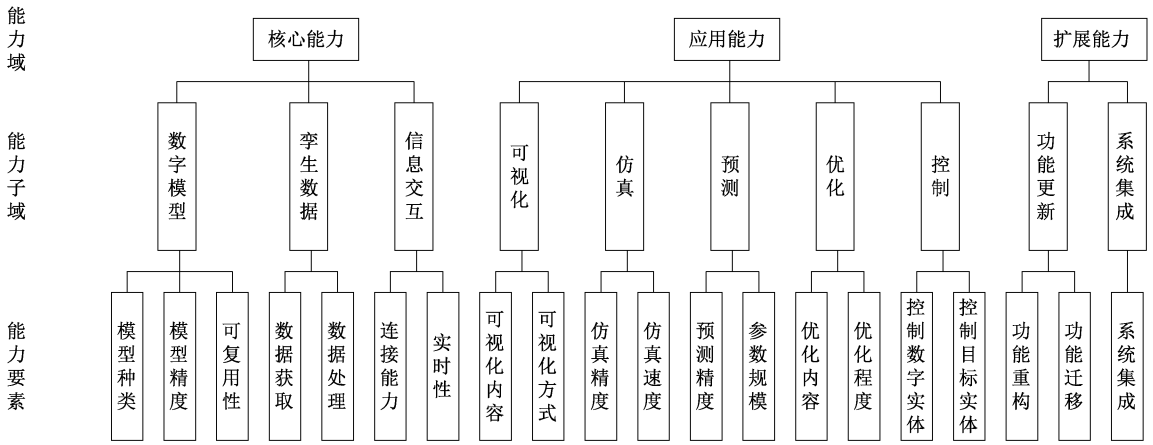


图 1　数字孪生能力域

8　能力要求

8.1　概述

本章给出了各成熟度等级对应的能力要求。成熟度等级与能力要求存在着是一对一的关系，即该能力要求只适用于某一个成熟度等级，符合要求即达对应的成熟度等级；也存在着一对多的关系，即该能力要求适用于两个及以上的成熟度等级，符合要求时成熟度等级默认为对应最高等级，同时该等级以同一能力子域内其他能力要素可达到的最高成熟度等级为限。

数字孪生能力成熟度评估案例见附录 A。

8.2　基本要求

被评估对象应符合以下基本要求：

a）　具备构建或应用数字孪生所需的人力、场地、设备、网络等基础资源；

b）　具备构建或应用数字孪生所需的模型、数据、算法、系统、平台等资源管理能力；

c）　具备构建或应用数字孪生所需的安全保障能力，包括目标实体和数字实体安全、数据安全、内容安全、行为安全等。

8.3　核心能力要求

8.3.1　数字模型

数字模型能力子域包括模型种类、模型精度和可复用性 3 个能力要素，能力要求见表 1。

资料整理
火龙果科技 荐

表 1　数字模型能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
模型种类	应包含几何模型、物理模型、行为模型、规则模型中的任一类	应包含几何模型、物理模型、行为模型、规则模型等		应包含在几何模型、物理模型、行为模型、规则模型基础上衍生的各类模型	
模型精度	构建的几何模型、物理模型、行为模型、规则模型应能够正确描述目标实体			构建的几何模型、物理模型、行为模型、规则模型以及衍生的各类模型应能够精准描述目标实体	
可复用性	构建的模型应具备复用的能力			衍生的各类模型应具备复用的能力	全部模型应具备自主复用的能力

8.3.2　孪生数据

孪生数据能力子域包括数据获取和数据处理 2 个能力要素，能力要求见表 2。

表 2　孪生数据能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
数据获取	应具备获取目标实体静态参数的能力 **示例**：如几何尺寸、物理属性、材料特性等	应具备获取目标实体时效数据的能力	应具备获取目标实体与数字实体交互过程中动态数据的能力	应具备获取其他信息系统数据、历史数据和经验知识等能力 **示例**：如 ERP、PDM、PHM、QMS 等	应具备获取数字孪生系统全生命周期数据的能力
数据处理	应具备静态数据清洗和格式转化能力	应具备实时处理多源异构数据的能力	应具备同步处理双向传输数据的能力	应具备通过历史数据和实时数据的分析与预测，自动生成目标实体的优化策略或控制指令的能力	应具备实现多源异构数据自主分析挖掘的能力

8.3.3　信息交互

信息交互能力子域包括连接能力和实时性 2 个能力要素，能力要求见表 3。

资料整理
火龙果科技 荐

表 3　信息交互能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
连接能力	应具备配置管控数字实体的能力	应具备在目标实体与数字实体动态参数之间建立单向连接的能力	a）　应具备应对常规高并发和高吞吐情况的能力； b）　应具备针对连接的动态监测、评估或预警机制	应具备自适应配置或容错机制	应具备对连接关系进行自动识别和重构的能力
实时性	—	应能满足应用场景需求		应能满足智能决策对交互实时性的要求	应能满足自主演化对交互实时性的要求

8.4　应用能力要求

8.4.1　可视化

可视化能力子域包括可视化内容和可视化方式 2 个能力要素，能力要求见表 4。

表 4　可视化能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
可视化内容	应支持数字实体对目标实体的静态呈现	应支持数字实体对目标实体的动态呈现	应支持数字实体对目标实体监测和管控结果的实时呈现	a）　应支持对预测结果、优化结果的呈现； b）　应支持对仿真与验证过程的呈现	应支持对数字孪生系统演化内容的呈现，包括但不限于数字实体和目标实体的变化过程、交互关系的变化过程、推动演化进行的各种措施的执行过程和演化结果
可视化方式	a）　应支持以文本、模型、图像、框图、表格、视频、声音等一种或多种形式的可视化展示； b）　应支持计算机、手机、平板电脑以及 VR、AR、MR 等一种或多种设备的可视化展示				

8.4.2　仿真

仿真能力子域包括仿真精度和仿真速度 2 个能力要素，能力要求见表 5。

资料整理
火龙果科技 荐

表 5　仿真能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
仿真精度	—			应满足智能决策对于仿真精度的要求	应保证预测仿真结果与实际运行结果一致
仿真速度	—			应能满足智能决策对仿真速度的要求	应快于目标实体实际演化的速度

8.4.3　预测

预测能力子域包括预测精度和参数规模 2 个能力要素，能力要求见表 6。

表 6　预测能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
预测精度	—			应具备基于历史数据和各类模型对目标实体的运行过程进行预测的能力	应具备基于历史数据、实时数据、经验知识、各类模型对目标实体的状态、性能、运行过程和变化趋势进行预测的能力
参数规模	—			应具备与智能决策需求相关的主要参数，保证预测结果满足实际需求	应包括数字孪生系统中全部已明确意义的参数

8.4.4　优化

优化能力子域包括优化内容和优化程度 2 个能力要素，能力要求见表 7。

表 7　优化能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
优化内容	—			应包括目标实体在未来一段时间内的行为	a）应包括数字孪生系统在未来一段时间内的行为； b）应包括数字孪生系统在未来一段时间内的组成和结构； c）应包括使数字孪生系统在未来一段时间内组成和结构按照预期变化所需的实际措施
优化程度	—			应优于目标实体优化前的效果	应优于数字孪生系统优化前的效果

资料整理
火龙果科技 荐

8.4.5 控制

控制能力子域包括控制数字实体和控制目标实体2个能力要素，能力要求见表8。

表8 控制能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
控制数字实体	应具备基于人工操作控制和配置数字实体的能力	应具备基于目标实体的运行数据对数字实体控制的能力	应具备系统自动控制和人工控制可自由切换且不影响系统运行结果的能力	应具备将智能决策方案转化为数字实体可执行控制指令的能力	应能对数字实体进行自更新，包括但不限于数字实体的模型内容、模型结构、模型间关联关系和数据
控制目标实体	—	—	a) 应基于对数字实体的控制和配置，实现对目标实体的及时控制； b) 控制精度应满足目标实体的应用需求	应具备将智能决策方案转化为目标实体可执行控制指令的能力，并实时监控目标实体的状态和行为，对具有风险的指令自动做出反馈和调整	

8.5 扩展能力要求

8.5.1 功能更新

功能更新能力子域包括功能重构和功能迁移2个能力要素，能力要求见表9。

表9 功能更新能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
功能重构	—		应具备对目标实体控制功能进行人工配置的能力	应具备对可视化、仿真、预测、控制功能的人工重构能力	应具备基于实际应用场景的数字孪生系统功能的自重构能力，实现服务应用和系统功能的动态优化
功能迁移	—		应具备将数字孪生系统功能人工迁移至所需场景，并实现相关功能人工部署的能力		应具备将数字孪生系统功能自动迁移至所需场景，并实现相关功能自动部署的能力

8.5.2 系统集成

系统集成能力子域的能力要求见表10。

资料整理 火龙果科技 荐

表 10　系统集成能力子域的能力要求

能力要素	一级	二级	三级	四级	五级
系统集成	应兼容不同建模软件构建的两种及以上的模型	应具备与感知和通信设备、系统交互的能力	应具备与目标实体控制设备、系统交互的能力	应具备与智能决策系统集成的能力	应具备与新接入的数字孪生系统集成的能力

资料整理
火龙果科技 荐

附 录 A
（资料性）
数字孪生能力成熟度评估案例

以某企业为例，在判定其已满足基本要求的前提下，对其所具备的所有能力要素情况进行等级评估。部分要素数字孪生能力成熟度评估示例见表 A.1。

表 A.1 某企业部分要素数字孪生能力成熟度评估示例

能力域	能力要素	能力要素实际情况	对应本文件中要求情况	评估结果
核心能力	模型种类和模型精度	企业的数字孪生系统包含几何模型、物理模型、行为模型、规则模型等。这些模型能够正确描述目标实体的静态和动态信息	符合表 1 模型种类的二级、三级要求，模型精度的一级～三级要求	三级
	数据获取	企业的 ERP 系统会及时向数字孪生系统同步相关管理数据或指令，作为数字模型计算运行的输入	符合表 2 数字获取的四级要求	四级
应用能力	可视化内容和可视化方式	企业数字孪生系统支持在可视化大屏动态呈现目标实体的状态数据统计图	可视化内容符合表 4 二级要求；可视化方式符合一级～五级要求，因不应超过可视化内容等级，判定为二级	二级
	参数规模	企业数字孪生系统具备产品不良率预测的功能，因此预测模型中设置了产量、不良良品率、运行时间等主要参数	符合表 6 参数规模的四级要求	四级
	控制数字实体	企业数字孪生系统具备控制容错机制，可实现当系统由于某种原因不能自动下发控制指令时，人工可操作并下发指令	符合表 8 控制数字实体的三级要求	三级

资料整理 火龙果科技 荐

参 考 文 献

[1] GB/T 39116—2020 智能制造能力成熟度模型

[2] GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分:通用要求

[3] 陶飞,张辰源,戚庆林,等.数字孪生成熟度模型[J].计算机集成制造系统,2022,28(05):1267-1281.

资料整理
火龙果科技 荐