

[开关柜]

一种10 kV开关柜母线耐压试验接线装置的研制

文/李伟

国网浙江省电力有限公司海盐县供电公司

由于运行环境恶劣、设备老化、维护水平不足及设备质量问题等因素，10 kV高压开关柜母线容易发生绝缘事故。为此，强化母线设备的维护管理，定期进行耐压试验，及时发现并处理绝缘缺陷显得尤为重要。介绍一种母线耐压接线装置的研制，该装置旨在降低进行母线耐压试验时的操作风险，并有效提升作业效率。

在变配电系统中，10 kV开关柜得到广泛应用，其配套技术也较为成熟。然而，由于运行环境恶劣、设备老化、维护水平不足以及设备质量问题等因素的影响，10 kV开关柜在运行过程中容易发生母线绝缘故障，严重影响了变配电系统的安全运行。10 kV开关柜母线的耐压试验是一种有效的手段，可以检验设备的绝缘水平，并及时发现设备的绝缘缺陷。

由于10 kV开关柜通常采用封闭式铠装结构，设备布局较为紧凑，这使得母线耐压试验在接线时面临诸多不便，导致工作效率低下。此外，触头表面较为光滑，导致试验中接线装置与触头的接触牢固程度不足，存在高压导线在试验过程中脱落的风险，进而可能引发人身和设备事故。

本文提出了一种母线耐压试验接线装置，该装置能够有效降低作业中引线脱落的风险，并减少工作时间，从而提高整体的工作效率和安全性。

母线耐压试验接线装置研制过程

截至2022年10月，本研究对某县内42个10 kV开关柜母线段进行了耐压试验的平均作业时间统计分析。结果显示，平均作业时间为88 min，其中接线和改线环节耗时最长，达到54 min，严重影响了作业效

率。通过从“人机料法环”五个方面进行分析，识别出了以下五个主要问题：缺乏系统培训、考核制度不完善、触头盒尺寸不合适、接线容易脱落以及仪器设备老化。针对这些问题，逐一进行了详细分析。

1. 专项技术培训对比分析

为了评估10 kV开关柜母线耐压试验的专项技术培训效果，本研究对比了培训前后的耐压工作时间。具体结果见表1、表2。

表1 培训前的母线耐压工作时间统计

人员分组		第一组	第二组	第三组
作业时间/min	第1次	85.07	87.52	87.24
	第2次	91.99	87.04	89.13
	第3次	87.45	83.02	85.56
	第4次	91.41	88.56	84.17
	第5次	85.51	87.33	80.97
	第6次	83.1	81.36	87.68
	第7次	88.14	84	88.91
	第8次	91.45	86.99	87.48
	平均	88.02	85.73	86.39

分析结果显示，尽管进行了专项技术培训，作业人员在10 kV开关柜母线耐压试验的工作时间变化不大，甚至在某些情况下出现了工作时间的增长。这表明“专项培训”的效果在缩短作业时间方面并不显著。

表2 培训后母线耐压工作时间统计

人员分组		第一组	第二组	第三组
作业时间/min	第1次	81.18	88.18	83.58
	第2次	85.81	79.12	82.66
	第3次	88.06	86.18	89.45
	第4次	81.51	86.88	90.26
	第5次	82.06	79.45	88.74
	第6次	84.35	88.96	83.75
	第7次	84.54	82.8	89.38
	第8次	86.82	84.85	87.95
平均		84.29	84.55	86.97

2. 考核制度对比分析

2022年，每月至少对10 kV开关柜母线耐压试验工作进行一次考核。本文调研了1~5月份的考核情况，并发现在3~5月期间考核次数有所增加。具体情况见表3。通过比较增加考核前后的10 kV开关柜母线耐压试验总体所需时间，结果显示考核的频率和严格程度并未显著影响工作时间。相反，随着考核次数和严格程度的增加，工作人员出于安全考虑，实际耐压试验所需的时间反而有所增长。这表明考核制度对改善作业效率的影响并不明显。

表3 考核情况与母线耐压工作时间统计

时间	考核次数	作业时间/min	考核情况
1月	1	83.95	已考核
2月	1	85.36	已考核
3月	3	84.46	已考核
4月	3	86.26	已考核
5月	3	85.75	已考核

3. 触头盒尺寸对比分析

10 kV母线耐压试验通常在静触头上接线，静触头位于触头盒内部，因此完成接线需在触头盒内部进行操作。针对具有5种不同尺寸触头盒的开关柜，对各自的母线耐压测试的平均工作时间进行了现场试验，详细结果见表4。研究发现，开关柜内触头盒的大小与10 kV母线耐压测试的工作时间存在负相关关系，即触头盒的尺寸大小显著影响作业时间。

4. 接线脱落次数对比分析

在母线耐压测试过程中对接线脱落次数进行对比分析，接线不牢固导致线夹频繁脱落是一个常见问题。为了深入分析这一问题，通过现场试验对开关柜的母线耐压试验进行了6次操作，旨在探究试验用时与接线过程中线夹脱落次数之间的关系。

试验结果见表5。对比分析显示，尽管线夹脱落

次数多少与作业时间之间没有明显的相关性，但线夹的频繁脱落确实增加了作业风险，可能导致人员触电和设备损坏，这一问题亟需重视和改进。

表4 触头盒尺寸与母线耐压工作时间统计

触头盒直径/mm	108	108	108	108	108	108
工作时间/min	87.85	87.17	88.98	90.37	91.42	87.10
触头盒直径/mm	120	120	120	120	120	120
工作时间/min	87.47	89.98	88.54	86.36	86.89	88.04
触头盒直径/mm	146	146	146	146	146	146
工作时间/min	81.63	80.20	82.75	82.59	80.78	80.02
触头盒直径/mm	170	170	170	170	170	170
工作时间/min	78.99	82.51	79.78	78.21	80.50	79.78
触头盒直径/mm	180	180	180	180	180	180
工作时间/min	73.87	73.68	73.83	73.42	72.06	75.97

表5 接线脱落次数与母线耐压工作时间统计

序号	1	2	3	4	5	6
脱落次数	2	3	1	3	1	5
时间/min	85.75	79.37	79.63	88.66	84.02	80.27

5. 不同仪器对比分析

为了评估不同年份采购的交流耐压试验仪器对作业时间的影响，采用现场测试方法，对2018年、2014年和2008年购入的三套仪器进行了评估。具体测试内容为，使用三套仪器分别进行10 kV开关柜母线的耐压试验，记录每次测试的工作时间。经过统计分析，发现三款仪器在进行10 kV开关柜母线耐压试验的时间上相差不大，表明不同年份的试验仪器对10 kV开关柜母线耐压试验的影响较小。

6. 两种不同解决方案

根据前期的对比分析，为了降低母线耐压试验的作业风险并提高作业效率，识别出需要解决的两个主要问题：触头盒空间狭小和接线易脱落。

在提升10 kV开关柜母线耐压试验的工作效率和安全性方面，提出了两种不同的接线装置解决方案：基于梅花触头的接线装置和基于可拆卸不锈钢卡扣的接线装置。

1) 方案一：基于梅花触头的接线装置

该方案利用开关柜原有的动触头配合专用导电杆和试验导线完成接线。这种设计的可执行性较高，需要根据梅花触头的尺寸设计导电杆和专用转接头。其牢固程度较高，因为动静触头是原厂配置，接触紧密，确保接线的稳定性。此外，接线操作简单方便，显著提高了作业效率。尽管单次制作成本较高，但其耐用性好，不易损坏。然而，这种

方案的适配性一般，需要为不同的开关柜设计特定的导电杆转接头。

2) 方案二：基于可拆卸不锈钢卡扣的接线装置

此方案设计了不锈钢卡扣用于固定试验导线与静触头。卡扣的尺寸可以调节，因此适配性非常好，能够适用于多种开关柜型号。虽然卡扣的牢固程度高，采用螺丝紧固不易脱落，但在触头盒内空间有限的情况下，紧固螺丝的操作较为不便，接线时间相对较长。此方案的单次制作成本较低，但卡扣的耐用性较差，容易损坏。

综合考虑，尽管方案二的成本较低且适配性好，但由于操作不便和耐用性差的问题，决定不采用此方案。相比之下，方案一虽然成本较高，但其操作简便、接线速度快、耐用性好的优点使其成为更合适的选择。因此，推荐采用基于梅花触头的接线装置，以确保耐压试验的效率和安全性。

母线耐压试验接线装置应用效果

在研制新装置后，进行了现场应用测试，并统计了采用新的10 kV开关柜母线耐压试验接线装置前后的作业时间，具体结果见表6。使用新装置后，平均作业时间缩短至44.6 min，较之前有显著改善，有效提高了作业效率。此外，接线过程中未发生线夹脱落现象，有效减少引线脱落的风险，增强作业的安全性。

表6 接线装置使用前后工作时间统计

变电站	采用接线装置前作业时间/ min	采用接线装置后作业时间/ min
海盐变	84.19	46.42
城北变	91.99	44.57
富亨变	86.82	41.45
杨树变	92.45	46.17

总结与展望

通过改进10 kV开关柜母线耐压试验的传统作业方式，本文提出一种基于梅花触头的专用接线装置。该装置结构简洁，组装便捷，并采用插拔式接线方法，具备以下优点。

1) 高安全性。梅花触头与静触头尺寸完全匹配，有效解决试验过程中线夹脱落的风险，显著增强人身及设备的安全保护。

2) 提升工作效率。采用插拔式接线替代传统线夹接线，克服静触头盒内部空间的限制，极大提高接线及改线的速度，从而显著提升工作效率。

3) 简易结构与便捷使用。该接线装置由梅花触头和专用导电杆组成，使用时仅需将导电杆与梅花触头组装完毕后，再连接到外部高压引线。

4) 广泛适配性。装置的梅花触头可更换，以适应不同尺寸和型号的开关柜，增强了其使用的灵活性和广泛适用性。

这些改进不仅提高作业的安全性和效率，也简化操作过程，使得耐压试验更加高效和可靠。EA

(收稿日期：2024-07-20)

参考文献

- [1] 张立峰，黄梓亮，张泽展. 电力高压开关柜绝缘事故原因分析及对策[J]. 通信电源技术，2018，35(4)：249-250.
- [2] 田家诚，王光灿，徐龙豪. 35 kV开关柜常见故障及预控措施分析[J]. 技术与市场，2021，28(5)：119-120.

