

可移动式攀登铁塔防坠落装置的研究

王万福 何妍妍

(国网河北省电力有限公司沧州供电分公司)

摘要：随着特高压智能电网时代的到来，每年需进行检修的输电铁塔数量也在逐年增加。与此同时，高空作业人员在登塔作业时面临的安全坠落风险在逐年升高。为解决上述问题，研发出一种新型移动式登塔防坠落装置，该装置较现有的防坠落装置具有轻便灵活、成本低、安全性高、可重复使用、安装周期短、易于推广等特点。经过实际作业检验，该装置可有效提升高空作业人员登塔过程中的安全性，压降人员坠落风险。可应用于电力行业，更可广泛运用于通讯、建筑及化工行业。

关键词：安全；电力行业；输电；高空作业；防坠落；移动式

2025.08.DQGY
76

0 引言

随着特高压智能电网时代的到来，电力行业的电压等级不断升高，电能输送量不断加大，每年需进行检修的杆塔数量也在逐年增加。据统计，仅河北电网每年输电线路检修数量就达到 700 余回，年登塔 154000 人次。在如此大数量的作业频次下，电力检修人员在攀登铁塔过程中若没有有效的安全防坠落装置，安全风险将大大提高^[1]。

现有的电力登塔作业方式一般分为两种：运用轨道式攀登铁塔防坠落装置与不使用防坠落装置攀爬输电铁塔进行作业。现有的轨道式攀登铁塔防坠落装置存在诸多缺点，例如安全性低、灵活性差、成本高昂、不易推广等^[2]。为了作业人员的安全，在不使用防坠落装置时，登塔人员在攀登过程需要反复系挂安全带，增加了作业的操作步骤，从而延长了工作时间，降低了工作效率。

为解决上述问题，一种新型移动式攀登铁塔防坠

落装置应运而生，如图 1 所示，该装置较现有的防坠落装置具有轻便灵活、成本低、安全性高、可重复使用、安装周期短、易于推广等特点。攀登铁塔防坠落装置不仅可运用于电力行业，更可广泛运用于通讯、建筑及化工行业。

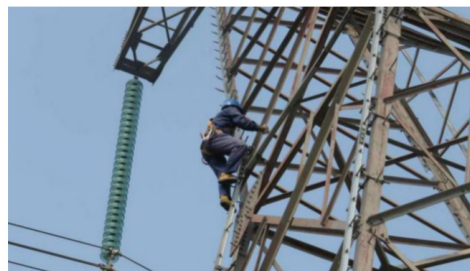


图 1 现有轨道式攀登铁塔防坠落装置

1 关键技术

新型移动式攀登铁塔防坠落装置分为防坠模块、绝缘绳索、速差自锁器三个部分，如图 2 所示。

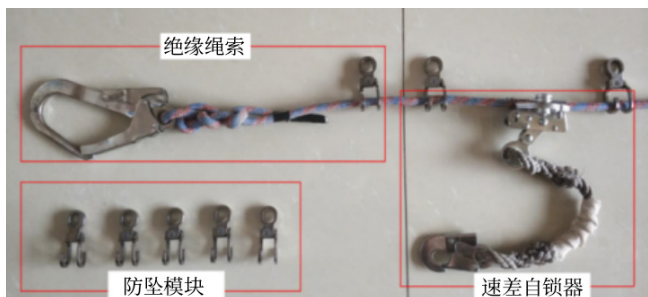
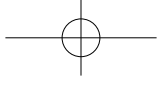


图2 设备主体模块示意图

1.1 防坠模块

防坠模块由脚钉套环、扭力弹簧、过绳弯钩三个部分组成，如图3所示。脚钉套环由固定圆环和活动锯齿组成。固定圆环孔径设计略大于脚钉直径，活动锯齿借助扭力弹簧对脚钉产生压力和摩擦力，保证防坠模块安装于脚钉后脱合力大于100N。活动锯齿紧固力不大于50N，过绳弯钩采用一静一动错位半环式。



图3 防坠模块实体图

1.2 绝缘绳索

耐磨性好，最小拉断力为10kN，长度与铁塔相适应，可满足35kV及以上电压等级输电铁塔使用。

1.3 速差自锁器

采用棘爪正向导通，逆向锁止方式，在瞬时冲击力为5kN时，锁止距离小于0.1m。

2 创新要点

2.1 防坠落模块坚固轻盈

防坠模块充分利用高压铁塔上的脚钉结构，将原本只用于踩踏的脚钉变为保护作业人员上下铁塔的锚

点，进一步挖掘现有设备的拓展潜力^[3]。防坠模块采用钛合金铸造，结构一体化成型。最大承重可达0.5T，坚固耐用，重量仅为0.075kg，轻便灵活。同时创新性地将卡扣与弹簧的组合引入该模块的设计结构中来，实现了模块安装时间短，结构承力性好等多种优点。在设计理念上，防坠模块精简了设计结构，力求用最简单的设计达到最满意的使用效果，为后续的大规模产量奠定了基础。

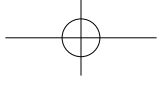
2.2 在登塔作业中引入坠落锚点概念

攀登铁塔防坠落装置设计灵感主要来源于攀岩中的坠落承力锚点原理，在登塔过程中将脚钉作为坠落承力的锚点，即可实现防坠落功能，如图4所示。开创先例地引入“绳索+速差自锁器”的组合于登塔过程。高强度绳索较防坠轨道灵活、柔软、易更换，与速差自锁器相结合，解决了现有防坠装置因防坠器与轨道不匹配而无法使用、轨道易生锈等众多问题。



图4 攀岩支撑锚点与脚钉作为坠落承力锚点对比图

2.3 移动性设备可重复使用，设备循环利用最大化



PRODUCT AND TECHNIC

|| 产品与技术 ||

该装置为可移动使用设备，一套设备可在多基铁塔上反复使用，解决了现有轨道式设备不可移动、暴露在户外易锈蚀、安装周期长等众多问题。

3 使用方法

本装置为半穿戴式使用设备，轻便灵活，只需要对作业人员简单培训便可轻易上手使用。借助高压输电铁塔特有的脚钉结构，每间隔 1~2 个脚钉安装一个防坠模块，作为人员坠落承力锚点。作业中，第一名登塔人员像攀岩运动员一样把一个个防坠模块安装到脚钉上，然后将防坠绳索穿过防坠模块，照此动作持续向上攀爬直至作业位置。这样就为后续作业人员建立起一个安全的防坠落轨道，其他作业人员只需将速差自锁器安装到防坠绳索上就可实现防坠落功能。防坠模块、绝缘绳索、速差自锁器的相互配合，既可保证首位登塔作业人员的安全，也可对后续作业人员提供安全保护。安装效果如图 5 所示。



图 5 使用安装效果图

4 研究成效

安全是企业的重中之重，该装置使现有登塔防坠落方式得到重大改进，令作业人员的安全作业水平得到显著提高。

4.1 缩短了安全坠落距离

该装置经过反复试验与使用验证，坠落锁止率为 100%，平均坠落距离为 0.80m，优于国家电网公司 1.60m 的坠落距离技术标准^[4]。

4.2 减少了设备投资成本

按照现有市场行情，轨道式防坠落装置的安装费用平均每基为 1.5 万元^[5]。本装置的成本为每套 0.5 万元。以一条输电线路 80 基铁塔为例，防坠落成本可由轨道式的 120 万元降至 0.5 万元，成本降低了 119.5 万元，经济效益十分明显，费用对比如表 1 所示。

表 1 防坠落装置使用费用对比

装置类型	费用项目	费用
安装轨道式防坠装置费用	每基铁塔轨道式防坠装置材料费用	11000
	每基铁塔轨道式防坠装置安装费用	3000
	其他基本费用	1000
	合计	15000
使用移动式攀登铁塔防坠装置费用	材料费用	1000
	加工费用	500
	其他费用	3500
	合计	5000
经济效益	以每条输电线路 80 基计算，共节省费用 $1.5W \times 80 - 0.5W = 119.5W$ 元，降低成本 $(120 - 119.5) / 120 \approx 99.6\%$	

4.3 提升服务增速效率

传统的轨道式防坠落装置出现故障需要维护时，需停电更换，影响了所在地区客户用电，造成客户不满，甚至投诉等现象。使用此移动式攀登铁塔防坠落装置可避免停电检修造成的停电投诉等后果，践行了人民电业为人民的企业宗旨。

4.4 缩短维护保养周期

轨道式防坠落装置的维护保养工作只能在大修过程中开展，且为线条流程式，其周期长达一年半^[6]。新型移动式攀登铁塔防坠落装置的维护保养为循环封闭式，操作流程灵活便捷，且周期为半年。简化了维护保养业务的开展流程。

(下转第 83 页)