

团体标准 编制说明

标准名称 基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求

主编单位 同方威视技术股份有限公司

参编单位 清华大学

中广核达胜加速器技术有限公司

孚能科技（赣州）股份有限公司

荣盛盟固利新能源科技股份有限公司

《基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求》编制说明

一、任务来源及计划要求

（一）任务来源

本标准根据中国同位素与辐射行业协会文件 中同辐协[2023]64 号《中国同位素与辐射行业协会关于下达 2023 年第二批团体标准立项计划的通知》下达的团体标准《基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求》立项计划进行制定，计划号为：CIRA-STD2314。主要起草单位为：同方威视技术股份有限公司、清华大学、中广核达胜加速器技术有限公司、孚能科技（赣州）股份有限公司、荣盛盟固利新能源科技股份有限公司，计划完成时间为 2026 年。

（二）编制背景

为推动锂电池产业高质量发展，满足动力电池、储能电池等高端应用领域对电芯内部结构无损检测与精密测量的迫切需求，特制定本文件。

随着全球新能源汽车产业和储能市场的快速发展，锂电池的能量密度、安全性和一致性要求不断提升。电芯作为锂电池的核心部件，其内部极片对齐精度（如极片包覆值 Overhang）直接影响电池的容量、寿命和安全性能。传统检测方法（如拆解分析、二维 X 射线成像等）存在破坏样品、无法三维量化、自动化程度低等局限，难以满足大规模智能制造中对全数检测、实时反馈与数据追溯的要求。

X 射线计算机断层扫描（CT）成像技术作为一种先进的无损检测手段，能够实现对电芯内部三维结构的非侵入式、高分辨率成像与定量分析。近年来，该技术在锂电池行业的应用逐步深入，但市场上缺乏针对电芯 CT 检测系统的统一技术规范，导致设备性能评价标准不一、测量结果可比性差、系统验收缺乏依据，制约了该技术的规范化推广和产业协同。

在此背景下，由中国同位素与辐射行业协会联合产业链主要单位（包括同方威视技术股份有限公司、清华大学、孚能科技等）共同起草本文件。

（三）相关内容

本文件属于产品技术要求类标准，明确规定了基于 X 射线 CT 成像技术的锂电池电芯检测系统在设计、制造和应用过程中必须满足的各项技术指标、功能要求、安全规范、环境适应性及对应的试验方法、检验规则。它适用于所有利用该技术进行电芯内部结构无损检测与测量的设备。

其中包括空间分辨率、测量正确度、设备能力指数、量具重复性与复现性和检测节拍等关键性能指标，辐射安全、电气安全和机械安全等系统安全要求，数据与系统管理、校准与点检和核心检测功能等核心系统功能以及环境与电磁兼容性要求和试验方法与检验规则等内容。

二、编制情况

（一）标准编制原则

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的市场原则，标准制定与技术创新、实验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》进行编写。

（二）编制组成员及工作分工

主要起草单位为同方威视技术股份有限公司、清华大学、中广核达胜加速器技术有限公司、孚能科技（赣州）股份有限公司、荣盛盟固利新能源科技股份有限公司。

同方威视技术股份有限公司主要负责技术编制、技术应用研究、产品标准制定、标准执笔等内容，清华大学主要负责技术编制、学术审核；中广核达胜加速器技术有限公司、孚能科技（赣州）股份有限公司以及荣盛盟固利新能源科技股份有限公司主要负责标准的需求分析，产业应用及测试。

为了更好完成该标准的起草任务，成立了标准编制工作组，编制组主要成员及分工如表1所示。

表1：编制组成员及分工表

序号	姓名	单位	起草组 职务	工作分工
1	陈志强	同方威视技术股份有限公司	组长	全面负责标准起草组工作； 标准核心技术内容起草； 对标准起草过程中的重大技术问题 进行决策。
2	李元景	清华大学	副组长	协助组长负责标准起草组工 作；

				标准核心技术内容起草； 协调处理标准起草过程中出现的问题。
3	张丽	清华大学	副组长	协助组长负责标准起草组工作； 标准核心技术内容起草； 协调处理标准起草过程中出现的问题。
4	常铭	同方威视技术股份有限公司	执笔人	组织并实施标准调研，用户需求调研； 起草标准框架； 参与标准核心内容起草。
5	徐天中	中广核达胜加速器技术有限公司	组员	参与编写。
6	李亮	同方威视技术股份有限公司	副组长	参与标准核心内容起草； 指导总体方案编写。
7	高河伟	清华大学	组员	参与编写。
8	刘显斌	孚能科技（赣州）股份有限公司	组员	参与编写。

9	范秋伟	荣盛盟固利新能源科技股份有限公司	组员	参与编写。
10	刘哲	同方威视技术股份有限公司	组员	参与试验方法相关内容起草。
11	刘彦均	中广核达胜加速器技术有限公司	组员	参与编写。
12	洪明志	同方威视技术股份有限公司	执笔人	参与标准测试件及相关试验方法起草。

（三）征求意见单位

本文件由中国同位素与辐射行业协会组织公开及定向征求意见。拟定向征集意见的单位及专家名单如表 2 所示。

表 2：征集意见单位及专家名单

序号	姓名	单位	备注
1	李俊江	北京固鸿科技有限公司	生产单位
2	金鑫	新鸿电子有限公司	生产单位
3	唐华平	新鸿电子有限公司	生产单位
4	刘宝东	锐影检测科技（济南）有限公司/ 中国科学院高能物理研究所	科研单位
5	黄广炎	北京理工大学	科研单位

6	唐德文	南华大学	科研单位
7	黄新东	南华大学	科研单位
8	李小强	北京航空航天大学	科研单位
9	杨中荣	北京方鸿智能科技有限公司	生产单位
10	黄素平	北京方鸿智能科技有限公司	生产单位

（四）工作过程

1. 预研阶段

（1）启动预研

2023 年 3 月，在同方威视技术股份有限公司，通过“基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求”申报团体标准的讨论，确定起草标准事宜，启动预研工作。

（2）起草

2023 年 3 月-2023 年 9 月，调研基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统相关法律法规、国内外标准，完成草稿的编制。

（3）修订

2023 年 10 月，在同方威视技术股份有限公司对标准草稿进行了修订会议，根据专家意见对标准草稿进行了修订。

2. 立项阶段

2023 年 10 月，同方威视技术股份有限公司向中国同位素与辐射行业协会提交了智能车辆底盘检查机器人通用技术要求团体标准申请书，获得同意。

2023 年 11 月，中国同位素与辐射行业协会下达 2023 年 第二批团体标准立项计划的通知,《基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求》计划号为 CIRA-STD2314。

3. 起草阶段

中国同位素与辐射行业协会标准立项计划下达后，根据任务要求，同方威视技术股份有限公司于 2024 年 10 月确定了标准参编单位，组织成立了标准起草工作组，制定了标准编制工作计划，明确了任务分工及各阶段进度时间。

2024 年 12 月，中国同位素与辐射行业协会组织召开了《基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统技术要求》（项目计划编号：CIRA-STD2314）团体标准起草启动工作会议暨初稿研讨会议。会上对标准草案进行了充分讨论并形成了修改意见，起草组根据修改意见对标准草案进行了修改。

三、主要技术内容的说明

本标准分为 8 个部分，2 个附录。8 个部分分别是第 1 部分“范围”、第 2 部分“规范性引用文件”、第 3 部分“术语和定义”、第 4 部分“系统组成”、第 5 部分“技术要求”、第 6 部分“试验方法”、第 7 部分“检验规则”、第 8 部分“标志、包装、运输和贮存”；2 个附录分别是附录 A “标准测试件”；附录 B “基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统验收报告”。

1 范围

本文件规定了基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统（以下简称“检测系统”）的技术要求，规范了试验方法。

本文件适用于基于 X 射线 CT 成像技术的锂电池检测系统。

2 规范性引用文件

GB/T 29069-2012 无损检测 工业计算机层析成像(CT)系统性能测试方法

GB/T 37128-2018 X射线计算机断层成像安全检查系统技术要求

GB 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求

GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 15706-2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 17799.2-2023 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度标准

GB 17799.4-2022 电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射

GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

该部分列出了基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统相关的专业术语和定义。对于常用的简单术语和一些非特异性术语未列于本标准中，这些术语可在其他标准或名词术语出版物中查询到。

1.1 检测节拍 inspection cycle time

多个样品连续检测时的检测效率，通常以单位时间可检测样品数量多少表示，如件每分钟（PPM）。

1.2 空间分辨率 spatial resolution

检测系统鉴别和区分高对比度微小细节特征的能力。

来源：GB/T 37128-2018 3.4，有修改；针对电芯检测系统的检测对象（电芯）与检测内容（极片包覆值等）的特点，强调其空间分辨率指标一般用于表征系统对于高对比度细节特征的鉴别和区分能力。

1.3 测量正确度 measurement trueness

系统多次测量平均值与参考值间的一致程度。

来源：JJF 1001-2011

1.4 设备能力指数 Capability Gage Index，即 Cgk

对设备测量精确度进行测试，确保设备的测量结果能够满足产品公差要求的精确度。

1.5 量具重复性与复现性 Gauge repeatability and reproducibility，即 GRR

对量具重复性和复现性的综合评估方法，通常采用%GRR和%PT作为评估指标。%GRR是基于过程总变异的重复和再现性的比率，简称为“过程比”，是测量系统变差占过程变差的百分比。%PT是基于公差的重复性和再现性的比率，简称为“公差比”，是测量系统变差占公差的百分比。

来源:美国汽车工业行动集团(AIAG). 测量系统分析(MSA) 参考手册(第四版) [M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2010.

1.6 系统校准 system calibration

对检测系统射线源强度、探测器响应以及系统几何参数等进行校准。

1.7 日常点检 daily check

对检测测量准确度等性能指标进行测试与校验, 用于确认系统状态是否正常。

4 系统组成

本部分说明了基于X射线CT成像技术的电芯检测系统的基本技术原理、系统组成及各分系统的主要功能。

5 技术要求 (一) 性能指标要求 (5.1 条)

本部分规定了基于X射线CT成像技术的电芯检测系统的性能指标要求。对于各项技术指标及其相应的确定依据说明如下:

1. 空间分辨率 ≥ 5.00 线对/毫米 (lp/mm)

表征检测系统对于细微结构分辨能力。现有电芯极片厚度在 $100\ \mu\text{m}$ – $200\ \mu\text{m}$, 因此检测系统空间分辨率大于或等于 $5.00\ \text{lp/mm}$ 。此指标直接决定了系统观察电芯内部结构微小细节的能力。

锂电池极片边缘、隔膜、集流体的结构尺寸通常在微米级, 尤其在评估极片对齐度 (Overhang) 时, 需要清晰分辨多层材料边界。结合主流工

业微焦点 CT 的能力和锂电池工艺控制的实际需要（如分析几十微米的涂层不均匀），5.00 lp/mm 是一个经过验证、能有效满足高精度测量需求的基准门槛值。指标引用了 GB/T 37128-2018 的测试理念，确保方法的权威性。

若分辨率过低，则图像模糊，无法准确定位极片边缘，测量结果无意义；若指标过高，会大幅增加设备成本和技术难度。5.00 lp/mm 是技术可行性与经济性、应用需求相匹配的平衡点。

2. 测量正确度 < 100 微米 (μm)

正确度反映了系统测量的“准度”，即平均值与真实值之间的偏差。表征检测系统尺寸测量的准确度。电芯 Overhang 工艺要求一般在 1.0mm-2.0mm，公差带一般为 1.0mm-2.0mm，因此要求系统尺寸测量准确度数值小于 $100\ \mu\text{m}$ ，即公差带 1/10。

电芯内部结构测量，尤其是极片包覆值，其工艺控制范围通常在毫米以下（如几百微米）。本标准规定小于 $100\mu\text{m}$ 的偏差限值，意味着在大量重复测量的平均水平上，系统误差必须被限制在这个范围之内。这是保证测量结果“正确无误”的基础。

参考了锂电池行业内部质量控制对电芯尺寸的高精度要求。这个数值远小于电芯结构的关键公差带，确保测量值能有效指导工艺，防止因系统性的测量偏差导致误判。

3. 设备能力指数 $Cgk \geq 1.33$

此指标源自统计学过程控制（SPC）和测量系统分析（MSA）理论。它专项评估“测量设备”本身的精确度是否能将产品公差“清晰地区分”开

来（即 1/3 原则）。 $Cgk \geq 1.33$ 是制造业广泛应用且公认的、表明测量设备能力“充分”的接受基准。

仅靠“准度”还不够，设备本身的重复性必须足够高。如果设备的测量波动过大（ Cgk 低），即使平均值正确，单次测量结果也不可信。这个指标强制要求设备必须具备作为“量具”的基本资格。

4. 量具重复性与复现性（GRR） $\leq 30\%$ （%GRR 与 %PT）

在通过 Cgk 测试（设备能力达标）后，再进行 GRR 分析，这是对“整个测量系统”（包括设备、操作者/自动化机构、零件差异、算法变异等）的全面评估。

确保在实际使用场景中，测量结果因系统随机因素导致的变异被控制在可接受范围内。 $\leq 30\%$ 是汽车行业（AIAG MSA 手册）和精密制造业广泛接受的临界值，表明测量系统的变差占过程变差或公差的比率较小，测量数据可以用来可靠地分析过程、控制质量。这是实现数据驱动决策的关键技术门槛。

5. 检测节拍

用于评估系统实际检测效率。该指标用检测设备用户需求相关，在明确检测对象、检测内容的情况，通过连续检测样品耗时来统计评估测量系统实际工作效率。

（二）系统安全要求（5.2 条）

1. 辐射安全

直接遵循和引用国家《放射卫生防护基本标准》及相关设备安全标准（如 GB 4793.1, GB/T 37128），是确保人身健康与公共安全不可妥协的强制性底线。

2. 电气与机械安全

均严格引用相应的国标（GB/T 15706.1, GB 4793.1 等）。任何工业设备必须首先满足基础的安全规范，这是产品进入市场、获得准入资格的先决条件。

（三）环境适应性与电磁兼容要求（5.3、5.4 条）

工作温度（10-40℃）、湿度（20-85%RH，不结露）、抗扰度与发射限值（引用 GB/T 17799 系列）均基于锂电池工厂典型的车间环境及电网环境设定。这确保了设备在真实工业环境下不会因温湿度变化而性能下降，也不会因其自身电磁干扰或外部干扰而影响正常运行或导致测量失真。

（四）系统功能要求（5.5 条）

1. 数据与管理功能

强制要求数据以通用格式（NRRD 等）存储，并提供详细的检测记录与报告、用户与权限管理、数据接口。

实现质量数据可追溯、可管理、可集成。这是智能制造和质量管理体系（如 IATF 16949）的基本要求。

2. 系统校准与日常点检

高精度测量设备的状态必须持续保持。校准用于标定基准，点检用于日常状态确认。这是确保整个测量系统“长期可靠”的最佳实践和必要流程，防止设备“带病工作”。

3. 极片包覆值自动检测

该标准服务于特定应用（电芯检测）的专门标准，而非通用 CT 标准。将行业最核心的质量控制目标——“极片包覆值（Overhang）”的自动分析与判定功能，作为系统的核心判别性功能提出，确保了本标准的技术导向性和应用有效性。这是标准从“成像设备”技术规范升级为“专用质量检测解决方案”规范的关键标志。

6 试验方法

6.1 性能试验

对于空间分辨率试验，按照 GB/T 29069-2012 中 5 规定的方法进行测试。该方法是工业 CT 系统物理性能测试的通用方法。

对于测量正确度、设备检测能力和量具 GRR 分析试验，参照汽车行业（AIAG MSA 手册）对于此类试验方法的理论说明，结合电芯检测系统的实际检测对象与检测过程，制定相应的试验方法。

对于检测节拍试验，根据电芯检测系统在离线、在线不同使用场景中的检测流程，分别规定了相应的试验方法。

6.2 系统安全试验

参照 GB/T 37128-2018 的试验方法，进行辐射安全、电气安全相关试验。

结合 GB/T 15706-2012、GB/T 37128-2018 的相关要求，主要采用目视检查、量具手动测量等方法，对设备的机械安全进行检查试验。

6.3 环境适应性试验

按照 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3 的方法，进行环境适应性试验。

6.4 电磁兼容性试验

根据 GB/T 37128-2018 的要求，按照 GB/T 17799.2-2023、GB 17799.4-2022 的方法，进行电磁兼容性试验。

6.5 功能检查

按照系统操作手册，采用目视检查等方法进行系统功能的检查。

7 检验规则

参照 GB/T 37128-2018 的要求，根据检测系统设计、试制、批量生产的不同阶段以及质量控制的原则和方法，分别对产品进行型式试验或出厂检验。系统的空间分辨率、测量正确度、设备检测能力、量具 GRR 分析、检测节拍等关键性能指标，辐射安全、保护接地、绝缘电阻、机械安全等与产品生产加工相关的安全指标，以及系统的功能项，是需要逐个产品进行检查的出厂检验内容。其余如抗电强度、可触及零部件允许电流限值、环境适应性、电磁兼容性等指标，主要由系统的设计和工艺决定，一般只需要在型式试验中进行检查试验。

8 标志、包装、运输和贮存

参照 GB/T 37128-2018 的要求，结合基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统的特点，对系统的随机文件、系统标识、包装、运输和贮存提出了相关要求。

四、试验验证的情况和结果

同方威视技术股份有限公司联合孚能科技（赣州）股份有限公司，依据本标准中的试验内容开展多轮测试验证工作，主要试验验证内容包括：

- 1) 空间分辨率试验
- 2) 测量正确度试验
- 3) 设备检测能力试验
- 4) 量具 GRR 分析试验
- 5) 检测节拍试验

试验验证详细数据记录参见本编制说明十二资料清单中附件 1、附件 2 和附件 3 部分，经测试认为相关技术参数要求设置合理，可操作性强，为基于 X 射线 CT 成像技术的电芯检测系统研制和应用提供了重要的技术参考。

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

六、标准涉及的知识产权情况说明

本标准不涉及专利，或提供专利公开相关资料。

七、与现行法律、法规、政策和相关标准的关系

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、实施标准的要求和措施建议

建议作为团体标准发布实施，在协会成员单位内宣贯实施。

九、修改或废止有关标准的建议及理由

无。

十、标准印刷数量建议

无。

十一、其他需说明的事项

无。

十二、参考资料清单

附件 1：试验验证详细数据 1

附件 2：试验验证详细数据 2

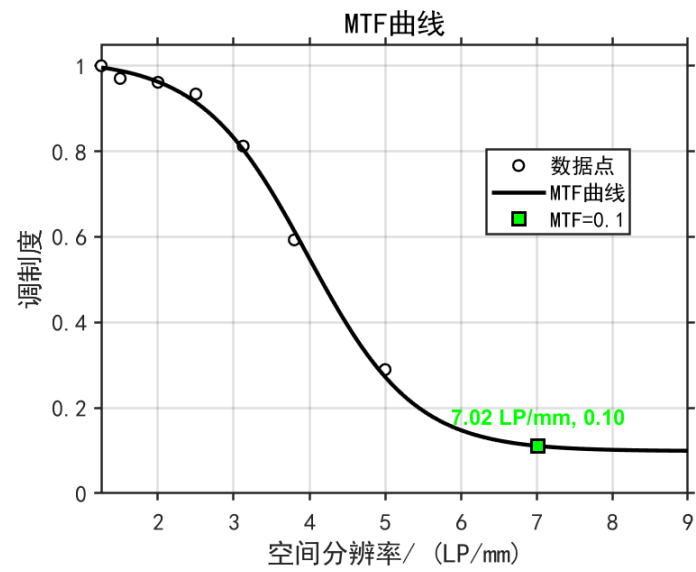
附件 3：试验验证详细数据 3

附件 1：试验验证详细数据 1

1) 空间分辨率试验

采用线对卡进行空间分辨率试验，系统 MTF 曲线如图所示，当调制度为 0.1 时，对应的空间分辨率为 7.02 LP/mm。

空间分辨率 /LP/mm	1.25	1.5	2	2.5	3.125	3.8	5	6.25
调制度	1	0.9703	0.9613	0.9340	0.8122	0.5928	0.2895	0.1254



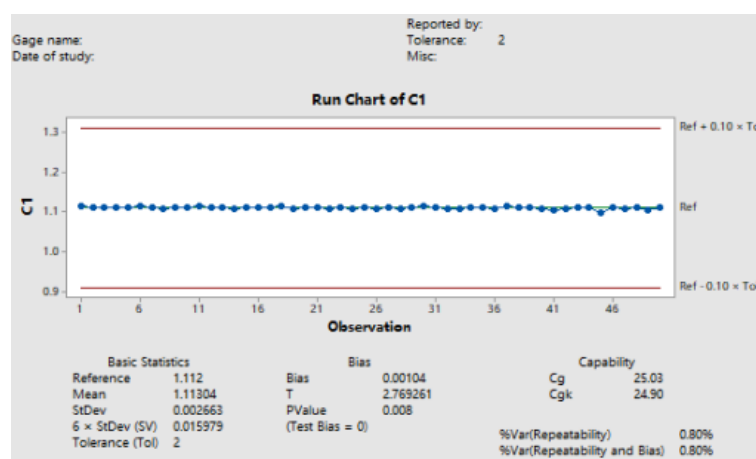
2) 测量正确度试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行准确度测量分析（如下表所示），测量准确度结果为 1 μm。

	特征值
真实值/mm	1.112
测量平均值/mm	1.113
测量准确度/mm	0.001

3) 设备检测能力试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行设备检测能力试验，其中根据电芯产品 Overhang 检测公差要求，设置公差带宽度为 2.0mm。测量数据分析结果如下，设备检测能力 $Cgk=24.9$ 。



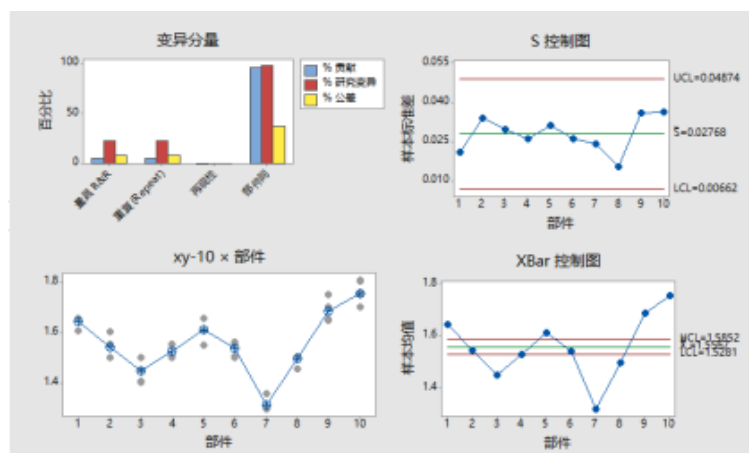
4) 量具 GRR 分析试验

采用 3 块真实电芯样品进行 9 次重复扫描测试，采用系统自动检测算法进行 Overhang 检测，对输出结果数据进行 GRR 分析， $\%GRR=10.27\%$ ， $\%PT=7.53\%$ 。

部件间	0.0591611	98.95
合计变异	0.0597915	100.00

过程公差 = 2

来源	标准差(SD)	研究变异 (6 × SD)	%研究变 异 (%SV)	%公差 (SV/Toler)
合计量具 R&R	0.025108	0.15065	10.27	7.53
重复性	0.025108	0.15065	10.27	7.53
部件间	0.243231	1.45938	99.47	72.97
合计变异	0.244523	1.46714	100.00	73.36



5) 检测节拍试验

进行连续电芯扫描检测，1 小时扫描并完成 Overhang 自动检测的电芯数量为 115 块，系统检测节拍为 1.92PPM。

参考标准中附录2部分，本次系统验收报告如下。

检测系统名称：电芯CT测量机

检测系统编号：GT3000HB_FN0101

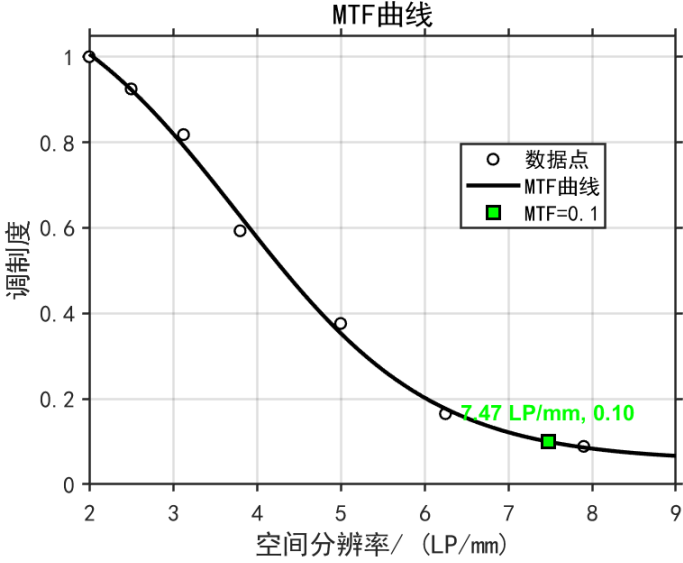
	指标项	测试结果
测试条件	射线源电压	150kV
	射线源功率	75W
	扫描检测模式	自动检测
	测试样品信息	电芯样品SN 03NCB029FN187GE498420215 03NCB029FN187GE498400403 03NCB029FN187GE498410098 标准测试件SN NUC00001
系统性能	CT空间分辨率	7.02 LP/mm
	测量正确度	1um
	Cgk	24.9
	%GRR	10.27%
	%PT	7.53%
	检测节拍	1.92 PPM
系统功能	系统校准	通过
	日常点检	通过
	用户管理	功能正常
	检测记录管理	功能正常

附件 2：试验验证详细数据 2

1) 空间分辨率试验

采用线对卡进行空间分辨率试验，系统 MTF 曲线如图所示，当调制度为 0.1 时，对应的空间分辨率为 7.47 LP/mm

空间分辨率 /LP/mm	2	2.5	3.125	3.8	5	6.25	7.9
调制度	1	0.9248	0.8180	0.5930	0.3763	0.1652	0.0889



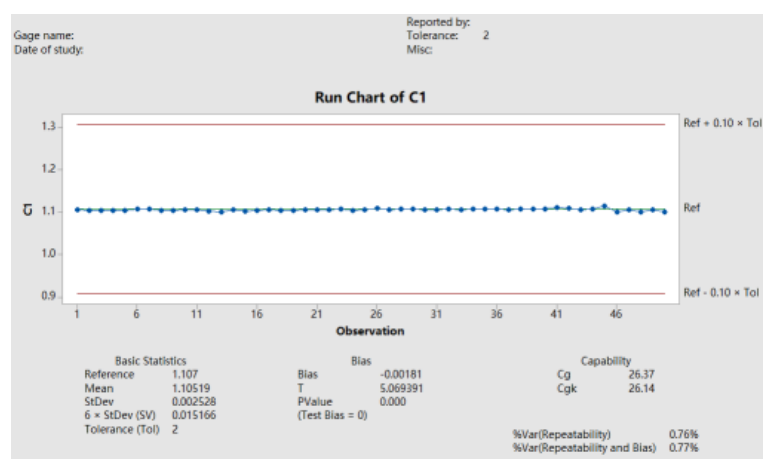
2) 测量正确度试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行准确度测量分析（如下表所示），测量准确度结果为 2 μm。

	特征值
真实值/mm	1.107
测量平均值/mm	1.105
测量准确度/mm	0.002

3) 设备检测能力试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行设备检测能力试验，其中根据电芯产品 Overhang 检测公差要求，设置公差带宽度为 2.0mm。测量数据分析结果如下，设备检测能力 $Cgk=26.14$ 。



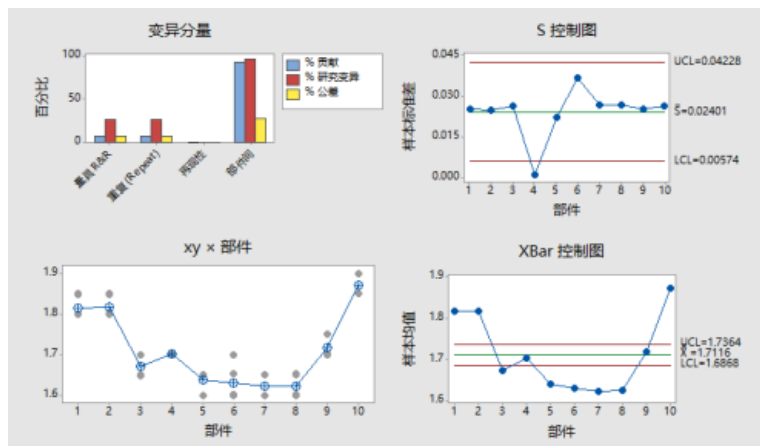
4) 量具 GRR 分析试验

采用 3 块真实电芯样品进行 9 次重复扫描测试，采用系统自动检测算法进行 Overhang 检测，对输出结果数据进行 GRR 分析， $\%GRR=26.56\%$ ， $\%PT=7.64\%$ 。

部件间	0.0085379	92.95
合计变异	0.0091859	100.00

过程公差 = 2

来源	标准差 (SD)	研究变异 (6 × SD)	%研究变 异 (%SV)	%公差 (SV/Toler)
合计量具 R&R	0.0254547	0.152728	26.56	7.64
重复性	0.0254547	0.152728	26.56	7.64
部件间	0.0924010	0.554406	96.41	27.72
合计变异	0.0958430	0.575058	100.00	28.75



5) 检测节拍试验

进行连续电芯扫描检测，1 小时扫描并完成 Overhang 自动检测的电芯数量为 212 块，系统检测节拍为 3.53PPM。

参考标准中附录2部分，本次系统验收报告如下。

检测系统名称：电芯CT测量机

检测系统编号：GT3000HB_FN0201

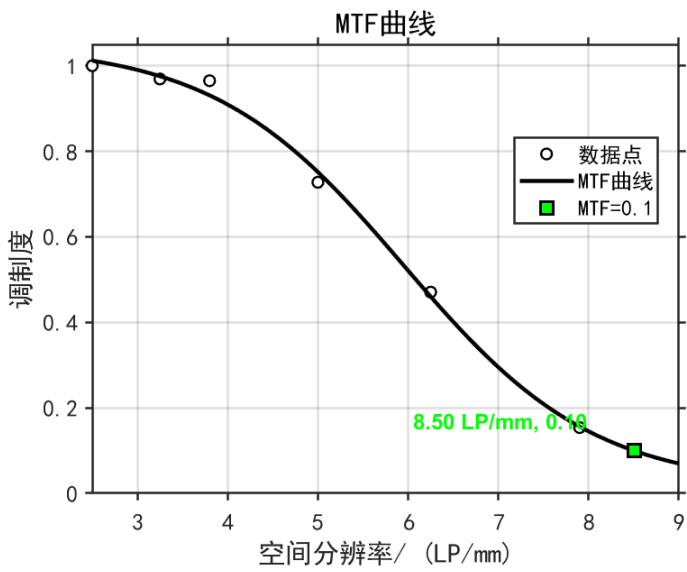
	指标项	测试结果
测试条件	射线源电压	150kV
	射线源功率	75W
	扫描检测模式	自动检测
	测试样品信息	电芯样品SN 03NCB029FN187GE498420215 03NCB029FN187GE498400403 03NCB029FN187GE498410098 标准测试件SN NUC00001
系统性能	CT空间分辨率	7.47 LP/mm
	测量正确度	1um
	Cgk	26.14
	%GRR	26.56%
	%PT	7.64%
	检测节拍	3.53 PPM
系统功能	系统校准	通过
	日常点检	通过
	用户管理	功能正常
	检测记录管理	功能正常

附件 3：试验验证详细数据 3

1) 空间分辨率试验

采用线对卡进行空间分辨率试验，系统 MTF 曲线如图所示，当调制度为 0.1 时，对应的空间分辨率为 8.50LP/mm

空间分辨率 /LP/mm	2.5	3.25	3.8	5	6.25	7.9
调制度	1	0.9691	0.9650	0.7275	0.4706	0.1538



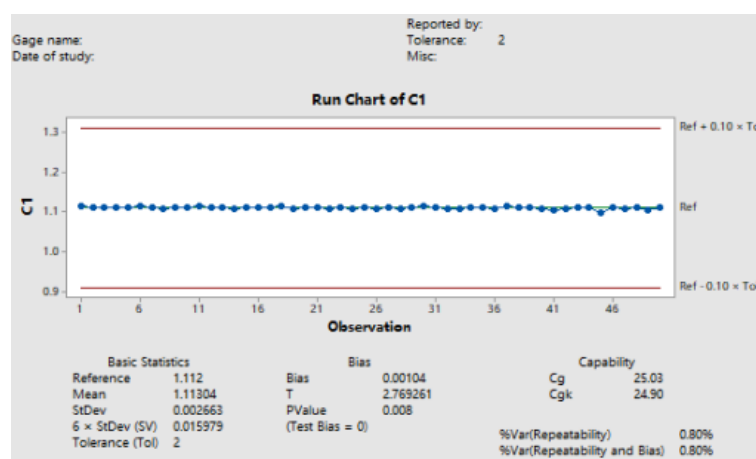
2) 测量正确度试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行准确度测量分析（如下表所示），测量准确度结果为 1 μ m。

	特征值
真实值/mm	2.925
测量平均值/mm	2.926
测量准确度/mm	0.001

3) 设备检测能力试验

采用附录 A 所示电芯仿形标准件进行 50 次扫描检测，进行设备检测能力试验，其中根据电芯产品 Overhang 检测公差要求，设置公差带宽度为 2.0mm。测量数据分析结果如下，设备检测能力 $Cgk=31.81$ 。



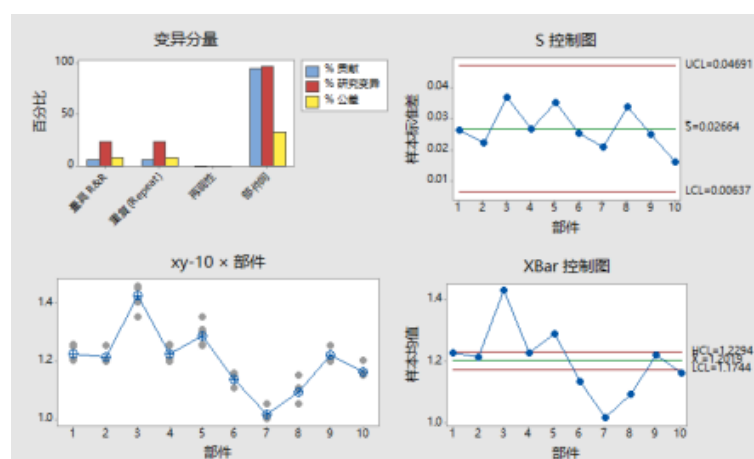
4) 量具 GRR 分析试验

采用 3 块真实电芯样品进行 9 次重复扫描测试，采用系统自动检测算法进行 Overhang 检测，对输出结果数据进行 GRR 分析， $\%GRR=23.96\%$ ， $\%PT=8.21\%$ 。

部件间	0.0123035	94.26
合计变异	0.0130531	100.00

过程公差 = 2

来源	标准差(SD)	研究变异 (6 × SD)	%研究变 异 (%SV)
量具 R&R	0.027377	0.164264	23.96
重复性	0.027377	0.164264	23.96
部件间	0.110921	0.665528	97.09
合计变异	0.114250	0.685500	100.00



5) 检测节拍试验

进行连续电芯扫描检测，30 分钟扫描并完成 Overhang 自动检测的电芯数量为 62 块，系统检测节拍为 2.07 PPM。

参考标准中附录2部分，本次系统验收报告如下。

检测系统名称：电芯CT测量机

检测系统编号：GT3000HB_FN0102

	指标项	测试结果
测试条件	射线源电压	150kV
	射线源功率	75W
	扫描检测模式	自动检测
	测试样品信息	电芯样品SN 03NCB029FN187GE498420215 03NCB029FN187GE498400403 03NCB029FN187GE498410098 标准测试件SN NUC00001
系统性能	CT空间分辨率	8.50 LP/mm
	测量正确度	1um
	Cgk	31.81
	%GRR	23.96%
	%PT	8.21%
	检测节拍	2.07 PPM
系统功能	系统校准	通过
	日常点检	通过
	用户管理	功能正常
	检测记录管理	功能正常

