

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

配网电气设备绿色低碳设计与评价 技术要求

Technical requirements for green and low-carbon design and evaluation of
distribution network electrical equipment

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前言 III

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

 5.1 基本原则 2

 5.2 基本要求 2

6 设计要求 2

 6.1 设计原则 2

 6.2 节能设计 3

 6.3 环保材料 3

 6.4 结构优化设计 3

 6.5 低碳运行设计 3

 6.6 可回收设计 3

 6.7 可靠性与耐久性 4

7 零部件与材料要求 4

 7.1 有害物质管控 4

 7.2 绝缘介质管控 4

 7.3 再生材料使用 4

8 制造、运输、运维及报废要求 4

 8.1 制造过程 4

 8.2 运输阶段 4

 8.3 运维阶段 4

 8.4 报废阶段 4

9 绿色低碳评价 4

 9.1 评价原则 4

 9.2 评价条件 5

 9.3 评价指标 5

 9.4 评价等级 5

 9.5 碳足迹量化方法 6

 9.6 评价流程 6

10 评价报告 7

 10.1 报告内容 7

10.2 报告要求..... 7

参考文献..... 8

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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

配网电气设备绿色低碳设计与评价技术要求

1 范围

本文件规定了配网电气设备绿色低碳设计的总体要求、设计要求、零部件与材料要求，以及制造、运输、运维及报废阶段的要求，并规定了绿色低碳评价和评价报告的内容。
本文件适用于配网电气设备绿色低碳设计与评价。

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 16288 塑料制品的标志
- GB/T 16716.1 包装与环境 第1部分：通则
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB 20052 电力变压器能效限定值及能效等级
- GB/T 20862 产品可回收利用率计算方法导则
- GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- 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 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
- GB/T 31268 限制商品过度包装 通则
- GB/T 39560（所有部分） 电子电气产品中某些物质的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

配网电气设备 distribution network electrical equipment

配电网中用于电能传输、分配、变换、控制和保护的电气设备，包括配电变压器、开关设备（断路器、负荷开关、隔离开关等）、配电柜（箱）、环网柜、配电线路设备、避雷器、高压熔断器等。

3.2

绿色低碳设计 green and low-carbon design

在配网电气设备的设计阶段，系统考虑原材料获取、生产制造、运输安装、运行使用、报废回收等全生命周期各环节对资源和环境的影响，通过采用环保材料、节能技术、可回收设计等手段，降低产品全生命周期资源消耗和碳排放的设计活动。

3.3

全生命周期 whole life cycle

配网电气设备从原材料获取、零部件制造、整机装配、运输安装、运行维护到报废处置的全过程。

3.4

碳足迹 carbon footprint

配网电气设备在其全生命周期内直接和间接产生的温室气体排放总量，以二氧化碳当量（CO₂e）表示。

3.5

碳效比 carbon efficiency ratio; CER

产品全生命周期碳排放总量与产品设计寿命周期内总功能量之比。

3.6

可回收利用率 recoverability rate

产品报废后可通过材料再生、零部件复用、能量回收实现资源化利用部分的质量占整机总质量的百分比。

3.7

再生材料 recycled material

经过回收、处理后重新用于产品制造的金属、高分子及其他材料。

3.8

温室效应潜能值 global warming potential; GWP

衡量某种温室气体在一定时间范围内相对于二氧化碳所产生的温室效应的相对强度。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CER: 碳效比 (Carbon Efficiency Ratio)

GWP: 温室效应潜能值 (Global Warming Potential)

LCA: 生命周期评价 (Life Cycle Assessment)

SF₆: 六氟化硫 (Sulfur Hexafluoride)

VOC: 挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds)

5 总体要求

5.1 基本原则

5.1.1 配网电气设备的绿色低碳设计应遵循减量化、再利用、再循环的 3R 原则, 从源头减少资源消耗和环境影响。

5.1.2 配网电气设备的绿色低碳设计应覆盖设备全生命周期, 统筹考虑原材料获取、生产制造、运输安装、运行维护和报废处置各阶段的环境影响和碳足迹。

5.1.3 配网电气设备的设计应优先采用环保材料、低损耗技术和高效节能方案。

5.1.4 绿色低碳指标不应降低设备安全运行水平。

5.2 基本要求

5.2.1 配网电气设备的设计应满足相应产品标准规定的电气性能、安全性能和可靠性要求。

5.2.2 不得使用国家明令淘汰的工艺、材料、设备。

5.2.3 配网电气设备的设计应充分考虑新型电力系统建设需求, 适应分布式新能源接入、电动汽车充电设施等新业态的需要。

5.2.4 配网电气设备的设计文件应包含绿色低碳设计专项说明, 明确所采用的绿色低碳技术措施及其预期效果。

5.2.5 配网电气设备的生产企业应建立绿色低碳设计管理制度, 将绿色低碳要求纳入产品设计开发流程。

5.2.6 生产企业宜按照 GB/T 19001 建立并保持质量管理体系, 按照 GB/T 24001 建立并保持环境管理体系, 按照 GB/T 23331 建立并保持能源管理体系。

6 设计要求

6.1 设计原则

6.1.1 应采用生态设计思路, 在方案阶段同步开展绿色低碳设计分析, 识别全生命周期主要环境影响

点。

6.1.2 在满足功能与可靠性的前提下，优化材料用量，避免材料过度冗余。

6.1.3 宜延长设计使用寿命，降低设备过早报废更新带来的资源消耗与碳足迹。

6.2 节能设计

6.2.1 配电变压器的能效等级应符合 GB 20052 的规定，能效等级不应低于 2 级，鼓励选用 1 级能效产品。

6.2.2 配网电气设备应选用低损耗、高效率的元器件，减少设备运行过程中的电能损耗。

6.2.3 配网电气设备的设计应优化设备容量配置，避免设备容量与负荷不匹配造成的能源浪费。

6.2.4 配网电气设备宜采用智能控制技术，实现设备的经济运行和负荷优化管理。

6.2.5 散热结构宜优化设计，在保证温升的前提下降低散热材料消耗；户外设备宜充分利用自然散热，减少辅助能耗。

6.2.6 一二次融合设备宜简化二次回路，减少电缆、辅助元器件带来的损耗与物料消耗。

6.3 环保材料

6.3.1 配网电气设备的设计应优先选用可回收、可降解或对环境影响小的环保材料。在性能满足条件下，优先选用低环境负荷、低隐含碳的材料。

6.3.2 绝缘介质应优先采用无 SF₆ 气体或低温室效应的环保型绝缘介质（如干燥空气、氮气、C₄F₇N/CO₂ 混合气体等），逐步替代 SF₆ 气体。确需使用 SF₆ 时，应采取防泄漏设计，并设置气体检测与回收接口，便于运维阶段回收再利用。

6.3.3 绝缘油应优先选用植物绝缘油等可生物降解的环保型绝缘油，替代矿物绝缘油。

6.3.4 设备壳体及结构件宜采用可回收利用的金属材料或环保型复合材料，减少不可降解材料的使用。

6.3.5 应限制使用有害物质，设备中有害物质含量应符合 GB/T 26572 及国家有关有害物质限量的强制性标准的要求。

6.3.6 减少难降解、难处理的复合材料、胶粘剂的使用。防腐涂层宜选用低 VOC 涂料，减少有害物质释放。

6.4 结构优化设计

6.4.1 配网电气设备的设计应在满足安全可靠的前提下，优化结构设计，减少材料用量。

6.4.2 配网电气设备宜采用模块化、标准化设计，提高设备的通用性和互换性。模块化设计应便于设备维护、升级和报废后的分类回收。

6.4.3 宜采用易拆解结构设计：优先采用螺栓连接，减少不可逆铆接、粘接；不同材质零部件尽量分离布置，便于报废阶段材料分选。

6.4.4 塑料零部件应按照 GB/T 16288 进行材料标识，便于回收识别。

6.4.5 在满足电气性能和安全要求的前提下，宜通过优化结构设计、采用紧凑型布置等方式缩小设备体积，减少占地面积。

6.4.6 配网电气设备的包装材料应选用可回收或可降解的环保材料。包装应符合 GB/T 16716.1 和 GB/T 31268 的要求，禁止过度包装。

6.5 低碳运行设计

6.5.1 配网电气设备的设计应具备良好的能效特性，降低设备运行阶段的碳足迹。

6.5.2 配网电气设备宜配置能耗监测和碳排放监测功能模块，实现对设备运行能耗和碳排放的实时监测与数据采集。

6.5.3 配网电气设备的设计应考虑与可再生能源发电系统的协调运行，提高新能源消纳能力。

6.5.4 配网电气设备宜采用智能化运维技术，通过状态监测和故障预测减少不必要的巡检和维护能耗。

6.5.5 鼓励采用预制舱式、模块化等结构设计，便于工厂化生产和现场快速安装。

6.6 可回收设计

6.6.1 配网电气设备的设计应考虑设备的可拆解性和可回收性，便于设备报废后的材料回收和零部件再利用。

- 6.6.2 配网电气设备的设计应优先采用易于分离的材料组合，避免不同材料之间的不可分离连接。
- 6.6.3 配网电气设备应附有材料清单和回收处理说明，为设备报废后的环保处置提供指导。
- 6.6.4 产品的可回收利用率应按 GB/T 20862 规定的方法计算，并通过优化设计提高可回收利用率。

6.7 可靠性与耐久性

- 6.7.1 设备设计时应考虑延长使用寿命，减少更换频次，降低全生命周期资源消耗；关键部件宜采用高耐久性材料。
- 6.7.2 设备应便于检修和维护，易损件应便于更换。
- 6.7.3 同系列产品宜提高零部件互换率，减少备品备件种类，降低全生命周期物料消耗。

7 零部件与材料要求

7.1 有害物质管控

- 7.1.1 电子电气零部件均质材料中铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚等有害物质的限量应符合 GB/T 26572 的规定；检测按照 GB/T 39560（所有部分）执行。
- 7.1.2 绝缘材料、涂层、密封件等不得使用国家禁止的有毒有害物质；供应商应提供材料声明及检测报告。

7.2 绝缘介质管控

- 7.2.1 使用 SF₆ 气体的设备，设计应设置气体检测与回收接口，便于运维阶段回收再利用，减少排放。
- 7.2.2 矿物绝缘油应考虑报废再生可行性；鼓励使用环保型绝缘液体。

7.3 再生材料使用

- 7.3.1 在力学性能、电气性能满足标准的前提下，可合理使用再生材料；使用再生材料应记录比例与来源。
- 7.3.2 关键导电、绝缘部件使用再生材料时，应做相应型式试验确认性能。

8 制造、运输、运维及报废要求

8.1 制造过程

- 8.1.1 生产企业应管控制造阶段能耗、废水废气及固废；SF₆ 气体应回收处理，不得直接排放。
- 8.1.2 应减少生产边角料，金属边角料分类收集回用；危险废弃物按法规处置。

8.2 运输阶段

- 8.2.1 产品外形、重量宜优化，提高运输装载率，降低单位产品运输碳足迹。
- 8.2.2 宜优先选择低排放运输方式。

8.3 运维阶段

- 8.3.1 设备技术文件应提供运维低碳指引，包括气体回收、油品处理、零部件更换原则等。
- 8.3.2 设备应具备运行状态监测功能，为状态检修提供数据支撑，避免过度检修，延长设备服役周期。

8.4 报废阶段

产品说明书应提供报废处置指引，包括拆解要点、危险部件（电容器、绝缘油、SF₆ 气室等）处置注意事项。

9 绿色低碳评价

9.1 评价原则

- 9.1.1 配网电气设备绿色低碳设计评价应采用定性与定量相结合的方式。

9.1.2 评价应以客观数据和事实为依据，涵盖设备全生命周期的各主要阶段，确保评价结果的科学性、公正性和可重复性。

9.2 评价条件

- 9.2.1 申请绿色低碳设计评价的配网电气设备应满足相关产品标准规定的全部性能要求。
- 9.2.2 申请绿色低碳设计评价的配网电气设备的生产企业应具备完善的质量管理体系和环境管理体系。
- 9.2.3 申请绿色低碳设计评价的配网电气设备应提供完整的产品设计文件、材料清单、检测报告等资料。

9.3 评价指标

9.3.1 配网电气设备绿色低碳设计评价应按资源属性、能源属性、环境属性、产品属性和低碳属性五个维度建立评价指标体系，各指标分值分配见表 1。

表 1 绿色低碳评价指标维度及分值分配

指标维度	分值	说明
资源属性	30	有害物质、绝缘介质、可回收性、材料利用率等
能源属性	30	能效等级、运行损耗、待机能耗等
环境属性	20	碳足迹、噪声、绝缘气体GWP等
产品属性	20	智能化水平、可靠性、使用寿命、运维便利性等
合计	100	——

9.3.2 资源属性评价指标应包括但不限于：

- a) 材料利用率；
- b) 可回收材料使用比例；
- c) 有害物质含量；
- d) 包装材料环保性。

9.3.3 能源属性评价指标应包括但不限于：

- a) 设备运行能效等级；
- b) 空载损耗；
- c) 负载损耗；
- d) 待机能耗。

9.3.4 环境属性评价指标应包括但不限于：

- a) 绝缘介质温室效应潜能值（GWP）；
- b) 运行噪声水平；
- c) 设备运行过程中有无有害物质排放；
- d) 报废后材料的可降解性或可回收利用率。

9.3.5 产品属性评价指标应包括但不限于：

- a) 设备可靠性；
- b) 设备使用寿命；
- c) 智能化水平；
- d) 运维便利性。

9.3.6 低碳属性评价指标应包括但不限于：

- a) 产品碳足迹（全生命周期碳排放量）；
- b) 碳效比；
- c) 碳减排潜力。

9.4 评价等级

9.4.1 配网电气设备绿色低碳设计评价等级分为三个等级，各等级均须满足各单项指标基本要求，由高到低依次为：

- a) 三星级（绿色低碳引领级）：总分≥90 分，各项指标达到行业先进水平；
- b) 二星级（绿色低碳先进级）：总分≥75 分，各项指标达到行业优良水平；

c) 一星级（绿色低碳达标级）：总分≥60 分，各项指标达到本文件规定的基本要求。

9.4.2 各等级的具体指标要求见表 2。

表 2 绿色低碳评价等级指标要求

指标类别	指标名称	一星级（达标级）	二星级（先进级）	三星级（引领级）
能效	配电变压器能效等级	不低于GB 20052规定的2级	GB 20052规定的1级	GB 20052规定的1级
资源属性	整机可回收利用率	符合GB/T 20862计算方法要求	优于基本要求	显著优于基本要求
环境属性	有害物质	符合GB/T 26572	符合GB/T 26572	符合GB/T 26572
低碳属性	碳效比	符合本文件9.5.7规定的计算方法	优于基本要求	显著优于基本要求

9.5 碳足迹量化方法

9.5.1 配网电气设备产品碳足迹的量化应采用生命周期评价(LCA)方法,遵循 GB/T 24040 和 GB/T 24044 的规定。

9.5.2 碳足迹量化的系统边界应覆盖设备全生命周期,包括原材料获取、生产制造、运输安装、运行维护和报废处置五个阶段。各阶段碳足迹核算范围见表 3。

表 3 全生命周期各阶段碳排放核算范围

阶段	核算范围
原材料获取阶段	铁芯、绕组、绝缘材料、壳体材料等主要原材料开采、加工及运输至制造厂所产生的碳排放
生产制造阶段	零部件加工、整机装配、厂内测试等制造过程中电力消耗、燃料燃烧及工艺过程产生的碳排放
运输安装阶段	产品从制造厂运输至安装地点、现场安装调试过程中燃料消耗产生的碳排放
运行维护阶段	设备运行过程中电能损耗对应的间接碳排放,以及维护、检修活动产生的碳排放
报废处置阶段	设备拆解、破碎、分选、材料回收利用及最终废弃物处置过程中产生的碳排放

9.5.3 碳足迹量化应明确功能单位、系统边界、数据来源和分配原则。

9.5.4 碳排放因子的选取应采用国家或行业认可的数据来源。

9.5.5 使用阶段碳排放应计入设备损耗带来的间接碳排放,按设备设计寿命、负荷系数、电网排放因子计算。

9.5.6 全生命周期碳排放总量按下式计算:

$$PCE = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中:

PCE——全生命周期碳排放总量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ;

*E*₁——原材料获取阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ;

*E*₂——生产制造阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ;

*E*₃——运输安装阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ;

*E*₄——运行维护阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) ;

*E*₅——报废处置阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e) 。

9.5.7 碳效比按下式计算:

$$CER = PCE / TFU \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中:

CER——碳效比,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 (kgCO₂e/kWh) ;

TFU——产品设计寿命周期总功能量,单位为千瓦时 (kWh) 。

9.5.8 数据质量要求如下:

a) 优先使用企业实测物料清单与工艺能耗数据;

b) 排放因子优先采用国家或行业公开数据库;

c) 应说明数据来源、假设条件及不确定性。

9.6 评价流程

9.6.1 配网电气设备绿色低碳设计评价应按以下流程进行:

a) 申请评价方提交评价申请及相关资料;

- b) 评价机构对申请资料进行初步审核;
- c) 评价机构组织专家进行文件评审和(或)现场核查;
- d) 评价机构依据评价指标体系进行综合评分;
- e) 评价机构出具评价报告并确定评价等级。

9.6.2 评价机构应具备相应的专业能力和资质。

10 评价报告

10.1 报告内容

配网电气设备绿色低碳设计评价报告应包括以下内容:

- a) 评价对象的基本信息(设备名称、型号、规格、生产单位等);
- b) 评价依据(本文件及相关引用标准);
- c) 评价范围(覆盖的全生命周期阶段);
- d) 评价指标体系及各指标的评价结果;
- e) 产品碳足迹量化结果(含核算边界、数据来源、假设条件);
- f) 评价结论及绿色低碳设计等级;
- g) 改进建议。

10.2 报告要求

10.2.1 评价报告应内容完整、数据准确、结论明确。

10.2.2 评价报告中引用的数据应注明数据来源,确保数据的可追溯性。

10.2.3 评价报告应经评价机构负责人签字并加盖评价机构公章。

10.2.4 评价报告的有效期不宜超过三年。有效期内,如产品设计、材料或工艺发生重大变化,应重新进行评价。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
 - [2] GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分：干式变压器
 - [3] GB/T 24256 产品生态设计通则
 - [4] GB/T 32161 生态设计产品评价通则
 - [5] GB/T 36132 绿色工厂评价通则
 - [6] GB/T 37552 电子电气产品的生命周期评价导则
 - [7] DL/T 2128 配电网电线电缆节能评价技术规范
 - [8] DL/T 5449 20kV配电设计技术规定
-