

# Risk control and implementation points of on-site withstand voltage test of GIS equipment

Hui Cha Jianpeng Ma Xiang Deng Liang Zhai

State Grid Shizuishan Power Supply Company, Shizuishan, Ningxia, 753000, China

## Abstract

This paper addresses challenges in GIS equipment withstand voltage testing, including high-voltage risks, potential equipment damage, and operational complexities. The study systematically investigates risk control systems and implementation strategies. By analyzing experimental principles and field environmental characteristics, it identifies core risks such as overvoltage breakdowns, insulation damage, and personnel safety hazards during testing. A management framework integrating "risk identification, preventive measures, and emergency response" is established. An optimized testing parameter method based on equipment condition assessment is proposed, with clear implementation guidelines for pre-test preparation, process control, and post-test monitoring. The paper emphasizes the synergistic effects of insulation pretreatment, voltage gradient control, and real-time monitoring. Research findings demonstrate that through scientific risk management strategies and standardized procedures, test risks can be effectively mitigated while ensuring measurement accuracy and site safety, thereby providing reliable assurance for GIS equipment insulation performance evaluation.

## Keywords

GIS equipment; withstand voltage testing; risk control; field implementation; insulation assessment

# GIS 设备现场耐压试验的风险控制与实施要点

查辉 马建鹏 邓翔 翟亮

国网石嘴山供电公司, 中国·宁夏 石嘴山 753000

## 摘要

本文针对GIS设备现场耐压试验中存在的高电压风险、设备损伤隐患及操作复杂性问题,系统研究风险控制体系与实施要点。从试验原理与现场环境特性出发,分析试验过程中过电压击穿、设备绝缘损伤、人员安全威胁等核心风险,构建“风险识别-防控措施-应急处置”的管理框架。提出基于设备状态评估的试验参数优化方法,明确试验前准备、过程控制及后期检测的关键实施要点,强调绝缘预处理、电压梯度控制与实时监测的协同作用。研究表明,通过科学的风险控制策略与规范化操作,可有效降低试验风险,确保试验结果的准确性与现场安全,为GIS设备的绝缘性能评估提供可靠保障。

## 关键词

GIS设备; 耐压试验; 风险控制; 现场实施; 绝缘评估

## 1 引言

气体绝缘开关设备(GIS)以占地空间有限、绝缘性能不错、运行可靠性高为特点,大量在各级别的变电站中采用,现场耐压试验可作为检验GIS设备安装质量与绝缘性能的关键要素,借助施加超出额定电压的试验电压,可有效披露设备内部隐藏的潜在缺陷,GIS设备结构紧凑合理,内部电场分布表现出复杂性,现场试验环境会受到湿度、污秽、电磁干扰等相关因素牵扯,若管控未达标准,也许引发设备绝缘击穿、部件损坏,乃至造成人员伤亡事故。传统试验操作

多依靠经验行事,未形成系统化的风险防控构架,难以契合复杂现场环境规格。本文将GIS设备绝缘特性跟耐压试验原理加以结合,明确现场试验核心风险聚焦点,制定贴合实际的控制措施与实施规则,为提升GIS设备现场耐压试验的安全水平与实施效果提供技术支撑点。

## 2 GIS 设备现场耐压试验的风险识别

### 2.1 绝缘击穿风险

现场耐压试验所面临的主要风险是绝缘击穿,体现为试验期间设备内外出现放电击穿现象,造成这一情况的诱因涵盖下面三点:一是设备暗藏的潜在缺陷,安装期间遗留的金属微粒、绝缘表面存在划伤情况、气室密封缺陷造成SF<sub>6</sub>气体湿度超标等,当处于高电压状态,易引发局部电场集中,引发击穿。二是试验参数安排不合理,试验电压幅值超出合

【作者简介】查辉(1993-),男,中国宁夏石嘴山人,本科,工程师,从事变电站一次设备检修、试验,带电检测,在线监测研究。

理范围、升压速率过急或耐压时间太久，也许会突破设备绝缘的耐受极限，尤其是针对陈旧装置或已修复组件，易引发无法复原的绝缘破坏。三是环境因素所产生的影响，若现场湿度超出规定（例如相对湿度 $> 85\%$ ），绝缘表面闪络电压会降低；污秽于绝缘子表面附着可形成导电通路，引起沿面闪络事故，绝缘击穿不但会破坏设备内部诸如绝缘子、触头之类的部件，还或许依靠电弧能量造成 $\text{SF}_6$ 气体分解，生成类似氟化氢的有毒气体，危及现场人员的健康水平<sup>[1]</sup>。

## 2.2 操作安全风险

现场试验牵扯到高电压、大规格电源装备，操作时面临多类安全威胁，试验回路接线存在差错、接地表现不佳或安全距离未符合条件，或许引发人员直接接触及高压端，或是遭受跨步电压、接触电压的危害，试验阶段误将断路器、隔离开关闭合，说不定会造成运行设备与试验设备连接在一起，引起试验电源负荷过载或运行系统短路现象， $\text{SF}_6$ 气体回收装置及加压设备（像试验变压器、串联谐振装置这类）出现故障，说不定会引发气体逸出、设备炽热等次生险情，操作安全风险的产生多跟流程不规范、人员资质不达标相关，应采用严格制度约束配合技术防护进行控制。

## 2.3 试验结果误判风险

试验结果精准度直接关乎设备状态评定，误判风险的主要来源是现场电磁干扰（如邻近运行设备电磁辐射）或许会被误认作放电信号，引发对设备绝缘状态评估偏差，电压测量装置精度未达要求、传感器校准宣告失效等，引发试验电压实际值跟设定值存在偏差，减损试验结论可靠性，未对电压曲线、泄漏电流变化等关键参数进行完整记录，异常现象原因的追溯有难度，增加错误判别几率<sup>[2]</sup>。

# 3 GIS 设备现场耐压试验的风险控制措施

## 3.1 绝缘风险的防控

针对绝缘击穿这一风险点，应从设备预先处理、参数调整以及环境管控三方面开展工作，试验开启前，对 GIS 设备做一番彻底检查，涉及 $\text{SF}_6$ 气体湿度检验；开展针对瓷套管、绝缘拉杆等外部绝缘部件的清洁，消除表面附着的污秽；借助真空吸尘、 $\text{SF}_6$ 气体循环过滤等方式把气室内的杂质微粒去除。以设备类型、额定电压与运行年限为依据确定试验电压，110kV GIS 设备出厂试验电压为 230kV，现场试验可合理降低到 1.1 倍额定电压；把升压速率把控于 1-2kV/s 区间，防止电场急剧变化诱发局部放电；耐压的时间按标准实施，为降低绝缘疲劳风险，老旧设备耐压时间可减至 30s。择取晴朗又干燥的天气做试验，现场相对湿度得控制到 80% 及以下程度，搭建防雨棚或是运用除湿机；一旦气温跌破 0℃，应借助设备自身运行加热或外部加热装置对设备预热，杜绝绝缘件因低温产生脆化，引起耐受能力下降。

## 3.2 操作安全的防护

依托技术手段与管理办法建设多层面安全防护壁垒，

试验区域建造封闭围篱，跟运行设备维持充分的安全距离，就如 500kV 设备安全距离 $\geq 5\text{m}$ ，在围栏张贴“高压危险”“禁止入内”等警示牌子；高压引线选用绝缘支撑体，像环氧套管之类，长度以及绝缘等级要契合试验电压需求。为试验回路设置专属接地极，接地电阻不超过 4Ω，跟设备外壳、试验装置外壳建立可靠连接关系；试验结束达成后，凭借放电棒对设备做充分放电，实现设备残余电荷充分释放，实施“一人操作、一人监护”规程，从事操作的人员要持有特种作业相关证书才能上岗；试验实施之前检查相关接线图，核对分合闸状态跟接地开关位置无偏差；采用远程操控途径来开展升压、降压行动，杜绝人员近距离靠近高压设备<sup>[3]</sup>。

## 3.3 试验数据的可靠性保障

杜绝结果出现误判情形，应当强化测量系统跟数据管理工作，试验采用的电压表、电流表、局部放电检测仪等仪器，必须接受计量部门校验合格，且处于有效期内；电压测量采用的是电容分压器或静电电压表，让精度等级维持在 $\geq 0.5$ 级。高压引线采用屏蔽线缆以减少干扰，减轻电磁辐射干扰强度；处于局部放电检测操作阶段，通过带通滤波器（如 300MHz-1GHz 频段区间）过滤工频和通信的干扰信号；借助对照试验（比如切断电源进行背景干扰测量）识别伪像信号。凭借自动化试验系统对电压、电流、时间曲线做实时记录，以及局部放电的幅值大小、出现次数等相关参数；试验完毕后产出全面报告，囊括环境相关条件要素、设备运行所处状态、异常现象详细解说等，为后续研究分析供给支撑。

# 4 GIS 设备现场耐压试验的实施要点

## 4.1 试验前准备

试验前准备工作直接关联到试验的安全及准确状况，依照设备型号、试验标准（如 GB/T11022）编订专项方案，勘定试验意图、参数细节、步骤安排、风险情形及应急处理方式；集合对应人员开展方案阐释，促使各方清楚自身职责与操作步骤。确定 GIS 设备安装及调试工作已达成，各气室压力均达标， $\text{SF}_6$ 气体湿度合乎标准；核查盆式绝缘子、母线等部件连接螺栓是否拧紧，制止因接触存在问题引发局部温度异常升高，恰当地对试验电源、升压装置、测量仪器摆放位置进行规划，减少高压引线长度，串联谐振装置的电抗器、电容器应与设备电容参数相匹配，要让谐振频率处于 30Hz 到 300Hz 的范围，配给符合标准的绝缘手套、绝缘靴、验电器这类安全用具；置备 $\text{SF}_6$ 气体泄漏检测仪、防毒面具、急救药剂之类的应急物品；跟变电站运行人员敲定联络途径，认准应急情况里的断电进程<sup>[4]</sup>。

## 4.2 试验过程控制

试验进行阶段需切实依照操作标准，对多气室 GIS 设备，采用分段耐压的办法，开展按段隔离的试验，杜绝一处击穿让整体判断出错；试验段跟非试验段之间依靠接地开关来可靠隔离，杜绝高电压窜至非试验区域，采用逐段升高电

压法,每当升至试验电压三分之一处,停留10秒,检查是否有异常状况显露;达到额定试验电压后维持规定时长,期间对泄漏电流(应保持恒定,无突然变化)、局部放电信号(若有显著增幅需立即进行降压操作)严密监视,指定专门人员查看设备外观样貌,侧听是否出现放电声;运用SF<sub>6</sub>气体密度继电器对压力变化实施监测,若压力急剧下探,或许是气室击穿所致;局部放电检测仪显示脉冲信号幅值,若已越过阈值,需剖析判定是否为实际缺陷。

#### 4.3 试验后处理

逐步缓慢地把压力降至零点,切断试验供电,再度开展放电,令接地可靠;撤掉试验相关接线,把设备接线以及接地的形式复原到先前模样;查看气室压力大小、绝缘子表面有无损坏,再度测量SF<sub>6</sub>气体湿度,对比试验前后以泄漏电流、局部放电量为代表的绝缘参数,试验期间既无击穿发生,也无明显放电现象,而且参数稳定无波动,则认定此次试验合格;要是遭遇异常情形,需对产生原因进行排查,看是否是干扰或者设备出现了缺陷,若有必要就进行再次检测,健全试验报告内容,确切记载试验的具体日期、环境相关条件、实施操作的人员、设备当前状态、数据变化曲线等资料;把报告归档保存,作为设备启动投运以及后续维修的凭证。

### 5 应急处置机制

#### 5.1 突发情况处置流程

就试验中可能涌现的紧急事态,制定一套规范标准的处理流程,赶紧降低电压水平,切断电源回路,实现设备充分放电;开启SF<sub>6</sub>气体泄漏探测,倘若核实出现了泄漏,人员往至上风向处撤离,带上防毒面罩后进行隔离作业;研判击穿点位,测度设备损害情形,判断是否开展解体检查事宜。马上把试验电源截断,令伤者脱离带电物体;查看伤者是否存在意识与呼吸,必要情形下实施心肺复苏术;拨叫医疗急救热线,与此同时保护好现场,挖掘触电诱因,要是试验变压器、谐振装置等出现过热并伴有异响情况,迅即停止此次试验,去检查设备的冷却系统与接线端子,故障排除后才可重新启动<sup>[5]</sup>。

#### 5.2 应急保障措施

认定试验负责人为应急总指挥,配备持有急救资质的相关人员;跟临近医院、变电站运维班子创建联动模式,保障危急状况里支援及时有效到达,储备足量绝缘类工具、灭火相关器材、气体检测设备;打造全面的应急联络清册,实现通信的高效畅通;按照特定周期开展应急实战演练,提升团队应急处置水平。

### 6 结论

GIS设备现场耐压试验风险控制需贯穿从试验准备阶段到实施阶段再到收尾阶段的全流程,依靠科学识别出绝缘击穿、操作安全、结果误判等方面风险,采用设备预处理操作、参数精细优化、安全防护加强等相关手段,可切实削减试验危险系数,开展实施阶段,需严格恪守技术方案跟操作规范,加大实时监测及数据管理力度,保障试验结果精准。未来,随着智能化试验技术的拓展,借助在线监测、远程控制等途径,可进一步增强试验的安全性能与效率;依靠数字孪生技术对试验进程做模拟,预先判识潜在隐患,为现场试验提供更具精准度的引导,以持续优化风险防控体系及实施准则为途径,将为GIS设备的稳定运转构建坚实后盾,促进电力系统安稳有序发展。

#### 参考文献

- [1] 张建国,马青,朱林,等.GIS电磁式电压互感器现场交流耐压试验方法分析[J].宁夏电力,2024,(06):46-51+60.
- [2] 王浩.探究感应电源在洞内GIS耐压试验中的应用[J].陕西水利,2021,(03):223-224.DOI:10.16747/j.cnki.cn61-1109/tv.2021.03.085.
- [3] 谢同平,刘兴华,孙鹏,等.GIS设备现场交流耐压试验闪络定位技术分析[J].电子技术与软件工程,2020,(23):236-237.DOI:10.20109/j.cnki.etse.2020.23.110.
- [4] 杨鼎革,尚宇,刘强.GIS设备同频同相耐压试验技术的原理分析与研究[J].自动化应用,2020,(07):105-107.DOI:10.19769/j.zdhy.2020.07.038.
- [5] 王慧君,郑田琦.GIS设备耐压试验的现状和发展[J].内蒙古科技与经济,2020,(13):105+134.