

《特高压换流变防爆燃用 550kV SF₆ 旁路触发间隙技术规范》

编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 主要工作过程

针对特高压换流变防爆燃工程亟需，依托国家电网公司特高压大型充油设备故障防爆技术专项研究框架项目，中国电科院提出旁路触发间隙高速旁路换流变防爆燃方法，组织西交大、平高电气、泰开高压、南瑞继保、国网江苏电力等单位组建项目组，国际首次研制特高压换流变防爆燃用 550kV SF₆ 旁路触发间隙，并于 2025 年 6 月开始在特高压姑苏换流站示范应用。为了规范化产品设计、生产、试验检验和工程应用，以项目组为基础成立了标准起草工作组，将旁路触发间隙研发过程中形成的设计、生产和试验经验总结形成标准草稿。于 2025 年 11 月 25 日通过了标工组组织的标准立项评审会，正式立项，启动编写标准草案。于 2026 年 5 月 28 日通过了标工组组织的标准中期审查，对标准草案进行了评审，根据专家意见修改完善形成征求意见稿。

2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

本标准由中国电力科学研究院有限公司牵头，国家电网公司、山东泰开高压开关有限公司、河南平高电气股份有限公司、西安交通大学、国网江苏省电力有限公司、国网直流技术中心、北京智宇信电力技术有限公司、国家电网公司（常州）电气设备检测中心、南京南瑞继保电气有限公司、国网甘肃省电力有限公司、国网宁夏电力有限公司、国网四川电力有限公司、国网陕西省电力有限公司参与共同负责起草。

中国电科院负责标准整体编写，国家电网公司审核把关。西交大参与触发设计实现相关内容编写；山东泰开高压和河南平高电气参与间隙本体及整机设计、试验相关内容部分编写；北京智宇信参与触发测控系统设计实现相关内容编写；国网常州电气设备检测中心参与试验检测相关内容编写；南瑞继保配合防爆燃保护相关内容编写；国网直流技术中心、国网江苏、甘肃、宁夏、四川和陕西电力参与间隙试验及运维相关内容编写。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准规范的旁路触发间隙是一种基于等离子体喷射的新原理 1ms 旁路装备，可满足超高速旁路特高压换流变防爆燃的工程需求。

特高压换流变防爆燃用 550kV SF₆旁路触发间隙，国际首次研制并示范应用，能够简单有效防爆燃，具有很高的推广应用价值，需要及时总结研制使用经验并编写技术规范，指导后续高质量设计生产和使用，及 750kV 产品研制使用，满足特高压工程高可靠使用急需。

标准编写组总结项目组研发过程中形成的产品设计、性能验证和工程应用经验，规范了旁路触发间隙的设计、制造、试验和交付验收等环节。本标准中编制过程中充分调研了国内外开关设备和等离子体触发间隙相关标准，对于现有标准中适用的条款采用直接引用原则，对于所提出的产品设计建议和试验方法进行了充分的验证，可用于指导制造厂产品研发和成套设计单位设备选型。

本标准具备一定的开放性，可依据工程需要进一步拓展形成交、直流多电压等级的等离子体触发间隙系列化标准。

2、标准主要内容

本文件针对特高压换流变防爆燃用 550kV SF₆旁路触发间隙，规范了标识，正常运行条件，额定参数，关键技术要求及设计实现参考，型式试验，出厂试验，运输、存储、安装、运行和维护规则等内容。并对如下重点问题提出了技术要求、最优设计建议和统一的试验方法：

- 1) 整体构成及间隙本体结构设计。
- 2) 绝缘技术要求及设计实现。
- 3) 触发技术要求及设计实现。
- 4) 通流及绝缘恢复技术要求及设计实现。
- 5) 触发测控系统技术要求及设计实现。
- 6) 关键组部件技术要求
- 7) 旁路触发间隙型式试验、出厂试验和现场验收试验项目及方法。
- 8) 旁路触发间隙运维检修方案。

3、解决的主要问题

特高压换流变内部严重故障容易导致爆燃起火等恶性事件，现有继电保护+常规断路器开断电流时间长达 50-80ms，难以及时清除故障防爆燃，严重威胁特高压主设备及电网安全稳定运行。在国家电网公司“特高压大型充油设备故障防

爆技术专项研究框架项目”支持下，中国电科院国际首次提出使用旁路触发间隙高速旁路换流变防爆燃方法，并组织项目组集中攻关研制了 550kV SF₆旁路触发间隙实现工程应用，可大幅缩短换流变内部故障时间 80%以上至 7ms，简单有效防爆燃，适合于所有型号换流变及故障类型和位置，亟待规范化推广应用，满足特高压工程应用急需。

同时，旁路触发间隙具有绝缘水平高、1ms 导通旁路，大容量通流及绝缘恢复的技术特点，兼顾电力电子阀组的导通速度和机电设备的简单可靠的优点，具有不可或缺的技术经济优势。随着特高压直流输电工程的推广建设，旁路触发间隙的市场前景广阔，不仅能够有效防止换流变爆燃，还可拓展应用于超/特高压交、直流系统中高速旁路保护场景，与系统中亟需保护的核心设备并联，通过间隙高速触发导通将故障旁路转移，保护核心设备安全。

为解决现有交、直流开关设备相关标准并不能够指导产品设计、制造、试验和工程应用的问题。本标准中针对特高压换流变防爆燃用 550kV 旁路触发间隙，梳理关键技术要求、提供设计实现参考建议，明确型式试验、出厂试验项目和方法，提出安装、运维项目和方法，选用导则等，以指导制造厂设计生产，试验检测单位试验验证，和用户选型使用。

三、主要试验情况

本标准规范了特高压换流变防爆燃用 550kV SF₆旁路触发间隙。项目组按照特高压直流工程高性能及高可靠的极端严酷要求，完成了国际首台等离子体触发间隙 TG1-AC550/63-SF₆产品研制，据此提出了本标准中关键技术要求 and 设计实现参考。产品完成了第三方性能试验验证，间隙整机绝缘为换流变 500kV 网侧 1.2 倍；最低可触发电压 6kV，触发导通时间 1ms；通流能力 63kA/80ms，通流后 800ms 恢复绝缘；触发测控双冗余设计，据此提出了本标准中型式试验项目及方法。完成特高压姑苏换流站产品生产供货，成功完成现场交接试验，据此提出了本按标准中的出厂试验、现场验收试验和运维方法。

上述工作充分验证了本标准中提出的设计方法的可靠性，和试验、运维方法的合理性。

四、标准中涉及专利的情况

无。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

等离子体喷射触发间隙作为一种简单可靠的亚毫秒超高速关合电力设备，关合速度快、通流容量大、简单可靠，体积小、成本低，技术经济优势明显，有望作为核心控制元件用于交、直流系统多电压等级超高速关合场合，满足电网越来越多的超高速快速控制和保护需要，具有广阔的应用前景。

本标准中规范了一种基于等离子体喷射触发的间隙型超高速关合高压电力设备。根据特高压直流可控自恢复消能装置快速控制需求，规范等离子体喷射触发间隙的设计、制造、试验和交付验收等环节，可用于指导制造厂产品研发和成套设计单位设备选型。也有望进一步扩大应用范围，指导特高压交、直流工程控制和保护中所需的等离子体触发间隙型超高速闭合开关研制。

六、与国际、国外对比情况

本标准中所规定的旁路触发间隙为国际首次工程应用。目前国内、外尚无相同旁路触发间隙的工程产品应用和技术标准，通用的开关产品相关标准并不完全适用。

项目牵头单位中国电科院前期组织研制了特高压直流系统可控自恢复消能装置快速控制用触发间隙并工程应用，编制了相应的技术规范《T/CES 265-2023-特高压直流可控自恢复消能装置快速控制用等离子体喷射触发间隙技术规范》，该设备为直流设备，由于使用场景不同，技术要求、设计方法均不相同。

综上，本标准水平可以确定为国际先进水平。

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

本标准中主要内容依据项目组在特高压换流变防爆燃用旁路触发间隙产品研制和工程应用的成果总结。

特高压换流变防爆燃用触发间隙尚无同类产品及规范，前期项目牵头单位中国电科院前期组织研制了特高压直流系统可控自恢复消能装置快速控制用触发间隙并工程应用，编制了相应的技术规范《T/CES 265-2023-特高压直流可控自恢复消能装置快速控制用等离子体喷射触发间隙技术规范》，其中整机结构、触发、通流及绝缘恢复部分设计方法适用，在本标准中参考引用。

间隙作为高速关合的开关类设备，高压开关产品相关标准《GB/T 11022》和《GB/T 1984》中的绝缘试验方法部分适用、大容量通流及绝缘恢复回路及试验方法部分适用，触发测控系统的绝缘试验、环境试验和电磁兼容等试验相关标准适用，间隙成套装置中使用的光纤绝缘子、隔离供能变、控制箱等组部件标准适用。重点在本标准的第 8 章型式试验、第 9 章出厂试验和第 10-12 章运输、安装和运维等部分引用。

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

建议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

无。