

ICS 01.100.27
CCS J 00

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 5203.4—2025

民用雷达数字化设计和工艺仿真规范
第4部分：三维装配工艺规划和仿真规范

Specification for digital design and process simulation of civil radar—
Part 4: Process planning and simulation on three-dimensional assembly model

2025-09-10 发布

2025-10-10 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
4.1 基本要求	2
4.2 工艺规划要求	2
4.3 工艺仿真要求	2
5 装配工艺模型建模	2
5.1 建模要求	2
5.2 模型简化要求	3
6 三维装配工艺规划	3
6.1 工艺规划流程	3
6.2 三维装配工艺规划输入	4
6.3 三维装配工艺路线规划	4
6.4 三维装配工序设计	5
6.5 三维装配工艺发布	6
7 三维装配工艺仿真	7
7.1 工艺仿真流程	7
7.2 仿真模型准备	7
7.3 装配工艺流程创建	8
7.4 装配过程仿真	8
7.5 仿真评估与验证	8
7.6 装配仿真结果输出	9

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。

本文件是 DB32/T 5203《民用雷达数字化设计和工艺仿真规范》的第4部分。DB32/T 5203 已经发布了以下5个部分：

- 第1部分：总体要求；
- 第2部分：电讯建模与仿真规范；
- 第3部分：结构建模与仿真规范；
- 第4部分：三维装配工艺规划和仿真规范；
- 第5部分：信息集成要求。

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。

本文件由江苏省工业和信息化厅提出并组织实施。

本文件由江苏省工业互联网标准化技术委员会(JS/TC 67)归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第十四研究所、南京国睿防务系统有限公司

本文件主要起草人：吴欣、张柳、彭迪、胡长明、赵新舟、李蕾、吴敬凯、贲可存、吴一豪、杨婷。

引　　言

民用雷达智能制造面向产品全生命周期,贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节,每个环节都需要大量的标准来支撑,DB32/T 5203《民用雷达数字化设计和工艺仿真规范》聚焦于数字化设计、工艺及信息集成,制定基于模型的设计和仿真信息集成标准并推广应用,以期达到民用雷达行业智能制造发展的引领、示范和带动作用。DB32/T 5203 分为以下 5 个部分。

- 第 1 部分:总体要求。目的在于确立适用民用雷达数字化设计和工艺仿真需要遵循的通用要求及各组成模块的流程与交互等要求。
- 第 2 部分:电讯建模与仿真规范。目的在于为民用雷达电讯专业开展建模和仿真确立需遵循的模型要求和仿真方法。
- 第 3 部分:结构建模与仿真规范。目的在于为民用雷达结构专业开展建模和仿真确立需遵循的相关流程和要求。
- 第 4 部分:三维装配工艺规划和仿真规范。目的在于为民用雷达工艺专业开展三维装配工艺和仿真确立遵循的相关流程和要求。
- 第 5 部分:信息集成要求。目的在于为民用雷达电讯、结构、工艺各专业开展专业内、间信息集成工作需遵循的相关流程和要求。

民用雷达数字化设计和工艺仿真规范

第4部分:三维装配工艺规划和仿真规范

1 范围

本文件规定了民用雷达三维装配工艺规划和仿真的一般要求、装配工艺模型建模、三维装配工艺规划及三维装配过程仿真要求。

本文件适用于民用雷达三维装配工艺规划和仿真,其他民用电子装备参照使用。

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 24734.1—2009 技术产品文件 数字化产品定义数据通则 第1部分:术语和定义

GB/T 24737.5—2009 工艺管理导则 第5部分:工艺规程设计

GB/T 26101—2010 机械产品虚拟装配通用技术要求

3 术语和定义

GB/T 24734.1—2009、GB/T 24737.5—2009、GB/T 26101—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维装配工艺规划 3D assembly process planning

基于三维模型的装配工艺规划,通过静态或动态(装配动画)的三维工序模型表达装配顺序和装配路径,用于指导生产现场装配过程。

3.2

三维装配工艺模型 3D assembly process model

由一个或多个三维装配工序模型组成,按照工艺路线建立的用于指导完成整个装配的三维模型。

3.3

三维装配工序模型 3D assembly in-process model

用于表达单个装配工序的三维模型。

注:包含三维机械装配工序模型和三维布线工序模型。

3.4

三维机械装配工序模型 3D mechanical assembly in-process model

基于结构设计模型,用于表达单个机械装配工序的三维模型。

注:包含此道工序(或工步)装配中涉及的机械结构件装配对象、使用的工装工具,以及描述整个装配过程中各装配环节所涉及的装配上下游信息、各环节的装配和检验要求等。

3.5

三维布线工序模型 3D cabling in-process model

基于工艺流程建立的用于指导完成单个工序、工步的布线模型。

注：包含此道工序、工步中涉及的线缆布线路径信息、绑扎要求、检验要求等工艺信息。

3.6

装配资源模型 assembly resource model

装配过程中涉及的工装、工具、设备等模型、属性信息(包括资源编号、名称、几何信息等),以及该资源在装配过程中的工作特性(状态和位置)等信息。

4 一般要求

4.1 基本要求

三维装配工艺规划和仿真的一般要求如下：

- a) 三维装配工艺规划和仿真的输入是结构设计技术状态固化的三维轻量化模型；
- b) 三维装配工艺规划是依据三维设计模型、产品技术要求及生产组织信息,确定工艺方案,进行合理的工序划分,设置必要的检验工序,形成完整的工艺路线和装配工序模型；
- c) 装配仿真应在民用雷达的详细设计阶段反复迭代开展,对产品装配方案合理性和可行性进行验证；
- d) 工艺数据应实现结构化存储和管理；
- e) 装配过程仿真结果应实现存储和管理。

4.2 工艺规划要求

三维装配工艺规划的基本要求如下：

- a) 三维装配工艺是直接指导现场装调过程的重要文件,应做到正确、完整；
- b) 三维装配工艺规划中装配工序应包含对应的三维装配工序模型,并与各工序(或工步)实现关联；
- c) 三维装配工艺模型应与三维设计模型建立关联关系。

4.3 工艺仿真要求

三维装配工艺仿真的基本要求如下：

- a) 三维装配过程仿真包括装配顺序规划、装配路径规划、装配干涉检查、装配仿真结果分析等；
- b) 装配过程中相似的装配操作应遵循集中完成的原则,应尽量减少装配方向在产品装配过程中改变次数；
- c) 装配路径仿真宜综合考虑装配工艺性、可装配性等因素,避免出现装配过程的碰撞干涉,按照预先定义好的装配层级逐级、自底向上的原则对产品进行装配过程仿真分析；
- d) 民用雷达系统级整机、典型分系统(如天线阵面、天线座)应进行装配过程仿真；模块及以下的组件可视具体情况进行仿真验证；民用雷达装配过程仿真应对分系统、子系统等的接口装配关系、关键装配过程、狭小空间装配过程进行仿真；
- e) 装配仿真的数据应进行多版本归档管理。

5 装配工艺模型建模

5.1 建模要求

装配工艺建模应基于结构模型,按照装配过程添加相关工艺信息,能够有效指导生产现场进行装配,并遵循以下规则：

- 装配工艺模型的构建应在保证装配过程仿真精度的前提下,采用轻量化模型或简化模型;
- 装配工艺模型应能反映零部件的装配顺序,装配工序模型应能完整表达装配工序;
- 装配工序模型应包含装配对象模型、必要的装配资源模型及装配注释,其模型形式、模型显示、模型视图、模型渲染及模型注释应符合装配工序要求,并满足装配过程仿真要求。

5.2 模型简化要求

三维装配工艺模型简化要求如下:

- 三维装配工艺模型简化应完整保留结构设计的几何信息(装配模型本身所包含的点、线、面、体和坐标系信息)、约束信息(装配模型所含装配单元之间的约束关系信息)、工程属性(装配模型的装配结构树信息、装配技术要求、材料属性等);
- 三维装配工艺规划中已装配或不再拆分的模块、分系统可简化处理,合成一个模型,需装配的模块或分系统不应简化合并为一个模型;
- 三维装配工艺模型简化与轻量化后的坐标应与结构设计的绝对坐标保持一致。

6 三维装配工艺规划

6.1 工艺规划流程

三维装配工艺规划的流程框图如图1所示。

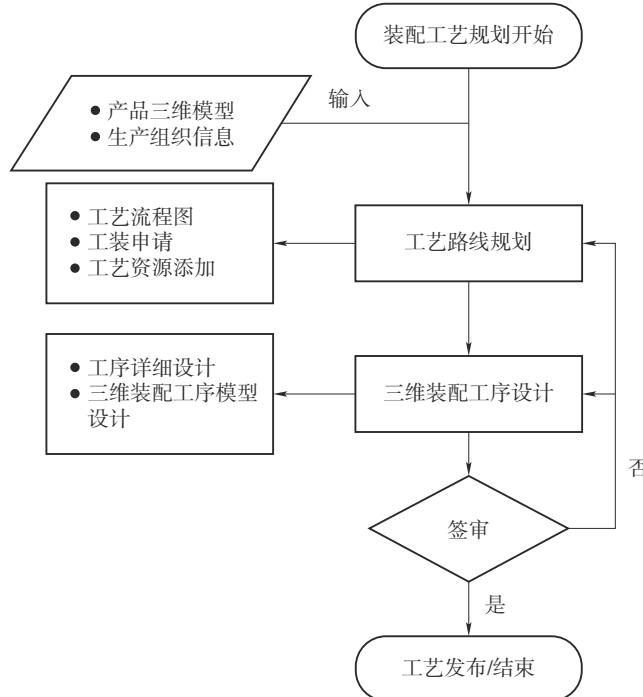


图1 三维装配工艺规划流程框图

三维装配工艺规划流程环节包括:

- 装备工艺规划开始;
- 明确输入要求,包括产品三维模型和生产组织信息等;
- 工艺路线规划,包括工艺流程图、工装申请、工艺资源添加等工艺工作;

- d) 三维装配工序设计,包括工序详细设计、三维装配工序模型设计等;
- e) 三维装配工艺规划签审;
- f) 三维装配工艺发布。

6.2 三维装配工艺规划输入

6.2.1 输入的产品三维模型

三维装配工艺规划的输入模型要求如下:

- a) 三维设计模型应完整、正确,包括民用雷达产品结构树、产品系统、分系统、子系统/模块级的结构模型、产品技术要求(含布线模型);
- b) 民用雷达结构模型的空间位置应以绝对坐标定位;
- c) 民用雷达结构模型中应包含几何信息、约束信息和三维标注信息;
- d) 三维装配工艺规划中不需要拆分的组件、分系统可简化处理,合成一个模型,需要拆分的组件不应简化合并为一个模型。

6.2.2 输入的生产组织信息

三维装配工艺规划的输入的生产组织信息要求如下:

民用雷达生产组织信息应包含:如物料类型、主制生产单位、关键件标识、生产纲领或生产任务等内容;可使用状态的设备和工艺装备的资料等。

6.3 三维装配工艺路线规划

6.3.1 基本原则

民用雷达三维装配工艺路线规划的基本原则包括:

- a) 为便于生产组织管理、减少周转,对一个零、部、整件的生产加工工序尽量封闭在同一生产部门,如机柜、方舱类整件;
- b) 各工序的串、并行关系应采用工艺流程图表达;
- c) 涉及结构件装配、电缆装配等多专业协作的工艺路线中应协调一致,不应相互矛盾;
- d) 明确各工序的生产单位、工序名称、操作工种等,应根据装配顺序安排调整工艺流程图;
- e) 应明确装配过程涉及的工具、工装等资源信息。

6.3.2 系统级工艺路线规划

系统级三维装配工艺路线规划一般包括天馈伺、机房等三维装配工艺规划,要求如下:

- a) 系统级工艺规划是民用雷达交付用户前的系统级装配调试工艺过程规划;
- b) 民用雷达系统级三维装配工艺规划应覆盖天馈伺、机房等对象的装配、调试等全过程,应包含制件装配、调试、三防、筛选、验收等产品生产所经历的全部过程。

6.3.3 分系统级工艺路线规划

6.3.3.1 天线分系统

天线分系统三维装配工艺路线规划的要求如下:

- a) 应合理安排机装、电装交叉顺序,按照先布线后接线的原则进行;
- b) 在组件、绕线层、综合层(电源综合层、子阵综合层)等结构件装配完成后,再进行线缆敷设,按照“接地线布线、电源线布线、射频线缆布线、光缆布线”的装配顺序,与结构件穿插安排工艺过程;

- c) 等相射频电缆作为特殊电缆须满足特殊敷设要求,应明确长度释放方式(如建议绕线结构);
- d) 所有线缆沿箱梁、筋板进行铺设,应满足不影响组件正常插拔的要求;
- e) 线缆穿过筋板、箱梁、外壳孔时,应安装绝缘穿孔衬套或加装通路套管保护;
- f) 线缆应留有充足的余量,以满足天线传动运动要求;
- g) 特殊件应使用专用周转工装:如收发组件(TR)组合、单元组合周转箱。

6.3.3.2 伺服分系统

伺服分系统的三维装配工艺路线规划的要求如下。

- a) 伺服传动系统应按照“传动结构件装调→水铰链→汇流环→其他设备”的装配顺序,传动部分装配完成后应进行跑合。
- b) 转台中心电缆应分层设置,利用托架、卡箍等附件,将电缆按种类进行分层布置;直径大、重量重的电源电缆布置在底层、低频控制电缆和网线可布置在中间层,射频电缆、光纤铺设在最上层。同时需兼顾维修性,经常需维修更换的电缆布置在上层。
- c) 所有电缆应避免全部经过转台中心再向外分配,电缆通道需有可靠的固定措施。

6.3.4 模块级工艺路线规划

模块级工艺规划包含 TR 组件及电源模块、插箱、插盒、汇流环等的工艺路线规划,要求如下:

- a) 收发组件及电源模块工艺规划应合理分配各组件装配、焊接工序;
- b) 插箱、插盒模块工艺规划应合理分配组件装配、接线工序;
- c) 汇流环模块工艺规划应合理分配组件装配、跑合、焊接、调试工序。

6.4 三维装配工序设计

6.4.1 装配工序详细设计

装配工序详细设计要求如下:

- a) 工序号:一般采用10进制,可根据需要对工序编号进行调整,确保工序号为升序排列;
- b) 工序名称:应根据企业标准工序名称进行填写;
- c) 车间名称(生产单位名称):应根据企业组织架构中的生产单位进行填写;
- d) 工种:应根据企业标准工种名称进行填写;
- e) 工序内容:应明确装调内容、装调要求及需达到的设计要素;各工序应划分工步,分步装配时,按“A、B……”编号区分;
- f) 所需的设备、工装工具:一般填写设备、工装、工具编号或型号;
- g) 关键工序标识:关键工序应有明显标识,对实施控制的工艺参数应有控制和检验的方法。

6.4.2 三维装配工序模型设计

6.4.2.1 基本要求

三维装配工序模型的基本要求如下。

- a) 模型形式:三维装配工序模型包括静态或动态(装配动画)等多种形式。
- b) 模型显示:应放大调整充满整个三维装配工序模型设计界面。
- c) 模型视图:视图方向应能清楚表达装配关系、装配方向;一般采用等轴测视图、剖视图等形式。
- d) 模型渲染:对产品模型、工装模型、工具模型、设备模型等,应以不同的颜色进行渲染。
- e) 模型注释格式:单个注释内容较多时避免出现超长注释框;字体一般采用16号字体,字体颜色黑色,填充颜色默认无色,指引线颜色黑色;对于需要进行强调的注释内容字体用红色或黄色进

行标识,红色为特别强调,黄色为一般强调。

- f) 注释位置:与零部件对象相关的工艺注释信息,用带指引线的注释进行标注,并将注释的引线与标注的零部件对象连接;与工序、工步相关,但不指定某个特定零部件的工艺注释信息,用不带指引线的注释,并将注释放置在视图的合适空白位置,不应遮挡三维模型。

6.4.2.2 三维机械装配工序模型设计

三维机械装配工序模型以结构件三维模型作为输入,按照装配顺序和工艺要求,对三维模型进行重新组织和划分。三维机械装配工序模型应满足以下基本内容:

- a) 系统级三维机械装配工序模型应包含民用雷达各分系统的模型,如天线系统、伺服系统、方舱等;
- b) 分系统级三维机械装配工序模型应包含民用雷达各组成模块模型,如TR组件、插箱、插盒等;
- c) 三维机械装配工序模型包括装配对象、装配配合尺寸、装配公差配合要求、装配过程中的关键过程、质量控制、安全控制以及技术要求等。

6.4.2.3 三维布线工序模型设计

三维布线工序模型应满足如下要求:

- a) 系统级布线工序模型,应包含主要分系统间连接电缆的三维模型,如天线系统与伺服系统间的连接电缆;
- b) 分系统级布线工序模型,如天线阵面,应按照电缆类型对地线、电源线、射频线缆、光缆等进行区别显示;
- c) 模块级布线工序模型,如固定式插箱的两侧走线和单侧走线,强电电缆和弱电电缆应区别显示;
- d) 三维布线工序模型应能表达线缆敷设顺序过程,模型中应明确各工序、工步线缆铺设的代号名称、具体路径、绑扎固定要求,接线端子号、位号、插座插头型号等信息;
- e) 对于一些具有特殊要求的线缆组件,如光缆等,应按照特殊线缆的铺设要求进行;
- f) 线缆线束模型应根据属性分类,如电源线、地线、控制线、网线、光缆等,以不同的渲染颜色进行区分显示;
- g) 线缆模型包含的信息应明确,如代号、直径、路径、转弯半径、长度、特殊要求等;
- h) 三维线缆铺设路径应满足:电源线和信号线分开布置、避免无结构附件固定情况下悬空走线、电缆与结构件之间无干涉、符合典型对象的布线特点。

6.5 三维装配工艺发布

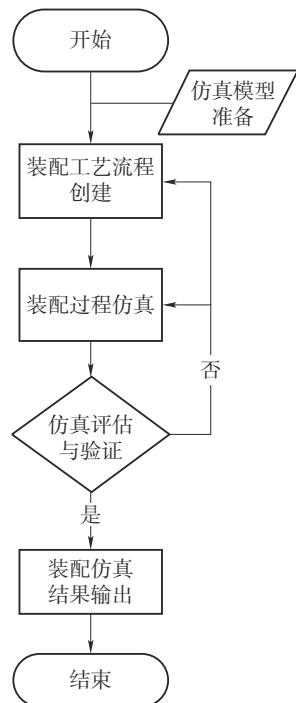
三维装配工艺发布应满足如下要求:

- a) 应根据企业实际生产需求,确定工艺规程发布形式(如电子化或根据模板定制成文档格式);
- b) 发布的工艺规程应能展示完整、准确的工艺信息,如产品信息、名称、版本、工艺流程图、工艺结构树、工序模型、工序(工步)内容、配合单位、工位、工种、设备、工装及工具、签审信息、生产组织信息、齐套物料等内容;
- c) 工序模型能够实现互动展示,并具备旋转、缩放等操作功能;
- d) 可根据人员角色权限,设置不同的工艺发布内容。

7 三维装配工艺仿真

7.1 工艺仿真流程

三维装配工艺仿真的流程框图如图 2 所示。



三维装配工艺仿真流程环节包括：

- 仿真模型准备；
- 装配工艺流程创建；
- 装配过程仿真, 包括装配顺序规划、装配路径规划、装配干涉检查、装配仿真结果分析等；
- 装配过程仿真评估与验证；
- 装配仿真结果输出。

7.2 仿真模型准备

仿真模型准备为装配过程仿真提供数据支持, 其主要内容包括装配模型准备、模型简化、装配环境模型等数据准备。仿真模型应满足如下要求：

- 仿真模型格式应能被所使用的虚拟装配系统识别；
- 所有模型应按照 1:1 的比例建模, 应是实体化模型；
- 模型装配接口信息完整准确；
- 模型的坐标方向应与设计环境保持一致；
- 作为整体装配或不需要再拆分的组件可简化处理合成一个模型处理, 需要拆装的组件原则上不能进行简化合并为一个模型；
- 对于天线阵面分系统中大量重复出现的装配, 如天线单元、收发组件、紧固件、布线等, 可采用不

完整装配简化,需完整包含一组重复装配对象的装配模型;

- g) 应根据仿真需要补充装配工装模型、装配工具模型等资源模型和环境模型。

7.3 装配工艺流程创建

完成工艺流程顺序的建立、调整,为流程中的各节点指派产品和资源模型,并验证装配流程的有效性。

7.4 装配过程仿真

7.4.1 系统级装配仿真

系统级整机装配仿真的要求如下:

- a) 建立完整的系统级整机装配仿真环境,包括天线阵面、天线座、机柜等分系统模型、装配资源模型等;
- b) 下级分系统间装配顺序和装配路径仿真;
- c) 系统级装配中的关键过程(包括吊装、高空作业、关键装配)中涉及的场地、设备的装配仿真;
- d) 本级装配对象、装配资源的可装配性仿真验证,明确各模块在装配路径中所处的位置和在装配空间中的姿态;
- e) 操作人员易于装配。

7.4.2 分系统级装配仿真

分系统装配过程仿真的要求如下:

- a) 建立完整的分系统装配仿真环境,包括TR组件模块、电源模块、插件、插盒、汇流环等子系统/模块模型、装配资源模型等;
- b) 下级子系统/模块的装配顺序和装配路径仿真;
- c) 分系统级装配中的关键过程(包括吊装、翻转、关键装配)中涉及的场地、设备的装配仿真;
- d) 分系统装配过程中涉及狭小空间装配过程的仿真;
- e) 分系统级装配对象、装配资源的可装配性仿真验证,明确各模块在装配路径中所处的位置和在装配空间中的姿态;
- f) 操作人员易于装配。

7.5 仿真评估与验证

7.5.1 系统级

系统级装配仿真评估与验证要求如下:

- a) 系统级装配干涉检查应评估与验证各分系统在装配过程中接口是否存在干涉碰撞;
- b) 关键装配过程(如天线阵面吊装、翻转等)应评估与验证是否存在干涉碰撞;
- c) 机械结构件和电缆、电缆铺设过程应评估与验证是否存在干涉碰撞;
- d) 装配对象和装配资源之间应评估与验证是否存在干涉碰撞;
- e) 紧固件的装配过程应评估与验证是否存在干涉碰撞;
- f) 部分紧固件装配空间有限,应放置装配工具模型对操作空间进行验证;
- g) 典型机柜分系统装配空间有限,应放置装配工具模型对操作空间进行验证;
- h) 仿真分析完成后宜形成评估报告,包括干涉点分析、干涉原因分析、仿真视频等。

7.5.2 分系统级

分系统级装配仿真评估与验证要求如下：

- a) 分系统装配干涉检查应评估与验证各模块和组件的接口是否存在干涉碰撞；
- b) 机械结构件和电缆、电缆铺设过程应评估与验证是否存在干涉碰撞；
- c) 装配对象和装配资源之间应评估与验证是否存在干涉碰撞；
- d) 紧固件的装配过程应评估与验证是否存在干涉碰撞；
- e) 对于天线阵面装配中狭小空间操作过程，应放置装配工具模型对操作空间进行验证；
- f) 部分紧固件装配空间有限，应放置装配工具模型对操作空间进行验证；
- g) 仿真分析完成后宜形成评估报告，包括干涉点分析、干涉原因分析、仿真视频等。

7.6 装配仿真结果输出

对装配顺序、装配空间、装配路径、人机工效等方面存在的问题进行反馈和优化，最终生成相关的分析报告和视频文件。
