ICS 29.240.10
CCS K 49

T/CS

团 体 标 准

T/CS XXX—2026

智能避雷器全生命周期绿色低碳技术要求

Technical requirements for green and low-carbon whole life cycle of smart surge arresters

（征求意见稿）

2026 - XX - XX 发布　　2026 - XX - XX 实施

中国商品学会　　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 缩略语 2
5 总体要求 2
6 设计阶段 3
7 制造阶段 4
8 运输与交付阶段 4
9 运行维护阶段 5
10 退役回收阶段 6
11 碳足迹核算与报告 6
12 证实方法 7

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。

本文件由杭州永德电气有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：杭州永德电气有限公司、中安达电气科技股份有限公司、江西省星海电瓷制造有限公司、河南利华电力科技股份有限公司、上海德力西集团有限公司。

本文件主要起草人：沃金华、周富强、钟思、高正岗、张友忠。

智能避雷器全生命周期绿色低碳技术要求

1 范围

本文件规定了智能避雷器全生命周期绿色低碳的技术要求与实施程序，包括总体要求，以及设计、制造、运输与交付、运行维护、退役回收各阶段的操作步骤、量化指标和证实方法，并规定了产品碳足迹核算与报告的要求。

本文件适用于标称电压 1 kV 及以上交流系统用智能避雷器（包括无间隙金属氧化物避雷器和带串联间隙金属氧化物避雷器）的绿色低碳全生命周期管理。

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 2589 综合能耗计算通则

GB/T 2900.12 电工术语 避雷器、低压电涌保护器及元件

GB/T 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 28547 交流金属氧化物避雷器选择和使用导则

GB/T 32161 生态设计产品评价通则

DL/T 474.5 现场绝缘试验实施导则 第 5 部分：避雷器试验

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 815 交流输电线路用复合外套金属氧化物避雷器

NB/T 10284 SPD 智能监测装置的性能要求和试验方法

YS/T 1670 废旧电力设备中有色金属回收技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能避雷器 smart surge arrester

在金属氧化物避雷器本体上集成泄漏电流监测、动作计数、温度感知或通信接口中的一项或多项功能，能够输出状态参量以供运维决策的避雷器。

3.2

全生命周期 whole life cycle

从原材料获取、产品设计、制造、运输与交付、运行维护，直至退役回收处理的连续阶段序列。

3.3

绿色低碳 green and low-carbon

在智能避雷器全生命周期各阶段中，通过材料替代、能效提升、泄漏控制、寿命延长和资源回收等措施，实现温室气体排放削减与资源消耗降低的状态。

3.4

碳足迹因子 carbon footprint factor

单位活动数据（如 kg 材料、kWh 电量、t·km 运输量）所产生的温室气体排放量，以二氧化碳当量表示。

3.5

绿色低碳不符合 green and low-carbon nonconformity

经证实方法确认，智能避雷器全生命周期某一阶段的一项或多项要求未达到本文件规定指标的状态。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAS：化学物质登记号（Chemical Abstracts Service Registry Number）

CFP：产品碳足迹（Carbon Footprint of Products）

CO_2e：二氧化碳当量（Carbon Dioxide Equivalent）

LCA：生命周期评价（Life Cycle Assessment）

REACH：欧盟化学品注册、评估、授权和限制法规（Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals）

5 总体要求

5.1 管理程序

智能避雷器生产企业应建立覆盖全生命周期的绿色低碳管理程序，程序文件至少包括：各阶段责任部门与接口、数据采集与记录规则、量化指标的计算方法、不符合项的处置流程。管理程序应形成文件，并在受控状态下运行。

5.2 数据可追溯性

5.2.1 智能避雷器全生命周期各阶段的活动数据应可追溯至原始凭证或经校准的计量器具读数。数据记录应包含数据值、单位、采集时间、采集方法和记录人。

5.2.2 碳足迹核算所用初级数据的时间边界应覆盖一个完整生产批次（连续 12 个月）；不足 12 个月的，应至少覆盖典型生产周期 3 个月，并在碳足迹报告中说明理由。

5.3 绿色低碳不符合的处置

经第 12 章证实方法确认存在绿色低碳不符合时，责任部门应在 10 个工作日内启动原因分析，制定纠正措施，并在下一批次或下一报告周期前完成整改验证。整改记录应纳入管理程序文件。

5.4 生命周期阶段覆盖

智能避雷器的绿色低碳技术要求应覆盖设计、制造、运输与交付、运行维护、退役回收全部五个阶段。任何阶段均不应省略；确因产品结构或使用场景无法执行某阶段要求时，应在碳足迹报告中说明省略的环节及其影响，并证实该环节的碳足迹贡献低于产品碳足迹总量的 1%。

5.5 生态设计要求

智能避雷器应按照 GB/T 32161 规定的生态设计原则和方法开展产品设计，并在设计阶段识别、评价全生命周期的资源、能源和环境属性，作为设计输入的组成部分。

6 设计阶段

6.1 材料选择

6.1.1 金属氧化物电阻片的主成分和添加剂应符合 GB/T 11032 对电阻片的技术要求。设计文件应列出电阻片、外套材料、端接件及绝缘辅料的材料清单，并标注每一种材料的质量占比。
6.1.2 在满足绝缘性能和机械性能要求的前提下，应采用可回收或可资源化利用的聚合物材料。复合外套的设计应符合 GB/T 11032 的规定；对于交流架空输配电线路用复合外套智能避雷器，还应符合 DL/T 815 对复合外套绝缘性能和机械性能的规定。设计文件应对照上述标准相应条款说明符合性。
6.1.3 设计阶段应识别材料清单中是否含有 REACH 法规限制物质或《中国严格限制的有毒化学品名录》所列物质。识别结果应形成记录，记录格式由企业自行规定，但至少包含物质名称、CAS 号、含量和所在部件。

6.2 轻量化与模块化

6.2.1 智能避雷器的结构设计应采用功能模块划分，至少将电阻片柱、外套、监测单元和端接件划分为可独立更换的模块。模块划分图应作为设计输出文件的一部分。
6.2.2 在满足 GB/T 11032 电气性能和机械性能要求的前提下，设计阶段应对金属端接件及金属连接件的材料用量进行优化，并记录优化前后的材料质量对比。

6.3 智能监测功能的绿色属性设计

6.3.1 智能避雷器配置的泄漏电流监测单元、动作计数单元和通信单元的功耗应作为设计参数予以规定。设计文件应给出各监测功能单元的额定功耗和待机功耗。
6.3.2 泄漏电流监测单元的监测功能、测量准确度、通信接口和电磁兼容等性能要求应按 NB/T 10284 的规定执行。设计文件应说明监测单元性能与 NB/T 10284 相应条款的符合性。
6.3.3 监测单元的供电设计应采用从运行电压取能的自供电方式或低功耗休眠—唤醒策略；受产品结构限制无法实现自供电时，可采用电池供电。采用电池供电时，电池应选用不含汞、镉、铅的体系，并在设计文件中标注电池型号和预计更换周期。
6.3.4 监测单元的数据采集频率应可配置。在未发生动作或泄漏电流未超过阈值时，设计默认采集间隔不应短于 60 s。

6.4 可拆解性与回收设计

6.4.1 设计阶段应绘制智能避雷器的拆解示意图，标明退役回收阶段需要分离的部件、连接方式和拆解顺序。拆解示意图应覆盖电阻片柱、金属端接件、外套材料、监测单元和线缆。
6.4.2 电阻片柱与外套之间、金属端接件与外套之间的连接方式应允许在不破坏电阻片柱完整性的条件下分离。无法无损分离的部位应在拆解示意图中明确标注，并说明其材料共混状态。

6.5 设计阶段输出

设计阶段应形成设计阶段绿色低碳说明文件，内容包括：材料清单及质量占比、模块划分图、监测单元功耗参数、拆解示意图、6.1.3 识别的受限制物质记录。该文件作为第 11 章碳足迹核算和生命周期解释的输入。

7 制造阶段

7.1 能源计量与综合能耗

7.1.1 生产企业应按照 GB/T 2589 的规定，对智能避雷器制造过程中消耗的电力、天然气、蒸汽等能源分别安装计量器具，计量范围覆盖电阻片制备、外套成型/硫化、总装、例行试验和包装工序。
7.1.2 单位产品综合能耗按 GB/T 2589 规定的方法计算，以 kgce/台（或 kgce/千台）表示。企业应逐批次记录综合能耗值，并计算与上一年度同期相比的变化率，投产不足一个完整年度的批次除外。
7.1.3 企业应建立能源计量器具台账，计量器具的检定/校准周期应符合相关计量技术规范的要求。能源计量数据与财务结算数据的偏差超过 5%时，应查明原因并记录。

7.2 电阻片制造工序

7.2.1 电阻片制备过程中的排胶、烧结工序应记录温度—时间曲线和单位产品能耗。烧结炉的烟气排放应经处理后排放，处理设施的运行参数应纳入制造阶段记录。
7.2.2 电阻片侧面绝缘处理所使用的材料应符合 6.1.3 的受限制物质识别要求。清洗工序应采用水性清洗介质；确需使用有机溶剂时，应记录溶剂的种类、用量和回收方式。

7.3 外套成型与硫化

7.3.1 复合外套的成型和硫化工艺应符合 GB/T 11032 的规定；对于交流架空输配电线路用复合外套智能避雷器，还应符合 DL/T 815 对复合外套制造质量的规定。
7.3.2 硫化过程中产生的挥发性有机物应收集并处理，处理设施的去除效率应形成检测记录。检测频次不应低于每半年一次。

7.4 总装与试验工序

7.4.1 总装工序应按照设计阶段确定的模块划分进行，监测单元的安装不应破坏避雷器本体的密封性能。密封性能试验按 GB/T 11032 的相应条款执行。
7.4.2 例行试验中的泄漏电流测量按 GB/T 11032 规定的方法进行。试验电源的能量回馈或无功补偿措施应作为工序能耗记录的一部分。

7.5 制造阶段废弃物

7.5.1 制造阶段产生的废电阻片、废金属端接件、废外套料应分类收集。分类收集容器应有标识，标识内容至少包括废弃物类别和去向。
7.5.2 废电阻片和废金属端接件的厂内回收或外委回收应形成转移记录。回收应交由具备有色金属回收资质的单位实施，回收过程的技术要求应符合 YS/T 1670 的规定。

7.6 制造阶段输出

制造阶段应形成制造阶段绿色低碳记录，包括：逐批次综合能耗（kgce/台或 kgce/千台）、能源计量器具台账与偏差处理记录、烧结和硫化工艺参数记录、挥发性有机物处理设施检测记录、废弃物分类收集与转移记录。该记录作为碳足迹核算中制造阶段活动数据的来源凭证。

8 运输与交付阶段

8.1 运输方式与里程记录

8.1.1 智能避雷器从制造厂至交付地点的运输应记录运输方式、货物质量、运输距离（km）和吨公里数（t·km）。多式联运的，应分段记录。
8.1.2 运输距离应优先采用实际里程；无法获取实际里程时，可采用经认可的电子地图路径规划里程，并在记录中注明里程获取方法。

8.2 包装

8.2.1 智能避雷器的包装应满足产品防护要求，同时减少一次性包装材料的使用。包装材料中木质材料应提供植物检疫证明或熏蒸/热处理证明；塑料包装材料应标注材质代号。
8.2.2 包装材料的质量应纳入运输阶段的活动数据记录，作为碳足迹核算中输入运输质量的组成部分。

8.3 交付阶段的监测功能确认

智能避雷器交付时，应确认监测单元的通信接口、数据格式和采集间隔与6.3的设计规定一致。交付确认记录应随产品文件一并归档。

9 运行维护阶段

9.1 泄漏电流基准值建立

9.1.1 智能避雷器投运后3个月内，应至少完成1次泄漏电流基准值测量并建立基准值。基准值的测量条件应与DL/T 474.5规定的现场试验条件一致，记录运行电压、环境温度和湿度。
9.1.2 智能避雷器监测单元输出的全电流和阻性电流分量应能够用于与基准值的比较。基准值及后续各次测量值应形成时间序列记录。

9.2 异常判据与处置

9.2.1 运行中全电流测量值与基准值相比突变量超过20%时，应触发异常预警；阻性电流测量值与基准值相比突变量超过50%时，应同时触发预警。
9.2.2 直流1 mA参考电压及0.75倍参考电压下泄漏电流的测量按DL/T 474.5执行。对于标称电压750 kV及以下系统的避雷器，0.75倍直流参考电压下的泄漏电流超过50 μA时，应安排停电诊断试验；对于1000 kV系统避雷器，0.75倍直流参考电压下的泄漏电流超过200 μA时，应安排停电诊断试验。诊断试验的判据按GB/T 11032和DL/T 596的规定执行。
9.2.3 智能避雷器动作计数器的动作次数应与雷电定位系统或线路故障记录进行比对。比对频次不应低于每季度一次。比对结果不一致时，应检查计数器的整定值和传感回路。

9.3 监测单元自耗电管理

9.3.1 运行维护阶段应定期核查监测单元的实际功耗与6.3设计值的一致性。采用电池供电的监测单元，电池更换记录应包含更换日期和更换原因。
9.3.2 监测单元出现通信中断、数据漂移或自耗电异常升高时，应按5.3规定的程序进行处置，不应以关闭监测功能作为长期处置措施。

9.4 延长寿命措施

9.4.1 运行维护中应保持避雷器外套表面的清洁。污秽等级达到GB/T 28547规定的相应水平时，应采用清扫或增爬裙等措施恢复外绝缘性能。
9.4.2 智能避雷器运行维护记录应足以支撑对剩余寿命的评估。剩余寿命评估至少考虑泄漏电流变化趋势、动作次数和外套劣化状态三项参数。

9.5 运行维护阶段输出

运行维护阶段应形成泄漏电流时间序列记录、异常预警与处置记录、动作次数比对记录、监测单元功耗核查记录和电池更换记录。上述记录作为碳足迹核算中运行维护阶段活动数据和生命周期解释的依据。

10 退役回收阶段

10.1 退役判定

10.1.1 智能避雷器出现下列情形之一时，应判定为退役：

a) 泄漏电流持续增长且经诊断试验确认电阻片性能劣化，不满足 GB/T 11032 的运行要求；

b) 外套出现贯穿性裂纹或严重劣化，不满足 GB/T 11032 对外套绝缘性能的规定；对于交流架空输配电线路用复合外套智能避雷器，应不满足 DL/T 815 的规定；

c) 动作次数超过设计规定值且剩余寿命评估结论为不可继续运行。

10.1.2 退役判定应由具备相应能力的试验人员作出，判定记录应包括检测数据、判定依据和判定人。

10.2 拆解与分类

10.2.1 退役智能避雷器的拆解应按设计阶段提供的拆解示意图（6.4.1）进行。拆解顺序应先分离监测单元和线缆，再分离金属端接件，最后处理电阻片柱与外套的组合体。

10.2.2 拆解产物应按下列类别分类：电阻片柱（含金属氧化物材料）、金属端接件（铝、铜等）、聚合物外套材料、监测单元（含电子元器件）、线缆。分类记录应包含各类别的质量。

10.3 材料回收

10.3.1 金属端接件的回收按 YS/T 1670 的规定执行。回收过程应记录回收方式、回收质量和回收去向。

10.3.2 电阻片柱中的有色金属组分应纳入回收范围。含有价金属的电阻片碎料应交由具备相应资质的企业处理，不应按一般固体废物填埋。

10.3.3 聚合物外套材料应进行材料再生；不具备再生条件时，可进行能量回收。采用能量回收方式时，应记录回收能量抵减量，并在碳足迹报告中单独披露。

10.4 退役回收阶段输出

退役回收阶段应形成退役判定记录、拆解分类与质量记录、材料回收去向记录和回收抵减量计算记录。上述记录作为碳足迹核算中退役回收阶段活动数据的来源凭证。

11 碳足迹核算与报告

11.1 核算原则与框架

智能避雷器的产品碳足迹（CFP）核算应按 GB/T 24067 规定的方法和程序执行，生命周期阶段的划分和系统边界应与本文件第 6 章至第 10 章的管理阶段相协调。生命周期评价（LCA）的清单分析方法按 GB/T 24040 和 GB/T 24044 执行。存在适用的避雷器产品碳足迹-产品种类规则（CFP-PCR）时，应按该规则执行；无适用规则时，按 GB/T 24067 执行。

11.2 功能单位

功能单位应为“1 台智能避雷器在规定的运行条件下提供过电压保护功能，并满足设计寿命要求”。功能单位的描述应包含标称电压、额定电压、标称放电电流和设计寿命。

11.3 系统边界

系统边界应覆盖原材料获取、制造、运输与交付、运行维护、退役回收五个阶段。运行维护阶段应包含监测单元的自耗电和电池更换（采用电池供电时）。退役回收阶段应包含拆解、分类和材料回收过程。

11.4 取舍准则

在碳足迹核算中，可舍弃对产品碳足迹影响小于 1%的环节，但舍弃环节的累计影响不应超过产品碳足迹总量的 5%。贵金属和有毒有害材料不应舍弃。舍弃决定及其影响应在碳足迹报告中说明。

11.5 数据质量要求

11.5.1 原材料获取阶段和制造阶段应使用初级数据。初级数据来源于第 6 章至第 10 章形成的记录凭证。
11.5.2 运输阶段、运行维护阶段和退役回收阶段在初级数据不可获得时，可使用次级数据。次级数据应来源于国家排放因子数据库、经同行评议的行业数据库或经同行评议的公开文献，并在碳足迹报告中注明来源和版本。
11.5.3 用于碳足迹核算的计量器具应在检定/校准有效期内。活动数据的单位应与碳足迹因子的单位匹配，换算过程应可复核。

11.6 碳足迹报告

碳足迹报告至少包含下列内容：

a) 功能单位和系统边界；
b) 各生命周期阶段的温室气体排放量（$kgCO_2e$/功能单位）及占比；
c) 初级数据与次级数据的来源说明；取舍决定及影响；退役回收抵减量（如适用）；
d) 与 5.2.2 数据时间边界符合性的说明。

报告格式由企业自行规定，内容完整性按本章要求核实。

11.7 绿色低碳绩效比较

同一企业不同批次或不同型号智能避雷器的碳足迹比较，应在功能单位、系统边界、数据质量和取舍准则一致的前提下进行。比较结果用于 5.1 管理程序中改进措施的优先序确定。

12 证实方法

12.1 证实原则

12.1.1 本章规定的证实方法用于确认智能避雷器全生命周期绿色低碳技术要求是否得到满足。证实以文件审查、记录核查和必要的测量/试验为手段，以第 6 章至第 11 章形成的输出文件为主要证据来源。
12.1.2 证实过程应形成证实报告。证实报告中每一条结论应注明对应的要求条款号和证据文件编号。无法证实的要求应判定为“未证实”，并按 5.3 程序处置。

12.2 设计阶段的证实

12.2.1 审查设计阶段绿色低碳说明文件是否包含材料清单及质量占比、模块划分图、监测单元功耗参数、拆解示意图和受限制物质识别记录。
12.2.2 核对材料清单中各材料的质量占比之和是否与产品总质量一致；核对模块划分是否覆盖电阻片柱、外套、监测单元和端接件。
12.2.3 核对拆解示意图是否标明 6.4.2 要求的信息（可无损分离部位与不可无损分离部位）。

12.3 制造阶段的证实

12.3.1 核查逐批次综合能耗记录的计算是否符合 GB/T 2589 的方法，能源计量器具是否在检定/校准有效期内。

12.3.2 核查挥发性有机物处理设施检测记录是否满足 7.3.2 规定的频次，检测结果是否记录了去除效率。

12.3.3 核查废弃物分类收集容器标识和转移记录，核对废金属端接件和废电阻片的回收去向是否与记录一致。

12.4 运输与交付阶段的证实

核查运输记录是否包含运输方式、质量、距离和吨公里数；核查包装材料材质代号或植物检疫证明是否齐全；核查交付确认记录中监测单元通信接口、数据格式和采集间隔是否与 6.3 的设计规定一致。

12.5 运行维护阶段的证实

12.5.1 核查泄漏电流时间序列记录是否覆盖从基准值建立至证实日的时间段；核查异常预警记录中是否载明了突变量百分比和处置结论。

12.5.2 核查动作次数比对记录是否满足每季度不少于一次的频次要求；核查监测单元功耗核查记录和电池更换记录是否完整。

12.5.3 抽查不少于 3 次泄漏电流测量结果，核对测量条件是否与 DL/T 474.5 规定的现场试验条件一致。

12.6 退役回收阶段的证实

核查退役判定记录是否载明判定依据和判定人；核查拆解分类质量记录中各类别质量之和与退役产品总质量的偏差是否不大于 2%；核查材料回收去向记录和回收抵减量计算过程是否可复核。

12.7 碳足迹核算与报告的证实

12.7.1 核查碳足迹报告是否包含 11.6 所列的全部内容项。逐项检查功能单位描述、系统边界的文字说明或图示、各阶段排放量及占比、数据来源说明、取舍决定和回收抵减量。

12.7.2 复算不少于一个生命周期阶段的温室气体排放量，核对其与报告中数值的一致性。复算所用活动数据和碳足迹因子应与报告注明的来源一致。

12.7.3 核查碳足迹报告中的数据时间边界是否满足 5.2.2 的要求；不满足时，核查报告是否说明了理由。

12.8 证实结论

证实结论分为“符合”“不符合”和“未证实”三种。全部适用要求均为“符合”时，证实结论为“符合”；任一项适用要求为“不符合”或“未证实”且未按 5.3 完成处置的，证实结论为“不符合”。证实结论应作为绿色低碳绩效评价和持续改进的依据。