

·光电系统·

光电桅杆的应用现状与发展趋势

陈兆兵, 郭 劲, 王恒坤

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要:以车载光电桅杆系统为主体,对光电桅杆的分类与特征进行了探讨,总结了光电桅杆技术应用上的现状及其关键技术,对光电桅杆技术的发展趋势进行了分析,为光电桅杆的研制与应用提供参考。

关键词:光电桅杆;车载装备;桅杆结构

中图分类号:TN977

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)05-0013-04

Application Actuality and Development Trend of Electro-optic Mast

CHEN Zhao-bing, GUO Jin, WANG Heng-kun

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The classifications and characteristics of electro-optic masts are discussed based on the vehicle electro-optic mast system as the principal part. The application status and key technologies of electro-optic masts are summarized. The development trend of electro-optic masts technology is analyzed, which can provide references for the research and application of electro-optic masts.

Key words: electro-optic mast; vehicule equipment; mast structure

桅杆作为一种可以伸缩的结构在应用中具有广阔的空间。桅杆结构的应用可以分为固定式桅杆应用和固定在移动设备上应用两种主要形式,其应用特点决定了桅杆主要应用于移动设备中。在使用过程中一般采用载体运动时将桅杆进行回缩,以方便载体的运动提高载体的灵活性。

桅杆的一般定义是具有高耸特征的结构,这里所探讨的桅杆指的是具有伸缩功能的、高宽比在20以上的结构设备。桅杆在潜艇上的应用从潜艇一出现便开始了,从最初的机械式潜望镜到目前最新的光电式非穿透型桅杆,桅杆在潜艇技术的发展中扮演了重要的角色。在陆基侦察系统的发展过程中,光电桅杆作为光电侦察系统的载体也得到了广泛应用。文中对光电桅杆的应用进行了重点探讨。

1 光电桅杆的分类与应用现状

光电桅杆的分类方法有很多,按照固定形式的

不同可以分为有纤绳式桅杆和无纤绳式的中低高度桅杆。按照载体的不同光电桅杆可分为舰载、车载、潜艇载及地面固定式几种形式;按照外观形式可分为圆形、方形、格状塔形;而按照伸缩驱动方式的不同可分为机械式、液压式、气压式几种。机械式机构根据传动方式的不同可分为内部拉绳式结构、丝杠式传动结构两种。在这里以外观形式的不同对光电桅杆的特点进行探讨。图1分别为3种外观结构的桅杆形式。

圆形桅杆:这是一种最为常见的桅杆外观样式,其驱动形式可以采用机械、液压、气压等多种方式。其体积较小,相对质量较轻,起升质量较小,适于车辆安装,这种形式的产品在抗扭、抗弯等能力上存在一定缺陷。

方形桅杆:这种结构以四方形截面为主要特点,其优点为在一定的安装空间内这种形式的结果在强度、刚度、抗弯能力、抗扭能力上要好,如果这种形式

的结构采用内部拉绳则能够明显的延长钢丝绳的寿命^[1]。方柱形机构虽然提高了每节强度,但整体刚度不一定提高,同时也增大了迎风面积,增大了风载,这是其缺点之一。

格状塔桅杆:这种形式的结构多以机械或液压



(a)方柱形 (b)圆形 (c)格状塔形

图1 车载光电桅杆的外观形式

为驱动形式,这种桅杆不是以光电探测等设备为载体,而是作为一种机—液结合的一种成熟的升降机构广泛用于无线电传输等较高高度要求的场合。其优点为相对起升质量较大,自身质量相对较轻。当

前其升起的高度达50 m以上,起升质量在1 000 kg以上。该结构一般采用特殊铝合金材料,它的刚度与钢材相当。它的比重要比钢材轻约三分之二。这样在满足升降装置强度和刚度要求的同时,也大大降低了其自身质量,又由于其型材特殊的断面形状和定位机构形式,不但其迎风面积较小,而且也满足承受较大风载的要求。在可靠性上这种结构设有液压锁定和机械锁定机构,并对起升和下降过程设置了相应的电控限位和机械限位,防止人为误操作使设备造成不必要的损坏。这种结构的缺点是安装所占的空间较大。

下面对应用于光电领域的桅杆研究与使用现状进行探讨。在该领域中目前美国、日本、以色列、德国等发达国家具有较好的技术。无论是在升降的承载能力、升降时间、机动性上还是在升起后的稳定精度控制、附件的先进程度、甚至不同系统间的坐标转换方面,这些国家都具有较好的技术储备。通过表1来对当前国外在光电桅杆上的研究状况进行综合探讨。

表1 国外光电桅杆研究现状

生产国家与公司	桅杆主要型号	驱动形式	升降高度	详细参数
以色列 RAFAEL	Stalker1 Stalker 2 Stalker 3	机械式	5 ~ 10 m	是一种安装在4x4轮式卡车上的桅杆侦察系统,桅杆高10余米,顶部配球形光电系统和小型雷达,提供从近处到远距离的监视和侦察。对大目标工作距离可达20 km,多普勒雷达可以达到40 km;能够在恶劣天气条件下获得和传送高分辨率图像,具有目标管理、精确坐标定位、自动跟踪能力 ^[2] 。
	KVR 较高载重和高精度型	拉绳式	20 m	KVR系列杆是根据有较重载重要求的机动应用开发研制的,并拥有高度的精确性、载重最大75 kg。杆的收缩主要通过内置于杆内的钢丝绳来控制。内置的回收钢缆可以确保即使是在冰雪和大风的天气情况下仍然能够实现杆的安全收拢。利用特殊的导向系统,使伸缩管的套管间隙非常小。导向余量可调。将自动制动器装配进桅杆中,可以避免伸缩杆的自动回缩,并且可以使伸缩杆在任何所要求的高度上锁定 ^[3] 。
德国盖洛公司	SPM 螺杆系列桅杆	螺杆式	15 m	SPM系列最大载重可以达到200 kg,主要用于高载重以及高精度要求、使用特殊处理的高强度以及精确加工的铝合金管,适合安装于车辆外部和内部,采用电动或者手动操作
	格状塔型	拉绳式	40 m	利用一套复杂精密的启动设备,可以在几分钟内完成承重量最高达到1 000 kg的格状塔的自动竖起操作。高抗腐蚀性的铝合金格状结构,高精度的产品,以及特殊的引导装置,确保了每个单元衔接处极小的间隙。

(续 表)

生产国家与公司	桅杆主要型号	驱动形式	升降高度	详细参数
美国 FLIR 公司	TacFLIR1 TacFLIR2 TacFLIR3	不详	5 m 以内	光电系统大小 25.1 cm × 15.2 cm × 26.9 cm (9.9" × 6.0" × 10.6"); 光电系统质量 5.9 kg; 交流标准 RS232/422; 驱动 18VDC-32VDC; 桅杆顶部是球形光电系统, 有陀螺稳定机构, 含摄像机、热像仪和激光测距机等光电传感器, 中波热像仪作用距离最远达到 10 km, 人眼安全激光测距机作用距离达 20 km; 通过与惯性导航系统、GPS 或雷达系统通信相结合, 能够实现目标的准确定位 ^[4] 。
英国 LERC 公司	LERC 升降杆	不详	3 ~ 20 m	升降桅杆, 外形多为圆柱形, 有不同直径和不同的节数, 对应承担不同的升降高度和载荷。
法国 Thales	轮式装甲车上安装桅杆光电系统	拉绳式	5 m	其桅杆不同于常规的圆柱形, 而是独特的三节框式支架式桅杆, 将球形光电系统升高离地约 5 m 的高度, 这组桅杆也是可以降到车体内的, 用于侦察或前线观察目的
丹麦 Falck	Schmidt 防务系统	不详	5 m	该公司专门生产各种举升系统, 光电系统安装在桅杆顶部, 以便于减小地面物体的遮挡。光电系统升高离地约 5 m, 略高于武器系统。
美国 W-B 公司	以照明为主的桅杆	气压	1.8 m	提升高度: 从车顶起 1.8 m; 归位后尺寸: 1.11 m × 0.82 m × 0.23 m; 质量: 36 kg; 工作电压: 12 V; 工作电流: 16 A; 功耗: 3 000 W; 采用圆形结构, 体积较小, 相对质量较轻, 起升质量较小, 适于车辆安装, 主要用于通信, 其缺点为在上升和下降时会产生前冲现象, 导致不平稳, 其价格也较高。
德国 RUTHMANN 公司	折叠式 T580	折叠机构	58 m	最大作业高度: 58 m; 平台高度: 56 m; 水平延伸: 40 m; 旋转角度: 500°; 工作斗支臂最大升角: 180°; 上伸缩臂最大升角: 180°; 工作斗最大尺寸: 3.60 m × 0.90 m; 工作斗载荷: 500 kg; 外形高度: 4.00 m; 外形长度: 12.00 m; 允许固定倾斜角度: 1°; 允许总质量: 自 26 000 kg。

2 光电桅杆应用中的关键技术

光电桅杆系统是一种高精度、高性能要求的设备。在其研究过程中涉及到诸多关键技术, 从结构定型、材料选择到装配配合、稳定控制都涉及到一些重要技术。从目前的发展状况来看, 其现存的关键技术主要有光电桅杆在载体上的合理安装、光电设备与桅杆的高可靠性与高稳定性连接、降低光电桅杆对光电系统的探测精度影响、提高桅杆系统的抗风载等环境适应性、光电桅杆升降后的坐标定位与转换、各种控制命令、信息数据的传输与接口设计、自动化光电桅杆设备支持的载体综合电子系统等。下面对上述各关键技术进行简单探讨。

(1) 光电桅杆在载体上的合理安装: 光电桅杆系

统作为一种光电探测设备的载体, 是由于载体具有自身隐蔽性和机动性的要求才采用的。如何做到载车在平时的机动中保证光电桅杆探测系统的良好状态, 同时能够在桅杆系统非工作时间其完全缩入车厢保证隐蔽性, 而在需要工作时迅速支起并可靠运行是光电桅杆研究之初就应探讨的问题;

(2) 光电设备与桅杆的高可靠性与高稳定性连接: 光电设备一般架设在光电桅杆的顶部, 光电设备在进行远距离探测侦察与跟踪时, 对桅杆的稳定性就有极高的要求, 尤其是桅杆的转动误差对光电系统的可靠工作具有决定性的影响。如桅杆在周向有 0.1° 的误差, 则经过光电系统的远距离放大后会产生几十米甚至几百米的误差, 原来光电设备能够探测或跟踪的目标很有可能由于这 0.1° 的误差而跑出视

场,这对于光电设备的有效探测而言影响巨大;

(3)降低光电桅杆对光电系统的探测精度影响:光电探测系统的探测精度除了受到本身精度的影响外还受到作为其载体的光电桅杆的性能的影响。这种影响有时候表现出相互交织特点,如目前在光电探测的控制上比较流行的步进凝视策略所采用的循环加速与减速的运动方式会直接对光电桅杆的稳定性造成冲击^[9]。而这种造成光电桅杆加剧不稳的状况会进一步导致桅杆顶部的光电探测系统的探测精度。这种载荷与载体间的精度控制问题也是光电桅杆研究领域中值得探讨的问题之一;

(4)提高桅杆系统的抗风载等环境适应性:光电桅杆系统作为一种野外作战设备,对其环境适应性具有较高的要求。由于桅杆是一种长宽比非常大的结构,其在较为空旷的野外工作时必然受到风载等自然环境的影响。该系统又是一种高精度要求的设备,这就对其抗风载、沙尘、淋雨、雷电能力提出了很高的要求,因此有必要在该设备的研究对该问题进行深入研究,找到一些解决这类问题的有效途径;

(5)光电桅杆升降后的坐标定位与转换:在实际的应用中光电桅杆系统往往并不是单独使用的,而是作为远距离目标的概要预警、精确跟踪装备。其所探测到并跟踪的目标的精确方位是非常关心的信息,不确定的位置关系给系统的动态坐标变换带来了困难,因此光电桅杆升降后的坐标变换与定位是系统探测有效性的重要保障;

(6)各种控制命令、信息数据的传输与接口设计:光电桅杆系统是一种复杂的设备,由于桅杆的负载能力,以及防护的需要,不可能将所有设备及其电子单元都安装在桅杆顶部^[10]。该系统涉及到的各种桅杆控制命令、探测系统控制命令、各种环境传感器信息、电源、探测图形信息需要互不影响的可靠的工作,这就需要有较为合理有效的接口设计;

(7)自动化光电桅杆设备支持的载体综合电子系统:光电桅杆系统往往是一个综合化光电子系统的一个组成部分。这种综合化系统的效能并不是由各个组成部分单独体现的,而是通过探测、图像匹配、信息处理等各个部分的有效联合,依靠自动化信息共享来实现^[11]。这种交互式信息共享能够为系统带来整体的效能提升,但这种信息交互的信息复杂性、大量性没有有效的控制策略是无法保障的。

3 光电桅杆的发展趋势

光电桅杆系统特有的高机动性、高灵活性及远距离探测能力使其在今后的光电对抗领域的发展中具有重要的应用价值。光电对抗系统的小型化、集成化与高抗干扰能力的发展是此类装备在光电桅杆上应用的关键因素。而光电桅杆本身则向着承载能力更高、稳定性更强、与光电对抗系统融合度更高的方向发展。

多探测手段的融合是光电桅杆研究中的一项重要内容。当前采用的多个设备分别对不同目标进行粗略告警、精确告警、精确跟踪,这导致了系统的复杂性。如果将如此复杂的多个设备安装到光电桅杆顶端将对桅杆的承载能力、抗干扰能力及稳定性提出非常高的要求。因此多探测手段集成融合技术的发展是该领域中的关键技术之一。当前国外在这一方面有较深的研究,如美国目前发展的一些车载光电桅杆型光电探测与激光扫雷装备均采用宽波段、高数据融合与高集成化技术,尽可能地减小系统的体积与质量,减小对光电桅杆的载重要求。对光电桅杆本身的研究而言需要采用一定的技术手段提高桅杆系统本身的精度以及其环境适应性。光电探测系统对于载体或自身的精度非常敏感。尤其是在载车运动过程中的探测,其晃动量由于路况等因素的影响是不可估计的。这就需要解决这类大晃动量对光电桅杆探测系统的精度影响。因此在光电桅杆的研究中采用新的驱动结构提高桅杆抗扭与抗摇摆能力,同时提高桅杆展开后的整体刚度是当前该领域中的研究重点之一,如在一些文献中提出的采用滑动丝杠与滚珠丝杠相互嵌套组成光电桅杆驱动装置的方法能够提高桅杆传动效率提高桅杆载重能力,同时简化桅杆锁止结构提高桅杆可靠性。另外采用不等宽桅杆导向长键的结构设计思路也能够一定程度上提高光电桅杆展开后的方位扭转精度。这些结构上的研究对光电桅杆在光电对抗领域中的广泛应用具有重要意义。另外在光电桅杆的材料选择与加工精度上也有提高的空间,通过选择更加耐磨、刚度更好、比重更小的材料进行特殊部位的高精度加工可以在不大幅提高制造成本的情况下,极大地提高应用于光电对抗领域环境下光电桅杆的精度水平。总之,随着战场信息化建设的急速,光电桅杆还有巨大的应用空间,如何解决其应用过程中出现的

(下转第35页)

参考文献

- [1] 储焰南, 之己. 激光诱导等离子体光谱[J]. 光电子技术与信息, 1995, 8(2): 32-34.
- [2] 生佳根, 徐荣青, 陆建, 等. 激光等离子体发射光谱的测试与分析[J]. 江苏科技大学学报, 2005, 19(6): 57-60.
- [3] 刘东江, 王建伟. 原子光谱和能级的表示符号[J]. 新疆师范大学学报, 2007, 26(4): 55-61.
- [4] 鲁先洋, 徐国伟, 费腾, 等. 金属材料的激光诱导等离子体光谱法成分分析的实验研究[J]. 量子电子学报, 2011, 28(1): 1-5.
- [5] 徐国伟, 鲁先洋, 费腾, 等. 激光诱导等离子体光谱仪实验装置的构建[J]. 分析仪器, 2010(4): 7-11.
- [6] 徐国伟. 激光诱导等离子体光谱仪的研制[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2010: 1-63.
- [7] 于洪星, 舒嵘, 马德敏, 等. 基于激光诱导光谱技术的元素识别方法[J]. 红外与毫米波学报, 2007(1): 52-55.
- [8] 陈金忠, 赵瑞书, 魏艳红, 等. 透镜与样品之间距离对激光等离子体辐射特征的影响[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(10): 159-162.
- [9] 张延惠, 宋一中. 气压对激光诱导等离子体辐射特征的影响[J]. 量子电子学报, 1999(6): 237-241.
- [10] 刘佳, 高勋, 段花花, 等. 激光诱导击穿光谱技术研究的新进展[J]. 激光杂志, 2012, 33(1): 7-9.

(上接第16页)

这些阻碍因素对于其有效应用具有重要意义。

4 结束语

文中对光电桅杆的分类、特征、应用现状、关键技术、存在问题、发展趋势进行了系统的探讨。为光电桅杆在工程中的实际应用提供了一定的参考。

参考文献

- [1] <http://www.sino-winner.com/gezhongshengjiangganbijiao.htm>, 2006-06-13.
- [2] http://www.deagel.com/Ground-Sensors/Stalker_a001232001.aspx, 2006-12-09.
- [3] http://geroh.org/chinese/3931839029/3931839029_115.html, 2012-04-01.
- [4] <http://www.gs.flir.com/>, 2012-08-11.
- [5] <http://www.mgkj.com/detail.asp?t=2&id=12&ptypeid=8,2009-11-06>.
- [6] <http://www.shengjianggan.com/>, 2012-02-14.
- [7] <http://b2b.mainone.com/trade/05/28/40/5284035.htm>, 2012-12-04.
- [8] <http://www.tlchangtian.com/chanpin.aspx?id=29>, 2009-01-23.
- [9] 陈兆兵, 王兵, 庄昕宇. 桅杆型光电探测系统总体可靠性分配与校核研究[J]. 长春理工大学学报, 2012(2): 24-28.
- [10] 陈立学, 刘宇, 李瑞峰. 车载升降桅杆系统的关键技术思考[J]. 应用光学, 2009, 30(2): 117-190.
- [11] George R. Armstrong Dual waveband MWIR/visible 3-axis stabilized sensor suite for submarine Optronics Masts[J], SPIE, 3436, 676-684.

《光电技术应用》期刊网站简介

《光电技术应用》期刊网站的网址为: <http://www.gdjsyy.com>。网站设有: 期刊介绍、资质荣誉、编委会、版权声明、征稿简则、征订启事、联系方式等栏目。通过上述栏目, 作者与读者可对期刊基本情况和编辑部工作有进一步了解。

为方便作者投稿, 网站设立了期刊的投稿指南及论文格式模板。投稿指南从文章的题名、摘要、引言、结语、参考文献等几个部分提出对所投稿件(文章)的要求、编写方法、应注意的问题等, 供作者参考。论文格式模板以本刊一篇已发表的文章为例, 对刊载文章的体例、格式及部分基本要求进行了较为详细的说明(采用红色说明文字), 以节省文章编辑修改时间, 提高录用的时效。

《光电技术应用》期刊的电子邮箱为: nloe@vip.163.com。热诚欢迎广大作者踊跃投稿。