

文章编号: 1003-501X(2008)09-0091-04

可编程动态靶标参数设计

吴 瑾, 张 波, 沈湘衡

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 检测中心, 长春 130022)

摘要: 靶标跟踪测量的技术状态由动态靶标的参数确定, 对于不同型号的光电测量设备, 其跟踪性能指标是不一样的, 也就决定了靶标的参数是不同的。为了方便地确定动态靶标的参数, 本文提出了一种通过建立可编程动态靶标的仿真模型来确定靶标参数的方法, 并在某型号测量设备的实际检测中进行了验证, 利用仿真模型确定的该组靶标参数产生的模拟目标完全能够满足光电经纬仪精度指标的检测要求。

关键词: 动态靶标; 跟踪测量; 光电测量设备; 参数设计

中图分类号: TP391,V556.7

文献标志码: A

Parameter Design of Dynamic Target for Test Tracking Performance of Photoelectric Theodolite

WU Jin, ZHANG Bo, SHEN Xiang-heng

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

Abstract: The technical state of tracking test is determined through parameter of dynamic target. Tracking performance data is varied for different model of photoelectric theodolite. So the parameter design of dynamic target is different when test tracking performance of photoelectric theodolite is different. This paper describes coordinate conversion between photoelectric theodolite and dynamic target, and gives the method for building simulation model to find optimal target parameter. And the method is proved to be fit to track performance data by testing some dynamic target with the simulation model.

Key words: dynamic target; tracking test; photoelectric measuring equipment; parameter design

1 引 言

动态靶标是室内检测光电测量设备跟踪精度的主要工具, 其作用是模拟空间运动目标以实现光电测量设备跟踪精度检测的要求。动态靶标的参数选择必须满足光电测量设备跟踪性能指标的要求。

模拟空间目标的运动形式的不同会使光电经纬仪产生不同的跟踪曲线。在检测前, 首先要确定靶标的参数, 确定满足检测光电经纬仪性能指标要求的模拟目标运动规律。本文研究了通过计算机仿真技术确定可编程动态靶标参数的方法。

2 可编程动态靶标与光电经纬仪空间运动关系

2.1 可编程动态靶标的数学模型

如图 1 所示, S 是可编程动态靶标上模拟目标的光点, S 以空间某一特定位置 R 为圆心, 以直线 OR 为旋转的轴线, 在与 OR 相垂直的平面上旋转。 S 点的出射光形成以“ O ”点为顶点的光锥, O 点是光锥的顶点, 也是光电经纬仪水平轴、垂直轴和视轴三轴的交点, 光电经纬仪对 S 点进行跟踪。

收稿日期: 2007-11-02; 收到修改稿日期: 2008-05-21

基金项目: 中科院创新基金

作者简介: 吴瑾(1980-), 女(汉族), 吉林省吉林人, 研究实习员, 主要研究方向为光电工程。E-mail: neuwujin@yahoo.com.cn

a 为 S 点出射光与旋转轴 OR 的夹角, 即光锥的半锥角, 也是光电经纬仪视轴与可编程动态靶标旋转轴的夹角;

b 为旋转轴线 OR 与水平面的倾角;

A 为光电经纬仪方位角;

E 为光电经纬仪俯仰角;

以 S_0 作为可编程动态靶标旋转零点, 光学目标从 S_0 运动到 S 点时, 相对于旋转轴线的转角为 θ , $\theta = \omega t$, ω 是匀速运动的角速度, t 为目标运动所用的时间。

根据球面三角定理, 光电经纬仪的方位角 A 、俯仰角 E 都将随 θ 角的变化按下述公式改变:

$$\sin E = \cos a \cdot \sin b + \sin a \cdot \cos b \cdot \cos \theta \quad (1)$$

$$\sin A = \frac{\sin a \cdot \sin \theta}{\cos E} \quad (2)$$

由此可得方位角 A 、俯仰角 E 值为

$$E = \arcsin(\cos a \cdot \sin b + \sin a \cdot \cos b \cdot \cos \theta)$$

$$A = \arcsin\left(\frac{\sin a \cdot \sin \theta}{\cos E}\right)$$

当可编程动态靶标做匀速圆周运动时, 靶标角速度 ω 是常量。

此时求得方位角速度 \dot{A} 、俯仰角速度 \dot{E} 值为

$$\dot{E} = \frac{-\omega \cdot \sin a \cdot \cos b \cdot \sin \theta}{\cos E} \quad (5)$$

$$\dot{A} = \frac{\sin A \cdot \sin E \cdot \dot{E} + \omega \cdot \sin a \cdot \cos \theta}{\cos E \cdot \cos A} \quad (6)$$

求得方位角加速度 \ddot{A} 、俯仰角加速度 \ddot{E} 值为

$$\ddot{E} = \frac{\dot{E}^2 \cdot \sin E - \omega^2 \cdot \sin a \cdot \cos b \cdot \cos \theta}{\cos E} \quad (7)$$

$$\ddot{A} = \frac{(\dot{A}^2 + \dot{E}^2) \cdot \sin A \cdot \cos E + 2 \cdot \cos A \cdot \sin E \cdot \dot{A} \cdot \dot{E} + \sin A \cdot \sin E \cdot \ddot{E} - \omega^2 \cdot \sin a \cdot \sin \theta}{\cos E \cdot \cos A} \quad (8)$$

由上述公式可以看出, 光电测量设备的跟踪性能取决于活动靶标的三个参数: a 、 b 和 ω 。光电测量设备的方位角和俯仰角与这三个参数之间不是简单的线性和单变量的关系, 而是复杂的多变量三角函数关系, 且方位角和俯仰角之间又是互相关联、相互影响的。因此, 对有不同速度和加速度要求的跟踪指标来说, 靶标参数的选择具有一定的难度。改变三个参数中的任一个, 光电测量设备的方位和俯仰两个方向的速度和加速度 \dot{A} 、 \dot{E} 、 \ddot{A} 、 \ddot{E} 都将随之改变, 且改变的比例各不相同, 在选择靶标参数时, 要将所有参数和指标综合起来考虑, 方能得到满意的检测结果。

另外, 在选择靶标参数时, 除了考虑光电测量设备的速度和加速度的要求外, 还要考虑到靶标的旋转臂长和靶标与光电测量设备之间的安装距离(通常设计为 1.5~2.5 m 左右), 以及光电测量设备的俯仰角工作范围等因素。

2.2 可编程动态靶标的仿真模型

本文将可编程动态靶标的数学模型与仿真技术相结合, 利用 Matlab 丰富的数学函数、友好的编程环境、完善的图形处理功能, 为寻找合理的靶标的参数和模拟目标的运动规律提供了帮助。

根据可编程动态靶标与光电经纬仪空间运动关系的数学模型建立的仿真模型如图 2 所示。

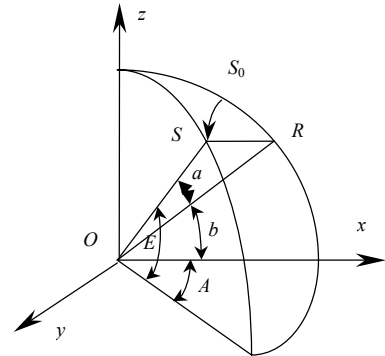


图 1 靶标与光电测量设备的坐标变换关系

Fig.1 Coordinate conversion between target and photoelectric measuring equipment

该仿真模型将输出结果直观化, 将检测过程中的复杂计算简单化。通过仿真得出选择靶标参数的基本原则:

1) 当要求方位和俯仰速度及加速度相等时, 可取 $a=b$; 2) 当要求方位速度及加速度大于俯仰速度及加速度时, 可取 $b > a$; 3) 当要求加速度很大时, 可通过提高靶标的转速 ω 来调整。

可见该仿真模型的建立为选择最优靶标参数提供了帮助。

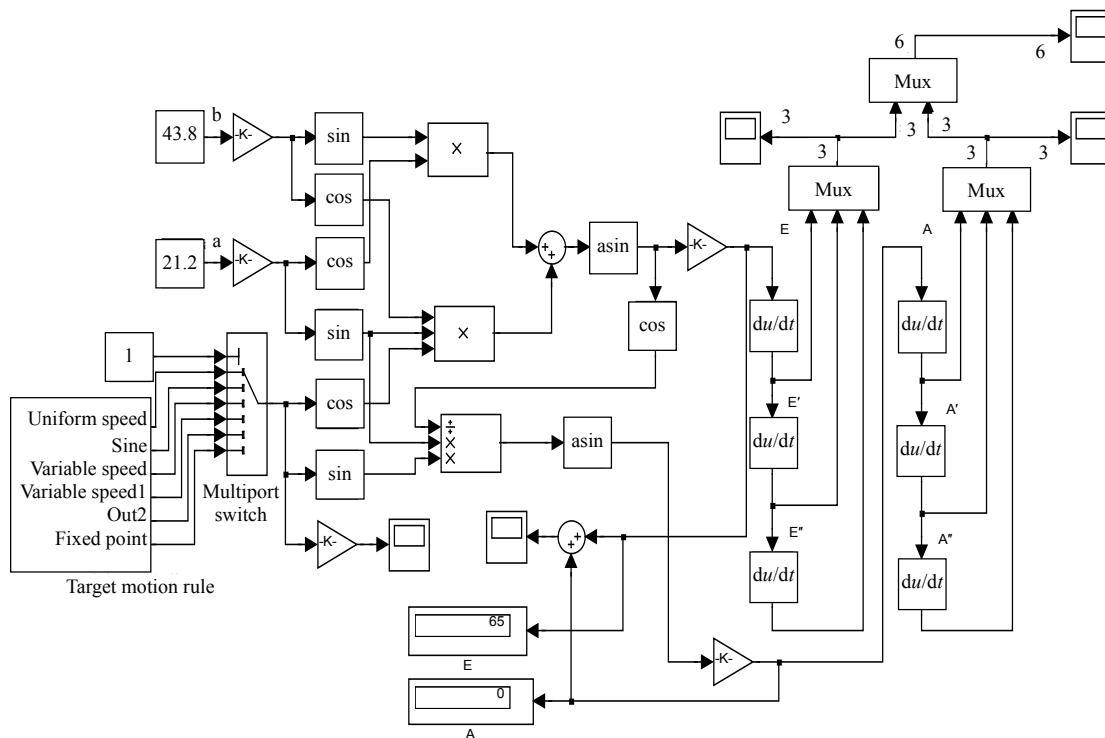


图 2 仿真模型

Fig.2 Simulation model

3 仿真模型在检测光电经纬仪跟踪性能中的应用

某型号的光电经纬仪的跟踪性能指标为保精度工作角速度 $\leq 10^\circ/\text{s}$, 保精度角加速度 $\leq 5^\circ/\text{s}^2$ 。通过仿真模型选取出一组最合理的靶标参数为半锥角 $\alpha=21.2^\circ$, 倾角 $b=43.8^\circ$, 旋转周期 $T=10.58\text{ s}$ 。应用设计的模型对其进行仿真, 被检测的光电经纬仪在俯仰方向产生的速度、加速度曲线如图 3(a)所示, 在方位方向产生的速度、加速度曲线如图 3(b)所示。

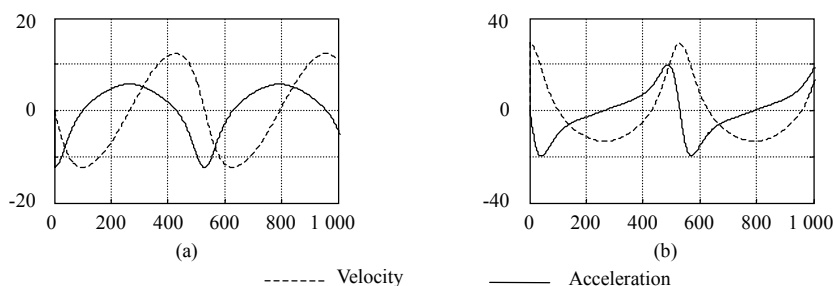


图 3 俯仰、方位方向的速度和加速度仿真曲线

Fig.3 Simulation curves of angular velocity and acceleration

光电经纬仪跟踪模拟空间目标在俯仰方向产生的速度、加速度跟踪曲线如图 4(a)所示, 在方位方向产生的速度、加速度曲线如图 4(b)所示。

应用该组靶标参数产生的模拟目标完全能够满足光电经纬仪精度指标的检测要求。

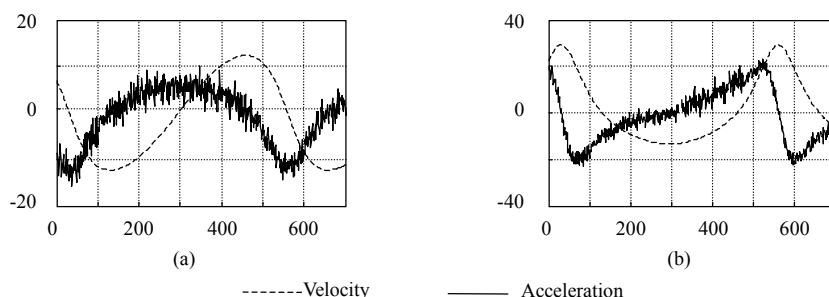


图 4 俯仰、方位方向的速度和加速度跟踪曲线

Fig.4 Traking curves of angular velocity and acceleration

4 结 论

通过本文的研究可以看出, 旋转靶标的三个参数 a 、 b 、 ω 对检测光电测量设备的跟踪性能起着关键的作用和影响。依据被测设备的性能指标, 通过仿真获得可编程动态靶标最佳参数的方法简便, 可行。

参考文献:

- [1] 何照才, 胡保安. 光学测量系统 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
HE Zhao-cai, HU Bao-an. **Optical measurement system** [M]. Beijing: National Defence Industries Press, 2002.
 - [2] 王世华. 778 光电经纬仪的动靶标引导 [J]. 光学工程, 1986(2): 61-66.
WANG Shi-hua. The guiding for the moving targets of the photoelectric theodolite 778 [J]. **Optics and Precision Engineering**, 1986(2): 61-66.
 - [3] 李书贵. 舰用光电跟踪设备的仿真测试技术 [J]. 舰船光学, 1997(2): 24-29.
LI Shu-gui. Simulation and measure technology of marine photoelectric tracking equipment [J]. **Marine Optics**, 1997(2): 24-29.
 - [4] 沈湘衡, 李清军, 王健军. 利用视频判读进行白天测量方法的研究 [J]. 光学 精密工程, 2000, 8(2): 189-191.
SHEN Xiang-heng, LI Qing-jun, WANG Jian-jun. Measuring star with video interpretation in daytime [J]. **Optics and Precision Engineering**, 2000, 8(2): 189-191.
 - [5] MA J G. Tracking and measuring technology of a tracking theodolite [J]. **SPIE**, 1992, 1979: 719-728.
 - [6] KRISFINA R. Improved pointing accuracy using high-precision theodolite measurements [J]. **SPIE**, 1996, 2812: 199-220.
- ~~~~~
- (上接第 90 页)
- [7] Broderick N G R., Taverner D, Richardson D J, *et al.* Optical pulse compression in fiber Bragg gratings [J]. **Phys. Rev. Lett.**, 1997, 79(23): 4566-4569.
 - [8] Taverner D, Broderick N G R, Richardson D J, *et al.* Nonlinear self-switching and multiple gap-soliton formation in a fiber Bragg grating [J]. **Opt. Lett.**, 1998, 23(5): 328-330.
 - [9] Taverner D, Broderick N G R, Richardson D J, *et al.* All-optical AND gate based on coupled gap-soliton formation in a fiber Bragg grating [J]. **Opt. Lett.**, 1998, 23(4): 259-261.
 - [10] de Sterke C M, Sipe J E. **Gap solitons, in Progress in Optics** [M]. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1994: 203.
 - [11] Li Wei, Lit J W Y. Phase-shifted Bragg grating filters with symmetrical structures [J]. **Journal of Lightwave Technology**, 1997, 15(8): 1405-1410.
 - [12] 郁道银, 谈恒英. 工程光学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999: 179-186.
YU Dao-yin, TAN Heng-ying. **Engineering Optics** [M]. Beijing: China Machine Press, 1999: 179-186.
 - [13] de Sterke C Martijn, Eggleton Benjamin J, Krug Peter A. High-Intensity Pulse Propagation in uniform Gratings and Grating Superstructures [J]. **Journal of Lightwave Technology**, 1997, 15(8): 1494-1502.