

# 团体标准

T/DZJN 47—2021

## 数据中心数字孪生技术规范

Code for Digital Twin Technology of Data Centers

2021-10-20 发布

2021-11-20 实施

中国电子节能技术协会 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 基本要求..... 3

5 数字孪生等级划分..... 6

6 数字孪生应用水平..... 7

7 数据中心数字孪生评估..... 9

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020起草。

本标准由中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会提出。

本标准由中国电子节能技术协会归口。

本标准起草单位：北京瑞思博创科技有限公司、中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会、华为技术有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、中国计量科学研究院、中国移动通信集团设计院有限公司、中国民航信息网络股份有限公司、北京优诺科技有限公司、赛瓦软件（上海）有限公司、北京嘉木科瑞科技有限公司、烽火通信科技股份有限公司、科华数据股份有限公司、中国中元国际工程有限公司、中国民生银行股份有限公司信息科技部、中国工商银行股份有限公司数据中心、联通数字科技有限公司、中国农业银行数据中心、北京云泰数通互联网科技有限公司、北京领智信通节能技术研究院、阿塔云科技有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院、普洛斯普瑞数据科技（上海）有限公司、重庆大学。

本标准主要起草人：黄冬梅、吕天文、席有民、张晋辉、赵强、周里功、郑品迪、吴晓晖、武彤、杨超、田瑞杰、吴臻豪、车凯、林艺成、倪泽联、陈傲寒、刘钰胜、纪得勇、喻宗杰、万飞凡、张铭蕾、夏铭、于航、龚慧钦、赵德宁、何娇娇、秦冰月、闫涛、郑匡庆、沈巍、卞亮、彭飞、张天伦、陈玥、谭薇、蓝政杰、肖中华、张淳馨、鲁少堃、夏博、甄超。

本标准主要审查人：白雪莲、张林锋、于庆友、张鸿斌、劳逸民、唐虎

# 数据中心数字孪生技术规范

## 1 范围

本文件规定了数据中心基础设施数字孪生基本要求、数字孪生等级划分、数字孪生应用与评估等要求。

本文件适用于数据中心设计、建设、运维、优化，直至数据中心经济寿命结束的全部生命周期阶段。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 37721-2019 信息技术 大数据分析系统功能要求

GB/T 38633-2020 信息技术 大数据 系统运维和管理功能要求

GB/T 38643-2020 信息技术 大数据 分析系统功能测试要求

GB/T 38666-2020 信息技术 大数据 工业应用参考架构

GB/T 38667-2020 信息技术 大数据 数据分类指南

GB 50174-2017 数据中心设计规范

ISO/IEC TR 38505-2:2018 Information technology - Governance of IT - Governance of data - Part 2: Implications of ISO/IEC 38505-1 for data management

ISO/IEC 38505-1:2017 Information technology - Governance of IT - Governance of data - Part 1: Application of ISO/IEC 38500 to the governance of data

IEC 61158-1:2019 Industrial communication networks - Fieldbus specifications - Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series

IEC 61158-2:2014 Industrial communication networks - Fieldbus specifications - Part 2: Physical layer specification and service definition

IEC 61784-1:2019 Industrial communication networks - Profiles Part 1: Fieldbus profiles

IEC 61784-2:2019 Industrial communication networks - Profiles - Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC/IEEE 8802-3

IEC 62026-1:2019 Low-voltage switchgear and controlgear - Controller-device interfaces (CDIs) - Part 1: General rules

IEC 62026-2:2008 Low-voltage switchgear and controlgear – Controller-device interfaces (CDIs) – Part 2: Actuator sensor interface (AS-i)

### 3 术语和定义

#### 3.1

##### 数据中心 Data center (DC)

为集中放置的电子信息技术设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

#### 3.2

##### 数据中心基础设施 Data center infrastructure

本规范专指数据中心的电气系统、空调系统、布线系统、机柜系统、监控系统、服务器与网络设备等设施，不涉及消防系统。

#### 3.3

##### 数字孪生 Digital twin (DT)

以多维数据融合和虚拟数字化模型驱动，借助历史数据、实时数据、算法模型以及数字孪生体和物理实体的闭环交互，通过监控、模拟、验证、预测、优化实现物理实体全生命周期安全、可靠、高效运转的一系列技术。数字孪生技术包括的对象及其相互关系如图1所示。

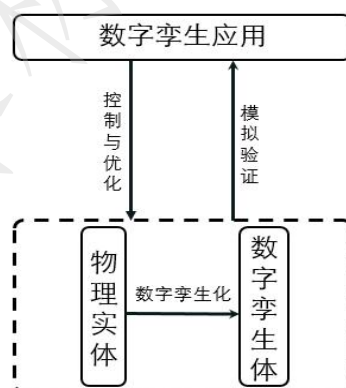


图1 数字孪生技术中的对象及其关系

#### 3.4

##### 物理实体 Physical entity

物理世界中的实体对象。

#### 3.5

##### 数字孪生化 Digital twinning

对物理世界的实体进行数字转化的过程。

## 3.6

**数字孪生体 Digital twin virtual entity**

对物理实体进行数字转化后生成的与物理实体对应的数字化的虚拟对象。

## 3.7

**数字孪生应用 Digital twin application**

基于数字孪生体以及仿真、AI等技术而构建的应用。

## 3.8

**数据中心全生命周期 Data center life cycle**

数据中心设计、建设、运维、优化，直至经济寿命结束的全过程。

## 3.9

**建筑信息模型 Building information model (BIM)**

利用建筑工程项目中的各项信息数据，构建的数据信息模型，对建筑的物理和功能特性进行数字化表达。

## 3.10

**数据中心基础设施管理系统 Data center infrastructure management (DCIM)**

通过持续收集数据中心的资产、资源信息，以及各种设备的运行状态，分析、整合和提炼有用数据，帮助数据中心运行维护人员管理数据中心，并优化数据中心的性能。

## 3.11

**计算流体动力学 Computational fluid dynamics (CFD)**

通过计算机模拟求解流体力学方程，对流体流动与传热等物理现象进行分析，得到温度场、压力场、速度场等计算方法。

## 3.12

**人工智能 Artificial intelligence (AI)**

研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的科学。

## 3.13

**大数据分析 Big data analytics**

通过对大规模、高时效性、多维度的数据使用机器学习、预测性分析、数据挖掘等技术进行分析，提炼有价值结论的过程。

## 3.14

**温度仿真精度** Temperature simulation accuracy

温度仿真精度是指仿真结果中的一个/多个温度值符合真实测量温度值的程度。

## 3.15

**电源使用效率** Power usage effectiveness (PUE)

评价数据中心能源效率的指标，是数据中心消耗的所有能源与IT负载消耗的能源的比值。

## 3.16

**碳使用效率** Carbon Usage Effectiveness (CUE)

评价数据中心碳排放的指标，是数据中心所有能源消耗的等效二氧化碳排放量与IT负载消耗的能源的比值。

## 3.17

**数字孪生化等级** Digital twinning level (DTiL)

根据数字孪生对物理世界的实体实现数字孪生化的程度而划分的等级。

## 3.18

**数字孪生覆盖完整度等级** Digital twin coverage integrity level (DTciL)

根据数字孪生对物理世界实体实现数字孪生的完整度划分的等级。

## 3.19

**数字孪生应用水平等级** Digital twin application level (DTaL)

根据数字孪生应用对物理实体的监控、预测、控制、优化，提升物理实体自动化、智能化水平划分的等级。

## 3.20

**数字孪生等级** Data center digital twin level (DTL)

根据数字孪生化等级、数字孪生覆盖完整度等级、数字孪生应用水平等级对数字孪生划分的等级。

## 4 基本要求

### 4.1 总体要求

4.1.1 数据中心数字孪生应基于数据中心几何数据、设备性能数据、设备运行数据、气候数据等，通过数学建模、大数据分析、仿真、AI 技术，构建数据中心数字孪生体及数字孪生应用，为数据中心设计智能化、建设智能化，以及数据中心的安全运营、绿色运营、高效运营提供增值服务。

4.1.2 数据中心数字孪生宜采用开放架构，独立于现有监控系统进行构建，也可在现有 DCIM 系统上扩展构建。

4.1.3 数据中心数字孪生宜支持多种数据源和多种数据格式。数据源包括 BIM 模型数据、监控系统数据、配置管理数据库数据等，数据格式包括文本、图片、视频、音频、音视频多媒体等。

4.1.4 数据中心物理实体、数字孪生体、数字孪生应用之间的连接方式、信息传输、交互机制以及连接测试方法应符合国际标准 IEC 61158-1、IEC 61158-2、IEC 61784-1、IEC 61784-2、IEC 62026-1、IEC 62026-2 的要求。

4.1.5 数据中心数字孪生应对构建数字孪生体采集的数据进行治理，可采用的数据治理技术包括过滤、解析、修正、去重、分类、聚合、排序以及匹配等，数据宜根据所表达的内容进行分类，通过分类形成不同的主题数据集。

4.1.6 数据中心数字孪生应具有账户权限管理、数据源管理、数字孪生应用管理的框架。

4.1.7 数据中心数字孪生应确保数据及其应用的安全可靠。

4.1.8 数据中心数字孪生在更新、维护时应不影响数据中心基础设施各系统的正常运行。

4.1.9 数据中心宜采用带数字孪生的设备，设备的数字孪生宜与设备同时交付，设备的数字孪生可集成至数据中心数字孪生。

## 4.2 物理实体要求

4.2.1 数据中心物理实体应具有支持构建数据中心数字孪生所需的数据、模型、接口。

4.2.2 数据中心物理实体的数据、模型、接口应符合国际通用或国家现行有关国家标准，如：物理实体采用 RS485 接口，支持 ModBus 协议。

4.2.3 数据中心物理实体应具有可接收数字孪生体优化控制指令的接口。

4.2.4 数据中心物理实体接收数字孪生体优化控制指令的接口应符合国际标准 IEC 62026-1、IEC 62026-2 要求。

## 4.3 数字孪生体及数字孪生应用要求

4.3.1 数据中心数字孪生体应真实、客观映射物理实体，满足数字孪生应用需求。

4.3.2 构建数据中心数字孪生体所需的物理实体数据应采用国际标准 ISO/IEC 38505-1、ISO/IEC TR 38505-2 或国家标准 GB/T 38667 进行表示、分类、预处理。

4.3.3 数据中心数字孪生应用的开发、运行管理、测试评价应符合国家标准 GB/T 38666、GB/T 37721、GB/T 38633、GB/T 38643。

## 4.4 数字孪生化要求

4.4.1 数据中心数字孪生化对物理实体的要求应在数据中心设计阶段予以明确，在建设阶段落实。

4.4.2 数据中心设计宜采用 BIM 模型表征数据中心几何模型，对象命名宜采用 GB 50174 或数据中心业主约定的名称，实现命名的规范化。

4.4.3 构建数据中心设计阶段数字孪生体的数据应包括设计方案的基本信息，如几何信息、对象名称、材料信息、功能要求等。



4.4.4 构建数据中心运维阶段数字孪生体的数据应包括竣工 BIM 模型、监控系统数据等，监控系统应包括 DCIM 监控系统、视频监控系统等。

4.4.5 数据中心运维阶段数字孪生体几何模型应与物理实体一致，监控系统数据应具有一定实时性，因数据传输而产生的时延，不应影响数字孪生应用，不应影响数据中心运维造成不利影响。

4.4.6 数据中心运维阶段数字孪生体采用 CFD 仿真时，温度仿真平均精度不应低于 85%。温度仿真平均精度用如下公式计算：

$$A_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{|T_{si} - T_{ri}|}{T_{ri}} \right)$$

其中：  $A_r$  — 温度仿真平均精度

$T_{si}$  — 第*i*个温度仿真结果

$T_{ri}$  — 第*i*个真实测量温度值

$n$  — 真实测量温度值个数

4.4.7 构建的数据中心数字孪生体应使用监控系统采集的动态数据进行标定，以使数字孪生体与物理实体尽可能一致。

4.4.8 数据中心数字孪生体的标定应包括与数据中心物理实体对应的数字孪生体，以及配合物理实体控制系统的数字孪生体的标定。

4.4.9 数据中心数字孪生宜采用数据驱动的方法利用系统的历史和实时运行数据，对物理模型进行更新、修正、连接和补充，充分融合系统机理特性和运行数据特性，使数字孪生体可以结合系统的实时运行状态，动态跟随物理系统实时状态。

4.4.10 数据中心运维阶段数字孪生体对物理实体的控制优化可下发至物理实体。

4.4.11 数据中心运维阶段数字孪生宜从几何模型、监控系统采集的数据自动生成数字孪生体，用于仿真、AI 相关应用。

## 5 数字孪生应用

### 5.1 设计及建设阶段应用

5.1.1 数据中心数字孪生在设计阶段通过提供 3D 可视、虚拟现实、辅助设计方案分析、仿真设计方案评估、AI 智能设计等能力，支持对数据中心设计方案合理性、可行性、技术经济性进行评估，以及实现智能设计。

5.1.2 数据中心数字孪生在建设阶段通过提供 3D 可视、虚拟现实、仿真预测、智能视频分析，支持项目进度管理、质量管理、安全管理、模拟验收等。

### 5.2 运维及优化阶段应用

5.2.1 数据中心运维及优化阶段数字孪生应用应支持数据中心运维管理需求。

- 5.2.2 数据中心运维及优化阶段数字孪生应用可通过提供 3D 可视、系统拓扑可视、虚拟现实、大数据分析、仿真、AI 等能力实现。
- 5.2.3 数据中心运维管理需求包括不限于：容量管理、气流组织优化、能耗分析、变更评估、模拟演练、人员培训、故障检测、预测、安全评估、健康评估、故障定位、寿命预测、智能巡检、运行优化等。
- 5.2.4 数据中心运维阶段数字孪生应支持数据可视化，如：物理实体运行状态、告警信息在数字孪生体的实时显示，电气系统拓扑、空调系统拓扑状态与相应数字孪生体关联可视，数字孪生可支持仿真温度场等信息显示。
- 5.2.5 数据中心运维阶段数字孪生容量管理，可对数据中心资产及使用情况进行管理，包括电气设备、空调设备、机柜、服务器及网络设备等资产。
- 5.2.6 数据中心运维阶段气流组织优化应采用 CFD 仿真技术进行，自动发现气流组织缺陷，给出优化建议，指导运维人员开展气流组织优化工作。
- 5.2.7 数据中心数字孪生变更评估可对数据中心服务器设备上下架变更、供配电系统变更、制冷系统变更开展。
- 5.2.8 数据中心数字孪生变更评估应在变更实施前开展，并对关联系统的影响进行充分评估。
- 5.2.9 变更评估应在数字孪生体上进行，不可对物理实体产生影响。
- 5.2.10 数字孪生体应在物理实体完成变更后才可进行更新。
- 5.2.11 数据中心运维阶段数字孪生可对电气设备、空调设备、服务器及网络设备的能耗进行动态分析。
- 5.2.12 数据中心运维阶段数字孪生可对基础设施进行模拟演练，可对电气系统、空调系统设备进行失效模拟演练。
- 5.2.13 数据中心运维阶段数字孪生可搭建数据中心基础设施运维培训平台，实现基础设施培训内容可视化，并通过持续更新优化满足运维人员在线培训需求。
- 5.2.14 数据中心运维阶段数字孪生可结合基础设施设备厂商提供的数据、实时运行数据、专家经验，通过 AI 技术实现基础设施故障检测、预测、故障定位、寿命预测。
- 5.2.15 数据中心运维阶段数字孪生可综合实时数据、历史数据、专家经验，通过数据处理、数据分析、数据挖掘、模型搭建等数字化技术手段，实现基础设施设备、系统的安全评估和健康状态评估。
- 5.2.16 数据中心运维阶段数字孪生可结合视频系统数据、监控系统数据、专家经验，通过 AI 技术实现基础设施智能巡检。
- 5.2.17 数据中心运维阶段数字孪生可通过意图分析、智能诊断、智能预测、智能修复，实现安全运维、高效运维智能化。
- 5.2.18 数据中心优化阶段数字孪生可采用仿真技术对不同机房空调控制温度进行评估，在保证服务器及网络设备安全运行的条件下，实现机房空调能耗优化。
- 5.2.19 数据中心优化阶段数字孪生可对数据中心空调系统构建 AI 模型，通过模型寻优，生成空调系统优化设定值，并与物理实体联动，实现降低数据中心 PUE、CUE。

6 数字孪生等级划分

6.1 数字孪生化等级

根据数字孪生化程度的不同，数据中心数字孪生可分为五种等级，从低到高依次为几何模型、数据描述、数据融合、动态孪生和自主孪生。不同等级的详细描述见表1。

表 1 数据中心数字孪生化等级

数字孪生化等级	数字孪生水平	详细描述
DTiL1	几何模型	构建数据中心几何模型，包括园区、楼宇建筑结构、电气系统、空调系统、机柜系统等的几何模型，实现空间定位
DTiL2	数据描述	在 DTiL1 基础上，对数据中心电气系统、空调系统、机柜系统的材料和物理特性进行描述，包括采用仿真方法对相应系统进行物理特性描述
DTiL3	数据融合	在 DTiL2 基础上，实现数据中心电气系统、空调系统、机柜系统、布线系统、服务器与网络设备等，与数据中心周围环境和场景的融合孪生
DTiL4	动态孪生	实现 DTiL3 数据融合的数据中心数字孪生，通过自动采集各系统运行数据，实现数字孪生随着物理世界时间的变化动态调整
DTiL5	自主孪生	自主实现数据中心几何模型、数据描述、数据融合、动态孪生的数字孪生模型

6.2 数字孪生覆盖完整度等级

根据数字孪生对数据中心基础设施覆盖完整度可分为四个等级，不同等级的详细描述见表2。

表 2 数据中心数字孪生覆盖完整度等级

数字孪生覆盖完整度等级	详细描述
DTciL1	电气系统、空调系统、机柜系统部分覆盖，如仅覆盖机房区域
DTciL2	电气系统、空调系统、机柜系统全覆盖
DTciL3	电气系统、空调系统、机柜系统、布线系统全覆盖
DTciL4	电气系统、空调系统、机柜系统、布线系统、服务器与网络设备全覆盖

6.3 数字孪生应用水平等级

6.3.1 数据中心设计阶段数字孪生应用水平根据数字孪生实现设计智能化的水平可分为五个等级，不同等级的详细描述见表 3。

表 3 数据中心数字孪生设计阶段应用水平等级

数字孪生设计阶段应用水平等级	详细描述
DTaL1（设计）	设计成果实现 3D 立体可视，辅助设计分析，如干涉检查
DTaL2（设计）	设计成果实现 3D 立体可视，部分场景实现设计方案仿真评估，辅助设计分析
DTaL3（设计）	设计成果实现 3D 立体可视，实现设计方案全场景仿真评估，辅助设计方案优化
DTaL4（设计）	部分场景根据设计需求，应用大数据分析 & AI 算法自动实现最佳设计方案输出，设计成果实现 3D 立体可视，根据输入意见，自动优化设计方案
DTaL5（设计）	接收设计需求，根据大数据分析 & AI 算法自动实现最佳设计方案输出，设计成果实现 3D 立体可视，根据输入意见，自动优化设计方案

6.3.2 数据中心建设阶段数字孪生应用水平根据数字孪生实现建设智能化水平可分为五个等级，不同等级的详细描述见表 4。

表 4 数据中心数字孪生建设阶段应用水平等级

数字孪生建设阶段应用水平等级	详细描述
DTaL1（建设）	建设状态立体可视:建设过程及进度可视
DTaL2（建设）	建设状态立体可视，建设过程及进度可视，辅助分析关键施工路径
DTaL3（建设）	建设状态立体可视，建设过程及进度可视、质量问题可视，提供关键施工路径及质量问题管理平台，提升管理效率
DTaL4（建设）	建设状态立体可视，建设过程及进度可视、质量问题可视，提供关键施工路径及质量问题管理平台，利用摄像头及 AI 技术辅助施工安全管理，实现项目综合管理
DTaL5（建设）	根据项目施工文件、施工现场数据、施工单位数据，采用 AI 技术、大数据分析技术，自动提供施工计划、施工工序、物料管理、施工安全管理，全面实现项目智能管理

6.3.3 数据中心运维和优化阶段数字孪生应用水平根据数字孪生实现数据中心安全运营、绿色运营和高效运营的水平可分为五个等级，不同等级的详细描述见表 5。

表 5 数据中心数字孪生运维和优化阶段应用水平等级

数据中心数字孪生 运维和优化阶段应 用水平等级	详细描述
DTaL1(运维和优化)	1、安全运营状态可视，电气系统、空调部分系统融合周围环境系统可仿真评估运营安全状态 2、显示基本运行能耗 3、基本运营
DTaL2(运维和优化)	1、安全运营状态可视，电气系统、空调部分系统融合周围环境系统可仿真评估运营安全状态 2、全面显示运行能耗状态 3、基于问题的被动运营
DTaL3(运维和优化)	1、安全运营状态可视，电气系统、空调、机柜系统全系统融合周围环境系统可仿真评估安全运营，实现安全运营隐患分析及辅助修复 2、基于专家经验、仿真实现节能措施分析及辅助优化 3、运营效率状态可视，基于专家经验、仿真实现运营效率分析及优化
DTaL4(运维和优化)	1、安全运营状态可视，电气系统、空调、机柜系统全系统融合周围环境系统可仿真评估安全运营，部分场景AI算法实现安全运营隐患分析及辅助修复 2、基于专家经验、仿真、AI算法实现节能措施分析及辅助优化 3、运营效率状态可视，基于专家经验、仿真、AI算法实现运营效率分析及优化，部分场景实现运营智能化
DTaL5(运维和优化)	1、通过仿真、AI、自动控制实现全场景安全运营问题自修复 2、通过仿真、AI、自动控制实现全场景节能措施自动闭环 3、通过仿真、AI、自动控制实现全场景智能运营

## 7 数据中心数字孪生评估

### 7.1 一般要求

7.1.1 数据中心数字孪生应根据数字孪生化等级、数字孪生覆盖完整度等级以及数字孪生应用水平等级三个维度进行等级评估。

7.1.2 数据中心数字孪生等级评估应按数据中心生命周期不同阶段进行。

7.1.3 数据中心数字孪生宜支持向更高等级扩展演进，低级数字孪生可支持通过标准化或接口向高级数字孪生提供数据或能力。

7.1.4 数据中心数字孪生等级及功能应根据数据中心等级、基础状况、运营管理要求、投资规模等综合因素确立。

### 7.2 详细要求

7.2.1 数据中心设计阶段应使用数字孪生技术实现设计智能化，包括设计方案可视、设计方案仿真评估、设计方案综合评估、智能设计及优化。

7.2.2 数据中心设计阶段数字孪生评估内容见表 6。

表 6 设计阶段数字孪生评估

	DTL1	DTL2	DTL3	DTL4	DTL5
数字孪生化等级	DTiL1	DTiL2	DTiL2	DTiL3	DTiL3
数字孪生覆盖完整度等级	DTciL1	DTciL1	DTciL2	DTciL2	DTciL3
数字孪生设计阶段应用水平等级	DTaL1（设计）	DTaL2（设计）	DTaL3（设计）	DTaL4（设计）	DTaL5（设计）

7.2.3 数据中心建设阶段应使用数字孪生技术实现建设智能化，包括进度管理智能化、质量管理智能化、成本管理智能化。

7.2.4 数据中心建设阶段数字孪生评估内容见表 7。

表 7 建设阶段数字孪生评估

	DTL1	DTL2	DTL3	DTL4	DTL5
数字孪生化等级	DTiL1	DTiL2	DTiL2	DTiL3	DTiL3
数字孪生覆盖完整度等级	DTciL1	DTciL1	DTciL2	DTciL2	DTciL3
数字孪生建设阶段应用水平等级	DTaL1（建设）	DTaL2（建设）	DTaL3（建设）	DTaL4（建设）	DTaL5（建设）

7.2.5 数据中心运维和优化阶段宜应用数字孪生技术帮助实现数据中心安全运营，可包括服务器上下架评估、模拟演练、故障预测等。

7.2.6 数据中心运维和优化阶段宜应用数字孪生技术帮助实现数据中心绿色运营，可包括气流组织优化、AI 节能等。

7.2.7 数据中心运维和优化阶段宜应用数字孪生技术帮助实现数据中心高效运营，可包括告警压缩、故障根因定位、智能巡检等。

7.2.8 数据中心运维和优化阶段数字孪生评估内容见表 8。

表 8 运维和优化阶段数字孪生评估

	DTL1	DTL2	DTL3	DTL4	DTL5
数字孪生化等级	DTiL3	DTiL3	DTiL4	DTiL4	DTiL5
数字孪生覆盖完整度等级	DTciL1	DTciL1	DTciL2	DTciL3	DTciL4
数字孪生运维和优化阶段应用水平等级	DTaL1（运维和优化）	DTaL2（运维和优化）	DTaL3（运维和优化）	DTaL4（运维和优化）	DTaL5（运维和优化）