

[电线电缆]

提升T型终端电缆抢修效率的方法研究

文/国网上海市北供电公司 罗巍浩 纪礼君 张晨 周越

对涉及T型终端的电缆进行抢修试验工作时，需要对T型护套进行处理，这往往要占据大量的抢修时间。从实践中分析了T型终端的特点，提出并制作了通用型免拆装装置。通过现场实际使用，能够缩短抢修耗时，避免不必要的停电损失。

随着“架空线入地”工程的不断推进，地下电力电缆供电将是未来城市的发展趋势。当电缆发生故障后，快速高效并且有序严谨地开展故障修复工作，在最短的时间内让电缆恢复供电，一直是各供电部门备受关注的课题。

对于T型电缆终端头，主要由普通的电缆终端和T型护套两部分组成。T型护套具备良好的绝缘性能，将其固定在每一相普通电缆终端上可以缩短终端每相之间的安全距离，从而减小开关柜的体积，节约制作成本，同时还具有密封牢固、防水防尘等优点，在各个供电公司都得到了广泛应用。而对这类终端的电缆进行例行试验或故障抢修时，必须打开T型护套，这往往要花费较长的时间。本文在分析传统T型护套拆装工艺所存在问题的基础上，根据等电位的原理，提出一种新型的工艺方法，省去传统的拆装流程，对供电部门提升抢修工作效率具有重要意义。

传统拆装工艺

1. 传统拆装工艺费时费力

图1为T型电缆终端的实物及3D剖面图。



图1 T型电缆终端的实物及3D剖面图

现场作业中，涉及T型电缆终端的施工费时费力，分析其可能涉及到的原因，可以归纳为以下几类：①T型护套的传统拆装方法费时费力；②操作者的技术和经验缺乏；③电缆仓位狭小、与周围带电体安全距离不够，操作不方便。但是，前往现场实际勘察核实后发现操作者技术经验不足和周围环境限制现场操作这两个问题较少，通过加强培训和合理化安排工作方式就能很容易解决，而传统拆装工艺费时费力是根本的问题。传统拆装工艺流程如图2所示。

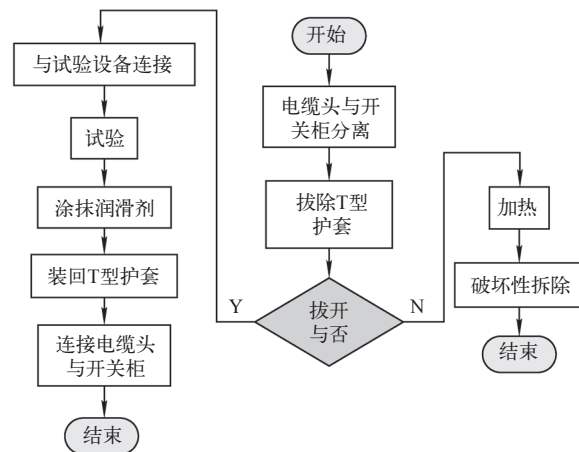


图2 传统拆装工艺流程图

图3是传统拆装工艺下，现场工作所需时间的矢线图。

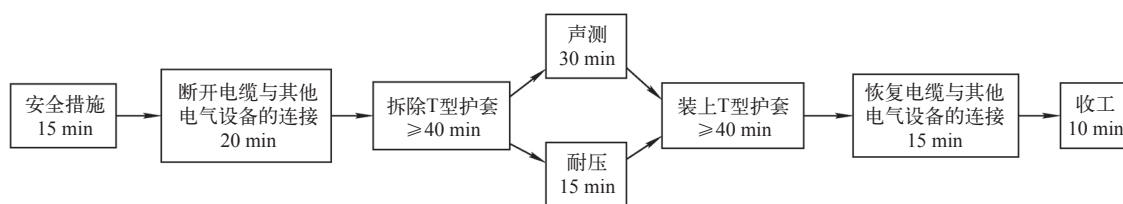


图3 现场工作所需时间失线图

以耐压试验为例：

整个工作所需时间

$$= 15 + 20 + 40 + 15 + 40 + 15 + 10 = 155 \text{ min}$$

拆装T型护套时间 = 40 + 40 = 80 min

占据整个工作的时间 = 80/155 = 51.61%

从图4可以看出，拆装T型护套这个工艺流程占据了大量的抢修时间。

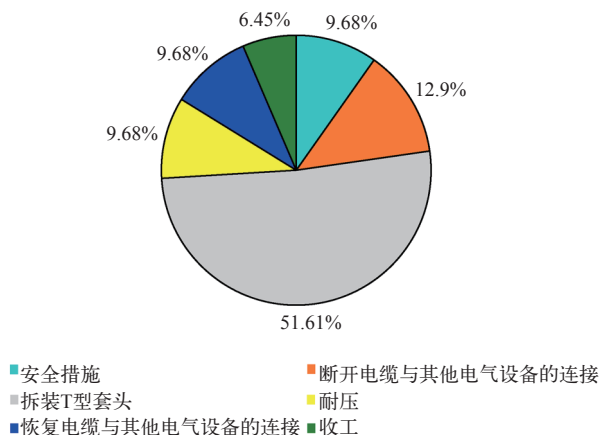


图4 现场工作所需时间分布饼图

2. 传统拆装工艺所造成的其他问题

(1) 影响使用寿命

T型护套的每次拆装都会影响其使用寿命，当拆装次数多了，T型护套就会发生径向压力不够，与电缆头连接紧密度不够，甚至损坏的情况。

(2) 破坏性拆除

当T型电缆终端运行年限长了，其T型护套会和电缆头粘在一起，这也是T型护套难拆除的主要原因。很多情况下会根本拆不开，现场操作人员为完成抢修任务，往往会破坏性拆除，甚至会违反要求对T型护套采用加热退火的方式，这往往会产生有毒有害气体，影响现场工作人员的身体健康。

提升T型终端电缆抢修效率的技术措施

1. T型电缆终端的特点

T型电缆终端一般用在配电网侧，因为在传统的电缆终端上加上了具备绝缘性能的T型护套，使得电缆三相间所需的绝缘距离缩小，所以配套使用的开关柜体积就可以相应减小，从而节约了设

备的占地面积。而对于电缆抢修工作而言，在对这类终端施加电压做试验时，三相之间的安全距离是不得不考虑的因素。其次，用在不同电压等级下的电缆鼻子尺寸是有差别的，这对于设计提升T型终端抢修效率的技术措施而言也是一个要注意的地方。

2. 通用型免拆装装置

基于上述分析，设计了一套通用型免拆装装置。免拆装指利用等电位的原理，用一个金属导体穿过电缆鼻子，从而直接在金属导体上进行试验接线，省去传统工艺中的拆装流程，节约抢修时间。通用型指能够适应不同电压等级下电缆鼻子的不同尺寸，其次能够满足不同试验接线中接线方式的要求。

该装置主要由三个模块组成。如下表所示。

(1) 等电位取电模块

采用与电缆导体相同的紫铜作为制作材料，并且采用圆锥台型的棒状导体，能适应不同尺寸的电缆鼻子。

(2) 绝缘保护模块

用绝缘材料制作成套筒状模具，与等电位取电模块的一端连接，当导体穿过电缆鼻子后，另外一端用绝缘隔片进行封堵。这里的绝缘材料采用与电缆绝缘相同的聚乙烯材料。

(3) 顶部接线端子模块

现场所使用的试验接线连接方式主要有普通线夹、鳄鱼夹和铜扎丝。此模块能够同时适用于这三种方式。

表 通用型免拆装装置设计示意

	等电位取电模块
	采用圆锥台型，能适应不同尺寸的电缆鼻子
	绝缘保护模块
	一端用绝缘套筒扣住，另一端用绝缘隔片封堵
	顶部接线端子模块
	适用于常用的试验接线方式

试验验证

将通用型免拆装装置带至现场测试。

(1) 与原工艺对比，测试采用新工具后，对

电缆试验数据结果的影响

对湘44线路做直流耐压试验，用原工艺每隔15 min测量一次，共测量5组泄漏电流数据，采用通用型免拆装装置后同样每隔15 min测量一次，共测量5组泄漏电流数据。

数据类型为计量型，应用假设检验方法（双样本T检验）验证采用新工具后对电缆试验结果是否有影响，具体步骤如下所示。

1) 样本数据

A（原工艺）：1.76 μ A、1.50 μ A、1.74 μ A、1.29 μ A、1.15 μ A

B（新工具）：1.83 μ A、1.45 μ A、1.69 μ A、1.55 μ A、1.30 μ A

2) 建立假设

H0：A=B，即采用新工具后对电缆试验结果无影响

H1：A $\neq$ B，即采用新工具后对电缆试验结果有影响

3) 确定显著性水平为5%，即 $\alpha=0.05$

4) 选择双样本T检验

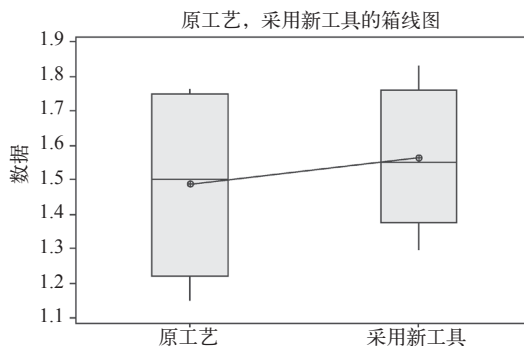
5) 应用Minitab软件，计算P值，如图5所示。

6) 比较， $P=0.632>0.05$

所以判定：接受原假设H0，即采用新工具后对电缆试验结果无影响。

(2) 与原工艺对比，测试采用新工具后，对工作效率的影响

原工艺中装拆T型护套的时间为80 min。



原工艺与采用新工具的双样本T

	N	均值	标准差	均值标准误差
原工艺	5	1.488	0.270	0.12
采用新工具	5	1.564	0.206	0.092

差值 = $m(\text{原工艺}) - m(\text{采用新工具})$

差值估计值：-0.076

差值的95%置信区间：(-0.435, 0.283)

差值=0(与 $\neq$)的T检验：T值=-0.50 **P值=0.632** 自由度=7

图5 Minitab计算P值结果

选定3个操作员分别在沪太站、大宁站和骊山站对3条不同的线路进行测试，计算使用新工具后所需时间，每个操作员连续测试25次，共采集到75组数据。

数据类型为计量型。应用Minitab软件评估此套新工具的设备能力（cmk分析）。

由图6可知，应用此套新设备平均所需时间在3 min左右，极差图和均值均无异常，可以判定整个过程处于统计控制状态。同时，ppk假设

H0：A=1.50，大于标准1.33，所以得出结论：此套T型电缆终端通用型免拆装装置的设备能力良好。

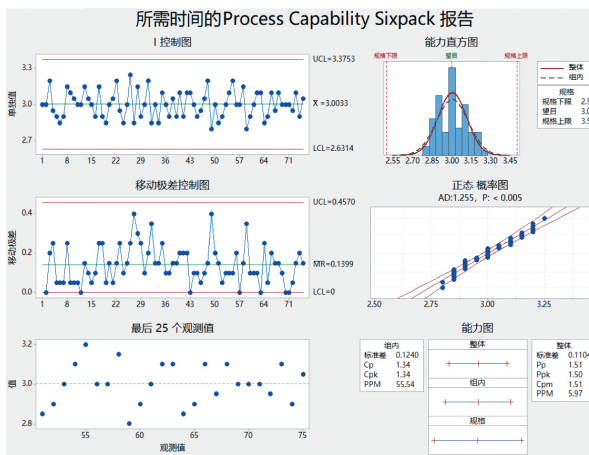


图6 设备能力（cmk）分析结果

结束语

本文根据T型电缆终端特点，结合现场的实践经验，从技术层面设计并制作的通用型免拆装装置省去了传统工艺中拆装T型护套的

流程，有效解决了T型终端电缆抢修效率低的问题。EA

(收稿日期：2019.07.29)

(编辑：朱金凤)