

ICS

CCS

团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

代替 T/CMES XXXX—201X

无损检测 环件智能磁粉视觉检测方法

Non-destructive Testing Ring Part Intelligent Magnetic
Particle Visual Inspection Method

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目 次

前 言.....	IV
引 言.....	V
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 检测原理.....	2
5 环件智能磁粉视觉检测技术要求.....	3
5.1 一般要求.....	3
5.2 功能要求.....	3
5.3 性能要求.....	3
6 环件智能磁粉视觉检测系统要求.....	4
6.1 一般要求.....	4
6.2 功能要求.....	4
6.3 性能要求.....	4
7 环件智能磁粉视觉检测系统算法及软件要求.....	4
7.1 一般要求.....	4
7.2 功能要求.....	4
7.3 性能要求.....	5
8 通用要求.....	5
8.1 规定.....	5
8.2 人员要求.....	5
8.3 被检对象.....	5
8.4 检测条件.....	5
8.5 检测步骤.....	6
9 对比试样.....	6
9.1 材料.....	6
9.2 直径、长度和平直度.....	6
9.3 人工缺陷.....	6
9.4 尺寸和等级以及检出率要求.....	6

9.5 制作与测量.....	7
9.6 判定.....	7
10 检测记录和报告.....	7

中国机械工程学会标准征求意见稿

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专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：XXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX。

本文件主要起草人：XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引 言

在环件金属产品的制造和检测过程中，智能磁粉视觉检测技术因其快速、智能、高灵敏度和非破坏性等特点被广泛采用。当前国内对于环件智能磁粉视觉检测的方法尚缺乏统一的标准，这在一定程度上制约了该技术的进一步发展与应用。

本文件通过明确智能磁粉视觉检测的方法、设备要求、检测流程及验收标准，旨在填补国内环件智能磁粉视觉检测方法标准的空白。这将有助于统一行业内检测方法，提升检测效率和质量，并促进与信息、机器人等其他相关行业的技术交流与合作。

本文件的核心内容主要聚焦于智能磁粉视觉检测仪器的应用。这是因为在环件领域，该设备已得到广泛应用并验证其有效性。随着技术的持续进步和应用领域的拓展，本文件将不断更新和完善，以满足更多类型环件的视觉检测需求。

中国机械工程学会标准化管理委员会

中国机械工程学会标准征求意见稿

无损检测 环件视觉检测方法

1 范围

本文件规定了环件智能磁粉自动视觉检测的检测要求、缺陷面积、对比试样、检测设备功能详述、检测条件及步骤、缺陷判定、检测记录和报告。

环件智能磁粉自动视觉检测采用磁粉检测技术，硬件配置主流的视觉传感器，获取具有环件磁粉所检测的缺陷可被识别其特征，包含缺陷尺寸、缺陷图像形貌等特征值，保证环件表面的关注缺陷可被有效自动检测。

本文件适用于直径大于 50mm 的环件智能磁粉检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T24606-2021 滚动轴承 无损检测 磁粉检测

YB/T4083-2011 钢管自动涡流探伤系统综合性能测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 环件 Hoop material

指截面形状相对规则、整体呈环形的金属产品。。

3.2 智能磁粉视觉检测方法 Intelligent magnetic particle visual inspection method

一种非破坏性检测技术，通过在工件表面施加磁粉，在磁场作用下，工件表面或近表面缺陷处形成磁粉堆积，利用图像处理技术对工件表面的磁粉显示进行高精度检测的方法。

3.3 视觉检测 visual inspection

通过机器视觉产品（即图像摄取装置，如 CCD）将被摄取目标转换成图像信号，传送给专用的图像处理系统，根据像素分布和亮度、颜色等信息转变成数字化信号，图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征，根据判别的结果来判断工件表面是否存在缺陷。

3.4 采集服务器 data-acquisition server

负责与传感器连接，实现相机图像的采集，需要根据环件的检测速度及采样频率进行针对性的设计。

3.5 推理服务器 computing server

将实时检测到的环件外表面磁粉图像进行缺陷检出及分类运行，服务器性能要满足实时性及数据查询、存储等各方面的要求。

3.6 用户终端 user terminal

运行质量检测软件，为用户提供缺陷报警、缺陷分布预览、历史数据查询等多种表面质量检测应用。以及系统维护、缺陷样本收集等功能。

3.7 深度学习 deep learning

深度学习是机器学习的一个子问题，其将原始的数据特征通过多层的特征转换，把原始数据变成更高层次、更抽象的表示。其主要目的是从数据中自动学习到有效的特征表示，以最终获得学习样本数据的内在规律和表示层次。

3.8 识别准确率 precision rate

系统正确识别的某类缺陷的数量与人工确认的某类缺陷的数量的百分比。

3.9 分类准确率 classification rate

系统正确识别的某类缺陷的数量与系统报出的某类缺陷的数量的百分比。

4 检测原理

视觉技术是一项重要的机器视觉传感器技术，利用光学技术模拟人类视觉系统，促进增强现实，基于人工智能的应用，可以提升视觉检测相机进行目标识别的能力。该项技术已被融入感知和处理日常活动的方式、日常消费品及物流、工业自动化、制造业等各个领域。

整个图像处理过程一般包含如下要素，通过采集系统配合视觉处理软件完成点云采集以及逆向建模，从而得到环件表面磁粉的信息。通过比较点云与参照面之间的差异，自动找出不合格的点，并通过聚类分析得到不合格点云集，然后计算聚类集的特征值判断是否是缺陷。

环件智能磁粉检测技术综合应用了光、机、电多学科知识，涉及照明技术、图像采集、数字图像处理、模式识别、人工智能深度学习等诸多技术，能够准确、及时、有效地检出和识别环件表面的各类关注缺陷及深度信息，是环件类产品质量检测的先进方法。



图1 基于高度信息的环件表面缺陷检测示意图

5 环件智能磁粉视觉检测技术要求

5.1 一般要求

环件智能磁粉视觉检测系统一般可由成像系统、磁化系统、电气系统、计算机系统、软件系统、机械本体设备及工厂环境改造设备等组成。

系统通过高速型传感器及荧光磁粉光源组成的成像系统对于穿越行进进入检测区域进行不间断的扫描，形成高清晰的表面图像，而这些达到点云缺陷数据通过专用的线缆传输至图像处理单元中，结合过滤算法及后处理规则集来进行下一步的过滤，用于二次匹配和基于深度学习的优化性分类，结合缺陷归并、周期计算等后处理规则，最终得到最后的分类结果，并通过 HMI 进行呈现包括缺陷类别、位置、尺寸等信息等。

5.2 功能要求

环件智能磁粉视觉检测系统有两个主要目标：有效检出缺陷和实现在线检测。环件外表面缺陷的有效检出需要检测系统能够有效地“发现”缺陷、“分析”缺陷、“判别”缺陷。从而需要达到如下功能：

- 1、满足环件的全外表面荧光磁粉缺陷检测；
- 2、采用高速工业相机及光学系统，实时进行检测；
- 3、优化的防护密封、吹扫设计、适应现场生产中粉尘恶劣环境；
- 4、匹配现场输送稳定装置、防撞装置等的适应性改造设计；
- 5、具备针对环件磁粉检测表面缺陷的特定图像处理算法、缺陷识别技术。

5.3 性能要求

检测系统性能要求如下：

- 1、环件外径应在 50mm 及以上；
- 2、输送速度最大为 150 m/s；
- 3、检测温度不超过 50 ℃；
- 4、准确的检测出环件外表面磁粉检测发现的划伤、裂纹、折叠等缺陷；

5、软件应具备严重缺陷报警、缺陷分布预览、缺陷统计等功能，能保存 3 年以上的缺陷统计数据，且可转存到其他存储介质；

5.4 综合缺陷检出率应大于 95%，典型缺陷识别准确率大于 90%，最小可检测缺陷如下：

圆形缺陷：圆直径 $>3\text{mm}$ ，深度 $>0.3\text{mm}$ ，误报率 $<2\%$ ；

纵向线性缺陷：面积 $\geq 1\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，深度 $\geq 0.3\text{mm}$ ，误报率 $<5\%$ ；

横向线性缺陷：面积 $\geq 2\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，深度 $\geq 0.3\text{mm}$ ，误报率 $<5\%$ ；

纵向线性缺陷：面积 $\geq 1.5\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，深度 $\geq 0.2\text{mm}$ ，误报率 $<5\%$ ；

横向线性缺陷：面积 $\geq 3\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，深度 $\geq 0.2\text{mm}$ ，误报率 $<5\%$ 。

6 环件智能磁粉视觉检测系统要求

6.1 一般要求

由光学成像系统、防护系统、数据采集及传输系统、高速同步采集、高速低延迟数据传输存储、分布式算法工作站组成。

6.2 功能要求

由工业相机、镜头、光源、同步控制器等组成，具备防尘、防震动、防高温等功能。磁粉表面检测产生的海量图像数据，对采集、传输、计算的负载要求高，用户需要即时的数据反馈，对系统延迟的要求高。采用高负载、低延时的软硬件系统架构设计，性能优异满足用户需求。检测模块包含测速模块和外部同步信号控制多台相机同步采集，采集速度快，不影响正常生产运行。通过千兆以太网传送海量图像数据，保证海量图像数据的远距离传送；采用共享内存技术实现高速低延迟的图像中转、存储、计算。采用多线程技术，通过分布式算法工作站并联拓展计算资源，具有良好的可拓展性、系统冗余和可维护性，提供了低延迟的算法服务。

6.3 性能要求

- a) 环件成像质量：环件表面的荧光磁粉图像可清晰呈现出来。
- b) 传输速度：环件表面磁粉图像的传输延迟不高于 1 秒。
- c) 检测方式：在线、连续、非接触。

7 环件智能磁粉视觉检测系统算法及软件要求

7.1 一般要求

具备缺陷识别及分类、缺陷分析及报警能力，同时也可进行严重缺陷报警功能，缺陷分布预览，缺陷统计功能。保存 3 年以上的缺陷统计数据，可以转存到其他存储介质。

7.2 功能要求

构建基于缺陷识别的环件表面缺陷在线识别模型，该模型能够实时检出环件外表面的缺陷，并给出缺陷的位置、大小、数量、类型等具体信息。检测软件，为用户提供缺陷报警、缺陷分布预览、历史数据查询等多种表面质量检测应用。以及系统维护、缺陷样本收集等功能。

环件表面缺陷自动检测系统的图像处理算法兼顾图像检测的深度学习分类模式，进行深度学习二次分类，设定了多个逻辑及维度的缺陷二次分类及过滤策略，用于有效地过滤伪缺陷，便于客户观察及验证实际缺陷。

能够适应高速生产下的检测要求，保证在最短时间内的点云数据输出，同时每帧图像完成图像采集、边缘检测及目标检测，并将含有疑似缺陷的图像存入图像缓存，反之删除，然后对于缓存队列中的疑似目标图像进行进一步处理，包括缺陷分割、图像保存、特征提取、分类及图像后处理。

7.3 性能要求

计算及控制系统对缺陷数据的识别周期不大于 1 秒。

8 通用要求

8.1 规定

当按本标准进行视觉检测时，供需双方应在合同或相关文件中指定检测标定人工缺陷的类型、质量等级等。

8.2 人员要求

执行本标准的检测人员应按 GB/T 9445 或相应的标准进行培训，并取得资格证书。凡签发检测报告者，应取得磁粉检测 2 级或 2 级以上资格证书。并由雇主或其他代理对检测人员进行岗位培训和操作授权。

8.3 被检对象

被检对象的表面应无影响耦合的氧化皮、污物、油漆以及凹坑等缺陷。如有上述情况，应使用适当的方法清除或进行机加工，以满足检测要求。

8.4 检测条件

8.4.1 除非在供需双方协议中特殊约定，视觉检测应在主要生产工序（轧制、热处理、冷热加工和矫直等）完成之后和磁粉检测同时进行。

8.4.2 被检环件表面应平整、光滑，没有影响检测的氧化皮、油污和其他污物。

8.4.3 检测环境应避开强光、强电磁场、强振动、腐蚀性气体、严重粉尘等影响检测系统稳定工作和检测人员可靠观察的因素。

8.4.4 检测系统的综合性能，如漏报率、误报率和稳定性等指标可参照 YB/T 4083 要求。

8.5 检测步骤

8.5.1 仪器通电、标定

检测仪器在调试前应预先通电、进行校准，以确保仪器使用过程中性能稳定。

8.5.2 设备的调整

设备应根据环件的变化进行检测中心线对中。

检测主机的调整：环件钢直径和检测要求，调整检测主机高度和环件运行速度，以确保检测的覆盖率。

检测灵敏度的调整：为检测对比试样上的人工缺陷，对系统判定阈值等进行调整。

8.5.3 检测阈值

检测前，在上述调整的基础上，用选定的检测速度连续运行与检测环件相同规格对比试样，保证至少通过3次，每次对比试样上的所要求的人工缺陷均能可靠报警，作为检测阈值。

9 对比试样

9.1 材料

对比试样表面状态应与被检测环件相同或相近；材料表面不应存在影响设备校验的缺陷。

9.2 直径、长度和平直度

自动检测对比试样的直径满足公称尺寸要求，长度和平直度应满足视觉检测设备的要求。

9.3 人工缺陷

在对比试样中部的不同区域分别至少制作规定大小的条状或孔状缺陷。根据检测设备类型和检测要求，缺陷可位于对比试样中间或端部。当有端部不可检测区要求时，对比试样两端可制作相应横孔。

9.4 尺寸和等级以及检出率要求

人工缺陷的尺寸以及检出率要求如表1所示。

表1 人工缺陷尺寸

单位为毫米

缺陷类型	孔径（伤深×长）	深度	漏检率	误报率
圆形缺陷	≥∅ 3mm盲孔	≥0.3mm	0%	<2%
纵向线性缺陷	≥1mm×25mm	≥0.3mm	0%	<2%
横向线性缺陷	≥2mm×25mm	≥0.3mm	0%	<2%
纵向线性缺陷	≥1.5mm×25mm	≥0.2mm	5%	<5%
横向线性缺陷	≥3mm×25mm	≥0.2mm	10%	<5%
通孔	≥∅ 3mm		0%	<2%

自然缺陷：折叠、凹坑等表面自然缺陷检测出率不小于95%，分类准确率不小于90%。

注：对比试样上人工缺陷的尺寸不解释为可以检测到的最小自然缺陷尺寸。

9.5 制作与测量

9.6 判定

在检测过程中，缺陷报警阈值大于或等于对应人工缺陷则判定为可疑品。

可疑品可直接判定为不合格品，也可进行复检或手工检测确认，复检连续两次不合格（或手工检测确认不合格的），判定为不合格品。

10 检测记录和报告

检测记录和报告应至少包括下列内容：

- a) 工件情况：环件的牌号、规格等。
- b) 检测条件：检测仪型号；相机的类型等。
- c) 检测结果：合格数量与不合格数量。
- d) 检测人员、报告签发人的姓名及资格等级；检测日期，报告签发日期等。

中国机械工程学会标准征求意见稿