

基于电力巡检的新型机器人自动登塔装置设计

针对目前的巡线机器人上下铁塔十分不便这一情况,设计研制了一种可自动运输机器人上下铁塔的装置。该装置不同于现有的齿轮销轴传动,而是采用了链轮传动,不仅设备结构简单,还降低了导轨的制作成本,更易于现场工人的安装。通过对装备的受力情况进行分析,校核了设备主体的受力状态。分析结果表明,所设计的登塔设备在使用过程中是安全可靠的。

贾绍春 汤 涛 李 方 樊广棉/广东科凯达智能机器人有限公司
姚 磊/国网北京市电力公司检修分公司

0 前言

为了保证输电系统的安全可靠运行,必须对输电线路进行定期巡视检查,以确保及时发现和消除隐患。目前的巡检方法主要是地面人工目测法和直升机航测法。前者巡检准确度低,劳动强度大,且存在巡检盲区。后者主要是巡检费用过于高昂。随着科技的进步和技术的成熟,巡线机器人可以很好地克服上述缺陷。近年来,电网公司开始逐步使用巡线机器人来进行线路巡检。

巡线机器人的应用必然涉及到机器人上下铁塔的问题。关于高塔攀登作业,国内近年来陆续在一些大型的跨江铁塔上使用了载人升降设备,从结构和功能上主要分为井式电梯、施工升降机和铁塔攀爬机三种^[1-4]。国外的输电线路登塔设备较国内起步较早,已形成了一些成熟产品^[5-7],如日本输电铁塔的专用

载人升降设备和瑞士公司研制的高空攀登器等。上述设备的应用虽然对输电线路的检修维护带来了极大的便利,但这些设备大都是针对自身强度高、安全裕度大的大跨越铁塔而设计的,对一般线路的输电铁塔并不适用,并且相关设备造价高、对铁塔影响较大,配套轨道质量要求高,对现场安装水平提出了较高要求。

鉴于此,本文根据登塔设备小型化、轻型化的发展方向,设计完成了一款通用性较好、结构简单的登塔设备用于巡线机器人登塔使用。该装置采用了链轮传动,不仅设备结构简单,还降低了导轨的制作成本,更易于现场工人的安装。通过对实际中装备的受力情况进行分析,校核了设备主体的受力状态。分析结果表明,所设计的登塔设备在使用过程中是安全可靠的。

1 装置主体结构设计

根据登塔设备轻型化、便携式、易于安装和高安全性的要求,本装置采用链轮链条传动,设备采用充电电池作为动力源,不需要外接电源。

装备的工作示意图如图1所示。其工作原理为:沿铁塔上升方向铺设导轨,并在导轨的正中铺设链条,其结构如图2所示。链轮与导轨上的链条啮合传动,使设备沿着导轨上升,完成机器人到塔顶的运输。

设备自重加负荷 m 按150 kg计算,上升速度 v 为0.2 m/s,根据实际工况和结构



贾绍春/工程师

关键词/Keywords

铁塔·
链轮传动·
导轨·
登塔设备·

广东省科技计划项目(2015B090922007),佛山市科技创新专项资金项目(2015IT100143),中国南方智谷引进创新团队和项目资助(2015CXTD01)。

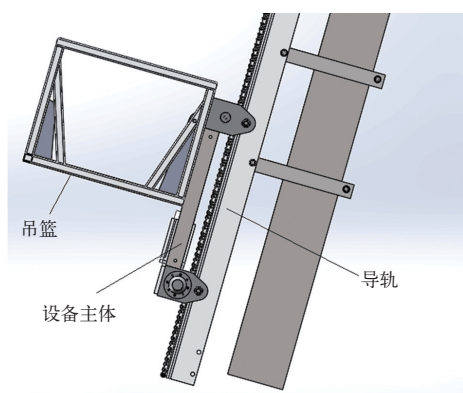


图1 装备工作示意图

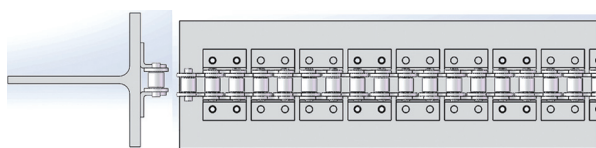


图2 链条导轨示意图

紧凑的要求，选取滚子链型号为12 A，链轮齿数为12，节圆直径 d 为60 mm。传动系统采用常用的蜗轮蜗杆RV减速器和直流带刹车的步进电动机。

减速器传动比为

$$i = \frac{n_1}{n_2} \approx 11.5 \quad (1)$$

式中， i 为减速机传动比； n_1 为步进电动机额定转速； n_2 为链轮正常传动转速。

根据计算，参看RV减速器的常用传动比系列，取 i 为15。所需电动机力矩为

$$T_2 = \frac{T_1}{i} = \frac{mg \frac{d}{2}}{i} = 3 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (2)$$

式中， T_1 为链轮输出力矩。

据计算结果，考虑振动冲击短时过载以及电动机尺寸结构成本，选取12 N·m的步进电动机。

设备主体机械结构如图3所示，主要包括：机械主体、导向轮组件和传动组件。其中，机械主体由主机架和槽钢连接板组成。主机架采用钢板焊接，中间连接板采用标准槽钢型材，这些都使机构的加工变得更加容易且极大地降低了成本。导向轮组件由小的金属轮和尼龙轮组成，减轻了设备的整体重量。传动装置是步进电动机配减速

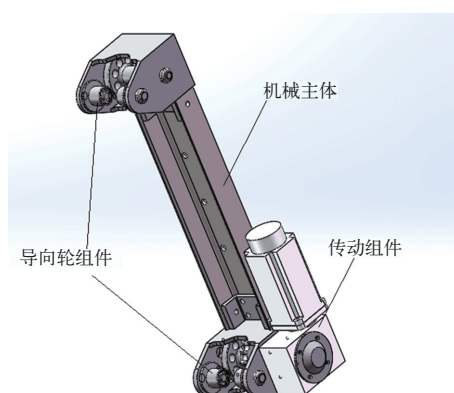


图3 设备主体机械结构

器，且采用竖向布置，节省了空间，使得结构更加紧凑。

2 设备荷载校验

为了校验所设计的装备是否满足使用中的强度安全，有必要对其进行分析计算，而在当今的分析方法中，有限元分析无疑是经济且快速有效的一种方法。

进行分析前，首先必须明确登塔装置在运动过程中的受力情况。根据分析，装备工作过程中主要受静载荷、冲击载荷和风载荷这三种载荷。

其中静载荷为设备的净重产生的载荷，即

$$G_{\max} = m_{\max} g = 1500 \text{ N} \quad (3)$$

冲击载荷为运动过程中的冲击产生的，其值为实际载荷重量乘以冲击系数，即

$$\mu = 1.1 + 0.264v = 1.15 \quad (4)$$

式中， v 为额定速度，m/s。

计算风载荷时，不考虑高度，风速取 $v_w = 30 \text{ m/s}$ ，风力系数 c 取1.2。

风压为

$$P = 0.625(v_w)^2 = 562 \text{ N/m}^2 \quad (5)$$

校核中按最坏的工况计算，设备同时受以上三种力。在Solidworks对模型施加位移和载荷条件^[10]后进行计算，其等效应力如图4所示，位置形变如图5所示。

从图4、图5中可以看出，设备的最大等效应力为55 MPa，远小于材料的许用应力；最大位移

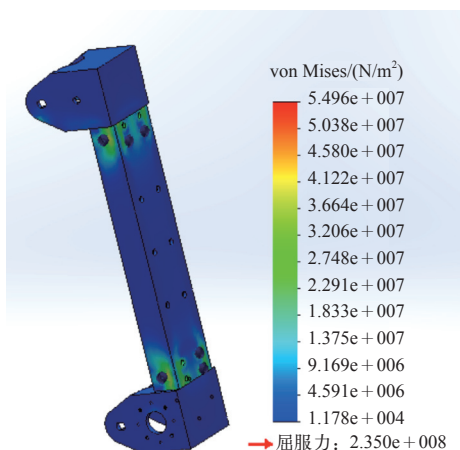


图4 等效应力图

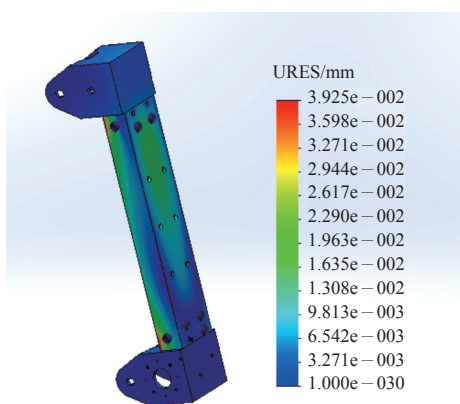


图5 位置形变图

为0.04 mm，基本没有形变。故所设计的设备在使用中是安全的。

3 结束语

针对巡线机器人上下铁塔不方便这一实际工程问题，设计了一种采用链传动的登塔运输设备，并对其进行了受力分析，结果表明在最差的工作下运行，设备依然是满足强度要求的。

参考文献

- [1] 黄灵荣. 输电线路维护检修专用铁塔攀爬机研究与应用[J]. 科技风, 2014(14): 69-70.
- [2] 单军. 铁塔攀爬机在大跨越上的应用研究[J]. 宿州学院报, 2013(8): 89-91.
- [3] 冯小红. 输电线路维护检修专用铁塔攀爬机研究与应用[J]. 电力建设, 2009, 30(8): 123-126.
- [4] 刘芝豹. 特高压铁塔攀爬机工艺研究[J]. 新技术工艺, 2013(6): 6-7.
- [5] Davies R K L. Monitoring hoist safety equipment[J]. Coal Age, 2004, 21(1): 66-68.
- [6] Schwind, Gene. Packaged hoists: variety, versatility and variations[J]. Material Handling Engineering, 2001, 49(10): 65-67.
- [7] 付春梅, 顾德裕, 冯志华. PQS-3-D型汽车专用升降机传动系统的建模分析[J]. 机械设计与研究, 2007, 23(1): 101-105.

(收稿日期: 2018-01-13) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告