

文章编号 1004-924X(2002)01-0041-04

一种高精度非接触位置测量系统

张尧禹¹, 张明慧², 乔彦峰¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022;

2. 空军长春飞行学院 计算机教研室, 吉林 长春 130022)

摘要:随着导弹技术的发展,位置测量设备的精度要求也不断提高。介绍位置测量系统的现状,研制出一种新的非接触位置测量系统,推导出新的测量方法——三角法测量技术原理,对某型号地空导弹发射车与装填车之间 X, Y, Z 的位置关系进行测量。通过三角知识及误差合成理论,分析出此系统的测量精度,长度(X, Y, Z): $\pm 1\text{mm}$, 角度(θ): $\pm 3'$ 。

关键词:位置测量系统;非接触测量;三角法

中图分类号 TJ768.3 文献标识码:A

1 前言

随着导弹技术的发展及射击精度的提高,对位置测量设备的精度要求也不断提高。位置测量系统分为接触式和非接触式两种。非接触式测量系统一般以大地坐标为测量基准,能实时测量出系统的摆角,三个方向的位移变化,其精度高于接触式电位计测量系统。

目前,非接触式位置测量系统广泛应用于导弹、火箭、航天飞机等国防重点武器系统和装备上,也用于矿山、桥梁、铁路、城市建设等方面。

2 国内外发展概况

在80年代初期,国内的一些单位已经开展了非接触位置测量系统的研究工作,并运用到实际中去。如已经开发出的光电导弹喷管摆角动态测量系统;以 CCD 为探测器的柔性喷管六自由度多路并行的实时光电测量系统^[1],并把此技术成功应用到测量固体火箭的发动机运动参数上,以及研制出为某型号导弹配套的位置测量系统。国外相关的研究更早,50年代美国就开始研究此项技术,到70年代非接触位置测量系统已经广泛运用到各种固体火箭^[2]及航天飞机上。目前,美国的海神,三叉

戟 MX 运载火箭,法国的 M4 运载火箭,俄罗斯的苏-27^[3-9]都采用非接触位置测量技术。但是,国内外所采用的非接触测量系统,不能同时测量出长度方向的位置关系和角度关系,这就限制了此技术的进一步推广应用。

3 三角法技术测量原理

所讨论的系统是对某型号地空导弹发射车与装填车之间的相对位置关系进行测量。当需要对发射车进行重新装弹时,把装填车开到发射车的尾部,将导弹装填到发射车上。为保证装弹的精

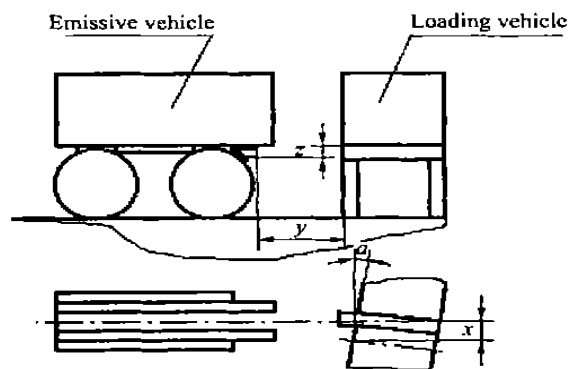


图1 发射车与装填车位置图

Fig.1 Positional relation of the emissive and loading vehicles.

度,必须使装弹车具有全自动功能^[4],这就要求准确地提供发射车与装填车之间的相对位置关系。本测量系统就是为完成此项任务专门研制的。图 1 为发射车与装填车的位置关系。由于系统本身的特点,采用三角法测量技术原理。

为了分析方便,把两车简化成下面坐标的形式。(图 2)

图中 y_1, y_2 为所要测量的变量。

其中: $y_1 = OA$;

$y_2 = OC$;

$L = A_1A_2 = B_1B_2$ (两目标的高度);

$B = AC$ (两目标的距离);

O 为测量原点。

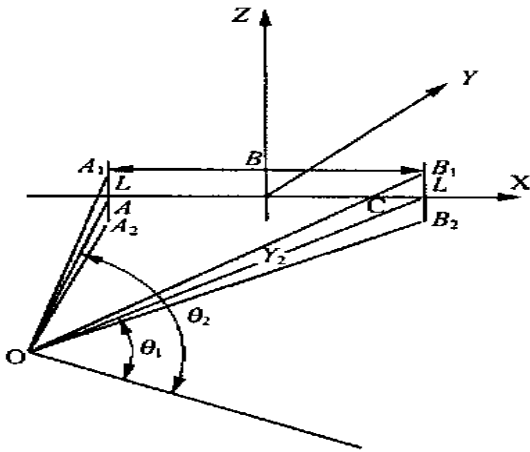


图 2 三角测量原理图

Fig. 2 Schematic diagram of trigonometrical measurement.

将图 2 投影到 YOZ 平面上,见图 3。

在图 3 中,有 4 个参数。

其中: L 为物高(已知参数);

y 为像高(由 CCD 测量得出);

y_2 为物距;

F 为像距(由标定得出)。

图中的 L, y, F 三个参数是已知参数,根据成像的原理,可求出物距 y_2 。

$$y_2 = \frac{L}{y} \cdot F, \quad (1)$$

将图 2 投影到 XOY 平面上,变为图 4。

在图 4 中, Y 为发射车轴线, X 水平轴线, y 为测量原点到发射车的距离, x 为测量原点到发射车轴线 Y 的水平方向距离, α 为装填车轴线与 X 轴的夹角。

在三角形 OAC 中, $AC = B$ 为已知参数, y_1, y_2 可通过 CCD 测量得到, $\angle AOC$ 可通过轴角编码器测得: $\angle AOC = \theta_2 - \theta_1$ 。三角形 OAC 可知三条边长与一个角度 ($\angle AOC$), 三角形 OAC 已确定, 可通过计算得到 $\angle OCA, \angle OAC$, 由此可求出: x, y, z 三个变量:

$$\begin{aligned} x &= y_1 \cdot \cos \theta_1 - M, \\ y &= y_1 \cdot \sin \theta_1 = y_2 \cdot \sin \theta_2, \end{aligned} \quad (2)$$

其中: $\theta_2 = \cos^{-1} \left[\frac{y_1^2 - y_2^2 - B^2}{2y_2 \cdot B} \right]$, M 为 A 点到发射车轴线 y 的距离。

将图 2 中 L 的位置沿 z 轴移动一位置 z (相当于发射车与装填车两车不在同一平面内), 如图 5。

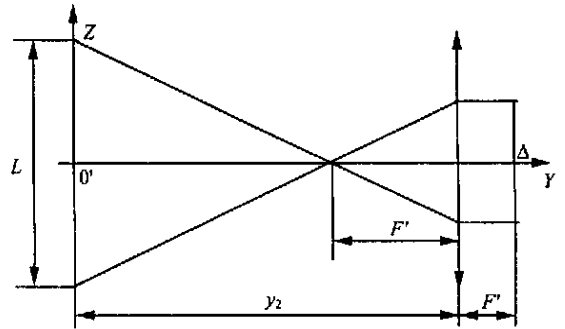


图 3 YOZ 平面投影图

Fig. 3 Projection in YOZ plane.

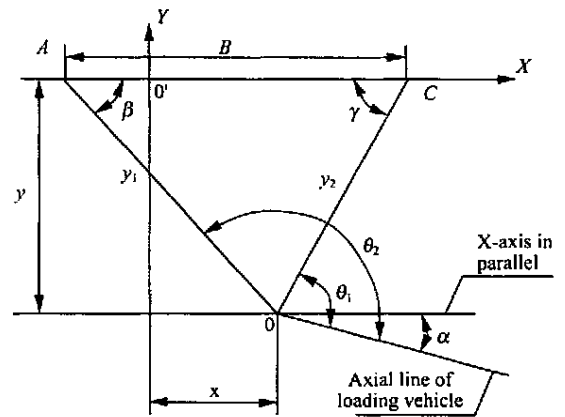


图 4 XOY 平面投影图

Fig. 4 Projection in XOY plane.

由图 5 可求出 z (即所需测量变量 z)。根据光学成像公式;

$$z = \frac{L}{y} \cdot F, \quad (3)$$

- [6]梁文浩. 固体导弹柔性摆动喷管伺服系统的设计特点[J]. 固体导弹技术, 1983, 11(1): 65 - 67.
- [7]傅则绍. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993.
- [8]张宇华, 王晓琳. 三点法中测头角位置的精密测量方法[J]. 光学 精密工程, 1999, 7(1): 120 - 124.
- [9]祝世平, 强锡富. 工作特征点三维坐标视觉测量方法综述[J]. 光学 精密工程, 2000, 18(2): 192 - 197.

High-precision noncontact position measuring system

ZHANG Yao-yu¹, ZHANG Ming-hui², QIAO Yan-feng¹

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China*)

(2. *Department of Computer, Changchun Aviation Institute of Chinese Air Force, Changchun 130022, China*)

Abstract : Along with the advancement of missilery, the requirement for the precision of positional measuring system is in incessant development. The paper introduces the actualities of positional measuring system and a new noncontact position measuring system. In addition to educing a new measuring method, i. e. trigonometric measuring theory, the paper also surveys the positional relationship between the emissive vehicle and loading vehicle. With the knowledge of trigonometry and error theory, the precision, length (X, Y, Z) $\pm 1\text{mm}$ and angle () $\pm 3'$ are analysed.

Key words : positional measuring systems; noncontact position measuring systems; trigonometry

作者简介:张尧禹(1973 -),男,辽宁省黑山县人,1996年毕业于吉林工业大学机械系,同年分配到长春光学精密机械与物理研究所工作,2000年6月于该所获工学硕士学位,现攻读机械制造及其自动化专业博士,作为技术骨干参加多项国家级重大科研项目,主要从事靶场设备、瞄准系统、跟踪系统的研究工作。