

直升机巡检在江苏 500kV 及以上输电线路中的应用

刘贞瑶, 韩学春, 康宇斌

(江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

摘 要: 本文通过对 2013 年江苏电网 500kV 及以上输电线路直升机巡检实际效果进行分析, 并从巡检效果、效益方面与人工巡检进行对比, 发现大部分直升机巡检发现缺陷靠人工巡检难以发现, 巡检费用与人工巡检差别不大, 巡检效率是人工巡检的 6 倍。直升机巡检技术可在 500kV 及以上输电线路全面推广, 代替 500kV 及以上输电线路的人工监察性巡视, 以缓解大检修体系下输电线路运检人员紧缺的局面。

关键词: 输电线路; 直升机; 巡检; 应用

0 引言

江苏省电力公司检修分公司(以下简称“公司”)是江苏主网 220kV 及以上输电线路运维检修的重要责任主体, 目前管辖着全省 1000kV 特高压交流输电线路 13km, ± 800 kV 特高压直流输电线路 66km, ± 500 kV 直流输电线路 147km, 500kV 交流输电线路 9565km, 220kV 交流输电线路 24708km。根据江苏省公司输电线路管理界面划分原则, 除委托地市公司负责线路通道管理、日常巡视和地面检测维护工作外, 公司应对管辖线路每年至少开展一次监察性巡视, 但是公司线路专业班组人员仅有 234 人, 人均运维线路长度达 146km, 日常的消缺、检修和验收工作繁重, 难以有效开展监察性巡视工作。

直升机巡检是近年来国家电网公司推行的线路巡检业务新模式, 它综合应用了红外、紫外等先进、高效的手段, 具有故障发现及时、工作效率高、人工无法替代等优点。2012 年 10 月 9 日, 江苏省电力公司与国网通用航空有限公司共同签署了《战略合作协议》暨《江苏电网直升机巡检作业合同》, 合同共涉及江苏 57 条 500kV 线路, 总长 4948km。2013 年根据实际巡视情况, 又将未纳入 2012 年合同的 500kV 线路签订了补充合同, 覆盖了公司所有 500kV 线路。采用直升机代替人工监察性巡视 500kV 线路, 可减轻线路班组工作量, 提高监察性巡视质量, 降低线路运检成本、作业风险和劳动强度, 提升线路运检管理水平。

1 直升机巡检技术介绍

直升机巡检主要采用可见光和红外技术, 在直

升机底部安装有吊舱, 吊舱内集成了可见光摄像机和红外成像仪, 其中可见光摄像机为 200 万像素, 红外成像仪分辨率为 320×240 , 其中可见光摄像机用于记录整个直升机巡检过程, 该摄像机分辨率较低, 不适用于观测线路缺陷。

1.1 直升机巡检检查项目

直升机巡检重点对输电线路平口以上金具进行重点检查, 主要对绝缘子、跳线进行重点检查, 检查塔身有无风偏闪络放电痕迹、导地线绝缘子金具是否有异常情况、导地线及其连接金具是否挂有异物、线路走廊内是否有与导线电气间隙小的物体导致放电等。

(1) 利用红外成像技术检查项目

利用红外热像仪对线路上的导线接续管、耐张管、跳线线夹、导地线线夹、金具、绝缘子等进行拍摄, 分析数据, 判断其是否正常, 同时进行全程红外跟踪录像。

(2) 利用可见光技术检查项目

在航巡中运用望远镜、照相机、机载可见光镜头跟踪记录导地线、杆塔、金具、绝缘子等部件的运行状态、线路走廊内的树木生长、地理环境、交叉跨越等情况, 同时进行全程跟踪录像。

1.2 直升机巡检作业方式

直升机巡检作业时, 由一名飞行员驾驶直升机, 另外两名航检员分别操作红外检测设备(机载吊舱等)和可见光检测设备(防抖望远镜等)。一人利用防抖望远镜观察, 一旦发现线路可见光缺陷, 将利用手持的防抖佳能单反相机(1200 万像素)拍照记录; 另一人负责操控直升机吊舱巡检后台软件, 后

台软件可同时显示可见光和红外两路信号，硬盘录像机同步记录巡检过程红外、可见光视频，红外成像仪可对线路发热缺陷自动检测和跟踪，便于巡检人员巡查线路发热缺陷。

2 江苏直升机巡检应用情况

国网通航公司于2013年3月4日至2013年12月21日对江苏公司500kV及以上输电线路设备进行了巡检。全年累计巡视总长度7729.37km，累计起降302架次，巡视铁塔19381基。在巡视过程中由于线路密集、线路开环资料未更新及线路位于航空管制区等原因，考虑飞行安全因素，对部分线路及区段进行放弃，共放弃里程844.26km。

2.1 总体缺陷情况及分析

江苏电网2013年直升机巡检发现缺陷总体情况见表1，巡检线路长度7729.37km，发现缺陷1982处，其中严重缺陷105处，未发现危急缺陷。直升机巡检缺陷发现率为24.74处/百公里，严重及以上缺陷发现率为1.36处/百公里。缺陷情况百分比见图1

表1 江苏电网2013年直升机巡检发现缺陷分类统计

缺陷种类	金具	导地线	红外测温	异物	绝缘子	附属设施及其它	合计
缺陷数量	1661	81	71	57	47	11	1928

江苏电网2013年直升机巡检发现缺陷分类统计情况见表1，直升机巡检发现的缺陷大体可以分为7类。其中：发现频次最高的缺陷类型为金具类（防振锤滑移和螺栓缺失销子），占缺陷总量的86.15%；发现频次次高的缺陷类型为导地线类（导地线断股、引流线脱落）和绝缘子温度异常，占缺陷总量的4.20%和3.68%；其它缺陷为异物、绝缘子自爆、附属设施等，分别占缺陷总量的2.96%、2.44%及0.57%。

从缺陷原因来看：最主要的原因是安装质量问题，且验收未能发现，如开口销和锁紧销缺损、螺母缺失或滑出、引流跳线小握手损坏、导地线金具发热、安装使用错误等；其次跟设备质量有关，如防振锤滑移、地线绝缘子放电间隙松动等；再次跟运行外部环境和设备正常老化有关，如异物粘连、导地线损伤、均压环损坏、玻璃绝缘子自爆、低值瓷绝缘子、复合绝缘子芯棒发热等；最后跟运行维护不及时有关，如接地引线断股或断开。

2.2 缺陷消除情况

为及时做好直升机巡检发现缺陷消除工作，检修公司指定专人负责与国网通航公司联系，接收巡检发现的缺陷清单和图片，并录入内网共享各运维单位查询，严重及以上缺陷、需现场核实的缺陷直接通知到运维单位负责人。

另外全面梳理直升机巡检所发现的各类缺陷，组织召开消缺推进会，按照等电位紧急消缺、地电位消缺、停电检修消缺等三个类别，全面落实消缺责任主体，等电位紧急消缺由检修公司输电运检中心负责实施，地电位消缺由各检修分部输电线路检修班组织实施，停电检修消缺由各检修分部输电线路检修班或业务外包单位实施。

最后将全部缺陷建档建册，制订消缺计划，动态跟踪消缺情况，实施闭环管理，编制直升机巡线消缺月报，督促各单位加快消缺进度。对高发、频发的缺陷开展专题分析，深入剖析缺陷原因，制定专项整治方案，进一步明确线路竣工验收、线路检修等关键环节标准要求，提高线路验收、检修质量，及时消除线路安全隐患，提升线路安全运行水平。

3 直升机巡检应用效果分析

3.1 直升机巡检效果分析

从2013年直升机巡检情况来看，直升机通过机载设备对输电线路近距离实施全面检测和拍摄，可以准确、高效的发现线路缺陷和隐患，能全方位了解线路设备的运行情况，发现许多通过地面目测观察难以发现的缺陷（只有约30%左右的缺陷能够通过人工巡检发现），如开口销缺损、螺母缺损或滑出、锁紧销缺损、导地线损伤、接地引下线断股或断开、引流跳线小握手损坏等细微缺陷，以及复合绝缘子发热、低值瓷质绝缘子发热等近距离红外检测缺陷，有效弥补了人工地面巡视的不足之处。

特别是发现的螺母和开口销同时缺失、绝缘子锁紧销缺失或失效、复合绝缘子芯棒发热、导地线断股、接地引线断开或磨损等缺陷，对于线路的安全运行影响较大。此外，通过直升机巡线发现杆塔周围违章取土1处，及时通知运维单位到现场进行制止，确保了线路安全运行。

3.2 直升机巡检效益分析

直升机巡检内容基本上与登塔检查和红外测温一致，可以将两者进行对比分析。

（1）效率对比

一般一架直升机每天可飞行2-3个架次,每架次可巡视约40-50km,每天可巡视约100km,一个机组包括1名飞行机长、2名机务、1名航管、4名航检员以及司机等共10人,平均每人可完成10公里线路的巡检任务。而人工登塔检查和红外测温,平原地区每人每天最多可完成4基塔的巡检任务,约1.6km。

(2) 费用对比

根据国家电网财〔2012〕1263号“关于国网通用航空有限公司直升机巡线价格的通知”规定,平原地区500kV线路直升机巡线价格为4200元/公里,无额外的管理费用。根据《国家电网公司电网检修项目成本定额(试行)》2009版,500kV线路直线塔登塔检查定额为868元/基、耐张杆登杆塔检查定额为1154元/基、红外测温定额为250元/处(三相)接头(直线、耐张),平均1公里线路约0.4基耐张塔、2.1基直线塔、1处接头,500kV线路登塔检查和红外测温定额为2534元/公里,加上各种管理费(约为定额的60%)达到4054元/公里。

从上面对比分析可知,直升机巡检费用与人工巡检基本相当,但直升机巡检效率是人工巡检的6倍。

3.3 直升机巡检局限性

直升机巡检也具有一定的局限性,主要有以下两个方面:一是准备和报批阶段的时间较长,一般直升机巡线工作需提前一个月报批,紧急任务也需提前一周报批。二是从安全的角度考虑,在部分线路走廊比较密集的地段、线路下方有大棚情况、无线电干扰强烈地段或城郊220kV线路的应用上受到限制。

4 直升机巡检应用展望

从2013年上半年实际实施情况来看,直升机巡检技术在500kV及以上输电线路巡检上已取得非常理想的效果,有力保障了500kV及以上输电线路的安全运行,应在所有500kV及以上输电线路进行应用。为进一步巩固直升机巡检的成果应用,还应开展以下工作:

(1) 对高发、频发的缺陷开展专题分析。根据直升机巡线发现缺陷的统计结果,金具类缺陷(防振锤滑移、开口销缺损)占缺陷总量的84%。说明此类缺陷在人工巡视中难以发现,尤其是特高压输电线路,杆塔平均高度较500kV更高,人工巡视时

此类型的缺陷更加难发现。由此推论,在未实施直升机巡检的线路中此类缺陷必然大量存在。

(2) 积极与基建、施工单位沟通。将直升机巡线缺陷分析总结提交基建部门,加强施工人员工作责任心,避免频发缺陷的重复发生。

(3) 加强关键部位验收检查。在今后线路验收中,加强线路验收关键部位的检查,做好线路关键项目的重点验收,切实提高工程验收质量。

(4) 加强检修人员培训力度。针对直升机巡线发现的问题,如缺螺母和销子、缺锁紧销、挂板安装错误、接地引线连接不可靠、引流跳线小握手损坏等,加强对线路检修人员的培训工作,切实提高线路检修质量,提升线路安全运行水平。

5 结束语

与人工巡检相比,直升机巡检在500kV及以上输电线路应用中具有巡检效果好、巡检效率高等优点。在“大检修”体系检修公司线路长度长、人员少的情况下,采用直升机巡检来代替500kV及以上输电线路人工监察性巡视,对于减轻线路班组工作量、提高监察性巡视质量、降低线路运检成本、作业风险和劳动强度、提升线路运检管理水平等方面都有不可比拟的优势。

作者简介:

刘贞瑶(1979-),男,湖南人,高级工程师,从事输电线路运检管理工作;

韩学春(1972-),男,山东人,工程师,从事输电线路运检管理工作;

康宇斌(1978-),男,四川人,高级工程师,从事输电线路运检管理工作。