

《中压配电网多端差动保护互操作通用技术要求》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 5 月，广东电网有限责任公司电力调度控制中心联合国电南瑞南京控制系统有限公司等单位，依托南方电网公司科技项目“配电网多端差动保护互操作与同步技术研究”，系统开展了配电网多端差动保护互操作技术与标准需求调研。项目组对国内外差动保护装置的技术路线、通信协议、同步方式等进行了深入调研分析，梳理了多端差动保护在工程应用中面临的主要技术瓶颈，明确了标准制定的技术方向和主要内容。在前期研究成果的基础上，结合工程化应用需求，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》的要求，完成了标准草案的编制工作。草案编制过程中，起草组组织了多次内部讨论和专家咨询，重点围绕信息模型定义、通信帧格式、采样同步机制、差动保护逻辑、自适应配置方案等核心技术内容进行了深入研讨和反复论证，于 2026 年 3 月完成标准初稿。

2026 年 6 月 11 日，项目组按照中国电工技术学会标准立项专家审批意见修改后，提交中国电工技术学会。

2026 年 6 月 22 日，中国电工技术学会批准《中压配电网多端差动保护互操作通用技术要求》团体标准立项。

2026 年 7 月，项目组根据评审专家指导意见，经过多次内部工作会议，反复对标准关键指标内容进行讨论，修改完善标准内容，最终形成标准征求意见稿。

2. 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准由广东电网有限责任公司电力调度控制中心牵头起草，主要参加单位及分工如下：

（1）广东电网有限责任公司电力调度控制中心（牵头单位）

负责标准整体框架设计、核心技术内容确定、标准文本统稿及项目协调管理工作。

（2）国电南瑞南京控制系统有限公司

负责信息模型与通信协议部分的研究与编制，参与差动保护逻辑及自适应配置方案的技术论证。

（3）长园深瑞继保自动化有限公司

负责功能要求和性能要求部分的研究与编制，参与互操作测试验证方案的设计。

（4）江苏金智科技股份有限公司

参与通信帧格式定义、同步机制设计及附录内容的编制。

（5）广东电网有限责任公司中山供电局

负责工程应用场景需求分析、现场试点方案制定及标准实用性验证。

各参加单位按照分工协同开展技术研究和标准编制工作，通过定期会议、专题研讨、联合测试等方式保障了标准编制工作的顺利推进。

二、标准编制原则和主要依据

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：标准化文件的结构和起草规则》的规定进行编写，同时遵循以下原则：

（1）规范性原则

标准内容和编写格式严格遵循国家相关法律法规、强制性标准以及 GB/T 1.1—2020 的规定，确保标准的合规性和权威性。

（2）科学性原则

标准技术指标和参数要求基于充分的理论分析、试验验证和工程实践，确保技术内容的科学有效和切实可行。

（3）先进性原则

充分吸收国内外配电网差动保护领域的最新研究成果和工程实践经验，借鉴 IEC 61850 等国际标准体系，确保标准技术水平的先进性。

（4）开放性与互操作性原则

以“标准统一、互联互通”为核心理念，通过定义统一的信息模型、通信协议和配置方法，实现不同制造厂商差动保护装置之间的完全互操作，打破私有协议壁垒。

（5）可操作性原则

标准内容紧密结合工程实际，在技术指标设定上充分考虑现有设备能力、通信条件和运行维护水平，确保标准发布后可落地实施。

（6）市场导向原则

以我国配电网多端差动保护的应用需求为导向，兼顾技术发展趋势和产业链协同，发挥标准在推动技术进步和规范市场秩序方面的引领作用。

（7）协调性原则

与现行国家标准、行业标准及团体标准保持协调一致，在信息模型方面与 DL/T 860 系列标准衔接，在功能性能方面与 GB/T 14285、NB/T 42165 等标准协调配合。

2. 标准主要内容

本标准规定了 10kV 中压配电网多端差动保护互操作的总体要求、信息模型要求、功能要求、性能要求和试验要求。标准正文共分 8 章，附录 A~E，主要内容如下：

（1）范围（第 1 章）

明确了标准的适用范围：适用于 10kV 中压配电网多端差动保护装置的设计、选型、试验、验收和运行，6kV 和 20kV 系统可参照执行。

（2）规范性引用文件（第 2 章）

列出了标准中引用的相关标准，包括 GB/T 14285、GB/T 14598.1872、GB/T 32890、DL/T 721、DL/T 860 系列、DL/T 1146、NB/T 42165、IEC 62439-3 等。

（3）术语和定义（第 3 章）

定义了“多端差动保护”和“差动保护互操作”两个核心术语。多端差动保护指通过环形方式连接三个及以上开关的配电网线路电流差动保护；差动保护互操作指不同制造厂商的差动保护装置能够相互交换信息、正确使用信息并正确执行差动保护功能的能力。

（4）符号、代号和缩略语（第 4 章）

列出了标准中使用的主要符号和缩略语。

（5）总体要求（第 5 章）

规定了多端差动保护互操作的三项总体要求：

——实现差动保护信息模型标准化、采样同步统一、差动逻辑统一，保证不同装置间互传互通、可靠协同；

——制定并遵循通用通信协议，支持通道数量、采样速率、同步方式、传输延时等关键参数随应用场景自适应变化和动态调整；

——采用 HSR 环形网络实现多端装置间差动数据交互和报文转发，报文转发功能由差动保护内部集成实现，且需具备独立的转发处理芯片，CPU 异常时不应影响环网转发功能。

（6）信息模型要求（第 6 章）

明确了信息模型应遵循 DL/T 860.9-2 的规定，按照“开放性、标准化、可配置、可扩展”原则建模。对目标 MAC 地址、以太网帧类型（88BA）、应用标识（APPID）、采样计数器、传输延时和驻留时间、电流电压采样值、品质位以及状态量信息等进行了详细规定。同时提出了动态自适应信息模型的要求：

——以“保护序号+差动节点集合”方式实现动态拓扑自适应；

——具备采样值自动绑定、采样序号自动对齐、差动保护序号自动配置等功能；

——具备在内部环网通信中断情况下自动重构所需数据通道的能力。

（7）功能要求（第 7 章）

包括保护功能要求、环网通信要求和同步要求：

——保护功能：采用分相差动为主保护，零序差动为后备；支持多端差动节点自适应投退；具备 CT 饱和检测、CT 断线闭锁、采样同步异常检测、运行方式自动切换等功能；

——环网通信：采用 HSR 环网冗余架构，单节点通道异常不影响其余节点差动逻辑，环网节点间双通道独立运行；

——同步要求：支持无外部时钟源的通道同步方式，各节点采样频率为 1kHz（即每周波 20 个采样点），差动保护动作时间 $\leq 40\text{ms}$ ，各节点间同步精度

$\leq 150 \mu s$ 。

（8）试验要求（第 8 章）

规定了型式试验、出厂试验和现场试验三类试验要求，试验项目涵盖：

——差动保护功能及动作时间测试；

——环网通信自适应功能测试；

——差动通信组网及运行方式切换测试（含正常运行、设备故障、线路检修、负荷转移、线路扩建五种工况）；

——光纤通信链路状态监测测试；

——不同厂家设备间的一致性测试和同步精度测试；

——就地数据转发与环网通信性能测试；

——精准同步性能测试（传输延时及驻留时间）。

（9）附录

——附录 A（规范性）：规定了差动帧格式和品质位等详细信息。

——附录 B（规范性）：规定了差动保护的定值要求，包括通道定值、差动 I 段和 II 段定值、零序定值。

——附录 C（资料性）：给出了配电网多端差动系统典型应用示意图和环网通信拓扑图。

——附录 D（资料性）：规定了差动通信组网及运行方式切换的详细测试方法。

——附录 E（资料性）：规定了差动保护主要逻辑功能，包括差动元件、CT 断线检测、CT 饱和判别、差动联跳、差动后加速和差动保护信号等。

与现行国内外相关标准的差异：现行标准 GB/T 14285 和 NB/T 42165 主要针对传统变电站单端保护或线路差动保护的一般性要求，DL/T 860 系列标准侧重于变电站自动化通信，均未对配电网多端差动保护的互操作问题作出专门规定。本标准在上述标准基础上，针对配电网多端差动保护的特殊需求，重点解决了不同厂商设备间

的互操作通信协议、自适应拓扑配置、无时钟源同步等关键问题，填补了目前标准体系中配电网多端差动保护互操作领域的技术空白。

3. 主要试验情况（或验证情况）

（1）实验室测试验证

标准起草组依托南方电网公司科技项目“配电网多端差动保护互操作与同步技术研究”，搭建了含 5 个节点的多端差动保护环网试验平台，涵盖广东电网有限责任公司电力调度控制中心、国电南瑞、长园深瑞、江苏金智等多家厂商的差动保护装置。开展了以下系统性测试：

a) 互操作通信协议一致性测试：验证了不同厂商装置间的报文格式、目标 MAC/APPID 绑定、采样数据传输的正确性和一致性。

b) 自适应配置功能测试：验证了正常运行、设备故障更换、支路检修、负荷转移、线路扩建五种工况下，差动保护节点自动识别、通信参数自动配置、差动逻辑自动调整的功能正确性。

c) 环网通信性能测试：验证了 HSR 环网架构下单节点故障、双节点故障、通信链路中断等异常工况下，环网报文转发功能的可靠性，以及在 CPU 异常时转发功能不受影响的设计要求。

d) 同步精度测试：验证了无外部时钟源条件下，基于通道的采样同步算法，各节点间采样同步误差满足 $\leq 150\ \mu\text{s}$ 的设计指标。

e) 差动保护性能测试：验证了区内故障动作时间 $\leq 40\text{ms}$ 、区外故障可靠不动作、CT 饱和时可靠闭锁、CT 断线时正确告警等保护功能性能。

f) 传输延时与驻留时间测量：验证了各节点对传输延时和驻留时间的精准测量能力。

（2）现场试点验证

项目组在广东电网中山供电局选定的 10kV 配电线路上开展了现场试点应用，共接入 4 个差动保护节点，涵盖变电站出线开关和 3 条分支线路开关。试点运行期间，装置运行稳定，通信正常，各项功能指标满足设计要求，验证了标准技术方案

在实际工程环境中的可行性和可靠性。现场试点运行 6 个月，装置正确动作 XX 次，无误动、拒动情况发生。

（3）专家评审意见

标准草案形成后，起草组邀请了国内继电保护、配电自动化、标准化等领域的专家进行了技术评审。专家组认为：标准技术内容科学合理，具有创新性和实用性，填补了配电网多端差动保护互操作领域的标准空白，整体技术方案处于国内领先水平。

4. 关键技术问题及解决情况

标准编制过程中重点解决或论证了以下关键技术问题：

（1）统一通信帧格式的设计

问题：不同厂商差动保护装置的私有通信协议差异大，帧格式、采样率、数据排列各不相同，是互操作面临的首要障碍。

解决：标准定义了基于以太网 SV 报文（EtherType=0x88BA）的通用差动帧格式，统一规定了目标 MAC 地址（01-0C-CD-04-00-01~FF）、APPID

（0x4001~0x40FF）、采样计数器、传输延时/驻留时间、电流电压采样值、品质位以及状态量信息的字节长度和排列顺序。通过充分的实验室多厂商对接测试，验证了该帧格式的通用性和兼容性。

（2）自适应拓扑与即插即用机制

问题：配电网运行方式多变，分支线路接入/退出频繁，传统的静态配置方式难以适应配电网运维需求。

解决：提出了基于“保护序号+差动节点集合”的动态自适应方案。通过定义统一的节点集合定值，各装置可自动识别当前环网内所有节点，自动完成采样值序号对齐、目标 MAC/APPID 绑定、差动逻辑通道分配。在设备更换、线路扩建、负荷转移等场景下，无需人工重新配置通信参数，实现了真正的“即插即用”。附录 D 通过

五种典型工况的详细测试方案对该机制进行了验证。

（3）无外部时钟源的通道同步方法

问题：配电网差动保护节点通常部署在户外环网柜或柱上开关处，难以保证每个节点均能可靠接收 GPS/北斗等外部时钟信号。

解决：标准采用了基于通道的采样同步算法，通过在通信帧中携带传输延时和驻留时间信息，各节点依据收到的同步信息和本地采样时刻进行插值同步，无需依赖外部时钟源。标准要求各节点间同步精度 $\leq 150\ \mu\text{s}$ ，通过实际装置测试验证，在典型环网通信条件下同步精度可稳定控制在 $100\ \mu\text{s}$ 以内。

（4）HSR 环网报文转发与保护功能的隔离

问题：当差动保护装置的 CPU 出现异常时，如果报文转发功能受到影响，将导致整个环网通信中断，引发大面积保护功能失效。

解决：标准明确要求报文转发功能应由独立的硬件转发芯片实现，与保护运算 CPU 物理隔离。当 CPU 异常（包括死机、复位、程序跑飞等）时，转发芯片应能继续独立完成 HSR 环网报文转发，确保其他正常节点的差动保护功能不受影响。此项要求已在各厂商设备上进行了充分的故障注入测试验证。

（5）差动保护节点自适应投退的安全性

问题：配电网运行方式调整时，如何在保证安全的前提下实现差动保护节点的在线投退。

解决：标准规定了严格的安全闭锁机制：差动保护投入/退出均配置独立硬压板和软压板，仅在硬压板和软压板均投入且无闭锁信号时，差动保护才允许投入；分支线路检修时，需先投入检修压板，该节点在差动逻辑中自动退出且不参与差动电流计算；保护装置需同时接收到对侧的退出标志后才可解锁该节点的差动计算。通过“五重确认”机制确保节点投退的安全性。

三、主要试验（或验证）情况

（参见第二条“主要试验情况”）标准中涉及的主要试验验证项目和结果已在第二条“主要试验情况”中详细说明。总结如下：

（1）实验室联调测试：组织了国电南瑞、长园深瑞、江苏金智等至少 3 家不同厂商的差动保护装置，搭建多端环网试验环境，完成了互操作通信协议一致性测试、自适应配置功能测试、环网通信性能测试、同步精度测试和差动保护功能性能测试等全部验证项目。测试结果表明，标准规定的技术方案可行，各厂商装置能够实现完全互操作。

（2）RTDS 数字仿真验证：利用 RTDS 实时数字仿真系统，对标准定义的各种故障工况（区内/区外故障、CT 饱和、CT 断线、通信中断、同步异常等）进行了全面仿真验证，验证了差动保护逻辑的正确性和可靠性。

（3）现场试点运行：在广东电网中山供电局 10kV 实际线路上进行了为期 6 个月的挂网试点运行，进一步验证了标准技术方案在真实运行环境中的适用性和可靠性。

总体结论：通过实验室联调测试、RTDS 数字仿真和现场试点运行三个层次的验证，标准规定的各项技术指标和功能要求均得到充分验证，表明标准技术方案成熟可靠、具有广泛的工程适用性。

四、标准中涉及专利的情况

本标准在起草过程中，依托南方电网公司科技项目“配电网多端差动保护互操作与同步技术研究”，项目组已申请发明专利 4 项（含一种适用于配电网多端差动保护的通用通信协议实现方法、一种基于通道的差动保护无时钟源采样同步方法、一种配电网多端差动保护自适应拓扑即插即用方法、一种 HSR 环网异常工况下差动保护的快速处置方法等）。上述专利的专利权人均同意在公平、合理、无歧视的基础上，按照中国电工技术学会的有关专利政策进行处置。

本标准在发布时，将按照 GB/T 1.1—2020 的规定，在标准前言中做出必要的专利说明。标准的使用者应注意，本标准中某些内容可能涉及上述专利，标准的发布机构不承担识别专利的责任。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况

（1）推动配电网保护技术进步

本标准首次在行业层面统一了中压配电网多端差动保护的互操作技术规范，解决了长期以来不同厂商设备私有协议互不兼容的技术瓶颈。通过标准的实施，将促使各制造厂商按照统一的技术规范进行产品研发，推动差动保护技术从“私有封闭”走向“开放互操作”，显著提升配电网保护的整体技术水平。

（2）降低配电网建设与运维成本

标准实现了不同厂商差动保护装置之间的即插即用和互操作，将有效破除当前单一厂商设备锁定带来的垄断局面，促进市场竞争，降低设备采购成本。同时，自适应配置功能的实现大幅减少了现场调试和运维工作量，降低了配电网全生命周期的运营成本。

（3）提升供电可靠性

多端差动保护具有天然的选择性，能够精确判别并快速隔离故障区段，将故障停电范围最小化。标准的推广应用将显著提升中压配电网的故障处理速度和供电可靠性，减少用户停电时间，产生显著的社会经济效益。

（4）促进产业链协同发展

标准为配电网差动保护产业链各环节（芯片、装置、系统集成、运维服务等）提供了统一的技术基准，有利于形成规模化、标准化的产业生态。标准的实施将促进上下游企业协同创新，加速新技术的工程化应用和产业化进程。

（5）助力新型电力系统建设

随着高比例分布式新能源的接入，配电网形态正发生深刻变革。本标准以适应新型电力系统对配电网保护提出的新要求提供了标准化的技术方案，对于构建以新能源为主体的新型电力系统具有重要的技术支撑作用。

综上所述，本标准属于“补空白”型标准，将有效填补配电网多端差动保护互操作领域的技术标准空白，对促进配电网保护技术升级、规范市场秩序、推动产业链协同发展具有重要意义。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

（1）采用国际标准情况

本标准在信息模型方面参照了 IEC 61850（DL/T 860）系列标准的建模方法，在环网通信方面引用了 IEC 62439-3（HSR）标准，在量度继电器差动保护方面引用了 GB/T 14598.1872（等同采用 IEC 相关标准）。但由于本标准针对的是中压配电网多端差动保护互操作的特殊应用场景，在通信帧格式、自适应拓扑配置、无时钟源同步等方面具有创新性内容，IEC 等国际标准中尚无完全对应的标准，因此本标准未直接采用某项国际标准。

（2）与国外先进标准的对比

经检索和对比分析，目前国际上尚无专门针对配电网多端差动保护互操作的技术标准。IEC 61850 标准体系主要面向变电站自动化通信，虽具备一定的通用性，但并未对配电网多端差动保护的特殊需求（如 HSR 环网下的多节点自适应配置、无时钟源同步、即插即用等）作出专门规定。本标准的制定，在技术方案上与国际主流技术路线（IEC 61850 体系、HSR 环网技术）保持一致，同时在应用层面针对配电网的特殊性进行了深化和创新，具有国际先进性。

（3）与国内现有标准的协调

本标准与国内现行相关标准 GB/T 14285《继电保护和安全自动装置技术规程》、DL/T 721《配电自动化远方终端技术规范》、DL/T 860 系列标准、DL/T 1146《DL/T 860 实施技术规范》、NB/T 42165《多端线路保护技术要求》等保持了良好的协调配套关系，在通用性要求上引用上述标准，在特殊性要求上进行了补充和细化，无重复和矛盾。

综合判断：本标准技术水平达到国内领先水平。

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

（1）在标准体系中的位置

本标准属于中国电工技术学会团体标准，归口中国电工技术学会标准工作委员会**专业**分会管理。在电力标准体系中，本标准定位于配电网继电保护领域的专业技术标准，属于配电自动化标准子体系中的终端设备及功能规范类标准。本标准的制定，完善了现有标准体系在配电网多端差动保护互操作方面的空白。

（2）与法律、法规、规章的协调性

本标准各项技术内容均符合《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国电力法》《电力监管条例》等现行法律、法规和部门规章的要求。

（3）与相关标准的协调性

本标准与现行强制性国家标准、推荐性国家标准、行业标准及团体标准保持协调一致，主要协调关系如下：

——GB/T 14285《继电保护和安全自动装置技术规程》：本标准在保护功能的基本要求上与 GB/T 14285 保持一致，在此基础上针对多端差动保护的特殊需求进行了细化规定；

——DL/T 860 系列标准：本标准在信息模型方面遵循 DL/T 860.9-2 的规定，在建模方法和通信服务方面与之协调；

——DL/T 721《配电自动化远方终端技术规范》：本标准在终端基本功能方面与 DL/T 721 衔接；

——NB/T 42165《多端线路保护技术要求》：本标准在差动保护基本原理方面与 NB/T 42165 协调，在互操作通信协议和自适应配置方面进行了补充和细化；

——DL/T 1146《DL/T 860 实施技术规范》：本标准在工程实施方面参照 DL/T 1146 的要求。

经逐项核对，本标准与上述相关标准无矛盾、无交叉重复，协调配套关系良好。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准起草和征求意见过程中，未出现重大分歧意见。对于个别技术问题存在不同看法，起草组均通过技术讨论和试验验证达成了共识。

（1）关于采样频率的选择：部分专家建议采用更高的采样频率（如 4kHz 或更高）以提高保护精度。经讨论，考虑到配电网差动保护的实际需求、现有硬件平台的处理能力以及通信带宽的约束，最终确定采用 1kHz（每周波 20 点）的采样频率，可满足配电网差动保护性能要求且具有良好的工程可行性。

（2）关于差动保护动作时间的确定：有专家建议将动作时间要求进一步收紧至 30ms。经充分论证，考虑到配电网电压等级和供电可靠性需求，以及与现行标准 NB/T 42165 的协调，确定动作时间要求为 $\leq 40\text{ms}$ ，与现行行业标准保持一致。

以上技术讨论结果均已纳入标准文本或在本编制说明中予以说明。

九、标准性质的说明

建议本标准作为中国电工技术学会团体标准发布。

本标准推荐为团体标准，供社会自愿采用。标准发布实施后，将为配电网多端差动保护装置的设计、制造、检验和应用提供统一的技术依据，有助于规范市场秩序、促进技术交流和产业链协同发展。

十、贯彻标准的要求和措施建议

(1) 建议本标准发布后设立 6 个月的过渡期，过渡期后正式实施，以便相关制造厂商有充足的时间对现有产品进行符合性改进和新产品研发。

(2) 建议标准发布后，由中国电工技术学会联合标准起草单位组织开展标准宣贯和技术培训活动，向电网公司、设备制造商、检测机构等单位广泛宣传标准内容和技术要点。

(3) 建议相关电力企业在设备招标采购中，将符合本标准作为多端差动保护装置的技术要求之一，以市场手段推动标准的落地实施。

(4) 建议标准起草单位持续跟踪标准的实施情况，收集反馈意见，必要时适时启动标准的修订工作。

(5) 建议相关检测认证机构依据本标准开展多端差动保护装置的互操作符合性检测和认证服务，为标准实施提供技术支撑。

(6) 无其他特殊要求。

十一、废止或代替相关标准的建议

本标准为首次制定，无废止或代替相关标准的建议。

本标准发布实施后，建议在后续修订 NB/T 42165《多端线路保护技术要求》等现行标准时，参考本标准在配电网多端差动保护互操作方面的技术内容，以保持标准体系的一致性和协调性。

十二、其他应予说明的事项

（1）本标准在起草过程中，充分借鉴了南方电网公司科技项目“配电网多端差动保护互操作与同步技术研究”的研究成果和工程实践经验。项目验收专家组对本标准技术方案的先进性、实用性和可靠性给予了充分肯定。

（2）本标准的附录 A 和附录 B 为规范性附录，附录 C、附录 D 和附录 E 为资料性附录。

（3）无其他需要说明的事项。