

ICS 29.240.20

CCS K 47

T

团体标准

T/CWDPA XXX—2026

建筑光伏一体化数字孪生施工协同技术规范

Technical specification for digital-twin construction collaboration of
building-integrated photovoltaics
(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国西部开发促进会 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 总体要求 2

 4.1 建设原则 2

 4.2 参建各方职责分工 2

 4.3 模型粒度要求 2

 4.4 软硬件兼容性 3

 4.5 数据安全 3

5 数字孪生底板模型构建与数据融合 3

 5.1 一般要求 3

 5.2 各专业模型构建 3

 5.3 模型整合与碰撞检查 4

 5.4 多源数据融合 4

6 参建各方协同工作机制 4

 6.1 一般要求 4

 6.2 线上协同交底 4

 6.3 碰撞检查与问题发起 5

 6.4 问题流转处置 5

 6.5 会签闭环 5

7 施工仿真与现场双向联动 5

 7.1 一般要求 5

 7.2 施工仿真模拟 5

 7.3 现场双向联动 5

8 变更驱动模型迭代与质量安全管控 6

 8.1 一般要求 6

 8.2 变更驱动模型迭代 6

 8.3 施工质量数字化管控 6

 8.4 安全风险预警处置 7

9 数字孪生成果校验与竣工交付 7

 9.1 一般要求 7

 9.2 模型校验 7

 9.3 成果交付 7

 9.4 档案管理 7

 9.5 运维交付与培训 7

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。

本文件由中铁建设集团有限公司、北京华信建安标准化技术有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

建筑光伏一体化数字孪生施工协同技术规范

1 范围

本文件规定了建筑光伏一体化工程施工阶段数字孪生协同的总体要求、数字孪生底板模型构建与数据融合、参建各方协同工作机制、施工仿真与现场双向联动、变更驱动模型迭代与质量安全管控及数字孪生成果校验与竣工交付的技术要求。

本文件适用于新建、改建、扩建建筑的BIPV屋面、幕墙类项目施工阶段数字孪生协同应用。其他光伏建筑类工程可参照本文件执行。

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 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50345 屋面工程技术规范
GB 50601 建筑物防雷工程施工与质量验收规范
GB 50797 光伏发电站设计标准
GB/T 51301 建筑信息模型设计交付标准
GB/T 51212 建筑信息模型应用统一标准
GB/T 51368 建筑光伏系统应用技术标准

3 术语和定义

GB/T 35695和DL/T 2678界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑光伏一体化 building-integrated photovoltaics

将光伏发电系统与建筑围护结构一体化设计、一体化施工，使光伏组件兼具发电功能和建筑围护功能的建筑形式，简称BIPV。

3.2

施工数字孪生 construction digital twin

基于BIPV工程施工阶段的建筑结构、光伏组件、电气系统、防水构造等多专业信息模型，融合现场物联感知数据，构建的能够实时映射施工过程状态、支持施工仿真和协同决策的虚拟映射系统。

3.3

孪生底板 digital twin baseplate

数字孪生系统中承载多专业模型、属性数据和关联关系的统一基础模型，是施工过程仿真、数据融合和协同交互的基础平台。

3.4

多专业模型融合 multi-disciplinary model fusion

将建筑土建、围护结构、光伏组件、支撑钢结构、电气系统、防水构造等不同专业的BIM模型，按照统一的坐标基准和数据标准进行整合，形成完整的BIPV数字孪生底板模型的过程。

3.5

模型轻量化 model lightweight

在保证模型几何精度和属性信息完整性的前提下，通过简化几何细节、合并重复构件、优化数据结构等技术手段，降低模型数据量、提升加载和渲染性能的处理过程。

3.6

施工仿真 construction simulation

基于数字孪生底板模型，对BIPV施工工序、安装顺序、构件干涉、施工风险等进行模拟推演的技术过程。

3.7

双向数据联动 bidirectional data linkage

数字孪生模型与施工现场之间的数据双向传递机制，包括模型指导现场施工和现场实测数据回传更新模型两个方面。

3.8

协同交底 collaborative disclosure

基于数字孪生平台，各参建方在线上开展的设计交底、施工交底和技术讨论活动，支持多方同时参与和实时交互。

4 总体要求

4.1 建设原则

- 4.1.1 BIPV 数字孪生施工协同应遵循统筹规划、标准统一、数据驱动、协同共享的原则。
- 4.1.2 数字孪生底板模型的构建应与 BIPV 工程设计文件、施工组织设计协调一致，模型精度应满足施工仿真和协同管理的需求。
- 4.1.3 数字孪生系统应采用开放式架构设计，支持多专业模型接入、多平台数据交换和多用户协同操作。
- 4.1.4 数字孪生系统的建设应与 BIPV 工程施工进度同步推进，实现施工全过程的数据采集、模型更新和协同管理。
- 4.1.5 数字孪生系统的网络安全应符合 GB/T 22239 的规定。

4.2 参建各方职责分工

- 4.2.1 建设单位应负责数字孪生协同平台的总体协调，明确各参建方的数字孪生应用要求，保障平台建设和运行维护的资金投入。
- 4.2.2 建筑设计单位应负责提供建筑土建和围护结构的 BIM 模型，确保模型的几何精度和信息完整性满足数字孪生底板模型构建要求。
- 4.2.3 光伏专项设计单位应负责提供光伏组件布置、电气系统设计等专业模型，确保模型与建筑模型在坐标基准和数据格式上协调一致。
- 4.2.4 构件加工厂应负责提供光伏组件和支撑构件的加工 BOM 数据、制造精度数据，确保制造数据与设计模型的一致性。
- 4.2.5 土建施工单位应负责现场施工数据的采集和上传，按照数字孪生模型的指导进行施工，及时反馈现场施工信息。
- 4.2.6 光伏安装单位应负责光伏组件安装实测数据的采集和上传，配合数字孪生模型的更新和维护。
- 4.2.7 监理单位应负责基于数字孪生平台开展施工过程的监理工作，对关键工序和隐蔽工程进行数字化验收。
- 4.2.8 数字孪生平台服务商应负责平台的搭建、运维和技术支持，确保平台的稳定运行和数据安全。

4.3 模型粒度要求

- 4.3.1 BIPV 数字孪生底板模型的建模细度应根据施工阶段的应用需求确定，模型细度等级宜符合表 1 的规定。

表 1 BIPV 数字孪生底板模型细度等级

专业类别	模型细度等级	主要建模内容	应用场景
建筑土建	LOD350	结构构件、预埋件、预留孔洞	碰撞检查、工序模拟
围护结构	LOD350	屋面构造层、防水层、保温层	防水节点核查、工序模拟
光伏组件	LOD400	组件本体、连接件、接线盒	安装模拟、电气接口检查
支撑钢结构	LOD350	檩条、支架、连接节点	安装顺序模拟、干涉检查
电气系统	LOD350	电缆桥架、逆变器、配电箱	电气布线模拟、接线检查
防水构造	LOD350	防水卷材、密封胶、排水设施	防水节点核查、质量追溯

- 4.3.2 光伏组件模型的建模细度应不低于 LOD400，应包含组件的几何尺寸、安装角度、电气参数和连接接口信息。
- 4.3.3 防水构造模型的建模细度应不低于 LOD350，应包含防水层搭接方式、密封节点和排水路径信息。
- 4.4 软硬件兼容性
- 4.4.1 数字孪生平台应支持主流 BIM 数据格式的导入和导出，包括 IFC、RVT、DGN 等格式。
- 4.4.2 数字孪生平台应支持多专业模型的轻量化处理和实时渲染，模型加载时间应不超过 10s。
- 4.4.3 数字孪生平台应具备开放的数据接口，支持与项目管理平台、物联网平台、GIS 平台等的对接。

4.5 数据安全

- 4.5.1 数字孪生系统的数据应采取加密传输和存储措施，防止数据被篡改或泄露。
- 4.5.2 数字孪生系统应实施分级权限管理，不同参建方和不同角色应具有不同的数据访问权限。
- 4.5.3 数字孪生系统应记录所有用户的操作日志，操作日志应包含操作人员、操作时间、操作内容和操作结果。

5 数字孪生底板模型构建与数据融合

5.1 一般要求

- 5.1.1 BIPV 数字孪生底板模型应由建筑土建、围护结构、光伏组件、支撑钢结构、电气系统、防水构造等多专业模型融合而成。
- 5.1.2 各专业模型的构建应符合 GB/T 51212 和 GB/T 51301 的相关规定。
- 5.1.3 各专业模型应采用统一的坐标基准。坐标基准宜采用 2000 国家大地坐标系和 1985 国家高程基准。

5.2 各专业模型构建

- 5.2.1 建筑土建模型应包含 BIPV 安装区域的主体结构构件、预埋件、预留孔洞和预埋管线。
- 5.2.2 建筑土建模型应准确反映屋面结构的坡度、女儿墙高度、变形缝位置等与 BIPV 安装相关的几何信息。
- 5.2.3 建筑土建模型的属性信息应包含构件材质、结构参数和荷载信息。
- 5.2.4 围护结构模型应包含屋面构造层、防水层、保温层和隔汽层的几何信息和材料属性。
- 5.2.5 围护结构模型应准确反映屋面防水层的搭接方式和节点构造，为防水节点核查提供依据。围护结构模型应符合 GB 50345 的相关规定。
- 5.2.6 光伏组件模型应包含组件的几何尺寸、安装位置、安装角度和排列方式，应包含组件的电气参数和连接接口信息。
- 5.2.7 光伏组件模型应符合 GB/T 51368 的相关规定。
- 5.2.8 支撑钢结构模型应包含檩条、支架、连接节点和锚固件的几何信息和材料属性。
- 5.2.9 支撑钢结构模型应准确反映构件之间的连接方式和安装顺序。
- 5.2.10 支撑钢结构模型的属性信息应包含构件规格、材质和防腐处理方式。
- 5.2.11 电气系统模型应包含电缆桥架、逆变器、配电箱、汇流箱和接地系统的几何信息和电气参数。

电气系统模型应准确反映电缆的敷设路径、接线方式和电气间隙。

5.2.12 电气系统模型应符合 GB 50797 的相关规定。

5.2.13 电气系统模型的防雷接地设计应符合 GB 50601 的相关规定。

5.2.14 防水构造模型应包含防水卷材、密封胶、排水设施和防水节点的几何信息和材料属性。

5.2.15 防水构造模型应重点表达光伏组件与屋面交接部位、穿屋面管道部位和变形缝部位的防水构造。

5.3 模型整合与碰撞检查

5.3.1 各专业模型整合前应进行坐标统一和格式转换，确保模型之间的空间位置准确对应。

5.3.2 模型整合后应进行碰撞检查，碰撞检查应包括硬碰撞和间隙碰撞。

5.3.3 碰撞检查的重点部位应包括光伏组件与屋面结构的交接部位、电气桥架与结构构件的交叉部位、防水层与预埋件的交接部位。

5.3.4 碰撞检查发现的问题应形成碰撞检查报告，明确碰撞位置、碰撞类型和涉及专业，并提出处理建议。

5.4 多源数据融合

5.4.1 多源数据融合应将设计模型、加工 BOM、构件制造数据、图纸变更资料、现场监测感知数据等按照统一的数据标准进行整合。

5.4.2 数据融合应在数字孪生平台上完成，融合后的数据应支持统一查询、统一分析和统一展示。

5.4.3 建筑设计模型和光伏专项设计模型应按照统一的坐标基准进行配准，配准精度应满足施工安装要求。

5.4.4 设计模型数据的融合应包括几何信息、属性信息和关联关系的整合。设计模型数据融合后应进行一致性检查。

5.4.5 光伏组件和支撑构件的加工 BOM 数据应与设计模型进行关联，建立构件编码与模型构件的对应关系。

5.4.6 加工 BOM 数据应包含构件编号、规格、数量、材质和加工精度要求。

5.4.7 构件制造数据应包含构件的实际加工尺寸、公差检测数据和出厂合格证明。

5.4.8 构件制造数据应与设计模型进行比对，偏差超过允许范围的构件应进行标注和处置。

5.4.9 构件制造数据融合后应形成构件制造质量档案。

5.4.10 设计变更通知单、工程洽商记录等图纸变更资料应及时录入数字孪生平台，并与对应的模型构件建立关联。

5.4.11 图纸变更资料融合后应自动触发模型的更新流程。

5.4.12 现场监测感知数据应通过物联网网关自动采集和上传，数据采集频率应根据监测项目的特点确定。

5.4.13 现场监测感知数据应包含采集时间、采集位置、采集数值和设备标识。现场监测感知数据接入后应进行数据校验。

5.4.14 多源数据融合应建立统一的数据映射规则，明确各类数据与模型构件的对应关系。数据映射规则应包括字段映射、编码映射和空间映射三个层次。

6 参建各方协同工作机制

6.1 一般要求

6.1.1 参建各方应基于统一的数字孪生平台开展协同工作，实现信息共享和业务协同。

6.1.2 数字孪生协同工作机制应覆盖施工准备、施工实施和竣工验收全过程。

6.2 线上协同交底

6.2.1 设计交底和施工交底宜采用线上协同方式，各参建方通过数字孪生平台参与交底。

6.2.2 线上协同交底应支持三维模型展示、标注、剖切和漫游功能，便于各方理解设计意图。线上协同交底支持多用户同时在线，各方可实时查看同一模型视角并进行讨论。

6.2.3 线上协同交底应形成交底记录，记录内容包括交底时间、参与人员、交底内容和问题答复。

6.3 碰撞检查与问题发起

- 6.3.1 各参建方应在数字孪生平台上开展碰撞检查，检查结果应在平台上共享。
- 6.3.2 碰撞检查发现的问题应由发现方在平台上发起问题记录，问题记录应包括问题描述、问题位置、涉及专业和紧急程度。问题记录应自动关联相关模型构件和责任人。

6.4 问题流转处置

- 6.4.1 问题记录发起后应自动流转至相关责任方，责任方应在规定时限内响应。
- 6.4.2 问题处置时限宜符合表 2 的规定。

表 2 协同问题处置时限要求

问题紧急程度	响应时限	处置时限	说明
紧急	2h	24h	影响施工安全和关键工序
重要	8h	72h	影响施工进度和质量
一般	24h	7d	不影响施工进度的一般问题

6.4.3 问题处置完成后应在平台上填写处置结果，并上传相关证据材料。

6.5 会签闭环

- 6.5.1 问题处置完成后应经相关方会签确认，会签各方应在平台上签署意见。
- 6.5.2 会签通过后问题记录应关闭，问题处置过程和结果应归档保存。
- 6.5.3 问题闭环率应作为数字孪生协同工作的考核指标，问题闭环率应不低于 95%。

7 施工仿真与现场双向联动

7.1 一般要求

- 7.1.1 施工仿真模拟应基于数字孪生底板模型，对 BIPV 施工工序进行模拟推演。
- 7.1.2 施工仿真模拟应覆盖施工准备、构件安装和系统调试等主要阶段。
- 7.1.3 数字孪生模型与施工现场之间应建立双向数据联动机制，实现模型指导现场施工和现场实测数据回传更新模型两个方向的数据传递。

7.2 施工仿真模拟

- 7.2.1 工序推演应对 BIPV 施工的各道工序进行时间维度的模拟，形成施工进度动画。工序推演应明确各工序的先后顺序、持续时间和资源需求。
- 7.2.2 安装顺序模拟应对光伏组件和支撑构件的安装顺序进行优化。
- 7.2.3 安装顺序模拟应考虑构件吊装的可达性、安装空间的充足性和施工安全的要求。安装顺序模拟结果应输出安装顺序图和安装作业指导书。
- 7.2.4 构件干涉检查应在施工仿真过程中动态进行，检查构件在安装过程中是否发生碰撞。
- 7.2.5 构件干涉检查应覆盖光伏组件与屋面结构、电气桥架与支撑构件、防水层与预埋件等关键部位。
- 7.2.6 施工风险预判应基于数字孪生模型和现场监测数据，识别施工过程中的安全风险和质量风险。
- 7.2.7 施工风险预判应包括高处作业风险、构件坠落风险、电气安全风险和防水失效风险。
- 7.2.8 施工风险预判结果应形成风险清单和风险应对措施。
- 7.2.9 专项工况仿真应对大风、暴雨、高温等极端天气条件下的施工进行模拟。
- 7.2.10 专项工况仿真应分析极端天气对施工安全和施工质量的影响。
- 7.2.11 专项工况仿真结果应作为编制施工应急预案的依据。

7.3 现场双向联动

- 7.3.1 数字孪生模型应向现场施工人员提供可视化作业指导，包括安装位置、安装角度和连接方式。
- 7.3.2 现场施工人员可通过移动终端查看数字孪生模型，对照模型进行构件安装。

- 7.3.3 数字孪生模型应支持现场标注功能。
- 7.3.4 现场施工进度数据应及时回传至数字孪生平台，更新施工进度状态。
- 7.3.5 进度数据回传应包括已完工序、未完工序和实际施工时间。
- 7.3.6 进度数据回传后，数字孪生模型应以不同颜色显示各区域的施工进度状态。
- 7.3.7 现场质量检测数据应及时回传至数字孪生平台，并与对应的模型构件建立关联。
- 7.3.8 质量检测数据回传应包括检测项目、检测数值、检测结论和检测人员。
- 7.3.9 质量检测数据不合格时，数字孪生平台应自动发出预警并通知相关责任人。
- 7.3.10 现场安全监测数据应及时回传至数字孪生平台，包括高处作业安全监测数据和电气安全监测数据。
- 7.3.11 安全监测数据超出预警值时，数字孪生平台应自动发出预警并启动应急处置流程。
- 7.3.12 安全监测数据回传应支持实时显示和历史查询功能。
- 7.3.13 光伏组件安装完成后应进行实测数据采集，包括组件安装位置、安装角度和电气参数。
- 7.3.14 实测数据应与设计模型进行比对，偏差超过允许范围的应进行标注和处置。
- 7.3.15 实测数据回传后应更新数字孪生模型，使模型反映实际安装状态。

8 变更驱动模型迭代与质量安全管控

8.1 一般要求

- 8.1.1 设计变更和现场洽商发生后，应及时更新数字孪生底板模型。模型迭代应保持版本管理的规范性，确保变更过程可追溯。
- 8.1.2 应利用数字孪生平台开展 BIPV 施工质量与安全的数字化管控。数字化管控应覆盖防水节点、光伏接线、防火构造等关键部位。

8.2 变更驱动模型迭代

- 8.2.1 设计变更通知单和工程洽商记录应及时录入数字孪生平台。变更信息录入应包括变更编号、变更内容、变更原因、变更日期和变更影响范围。
- 8.2.2 变更信息录入后应自动关联受影响模型构件，并通知相关参建方。
- 8.2.3 模型更新应根据变更内容对相关构件进行几何信息、属性信息或关联关系的修改。
- 8.2.4 模型更新完成后应进行一致性检查。
- 8.2.5 模型更新应保留变更前后的对比视图。
- 8.2.6 数字孪生底板模型应实施版本管理，每次更新应生成新的版本号。
- 8.2.7 版本号应采用主版本号和次版本号组合方式。
- 8.2.8 各版本模型应完整保存，支持历史版本的查看和回溯。
- 8.2.9 模型迭代过程应完整记录，记录内容包括变更依据、变更内容、操作人员、操作时间和审批人员。
- 8.2.10 变更记录应与变更文件、模型版本建立关联，形成完整的变更溯源链。
- 8.2.11 变更溯源信息应作为竣工资料的一部分归档保存。

8.3 施工质量数字化管控

- 8.3.1 防水节点质量核查应基于数字孪生模型，对光伏组件与屋面交接部位、穿屋面管道部位和变形缝部位的防水构造进行核查。
- 8.3.2 防水节点质量核查应包括防水层搭接方式、密封胶施工质量和排水路径的检查。
- 8.3.3 核查结果应在数字孪生模型中标注，合格节点显示为绿色，不合格节点显示为红色。
- 8.3.4 光伏接线质量核查应基于数字孪生模型，对光伏组件之间的连接电缆、汇流箱接线和逆变器接线进行核查。
- 8.3.5 光伏接线质量核查应包括接线方式、接线顺序和电气间隙的检查。
- 8.3.6 光伏接线质量核查应符合 GB 50797 的相关规定。
- 8.3.7 防火构造质量核查应基于数字孪生模型，对 BIPV 系统的防火隔离、防火封堵和防火间距进行核查。

8.3.8 防火构造质量核查应符合 GB 50016 的相关规定。核查结果应在数字孪生模型中标注，并形成核查报告。

8.4 安全风险预警处置

8.4.1 数字孪生平台应根据施工质量检测数据和安全监测数据，自动识别质量风险和安全风险。

8.4.2 风险预警等级宜按表 3 的规定划分。

表 3 数字孪生风险预警等级

预警等级	预警条件	预警颜色	处置要求
注意级	监测值接近控制指标	黄色	发送提示信息，加强监测
警戒级	监测值达到控制指标	橙色	自动报警，通知责任人现场确认
危险级	监测值超过控制指标	红色	启动应急预案，停止相关作业

8.4.3 风险预警信息应通过数字孪生平台实时推送给相关责任人，推送方式应包括平台消息和手机短信。

8.4.4 风险处置完成后应在平台上记录处置过程和结果，形成闭环管理记录。

9 数字孪生成果校验与竣工交付

9.1 一般要求

9.1.1 数字孪生成果在竣工交付前应进行完整性校验和一致性校验。

9.1.2 数字孪生成果的交付应符合统一的格式要求，确保成果的可用性和可追溯性。

9.2 模型校验

9.2.1 模型完整性校验应检查数字孪生底板模型是否包含全部 BIPV 相关构件和信息。

9.2.2 模型完整性校验应包括构件数量、属性字段和关联关系的完整性检查。

9.2.3 模型完整性校验不合格的应进行补充完善。

9.2.4 模型一致性校验应检查数字孪生模型与实际施工状态的一致性。

9.2.5 模型一致性校验应包括构件位置、安装角度、电气参数和防水构造的一致性检查。

9.2.6 模型一致性校验发现偏差的应进行修正。

9.3 成果交付

9.3.1 竣工数字孪生成果应采用通用数据格式交付，包括 IFC 格式的模型文件和结构化数据文件。

9.3.2 竣工数字孪生成果应附带数据说明文件，说明文件应包括数据结构、参数定义和读取方法。

9.3.3 竣工数字孪生成果应支持在主流数字孪生平台上打开和使用。

9.4 档案管理

9.4.1 竣工数字孪生成果应按照工程档案管理要求进行归档。

9.4.2 归档内容应包括数字孪生底板模型、施工过程数据、变更记录和校验报告。

9.4.3 数字孪生成果的保存期限应不少于工程竣工验收后 10 年。

9.4.4 数字孪生成果应向运维单位移交，为 BIPV 系统的运维管理提供数字底板。

9.5 运维交付与培训

9.5.1 数字孪生成果向运维单位移交时，应同步移交运维所需的相关资料和技术文档。

9.5.2 移交内容应包括数字孪生底板模型文件、数据说明文件、模型使用手册和运维管理指南。

9.5.3 运维管理指南应包含下列内容：

- a) 数字孪生平台的基本操作说明；
- b) 模型查看、检索和标注功能的使用方法；

- c) 光伏组件运行状态在模型中的查看和定位方法;
 - d) 设备维护信息的查询和更新方法;
 - e) 模型数据与运维管理系统对接的操作说明。
- 9.5.4 数字孪生成果交付前应对运维人员进行培训，培训内容应包括模型查看与操作、数据查询与分析、设备定位与管理、异常情况处置等。
- 9.5.5 培训完成后应进行考核，运维人员应掌握数字孪生平台的基本操作技能。
- 9.5.6 数字孪生成果的移交应形成移交清单，移交清单应包括成果名称、文件格式、文件数量和移交日期。
- 9.5.7 移交方和接收方应在移交清单上签字确认。
- 9.5.8 运维单位在使用数字孪生成果过程中发现模型与实际不符时，应及时反馈并记录。重大偏差应通知建设单位组织相关方核实处理，并在数字孪生模型中更新修正。
-