

自动化测试系统变电设备高压试验安全防护措施

石海江

天津蓝巢电力检修有限公司 天津 300380

摘要：随着电力系统的不断发展，自动化测试系统在变电设备高压试验中的应用日益广泛。然而，高压试验本身具有极高的危险性，确保试验过程中的安全至关重要。本文深入剖析了自动化测试系统变电设备高压试验中存在的安全风险，包括电气安全、机械安全、辐射安全以及人员误操作风险等，并从设备防护、环境保障、人员培训与管理、应急处置等多个维度提出了针对性强的安全防护措施，旨在为提高高压试验的安全性、保障电力系统稳定运行提供有力支撑。

关键词：自动化测试系统；变电设备；高压试验；安全防护

引言：在现代电力行业，变电设备作为电能转换与分配的关键枢纽，其性能与可靠性直接关乎电力供应的质量。为确保变电设备能够安全、稳定地运行，高压试验成为必不可少的检测手段。借助自动化测试系统，高压试验的效率与精度得到了显著提升，但与此同时，试验过程中的安全问题也愈发凸显。由于涉及高电压、大电流以及复杂的电气设备，一旦安全防护措施不到位，极易引发触电、火灾、爆炸等严重事故，不仅危及试验人员的生命安全，还可能对电力系统造成巨大的冲击，导致大面积停电等灾难性后果。因此，深入研究自动化测试系统变电设备高压试验的安全防护措施具有极其重要的现实意义。

1 自动化测试系统变电设备高压试验中的安全风险

1.1 电气安全风险

1.1.1 触电风险。高压试验区域内存在着高电压设备和带电线路，试验人员在操作过程中，若不慎靠近或触碰带电部位，且未采取有效的绝缘防护措施，就极易发生触电事故。例如，在进行变压器绕组绝缘电阻测试时，若测试引线绝缘破损，试验人员在连接或拆卸引线时就可能直接接触到高压电，导致触电伤亡。此外，当试验设备发生故障，如接地不良、绝缘击穿等，也会使设备外壳带电，引发触电危险^[1]。

1.1.2 电气火灾与爆炸风险。在高压试验中，大量电气设备长时间运行，电流通过导线、接头等部位时会产生热量。如果电气设备的散热条件不佳，或者导线连接不牢固、接触电阻过大，就容易引发局部过热，进而可能导致绝缘材料燃烧，引发电气火灾。再者，对于一些含有易燃易爆气体或液体的变电设备，如油浸式变压器，若在试验过程中发生绝缘击穿、短路等故障，产生的电火花可能会引燃周围的易燃易爆物质，引发爆炸事

故，造成极其严重的人员伤亡和财产损失。

1.2 机械安全风险

1.2.1 设备移动与碰撞风险。自动化测试系统通常配备有各种大型机械设备，如起重机、搬运车等，用于搬运和安装变电设备。在设备移动过程中，如果操作人员操作不当，如超速行驶、急刹车、转向失控等，就可能导致设备碰撞到周围的建筑物、其他设备或试验人员，造成设备损坏和人员伤亡。此外，在设备吊装作业时，若吊具选择不当、吊装角度不合理或起重机超载运行，也容易引发吊物坠落事故，对下方的人员和设备构成严重威胁。

1.2.2 机械部件故障风险

试验设备中的机械部件，如传动齿轮、链条、皮带等，在长时间高强度的运行下，容易出现磨损、疲劳断裂等故障。一旦这些机械部件发生故障，可能会导致设备突然停机、运转异常，甚至引发零部件飞溅，对操作人员造成伤害。例如，某高压断路器试验台的传动链条在运行过程中突然断裂，断裂的链条碎片四处飞溅，击中了附近的操作人员，造成其受伤。

1.3 辐射安全风险

1.3.1 电磁辐射风险。高压试验设备在运行过程中会产生较强的电磁辐射，尤其是在进行高电压、大电流试验时，电磁辐射强度更大。长期暴露在高强度的电磁辐射环境中，试验人员的身体健康可能会受到影响，如出现头晕、乏力、失眠、记忆力减退等症状，严重时还可能引发神经系统疾病、心血管疾病以及生殖系统疾病等。此外，电磁辐射还可能对附近的电子设备造成干扰，影响其正常运行，如使计算机出现死机、数据丢失等现象，对试验数据的采集与分析工作带来不利影响^[2]。

1.3.2 电离辐射风险。部分变电设备，如X光探伤仪

等,在进行无损检测时会产生电离辐射。如果试验人员在操作过程中未正确佩戴防护用品,如铅衣、铅帽、铅眼镜等,或者防护设施不完善,如探伤室的屏蔽墙厚度不足、防护门密封性不好等,就容易受到电离辐射的伤害,增加患癌症、白血病等疾病的风险。

1.4 人员误操作风险

1.4.1 对自动化系统不熟悉导致的误操作。随着自动化测试系统的广泛应用,试验操作流程变得更加复杂,需要试验人员具备一定的计算机操作技能和自动化控制知识。然而,部分试验人员对新型自动化系统的操作方法不够熟悉,在试验过程中可能会出现误设置参数、误启动设备、误操作软件等情况,从而引发安全事故。例如,在进行高压开关柜耐压试验时,试验人员因对自动化测试软件的操作界面不熟悉,误将试验电压设置过高,导致开关柜绝缘击穿,引发短路事故。

1.4.2 违规操作。尽管电力行业制定了严格的安全操作规程,但仍有部分试验人员存在侥幸心理,为图方便或赶进度,违反操作规程进行操作。如在试验设备未断电、接地的情况下就进行检修;未佩戴个人防护用品就进入试验区域;单人进行需要多人协作的试验项目等。这些违规操作行为大大增加了安全事故发生的可能性^[3]。

2 自动化测试系统变电设备高压试验安全防护措施

2.1 设备防护措施

2.1.1 绝缘防护。确保所有高压试验设备及其附属部件具备良好的绝缘性能,定期对设备的绝缘电阻、耐压强度等指标进行检测,及时发现并更换绝缘性能下降的部件。在试验人员操作区域,设置符合安全标准的绝缘垫、绝缘手套、绝缘靴等防护用品,并要求试验人员正确佩戴使用。例如,对于高压引线,应采用绝缘性能优良的电缆,并在其外表面包裹多层绝缘胶带,防止引线绝缘破损引发触电事故。

2.1.2 接地保护。完善试验设备的接地系统,确保接地电阻符合要求,所有设备外壳、金属构架等必须可靠接地。在每次试验前,对设备接地情况进行检查,确保接地连接牢固,无松动、锈蚀等现象。对于一些重要的接地部位,如变压器中性点接地、高压试验变压器外壳接地等,应采用双重接地或增加接地极数量等方式,提高接地的可靠性,防止因接地不良导致设备外壳带电,引发触电危险。

2.1.3 屏蔽防护。针对电磁辐射问题,对高压试验区域进行屏蔽处理。在试验场地周围建造屏蔽墙,采用具有良好电磁屏蔽性能的材料,如钢板、铁丝网等,阻挡电磁辐射向外传播。对于一些对电磁干扰敏感的电子

设备,如试验数据采集计算机、示波器等,应放置在专门的屏蔽柜内,确保其正常运行。在进行电离辐射试验时,探伤室等场所应严格按照辐射防护标准设计建造,确保屏蔽墙的厚度、防护门的密封性等指标满足要求,有效降低辐射对人员和环境的影响。

2.1.4 设备状态监测与预警。安装设备状态监测系统,对试验设备的运行参数,如电压、电流、温度、振动等进行实时监测。一旦监测到设备运行异常,如温度过高、电流过大、绝缘电阻下降等,立即发出预警信号,提醒试验人员采取相应措施,防止设备故障进一步恶化,引发安全事故。例如,通过在变压器绕组上安装温度传感器,实时监测绕组温度,当温度超过设定阈值时,自动启动冷却风扇,并向试验人员发送报警信息。

2.2 环境保障措施

2.2.1 试验场地规划。合理规划高压试验场地,将试验区域与办公区域、生活区域等严格分开,设置明显的安全隔离带和警示标识,严禁无关人员进入试验区域。在试验场地内,根据试验设备的类型、功能以及操作流程,进行合理布局,确保设备之间有足够的安全间距,避免设备在运行或移动过程中发生碰撞。同时,规划好设备搬运通道、人员疏散通道等,确保通道畅通无阻,便于在紧急情况下人员和设备的快速疏散^[4]。

2.2.2 防火防爆措施。在试验场地内配备足够数量的灭火器材,如干粉灭火器、二氧化碳灭火器、泡沫灭火器等,并定期对灭火器材进行检查和维护,确保其处于良好的使用状态。对于含有易燃易爆物质的变电设备,如油浸式变压器,应设置专门的防火防爆堤或围堰,防止油品泄漏引发火灾或爆炸事故蔓延。在试验过程中,加强对设备的巡检,及时发现并处理设备的过热、冒烟等异常现象,将火灾隐患消灭在萌芽状态。

2.2.3 通风与降噪。由于高压试验设备在运行过程中会产生热量和噪声,为保证试验环境的舒适性和安全性,应安装通风系统,及时排出室内的热空气和有害气体,如臭氧、氮氧化物等。通风系统的风量、风速应根据试验场地的大小、设备数量等因素进行合理设计,确保通风效果良好。同时,采取降噪措施,如在设备底座安装减震垫、在噪声源周围设置隔音屏障等,降低试验噪声对试验人员的危害,防止因长期暴露在高噪声环境中导致听力损伤。

2.3 人员培训与管理措施

2.3.1 专业培训。对从事高压试验的人员进行全面、系统的专业培训,培训内容包括电力系统基础知识、变电设备原理与结构、高压试验原理与方法、自动化测试

系统操作技能、安全操作规程、应急处置措施等。培训方式可以采用课堂讲授、现场演示、模拟操作、案例分析等多种形式,确保试验人员熟练掌握高压试验的各项技能和知识。定期组织培训考核,对考核不合格的人员进行补考或重新培训,只有考核合格的人员才能上岗作业。

2.3.2 安全意识教育。加强试验人员的安全意识教育,通过定期开展安全讲座、观看安全教育片、发放安全宣传资料等方式,向试验人员宣传高压试验安全的重要性,剖析典型安全事故案例,让试验人员深刻吸取教训,时刻保持警惕,杜绝侥幸心理。在试验现场,设置安全宣传栏,张贴安全标语、警示图片等,营造浓厚的安全氛围,使安全意识深入人心。

2.3.3 人员资质管理。严格执行人员资质管理制度,从事高压试验的人员必须取得相应的资格证书,如高压电工证、电气试验工证等。在人员招聘、岗位调整等环节,对人员资质进行严格审查,确保上岗人员具备相应的专业能力和资质。同时,建立人员资质档案,对人员资质的有效期、培训记录、考核情况进行跟踪管理,及时提醒人员参加复训和换证考试,保证人员资质的有效性^[5]。

2.4 应急处置措施

2.4.1 应急预案制定。根据高压试验可能发生的安全事故类型,如触电事故、电气火灾事故、机械伤害事故、辐射事故等,制定详细的应急预案。应急预案应包括事故应急处置流程、组织机构及职责、应急救援资源配置、人员疏散路线等内容。明确在事故发生时,各部门、各岗位人员应如何响应,采取何种措施进行救援,确保应急处置工作有条不紊地进行。

2.4.2 应急演练。定期组织应急演练,模拟不同类型的安全事故场景,让试验人员参与到应急演练中来,熟悉应急处置流程,掌握应急救援技能,提高应急反应能力。应急演练结束后,及时对演练效果进行评估,总结

经验教训,针对演练中发现的问题,对应急预案进行修订完善,使应急预案更加科学、合理、实用。

2.4.3 应急救援物资储备。在试验场地内配备充足的应急救援物资,如急救药品、担架、呼吸器、消防器材、应急照明设备等,并定期对这些物资进行检查和维护,确保其在紧急情况下能够正常使用。建立应急救援物资管理制度,明确物资的采购、保管、领用、补充等环节的管理要求,保证应急救援物资的及时供应。

结论:自动化测试系统变电设备高压试验的安全防护是一项系统而复杂的工程,涉及设备、环境、人员以及应急管理等多个方面。通过对试验过程中存在的各类安全风险进行深入分析,并采取相应的防护措施,如加强设备防护、优化环境保障、强化人员培训与管理以及完善应急处置等,可以有效降低安全事故发生的概率,保障试验人员的生命安全,确保高压试验工作的顺利进行,为电力系统的稳定运行提供坚实的技术支撑。在未来的电力发展中,随着技术的不断进步和电力需求的持续增长,高压试验的安全防护工作将面临更多的挑战,需要我们不断探索创新,持续完善安全防护体系,以适应新形势下电力行业的发展需求。

参考文献

- [1]张勇.自动化测试系统下变电设备高压试验电气安全防护要点[J].电力安全技术,2024(05):32-35.
- [2]刘辉,王强.基于风险管控的变电设备高压试验机械安全防护策略[J].高压电器,2024(03):56-59.
- [3]陈静.自动化测试系统在变电设备高压试验中的辐射安全应对研究[J].中国电力教育,2024(02):68-71.
- [4]赵刚.变电设备高压试验人员误操作风险及防范措施探讨[J].电力系统装备,2024(01):82-85.
- [5]孙悦.自动化测试系统变电设备高压试验安全防护综合管理体系构建[J].电气技术,2024(04):73-76.