

比选文件

项目名称：真空触发间隙（TVG）

2026年5月

一. 需求一览表

包号	名称	型号	数量
01	真空触发间隙 (TVG)	100kV-100kA	4 只

二. 技术要求

1. 产品用途

用于超/特高压直流输电大容量电子调制式直流断路器，作为其核心快速旁路开关组件。在高压直流系统发生短路故障时，通过触发信号在微秒级时间内可靠导通，实现故障电流的快速转移与电力电子器件的保护，保障直流断路器的可靠分断与电网安全稳定运行。

2. 主要技术要求

本采购真空触发间隙为直流断路器核心配套部件，需满足额定工作电压 100kVdc、峰值电流 100kA、亚微秒级触发时延等关键性能指标，具备高可靠性、长寿命及良好的环境适应性，具体技术细节详见后续设计要求。

预期取得的成果和考核指标：

- （1）合同签订后 10 天内，完成提供完整中标方签字盖章的产品技术文件（含规格书、图纸、BOM 清单），作为验收依据；
- （2）合同签订后 40 天内，完成真空触发间隙供货。

3. 技术设计要求

3.1 技术标准

标准类别	标准编号及名称
国家标准	GB/T 311.1 高压输变电设备的绝缘配合
国家标准	GB/T 1984 高压交流断路器
行业标准	DL/T 403 高压交流真空断路器
国际标准	IEC 60068 环境试验

参照标准	GB/T 17702、IEC 61071（相关试验方法参照）
------	--------------------------------

3.2 电气性能要求

序号	性能类别	具体参数	技术要求
1	基础参数	额定工作电压	100kVdc
2	-	最高自击穿电压	≥130kVdc
3	-	雷电冲击耐压（BIL）	≥185kV（1.2/50μs 标准雷电波，正负极性各 5 次）
4	通流能力	峰值电流	≥100kA（直流 50kA 叠加 50kA 交流衰减震荡，最长燃弧时间 3ms）
5	-	单次最大电荷转移量	≥150C
6	-	最大电流上升率（di/dt）	≥10kA/μs
7	触发特性	触发电压范围	10kV ~ 20kV
8	-	触发能量	1J ~ 2J
9	-	触发时延	< 0.2μs
10	-	触发时延抖动（标准偏差）	< 50ns
11	主间隙参数	主间隙距离	20±5mm
12	绝缘性能	极间直流耐压	120kVdc，持续 10s（型式试验 60s），无自击穿或闪络
13	-	极壳工频耐压	130kVac，持续 10s（型式试验 60s），无击穿或闪络
14	-	触发极对阴极绝缘耐压	30kVdc/10s，无击穿或闪络

3.3 机械特性要求

序号	特性类别	具体要求
1	安装方式	需提供法兰安装点，能承受 100kA 脉冲电流产生的电动应力而不发生形变或位移
2	触发极连接接口	需采用标准高压同轴连接器或耐压专用接线柱。
3	产品重量	尽可能轻量化，需标注确切总质量（kg）
4	真空壳体材料	陶瓷-金属封接结构，外绝缘表面需满足爬电距离要求
5	触头结构	杯状平板/杯状纵磁

3.4 环境特性要求

序号	环境类别	具体参数	技术要求
1	真空度	出厂内部真空度	$\leq 1 \times 10^{-4}$ Pa
2	绝缘距离	外部爬电距离	> 400mm
3	适用海拔	-	≤ 2000 m
4	运行环境	温度范围	-25℃ ~ +55℃
5	-	湿度范围	$\leq 85\%$ RH（户内安装，无凝露）
6	冷却方式	-	自然冷却

3.5 可靠性要求

序号	可靠性指标	技术要求
1	工作寿命	> 5×10^3 次（额定工况 100kA/100kV 下，寿命末期触发时延漂移不超过初期值的 20%）
2	触发稳定性	连续触发 10 次，击穿时延抖动 < 50ns

3	失效模式	寿命周期内不应出现自击穿电压下降导致误触发、连续触发误通或触发极对地击穿
4	阻燃等级	外部绝缘材料需符合 UL94 V-0 级
5	维护周期	免维护设计

3.6 检验要求

(1) 出厂检验项目（每台必检）

序号	项目	技术要求	检验方法或仪器
1	外观	产品清洁、标志清晰，壳体及绝缘外套无裂纹、划伤	目测
2	尺寸	外形及安装接口符合附图 1 要求	数显卡尺、钢板尺、量规
3	极间直流耐压	120kVdc/10s，无自击穿、无闪络	直流高压发生器
4	极壳工频耐压	130kVac（有效值）/10s，无击穿、闪络	工频试验变压器
5	触发极绝缘耐压	触发极对阴极（或指定电极）30kVdc/10s，无击穿、闪络	直流高压发生器
6	触发特性	在极间施加直流电压 100kV 条件下，施加触发脉冲（幅值 10kV~20kV，能量 1J~2J），主间隙可靠击穿导通且触发时延 $<0.2\mu\text{s}$	TVG 触发特性测试系统（含高压直流源、触发源、罗氏线圈、高压探头及示波器）

(2) 型式试验项目（按需开展，需提供报告）

序号	项目	技术要求	试验方法
1	外观与尺寸检查	同出厂检验要求	目测 + 量具
2	绝缘耐压	极间直流耐压：120kVdc/1min，无击穿闪络； 极壳工频耐压：130kVac/1min，无击穿闪络；	高压试验设备及标准测量系

	试验	雷电冲击耐压 (BIL): $\geq 185\text{kV}$, 正负各 5 次, 无破坏性放电; 触发极绝缘耐压: 触发极对阴极 $40\text{kVdc}/1\text{min}$, 无击穿闪络; 自击穿电压测试: 无触发下电压缓升 (升压速率 $\leq 2\text{kV/s}$), 连续 5 次, 自击穿电压均应 $\geq 130\text{kVdc}$	统
3	触发特性全项试验	在 100kVdc 极间电压下, 测量最小触发电压、触发能量、触发时延及抖动 (10 次触发, 时延 $< 0.2\mu\text{s}$, 标准偏差 $< 50\text{ns}$); 验证触发电压 $10\text{kV}\sim 20\text{kV}$ 、触发能量 $1\text{J}\sim 2\text{J}$ 范围内可靠触发	触发特性测试系统, 示波器记录
4	通流能力试验	在额定工作电压 100kVdc 下触发, 通以峰值电流 100kA (波形: 直流 50kA 叠加 50kA 交流衰减震荡, 燃弧时间 3ms), 连续试验不少于 3 次。试验后自击穿电压 $\geq 117\text{kV}$, 触发时延仍 $< 0.2\mu\text{s}$, 外观无显著烧蚀或损坏	大电流冲击发生器及测量系统
5	寿命试验 (耐久性试验)	①预处理: 常温下极间加 110kVdc (1.1 倍额定电压) 持续 1h, 无自击穿。②试验程序: a) 环境温度 $+50^\circ\text{C}$ 下, 极间施加 110kVdc , 触发放电 (峰值电流 100kA), 放电 2500 次; b) 恢复到常温, 极间施加 110kVdc , 继续触发放电 2500 次, 累计 ≥ 5000 次。③试后要求: 自击穿电压 $\geq 117\text{kV}$, 触发时延 $< 0.24\mu\text{s}$ (初期值的 1.2 倍), 外观及结构完好, 电极无明显严重烧蚀	耐久性试验系统及测量装置
6	热稳定性试验	在最高允许重复频率 (如 0.1Hz) 及额定工况下连续运行, 测量电极、触发极及外壳温升, 热点温度不超过设计最大值 (85°C)。若未按规定重复频率, 则以单次放电后的温升恢复曲线评估	温度传感器及记录仪
7	温度冲击试验	-40°C (3h) $\sim +85^\circ\text{C}$ (3h) 循环 5 次, 恢复常温后, 外观无损伤、密封良好, 自击穿电压 $\geq 130\text{kV}$, 触发时延 $< 0.2\mu\text{s}$	高低温冲击试验箱
8	稳态湿热试验	$40^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $93\%\text{RH}$ 环境连续放置 21 天, 试验后绝缘件无开裂、金属件无严重腐蚀, 极壳绝缘电阻及耐压满足要求	恒温恒湿试验箱
9	振动试验	$10\text{Hz}\sim 55\text{Hz}$, 振幅 $\pm 1\text{mm}$, 每轴向 10 个循环 (扫频速率 1 倍频程/min), 试验后结构紧固件	振动试验台

		无松动，密封真空度无劣化，电气性能合格	
10	端子力矩试验	主电极连接端子施加 30N·m 力矩，持续 15s； 触发极连接器施加规定力矩，试验后无可见损伤	力矩扳手

3.7 特殊要求

1. 中标方需提供真空触发间隙类产品寿命曲线图（参考值：不同工作电压、峰值电流下与预期寿命的对应关系），作为可靠性参考依据；

2. 所有真空触发间隙类试验报告需加盖中标方公章，第三方检测报告（如有）需附检测机构资质证明；

3. 真空触发间隙类产品的耐久性试验、通流能力试验等关键项目需留存试验过程记录（含数据、影像资料），按需提供给采购方核查。

三. 商务要求

1. 供应商资质

供应商提供：法人营业执照（加盖公章）、收款账户文件（加盖公章）、人员社保缴纳证明，供应商认为必要的其他资格证明文件。

2. 商务条款

条款	内容
1. 付款方式	国内合同：（一次性付款）甲方在货物到货安装、调试、验收且收到乙方开具相应金额的增值税专用发票后 30 个工作日内向乙方支付 100% 合同款项。 注：在甲方支付款项前，乙方应开具相应金额对等的增值税专用发票。
2. 质保期	质量保证期自验收合格之日起 12 个月。
3. 交付时间及地点	1、交付要求： (1) 合同签订后 10 天内，提供完整中标方签字盖章的产品技术文件（含规格书、图纸、

	<p>BOM 清单), 作为验收依据;</p> <p>(2) 合同签订后 40 天内, 完成真空触发间隙供货;</p> <p>2、交货地点: 清华大学用户指定地点</p>
4. 验收方式	<p><input checked="" type="checkbox"/> 采购人自行验收</p> <p><input type="checkbox"/> 组织专家参与验收</p> <p><input type="checkbox"/> 其他方式:</p>
5. 验收标准	<p>1. 产品数量及外观验收: 根据采购合同清单, 进行产品数量及外观检验;</p> <p>2. 产品质量文件验收: 乙方需提供清晰完备的装箱单、检验报告、第三方检测报告 (如有)、试验报告、产品技术规格书等;</p> <p>3. 产品抽样检验: 按照技术设计要求对交付产品进行抽样检验, 抽检产品需满足所有技术指标, 且与质检报告数据一致。如抽检不合格, 需对整批产品进行复核检验, 依据不合格品数量, 限期供应商返厂维修或重新供货。</p>

3. 类似业绩

供应商近 3 年具有与本项目同类的真空触发间隙 (TVG) 供货或相关触发开关类业绩 (需提供项目业绩的合同关键页复印件, 合同关键页包含合同的甲乙双方、合同详细标的和双方签章及生效时间)。

4. 能力证明文件

供应商提供: 质量管理体系认证及证书, 生产设备、检验设备及生产能力的说明文件, 售后服务承诺书等供应商认为必要的其他能力证明文件。

5. 报价单

供应商根据技术要求、商务要求, 评估并出具正式报价单 (或方案)、加盖公章。