

· 测试与试验 ·

## 基于异构传感器的飞行目标测量数据融合

潘丽娜

(海军航空工程学院, 山东 烟台 264001)

**摘要:**在飞行目标的靶场试验中,需要对其进行有效的检测、跟踪和精确地完成位置估计.在分析激光跟踪测量系统和红外搜索与跟踪系统的发展现状、工作原理、发展趋势的基础上,提出一种新的基于激光跟踪测量系统和红外搜索与跟踪系统异构传感器的融合模型,对飞行目标在靶场试验的过程中进行数据融合,从而得到更为精确的飞行位置数据.

**关键词:**激光跟踪测量系统;红外搜索与跟踪系统;异构传感器数据融合

中图分类号:TN215;TN241

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2009)05-0034-03

## Data Fusion for Flight Target Measurement Based on Dissimilar Sensors

PAN Li-na

(Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

**Abstract:**In testing a flying object in the range, the detecting, tracking and estimating of the position of the object are necessary. After analyzing laser tracking and measurement system and infrared search and tracking system's the development now, work principle and development trend, a new data fusion model based on LTMS and IRST was put forward. The fusion model can be used to make data fusion during the flying object test in the range in order to obtain the more precise data about the flying object position.

**Key words:**laser tracking and measurement system; infrared search and tracking system; miss distance; dissimilar sensors data fusion

目前对于飞行目标的跟踪与测量主要有激光跟踪测量系统<sup>[1,2]</sup>、红外搜索与跟踪系统<sup>[3,4]</sup>、光电经纬仪<sup>[5,6]</sup>等传感器.然而单种传感器的测量跟踪存在着数据精度低、计算误差大等缺点.文中在介绍激光跟踪测量系统和红外搜索与跟踪系统的工作原理、发展现状以及发展趋势的基础上,引出飞行目标的外轨道测试试验方法,并提出了一种新的基于异构传感器的数据融合方法,为飞行目标测试试验提供一种新的思路.

### 1 激光跟踪测量系统

激光跟踪测量技术最初是在机器人计量学领域

发展起来的,当时主要用来解决机器人的标定问题.激光跟踪测量方法主要有纯角度方法、纯距离方法、角度-距离联合方法等.激光跟踪仪是近 10 年才发展起来的新型测量仪,它集激光干涉测距技术、光电检测技术、精密机械技术、计算机及控制技术、现代数值计算理论于一体,可对运动目标进行跟踪并实时测量其空间三维坐标,具有安装快捷、操作简便、实时扫描测量、测量精度及效率高等优点,被誉为“便携式 CMM”<sup>[1]</sup>.

激光跟踪测量系统主要由跟踪探测、转镜机构和伺服控制 3 部分组成.跟踪探测部分能根据瞄准偏差信号决定目标运动速度的方向和大小,包括光

收稿日期:2009-6-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60572161);国家自然科学基金资助项目(60672140);全国优秀博士论文作者专项资金资助项目(200443);教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0912)

作者简介:潘丽娜(1964-),女,吉林人,副教授,研究方向为物理学、红外与光电传感器应用.

电探测器(如 PSD、CDD 或四象限光电池)、光学部分(如激光干涉仪、目标反射镜(角锥棱镜、猫眼反射镜)、跟踪反射镜、分光棱镜、1/4 波片等)及信号处理系统;转镜机构部分保证使固定于其上的反射镜能够绕 2 个互相垂直并相交的轴旋转,能为高速、高精度、稳定跟踪提供保证,其结构形式、刚度、转动惯量、摩擦力矩、结构的稳定性和平衡性都将影响整个系统的精度和响应特性;伺服控制部分是跟踪瞄准系统的操作控制环节,不仅影响整个系统的稳定性,而且直接关系到系统的跟踪精度和响应速度.为更好地研究和设计激光跟踪测量系统,需要对其进行建模以寻找最恰当描述实际系统工作的数学模型和制定自校正算法以提高系统跟踪精度和响应速度<sup>[7-11]</sup>.

## 2 红外搜索与跟踪系统

红外搜索与跟踪系统(infrared search and tracking system)是利用目标与背景之间的温差形成热点或图像来探测、跟踪目标的光电系统.系统本身既能独立对目标进行探测和跟踪,也可与雷达、激光跟踪测量系统互相随动执行对目标的搜索和跟踪.与雷达相比,IRST 系统很像一个宽视场的监视雷达,除具有昼夜条件下的探测能力外,系统还具有 2 个显著特点:(1)抗干扰、抗隐身能力强,隐蔽性好.(2)探测距离远,分辨率高,具有多目标搜索跟踪能力<sup>[12]</sup>.

### 2.1 工作原理

目标辐射红外能量,经大气衰减后进入光学接收器,光学接收器汇聚由目标产生的部分辐射,并传递给将辐射转变成电信号的探测器,在辐射到达探测器之前,需通过光学调制器,在此对与目标方向有关的信息或有助于从不需要的背景细节中区分出目标的信息进行编码.从探测器传来的电信号,经过放大处理,从中取出经过编码的目标信息<sup>[13]</sup>.

通过红外接收系统(装置),能及时地收到目标的红外辐射,从而准确地发现、跟踪目标,达到对目标的性质、性能及时判别的目的.

### 2.2 红外搜索与跟踪算法

为准确及时地对目标进行搜索与跟踪,红外搜索与跟踪系统应用了很多算法.

目前用得比较多的有基于模板匹配算法<sup>[14]</sup>、基

于曲线拟合预测算法<sup>[15]</sup>、光流法<sup>[16]</sup>、卡尔曼滤波<sup>[17]</sup>及粒子滤波<sup>[18]</sup>等方法.模板匹配的方法简单易行,但基于空间穷举搜索的匹配过程使得该方法的跟踪效率不高.光流法是实现目标运动检测与跟踪的常用方法,但该方法易受噪音的影响且计算量较大.卡尔曼滤波是一种有效的线性最优估计方法,但其仅适用于目标状态符合高斯及线性的场合.粒子滤波是通过一组加权的随机样本来表示目标状态的后验概率,可以实现目标在非高斯及非线性状态下的跟踪,但也存在着粒子退化及计算复杂度高的缺点.

## 3 一种新的基于异构传感器的测试试验数据融合模型

单一的传感器对脱靶量的计算和对目标的位置估计、跟踪有着很大的局限性.若是将激光跟踪、红外搜索跟踪结合起来,再用 Kalman 滤波器进行滤波,经过时间对齐、位置融合、误差配准后,作为后续分类器的输入.在实际试验中,可以用支持向量机作为分类器.在经过训练、测试、调整参数等步骤,就可以对目标的位置信息等参数进行预测计算了.图 1 给出了基于激光跟踪测量系统和红外搜索与跟踪系统相结合的异构传感器融合的飞行目标测试试验方法.

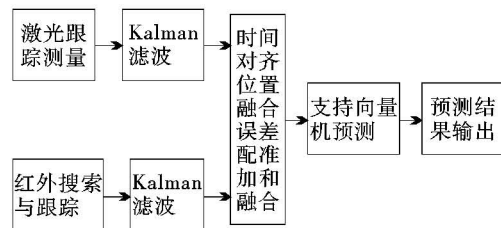


图 1 基于异构传感器融合的飞行目标测试试验方法

如图 1 所示,不同类型的传感器测得的数据经过 Kalman 滤波和相关准备工作,可以在很大程度上降低由于单传感器的不确定性带来的误差.基于支持向量机的预测模型目前已广泛应用于预测估计领域,将其应用于对脱靶量等数据的估计是一种新的思路.这种对于异构传感器测得的数据进行融合的方法不但可以应用于测量飞行目标位置,还可以应用于其他各种不同信号的数据融合<sup>[19]</sup>.

与文献[19]相似的是,设飞行目标的状态方程为

$$\mathbf{X}(k) = \begin{pmatrix} 2 & 0.2 \\ 0 & 2 \end{pmatrix} \mathbf{X}(k-1) + \begin{pmatrix} 0.01 \\ 0.2 \end{pmatrix} \mathbf{w}(k-1)$$

当激光跟踪测量与红外搜索跟踪分别对目标进行检测时,由于观测的噪声不同,可以得到观测方程如下

$$\mathbf{Z}_i(k) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \mathbf{X}(k) + \mathbf{v}_i(k) \quad (i=1,2)$$

式中,  $\mathbf{X}(0) = [0 \quad 0.2]$  采样周期  $T = 0.1 \text{ s}$ , 采样点数 1000.

图2是由红外跟踪测量得到的结果,图3是激光跟踪测量得到的结果,图4是将两者平均加和得到的融合结果.很明显,由于红外和激光跟踪测量系统各自的观测误差的不同,测得的目标位置有着明显的误差,但将两者的测量结果进行平均加权后,可以减少位置误差,得到更为精确的目标位置估计.

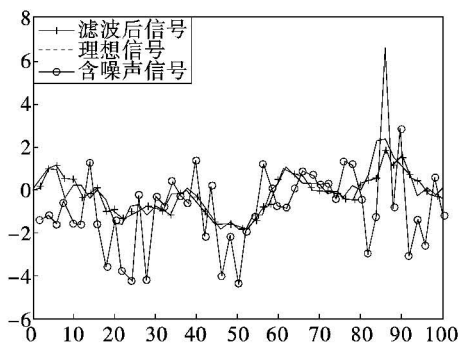


图2 红外测量跟踪效果

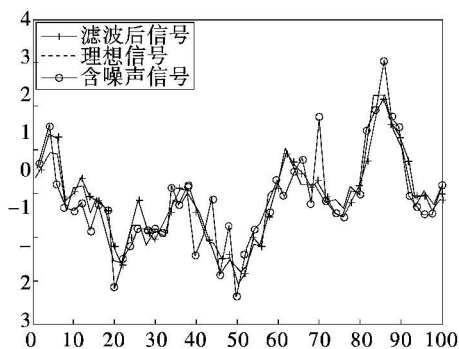


图3 激光跟踪测量跟踪效果

红外跟踪测量和激光跟踪测量的结果进行融合后可以得到目标的准确位置,但在实际的飞行目标检测中还要考虑目标位置的预测问题,支持向量机可以通过训练后,对目标的位置进行预测,并及时输出预测结果.当然也可以选择其他的理论和工具进行预测,文中讨论的重点是如何对异构传感器进行

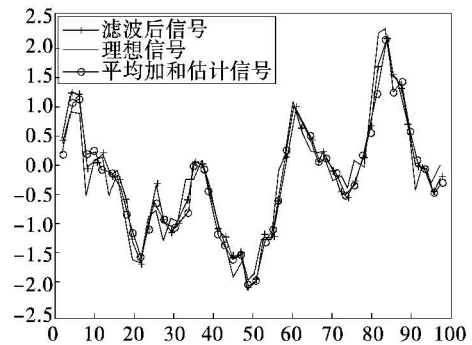


图4 平均加和融合效果

融合,得到更为精确的目标位置.

## 4 结束语

多传感器的融合,特别是异构传感器的融合能够得到比单传感器理想的结果.当然在滤波阶段可以选择其他的滤波方法,以及在分类器预测方面也可以使用其他成熟的估计理论.文中将激光跟踪测量系统和红外搜索与跟踪系统结合起来,进行融合滤波的方法能够为飞行目标的测试试验提供一种新的方法.

### 参考文献

- [1] 张博,彭军. 激光跟踪测量系统[J]. 计测技术,2006,26(4):5-7.
- [2] 隋修武,张国雄. 新型激光跟踪测量系统的设计[J]. 光电工程,2005,32(1):23-26.
- [3] 舒金龙,陈良瑜,朱振福,等. 国外红外搜索跟踪系统的研制现状与发展趋势[J]. 现代防御技术,2003,31(4):47-51.
- [4] 王国宏,毛士艺,何友. 红外传感器目标跟踪算法[J]. 火力与指挥控制,2001,26(2):5-9.
- [5] 夏艳林,梁雁冰. 光电经纬仪对机动目标跟踪算法的研究[J]. 科学技术与工程,2005,5(22):1710-1712.
- [6] 王红宣,高慧斌,张树梅. 光电经纬仪的高精度电视自动跟踪[J]. 电光与控制,2006,13(4):107-109.
- [7] 刘万里,曲兴华,闫勇刚. 激光跟踪测量系统的建模与仿真[J]. 石油化工高等学校学报,2007,20(3):50-53.
- [8] Lin Psang Dain, Lu Chia-Hung L. Modeling and sensitivity analysis of laser tracking system by skew ray tracking method[J]. Journal of manufacturing science and engineering, transactions of the ASME,2005,127(3):654-662.

(下转第46页)

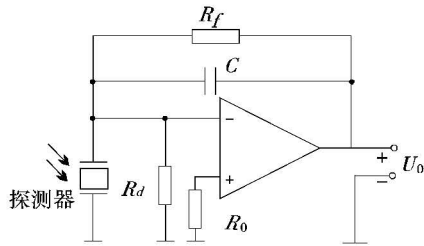


图 6 热释电探测器抗干扰电路

$$t = R_d C_a \quad (5)$$

式中,  $C_a$  为探测器的固有电容, 探测器的响应时间可以通过  $R_d$  进行控制; 图 6 中,  $C$  为放大器外接反馈电容, 作用是提高电路输出信号的信噪比和提升电路的抗干扰能力, 当然为防止电路产生自激振荡,  $C$  值也不易过大;  $R_0$  为平衡电阻。

### 3.2 热释电探测器外电路改进后试验验证

试验验证了改进效果, 试验采用高斯光束, 分别在改进前和改进后进行了光斑测量, 测得的光斑图像如图 7 和图 8 所示。

图像中大十字叉代表光斑形心位置, 小十字叉代表光斑的质心位置。通过 2 幅光斑图像的比较, 可以明显看出改进后所采集的光斑图像比较规则、清晰, 滤除了改进前的一些干扰, 而且图 8 的光斑图像形心与质心基本重合, 符合高斯光束的特点。试验证明, 此电路既能实现热释电探测器光热电转换的快速响应, 又能提高信号输出幅度和信噪比, 从而提高光斑测量系统的测量精度。

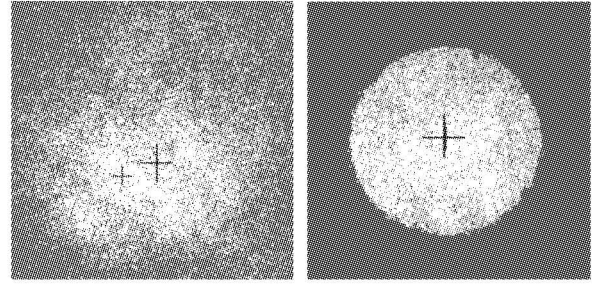


图 7 改进前光斑图像 图 8 改时光斑图像

## 4 结束语

针对激光光斑测量中出现的干扰现象, 对热释电探测器外电路进行了改进, 改进后的电路提高了信号输出幅度和信噪比, 从而提高了光束质量检测精度。

### 参考文献

(上接第 36 页)

- [9] Liu Yongdong, Wang Jia, Liang Jinwen. Research on the method of dynamic geometrical parameters measurement by laser tracking system[J]. Proceedings of SPIE - the international society for optical engineering, 1998, 3558: 65 - 73.
- [10] 刘欣丽, 张国雄, 李杏华. 激光跟踪测量系统中的光学误差分析[J]. 光学技术, 2004, 30(2): 245 - 247.
- [11] 刘万里, 王占奎, 曲兴华, 等. 激光跟踪测量系统跟踪转镜的误差分析[J]. 光学精密工程, 2008, 16(4): 585 - 590.
- [12] 申洋, 唐明文. 机载红外搜索跟踪系统(IRST)综述[J]. 红外技术, 2003, 25(1): 13 - 18.
- [13] 辛云宏, 杨万海. 基于红外辐射信息的 IRST 机动目标跟踪算法[J]. 红外技术, 2004, (5): 37 - 40.
- [14] 向卫军, 韩根甲. 基于模板匹配的目标跟踪算法在红外热成像跟踪技术上的应用[J]. 电子技术应用, 2003, (3): 12 - 14.
- [15] 秦暄, 章毓晋. 一种基于曲线拟合预测的红外目标的跟踪算法[J]. 红外技术, 2003, 25(4): 23 - 25.
- [16] 李熙莹, 倪国强. 红外图像的光流计算[J]. 光电工程, 2002, 31(3): 189 - 193.
- [17] 凌建国, 刘尔琦, 杨杰, 等. 基于滤波器的红外小目标运动预测和跟踪方法[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(5): 366 - 369.
- [18] 程建, 周越. 基于粒子滤波的红外目标跟踪[J]. 红外与毫米波学报, 2006, 25(2): 113 - 117.
- [19] 姜晓君, 孔金生, 刘华普. 基于无线传感器网络的分布递阶信息融合算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(22): 147 - 149.