ICS 75.200
CCS E 98

中 国 腐 蚀 与 防 护 学 会 团 体 标 准

T/CSCP 0071.3-2026

高分子材料和涂层野外老化图像识别观测技术规范

Technical specification for image recognition observation of field ageing of polymer materials and coatings

2026-06-12 发布　　2026-07-12 实施

中国腐蚀与防护学会 发布

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。

本文件是 T/CSCP 0071《高分子材料和涂层野外老化》的第 3 部分。T/CSCP 0071 已经发布了以下部分：

----总则；

----试验技术方法；

----图像识别观测技术规范；

----联网观测和区域性老化等级地图绘制；

----质量控制与数据汇交规范。

本文件由中国腐蚀与防护学会提出并归口。

本文件起草单位：国网电力工程研究院有限公司、北京科技大学、新疆吐鲁番自然环境试验研究中心、国网四川省电力公司电力科学研究院、中国工程物理研究院、广州天韵达新材料技术有限公司。

本文件主要起草人：顾建、黄路遥、陈新、郝文魁、莫娟、李冬青、刘世纯、杜翠薇、李晓刚、程学群、张帆、李众、杨小佳、王伦滔、杨吉可、王昕煜、杨国威、李清、郭春云、张天锋、尤里武、王志高、陈俊杰、兰新生、丛森、文晓琨、周琪杰、孙雷、杨体绍。

本文件为首次发布。

高分子材料和涂层野外老化 图像识别观测技术规范

1 范围

本文件规定了高分子材料和涂层野外老化图像识别观测的设备配置、标定校准、图像采集、现场取样与实验室复测、图像预处理、缺陷标注、智能识别、结果复核、图像数据质控和成果归档要求。

本文件适用于野外自然环境下高分子材料、有机涂层及涂层/基材复合体系的外观老化缺陷可视化观测和智能量化评价，可用于变色、失光、粉化、起泡、开裂、剥落、锈蚀、积污、霉变等失效特征识别。

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。凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；凡是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 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法

GB/T 30789.1 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第1部分：总则和标识体系

GB/T 30789.2 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第2部分：起泡等级的评定

GB/T 30789.3 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第3部分：生锈等级的评定

GB/T 30789.4 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第4部分：开裂等级的评定

GB/T 30789.5 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第5部分：剥落等级的评定

GB/T 30789.6 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第6部分：胶带法评定粉化等级

GB/T 30789.7 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第7部分：天鹅绒布法评定粉化等级

GB/T 30789.8 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第8部分：划线或其他人造缺陷周边剥离和腐蚀等级的评定

GB/T 30789.9 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第9部分：丝状腐蚀等级的评定

3 术语和定义

GB/T 1766、GB/T 30789 系列标准以及《高分子材料和涂层野外老化观测 总则》界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 图像识别观测 image recognition observation

采用数字成像、图像处理、机器视觉或人工智能方法，对试样外观老化缺陷进行采集、标注、识别、量化和复核的观测活动。

3.2 基准图像 reference image

试样投试前或首次观测时在规定成像条件下采集的图像，用于后续时序对比和变化量计算。

3.3 标定图像 calibration image

包含白板、灰卡、色卡、比例尺或几何定位标志的图像，用于颜色校准、尺寸换算和几何校正。

3.4 有效识别区域 region of interest

扣除夹具、封边、遮挡、标签和非评价面后，用于缺陷识别、面积统计和等级判定的图像区域。

3.5 缺陷标注 defect annotation

按照统一类别、边界、属性和质量记录要求，对图像中老化缺陷或干扰因素进行人工或半自动标记的过程。

4 成像设备与标定

4.1 成像设备

图像采集设备有效像素不宜低于 1200 万，宜配备定焦镜头或可锁定焦距的镜头，支持焦距、光圈、快门、感光度、白平衡和增益参数固定。用于长期时序对比的设备不宜频繁更换；确需更换时，应开展过渡期对照拍摄。

设备宜支持全光谱成像，并可根据专项需要配置 UVA、UVB、近红外或显微成像通道。成像系统应满足户外防尘、防水、防雷、防腐和抗风振要求，防护等级不宜低于 IP65。

4.2 标定组件

每次正式采集应配置标准白板、灰度卡、色差标定卡和长度标尺。标尺最小刻度不宜大于 1 mm；用于微裂纹识别时，应采用满足识别精度要求的局部放大标尺。

标定组件应定期校准或更换。常规环境下宜每 6 个月复核一次，高污染、高盐雾、强紫外或高沙尘环境下宜每 3 个月复核一次。发现污染、褪色、划伤、反光异常或尺寸变形时，应立即停止使用。

4.3 固定和定位

固定式成像装置应保证拍摄距离、角度和视场稳定。用于时序对比的同一样品，单次定位重

复偏差不宜大于 1 mm，拍摄角度偏差不宜大于 2°。移动式拍摄应设置定位基准或拍摄工装。

辅助光源应色温稳定、照度均匀，避免阴影、眩光和局部过曝。使用自然光拍摄时，应记录天气、太阳高度、拍摄时段和光照条件，并配置标定图像。

5 图像采集

5.1 采集周期

图像采集分为基准采集、常规时序采集、加密采集和应急采集。所有试样投试前应采集基准图像；常规观测宜在 3 个月、6 个月、12 个月及其后年度周期采集；高老化速率或专项机理观测可按月度采集；极端天气或异常事件后宜在 24 h～72 h 内补充采集。

5.2 采集内容

单次采集应至少包括试样整体图、有效识别区域图、带标定组件图、局部缺陷细节图和必要的多通道专项图像。图像应完整覆盖有效曝露区域，并保留夹具、编号或定位基准的必要信息。

同一批次图像应锁定焦距、光圈、快门速度、感光度、白平衡、光源照度和滤镜通道。发生设备参数调整、镜头更换、光源更替、标定组件更换时，应重新校准并拍摄对照样图像。

5.3 现场取样与实验室复测

试样现场取样前应完成原位图像采集，并拍摄样品空置架位和周边环境。试样取回实验室后宜在 24 h～72 h 内完成标准化复测成像，复测参数应尽量与现场采集保持一致。

实验室复测图像用于区分环境瞬时影响与材料固有老化劣化。若样品表面存在凝露、积水、盐霜、浮尘或污染物，应在不改变试样状态的前提下记录，并按试验方案决定是否进行清洁前后对照拍摄。

6 图像预处理与元数据

图像预处理可包括畸变校正、白平衡校正、色彩校准、几何配准、裁剪、去噪、亮度均衡和有效识别区域提取。预处理不得覆盖原始图像，所有处理步骤和软件版本应记录。

每个图像文件应包含或关联站点编号、样品编号、试片编号、拍摄时间、暴露周期、拍摄地点、设备编号、镜头参数、光源参数、滤镜通道、标定组件编号、操作者和质量标记。

图像文件命名宜采用“站点编号_样品编号_试片编号_暴露周期_采集类型_通道_时间”的结构。不同版本图像应保留原始图、预处理图、标注图和识别结果图之间的关联关系。

7 识别指标与缺陷标注

图像识别指标应与 GB/T 1766 和 GB/T 30789 系列标准的人工评级对象相对应。识别结果可表达为缺陷数量、面积率、尺寸分布、等级、颜色变化、风险评分或综合老化等级。

表 1 高分子材料老化图像识别特征与量化指标

指标类型	识别对象	量化指标	推荐精度或要求
滤镜通道	UVA、UVB、全光谱滤镜通道	通道类型、太阳辐照度、累计辐照量	辐照度测量误差不宜大于±5%
颜色变化	褪色、变色、黄变	ΔE、YI、RGB/Lab 变化	色差重复性不宜大于 0.5

		量	
裂纹缺陷	裂纹、龟裂、开裂	裂纹长度、宽度、面积率、数量	裂纹宽度识别宜优于0.10 mm
起泡剥落	起泡、剥落、脱层	缺陷面积率、最大缺陷尺寸、缺陷数量	面积率误差不宜大于±5%
粉化失光	粉化、雾化、失光	粉化等级、光泽保持率、灰度变化	应与人工评级或光泽测试比对
污染沉积	灰尘、盐斑、霉斑、污染斑	覆盖面积率、斑点数量、颜色差异	应区分污染与材料本体老化
综合老化	多特征融合状态	老化等级、失效模式、风险评分	应经人工复核或标准测试验证

缺陷标注应先确定有效识别区域，再分别标注比例尺与色卡、起泡、裂纹、锈蚀、剥落、粉化、变色、霉变、污染沉积和非试验干扰区域。标注边界应尽量贴合真实缺陷边缘，属性字段应包含缺陷类别、等级、尺寸、面积、置信度和复核状态。

表 2 图像识别数据标注参数

标注对象	边界或测量对象	属性字段	质控记录	用途
试片有效区域	扣除夹具、封边、遮挡和非评价面的区域	试片编号、暴露面、评价面积	遮挡、污损、脱落、移位	确定缺陷面积比例和样品定位
比例尺与色卡	标尺边界、色卡色块、白板或灰卡	实际长度、色卡编号、状态	污染、褪色、缺失、反光	支持尺寸换算和颜色复核
起泡目标	单个泡或泡簇外接边界	密度等级、大小等级、泡数	焦点模糊、反光、重叠	支持起泡等级识别
裂纹目标	裂纹中心线、裂纹宽度测点和分叉点	裂纹类型、方向、宽度、长度	阴影干扰、划痕混淆	支持开裂类型和程度识别
锈蚀目标	锈点、锈斑和连通锈蚀区域	锈蚀面积、Ri 等级、锈点大小	污泥、盐霜、底色干扰	支持生锈面积和等级识别
剥落目标	剥落边界、裸露基材和涂层残留区	剥落面积、大小等级、层次	边缘翘起、污物覆盖	支持剥落面积和层次识别
粉化或变色区域	擦拭区域、变色区域和对照区域	等级、ΔE、背景颜色	光照不均、白平衡异常	支持颜色和粉化变化识别

8 智能识别与结果复核

智能识别模型应在具有代表性的材料类别、环境类别、缺陷类型和评级等级样本上训练或验证。模型输出应包含识别类别、量化结果、置信度、算法版本和模型参数版本。

AI 识别结果应实行技术人员复核和质控人员抽查。常规批量数据人工抽查比例不应低于30%；细微缺陷、边界模糊缺陷、干扰因素较多图像以及模型置信度低的结果应 100%复核。

当 AI 识别结果与人工评级或标准测试结果不一致时，应复核图像质量、标定状态、有效区

域、缺陷类别和评级标准。修正结果应保留修正前数据、修正后数据、修正原因和复核人员。

9 图像质量控制

图像采集完成后应即时检查清晰度、曝光、白平衡、视角、标定组件、遮挡和文件完整性。模糊、过曝、欠曝、偏色、标定缺失、视角偏差超限或有效区域不完整的图像应作废重拍。

图像质量标记宜包括正常、需复核、可用但受限、无效、重拍和异常说明。图像质控记录应与样品编号、图像编号和观测周期关联保存。

表 3 观测试验数据质量问题及处理要求

质量问题	判定方式	处理要求
缺测	连续监测数据出现时间空缺或取样周期缺失	标记缺测原因，不得随意插补；确需插补应说明方法
异常值	超出设备量程、物理常识或平行样离散过大	复核原始记录和设备状态，保留或剔除均需说明
混样	编号、位置、照片或测试记录不一致	暂停使用相关数据，追溯样品链并形成处理记录
设备漂移	校准或比对发现传感器偏差超限	修正受影响数据或标记无效，记录修正依据
方法偏离	测试条件与规定方法不一致	评估影响范围，必要时重新测试

10 成果归档

图像成果应包括原始图像、标定图像、预处理图像、缺陷标注文件、识别结果表、人工复核记录、模型版本记录和图像质量控制记录。归档文件应与样品测试数据、环境连续监测数据和异常事件记录建立关联。

年度图像识别成果报告应说明采集批次、样品数量、图像数量、缺陷类别分布、识别模型版本、人工复核比例、识别准确性评估、异常图像处理和与传统评级结果的一致性。

附录 A（资料性） 图像采集记录表

表 A.1 图像识别观测记录表

记录类别	记录字段	填写要求
试验基础信息	站点编号、样品编号、材料类型、试片规格、暴露方式、暴露角度、投试时间、取样周期、拍摄时间	与样品信息表和取样记录表一致
拍摄条件	拍摄地点、拍摄方式、拍摄角度、镜头焦距、分辨率、曝光时间、光圈、增益、白平衡方式、背景颜色、滤镜通道	同一样品各周期参数应保持一致
光照与环境参数	滤镜通道、UVA 辐照度、UVB 辐照度、全光谱辐照度、累计辐照量、环境温度、相对湿度、太阳总辐射、天气现象	与图像文件同步记录
图像识别结果	颜色变化、黄变、裂纹、起泡、剥落、粉化、霉斑、污染沉积、表面粗糙化、老化等级和异常说明	保留原始图像和识别结果
复核信息	人工复核人员、复核日期、复核结论、与标准测试结果的一致性、异常数据处理意见	异常数据应说明原因和处理方式

附录 B（资料性） 标准缺陷图集目录

表 B.1 标准缺陷图集目录

图集类别	图示内容	主要用途	对应标准
起泡	起泡密度等级、泡尺寸等级、单泡和泡簇图示	起泡等级人工判定、AI 训练和复核	GB/T 30789.2
生锈	Ri 等级、锈点大小、连通锈蚀区域图示	涂层下锈蚀面积和等级识别	GB/T 30789.3
开裂	无定向开裂、定向开裂、裂纹类型和裂纹宽度图示	开裂数量、大小和类型识别	GB/T 30789.4
剥落	无定向剥落、定向剥落、裸露基材和涂层残留区图示	剥落面积、大小和层次识别	GB/T 30789.5
粉化与变色	胶带法、天鹅绒布法、色卡和灰卡对照图示	粉化等级、变色等级和色差复核	GB/T 1766；GB/T 30789.6；GB/T 30789.7