**中国计量协会团体标准**

**《****X射线3D在线检测设备校准方法》**

**编制说明**

团体标准起草工作组

**《X射线3D在线检测设备校准方法》编写说明**

**一、团体标准制定的必要性**

X射线3D在线检测设备（X-ray 3D Online Testing Equipment）是用于X射线检测3D成像的无损在线检测设备，其工作原理是射线源发射X射线穿透被测物体，由于不同密度物质在X射线穿透时衰减存在差异，通过计算机和图像处理软件重建3D模型结构，得到被测件的内部成像。其核心结构包括：①X射线源：产生X射线的发射体；②平板探测器：将X射线转换为电信号；③3D重建软件系统：将探测器采集到的图像重建为3D结构图像。④运动控制系统：控制X射线源、被测件、平板探测器的运动控制系统。X射线3D在线检测相比传统静态锥束扫描检测时间更短，主要应用于电子制造工业中的PCB板类被测件的数据采集。在线检测设备具有高分辨率、更快的成像速度和更便捷的图像识别和判断处理能力，广泛应用于3C电子工业无损检测等领域。

由于X射线3D在线检测设备是光电数字转换设备，在成像过程中，受到多因素的影响，如：X射线源、运动形式、探测器光电转换效果、3D重建软件构建能力等多方面对成像效果的影响。需要对X射线3D在线检测设备进行校准，以便获得高分辨、高准确度、稳定的3D数字图像。目前，针对X射线3D在线检测设备没有统一的校准方法，各厂商采用自己的方式对在线检测设备参数进行调校。因此，制定X射线3D在线检测设备校准方法，为厂商和用户企业提供一个规范统一的标准，明确相关参数及校准方法，对于保障和提升X射线3D在线检测设备测量结果的准确性和可信度，保障应用行业领域的测量质控水平意义重大。

**二、任务来源**

由广州计量院牵头向中国计量协会提出制定团体标准《X射线3D在线检测设备校准方法》的申请，中国计量协会2024年发布团标立项通知《关于批准中国计量协会团体标准计划项目的通知\_中计协函〔2024〕73号》，将本标准纳入团体标准的制定计划，由广州计量检测技术研究院和深圳市卓茂科技有限公司等单位作为主要起草单位承担制定任务。

**三、标准编制的主要原则及技术依据**

1、编制原则

起草工作组在制定该标准的过程中，参照国家标准和相关法律法规，并尽量与国家标准保持一致，保证标准的先进性和可行性。X射线3D在线检测设备是通过球管发射X射线穿透被测物，再由平板探测器处理X射线光电子信号，对被测件图像重建3D图像显示的综合检测设备。由于X射线3D在线检测设备是设置在产线上，检测速度快，成像精度高，被测件为X射线透射作用下的3D重建结构图，因此为保证3D重建被测件的准确性，需要对在线检测设备进行校准。本标准的制定是适用当前最新的X射线3D在线检测设备产品，标准具有先进性和普适性。

本标准制定在检测方法设计、精度保证的基础上，兼顾测量方法的可行性、经济适用及操作方便等要求。目前市场上主流的X射线3D在线检测设备产品，本标准制定参照市场上几家主流的X射线3D在线检测设备厂商的成像以及校准方法，让本标准校准方法尽量涵盖各厂商产品的特性。实现不同厂家的X射线3D在线检测设备校准目标参数一致。标准的制定统一X射线3D在线检测设备的校准方法，使得业界各生产企业在X射线3D在线检测设备的校准参数及方法形成统一。

2、主要技术依据及原则

本标准聚焦X射线3D在线检测设备成像方面的影响参数及校准方法。起草组在充分调研国内外X射线3D在线检测设备的相关标准和技术规范基础上，本着科学合理，易于执行的原则，参考了部分技术标准的校准方法思路，同时充分考虑X射线3D在线检测设备的技术特点，结合应用实际需求编制本校准方法技术内容。团体标准编制过程中重点参考了以下标准、规程、规范：

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 12604.11 无损检测 术语 X 射线数字成像检测

GB/T 34874.3 产品几何技术规范(GPS) X射线三维尺寸测量机 第3部分:验收检测和复检检测

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 2043 工业用X射线CT装置校准规范

**四、标准编制过程**

1）起草工作组的组成

2024年6月，中国计量协会下达了标准立项任务后，广州计量检测技术研究院成立起草工作组，相关的参编单位在X射线3D在线检测设备计量校准方面有较好的技术基础和经验积累；研发制造单位其产品在国内有较广泛的推广和应用，产品技术性能得到行业认可。参编单位包括计量技术机构和研发制造应用单位，主要起草单位为广州计量检测技术研究院、深圳市卓茂科技有限公司、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、华南理工大学。

2）起草过程

2.1 标准起草组在项目任务下达后启动标准的编写工作，广州计量检测技术研究院完成草案稿的规划设计，就标准框架，编写管理原则和技术分工，工作进度，试验安排，起草的重点和难点等内容进行了讨论和安排。

2.2 2025年3月起草组完成初稿编写，同时进行相关测量试验，对标准草案逐条进行了分析研究和讨论，对试验方法、试验结果，标准草案稿进行总结和修改；

2.3 2025年7月起草组对草案稿再次进行了分析和修改，对草案中的名词术语、描述、表达、数据处理方法进一步规范化，完成标准征求意见稿初稿。

**五、标准的先进性或规范性**

1. 国内对于X射线3D在线检测设备校准方法制定的标准有限，例如：GB/T 34874.3 产品几何技术规范(GPS) X射线三维尺寸测量机 第3部分:验收检测和复检检测、JJF 2043 工业用X射线CT装置校准规范，只提到要求探测器需要校准，并没有给出如何校准方法。本文件针对X射线3D在线检测设备明确了校准方法，标准针对性更强，是技术标准的补充。

2.标准起草单位在X射线3D在线检测设备各参数的评价具有鲜明优势，广州计量院计量校准检测CNAS认可1000余项，可实现X射线3D在线检测设备量值溯源到国际单位制。深圳市卓茂科技有限公司为国家级专精特新小巨人企业，X射线在线整机检测设别供应商，X射线3D在线检测设备年装机量达600台套，在IC集成电路产业X射线无损检测中得到广泛应用。

3. 标准规定了X射线3D在线检测设备的计量校准要求，包括空间分辨率、密度分辨力、探测形状误差、探测尺寸误差、空间尺寸测量误差、台阶高度尺寸测量误差、X射线泄漏辐射等要求，有助于生产制造商和产品采购商对产品质量进行可靠评估，促进相关行业的健康发展。

**六、标准调研、研讨、征求意见情况**

1.标准立项（2024年6月）

2024年6月18日，本标准《X射线3D在线检测设备校准方法》获得中国计量协会立项。

2.资料收集和调研阶段（2024年6月-2024年10月）

2024年6月成立标准研制工作组，进行资料收集，试验验证，并加工整理。

3.标准研讨和编写阶段（2024年11月-2025年05月）

标准研制牵头单位在前期调研及现场工作实践的基础上，经内部交流讨论，初步拟定了标准草案的框架结构。明确了X射线3D在线检测设备的校准参数、技术要求、校准方法等内容。

项目组召开标准扩大研讨会，对标准框架和具体内容进行了修改完善，增加了检验规则和交付准备内容，根据GB/T 1.1-2020给出的起草规则，对标准稿逐字逐句地进行了讨论、推敲、修改、充实和完善。

项目组开展相关试验，采集图像，进行空间分辨率、密度分辨力、探测形状误差、探测尺寸误差、空间尺寸测量误差、台阶高度尺寸测量误差、X射线泄漏辐射，进行了数据比对，讨论并确定关键性能参数数值范围，在此基础上形成了标准征求意见稿。

4.征求意见阶段（2025年9月）

本阶段向X射线3D在线检测设备相关的生产单位、X射线检测整机集成公司、大专院校、科研院所、检测机构等征集修改意见，收集修改信息并逐一修改落实，形成标准送审稿。

**七、预期的经济效果**

我国在高性能X射线3D在线检测设备的设计、制造方面起步晚，大部分长期依赖进口，存在制造成本高、产品性能一致性差等问题，近年来，但以日联科技、深圳卓茂、三英精密、北京京东方、江苏康众等为代表的一批国产厂家，经过近多年的努力，国内X射线成像技术和超精密加工制造水平日渐成熟，已经实现了大部分产品的开发和制造，X射线工业3D成像整机设备制造短板逐步补齐。

2025年全球数字化X射线3D在线检测设备市场规模将突破300亿元，中国市场的增速领先全球，市场规模占比将达全球的25%-30%‌，近100亿元。‌‌2025年细分领域‌：医疗影像（如DR、CT）和工业无损检测（NDT）是主要增长领域，其中医疗影像占比超40%，工业检测占比35%。‌‌

‌目前中国X线3D在线检测设备领域有超过75%的市场被日本欧姆龙（Omron）、美国诺信、美国梅特勒-托利多、日本尼康、德国依科视朗、日本岛津、德国德律海外企业占据，尤其是在X射线高端电子制造及集成电路检测设备领域。近年来，我国X线探测器企业具备较强自主研发能力的企业，如日联科技、天津三英、奕瑞科技、江苏康众等，正引领高端X射线源、探测器等核心部件的国产替代，创造了显著的经济效益。

国产X射线3D在线检测设备生产厂家研发实力和制造能力突飞猛进，市场占有率增长势头明显，同类探测器性能相当，价格仅占国外同类产品价格的50%，降本效果非常明显。《X射线3D在线检测设备校准方法》团体标准的制定，将为产品创新、迭代更新、质量控制和第三方评价提供技术依据，为切实解决IC产业平板探测器产品质量提升贡献科技力量。因此，为促进X射线无损检测产业长远发展，切实实现关键核心元器件相关产品的国产化替代，出台一项《X射线3D在线检测设备校准方法》团体标准显得十分必要。

**八、采用国际标准和国外先进标准的程度**

本标准无采用国际标准和国外先进标准。

**九、与有关的****现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

本标准的编制,与现行法律、法规和强制性国家标准的关系一致。

**十、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准编制过程中,如标准编制组内部出现重大意见分歧时,由标准编制组组长组织召开内部调解会解决;如标准编制单位之间出现重大意见分歧,由标准编制承担单位广州计量检测技术研究院组织召开参编单位调解会解决并认真听取专家意见进行修改。

**十一、废止现行有关团体标准的建议**

本团体标准为首次制定，无废止建议。

**十二、披露标准涉及的专利信息**

本标准未涉及专利。

**十三、制修订经费筹集和使用情况等、其他应予说明的事项**

本次团体标准制定涉及资料查新、实验材料、专家评审费用的支出。

**十四、贯彻团体标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议**

本标准为团体标准，适用于X射线3D在线检测系统的图像质量要求。标准发布后起草单位将编制宣贯培训材料，依托国内各大高校和检测机构，采用网站、微信公众号、线上线下培训等方式加大对标准的宣贯培训力度，鼓励高校院所、各级市场监管部门、第三方检测机构积极采用本标准规范X射线无损检测系统用的成像质量评价。

作为国家计量器具的法定计量检定机构，标准起草牵头单位广州计量检测技术研究院对设备的计量校准积累了重要经验，在开展计量工作的同时，将积极向各相关单位宣贯本标准，鼓励其按照本标准进行X射线3D在线检测设备产品的性能测试。

标准起草单位深圳市卓茂科技有限公司是国产X射线3D在线检测设备的优势企业，深圳华为、富士康、比亚迪等企业是X射线3D在线检测设备重要使用方，在相关产品的生产、检验、交付过程中将积极采用本标准，并向下游用户推荐本标准。

标准起草单位广州计量院、航空304所、华南理工大学、可在人才培训、实验研究、科技公关过程积极开展本标准的宣贯培训，提高X射线3D在线检测设备校准方法标准的规范性、准确性、安全性，推动X射线无损检测3D在线检测设备的国产化替代，因此建议在标准发布日开始实施。