「输电」

输电线路带电跨越承力索护网研制与应用

文/国网河南省电力公司驻马店供电公司　位锋威　仝　猛　李卫军　胡一帆　余　可

随着社会经济的迅速发展，高压输电线路的建设规模突飞猛进，线路之间的交叉跨越施工越来越复杂，导致线路带电跨越的检修日益困难。为了减少带电跨越检修时间、提高工作效率，研制了一种新型的带电跨越索护网，该新型索护网具有造价低、可靠性高和便于安装携带等优点。

近年来，随着经济的飞速发展以及社会的不断进步，电力需求日益增加，电力建设和供应成为了国家经济建设的支柱。而我国一次能源和工业布局分布具有不平衡的特点，这就决定了电网建设必须采用远距离输电的形式。面对电力建设的逐步加快和输电线路技术的不断创新，特别是特高压输电的兴起，使输电线路越来越多，线路交叉跨越已不可避免。

传统的输电线路施工过程中，为了确保施工和供电安全，通常采用停电落线或停电搭设跨越架的方法进行跨越段施工。随着用电负荷的日益加大，输电线路交叉跨越日益频繁，传统的停电施工方法已经无法满足当下优质可靠供电的需求。因此，开展带电跨越施工技术研究十分重要。对现有带电跨越方法进行了研究，在对比分析其优缺点的基础上，提出了一种新的带电跨越索护网设计方案，并且将该新型索护网应用到日常检修工作中，得到了良好的效果。

现有带电跨越方法分析

现有带电跨越方法较多，可以归纳为以下3种。

1. 搭设竹质或钢管脚架带电跨越技术

采用毛竹或钢管在被跨越电力线路的两侧安全距离以外搭设跨越架，以便进行带电跨越施工，这是最早应用于输电线路的跨越施工方法。该跨越架架体轻便、搭设简单且结构稳定，但在实际应用中受施工现场地形及跨越架高度影响较大，只适合在相对平坦的地形上带电跨越施工，并且搭设跨越架的过程中投入的人力、材料较多，耗时较长，施工效率较低。

2. 金属架体与封顶绝缘网相结合的带电跨越技术

该技术在被跨越电力线路两侧设置铝合金抱杆为支承，在两个铝合金架体之间设绝缘网进行保护。可适合各种电压等级线路的跨越，其优点是整个架体搭设所用柱体形式多样，选择性大。它所需工具、材料和运输等工作较搭设竹质或钢管跨越架少，节省人力、物力的投入，搭设速度快。但跨越架必须通过拉线来控制其稳定性，拉线范围内必须有足够的场地来对拉线进行临时锚固，因此不适合地形狭窄的地方。

3. 绝缘索桥带电跨越技术

绝缘索桥带电跨越是近年来发展起来的一项新型跨越技术，其跨越原理是在电力线路两侧的杆塔上分别安装钢结构支架作为受力系统，采用高强度的迪尼玛绝缘绳作为承力索，根据被跨电力线的保护范围，在承力索下吊挂高强度绝缘

杆，从而架起一道保护索桥，对下方的带电线路进行保护。由于导地线均在绝缘索桥内通过，即使在进行张力放线施工时发生跑线事故，绳线也只会落到绝缘索桥上，而不影响运行中的带电线路，因此该带电跨越技术安全性极高。绝缘索桥带电跨越技术可适用于任何电压等级线路的跨越，索桥的承力索采用进口迪尼玛绳制作，绝缘性能好、重量轻且强度大，方便运输和安装。此外，利用新线路铁塔作支承，不受跨越点地形环境和跨越高度的影响。绝缘索桥的耐用性和其他各项性能远远超过其他跨越方式，是现阶段广泛运用的带电跨越施工方法之一。

由以上分析可知，相对于其他两种跨越方法，绝缘索桥无疑是一种全新且性能优越的跨越方法，其重量轻、性能稳定、安装运输方便且应用范围广，并且基本不受外界影响，具有明显的优势。然而，绝缘索桥昂贵的制造成本限制了其在实际工程中的应用。

新型带电跨越承力索护网方案设计

为了提高带电跨越施工的可靠性、经济性以及工作效率，提出一种新型的带电跨越索护网设计方案。索护网的结构大体上分为两部分，即绝缘护网部分和承力连接部分。

1. 绝缘护网部分设计

主要包括绝缘材料、接触方式和组合方式的选择。由于特殊的使用环境，绝缘材料不仅要耐高电压，而且还要保证导线地线能顺利滑动而不卡线，绝缘材料选择使用绝缘绳和环氧树脂管。接触方式必须满足现场使用条件，要能经受复杂环境因素的考验，线管接触方式具有较强的机械强度和耐磨损性能，并且不易卡线，因此选择线管接触方式。组合方式是实现跨越承力索护网易于安装、携带的主要因素，各个单元网由闭锁扣环连接组合，收放方便，调整快捷，安全可靠，不易发生断开现象。

2. 承力连接部分设计

主要包括承力绳、连接方式和固定方式的选择。承力部分应具备机械强度高、重量轻、易操作和抗磨损等性能。常见的承力绳索主要有钢丝绳、普通牵引绳和迪尼玛绳。承力绳索必须满足现场施工要求，因此优先考虑机械强度，其次考虑其重量。迪尼玛绳具有强度特高、重量轻、易操作和方便携带等特点，所以选择迪尼玛绳作为承力部分绳索。连接方式是调节护网的重要部分，所以连接方式必须安全牢固、易于调节，目前常见的连接方式有线绳捆绑、闭锁扣环和闭口滑轮3种，闭口滑轮具有使用方便、连接牢固和不易脱开的特点，因此选用闭口滑轮连接方式。捆绑固定方式虽然用时短，但固定时较为烦琐，不是人人都能固定牢固，不能保证安全使用，因此选择较为简单的螺旋地锚固定方式。

应用实例

对带电工器具库内的打压合格绝缘绳及环氧树脂管进行挑选，初步挑选绝缘绳3种（ϕ14，ϕ16，ϕ18）、环氧树脂管3种（内径16 mm，20 mm，24 mm）。经过组装，对其大小、重量和材质强度等进行比较，最后筛选最优组合，即绝缘绳（ϕ16）和环氧树脂管（内径20 mm）。

绝缘索护网结构如图1所示，其具体设计参数如下。

1）环氧树脂玻璃纤维管长3.9 m，管间距1.4 m，4根为一组。

2）环氧树脂玻璃纤维管管壁厚4 mm，外径28 mm，内径20 mm。

3）环氧树脂玻璃纤维管内穿入ϕ16绝缘绳，绳管结合。

4）绝缘绳头长度为16 cm，插接段10 cm，挂口6 cm。

图1　绝缘索护网

闭口滑轮的闭口钩连接绝缘绳头，滑轮倒挂在迪尼玛绳上，便于护网的展开和调整。绝缘索护网连接到承力绳索上，保证索护网移动顺畅，一旦发生意外方便调整。承力绳索需要固定装置，在输电作业的特殊环境下，选使用小型地转作为固定桩，防止承力绳索滑动、掉落。

对组装成形承力索护网进行拉力和承重力试验，试验结果如下。

（下转第101页）

图6　10 kV B相套管渗油

图7　套管铜排软连接

2. 缺陷原因分析

经由运维人员了解，该主变压器前期运行负荷较高，现在临近春节负荷减少，并且气温较低，主变压器油温明显下降。根据现场情况判断B相套管渗油，是由于套管铜排软连接设计不合理、主变压器油温下降二者同时引起。套管渗油过程分析如下。

1）临近春节，主变压器负荷急剧下降，环境温度降低，主变压器油温明显下降，密封圈弹性降低，变硬。

2）温度下降会引起10 kV铜排收缩，由于套管与软连接之间的铜排装有支柱瓷绝缘子，起不到补偿作用，套管头部导杆受到铜排横向作用力而发生移位，密封橡皮单边受力，这二种诱因最终导致套管渗油。

结束语

上述两起缺陷均为产品安装过程中存在不足所导致。一是厂家在套管组装时装配工艺不到位，导致密封圈受损变形，为缺陷发生埋下隐患。二是主变压器厂家在10 kV套管安装时软连接补偿结构设计不合理，套管与软连接之间的铜排装有支柱瓷绝缘子，不能有效缓冲应力。厂方应加强设备组装过程中工艺流程的管控措施，同时对附件结构设计不合理之处进行整改。EA

（收稿日期：2018.01.27）

（编辑：刘群垚）

（上接第95页）

1）设定拉力5 kN，持续时间5 min，无变形、开裂、断股现象。

2）设定拉力10 kN，瞬间冲击10次，无变形、开裂、断股现象。

3）设定承重荷载10 kN，持续时间5 min，无变形、开裂、断股现象。

承力索护网在施工现场进行应用，如图2所示，满足现场施工要求。

图2　承力索护网现场应用图

结束语

为了减少带电跨越检修时间、提高工作效率，研制了一种新型的带电跨越索护网，具备以下优点。

1）绝缘性能良好，满足220 kV耐压要求。将绝缘承力索护网进行220 kV耐压试验，无发热，闪络现象。

2）便于安装、携带。绝缘承力索护网中最长的结构是环氧树脂管，长约3.9 m，常用的6 m客货两用车即可运输。

3）适合班组作业，工作量小，节约时间。模拟作业时，铺设输电线路带电跨越承力索护网200 m^2（12组），只需8个工作人员（含4名登高人员）1个工作日的时间。

4）不易发生卡线情况，特殊情况方便调整。护网不会与导地线发生卡线情况，护网移动有风绳和滑轮辅助，易调整，方便展开回收。

5）结实耐用。强度高，耐磨损性能好，与导地线接触的是环氧树脂管，可以滚动，不易磨损。试验证明迪尼玛绳承力10 kN的情况下，不会发生变形断裂。EA

（收稿日期：2018.01.06）

（编辑：刘群垚）