

ICS XXXX

CCS XXXX

T 团 体 标 准

T/SCGS XXXXXX—XXXX

民用飞机零件数字化制造 CAD 软件功能 通用测试规范

General Test Specifications for CAD Software Functions in Digital
Manufacturing of Civil Aircraft Parts

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国图学学会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试内容 2

4.1 测试对象 2

4.2 测试环境 2

4.3 零件工艺模型建模测试 2

4.4 零件工装模型建模测试 4

4.5 测量与分析功能测试 6

5 测试方法 7

6 测试流程与测试要求 7

6.1 测试计划 7

6.2 测试设计 8

6.3 测试执行 8

6.4 测试总结 9

7 测试用例 9

7.1 基本要求 9

7.2 测试用例的内容 9

7.3 测试用例的数据 10

参考文献 12

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这些专利的责任。

本文件由上海飞机制造有限公司提出。

本文件由中国图学学会归口。

本文件起草单位：上海飞机制造有限公司、北京数码大方科技股份有限公司、北京航空航天大学。

本文件主要起草人：王辉、江一帆、陈维、陈保国、肖曦、宁涛、王爱增。

本文件为首次发布。

引 言

零件制造业务的数字化是实现民用飞机全流程数字化制造的重要环节，三维 CAD 软件在民用飞机零件的数字化制造场景中发挥着传递零件几何结构与其他制造信息的关键作用。由于沿用特定三维 CAD 软件的行业历史原因，目前民用飞机产业的制造端对三维 CAD 软件的功能测试尚未进行系统性地总结，不利于相关测试工作的有效开展。

本标准面向民用飞机零件数字化制造需求，通过规范 CAD 软件功能测试的过程、测试用例选择、软件功能测试的项目与通过准则，为三维 CAD 软件研制厂商、用户单位及其他单位等开展相关的 CAD 软件功能测试提供了指导。

随着我国民机产业的发展进入了“以我为主”的发展新阶段，需要推动民用飞机零件制造业务核心能力的自主可控。通过制订面向民用飞机零件数字化制造需求的 CAD 软件功能通用测试规范，能够促进国产三维 CAD 技术以民用飞机产业实际业务需求为指引的迭代，推动国产三维 CAD 软件的工程应用，实现我国民机行业工业软件的自主可控。

面向民用飞机零件典型制造场景的 CAD 软件功能测试要求

1 范围

本文件规定了面向民用飞机零件制造领域需求验证所进行CAD软件功能测试的过程、测试用例选择、软件功能测试的项目与通过准则。

本文件适用于三维CAD软件研制厂商、测评机构、用户单位及其他单位等面向民用飞机零件的制造业务所开展的CAD软件功能测试。

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 41923.3—2022 机械产品三维工艺设计 第3部分：模型构建

HB 20284—2016 基于模型的定义 CATIA 实施指南

JH/CIE 427—2023 三维 CAD 软件测试过程规范

JH/CIE 429—2023 三维 CAD 软件测试用例设计规范

JH/CIE 430—2023 三维 CAD 软件功能评测规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 41923.1-2022 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1.1

工艺模型 process model

指描述产品制造过程中各工序/工步几何形状、工艺特征及相关属性信息的三维数字化模型。

[来源：GB/T 41923.1-2022, 4.2]

3.1.2

毛坯模型 blank model

表达毛坯材料、形状、尺寸和技术要求等信息的三维模型。

[来源：GB/T 41923.1-2022，4.3]

3.2 缩略语

CAD：计算机辅助设计（Computer Aided Design）

STEP：产品模型数据交换标准（Standard for Exchange of Product Model Data）

IGES：初始图形交换规范（The Initial Graphics Exchange Specification）

PMI：产品制造信息（Product and Manufacturing Information）

4 测试内容

4.1 测试对象

计划在民机零件制造领域进行工程化应用的三维 CAD 软件。

4.2 测试环境

面向民用飞机零件制造场景的三维 CAD 软件功能测试的测试环境可参考表 1。

表 1 推荐功能评测环境

序号	配置项	配置要求
1	处理器（CPU）	最大频率 3.5GHz 及以上
2	内存	16G 及以上
3	显卡	显存 4G 独立显卡或以上
4	存储硬盘	500GB 或以上容量，推荐使用固态硬盘（SSD）
5	操作系统	支持 Microsoft Windows 10 专业以上版本或同类的国产系统

4.3 零件工艺模型建模测试

民用飞机零件工艺模型的建模测试内容包含零件参考几何元素的复用、工艺辅助结构的创建以及零件包络毛坯的设计与其他测试。测试内容详见表 2。

表 2 零件工艺模型建模测试的测试内容

测试项目		测试方法	通过准则
参考几何元素复用	参考几何元素导入	以 STEP、IGES 等格式从原数模中导出坐标系、参考点、线、面元素	导入的参考几个元素能够完整加载，在全局坐标系下的几何关系与原数模中的保持一致，并能够复用与编辑。
	参考几何元素提取	指定曲面或其他几何元素用于构建加工编程的辅助几何元素，提取选	选中曲面元素被完整提取，能够按需形成元素副本，并能够复用与编辑。

		中的对象，验证选中曲面是否被完整提取	
	参考几何元素偏移	指定曲面或其他几何元素用于构建加工编程的辅助结合元素，向指定方向偏移指定距离，验证偏移后的结合元素形状、偏移距离是否正确。	成功执行曲面偏移，偏移距离正确，曲面表面光滑，各个参数均正确。
	参考几何元素外插延伸	选择曲面及曲面边界（边界轮廓曲率较小）用于构建加工编程的辅助结合元素，执行“外插延伸”功能；选择曲面，执行反转方向功能；选择曲面，执行近接功能。	成功延伸、反转方向和近接，延伸和近接后曲面能够正确达到测试案例要求的连续性。
	参考曲面裁剪	将给定曲面通过自定义平面分割和裁剪，验证裁剪是否符合要求，且裁剪边缘符合曲面和自定义平面的相交线。	成功通过自定义平面裁剪曲面。
工 艺 辅 助 结 构 创 建	工艺凸台	绘制二维轮廓线并创建凸台，验证凸台是否正确拉伸及凸台各个参数是否正确。	成功生成拉伸凸台，凸台高度、方向、拔模角度准确。
	压板凹槽	绘制二维轮廓线并向指定方向创建凹槽特征，验证凹槽是否正确创建，且各个凹槽参数均正确。	成功创建凹槽，凹槽的切除方向，切除深度、拔模角度参数均正确。
	分割/切除	对选中的工艺凸台实体，以指定的相交平面对其进行分割并对指定的一侧进行切除操作，验证实体分割特征是否正确。	能够成功识别作为分割工具的平面是否与实体相交，在相交的情况下能够正确分割选中的实体为两部分，按照原设计去除/保留实体上指定的一侧。
零 件 包 络 毛 坯 创 建	凸台（适用于规则长方体毛坯）	绘制二维轮廓线并创建凸台、或带拔模的凸台，验证凸台是否正确拉伸及凸台各个参数是否正确。	成功生成拉伸凸台，凸台高度、方向、拔模角度准确。
	偏移（适用于锻铸件复杂结构毛坯等）	选定非零件的通过指定光滑曲面分别向内、外曲面法向偏移一定距离，验证偏移后的曲面形状、偏移距离是否正确，曲面表面是否光滑。	成功执行曲面偏移，偏移距离正确，曲面表面光滑，各个参数均正确。曲线是与曲面平行且在曲面上。
	加厚曲面（适用于锻铸件复杂结构毛坯等）	对曲面指定加厚的方向与厚度，执行曲面加厚功能，验证是否正确创建具有厚度的曲面实体	成功创建加厚曲面特征，加厚的方向、厚度参数均正确，加厚曲面实体保持原曲面的连续性。
其他	曲面展平（适用于单曲面膜皮结构的蒙皮类零件）	选择单曲蒙皮零件的主体曲面，执行曲面展平功能，验证其是否创建指定曲面的平面展开图形。	成功创建展平特征，二维展平面的表面积与对应的零件原曲面误差应小于 $1e-3\text{mm}^2$ 。

4.4 零件工装模型建模测试

零件配套工装的设计需要结合零件工艺模型进行设计，需要测试的功能包括二维参数化草图设计、三维特征设计与主要的功能测试内容包括二维草图与三维特征设计，测试要求详见表 3 与表 4。

表 3 零件工装模型的二维草图测试内容

测试项目		测试方法	通过准则
草图 绘制	点	在图形界面中单击创建点、使用坐标创建点、等距点、相交点、投影点，验证点位置是否正确。	软件正确标注点的位置
	直线	在图形界面中测试直线、轴线、双切线、角平分线、曲线法线、无限长线； 通过定义直线两端的坐标或方向，验证直线方向、长度等参数是否正确	能够正确定义直线两端的坐标或方向
	曲线	通过软件界面或接口测试椭圆、抛物线、双曲线、圆锥曲线，以及单样条线、连接样条线，验证是否正确建立曲线，样条曲线的关键控制点是否正确显示	正确建立曲线，关键控制点计算准确，取样点计算准确，曲线按设计需要需保持 G1 和 G2 光滑连续。
	绘制圆 / 圆弧	通过软件界面或接口测试圆心绘制圆、绘制 3 点圆、坐标创建圆、绘制三切线圆，绘制三点弧、绘制起点受限的三点弧，验证绘制圆或圆弧的重要参数是否正确表示。	绘制圆心准确，轮廓取样点计算准确，三切线圆正确相切。
	多边形轮廓	通过软件界面或接口测试：矩形、斜置矩形、3 顶点确定矩形、平行四边形、正六边形、居中矩形等常用多边形，验证预定义轮廓是否准确显示。	绘制图形准确，控制节点准确，轮廓无偏置且连续
	圆角	通过软件界面或接口测试：所有元素圆角、第一元素圆角、不修剪倒圆角、构造线倒圆角、标准线倒圆角、构造线未修剪圆角，圆角的元素需要成不同角度（锐角、直角、钝角），验证圆角是否正确生成，且与连接线段一阶连续。	成功生成圆角，圆角一阶导数连续
	倒角	通过软件界面或接口测试：对两条封闭线段执行：所有元素倒角、第一元素倒角、不修剪倒角、构造线倒角、标准线倒角、构造线未修剪倒角，圆角的元素需要成不同角度（锐角、直角、钝角），验证倒角是否正确生成，且与连接线段连续。	成功生成倒角，倒角连续。
	元素修剪	通过软件界面或接口测试：修剪图形、断开图形、快速修剪、封闭弧、补充图形，验证是否正确修剪，不出现多余或未封闭线段。	正确生成修剪后图案，修剪端无突出小线段，或者不连续线段。
	几何变换	通过软件界面或接口测试：对二维轮廓执行镜像、阵列图形、平移图形、旋转图形、缩放图形，验证新生成的图形是否具有正确的几何变换关系。	正确生成转换后图案，图形转换后关键点角度与距离与设置参数一致。
	元素投影	通过软件界面或接口测试：投影三维元素、三维元素相交、投影三维轮廓线，验证三维元素是否正确投影成二维轮廓线。	成功生成三维元素的投影，节点对应准确。

表 4 零件工装模型的三维建模功能测试

测试项目		测试方法	通过准则
曲线 曲面 建模	参 考 几 何 元 素 导入	以 STEP、IGES 等格式从原数模中导出坐标系、参考点、线、面元素	导入的参考几个元素能够完整加载，在全局坐标系下的几何关系与原数模中的保持一致，并能够复用与编辑。
	拉伸	对曲线在指定方向进行拉伸曲面操作，验证拉伸的方向、距离是否正确。	成功拉伸曲线成曲面，方向距离均正确。
	旋转	对曲线按照指定旋转轴、指定角度进行旋转成曲面操作，验证旋转曲面的方向、距离等参数是否正确。	成功旋转成曲面，各个参数均正确。
	偏移	通过指定光滑曲面分别向内、外曲面法向偏移一定距离，验证偏移后的曲面形状、偏移距离是否正确，曲面表面是否光滑。将曲线在支持面上平移，创建平行曲线，验证曲线是否平行且在曲面上。	成功执行曲面偏移，偏移距离正确，曲面表面光滑，各个参数均正确。 曲线是与曲面平行且在曲面上。
	填充	用多个支撑曲面组成边缘曲线闭合的空隙，对于该空隙执行填充曲面操作。	成功执行曲面填充，填充曲面与支撑曲面能够正确达到测试案例要求的连续性。
	扫掠	对于指定一条三维轮廓（如三维样条线）通过特定引导线（如三维样条线），执行扫掠操作。	成功执行曲面扫掠，曲面参数正确，能够正确达到测试案例要求的连续性。
	过 渡 桥接	对两个或以上的曲面，在其边缘位置进行曲面桥接操作	成功执行桥接曲面，桥接曲面与支撑曲面能够正确达到原始设计要求的连续性。
	投影	将三维曲线投影到曲面上，验证投影曲线是否准确投影在曲面上	按原始设计要求成功投影曲线至曲面
	接合	合并带有相切曲线的两曲面	成功合并两曲面为一个曲面
	相交	对具有空间相交几何关系的两个曲面，求取其曲面相交的接线，验证选中的相交曲线是否正确	成功计算出相交曲线，求交元素精度达到 $1e-8$ 。
	外 插 延伸	选择曲面及曲面边界（边界轮廓曲率较小），执行“外插延伸”功能； 选择曲面，执行反转方向功能； 选择曲面，执行近接功能。	成功延伸、反转方向和近接，延伸和近接后曲面能够正确达到测试案例要求的连续性。
	曲 面 裁剪	将给定曲面通过自定义平面分割和裁剪，验证裁剪是否符合要求，且裁剪边缘符合曲面和自定义平面的相交线。	成功通过自定义平面裁剪曲面。
实 体 建模	曲 面 提取	选中测试用例数模实体中的指定曲面或参考曲面，提取选中的曲面，验证选中曲面是否被完整提取	选中曲面元素被完整提取，能够按需形成元素副本，并能够复用与编辑。
	凸台	绘制二维轮廓线并创建凸台、或带拔模的凸台，验证凸台是否正确拉伸及凸台各个	成功生成拉伸凸台，凸台高度、方向、拔模角度准确。

		参数是否正确	
	凹槽	作为凸台的反向操作, 绘制二维轮廓线并向指定方向创建凹槽特征, 验证凹槽是否正确创建, 且各个凹槽参数均正确	成功创建凹槽, 凹槽的切除方向, 切除深度、拔模角度参数均正确。
	孔 特征	指定半径和深度、孔顶尖角度参数, 执行孔特征的功能, 验证是否正确创建孔特征	成功创建孔特征, 孔的半径、深度、孔顶尖角度各个参数准确。
	抽壳	对实心凸台的实体, 指定壳体的壁厚、抽壳的方向, 执行抽壳 (指定厚度) 功能, 验证是否正确创建抽壳特征	成功创建抽壳特征, 壳体的壁厚、抽壳的方向参数均正确。
	加 厚 曲面	对曲面指定加厚的方向与厚度, 执行曲面加厚功能, 验证是否正确创建具有厚度的曲面实体	成功创建加厚曲面特征, 加厚的方向、厚度参数均正确, 加厚曲面实体保持原曲面的连续性。
	布 尔 运算	对两个或以上的实体进行布尔交、或并、或差运算, 验证布尔运算的结果是否正确。	成功完成布尔运算, 实体布尔运算的结果与原设计一致。
	几 何 变换	对选中的实体凸台、凹槽、孔特征指定对称平面、阵列的方向、阵列的个数, 验证是否成功完成对称、阵列的功能, 完成实体特征的及格变换	能够成功创建对称和阵列, 对称平面、阵列的方向、阵列的个数参数准确。
	分 割 / 切除	对选中的实体, 以指定的相交平面对其进行分割并对指定的一侧进行切除操作, 验证实体分割特征是否正确	能够成功识别作为分割工具的平面是否与实体相交, 在相交的情况下能够正确分割选中的实体为两部分, 按照原设计去除/保留实体上指定的一侧。

4.5 测量与分析功能测试

测量与分析功能测试的测试内容详见表 5。

表 5 测量与分析功能测试

测试项目		测试方法	通过准则
测 量 与 分 析	点 测 量	执行测量: 点坐标信息、点之间距离、点到线/面距离, 验证是否能正确获取相关数据。	能成功获取相关点的数据
	线 测 量	执行测量: 线长度、线之间距离、线之间角度、线围合面积、圆弧半径、曲线的曲率梳、曲线链的连通性、曲线直接的连续性、曲线的控制多边形等, 验证是否能正确获取相关数据。	能成功获取相关线的数据
	面 测 量	执行测量: 面的面积、球面或柱面的半径、曲面的控制多边形、曲面曲率、曲面之间的连续性、斑马线分析等, 验证是否能正确获取相关数据。	能成功获取相关面的数据
	厚 度 测量	执行测量: 实体上两平行平面间的间距, 验证是否能正确获取相关数据。	能成功获取相关厚度的数据
	实 体 重 量	执行测量: 选中零件实体, 赋予指定的材料密度后, 验证是否能成功进行质量、重心位置、惯量属性。	能成功获取相关质量、重心与惯

	分析		量的数据
	实 体 体 积 分 析	执行测量：选中零件实体，验证是否能成功进行零件实体的体积测量。对同一坐标系下的两个类似零件数模进行比对，可视化显示两个零件数模实体的局部差异。	能成功获取相关体积的数据。 可视化差异比对的局部位置结果正确。

5 测试方法

面向数字化制造场景进行的三维 CAD 软件功能测试应采用动态测试方法中的黑盒测试。

在有条件的情况下，应结合具体民机零件开展零件工艺模型与相应的零件工装模型的建模测试，以已经通过投产验证的零件工艺模型与零件工装模型为基准，进行对比测试。

6 测试流程与测试要求

面向数字化制造场景进行的三维 CAD 软件功能测试的流程测试总体上分为：测试计划、测试设计、测试执行和评测总结 4 个阶段。

6.1 测试计划

测试分析人员应根据测试目的分析被测软件，并确定以下内容：

- a) 确定测试充分性要求。面向民用飞机零件数字化制造的实际场景，分析对三维 CAD 软件的功能需求，明确三维 CAD 软件的测试内容。
- b) 确定测试终止的要求。明确三维 CAD 软件测试内容中列举的测试项的通过准则，并对测试过程中可能出现的问题进行问题严重性等级定义及说明。
- c) 确定用于测试的资源要求，包括软件(如操作系统、静态分析软件、自动化测试软件、测试数据产生软件、测试结果获取和处理软件等)、硬件(如计算机、设备接口等)、人员（如具备一定的测试经验、熟悉三维 CAD 软件的相关专业人员）等。
- d) 根据对软件的功能需求，确定测试准出条件。
- e) 确定由资源和三维 CAD 软件决定的测试活动的进度。明确测试过程中的测试人员构成及资源安排，测试进度安排合理，里程碑时间点及测试交付材料明确，避免测试不足或过度测试。

应对测试计划进行评审。评审测试的范围和内容、资源、进度等是否明确，测试方法是否合理、有效和可行，测试文档是否符合规范等。在测试计划通过评审后，进入下一步工作；否则，需要重新进行

测试计划。

6.2 测试设计

测试设计工作由测试设计人员和测试程序员完成，根据测试计划完成以下工作：

- a) 设计测试用例。将需测试的三维 CAD 软件功能特性分解，并根据三维 CAD 软件的测试需求，针对测试项分析可选用已有或设计新的测试用例；
- b) 获取测试数据，包括获取现有的测试数据（如三维 CAD 软件安装文件、接口数据等）和生成新的数据（如三维 CAD 软件 STEP、IGES 等数据格式模型），并按照规定验证所有数据。
- c) 确定测试顺序，可从资源约束、风险以及测试用例失效造成的影响或后果几个方面考虑。
- d) 获取测试资源，选择指定版本的三维 CAD 软件、测试模型和自动化测试工具（如有）。
- e) 编写测试程序，可依据三维 CAD 软件接口开发适用于测试需求的自动化测试工具。
- f) 建立和校准测试环境。

应对系统测试说明进行评审。评审测试用例是否正确、可行和充分，测试环境是否正确、合理，测试文档是否符合规范。在系统测试说明通过评审后，进入下一步工作；否则，需要重新进行系统测试的设计和实现。

6.3 测试执行

执行测试的工作由测试员和测试分析员完成。

测试员的主要工作是执行测试计划中规定的测试项目和内容。在执行过程中测试员应认真观察并如实地记录测试过程、测试结果和发现的差错，认真填写测试用例执行记录。测试分析员的工作主要有如下两方面：

- a) 根据每个测试用例的预期输出、期望输出和通过准则判定该测试用例是否通过，如果不通过，测试分析员应认真分析情况，并根据以下情况采取相应措施：
 - 1) 测试设计和测试数据的差错。采取的措施是：改正差错，将改正差错信息详细记录然后重新运行该测试。
 - 2) 执行测试步骤时的差错。采取的措施是：重新运行未正确执行的测试步骤。
 - 3) 测试环境(包括软件环境和硬件环境)中的差错。采取的措施是：修正测试环境，将环境修正情况详细记录，重新运行该测试；若不能修正环境，记录理由，再核对终止情况。
 - 4) 软件实现的差错。采取的措施是：填写问题记录表，并把差错与异常终止情况进行比较，核对终止情况。软件变更完毕后，应根据情况对其进行回归测试。

5) 软件设计的差错。采取的措施是：填写问题记录表，并把差错与异常终止情况进行比较，核对终止情况。软件变更完毕后，应根据情况对其进行回归测试或重新组织测试，回归测试中需要相应地修改测试设计和数据。

6) 当所有的测试用例都执行完毕，测试人员要根据测试的充分性要求和失效记录，确定测试工作是否充分，是否需要增加新的测试。当测试过程正常终止时，将正常终止情况记录在测试总结报告中。当测试过程异常终止时，应记录导致终止的条件、未完成的测试和未被修正的差错。

6.4 测试总结

测试分析员应根据三维 CAD 软件测试的测试计划、测试问题记录表等，开展分析和评价测试工作，一般包括下面几项工作：

- a) 总结测试计划的变化情况及其原因。
- b) 对测试异常终止情况，确定未能被测试活动充分覆盖的范围。
- c) 确定未能解决的软件测试事件以及不能解决的理由。
- d) 依据评价规范，结合测试结果评价三维 CAD 软件的设计与实现。
- e) 汇总测试计划变化情况、理由、测试异常终止情况、未能解决的软件测试事件及评价结果，编写测试总结报告。
- f) 应对软件测试的执行活动、测试记录和测试总结进行评审。评审测试执行活动的有效性、测试结果的正确性和合理性。评审是否达到了测试目的、测试文档是否符合要求。

7 测试用例

7.1 基本要求

测试用例应当基于民用飞机零件的数字化制造场景进行设计，具备工程实用性，能够覆盖测试的需求。

测试用例需要具备可执行性，用例步骤清晰、预期结果明确，便于测试人员执行和判断。

测试用例需要具备可维护性，用例结构清晰，便于随着软件版本的迭代进行更新和维护。

测试用例需要具备可复用性，在不同的测试环境下也能产生相同的结果，从而确保测试结果的一致性。

7.2 测试用例的内容

测试用例需要体现典型的民用飞机零件的数字化加工场景的需求，选取典型的民用飞机零件数模

作为基本输入，同时提供零件所对应的工艺模型，如有专用工装数模则也应提供，作为工艺模型建模测试与工装建模测试的参照。

7.3 测试用例的数据

面向民机零件数字化制造场景的 CAD 软件测试用例的数模应当包含符合民机零件制造规范所需的各项数据信息，应当包括零件实体的几何特征、零件设计的外部参考几何元素、零件的基本信息、材料信息、零件装配的连接定义、零件的工程注释、零件加工要求的旗注信息、零件的喷漆定义与零件尺寸与形位公差标注集。

7.3.1 几何特征

作为测试用例的 CAD 模型应该具有完整的坐标系定义，即正交坐标系下的 XY，YZ，ZX 平面。

作为测试用例的 CAD 模型的几何特征应包含民用飞机零件设计中常见的典型结构特征，包括凸台、开放/半开放槽腔、加强筋、外缘轮廓、平面/曲面实体、孔、倒角/圆角。

7.3.2 外部参考

外部参考是进行零件结构设计时作为参考几何元素所关联引用其他父级实例的点、线、面元素，驱动着子级模型元素的定义。外部参考通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

7.3.3 基本信息

基本信息包含零件的名称、类型、对称件标识、关重件类型、更改说明、版权信息等内容，基本信息通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

7.3.4 连接定义

连接定义代表了民机零件装配所需的紧固件信息，以点和线元素的形式表达，连接定义通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

7.3.5 工程注释

工程注释是工艺过程中必需的产品定义信息，包含零件基本公差、最终处理和引用标准等通用要求。工程注释通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织，按顺序编号，命名为 EN1，EN2，EN3，以此类推。每条工程注释包含注释编号、内容描述与引用规范的内容。

7.3.6 旗注信息

旗注信息描述了加工细节的要求，这些信息通过旗注的方式与零件模型的几何特征相关联。旗注信息通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织，按顺序编号，命名为 FL1，FL2，FL3，以此类推。

每条工程注释包含注释编号、内容描述与引用规范的内容。

7.3.7 材料信息

材料信息定义了零件的材料要求，包含材料编号、牌号或类型、材料规范、毛料尺寸。替代材料信息定义了替代材料的要求，需要包含料编号、牌号或型类级、材料规范、毛料尺寸与替代条件的内容。材料信息通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

7.3.8 喷漆定义

喷漆定义用于描述零件的喷漆要求，包含喷漆说明、喷漆顺序、旗注、喷漆材料与喷漆区域的内容。喷漆定义通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

7.3.9 标注集

标注集是对零件尺寸与形位公差的定义，通过尺寸公差与注释的标注功能直接以三维标的方式定义在零件模型的特征上。必要时包含捕获的零件视图信息，方便快速地浏览标注信息。标注集通过几何图形集在 CAD 模型的特征树中进行组织。

参考文献

- [1] GB/T 41923.3—2022 机械产品三维工艺设计 第3部分：模型构建
 - [2] HB 20284—2016 基于模型的定义 CATIA 实施指南
 - [3] JH/CIE 427—2023 三维 CAD 软件测试过程规范
 - [4] JH/CIE 429—2023 三维 CAD 软件测试用例设计规范
 - [5] JH/CIE 430—2023 三维 CAD 软件功能评测规范
-