

# 《光伏低压直流集电线束技术规范》编制说明

## (征求意见稿)

### 一、工作简况

#### 1. 主要工作过程

起草（草案、调研）阶段：2025年1月，中国电工技术学会成立了光伏低压直流集电线束技术规范起草工作组，由小牛电气（苏州）有限公司牵头，联合长江勘测规划设计研究有限责任公司、湖北省电力规划设计研究院有限公司、苏州永皓电线有限公司、河北工业大学等单位共同参与标准起草工作。工作组在2025年1-3月期间全面开展资料收集和深入调研工作，系统梳理了国内外光伏低压直流集电线束相关技术发展现状，广泛收集行业企业、科研机构的技术资料，深入分析产业发展需求和技术创新方向，为标准制定奠定坚实的理论基础和实践依据。随后在2025年4-6月期间专注于标准草案编制，依托前期调研成果，由专业工作组联合光伏设备制造企业、系统集成商、高等院校和科研院所，共同起草标准草案，重点攻关技术要求、环境要求、试验方法等关键技术内容，确保标准的科学性、先进性和可操作性，于2024年6月形成了标准征求意见稿。

征求意见阶段：2024年7月开始向行业内相关单位征求意见，征求意见期为30天，截止到2024年8月。

送审阶段：

报批阶段：

#### 2. 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

本标准由小牛电气（苏州）有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、湖北省电力规划设计研究院有限公司、苏州永皓电线有限公司、河北工业大学共同负责起草。

主要成员：刘海波、喻飞、叶任时、苏毅、朱丹蕾、李胜、蔡阳、王辉、李婷婷、郭浪、陈海文、张献、曹家旭。

所做的工作：小牛电气（苏州）有限公司作为牵头单位，负责组织协调各参

与单位，统筹标准制定全过程的工作安排，包括标准整体架构设计、技术要求制定、试验方法规范以及标准文本的统稿工作。河北工业大学负责标准文本的具体撰写工作，包括标准条文的起草、技术内容的编写、试验方法的描述以及与国内外相关标准的对比分析等工作。

## 二、标准编制原则和主要内容

### 1. 标准编制原则

本标准编制首先遵循产业发展原则，紧密结合我国光伏产业快速发展的实际需求，服务于碳达峰、碳中和战略目标，通过建立光伏低压直流集电线束技术规范推动光伏产业高质量发展。其次遵循市场需要原则，针对当前光伏低压直流集电线束领域技术标准缺失、产品质量参差不齐的突出问题，制定统一的技术规范以规范市场秩序。在内容制定上遵循重点突出原则，重点规范集电线束的技术要求、安全要求、环境要求和试验方法，突出产品在恶劣环境下的安全性和可靠性，特别是-25℃至 55℃温度范围内的工作性能和 IP65 防护等级要求。同时遵循成套成体系原则，标准与 GB 16895. 32-2021、GB/T 34936-2017 等现有光伏技术标准体系相协调，在电气间隙、爬电距离等关键安全指标上保持技术对标，形成完整的光伏系统技术标准体系。最后遵循先进性和实用性相结合原则，标准既体现了国际先进的技术要求如参考 IEC 62852 标准的连接器性能要求，又确保了标准条款的可操作性和产业化应用的实用性。

### 2. 标准主要内容

本标准系统性地规定了光伏低压直流集电线束的术语和定义、使用条件、技术要求、安全要求、环境要求、试验方法、试验规则以及标志、包装、运输和贮存等要求。标准按照光伏低压直流集电线束系统的组成结构，分别对光伏用电缆、光伏组串过流保护装置和直流连接器三大核心组件制定了详细的技术规范。在光伏用电缆方面，标准规定导体材料应为符合 GB/T 3956-2008 第 5 种软铜导体要求的退火铜线且必须镀锡，绝缘材料采用无卤低烟热固性材料并按照单芯和多芯电缆分别制定了从 1.5mm<sup>2</sup> 到 240mm<sup>2</sup> 不同截面积的绝缘厚度标称值(0.7mm-1.7mm) 和护套厚度标称值(0.8mm-1.7mm)，成缆节径比不大于 16 且填充材料均为无卤材料，电缆椭圆度要求最大外径和最小外径之差不超过平均外径上限的 15%。在

光伏组串过流保护装置方面，标准建立了严格的过流保护计算体系，确保过流保护装置在 1.25 倍短路电流条件下能够可靠动作。在直流连接器方面，标准规定了防触电保护要求使带电部件不可被 GB/T 16842-2016 规定的试验指触及，机械特性要求连接器触头无轴向位移且在 80N 拉力作用 15s 后不应分离，密封件要求在上限温度下老化 240 小时后仍能保持 IP 防护等级。标准还制定了全面的安全要求体系，包括绝缘电阻不小于  $1000 \Omega /V$ 、根据 100V 至 1500V 不同电压等级制定的电气间隙标准（0.5mm-19mm）和爬电距离要求（0.25mm-23.6mm）、不低于 IP65 的防护等级以及不低于 UL94V-0 的阻燃等级。环境适应性方面规定了  $-25 \pm 3^\circ\text{C}$  低温工作 16 小时、 $55 \pm 2^\circ\text{C}$  高温工作 16 小时、 $55 \pm 2^\circ\text{C}$  和  $95 \pm 3\%$  相对湿度恒定湿热 48 小时的严格环境试验要求，并精确制定了汇流电路导体连接处温升  $\leq 45K$ 、母线温升  $\leq 35K$  等温升控制指标。试验方法建立了包含 11 项试验项目的完整测试体系，涵盖材料外观检查、过流保护试验、连接器结构性能试验、防护等级试验、绝缘耐压试验和环境试验等内容，且试验规则明确了出厂试验和型式试验的分类要求。

主要解决的问题包括：统一光伏低压直流集电线束技术标准、规范产品材料选择和技术要求、提高产品安全性和可靠性、降低光伏系统集成风险。

### 3. 主要技术差异

本标准为首次制定，填补了光伏低压直流集电线束技术标准的空白，主要技术创新点体现在首次系统性地规范了光伏低压直流集电线束的全生命周期技术要求，对光伏用电缆制定了详细的技术参数表，涵盖绝缘厚度、护套厚度、外径范围和绝缘电阻等关键指标，对过流保护装置建立了严格的计算体系，针对直流连接器规定了 240 小时高温老化和 80N 拉力 15 秒机械强度等具体试验要求。在安全要求方面，标准构建了多层次安全防护体系，根据 100V-1500V 六个电压等级分别制定了电气间隙标准（基本绝缘 0.5mm-11mm，加强绝缘 1.5mm-19mm）和三种污染等级下四种材料组别的爬电距离矩阵表，建立了从绝缘电阻  $1000 \Omega /V$  到 IP65 防护等级再到 UL94V-0 阻燃等级的全方位安全标准。在环境适应性方面，构建了包括低温 ( $-25 \pm 3$ )  $^\circ\text{C}$ 、高温 ( $55 \pm 3$ )  $^\circ\text{C}$  和恒定湿热试验的环境测试体系，精确规定各部件温升指标如汇流电路导体连接处温升  $\leq 45K$ 、母线温升  $\leq 35K$ 、可接近外壳绝缘表面  $\leq 40K$  等严格要求。在试验验证方面，标准构建了包含 11

项具体试验的完整测试体系，建立了出厂试验和型式试验双重检验机制，形成了从产品设计到批量生产的全过程质量控制标准。

#### **4. 解决的主要问题**

本标准主要解决了光伏低压直流集电线束技术标准缺失的问题，通过建立行业统一技术规范填补了这一技术标准空白，通过统一技术要求和试验方法提升产品质量水平和一致性从而解决产品质量参差不齐的问题，通过严格的安全要求和环境要求降低光伏系统集成风险实现安全风险的有效控制，并推动光伏集电线束产品的标准化、规范化发展促进整个行业的健康发展。

#### **三、主要试验（或验证）情况**

试验方法方面，标准构建了一套系统、全面的光伏低压直流集电线束测试体系，包括环境试验和性能试验两大类。环境试验严格设置了低温（ $-25\pm3$ ）℃、高温（ $55\pm2$ ）℃和恒定湿热（ $55\pm2$ ）℃、相对湿度（ $95\pm3$ ）%等苛刻条件，每项试验均保持 16–48 小时，并在标准大气条件下恢复 2 小时，全面考察线束在极端环境下的性能稳定性。性能试验涵盖外观质量检查、光伏用电缆结构性能、光伏组串过流保护、连接器结构性能、外壳防护等级和绝缘耐压等多个维度，其中连接器结构性能试验尤其关键，包括触头位置保持试验（施加 3 倍正常插入力，保持 10 秒）、保持装置有效性试验（施加 80N 拉力，保持 15 秒）、低温机械强度试验（ $-40^{\circ}\text{C}$ 环境下锤击试验）和密封件抗老化试验（240 小时老化），通过一系列严格测试全面评估线束的可靠性。

#### **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**

随着我国光伏产业的快速发展，本标准的实施将从根本上推动行业技术标准化进程，通过统一技术要求、试验方法和检验规范，有效解决技术标准碎片化问题，促进产业链上下游协同创新。标准将倒逼企业提升技术创新能力，加速淘汰技术落后产品，显著提高光伏发电系统的整体可靠性，推动我国光伏产业从规模扩张向高质量发展转变。

对于光伏集电线束企业而言，本标准将成为转型升级的关键驱动力，企业需要全面梳理和优化生产工艺，在材料选择、研发方向、质量控制等方面严格符合标准要求，通过提升技术管理水平实现差异化竞争。标准不仅为企业研发提供明确的技术路径，还将重塑市场竞争格局，使得技术创新和产品质量成为企业立足市场的核心竞争力，同时帮助企业降低生产成本和运营风险，为开拓国内外市场提供有力支撑，最终推动企业实现从量的积累到质的飞跃。

## 六、与国际、国外对比情况

本标准在制定过程中充分借鉴了国际先进标准体系，与多项核心国际标准在技术理念和具体要求上保持高度一致。与 IEC 62852:2014《光伏系统连接器》在连接器技术要求方面形成直接对标，本标准规定的连接器防触电保护要求、80N 拉力 15 秒的机械强度试验、密封件 240 小时高温老化试验以及 IP65 防护等级要求均与 IEC 62852 的核心技术路线保持一致，但本标准专门针对集电线束系统的应用场景进行了系统性扩展和深化。与 IEC 61730-1:2004《光伏组件安全鉴定第 1 部分：结构要求》在安全设计理念上高度契合，本标准中光伏组件反向额定电流  $I_r$  的定义和过流保护装置的设计要求直接引用了 IEC 61730-1 关于组件过电流保护的核心概念，1.25 倍短路电流的保护系数设置体现了与该标准在防止组件热斑损伤方面的技术一致性。与 IEC 61730-2:2004《光伏组件安全鉴定第 2 部分：试验要求》在试验方法学上形成有效呼应，本标准建立的-25℃至 55℃极端温度试验、95%相对湿度恒定湿热 48 小时试验以及连接器低温机械强度试验等环境适应性测试体系，在试验严苛程度和技术指标上与 IEC 61730-2 的组件级试验要求保持同等水平。与 EN 61800-5-1:2007《可调速电力传动系统第 5-1 部分：安全要求电、热和能量》在电气安全标准方面实现技术对接，本标准制定的绝缘电阻不小于  $1000 \Omega/V$ 、电气间隙要求（100V 时基本绝缘 0.5mm 至 1500V 时加强绝缘 19mm）以及爬电距离标准（污染等级 3 条件下从 2.2mm 到 23.6mm 的完整参数矩阵）均采用了与 EN 61800-5-1 相同的安全裕度设计理念和计算方法。与 IEC 62446:2009《并网光伏发电系统：技术资料，委托检测和验收测试的最低要求》在系统集成和质量控制方面形成技术协调，本标准建立的 11 项试验内容的完整测试体系、出厂试验和型式试验的双重检验机制等质量控制要求，在测试覆盖度和验收标准严格程度上与 IEC 62446 的系统级测试要求保持一致。与 UL 9703《集

电缆束安全标准》在材料安全性和长期可靠性方面形成深度技术融合，本标准要求的无卤低烟热固性材料、UL94V-0 阻燃等级、电缆椭圆度不超过 15%以及连接器密封件抗老化等技术指标均体现了与 UL 9703 在电缆束安全防护方面的共同技术理念。技术创新突破方面，本标准在全面吸收上述国际标准先进技术要素的基础上，针对光伏低压直流集电线束的特殊应用场景，创新性地建立了涵盖 15 种电缆规格的系统化技术参数体系、过流保护装置额定电流不小于 1.25 倍短路电流计算公式，以及汇流电路导体连接处温升≤45K、母线温升≤35K 等针对性温升控制指标。综合技术水平评估，本标准不仅在核心安全要求、环境适应性、试验验证等方面达到国际先进水平，更在集电线束系统集成和多组件协调配合等专门技术领域实现了创新引领，技术标准整体达到国际一般水平。

## 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

### 1. 已有标准体系情况，该项目在体系中的位置，配套的学会其它标准情况

本标准作为中国电工技术学会光伏发电系统技术标准的重要补充，在现有光伏技术标准体系中精准定位于光伏低压直流集电线束这一关键技术领域。在技术协调性方面，标准与国家现有标准形成了全面的技术对接：首先，在安全性要求上，与 GB 16895.32-2021《低压电气装置光伏电源系统要求》在电气间隙、爬电距离等关键安全指标上完全对标，延续了国家标准在低压电气系统安全防护的技术路线；其次，在环境适应性测试方面，严格参考 GB/T 2423 系列标准的试验方法，低温、高温、湿热试验的温度范围和持续时间与国家环境试验标准保持高度一致；再者，在性能测试和连接器性能上，借鉴了 GB/T 34936-2017《光伏发电站汇流箱技术要求》和 GB/T 33765-2017《光伏系统用直流连接器》的技术标准，在过流保护、绝缘性能、机械强度、密封性等关键指标上与行业标准高度契合，不仅填补了光伏低压直流集电线束领域的技术空白，还为后续光伏系统相关标准提供了重要的技术支撑。

### 2. 与现行相关法律、法规、国家产业政策的符合性

本标准的制定严格遵循《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国电力法》、《中华人民共和国安全生产法》和《可再生能源法》等相关法律法规的要求，

全面契合国家战略和产业发展需求。《标准化法》第二条明确指出标准化工作应当为经济社会发展服务，本标准通过规范光伏低压直流集电线束的设计、制造、测试和应用，提升产品质量与安全性，直接服务于国家清洁能源发展战略。

从法律层面看，《电力法》关于电力设施安全和电力新技术推广应用的相关规定为本标准提供了重要的法律依据。标准通过严格的技术要求和试验方法，有效保障了光伏发电系统的电气安全，细化了电力设施技术标准，为电力设施安全运行提供技术支撑。《安全生产法》强调了技术标准在保障生产安全中的基础性作用，本标准在连接器结构、防护等级、绝缘性能等方面的规定，有力地支持了电力生产安全。《可再生能源法》从技术进步和产业发展角度，为标准的制定提供了政策引导，推动可再生能源技术创新和产业标准化发展。

在产业政策层面，本标准充分响应了国家碳达峰、碳中和战略，通过推动光伏技术创新，提高光伏发电系统的技术水平和经济性，为实现清洁能源转型提供有力支撑。标准不仅填补了光伏集电线束技术标准空白，更是推动产业链技术升级的重要抓手，体现了国家高质量发展的政策导向。通过严格规范光伏系统关键连接部件的技术要求，标准为光伏行业的健康发展提供了重要技术支持，对推动新能源产业创新和可持续发展具有重要意义。

### 3. 与相关国家标准、行业标准、地方标准、团体标准的协调性

在标准协调性和创新价值方面，本标准在国家和国际标准框架内实现了创新性突破。在国家标准协调性上，标准的技术要求与现有标准完全对齐，在安全性、性能测试等关键指标上保持高度一致；在国际标准契合度上，标准的技术路线与 IEC 国际标准高度契合，吸收了国际先进技术标准的创新理念。标准的核心创新价值体现在：首次系统性地规范了光伏低压直流集电线束的全生命周期技术要求，提供了面向未来的技术标准；通过填补光伏集电线束领域的标准空白，推动了光伏产业标准化发展，提升了光伏系统的安全性和可靠性。这不仅是技术创新的突破，更是对国家清洁能源发展战略的重要技术支撑，将为我国光伏产业的高质量发展提供关键的技术保障。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## **九、标准性质的建议说明**

本标准的性质为团体标准。

## **十、贯彻标准的要求和措施建议**

建议本标准批准发布 2 天后实施。

## **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**

本标准起草单位和主要起草人员与立项时一致，未发生变更。标准名称与立项时完全一致。本标准为首次制定，不存在代替标准变更等情况。