

射线图像分辨力测试计校准规范

(征求意见稿)

编制说明

2025-06

射线图像分辨力测试计校准规范

编制组

主编单位：西安汉唐分析检测有限公司

一、工作简况

1.立项目的

射线图像分辨力测试计在工业无损检测校准中的应用日趋广泛。图像分辨力是指屏幕的中心区域可以识别的图像间的最小距离，用每厘米线对数来表示。图像分辨力指标的高低反映了仪器图像清晰度的好坏和实时成像的效果，是整个系统性能的综合反映。为了保证计量器具的准确可靠，填补有色金属行业以及计量行业领域空白，制定相应的校准方法是非常必要的。本次所提出的射线图像分辨力测试计校准规范希望能开展对射线图像分辨力测试计的校准工作，确保校准方法的合理性以及试验结果的可信度，促进射线图像分辨力测试计在有色金属行业中更合理、更准确的应用。现申报有色金属行业射线图像分辨力测试计校准规范，对其校准环境、校准设备、技术指标要求、校准项目和校准方法等提出要求。目前国内尚未发布相关射线图像分辨力测试计的检定或校准规范。

无损检测在国内应用广泛，其中射线检测作为无损检测中的重要门类。射线图像分辨力测试计是 JJG 40-2011《X 射线探伤机》和 JJF 1596-2016《X 射线工业实时成像系统校准规范》中指定的用于校准图像分辨力项目的标准计量器具。编制相应的校准规范，可以解决射线图像分辨力测试计溯源问题，保证射线图像分辨力测试计计量无损设备时的准确性和检测结果的可靠性，保证了无损检测设备分辨力量值准确可靠，从而保障了生产单位所生产加工产品质量可靠，推动行业高质量发展。

2.任务来源

为保证用于校准射线图像分辨力测试计的量值准确、可靠，适应我国有色金属行业的快速发展和满足国内外市场的需要，工业和信息化部以工信厅下达了根据工信部《工业和信息化部办公厅关于印发 2024 年行业计量技术规范制修订计划的通知》(工信厅科〔2024〕602 号)，计划完成年限为 2025 年。

3.项目编制组单位简况

3.1 编制组成员单位

本规范的编制组单位为：西安汉唐分析检测有限公司。

3.2 主编单位简介

西安汉唐分析检测有限公司是西北有色金属研究院(集团)控股子公司，属国有企业，主要从事有色产品的检测、可靠性评价、失效分析、质量评估、腐蚀性能及表面测试与表征、规范起草、检测方法的开发、标物的研制、设备的计量校准等。

公司于 1985 年被陕西省质监局授权为陕西省有色金属产品质量监督检验站。1987 年被中国有色金属工业总公司授权为西北质量监督检验中心，先后被国家质检总局确定为钛及钛合金、铜及铜合金管材生产许可证检验工作实施单位；公司通过 CNAS、CMA、国防 DiLAC 等认证认可，是陕西省有色金属

材料分析检测与评价中心、陕西省稀有金属材料安全评估和失效分析中心、工业（稀有金属）产品质量和技术评价实验室、陕西省核工业用金属材料检测与评价服务平台挂靠单位。公司是国内最早从事有色金属材料及其产品分析检验检测与评价研究的专业机构之一，技术装备水平国内一流、国际先进，在我省优势产业稀有金属材料领域的检测能力和水平处于领先地位；先后承担了国家、省市多项重大课题，目前已建成国内唯一的核电堆芯材料分析检测平台、多层金属复合材料测试和评价平台、钛及钛合金专业检测平台。

近 10 年起草有色金属国家/行业规范共 80 余项、发表论文 120 余篇、授权专利 30 余项。先后荣获中国有色金属工业一等奖、二等奖 20 余次。

本单位积极组织编制组各次工作会议，开展相关的校准，有效组织参编单位多次对规范的各版《征求意见稿》进行认真的讨论和审议，提出大量有益的意见和建议，在编制组中发挥了牵头作用。

4.主要工作过程

西安汉唐分析检测有限公司接到有色金属行业计量技术委员会转发下达的制定任务后，成立了计量规范编制组，对计量技术规范编写工作进行了部署和分工，制定了制定原则及计划工作。

2024 年 11 月成立了计量规范编制组，明确编制组成员各自的工作内容及任务，对被校对象的使用单位进行了校准需求调研，收集相关资料。

2024 年 12 月~2025 年 4 月编制组成员对校准规范中的计量特性及校准方法进行了讨论，确定了校准项目及方法，对关键技术指标提出了修改意见最终行成讨论稿。

2025 年 5 月 8 日~9 日，编制组成员参加了由有色金属行业计量技术委员会组织的在河南省洛阳市东山华悦酒店召开的有色金属计量技术规范讨论会，与会专家和各单位代表对《射线图像分辨力测试计校准规范-讨论稿》提出了修改意见，并且在会上确定了项目负责起草单位明确了各项工作时间进度要求，编制组依据讨论会上提出的修改意见，修改讨论稿并形成征求意见稿，具体内容见表 1。修改后形成了《涉嫌图像分辨力测试计校准规范-征求意见稿》。

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位	处理意见
1	3 章节	增加被校原理图	赤峰市产品质量检验检测中心	采纳
2	6 章节	6.2.2、6.2.6、6.2.4 中增加图示和详细测量方法	南山铝业	采纳
3	附录 C	按照格式要求进行修改	宝钛集团有限公司	采纳

二、编制原则和依据

（一） 编制原则

本规范是以JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范引用了 GBT 23903-2009 射线图像分辨力测试计相关内容。

（二） 确定主要内容

1 范围

本规范规定了用于射线图像分辨力的计量特性、校准条件和校准方法。本规范适用于线对束平行排列的、线对密度范围为（0.1~5.0）LP/mm射线图像分辨力测试计的校准。

2 引用文件

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1001-《通用计量术语及定义》

JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》

GBT 23903-2009 射线图像分辨力测试计

3 概述

射线图像分辨力测试计主要用于客观测量射线检测系统、射线检测图像及射线照相底片的分辨力，是考核成像系统质量、图像成像质量及照相底片质量的重要器具，也是射线检测设备和检测图像质量验收的依据。它能客观描述和直观反映图像的分辨力性能指标，是成像检测质量控制系统的工具，可广泛应用于射线常规检测、射线数字成像检测、工业 CT、医用 CT、医用 X 光诊断设备等领域的图像质量检测。具体可测定 X 射线成像系统的可视分辨力、增感屏-胶片系统的分辨力、图像传输系统的分辨力，还能用于测试成像系统的调制传递函数（MTF），其结构形式和线对数列可根据实际需求选择。

本标准所适用的分辨力测试计型式按线对束排列可分为：平行排列型式、非平行排列型式和其他结构型式。

3.1 平行排列型式

3.1.1 等差数列排列型式

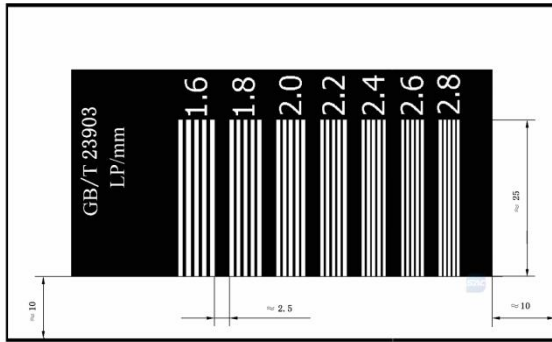


图1 (1.6~2.8) LP/mm等差数列型式分辨力测试计 (单位为mm)

3.1.2 等比数列排列型式

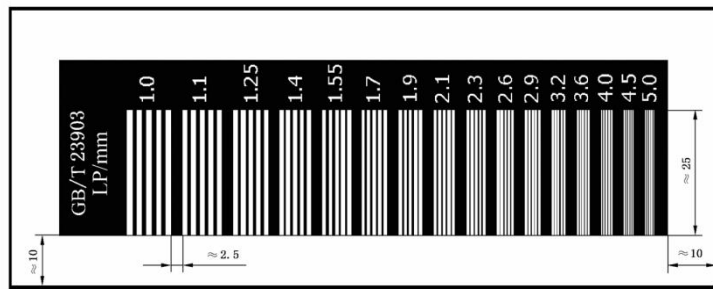


图2 (1.0~5.0) LP/mm等比数列型式分辨力测试计 (单位为mm)

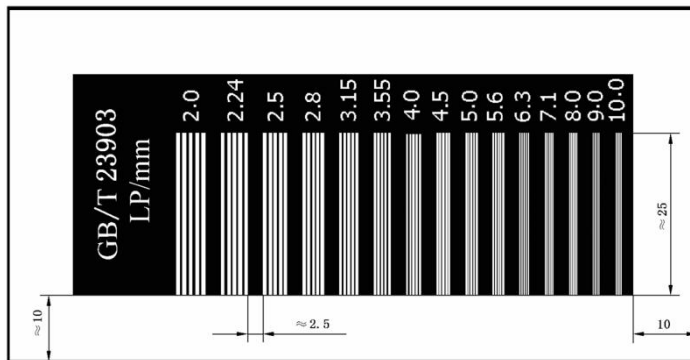


图3 (2.0~10.0) LP/mm等比数列型式分辨力测试计 (单位为mm)

3.2 非平行排列型式

3.2.1 扇形结构型式

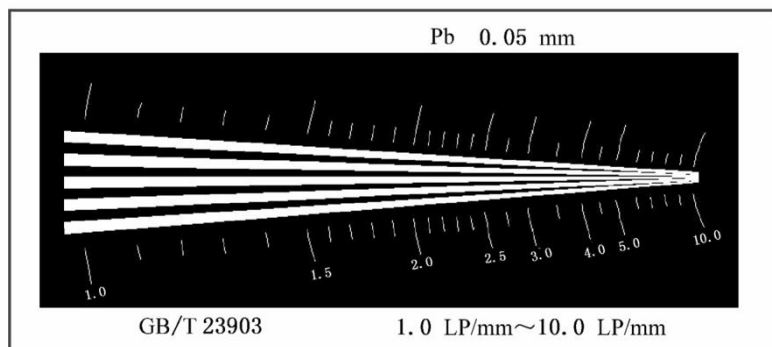


图4 (1.0~10.0) LP/mm扇形结构分辨力测试计 (单位为mm)

3.2.2 星形结构型式

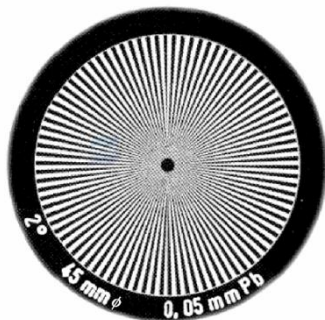


图5 星形结构分辨力测试计（单位为mm）

3.3 其他结构型式

参考本标准设计。

4 计量特性

4.1 相邻线对束的间距

参照 GBT 23903-2009 中第 5.3.2 条，相邻线对束的间距不小于 2.5mm。

5.3 尺寸

5.3.1 表 1 给出了分辨力测试计所有线对束的线对密度值。

表 1 线对尺寸

排列规律	线对束的线对密度/(LP/mm)
D=0.1	0,1,0,2,0,3,0,4,0,5,0,6,0,7,0,8,0,9,1,0,1,1,1,2,1,3,1,4,1,5,1,6,1,7,1,8,1,9,2,0
D=0.2	1,0,1,2,1,4,1,6,1,8,2,0,2,2,2,4,2,6,2,8,3,0,3,2,3,4,3,6,3,8,4,0,4,2,4,4,4,6,4,8,5,0
D=0.5	1,0,1,5,2,0,2,5,3,0,3,5,4,0,4,5,5,0,5,6,0,6,5,7,0,7,5,8,0,8,5,9,0,9,5,10,0
Q=1.25	0,5,0,63,0,8,1,0,1,25,1,6,2,0,2,5,3,2,4,0,5,0
Q=1.12	1,0,1,1,1,25,1,4,1,55,1,7,1,9,2,1,2,3,2,6,2,9,3,2,3,6,4,0,4,5,5,0
Q=1.12	2,0,2,24,2,5,2,8,3,15,3,55,4,0,4,5,5,0,5,6,6,3,7,1,8,0,9,0,10,0
允许偏差:(0,1~2,8)LP/mm 为 5%;(3,0~5,0)LP/mm 为 8%;(5,6~10,0)LP/mm 为 10%。 注: D——公差;Q——公比; $\sqrt[3]{10}\approx 1.25$, $\sqrt[3]{10}\approx 1.12$ 。	

5.3.2 相邻线对束的间距不小于 2.5 mm。

5.3.3 金属吸收体和线对的长度不小于 15 mm。

5.4 标识

分辨力测试计的标识包括本标准的代号,每一线对束的线对密度和单位,标识的位置宜在金属吸收体上,参见附录 A。

标识(包括小数点)能在射线图像上清晰显示。

附图6 GBT 23903-2009 中第5.3.2条

4.2 线对长度

参照 GBT 23903-2009 中第 5.3.3 条，线对长度不小于 15mm。

5.3 尺寸

5.3.1 表 1 给出了分辨力测试计所有线对束的线对密度值。

表 1 线对尺寸

排列规律	线对束的线对密度/(LP/mm)
D=0.1	0,1,0,2,0,3,0,4,0,5,0,6,0,7,0,8,0,9,1,0,1,1,1,2,1,3,1,4,1,5,1,6,1,7,1,8,1,9,2,0
D=0.2	1,0,1,2,1,4,1,6,1,8,2,0,2,2,2,4,2,6,2,8,3,0,3,2,3,4,3,6,3,8,4,0,4,2,4,4,4,6,4,8,5,0
D=0.5	1,0,1,5,2,0,2,5,3,0,3,5,4,0,4,5,5,0,5,6,0,6,5,7,0,7,5,8,0,8,5,9,0,9,5,10,0
Q=1.25	0,5,0,63,0,8,1,0,1,25,1,6,2,0,2,5,3,2,4,0,5,0
Q=1.12	1,0,1,1,1,25,1,4,1,55,1,7,1,9,2,1,2,3,2,6,2,9,3,2,3,6,4,0,4,5,5,0
Q=1.12	2,0,2,24,2,5,2,8,3,15,3,55,4,0,4,5,5,0,5,6,6,3,7,1,8,0,9,0,10,0
允许偏差:(0,1~2,8)LP/mm 为 5%;(3,0~5,0)LP/mm 为 8%;(5,6~10,0)LP/mm 为 10%。 注: D——公差;Q——公比; $\sqrt[3]{10}\approx 1.25$, $\sqrt[3]{10}\approx 1.12$ 。	

5.3.2 相邻线对束的间距不小于 2.5 mm。

5.3.3 金属吸收体和线对的长度不小于 15 mm。

5.4 标识

分辨力测试计的标识包括本标准的代号,每一线对束的线对密度和单位,标识的位置宜在金属吸收体上,参见附录 A。

标识(包括小数点)能在射线图像上清晰显示。

附图7 GBT 23903-2009 中第5.3.3条

4.3 线对密度示值误差

参照GBT 23903-2009 中第 5.3.1 中表 1，线对束的线对密度示值误差见表 1。

表 1 线对密度示值误差

线对密度范围 (LP/mm)	最大允许误差
0.1~2.8	±5%
3.0~5.0	±8%

5 校准条件

5.1 环境条件:

温度: (20±5)°C。湿度: 不大于 80%RH。校准前, 射线图像分辨力测试计和测量设备平衡温度时间不少于 2h。

5.2 测量标准:

测量标准的技术要求应符合正文中表2的规定。

测量标准及其他设备包括钢直尺、影像测量仪, 并给出相应的技术指标。

钢直尺技术指标参考了JJG 1-1999《钢直尺》;

影像测量仪技术指标参考了JJF 1318-2011《影像测量仪校准规范》。

6 校准项目和校准方法

6.1校准项目

校准项目包含相邻线对束的间距、线对长度、线对密度示值误差, 见表2。

表 2 校准项目

校准项目	测量标准	技术指标
相邻线对束的间距	钢直尺	MPE: ±0.1mm。(钢直尺等级)
线对长度		
线对密度示值误差	影像测量仪	MPE: ±0.005mm

6.2校准方法

相邻线对束的间距校准方法是参考了GBT 23903-2009中6.3.2对相邻线对束的间距的要求, 对相邻线对束的间距的校准方法进行编写。

线对长度校准方法是参考了GB/T 23903-2009中6.3.2对线对长度的要求，对线对长度的校准方法进行编写。

线对密度示值误差校准方法是参考了GB/T 23903-2009中6.3.1对线对密度示值误差的要求，并结合安徽省长江计量所公司的实际使用情况，对线对密度示值误差的校准方法进行编写。

7 校准结果表达

经校准后出具校准证书，校准证书由封面和校准数据内页组成，封面由校准机构确定统一格式，校准数据按照规范要求，并可根据实际情况进行填写。

8 复校时间间隔

建议校准时间间隔为1年；当使用频率较高时，建议用户缩短为3个月。

9. 附录

附录A为原始记录参考格式、附录B为原始记录参考格式报告内页参考格式、附录C为不确定度评定示例。

三、实践检测情况

西安汉唐分析检测有限公司根据本规范的校准项目对射线图像分辨力测试计进行了全计量特性的校准，内容详见校准报告

四、规范水平分析

4.1 采用国际标准及国外先进规范的程度

国内对射线图像分辨力测试计的校准方法研究相对单一。射线图像分辨力测试计作为测量图像分辨力的专用标准器具，目前国内尚无可依据的计量检定规程/校准规范对其计量性能进行控制，测量工作的主要参考标准为GB/T 23903—2009《射线图像分辨力测试计》，对射线图像分辨力测试计校准工作的开展缺乏有效的技术指导作用。

4.2 与国际及国外同类标准水平的对比分析

目前国外没有相关技术规范，本规范水平达到国外先进水平。

4.3 验证单位

山东南山铝业股份有限公司经过多年发展，从最初的铝业相关业务起步，逐步打造出完整的铝加工产业链，发展成为行业内的龙头企业之一。高起点打造了全球同一地区拥有热电、氧化铝、电解铝、熔

铸、铝型材/热轧-冷轧-箔轧、废铝回收(再生利用)的完整铝加工最短距离产业链，终端产品广泛应用于航空、汽车、轨道交通、船舶、能源、石化、集装箱、工业型材、精品民用型材、高端系统门窗、容器罐、食品包装、电池箔、铝深加工等若干领域。公司通过了美国性能审查协会（PRI）的热处理、无损检测、化学处理、检测实验室等 NADCAP 特种工艺认证和 PED&AD2000 承压设备指令材料认证。在 2022 年，从 PRI（国际质量评审协会）认证官方网站 eAuditnet 获悉，南山铝业板带事业部 NADCAP 无损检测获得 24 个月认证周期，板带事业部成为南山铝业首家获得 NADCAP 特种工艺认证最高认证周期奖励殊荣的企业。

山东南山铝业股份有限公司不仅与中国商飞上飞院合作共建了“民机铝合金材料联合研究中心”，而且主持起草十几项国家标准，拥有国家级研发平台 5 个、省级 7 个，被国家科技部授予“国家高新技术企业”及“国家创新型企业”等荣誉。

赤峰市产品质量检验检测中心成立于 2021 年 3 月，由原赤峰市产品质量计量检测所、赤峰市药品检验所、赤峰市不良反应监测中心及赤峰市粮油质量检测中心合并组建而成，隶属于赤峰市市场监督管理局，是政府依法设立承担市场领域产品质量检验检测和计量检定等职能的具有独立法人资格的公益一类正处级事业单位。中心业务范围涵盖计量检定、轻工、建材、石化、纤检、有色金属、巴林石、公共卫生、生活饮用水、食品及相关产品、药品、保健食品、化妆品、医疗器械、药品包装材料及洁净区室环境等十六大领域通过了检验检测机构资质认证 CMA,中国合格评定国家认可委员会实验室认可 CNAS 等。拥有产品类质量检验能力 1431 项，计量检定 109 项标准，检定参数 171 项，校准 169 项。计量检测方面共建立 93 项计量标准，其中赤峰市级计量标准 13 项，社会公用计量标准 80 项，通过授权的检定项目 113 项，校准项目 99 项和 5 项定量包装商品量、净含量检测。可开展长度、温度、力学、电磁学、光学、声学、化学、无线电、时间频率、电离辐射等十大类计量专业，包含衡器、民用四表、加油机、出租车计价器、医疗设备、测绘仪器等在内的计量检测业务。

宝钛集团有限公司是我国规模最大、体系最完整的钛及钛合金研发制造企业，拥有钛、装备制造、新产业等三大板块，钛材产量世界第一，综合实力居全球钛行业前三位，荣获我国工业领域最高奖项“中国工业大奖”，属行业唯一，构建了从海绵钛制备，到熔炼、加工、深加工及装备制造的全产业链，使我国成为全球第四个拥有完整钛工业体系的国家，引领宝鸡建成全球规模最大的钛产业集群。主导制定钛标准 110 多项，占我国该领域标准的 90%以上。在 2011 年 8 月 1 日首次授予宝钛实验中心 NADCAP 材料实验室认证证书。在质量部和科技部等部门的努力下，2010 年顺利通过了“无损探伤”和“产品热处理”两个单项 NADCAP 认证。此次 NADCAP 材料实验室认证，不但涵盖了具体的检测试验项目认证，同时还包括独立的实验室质量体系认证，认证策划和准备工作，要求非常严谨。此次认

证涉及检测项目 18 个，认证检测方法均为 ASTM E 美标方法，基本覆盖了宝钛实验中心所有常规检测项目，使宝钛实验中心的能力水平在 GB 国标试验方法的基础上，又具备了执行 ASTM E 美标试验方法的能力，成为国内为数不多的多标准体系材料检测实验室之一。宝钛实验中心通过 NADCAP 材料实验室认证，是宝钛集团、宝钛股份乃至中国钛工业的骄傲，形成了宝钛科技研发和产品质量保障水平的强大支撑，符合公司产业长远发展规划。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范所引用的规程及规范均为我国现行有效的计量规程及规范，是本规范的一部分，引用这些规程及规范后，使本规范的要求与现行的相关法律、法规、规章及相关规程规范的关系不矛盾、不冲突，其相互关系非常协调。

六、规范中涉及的专利或知识产权说明

（无）

七、重大分歧意见的处理经过和依据

（无）

八、规范作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议本规范作为推荐性行业计量技术规范，供相关行业参考采用。

九、贯彻规范的要求和措施建议

本规范发布后，中国有色金属行业协会和有色金属行业计量技术委员会应加强本规范的宣传力度，促进射线图像分辨力测试计生产厂家按照实际情况合理选用校准规程，以促进我国企业的技术进步和产品质量上档次，提高我国产品在国际国内市场的竞争能力。

十、废止现行有关规范的建议

（无）。

十一、预期效果

本规范的制定，具有极大的经济效益和社会效益，填补了有色金属行业领域校准空白，对射线图像分辨力测试计特性的校准过程提供了技术支撑。

十二、其他应予说明的事项

（无）。

《射线图像分辨力测试计校准规范》编制组 2025年6月