「运检」

输电线路高空作业防坠落措施研究

文/国网天津市电力公司培训中心　于　绚　杨　旭　方学珍

在输电线路运检工作中，涉及到的高空作业主要有登杆塔作业及线路上作业，根据现场设备、作业地点和作业方法的不同，需采用不同的防坠落措施，而针对线路高空作业的防坠措施，电力相关安全规定和标准仍属空白。主要分析了输电线路高空作业中的防坠落措施，并对其进行安全性分析。

输电线路高空作业，主要分为塔上作业和线路上作业。其中杆塔形式按材质不同分为水泥杆、钢管杆和铁塔，输电线路（220 kV及以上）中主要是钢管杆和铁塔，均通过脚钉登塔。当需要进行线路上作业时，一般使用软梯、平梯或吊梯到达线路，也可直接攀爬耐张绝缘子串进入线路。在输电线路检修及带电作业过程中，由于安全措施不到位导致的高空坠落事故时有发生，造成多起人身伤亡事故。为了减少高空坠落事故，2009版《国家电网公司电力安全工作规程》线路部分曾提到“220 kV及以上线路杆塔宜设置防止作业人员上下杆塔和杆塔上水平移动的防坠安全保护装置。上述新建线路杆塔必须装设”，但在2013版《国家电网公司电力安全工作规程》线路部分中对该条已不做强制要求。这主要因为，防坠装置的设计安装一直缺乏标准化认定，导致现场不同装置之间通用性不强，甚至部分装置无法正常使用，增加了安全隐患。

针对作业人员登塔作业和线路上作业，分别分析其适用的防坠落措施，在高空作业进行全方位防护，力争减少高空坠落事故的发生。

塔上作业防坠落措施

对于没有安装防坠装置的铁塔，早年要求作业人员登塔时通过交叉提高安全带保险绳挂点来实现防坠保护。即作业人员身上所系的第一、第二保险绳，在移位过程中相互交替使用，挂在脚钉或挂在塔材上，当移位受到保险绳长度限制时，就重新挂好另一保险绳，返回解开原先的保险绳绳扣。这种方法会使作业人员转移注意力，增加体力消耗，还容易发生安全带绊脚、卡脚钉等意外，反而增加了危险。因此实际工作中，作业人员往往无保护登塔，等到达作业位置后才系上安全带。大多数的高空坠落事故均发生在转移位置而无安全带保护的阶段。针对这个问题，新建铁塔往往在塔体上安装钢丝绳或防坠轨道，在作业人员转移位置时，提供不间断的防坠保护。

1. 钢丝绳＋自锁器防坠措施

这种方法是沿着杆塔脚钉走向，在塔材上固定一根钢丝绳，两端绷紧。登杆塔时，作业人员将自锁器安装到钢丝绳上，自锁器的外观如图1所示，当正常上下塔时，自锁器的把柄向上，处于打开状态，能随人体上下滑动；当发生突然坠

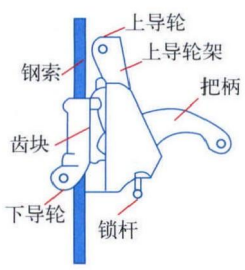

图1　钢丝绳自锁器结构图

落时，由于人体的下滑速度快于自锁器的下滑速度，自锁器的把柄被拉向下方，变成锁止状态，自锁器咬紧钢丝绳，控制物体下滑，起到防坠落的作用。

钢丝绳自锁器可应用于电力、石油、建筑和外墙喷涂等各个行业，适用范围较广，电力行业内也有针对该类自锁器的改进研发，以更适用登塔作业。钢丝绳防坠措施由于价格低廉，其中自锁器仅数十元至数百元，在新建杆塔上有很多安装。但钢丝绳自身的力学特性决定了其抗纵向拉力的性能很好，但抗横向拉力的性能一般，因此往往竖向安装，而在横担等处不安装横向钢丝绳，而是采用传统的安全带保护。另外钢丝绳安装五六年后，虽然外观没有明显损坏，但出于经验，作业人员担心钢丝绳老化而“不敢用”的情况，也时有发生。

2. T形防坠轨道＋防坠器

为了解决钢丝绳抗横向拉力不足和易老化的问题，也可在塔材上配套安装T形钢或工字钢防坠轨道。该轨道沿铁塔脚钉走向，安装在塔材上，采用镀锌钢材或不锈钢材料，防坠轨道应配合防坠器使用。防坠器又名轨道自锁器，原理与钢丝绳自锁器类似，其结构主要由壳体和制动板组成，如图2所示，使用时，作业人员的安全带挂在在制动板上，正常移动时，由于防坠器自身重力，人拖动制动板把柄向上，防坠器在防坠轨道上滑动；当突然下坠时，人带动制动板把柄向下，制动板内侧凸起与防坠轨道摩擦卡住，制止人员下坠。

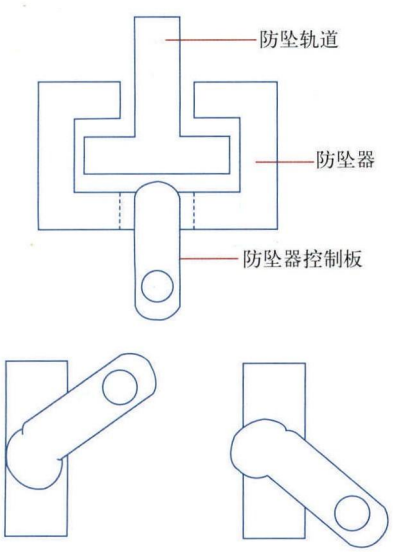

图2　防坠原理图

相比于钢丝绳轨道，T形钢轨道安装牢固，材料更结实耐用，防坠器与轨道的接触面大，能提供更大的摩擦力。并且T型钢轨道可呈任意角度安装，横向轨道和竖向轨道还可通过转向器连成一体，在登塔和作业时起到全程保护。

线路铁塔防坠轨道的设计思路来源于起重机械和简易电梯的防坠结构，并加以改进，但现在T形钢轨道一直没有统一的制造标准，且涉及到专利保护等因素，导致不同厂家的轨道尺寸型号有区别，通用性差。除了常见的T形钢或工字钢轨道，还有一种凹槽型钢轨道，两者的防坠原理相同，但所用防坠器完全不通用。另外不同品牌的防坠器，其保护效果也有不同，图2仅仅为防坠器的原理图，若按照该原理图制作防坠器，使用时防坠器壳体内侧将与防坠轨道直接摩擦，造成“走两步卡两下”的现象，严重影响使用。一般国内知名厂家的产品都会在此基础上增加内滚轮、弹簧等辅助结构，以使移动时更加顺滑，卡锁时更加紧固。

导线上作业防坠落措施

当作业人员从杆塔通过耐张绝缘子或平梯等方式进入导线范围时，可将安全带悬挂在绝缘子或平梯上，不需要除人身后备保护绳外的其他防坠保护。但当作业人员从地面爬软梯进入导线、或沿直线绝缘子向下到达导线时，由于竖直方向无法直接悬挂安全带，人员往往处于无保护状态，针对该种情况，提出了3种进入导线时的防坠措施。

1. 软质绳索＋自锁器

该方案在导线上悬挂一根及地的软质绳索，作业人员在攀登软梯时，将自锁器一端固定在安全带上，一端安装到绳索上，防坠原理与前文中提到的杆塔上钢丝绳自锁装置相同，区别在于软质绳索不需要绷紧固定，且在使用完毕后可拆卸重复使用，其使用环境较好。

2. 速差保护器

根据作业位置的不同，可将速差保护器安装在导线上，或导线上方的杆塔上，将速差保护器钢丝绳末端固定在安全带上，当失足坠落时，钢丝绳会直接将作业人员悬吊在半空中。速差保护器使用历史最长，但由于其为金属材质会导电，因此在线路带电作业时无法使用。

（下转第98页）

www.eage.com.cn

完成了各类设备自主A类检修工作，有效提高了检修人员实操技能。

结束语

探索搭建了基于检修理念、过程管控、人才培养三位一体的规范化检修管控模式。管控模式从工作组织保障、物资保障、人才保障三个方面保障了检修工作的有效开展；从进度管控、质量管控、风险管控三个方面对检修实施过程进行把控，确保了检修工作按时按质推进；沟通机制确保检修过程中的问题得到及时有效的处理。规范化检修管控模式为规范化检修模式的推广实施奠定了体系化的管理基础。

规范化检修管控模式在检修工作中发挥了积极的作用。检修工作中普遍树立了正确的检修理念，三年检修规划有序推进并及时有效地消除设备的缺陷和隐患，检修人员技能水平逐步提升，规范化检修管控模式的管理成效初步显现。

1）树立了自上而下的规范化检修工作观念，并逐步建立优先依靠自有检修力量开展设备检修的责任感。

2）开展一系列符合规范化检修实际需求的培训与操练，助力提升检修技能水平，确保设备检修质量。

3）强化自主检修要求，提出各单位应充分衡量检修配置情况，允许在设备立项检修基础上主动承担设备检修责任，培养检修人员，提升检修水平。

4）充实各类仪器装置逐步配套，强化检修作业技术条件支撑，提升设备状态可知水平及作业水平。

5）与厂家开展检修物资与技术服务最高限价谈判，制订各类设备检修包，为生产业务开展提供价格依据，节省管理成本，提升工作效率。**EA**

（收稿日期：2016.07.04）
（编辑：白文亭）

（上接第93页）

3. 人力后备拉绳

在线路或塔材上牢固位置挂好滑轮，滑轮上的保护绳一端系在作业人员身上，另一端由地面人员拉好，起到保护作用。该方法完全依靠人力保护，可靠性低，且在突然下坠时，由于瞬时冲击力较大，地面人员很难拉住保护绳。如现场确无其他保护措施，只能用拉绳，地面人员可寻找一固定点，如附近树干、水泥杆等，或在地面打临时地锚，将尾绳在上面绕一圈后拉住，通过增大摩擦力起到临时保护作用。

结束语

近年来电力行业线路高空作业时的防坠措施有所发展但仍未完善，在实践过程中可以多参考其他行业高空作业时的安全防护措施，例如山地救援、起重和建筑等，充实和改良已有防坠设施。另外在防坠的标准化建设上应推动一批国家标准、行业标准的建立完善。现今国家电网公司已发布企业标准《杆塔作业防坠落装置》，但仅将防坠装置分为“导向型防坠落装置”和“收放型防坠落装置”，且涉及指标较笼统，离实际应用仍有一段距离。

在实际应用中，由于存量杆塔数量较大，进行防坠设施改造投入大难度高，因此可以先在教育培训中完善发展高空防坠落设施，应用于新员工或转岗员工的培训中，增强员工安全意识，逐渐提高高空作业的安全性。**EA**

（收稿日期：2016.07.17）
（编辑：刘群垚）