[电力安全]

# 电力安全工器具预防性试验检测体系分析

文/吴　迪
国网陕西西安临潼供电公司

*有效开展安全工器具预防性试验，直接关系到电力运维人员人身安全，因此要求加强检测体系建设。基于此，对电力安全工器具预防性试验检测体系构成展开了分析，从人员、设备、物料及方法等各方面对检测体系存在的缺陷进行了探讨，发现试验装置不合理、试验方法不科学及试验标准不完善等问题，需要建立科学检测体系。*

在电力检修、运维等工作中，需要使用安全带、绝缘杆等工器具，防止人员发生触电、坠落危险。安全工器具质量是否合格，直接关系到人员生命安全，因此需要通过开展预防性试验加强工器具电气和机械性能检测，保证工器具维持良好状态。想要给出可靠的试验结果，要求建立科学的检测体系，准确判断工器具状态，切实保障人员安全。

## 电力安全工器具预防性试验检测体系构成

对电力安全工器具进行预防性试验，建立的检测体系包含人员、设备、物料、方法和环境五大因素。具体来讲，人员包含检测人员和管理人员，形成基本的组织机构负责开展预防性试验。设备为开展电气性能和机械性检测需要使用的设备、设施和工具，为试验开展的硬件条件。在电力安全检测方面，物料主要为试验样品。方法划分为两个层面：一是工器具预防性试验方法；二是检测流程、操作规程及应急预案等管理制度。环境主要指实验室，确保预防性试验开展符合实验标准。五种因素都将对预防性试验结果有效性产生影响，需要确定体系是否存在缺陷，保证科学开展电力安全工器具检测工作。

## 电力安全工器具预防性试验检测体系缺陷

### 1. 体系缺陷分析

对电力安全工器具进行检测，主要涉及研制定型、出厂验收和使用三个阶段，需要分别开展型式试验、验收试验和预防性试验。型式试验由供方实验室和第三方实验室联合开展，将按照国家标准进行工器具质量鉴定测试，要求第三方实验室拥有计量认证检验检测机构资质（CMA认证），可以提供公正数据。验收试验和预防性试验主要由需方开展，前者通过全检或抽检方式对产品性能进行试验，标准不低于预防性试验标准。开展预防性试验，带有日常自检属性，确保工器具性能符合电力检修、维护等使用条件，对内部实验室无CMA认证或更高资质要求。在检测工作开展时，参照CMA标准建立检测机构，设置检测人员、管理人员，建立操作规程和检测流程等管理制度，确认实验室建设符合标准要求，根据检测项目需求配备相应设备、设施等。CMA标准中缺少对电力安全工器具预防性试验的专门规定，须参照《电力安全工器具预防性试验规程》（以下简称“规程”）等进行试验。从国家相关标准来看，尽管对安全工器具使用管理和预防性试验作出了规定，但给出的部分试验项目无法满足实际需求，将引发试验装置不合理、试验方

法不科学及试验标准不完善等问题，导致建立的检测体系存在明显缺陷。

2. 具体问题分析

（1）试验装置问题

对试验装置问题展开分析，以绝缘杆、绝缘手套等为例，尽管规程中对试验周期和方法进行了明确规定，但实际在电气试验中试验设备简陋，仅能用于固定场所，忽视了现场需要移动设备的问题。如在10 kV带电作业绝缘杆检测中，须采用直径不超30 mm单导线制作模拟导线，两端设置直径至少为200 mm的均压球，并保证均压球与试品至少保持1.5 m距离，确认电极间距为0.4 m，工频耐压45 kV，在1 min后不存在击穿、闪络等缺陷。人员反复手动进行连线操作和多个试品检测，劳动强度过大，在人工判定时容易出现差错。

（2）试验方法问题

对试验方法存在的问题展开分析，可以发现对安全工器具进行预防性试验，仅给出了基本的试验方法，缺少对关键步骤的详细描述，容易导致错误发生。如在常规试验项目中，要求对绝缘工具进行交流耐压试验，需要划分为短时和长时两种试验，针对电压20 kV以下进行短时试验，对电压330 kV以上进行长时试验。实际在交流耐压试验中，在试验方法步骤不明确的情况下，可能遭遇缺少整体检测条件的情况，要求按规定系数进行分段加压试验，但未给出具体的电压要求。工频耐压值为运行相电压的数倍，试验电压过高将引发绝缘材料老化问题，导致工器具使用寿命缩短。此外，部分工器具缺少完整试验方法，如对电容型验电器进行起动电压试验时，仅提出按照规程要求布置试验电极，但在实践操作中容易出现验电器直接接触试验变压器的情况，最终导致试验数据与正常值存在较大偏差，见表1。受这些因素的影响，检测结果不准，无法保证安全工器具的质量，容易给电力检修人员带来人身威胁。

表1　不同试验方法下对10 kV等级电容型验电器进行起动电压试验结果　（单位：kV）

| 试验样品编号 | 验电器接触试验变压器 | 验电器未接触试验变压器 |
|---|---|---|
| #1 | 2.3 | 1.3 |
| #2 | 2.2 | 1.3 |
| #3 | 2.5 | 1.4 |
| #4 | 2.4 | 1.5 |
| #5 | 2.1 | 1.1 |
| #6 | 2.2 | 1.2 |

（3）试验标准问题

按照检测流程，在确定需要检测的安全工器具后，需要做好试验标准选择，然后确定试验方法、仪器及场所等。但就目前来看，企业建立的试验标准存在缺陷，无法保证试验结果的有效性。按照技术要求，对电力安全工器具需要分别进行电气试验和机械试验，按照各自的技术标准确认工器具能否达到电气性能和机械性能要求。在电气性能试验方面，相关标准存在缺项问题，容易导致工器具预防性试验出现漏检等情况。如针对引流线等工器具，按照规定进行常规交流耐压试验。引流线作为悬吊在耐张塔杆绝缘子下方的半圆形导线，在电流通过时要求跳过耐张绝缘子和铁塔向另一方继续送电，无法保证引流线正常发挥作用，威胁带电操作人员人身安全。在安全工器具机械性能检测方面，要求测试确认工器具能否达到规定机械强度，有效承载电力作业中的机械荷载和冲击荷载。但目前电力安全工器具机械性能试验并未形成统一标准，简单划分为静负荷试验和动负荷试验，试验倍数的规定并不统一。如在复合绝缘子机械性能检测方面，见表2，在型式试验中无论按照哪种规范开展试验，均将静荷载试验倍数设定为2.5，动荷载倍数设定为1.5。在预防性试验中，不同规范对应的静动荷载试验倍数存在明显差异。机械试验作为有损检测，未能科学试验将导致工器具使用寿命缩短。此外，包含绝缘拉板等在内的工器具将承受冲击载荷，按照现有标准仅需要进行动荷载试验，并未对动荷载试验作出明确规定。

表2　不同规范下复合绝缘子机械性能检测标准

| 试验规范 | 型式试验 | | 预防性试验 | |
|---|---|---|---|---|
| | 静荷载试验倍数 | 动荷载试验倍数 | 静荷载试验倍数 | 动荷载试验倍数 |
| DL409—1991《电力行业安全工作规程》 | 2.5 | 1.5 | 2.5 | 1.5 |
| DL/T878—2004《带电作业用绝缘工具试验导则》 | 2.5 | 1.5 | 1.2 | 1.0 |

（4）试验队伍问题

在电力检修、维护等工作中，对不同等级线路进行运维，需要配备不同的安全工器具，导致需要进行预防性试验的工器具规格、种类和数量繁多，形成复杂试验流程，要求人员综合考虑影响试验结

果的因素。实际电力企业安全工器具检测工作同样由运维部门开展，配备的安全员有限，且部分为非专业人员，未经过专业培训，在试验过程中容易出现漏检、错检等问题，导致试验结果不准。

## 电力安全工器具预防性试验检测体系改进

### 1. 试验装置改进

安全工器具预防性试验，通过改进试验装置提高自动化水平，采用气动机械控制方式实现高、低压完全隔离，做到精准控制装置，在保证人员安全的同时，减轻劳动强度，提高预防性试验工作开展效率。如在绝缘杆试验上，采用的改进装置如图1所示，用于对10～35 kV的绝缘杆进行测量，根据不同试验规程和电压等级调节电极距离，并同时进行6根绝缘杆测试。采用高强度绝缘材料制作装置支架，击穿强度达200 kV/m。在气动压紧装置的作用下，绝缘杆将电极抱紧，确保二者接触完全，达到试验要求。在试验过程中，对6根绝缘杆分别进行测试，发现不合格的绝缘杆能够停止测试，同时不会给其他绝缘杆测试带来影响。此外，通过RS 485接口远程连接计算机，采用无线通信方式进行遥控。通过装置对实验电压、电流等数据进行精准记录，避免结果受到人为因素干扰，增强试验结果的可靠性。根据检测体系建立要求，采用改进装置进行工器具预防性试验，需要提出明确的装置操作流程和规范，确保人员能够正确、规范地操控装置，且得到的结果准确、有效。

图1　绝缘杆预防性试验装置

### 2. 试验方法改进

结合实践需求可知，绝缘杆、验电器、绝缘手套和绝缘靴等都属于重要的安全工器具，应做到合理应用试验方法开展检测工作。对绝缘杆进行检测，应通过模拟带电作业环境对整体开展耐压试验，确认工器具绝缘性符合要求。缺少整体试验条件，在进行分段耐压试验时应在编制试验项目中给出明确的检测条件。如针对220 kV绝缘杆进行预防性试验，需要施加440 kV工频电压，分段试验将划分为三段，按照（440 kV÷3）×1.2=176 kV的数值对各段施加电压。在验电器检测方面，需要对照电压等级进行起动电压测试，给出明确的试验电极布置位置。对10 kV等级的验电器进行检测，需要在环电极前布置球电极；对35 kV验电器进行检测，球电极布置在环电极后方。对绝缘手套和绝缘靴开展预防性试验，要求保护人员不受电击损伤。开展工频耐压试验，要求将试品放入到装有海绵和水的金属器皿中，要求水的电阻率不超750 Ω·m，确认试品底面被海绵铺满，内外水平面高度相同，露出水面90 mm，确保可以全部承受试验电压，得到准确试验结果。

### 3. 试验标准改进

应结合不同安全工器具特点建立相应的预防性测试标准，做到规范开展检测工作，保证检测结果质量符合要求。电力安全工器具处于不断更新状态，应加强对各种工器具的特点分析，细化试验流程，提供开展试验需要的指标参数。一方面，应完善工器具电气性能检测标准。对绝缘杆进行检测，应对不同电压等级工器具提出试验标准。短路接地线作为电力员工“保命线”，一旦出现质量问题，可能引发人员伤亡，根据以往经验，应将成组直流电阻试验纳入预防性检测中，对各接线夹间的直流电阻进行测量，并提出不同截面接地线每米标准电阻值，为判定接地线是否合格提供依据。另一方面，需要完善工器具机械性能检测标准，如对安全带进行静负荷试验时，应根据安全带类型统一试验周期给出明细规定，每半年试验一次，将安全带划分为围杆带、围杆绳及护腰带等多种，给出对应静拉力值，通过施加5 min荷载确认是否存在变形或断裂等问题。按照现行标准给出加载速度标准，要求按照规范速度加载，避免给试验结果带来影响。除此之外，还应给出机械试验倍数等指标参数，增强标准的实用性，有效指导人员科学进行工器具检测。对绝缘拉杆等工器具进行机械性能检测，除了

开展压缩试验和给出具体静荷载数值，还应根据工器具使用条件适当引入动荷载内容，给出相应试验标准，确保检测活动科学开展。

4. 试验队伍改进

考虑到安全工器具预防性试验项目、内容繁多，为保证试验结果有效，需要聘请和选拔专业人员参与相关工作，并健全人员培训和奖惩制度，引进先进经验和技术，促使人员不断提高专业素养，优化预防性试验检测体系。推行责权制度，使检测人员为预防性试验结果负责，能够及时发现人员错误。针对人员在工作中频繁失误的情况，须做到严格惩处，确保将生命安全放在首位。在缺少足够条件的情况下，企业也可以委托专业第三方开展检测工作，确保安全工器具始终处于良好状态，为电力运维活动安全开展提供保障。

## 结束语

对电力安全工器具进行预防性试验，需要建立科学检测体系，确保给出可靠的试验结果，保证工器具质量的同时，为电力运维人员安全提供保障。从人员、设备及方法等多个方面分析检测体系存在的缺陷，结合具体发生的问题提出有效改进措施，做到持续优化工器具预防性试验检测体系，通过加强安全工器具管理预防安全事故发生，推动电力企业的可持续发展。EA

（收稿日期：2022-08-30）

### 参考文献

[1] 史洪云，王时春，余永瑞，等．基于二维码的电力工器具管理系统分析与实现[J]．机电信息，2021(28)：16-17．

[2] 杨月媛，陈弘，白冰峰，等．基于二维码技术的工器具预防性试验信息管理[J]．数字通信世界，2021(1)：147-148，219．

[3] 谭步峰．电力安全工器具试验的管控与方法探讨[J]．大众标准化，2020(22)：218-219．

[4] 杨学伟．高压电绝缘鞋预防性试验标准研究[J]．电工技术，2020(9)：135-136．

[5] 陈许议．电力安全工器具的全寿命管理[J]．电力安全技术，2019，21(9)：12-14．