

基于陶瓷刀的架空线路清障装置研究

首先对架空输电线路目前面临的安全问题进行了阐述，并描述了目前传统的清障措施，在分析的基础上给出了一种基于陶瓷刀的架空线路清障装置的技术方案及其使用的流程和特点，特别是技术方案，对各分系统进行了详细的叙述，最后对技术方案进行了总结。

裴慧坤¹ 张欣¹ 李勋¹ 黄荣辉¹ 周伟才¹ 高昌盛² 范首东² / 1.深圳供电局有限公司
2.航天科工深圳（集团）有限公司



裴慧坤/工程师

关键词/Keywords

陶瓷刀·
架空线路·
无人机·
清障装置·

0 引言

本文致力于解决人工电力作业的安全问题，采用多旋翼无人机搭载自动化的陶瓷刀具及其执行机构，通过地面监测与控制单元实现远程监测与作业控制，替代人力进行电力作业，实现高效、安全的巡线愿景。

1 目前现状

随着生活水平的提高及人们环保意识的增强，节假日期间，燃放烟花爆竹的现象逐渐减少，但放飞风筝、孔明灯等现象逐步增多，这看似环保、文明的过节方式却对供电线路、供电设施以及公共安全造成了巨大的潜在危害。

1.1 架空输电线路威胁

据公开报道，仅2012年，上海市电力检修部门就发生了76次由风筝、气球等异物导致的电网故障的抢修工作，达到了全年电力抢修量的80%左右。

2013年3月26日，河南平顶山，一根飘落的风筝线横跨马路，一名骑摩托车的男子被割伤，颈部伤口26 cm长，颈前

肌肉层全部断开，甲状软骨上部大部分断裂，右侧颈内动脉局部破损。

2012年3月30日，上海市3条220 kV输电线路相继跳闸，后经现场查看发现线路被风筝线缠绕，从而导致整个上海电网发生波动，影响了整个电网的安全稳定运行。近期，类似的由于放风筝导致的安全隐患不断发生，对电网设备造成严重影响，有关风筝“禁飞区”的话题也再次被提及。

放风筝的线通常都是碳素材质，具有导电功能，单线缠绕问题不大，若碳素线缠上两根电线，则很可能发生电路故障。由于架空电线是外面不包绝缘物的裸铝线或钢芯铝线，在电力线路附近放风筝，万一风筝或引线碰到电线，就可能将几根电线连接起来引发短路，也可能导致线路跳闸停电。同时，淋湿的风筝线会造成线路的短路。

已经缠绕在电线杆上的风筝线，年久滑脱，随风飘荡，极有可能对市民安全造成威胁。

1.2 目前措施

针对上述问题，电力部门会对架空输电线路进行不定期巡检。主要措施是派遣熟练电力工人，攀爬电线杆对异物进行手动拆除。人工拆除方案简单有效，但对电力工人的上杆技术要求高，且高空电力作业存在对作业者安全性的潜在威胁。目前为止，除了人工拆除电杆风筝线，全国各地还没有普及更加安全的措施。

2 技术方案

2.1 模拟应用场景

一般放风筝的区域都在城市的公

基金项目：南方电网公司重点科技项目（2015科资0005）

园、广场等区域，本文将本技术方案涉及产品的虚拟应用场景设定为市民活动频繁的广场开阔区域。

2.2 系统总体方案

本文涉及的基于陶瓷刀具的架空线路清障装置包括多旋翼无人机、陶瓷刀具及其执行机构、地面监测与控制单元。多旋翼无人机作为搭载平台，为陶瓷刀具及其执行机构提供搭载平台，同时通过与多旋翼无人机的电气连接，实现供电和信息的互联互通；陶瓷刀具及其执行机构是整个系统的有效载荷，在发现有风筝、导线等障碍物时，通过操纵陶瓷刀具及其执行机构，实现对架空线路上障碍物的清除；地面监测与控制单元是地面人员的监测和控制中心，通过实时监测发现障碍物，并对无人机进行定位，同时通过指令控制陶瓷刀具及其执行机构动作，实现清障作业。系统组成如图1所示。

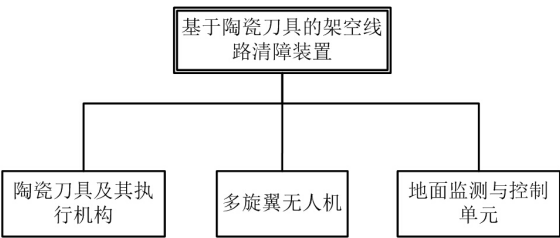


图1 基于陶瓷刀具的架空线路清障装置系统组成图

2.2.1 多旋翼无人机

多旋翼无人机是一种具有可垂直起降能力的小型无人飞行器，它通过对称布置的偶数个（一般4、6、8等）机臂，旋翼处于同一高度平面，且旋翼的结构和半径都相同，电动机一般对称的安装在飞行器机架的端部，支架中间部分一般安装载荷、控制导航、链路等设备。无人机的姿态调整是通过改变旋翼的转速来实现的，通过调整姿态进一步实现位置控制，具有悬停性能优异、移动灵活、机械结构紧凑、零部件可靠性高等优点。四旋翼无人机的结构形式如图2所示。

多旋翼无人机通过电动机转速的变化实现升力的变化，从而控制无人机的运动。多旋翼飞行器是一种六自由度的垂直升降机，但只有四个方向输入力，同时却有六个状态输出，所以它又是一种欠驱动系统。

多旋翼无人机相较于全球鹰系列为代表的固

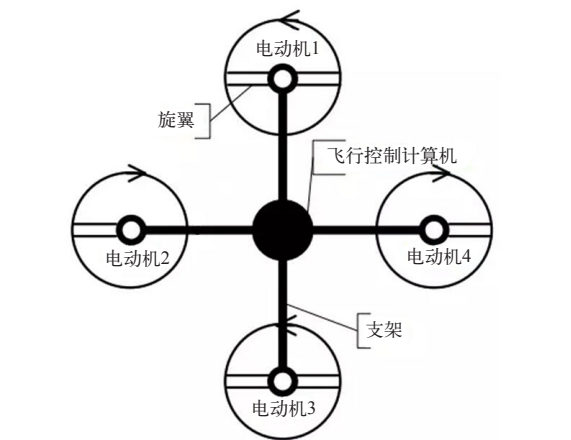


图2 四旋翼无人机的结构形式

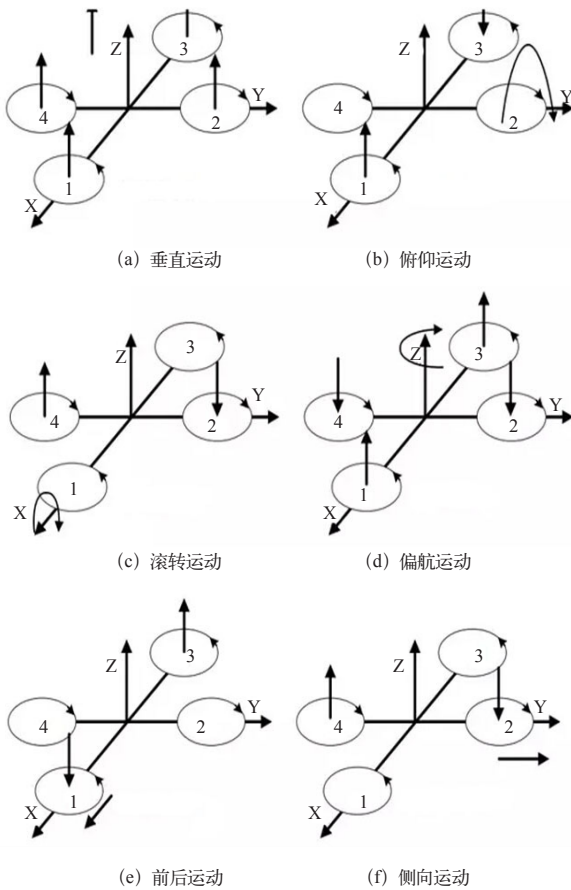


图3 四旋翼无人机沿各自由度的运动

定翼无人机，具有以下优点。

1) 具有优秀的低速性能与垂直起降性能，适合在复杂的城市环境中进行侦查。六旋翼无人机可以实现狭小空间内的垂直起降功能，可以在任务需要的时候在空中某处定点悬停对目标进行持续的跟踪。在必要的时候可以在建筑物的顶棚实现紧急降落。

2) 具有紧凑的结构设计,控制结构也较为简单。六旋翼无人机采用多旋翼设计,其机臂可以进行折叠,旋翼也可以进行快速的安装与替换。因此,可以方便地进行运输与快速的部署。其紧凑的结构同时也提高了六旋翼无人机的可靠性。仅需保证电动机的正常运作即可,不需考虑如直升机中运用的复杂机械结构的可靠性问题。

3) 机身小巧、便于携带。由于六旋翼无人机具有紧凑的结构设计,因此,组装与拆分也变得非常方便。可以方便地携带与运输。使得六旋翼无人机在军事应用中更加方便。

近年来,在民用领域,无人机技术在救灾、航拍、农业、侦查等各个领域内取得了广泛的关注与研究。小型旋翼型无人机由于具有优异的机动性能、简单的机械结构、方便的部署与维护等特点,得到了多方面的应用,在电力巡线方面,多旋翼无人机具备垂直升降、悬停等灵活飞行性能优势,因此在某些环境下比固定翼无人机具有更好地适用性,更加适用于在危险和恶劣的环境下工作,本文就采用多旋翼无人机作为搭载平台,执行任务。

2.2.2 陶瓷刀具及其执行机构

陶瓷刀具是人类运用纳米陶瓷材料改革机械切削加工的一场技术革命的成果。陶瓷刀具一般采用一种叫“氧化锆”的纳米材料加工而成,采用模具经高压压制成刀坯,经高温(一般2 000℃)烧结后,经金刚石打磨后而成的产品。

陶瓷刀的硬度仅次于钻石,所以在正常使用的情况下不需要磨刀。具有硬度高、耐腐蚀、化学稳定性好、耐磨等特点,外型精致,刀口锋利无比,可以说陶瓷刀是真正的永不腐蚀、永不磨损的刀。

陶瓷刀的比重为6.5,介于钢和钛合金之间,用它进行切削时,总体性能优于钛合金刀,且比钛合金刀锋利,更耐用,同样使用条件下,陶瓷刀保持锋利的时间是相同形状与大小合金刀的几十倍。虽然陶瓷刀有锋利、耐用、不磨损等特点,但由于采用陶瓷材料制成,也具有较脆,易断裂等缺点,其强度较小,一般只有相同形状与大小合金刀的38%左右。

本文根据任务的特殊需求,采用定制的陶瓷

刀具,充分利用陶瓷刀具的锋利、耐磨、不导电特点实现,设计的陶瓷刀具及其执行机构如图4所示,包括绝缘连杆、导线、卷扬电机、链条、陶瓷刀具和陶瓷轴套几部分。

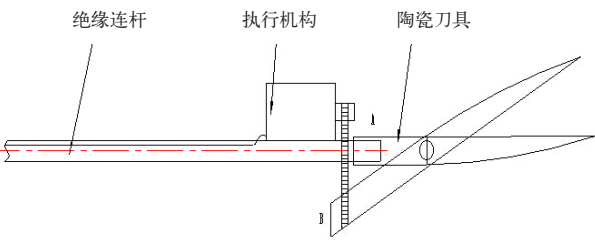


图4 陶瓷刀具及其执行机构

2.2.3 地面监测与控制单元

无人机系统的控制是一种人在回路的控制^[1],地面监测与控制单元相当于有人飞行器的驾驶舱。地面操控人员通过地面监测与控制单元对无人机飞行状态进行监控,并进行相应的调整和干预。地面监测与控制单元是整个无人机系统的指挥中心,是控制无人机完成相关飞行任务的“大脑”。作为无人机操纵和飞行任务制定终端,地面监测与控制单元也被称为“地面控制站”或“任务规划与控制站”^[2]。地面监测与控制单元是无人机系统必不可少的组成部分,是无人机飞行安全和完成飞行任务的重要保障。

典型的地面监测与控制单元如图5所示,该地面监测与控制单元既能实现视频、数据监测,也能实现实时的地面遥控功能。



图5 地面监测与控制单元

2.3 产品使用流程

当执行任务时,多旋翼无人机搭载陶瓷刀具及其执行机构,飞行过程中对架空线路进行巡线

监视，当发现线上异物（风筝、导线等）时，地面监测与控制单元发送指令控制无人机靠近线上异物，并使异物置于陶瓷刀及其执行结构的清除范围之内，多旋翼无人机悬停，地面监测与控制单元发送指令，陶瓷刀及其执行结构动作，对线上异物进行清除，监测异物是否清除，如未清除则重复上述程序，如清除，则继续进行巡线，发现异物后，重复上述程序，系统工作流程如图6所示。

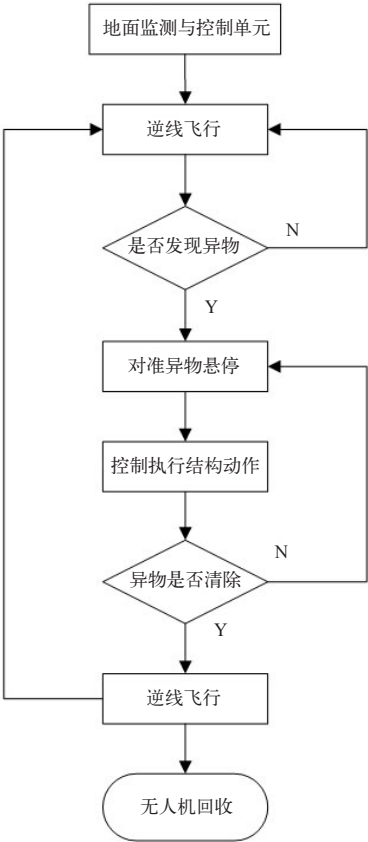


图4 陶瓷刀具及其执行机构

3 结束语

利用多旋翼无人机可悬停、使用方便的特点，通过搭载陶瓷刀及其执行机构，利用地面监测及控制单元，实现远程控制作业，清除架空线路上异物的清除，参与作业的清障装置具有以下特点。

1) 体积小巧，飞行姿态稳定，能在不触碰的情况下活动于高压电线之周围。

2) 采用陶瓷刀装置，快捷方便、不导电、易于作业。

3) 具有实时视频传输功能，地面人员通过地面监测及控制单元对线上情况、异物的清除过程、清除结果等一目了然。

运用搭载了基于陶瓷刀的架空线路清障装置的无人机，可以在保证作业者的人身安全前提下，有效对电力网络进行作业（拆除缠绕风筝线）。

参考文献

[1] 魏瑞轩, 李学仁. 无人机系统及作战使用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
[2] 周焱. 无人机地面站发展综述[J]. 航空电子技术, 2010, 41(1): 1~6.

作者简介

裴慧坤（1984-），男，硕士，工程师，主要从事输电设备的技术管理工作。

（收稿日期：2015-12-10）

EA
（编辑：朱金凤）