

《变电设备不规则视觉缺陷检测总体技术导则》

编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1. 主要工作过程

调研阶段：2025年10月起，国网甘肃省电力公司天水供电公司牵头各参与单位成立标准编写组，讨论确定了标准的主要内容及分工。编写组对国内外变电设备不规则视觉缺陷检测技术现状及相关标准进行了系统调研，收集了DL/T 2691—2023、DL/T 2825.7—2025、T/CES 208—2023、T/CES 278—2024等现有标准资料，并对天水供电公司所辖的35kV恭门站、35kV侯堡站、35kV马力站、110kV东岔站、110kV二十里铺站、110kV何川站、330kV绵诸站、330kV天水站共8座不同电压等级的变电站开展了现场调研，实地采集了渗漏油缺陷、表计缺陷和锈蚀缺陷等图像，为标准编制提供了现场数据基础；

标准立项阶段：2026年3月，向中国电工技术学会提交立项申请材料，经中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组专家组审议，7位专家对标准提案进行了函审评估并出具了修改意见。编写组根据专家意见和工作组意见对标准草案、预研说明和立项申请书进行了修改完善，标准获批立项；

编写研制阶段：2026年4月起，标准编写组根据立项评审专家及工作组意见和建议，进一步完善标准技术内容，形成标准征求意见稿。

2. 主要参与单位和工作组成员及其所做的工作

标准编写组在前期调研的基础上，系统梳理了变电设备不规则视觉缺陷检测领域的技术现状和标准需求，通过对比分析确定了标准主要技术内容。由国网甘肃省电力公司天水供电公司牵头完成标准初稿编制，各参与单位根据分工负责收集相关资料、开展技术验证并提出修改建议。

主要参与单位及分工如下：

(1) 国网甘肃省电力公司天水供电公司：标准立项申请单位，负责标准总体框架设计、标准草案编写、现场调研及数据采集。

(2) 国网信息通信产业集团有限公司：负责智能检测系统技术要求的技术咨询，参与标准技术框架设计。

(3) 国网甘肃省电力公司：负责标准编制的统筹协调，提供技术管理支撑。

(4) 国网甘肃综合能源服务有限公司：参与算法性能验证平台搭建和测试工作。

(5) 国网甘肃省电力公司科学研究院：参与标准技术框架设计、性能指标体系研究和试验验证工作。

(6) 华北电力大学（保定）：负责深度学习算法架构设计、算法优化测试，提供学术支持。

主要起草人：刘克权，杨照光，郭海龙，卢广旗，李志新，刘彩霞，李炳森，王轩，李得龙，李延栋，王世伟，马强平，陈宏强，赵东海，武晓庆，武艺，边晖，庄国峰，牛欢欢，罗雪梅，金鑫，王佩霞，赵振兵，李星蓉。

二、标准编制原则和主要内容

1. 标准编制原则

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构与起草规则》的规定起草，遵循科学性、先进性、实用性原则，坚持以变电设备不规则视觉缺陷检测的实际工程需求为导向。

在标准编制过程中，遵循以下原则：

(1) 规范性原则：严格按照GB/T 1.1—2020的要求进行标准文件的结构设计和内容组织，确保标准的规范性和可操作性。

(2) 协调性原则：充分考虑与DL/T 2691—2023《电网设备缺陷智能识别技术导则》、DL/T 2825.7-2025《变电站智能巡检导则 第7部分：图像识别》、T/CES 208-2023《电力视觉检测算法评价方法》、T/CES 278-2024《面向电力行业的图像检测识别系统技术要求》等现有标准的协调衔接，避免重复和矛盾，在现有标准体系中形成互补。

(3) 实用性原则：标准内容源于实际变电站现场调研和工程实践，技术指标基于实际变电站场景的基准工程验证数据，确保标准的可实施性。

(4) 前瞻性原则：在规定基本功能要求的同时，设置推荐性能指标作为技术发展目标，为技术进步预留空间。

2. 标准主要内容

本标准分为8个章节和4个资料性附录：（1）范围；（2）规范性引用文件；（3）术语和定义；（4）符号、代号和缩略语；（5）总体要求；（6）技术要求；（7）模型预训练与微调；（8）测试与评价；附录A 评价指标标准；附录B 不规则视觉缺陷分类；附录C 图像标注示例；附录D 算法开发相关流程图。主要内容如下：

范围：规定了本文件适用于35kV及以上电压等级变电站内设备的锈蚀、渗漏油、仪表异常等不规则视觉缺陷的智能检测，明确了不规则视觉缺陷与规则性缺陷的本质区别，以及本文件与现有标准的互补关系。

术语和定义：定义了不规则视觉缺陷、锈蚀缺陷、渗漏油缺陷、仪表缺陷、缺陷严重程度分级、样本库、图像标注、深度学习、少样本学习、多尺度特征融合、注意力机制、领域知识引导等13个核心术语。

总体要求：包含技术框架、缺陷类别体系、检测模块通用要求、与现有标准的衔接四个方面。

技术要求：涵盖图像采集要求、图像预处理技术要求、样本库建设与标注规范、不规则视觉缺陷检测算法设计四个方面。

模型预训练与微调：规定了模型架构、预训练要求、模型微调原则。

测试与评价：规定了测试对象、功能测试要求、性能测试要求，评价指标体系采用基本功能要求（B）和推荐性能指标（R）两个级别。

3. 解决的主要问题

（1）不规则视觉缺陷检测缺乏统一方法标准的问题。变电站内锈蚀、渗漏油、仪表异常等不规则缺陷形态多变、边界模糊、纹理复杂，不同电力企业和设备厂商采用的检测方法差异较大，检测结果缺乏可比性和互认性。本标准通过规范图像采集、预处理、算法设计、测试评价等全流程技术要求，为不规则缺陷检测提供统一的方法标准。

（2）检测技术指标缺乏统一规范的问题。当前不同系统对缺陷检测的性能评价标准不统一，缺乏明确的按缺陷类型分类的准确率、召回率、mAP、IoU等指标要求。本标准建立了分缺陷类型的量化指标体系，区分基本功能要求和推荐性能指标两个级别。

(3) 缺陷样本库建设缺少统一要求的问题。各单位的样本库建设标准不一，样本质量参差不齐，标注规范各异。本标准规定了样本数量、覆盖性、多样性、标注精度和现场调研等统一要求。

(4) 缺陷严重程度分级缺乏统一判据的问题。本标准对锈蚀、渗漏油、仪表三类缺陷分别建立了轻度/中度/重度的分级判据，为设备运维决策提供支撑。

4. 主要技术差异

本标准为首次制定的团体标准，无前版标准，不存在主要技术差异。本标准与现有相关标准的关系为互补关系：DL/T 2691—2023侧重电网设备缺陷智能识别的通用技术体系，DL/T 2825.7-2025侧重变电站巡检图像采集及通用识别流程，T/CES 208-2023侧重算法评价方法，T/CES 278-2024侧重图像检测识别系统技术要求。本标准聚焦于变电设备不规则视觉缺陷的专项检测方法与评价指标，填补了该细分领域的标准空白。

三、主要试验（或研制）情况

在标准编制过程中，编写组开展了以下试验验证工作：

(1) 现场调研与数据采集：对国网甘肃省电力公司天水供电公司所辖的35kV、110kV、330kV 共8座变电站进行了现场调研，实地采集了渗漏油缺陷、表计缺陷和锈蚀缺陷等图像，覆盖了三类核心不规则缺陷和三个电压等级。

(2) 算法验证：基于现场采集和已有巡检图像数据，采用基于深度学习的语义分割和目标检测方法，对锈蚀、渗漏油、仪表三类缺陷检测算法进行了初步验证。验证结果表明，锈蚀缺陷检测准确率达到62%以上，渗漏油缺陷检测准确率达到80%以上，仪表缺陷检测准确率达到90%以上，为标准中技术指标的确定提供了工程实践依据。

(3) 后续试验计划：在标准编制的试验验证与优化阶段，将依据标准草案开展更大规模的多场景试验验证，覆盖不少于3个不同气候区域的变电站，涵盖不少于5种设备类型，进一步验证和优化标准中的技术参数和性能指标。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

(1) 提升智能化检测效率：通过规范变电设备不规则视觉缺陷检测的技术方法，实现缺陷识别的高精度和高效率，减少人工巡检依赖和检测误差，推动电力行业从传统人工巡检向智能化、自动化方向转型。

(2) 降低运维成本：基于深度学习的自动化检测替代大量人工巡检工作，大幅降低人力成本。一座变电站单次巡检平均产生约6千张巡检图像，国网各省公司平均每年产生约5千万张巡检图像，智能检测技术可显著提升处理效率。

(3) 保障电网安全稳定：通过提升锈蚀、渗漏油等缺陷检测的准确性和及时性，有效预防设备故障，减少故障停机时间，保障电力系统安全稳定运行。

(4) 促进产业链协同：标准将推动电力设备制造商、智能检测设备开发商、算法服务商等产业链上下游企业按照统一的技术规范开展产品开发和系统集成，降低适配成本，加速智能检测技术的规模化应用。

(5) 填补标准空白：本标准填补了电力行业在变电设备不规则视觉缺陷检测方法方面的标准空白，与T/CES 276-2024、T/CES 278-2024等现有标准形成互补，共同构建覆盖设备状态监测、缺陷识别、智能分析、数据管理的全链条标准体系。

六、与国际、国外对比情况

目前，在变电设备不规则视觉缺陷智能检测领域，国际上以通用缺陷检测指南为主，尚无专门针对变电设备不规则视觉缺陷检测方法的统一标准。国内已形成行业标准与团体标准相结合的标准体系，覆盖了设备缺陷智能识别、变电站智能巡检图像识别、算法评价方法、系统技术要求等方面，但在不规则视觉缺陷检测方法方面仍存在空白。

与国外同类技术相比，国内在复杂电网环境适应性、本土化设备特征学习等方面具有独特优势。本标准针对中国变电站的实际场景和设备特点，提出了锈蚀、渗漏油、仪表三类核心不规则缺陷的差异化检测方法和分级评价体系，更加贴合国内电力行业的实际需求。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行的相关法律、法规、规章与相关标准保持一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

标准编制过程中广泛征集了专家意见，所有意见均按照标准编制程序进行了采纳，不存在重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本团体标准的性质为推荐性团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

(1) 建议电力运营与供电企业的变电运维部门，按照本标准的技术要求开展变电设备锈蚀、渗漏油、仪表缺陷的智能检测工作。

(2) 建议智能检测设备与算法开发企业，按照本标准规定的技术框架和性能指标，开发和验证不规则视觉缺陷检测产品。

(3) 建议从事电力系统智能化、计算机视觉、深度学习技术研究的科研院所和高校，按照本标准提供的技术框架和方法体系，开展相关领域的技术创新和应用研究。

(4) 建议第三方检测与评估机构，按照本标准规定的性能指标和测试方法，开展缺陷检测系统的实施效果评估和验收工作。

(5) 建议中国电工技术学会组织相关企业和单位开展试点应用，积累实施经验，为标准的进一步完善提供依据。

(6) 建议各实施单位在应用本标准时，结合自身实际情况开展现场调研，采集本地变电站的典型缺陷数据，确保检测模型对本地场景的适应性。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。