

ICS 29.020  
K 40

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2055—2019

---

## 输电线路钢结构腐蚀安全评估导则

Guidelines for corrosion safety assessment of steel structures  
on transmission lines

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 评估程序	2
6 腐蚀环境与评估时机	3
7 腐蚀安全等级	4
8 腐蚀评估试验方法	5
9 杆塔等一般钢构件的评估	6
10 钢质金具的评估	7
11 钢绞线的评估	8
12 接地材料的评估	9
13 输电线路钢结构腐蚀评估报告	11
附录 A (规范性附录) 大气腐蚀环境分类	12
附录 B (资料性附录) 输电线路杆塔典型腐蚀图谱	13
附录 C (资料性附录) 一般锈蚀分级与对应锈蚀面积比对照图谱	15
附录 D (资料性附录) 剩余强度和安全寿命估算	17
附录 E (资料性附录) 输电线路钢结构腐蚀评估记录表	20

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会（DL/TC 23）归口。

本标准起草单位：国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局、国网浙江电科院、国网四川电科院、国网山西电科院、国网山东电科院、中国南方电网广东电网公司电力科学研究院、中国电力科学研究院、中国科学院金属研究所、全球能源互联网研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、湖南省湘电锅炉压力容器检验中心有限公司、湖南省湘电试验研究院有限公司、国网常德供电公司。

本标准主要起草人：陈军君、胡波涛、易永亮、杨泽明、谭劲、李明、胡家元、王军、田应富、欧阳克俭、谢亿、王志高、刘纯、郝晋堂、卢世才、谢国胜、李辛庚、王海跃、李文波、胡加瑞、唐远富、李成鑫、聂铭、夏开全、胡江、王振尧、刘福春、陈新、杨湘伟、沈丁杰、邱应军、陈红冬、徐松、冯超、陈如龙、程孟、张勇、李登科、陈伟、孟祥龙、韦扬志、赵斌、陈云、孙亮、王峰、何成、梁永纯、刘云龙、熊杰。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 输电线路钢结构腐蚀安全评估导则

## 1 范围

本标准规定了输电线路钢结构腐蚀安全评估时机、程序、试验方法和相应处理措施，为设备防腐维护和更新改造提供依据。

本标准适用于架空输电线路钢质杆塔、金具、钢绞线、接地材料与拉线、拉棒等钢质附属部件。混凝土杆钢圈、抱箍、横担和变电站构支架等类似钢结构，以及由于其他因素造成输电线路部件厚度减薄损伤的安全评估可参照执行。本标准不适用于水泥混凝土杆、混凝土地基、混凝土中钢筋、铝导线中钢芯的腐蚀检测评估。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 2317.1 电力金具试验方法 第1部分：机械试验

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 11344 无损检测 接触式超声脉冲回波法测厚方法

GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类、测定和评估

GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第3部分：影响大气腐蚀性环境参数的测量

GB/T 19292.4 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第4部分：用于评估腐蚀性的标准试样的腐蚀速率的测定

DL/T 1453—2015 输电线路铁塔防腐保护涂装

YB/T 5004 镀锌钢绞线

ASTM D610 涂漆钢表面锈蚀程度评价的标准试验方法 (Standard practice for evaluating degree of rusting on painted steel surfaces)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 输电线路杆塔 **transmission line tower**

用于支撑和架设输电线路的钢结构建筑物，包括角钢塔、钢管塔、钢管杆。

### 3.2 重腐蚀环境 **heavy corrosion environment**

按本标准中大气腐蚀分类为 C4、C5、CX 的环境，该环境中金属材料具有较高的腐蚀速率。

### 3.3 腐蚀图谱 **corrosion atlas**

适用于金属构件表面腐蚀状态评价的腐蚀劣化特征图例集。

### 3.4 剩余强度 remaining strength

存在腐蚀或裂纹等缺陷状态下，钢结构的极限静承载能力。

### 3.5 黄锈 yellow rust

钢铁基体的腐蚀产物，包括黄色、黄褐色、红色、红褐色、棕色、棕褐色锈蚀的统称。三价铁离子的存在使颜色发黄或发红，但随着腐蚀产物中羟基氧化铁等物质含量不同，呈现出黄色、黄褐色、红色、红褐色、棕色、棕褐色等一定颜色深度的差别。本标准将以上不同程度的锈蚀统称为黄锈。

## 4 总则

4.1 输电线路钢结构腐蚀安全评估应结合线路巡视、检测进行，可纳入状态评价工作范围。运行维护单位应全面做好设备和部件的腐蚀状态评估，为状态检修提供科学依据。

4.2 输电线路钢结构防腐蚀应贯彻安全第一、预防为主和过程控制的方针，积极识别正在和将要发生腐蚀的部位，在线路钢结构腐蚀状态分析评估的基础上，逐步开展线路状态检修工作，提前提出防腐维护或更换措施，并制订检修计划。

4.3 输电线路钢结构的腐蚀安全评估，当采用本标准中不同方法对同一对象的评估结果存在差异时，应以最严重的评估结果为准。

4.4 本标准提供了可用于现场腐蚀评估的简便方法，基于电力行业的安全特性和要求，其分析的结果将是保守的。

4.5 输电线路钢结构腐蚀安全评估除执行本标准外，尚应严格执行电力安全工作规程的有关规定，并符合现行有关国家标准规范的规定，不得降低原线路的安全程度。

## 5 评估程序

### 5.1 要求

腐蚀安全评估程序由评估前准备、腐蚀形貌宏观检查、腐蚀测量与试验、综合评估四个步骤组成，应按顺序开展并给出评估结果。

### 5.2 评估前准备

5.2.1 开展正式评估前的准备工作，包括明确评估对象与范围，收集相关资料及数据，对周围腐蚀环境等级进行评判。

5.2.2 收集的资料和数据应包括但不限于：

- a) 设备原始资料，如设计图纸、计算书、质量证明文件、施工记录、竣工报告等。
- b) 腐蚀环境信息，如地理位置、大气和土壤腐蚀性、周围污染源等。
- c) 运行历史资料，如服役年限、故障和维护历史、以往的检测记录、线路重要性等。

### 5.3 腐蚀形貌宏观检查

5.3.1 开展基本的腐蚀形貌宏观检查，主要是对钢结构腐蚀部位进行目测评价，并拍照记录，对照腐蚀特征图谱，初步划分腐蚀安全等级。腐蚀图谱未能明确划分时，再对锈斑尺寸或腐蚀面积比进行最少量的简单测量。

5.3.2 基于本步骤评估的结果，钢结构被归为以下几类的一种：

- a) 无需处理，在未来的检测周期中再检测；

- b) 后续需开启进一步检测；
- c) 无需进一步检测，但宜制订防腐检修计划。

#### 5.4 腐蚀测量与试验

依据腐蚀形貌宏观检查结果，确定需要进一步检测评估的对象，进行现场登塔、登杆检查和腐蚀剩余厚度等参数测量，有条件时还应取样到实验室开展力学试验。本步骤是更详细的检测，可以确定钢结构腐蚀退化的程度。它可能需要用到一些特殊装备或技术进行检查，这些装备和技术在 5.3 中通常尚未采用。

#### 5.5 综合评估

5.5.1 依据前面步骤的结果对输电线路钢结构的腐蚀状态进行诊断性评价，确定是否需要进行防腐维护或更换。必要时还应分析腐蚀的原因，评估安全寿命，提出防腐措施等。对评估结果应建立档案备查。

5.5.2 基于本步骤评估的结果，钢结构被归为以下几类中的一种：

- a) 无需处理，在未来的检测周期中检测；
- b) 实施防腐维护措施缓解腐蚀；
- c) 更换或修复、加固结构。

### 6 腐蚀环境与评估时机

#### 6.1 腐蚀环境分类

6.1.1 大气腐蚀环境等级分为 C1、C2、C3、C4、C5、CX 六类，见附录 A。

6.1.2 大气腐蚀环境等级可由标准平板试样的一年期挂片腐蚀速率直接测定，测试方法按 GB/T 19292.4 执行。当标准碳钢试样和标准锌试样的评定结果不一致时，应取较重的腐蚀等级。

6.1.3 在需要短时间内确定大气腐蚀环境等级时，可由污染物沉积率和潮湿时间判定，按 GB/T 19292.1 执行。污染物沉积率应测试二氧化硫和氯化物这两类污染物，符合 GB/T 19292.3 的要求，宜测试 9、10、11 月三个月的数据取平均值。潮湿时间用温度高于 0℃ 且相对湿度大于 80% 的时间相加来估算，可由气象部门获取当地的温度和相对湿度等气候特征参数进行估算，应符合 GB/T 19292.1 的要求。

6.1.4 腐蚀环境评估可先根据线路路径区域内类似工程钢结构的腐蚀历史情况，简单判定环境腐蚀等级。对新铁塔或类似钢结构在 6 年以内即发生重腐蚀的地区，可判定为 CX 腐蚀环境；对新铁塔或类似钢结构在 10 年以内即发生重腐蚀的地区，可判定为 C5 腐蚀环境；对新铁塔或类似钢结构在 15 年以内发生重腐蚀的地区，可判定为 C4 及以上腐蚀环境。

6.1.5 出现以下情况时，应进行腐蚀环境定量检测评估：

- a) 输电线路 5 km 内存在明显环境污染源，如化工厂、工业区、沿海盐雾区、生活污染物密集排放区等；
- b) 输电线路 5 km 内出现重大环境污染源变化；
- c) 由于腐蚀原因，部件服役寿命远小于设计寿命；
- d) 对腐蚀环境等级的简单判定存在争议时。

6.1.6 腐蚀环境评估宜在规划设计阶段或设备更新改造之前进行。线路选址宜避开重腐蚀环境区域。对处于重腐蚀环境的设备部件，宜采用加强的防腐措施。镀锌部件宜增加镀锌层的厚度，或采用更耐腐蚀的合金镀层加强防护。

## 6.2 评估时机

### 6.2.1 初次评估时间

C1~C3 腐蚀环境，输电线路钢结构运行超过 15 年，应开展初次腐蚀安全评估。

C4 腐蚀环境，输电线路钢结构运行超过 10 年，应开展初次腐蚀安全评估。

C5 腐蚀环境，输电线路钢结构运行超过 8 年，应开展初次腐蚀安全评估。

CX 腐蚀环境，输电线路钢结构运行超过 5 年，应开展初次腐蚀安全评估。

当输电线路附近 3 km 内新增重大环境污染源，或输电线路例行巡视、检查过程中发现有异常腐蚀情况时，当年度内应开展腐蚀安全评估。

### 6.2.2 常规评估周期

C1~C3 腐蚀环境，自初次评估时间起，应至少每 3 年进行一次腐蚀安全评估。

C4 腐蚀环境，自初次评估时间起，应至少每 2 年进行一次腐蚀安全评估。

C5 及以上腐蚀环境，自初次评估时间起，应每 1 年进行一次腐蚀安全评估。

评估的具体时间可结合运行单位当年输电线路日常巡视、巡检进行安排。

## 7 腐蚀安全等级

依据输电线路镀锌钢结构的腐蚀演化规律与各阶段典型形貌特征，将一般钢构件分为 6 个腐蚀安全等级，分别代表不同的安全水平。各等级对应的腐蚀图谱参见附录 B，具体描述如下：

- a) A 级：微腐蚀——钢铁基体与表面镀锌层均完好。没有明显可见锈蚀，也没有明显颜色变化。表面镀锌层保持原来的青灰色或青白色，表面光滑平整。
- b) B 级：弱腐蚀——钢铁基体完好，镀锌层发生较明显腐蚀。钢铁基体没有明显锈蚀，但表面镀锌层颜色发生变化。局部镀锌层颜色变成暗灰色或灰黑色，或出现白锈、锌盐产物。
- c) C 级：轻腐蚀——镀锌层腐蚀消耗显著，钢铁基体出现轻微点锈，但点锈尚未联结成片。表面镀锌层出现棕色锈点，用手摸粗糙不平，有毛刺感，表明已露出钢铁基体。如果为均匀腐蚀，锈蚀面积小于 3%，对应 ASTM D610 中的 6 级~9 级锈蚀图片。如果为局部腐蚀，单个黄锈斑的面积小于  $1\text{ cm}^2$ 。
- d) D 级：中腐蚀——钢铁基体发生中等程度腐蚀。钢结构表面出现明显的黄锈，黄锈已初步联结成片，较大面积的锈斑主要在构件边角产生。如果为均匀腐蚀， $3\% \leq$  锈蚀面积  $< 10\%$ ，对应 ASTM D610 中的 4 级~5 级锈蚀图片；如果为局部腐蚀， $1\text{ cm}^2 \leq$  单个黄锈斑的面积  $< 4\text{ cm}^2$ ，有可见蚀坑时最大腐蚀深度小于 0.5 mm。
- e) E 级：重腐蚀——钢铁基体发生较重腐蚀。钢结构表面出现较大的黄锈并联结成片，边角和中间区域均产生。如果为均匀腐蚀， $10\% \leq$  锈蚀面积  $< 33\%$ ，对应 ASTM D610 中的 3 级~4 级锈蚀图片；如果为局部腐蚀， $4\text{ cm}^2 \leq$  单个黄锈斑的面积  $< 9\text{ cm}^2$ ，有明显蚀坑， $0.5\text{ mm} \leq$  最大腐蚀深度  $< 1\text{ mm}$ 。
- f) F 级：极重腐蚀——钢铁基体发生严重腐蚀。钢结构表面出现大面积黄锈，且常伴随黄锈联结成片或分层、起壳、穿孔现象。如果为均匀腐蚀，锈蚀面积不小于 33%，对应 ASTM D610 中的 1 级~2 级锈蚀图片。如果为局部腐蚀，单个黄锈斑的面积不小于  $9\text{ cm}^2$ ，或有严重蚀坑，最大腐蚀深度不小于 1 mm。

## 8 腐蚀评估试验方法

### 8.1 腐蚀形貌

8.1.1 腐蚀形貌采用直接的目视检查，宜近距离目视，必要时可使用 7 倍~10 倍放大镜，远距离可采用普通望远镜或数码望远镜观测，也可采用无人机进行高空巡查及影像拍摄。检查结果应进行拍照记录。检查的部位应具有代表性。

8.1.2 拍照宜采用百万以上像素的成像设备，拍摄距离宜选择距钢结构 20 cm~50 cm 范围，拍照宜在晴天且周围无遮挡等光线充足的情况下开展，便于统一比较。

8.1.3 腐蚀等级的初步评定采用对照附录 B 腐蚀特征图谱的方法目视评定。应在良好的光照环境下进行，将待评估对象表面与每一张图谱进行比较。有条件的宜直接将相应的图谱靠近待检查的钢结构表面，并与其置于同一平面上。同一部件应选取腐蚀最严重的部位进行评定。记录与钢材表面外观最接近的腐蚀安全等级作为评定结果。

8.1.4 单个黄锈面积采用直尺或卡尺直接测量外围尺寸进行估算。

8.1.5 腐蚀面积比例采用对照附录 C 中 ASTM D610 锈蚀分级图片的方法目视评定。应在良好的光照环境下进行，将待评估对象表面与每一张图谱进行比较。有条件宜将相应的图谱靠近待检查的钢结构表面，并与其置于同一平面上。选取与钢材表面外观最接近的图谱作为评定结果。

### 8.2 最小剩余厚度

8.2.1 最小剩余厚度采用游标卡尺、千分尺等标准尺寸测量工具或超声波测厚仪进行测量。

8.2.2 尺寸测量工具的测量精度不低于 0.1 mm。

8.2.3 超声波测厚仪采用阶梯试块校核。超声波测厚方法按 GB/T 11344 执行。

8.2.4 应选择腐蚀最严重区域进行最小剩余厚度测量。每个测量部位至少测量 10 个数据，均进行记录，单位 mm，保留小数点后 1 位数字。同一部件最小剩余厚度为该部件所有测量值中的最小值。

8.2.5 厚度测量要求被测金属表面基本平滑，无杂物。卡尺测量应对被测塔材的两侧表面均进行打磨除锈，超声波测厚应至少对被测塔材的一侧表面进行打磨除锈作为测量面。打磨面应除去钢结构表面松动的浮锈和旧漆膜，打磨至基本光滑平整，露出金属底材的光泽，达到 GB/T 8923.1 中规定的 St3 级或 Sa2 级及以上。

8.2.6 现场测量完成后，应立即对打磨表面涂刷防腐涂料进行修复。防腐涂料的选择应与腐蚀环境等级匹配，可依据 DL/T 1453—2015 中表 B.1 的规定执行。

### 8.3 最大腐蚀深度

8.3.1 最大腐蚀深度采用直接法或间接法测定。测量表面应平整，否则应先打磨，去除松动浮锈。若浮锈对测量存在显著影响，应采用间接法测量。

8.3.2 直接法宜在实验室进行，采用点蚀深度测量仪或金相显微镜测定。对腐蚀严重部位截取样品，并制成符合金相要求的试样，标记腐蚀坑最严重区域，置于点蚀深度测量仪或金相显微镜下，直接测量基材表面到腐蚀坑最深处的距离读数。每个腐蚀坑区域至少测量 10 个数据并记录。同一部件最大腐蚀深度为该部件所有测量值中的最大值。

8.3.3 间接法可在现场进行。先由设备资料图纸获取构件原始厚度，再按 8.2 中方法测量最小剩余厚度，均保留小数点后 1 位数字，然后按公式 (1) 计算：

$$h = \delta - \delta_{\min} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$h$  ——最大腐蚀深度，mm；

- $\delta$  ——构件原始厚度，mm，可用设计厚度或公称厚度计算；
- $\delta_{\min}$  ——构件最小剩余厚度，mm，按 8.2.4 中的规定测量获得。

8.4 力学试验

8.4.1 采用拉伸试验测定试样在腐蚀后力学性能的变化，试验应在检定合格的拉伸机上进行。杆塔材料力学试验应符合 GB/T 228.1 的规定，金具力学试验应符合 GB/T 2317.1 的规定，钢绞线力学试验应符合 YB/T 5004 的规定。

8.4.2 在运行单位做好安全措施的前提下，选取典型腐蚀部件，截取包含腐蚀最严重区域的腐蚀样品，杆塔和钢绞线取样长度不宜低于 1 m，金具为直接选取完整的典型腐蚀部件开展金具整体破坏试验。制备的试样应保留原始表面，试验中试样厚度或直径应按原设计规格计算。

8.4.3 记录试样拉伸破坏后的抗拉强度（或破坏载荷）和断后伸长率。

8.4.4 按公式（2）计算脆化系数：

$$\eta=100\% \times (A_0-A) / A_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $\eta$  ——脆化系数，%；
- $A_0$  ——材料未发生腐蚀时的断后伸长率，%，若无原始材料试验值，则用相应材料的断后伸长率标准下限计算；
- $A$  ——材料发生腐蚀后的断后伸长率，%。

9 杆塔等一般钢构件的评估

9.1 一般要求

9.1.1 依据腐蚀环境等级，对输电线路杆塔等一般钢构件达到评估时间和周期要求的，运行单位应结合日常巡视在当年度内开展腐蚀安全评估。未达到腐蚀评估时间但出现黄锈等异常情况的，当年度内应结合特殊巡视提前开展腐蚀安全评估。

9.1.2 初步的腐蚀安全评估以腐蚀形貌检查为主，辅以锈斑尺寸或腐蚀面积比的简单测量，并拍照记录。通过实物或照片与腐蚀特征图谱进行对比，综合评定一般钢构件最接近的腐蚀安全等级。

9.1.3 根据不同的腐蚀安全等级结果，确定是否开展进一步的腐蚀测量或力学试验，并执行相应的处理措施。

9.1.4 对于需要进一步开展安全性评估的对象，有条件的宜优先安排力学试验，不具备取样力学试验条件的，以现场检测评估结果为准。

9.1.5 现场测量可由运行单位直接开展。力学试验应取样后由具备相关资质的单位开展，并出具试验报告。

9.1.6 力学试验取样必须经过论证不会对杆塔剩余部分的运行安全造成有害影响。

9.1.7 对于需要防腐的构件应根据评估结果，合理安排防腐涂装时间，区分时间的紧迫性，进行成本控制和腐蚀控制的全局安排，达到钢结构在整个寿命期内的利益最大化。

9.2 杆塔等一般钢构件的腐蚀安全等级与处理措施

杆塔等一般钢构件的腐蚀安全等级与处理措施见表 1。

表 1 杆塔等一般钢构件腐蚀安全等级与处理措施

腐蚀安全等级	评价状态	处 理 措 施
A 级：微腐蚀	正常	无需处理，可以继续使用

表 1 (续)

腐蚀安全等级	评价状态	处 理 措 施
B 级：弱腐蚀	正常	暂不需处理，巡视时可加以关注
C 级：轻腐蚀	注意	应监控使用，巡视时应加以关注。宜安排在 3 年内进行防腐涂装施工的检修计划，有条件的可提前开展防腐
D 级：中腐蚀	异常	巡视时应重点关注。宜安排在 2 年内进行防腐涂装施工的检修计划，有条件的可提前开展防腐。局部少量塔材腐蚀可由运行人员做到发现即处理。腐蚀评估周期缩短至 1 年
E 级：重腐蚀	异常	应开展进一步的腐蚀测量评估腐蚀安全性，有条件的开展取样力学试验。应安排在 1 年内进行防腐涂装施工的检修计划。腐蚀评估周期缩短至 1 年
F 级：极重腐蚀	严重	应立即开展进一步的腐蚀测量，评估是否需要更换，达到更换条件的尽快更换，不需更换的也应立即安排防腐维护。在更新改造完成前，腐蚀评估周期缩短至半年以内

### 9.3 杆塔等一般钢构件的更换原则

#### 9.3.1 局部更换原则

当腐蚀安全评估的一般钢构件满足下列任一条件时，宜对评估对象进行局部更换或加固：

- a) 腐蚀后最小剩余厚度低于原规格尺寸的 80%。
- b) 最大腐蚀深度超过 2 mm。
- c) 腐蚀后的材料力学试验强度值降至原始材料标准下限值的 80%以下。
- d) 力学试验脆化系数  $\eta \geq 20\%$ 。
- e) 构件出现锈蚀穿孔或边缘缺口。

#### 9.3.2 整体更换原则

- a) 当局部更换有困难，或更换改造过程无法建立可靠的安全措施时，应进行整体更换。
- b) 整塔 40%以上的塔材达到局部更换条件时，宜进行整体更换。

### 9.4 整塔防腐维护

当单个铁塔 10%以上数量的塔材达到 D 级及以上腐蚀等级时，应对整塔进行防腐维护。防腐维护工程的具体要求按 DL/T 1453—2015 执行。

### 9.5 剩余强度和安全寿命估算

对未达到更换条件且仍需服役一段时间的输电线路杆塔等一般钢结构部件可参照附录 D 估算其剩余强度和安全寿命，进一步验证安全性。

## 10 钢质金具的评估

### 10.1 一般要求

10.1.1 依据腐蚀环境等级，对钢质金具达到评估时间和周期要求的，运行单位应结合日常巡视在当年度内开展腐蚀安全评估。未达到腐蚀评估时间但出现黄锈等异常情况的，当年度内应结合特殊巡视提前开展腐蚀安全评估。

10.1.2 初步的腐蚀安全评估以腐蚀形貌检查为主，直接拍照或通过数码望远镜拍照记录；有条件时通

过无人机进行近距离检查，或登塔进行锈斑尺寸的简单测量。与腐蚀特征图谱对比，综合评定出金具最接近的腐蚀安全等级。

10.1.3 根据不同的腐蚀安全等级结果，确定是否开展进一步的腐蚀测量或力学试验，并执行相应的处理措施。

10.1.4 对于需要进一步开展安全性评估的对象，宜结合停电检修计划取样进行力学试验，不具备取样条件的，以现场检测评估结果为准。

10.1.5 现场测量可由运行单位直接开展。力学试验应取样后由具备相关资质的单位开展，并出具试验报告。

## 10.2 金具的腐蚀安全等级与处理措施

金具的腐蚀安全等级与处理措施见表 2。

表 2 金具的腐蚀安全等级与处理措施

腐蚀安全等级	评价状态	处 理 措 施
A 级：微腐蚀	正常	无需处理，可以继续使用
B 级：弱腐蚀	正常	暂不需处理，巡视时可加以关注
C 级：轻腐蚀	注意	应监控使用，巡视时应加以关注。宜安排在 3 年内进行防腐涂装施工的检修计划，有条件的可提前开展防腐。腐蚀评估周期缩短至 1 年
D 级：中腐蚀	异常	巡视时应重点关注。宜安排在 2 年内进行防腐涂装施工的检修计划，有条件的可尽快开展防腐。腐蚀评估周期缩短至 1 年
E 级：重腐蚀	异常	应登塔检查开展进一步的腐蚀测量，结合停电检修开展取样力学试验。达到更换条件的尽快更换，未达到更换条件的应安排在 1 年内进行防腐涂装施工的检修计划。腐蚀评估周期缩短至 1 年
F 级：极重腐蚀	严重	应立即开展进一步的腐蚀测量，评估是否需要更换。达到更换条件的尽快更换，未达到更换条件的应立即安排防腐检修计划。在更新改造完成前，腐蚀评估周期缩短至半年以内

## 10.3 金具更换原则

当金具腐蚀安全评估满足下列任一条件时，应安排检修计划对评估对象进行更换：

- a) 腐蚀后最小剩余厚度低于原规格尺寸的 90%。
- b) 最大腐蚀深度超过 1 mm。
- c) 腐蚀后金具的机械破坏载荷降至原设计值的 80% 以下。
- d) 力学试验脆化系数  $\eta \geq 20\%$ 。

力学试验达到更换条件时，与试验金具同批次的同等级及以上腐蚀程度金具均应进行更换。

## 10.4 金具防腐维护要求

金具防腐维护的具体要求按 DL/T 1453—2015 执行。在重腐蚀环境，更换用的新金具应先在场下用涂料做好防腐后再进行安装，并对安装后的涂镀层破损部位再用同种或同类型涂料进行补涂修复。

## 11 钢绞线的评估

### 11.1 一般要求

11.1.1 运行单位应按照与输电线路杆塔一致的时间周期对钢绞线进行腐蚀安全评估，包括架空地线和拉线，拉棒等圆钢类部件也可参照执行。未达到腐蚀评估时间但出现黄锈等异常情况的，当年度内应

结合特殊巡视提前开展腐蚀安全评估。

11.1.2 钢绞线初步的腐蚀安全评估以腐蚀形貌检查为主，并拍照记录。

11.1.3 当钢绞线表面完全覆盖黄锈时，应登塔对钢绞线进行进一步的直径测量，有条件的应结合检修取样进行力学试验。

11.1.4 钢绞线的处理措施分为更换与不更换两种。达到更换条件的直接安排检修计划进行更换；未达到更换条件但表面已出现黄锈的应监控使用，且腐蚀安全评估应每年至少进行1次。

11.1.5 现场测量可由运行单位直接开展。力学试验应取样后由具备相关资质的单位开展，并出具试验报告。

## 11.2 现场检测

现场评估采用登塔检查方式，用游标卡尺或千分尺直接测量钢绞线整体直径，选取腐蚀严重的绞线段进行测量，测量部位宜在距离挂点20 cm~100 cm处，测量直径值10个，然后按公式(3)或公式(4)计算直径形变比值并记录：

a) 测量直径值分布在设计直径值单侧：

$$r = |(d_m - d_s) / d_s| \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$r$  ——直径形变比值，%；

$d_m$  ——测量整体外径极值，mm，测量外径比设计直径大时取最大值，测量外径比设计直径小时取最小值；

$d_s$  ——钢绞线未发生腐蚀时的整体外径或设计直径，mm。

b) 测量直径值分布在设计直径值两侧：

$$r = |(d_{\max} - d_{\min}) / d_s| \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$r$  ——直径形变比值，%；

$d_{\max}$  ——测量整体外径最大值，mm；

$d_{\min}$  ——测量整体外径最小值，mm；

$d_s$  ——钢绞线未发生腐蚀时的整体外径或设计直径，mm。

## 11.3 钢绞线更换原则

当发现钢绞线满足下列任一条件时，应安排检修计划及时更换：

- 腐蚀后直径形变比值达8%以上。
- 腐蚀后直径减小超过2 mm。
- 腐蚀后力学试验破断拉力降至原始材料标准下限值的80%以下。
- 力学试验脆化系数 $\eta \geq 20\%$ 。
- 出现腐蚀引起的断股现象。

## 11.4 钢绞线防腐要求

重腐蚀环境的钢绞线应更换为铝包钢芯铝绞线或锌铝合金镀层地线。新更换的钢绞线应经过力学性能和耐蚀性能检测，符合要求后方可安装。

## 12 接地材料的评估

### 12.1 一般要求

12.1.1 运行单位可按照与输电线路杆塔一致的时间周期对接地材料进行腐蚀安全评估。运行单位应结

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/187201154101006030>