

中国质量协会团体标准

T/CAQ XXXXX—XXXX

基于三维模型的数字化检验

Guideline of Digital Inspection Based on 3D Mode

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国质量协会 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 一般要求	1
4.1 人员要求	1
4.2 设备要求	2
4.3 环境要求	2
4.4 技术规范要求	2
5 检验工作流程与要求	2

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由XXXX提出。

本标准由中国质量协会归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

引 言

目前，在数字化环境构建需求的牵引下，研制单位在设计环节上已启动了数字化样机的研制；在工艺环节上进行了三维制造和装配工艺的仿真技术研究；在制造环节利用数字化加工和装配设备、物料存储和输送系统、生产过程的数字控制等开展了数字化生产；在管理环节上借助信息化平台实施了精益管理。数字化研制环境的变化，也带来了制造过程质量管理要求和方法的相应转变：制造过程的管控对象从单一的实物验证向虚拟验证、预防控制转变；质量控制方式从单一的事后把关向数据自动采集、过程在线监督转变；文件、要求的执行从人工管控向信息系统对流程的刚性管控转变；质量管控的对象、节点从关注结果向对全过程、全要素的监督管控转变，形成一种“实物+过程+体系+联合管理”相结合的全面监督质量工作模式。

数字化制造过程质量控制要求的转变，使得基于三维模型的数字化检验也产生了相应变化：

1、产品检验的依据发生了变化。最直接的就是表达形式发生了变化，二维工程图纸被三维数字模型所取代。随着三维设计技术的不断完善，基于三维模型的制造和检验技术也逐步从技术研究走向工程应用。在航空领域，已从单纯的基于三维模型的制造向三维设计、三维工艺、三维制造仿真、三维检验的产品研制全过程应用发展，实现了三维模型信息在产品全寿命周期内的贯通和使用，保证了全寿命周期产品数据的一致性，提高了产品的研制效率。由于数字化生产制造是依据三维模型直接传递设计意图，没有二维工程图的辅助，这就要求必须将产品的设计信息完整、规范地定义到三维设计模型中；将产品的制造要求完整、规范地定义到三维工艺模型中；将产品的检验信息完整、规范地定义到三维检验模型中。因此数字化设计、数字化制造、数字化检验每个环节质量管控该做什么，怎么去做，流程如何推送，如何闭环，必须有统一的标准体系。

2、产品检验的方法、手段发生了变化。随着数字化、自动化制造水平越来越高，基于三维模型的检测技术作为制造技术的一部分也进入了数字化发展时代，不断向高精度、高效率、自动化、智能化方向发展，主要发展方向包括：1) 基于MBD的检测技术。其核心是以数据的传递和要素的自动识别提取为检测原理，通过计算机辅助技术、数字化检测技术规划、检测数据管理等各个软件之间的集成与融合，对检测数据的自动采集和检测资源的有效传递，实现检测三维模型信息的即时反馈和无缝传递。2) 三坐标测量技术。新一代测量机普遍具有与外界设备通讯的功能，可以直接读取IGES、STEP、PRO-E等数字模型，实现了从简单信息的获取到复杂信息的融合。3) 激光扫描测量技术。采用与理想要素比较的原则，利用“点云”数据建立起被测对象的物理模型，通过专业软件与设计模型进行比对评价，显著提高制造环节的质量管控效率。由此可见，基于三维模型的数字化检验必须具备相关功能的软、硬件支撑才能得以实现。

3、过程检验的策略发生了变化。“首检+批检”、“工序检+成品检”的传统质量控制策略在数字化生产环境下检验内容与要求也发生了相应变化。在首件全要素检验合格、数控软件归档后，批量生产制件的检验不仅仅可依据GJB179A、GB2828等的规定抽样，还应根据企业自身特定产品数控加工的特点，结合实际生产过程中更换不同机床、不同班次、不同加工者等情况，制定企业规范，明确实施数量及要素的抽检策略要求。

本标准以基于三维模型制造的机械零部件几何尺寸检验为对象，结合基于三维模型的数字化接触式测量与非接触式测量方法的应用实践，融合国家标准、行业标准的要求，形成数字化环境下基于三维模型的数字化检验实施指南，为企业全面推进实施三维数字化检验提供参考和借鉴。

基于三维模型的数字化检验实施指南

1 范围

本标准规定了基于三维模型的数字化检验实施的要求、流程与方法。
本标准适用于数字化环境下基于三维模型制造的机械零部件几何尺寸的检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

SJ21304 电子装备数字化工艺基本术语

3 术语和定义

GB/T 19000界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 三维模型

应用三维软件，在计算机中反映产品几何要素、约束要素和工程要素信息的集合。

3.2 数字化检验

采用数字化手段，对产品的一个或多个特性进行测量、检查、试验或度量，并将结果与三维数字模型规定的要求进行比较以确定每项合格情况的活动，称为数字化质量检验，简称数字化检验。

3.3 接触式测量

接触式测量是通过测头与被测工件接触，采集被测表面的轮廓点，进行数据处理后，从而获得被测工件的表面轮廓信息。

3.4 非接触式测量

非接触式测量是以光电、电磁等技术为基础，在不接触被测物体表面的情况下，得到物体表面参数信息的测量方法。

4 一般要求

4.1 人员要求

检验人员应通过培训取得专业资格证书，能够熟练操作数字化专业检验设备，按照规定的检验能力范围开展产品质量检验。

4.2 设备要求

检验设备要求如下：

- a) 接触式测量设备：具备机械接触式触发测头或扫描测头的三坐标测量机。
- b) 非接触式测量设备：具备非接触激光扫描测量功能的三坐标测量机。
- c) 检验设备的测量软件具备自动识别、提取三维模型中的检验要素及自动编程等功能。
- d) 检验设备的精度通常应比被测量指标精度高 4 倍或以上。
- e) 测量时应保证检验设备完好，计量合格标识在有效期内。

4.3 环境要求

针对不同产品的差异，识别可能直接对产品检验结果产生影响的环境因素，如环境温度、湿度、电磁、洁净度、多余物等，对相关环境影响因素应实施有效的控制。如检验环境的标准温度为20℃，如果测量环境的温度、等因素影响测量结果，应在测量不确定度评估时考虑。

4.4 技术规范要求

a) 具备相应的三维设计标注的标准、规范，三维模型应能准确表达产品零部件本身的几何属性、工艺属性、质量检验属性以及管理属性等信息，以满足工艺设计、制造过程各个阶段对数据的需求。

三维模型的标注应满足以下要求：

- 模型标注应规范、完整、清晰；
- 标注的尺寸应与相应模型特征的圆整尺寸一致，标注的尺寸的数值不应人为更改。对于模型与实物不完全一致的模型，如：弹簧、齿轮、蜗轮、蜗杆等零件应在注释中加以说明；
- 不宜以注释形式标注尺寸；
- 偏公差尺寸应标注为驱动尺寸；
- 对简化模型和允许省略建模的结构要素应标注和说明。如：螺纹、滚花、倒角、倒圆、砂轮越程槽等几何特征；
- 模型特征的尺寸和标注尺寸值为加工完成后、表面处理前的尺寸，否则应另加说明；
- 选择尺寸界限的依附类型应遵循“面-线-点”的优选次序；
- 模型标注应分视图进行规范性管理；
- 未标注公差尺寸的极限偏差按GB/T1804 《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》相关规定执行。

b) 规定实施数字化制造过程的控制规范要求，如：信息格式、数据接口、电子签名、模型版本控制等。

c) 具备相关的数字化检测技术标准、规范。

5 检验工作流程与要求

5.1 检验工作流程

基于三维模型的数字化检验工作流程如图1所示，

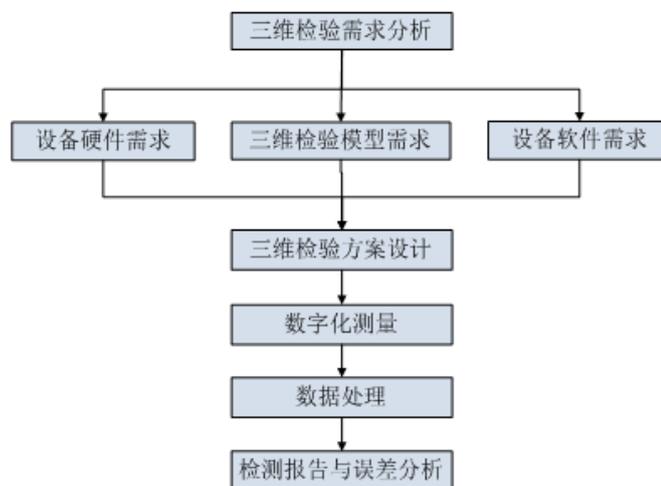


图 1 三维数字化检验流程

5.2 检验工作要求

5.2.1 分析检验需求

读取三维模型，对三维模型中已标注的和不可见的尺寸、公差、符号、注释、技术要求以及材料等属性进行识别和查询，分析出所有检验要素需求。

可利用专业软件将三维模型中的标注信息自动提取，包括测量要素理论值、公差等，形成检验需求规划。

5.2.2 制定检验方案

根据被测对象的结构特征和属性要求以及制定的相关数字化检测技术标准、规范，确定合适的检测方法，选择满足产品精度要求的检测设备，规划详细的测量步骤与内容。

基于三维模型的机械零部件检验，可根据对三维模型中检验特性的分析，结合产品设计精度要求，制定检验方案。

a) 平台测量。对于外形较为规则、测量参数较少、精度要求不高的机械零部件，推荐优先选择具备数据自动采集、存储功能的平台测量手段，如测高仪；

b) 接触式自动化测量。对于几何形状较为规则、测量参数较多、精度要求较高的壳体类、板类等机械零部件，推荐采用基于尺寸测量接口标准的三坐标接触式测量方法；

c) 非接触式激光扫描比对测量。对于刚性较差的薄壁件及具有复杂包络曲面特征的异形结构件，推荐采用三坐标激光扫描比对的非接触式测量方法。

5.2.3 实施产品检验

按照制定的检验方案开展机械零部件几何尺寸的检验。

a) 检验工作准备。熟悉检验依据，明确检验项目的质量要求，准备检验工具、量具、设备。

b) 检验测试。用规定的方法和手段检查和测试产品，获取产品的质量特性值。采用平台测量选择测高仪时，注意先将测头在标准校验块上校准。采用自动化测量设备选择三坐标时，可先离线编制测量程序。接触式自动化测量的具体操作步骤参见附录A。非接触式激光扫描对比测量的具体操作步骤参见附录B。

c) 比较判定。将检验的质量特性与质量要求进行自动比较、判定。

d) 检验结果处理。按规定记录检验数据及判定结果，形成表格或图样式的检测报告和误差分析报告。对合格品做标识放行，对不合格品做标识、隔离并及时报告。

5.2.4 数据分析反馈

通过建立分布式的生产过程质量数据采集点，实时采集生产过程质量检验数据并录入管理平台。利用生产过程质量数据采集终端软件，对过程质量数据进行集中管理和统计分析，实现生产过程质量数据的在线共享和实时查询，为前端设计、工艺和生产制造提供修正和改进的信息反馈，实现设计质量和工艺安排的持续优化、生产制造过程异常问题的及时处理。

附录 A

(资料性附录)

三坐标接触式测量检验方法应用实例

针对应用 PC-DIMS 软件实施三坐标接触式测量的步骤与要求基本如下：

A.1 测量规划

工序检验以工艺模型为依据，成品检验以设计模型为依据。应用三坐标自动编程软件进行基于模型的三维数字化产品的测量规划，对数模中的几何尺寸、单一要素、关联要素、技术要求等测量特征进行识别、提取、添加，按照测量软件制定的规则形成产品的测量程序。

打开编程软件 PC-DIMS，导入三维模型，在模型上建立坐标系，原则上测量坐标系与设计模型（工艺模型）的坐标系一致。

将程序模式切换到 DDC 模式，进入自动测量模式。

点击自动测量元素（自动点，自动圆，自动圆柱，自动圆槽，自动方槽等）对话框，在对话框中进行元素参数设置，点击创建，即生成相关测量程序。

对生成的程序进行模拟测量，检测测量程序的安全性。

A.2 固定零件

遵守安全操作规程，将零件安放在方便检测，阿贝误差最小的位置用压板或专用工装固定牢固。

A.3 测头校验

按照测量程序中定义的测头文件，在标准球上进行测针直径和位置的校验。

A.4 建立坐标系

建立坐标系应按以下要求进行：

一般位置坐标测量可建立直角坐标系，角度、极值测量时可建立极坐标系。

根据坐标系的建立方法及零件的特征，规则的产品使用常规坐标系（即 3-2-1 坐标系），非规则的零件可使用迭代法建坐标系。

设计文件有明确标注基准的前提下，坐标系建立必须遵循基准重合原则，即测量基准与设计基准保持重合。

建立坐标系一般需要手动粗建坐标系和自动精建坐标系两次。

A.5 测量

执行测量程序，自动采集元素进行测量。

测量过程中需仔细观察，防止测头与被测件碰撞。

A.6 评估报告

按照设计要求对测量要素逐项评价后形成三坐标测量报告。

附录 B

(资料性附录)

三坐标非接触式测量检验方法应用实例

基于模型的三维数字化产品的非接触式测量,主要包括数据采集、数据处理、比对评价三个步骤。首先通过利用具备激光扫描功能的三坐标测量设备,快速、准确、有效地获取制造对象表面离散点的空间几何数据,形成数据点云;数据点云经过稀释、分层、删除误差点等基本处理后,快速重构检验对象的三维实体数据;最终通过应用比对软件进行三维实体模型与三维设计模型的快速比对,从而对制造对象进行质量评估。

针对应用 Carmo 测量软件实施三坐标非接触式测量的步骤与要求基本如下:

B.1 导入设计模型

导入设计模型的格式应为通用的 STEP、PRO/E、IGES 等格式。

导入后的设计模型摆放的位置矢量应与零件在三坐标平台上的摆放位置矢量一致。

B.2 选择测头角度

测头角度的选择应按照零件摆放的方位进行选择:

扫描外表面时,按被测面的法向方向选择测头角度。当被测表面材料有反射时,按被测表面的法向方向偏置 $\pm 7.5^{\circ} \sim \pm 15^{\circ}$ 选择测头角度。

扫描内侧面时,测头角度以能采集到被测量表面以及测头运动安全的原则进行选择。

B.3 激光配置

激光轮廓是在扫描一个组件时激光使用的参数的集合。这些参数包括能源、曝光时间、信号阈值和几个过滤选项。当检测元素时,根据被测件的材料和颜色属性通过驱动配置对话框并且使用属性窗口或者激光 2D 预览窗口创建多重激光轮廓。

B.4 光束参数设置

当扫描被测表面曲率变化小时,增加光束移动时线与线之间、点与点之间的距离参数。

当扫描被测表面曲率变化大时,减少光束移动时线与线之间、点与点之间的距离参数。

B.5 扫描模式的选择

扫描模式的选择应按以下要求进行:

规则的产品根据零件摆放位置,可按照零件的正面到侧面的顺序选择逐个面扫描。

曲面的产品可按照从左到右,从上到下的顺序进行扫描。

B.6 执行扫描

根据扫描模式,建立扫描路径,激光三坐标自动执行扫描步骤。

测量过程中仔细观察,防止被扫描零件与激光测头碰撞。

B.7 模型数据比对

将激光扫描后形成的数据点云进行处理,删除误差点后与设计模型一同在专用比对软件中进行比对。按照公差要求设置色带数值,将数据点云与设计模型进行全局比对或者截面比对,形成色谱图测量报告。

参考文献

- [1] 刘小方. 复杂武器装备数字化质量检验系统构建分析[J]. 计算机仿真, 2015, 32(3):19-22.
 - [2] 胡长明, 操卫忠, 王长武, 等. 复杂电子装备结构数字化样机探索与实践[J]. 电子机械工程, 2017, 33(6): 1- 9.
 - [3] 王红霞. 三维激光扫描技术在桥梁监测中的应用[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2012.
 - [4] 覃遵涛. 三维激光扫描系统的误差分析与标定技术的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
 - [5] 成思源, 谢韶旺. Geomagic Qualify 三维检测技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
 - [6] 王贤宙, 吴睿. 全三维设计方法在某机载雷达中的应用[J]. 电子机械工程, 2015, 31(4): 60-64.
-