【20190302】光电校靶精度实验报告

2019-03-02

易思维（天津）科技有限公司

# 概述

## 1.1实验目的

根据光电校靶技术指标规格书，设计相应的实验测试陀螺仪单轴精度、三轴合成精度、时间漂移大小、相机测角精度，并通过对比实验分析对光电校靶精度影响较大的环节。

## 1.2实验组织

测试人员： 张楠楠 李志宇

测试时间： 20190215-20190226

报告整理人：李志宇

# 实验概要

测试环境：天津大学一楼实验室。

测试配置：精密三轴转台，光电校靶仪器，固定托座，计算机，反光镜

# 实验数据与分析

1. **单轴和三轴精度测试**
2. **单轴精度测试**
3. **测试一和测试二**

测试形式：转台三框初始化位置为(0°,-180°,0°)，是标定Yaw轴的姿态，测量Yaw和Pitch，也就是使用外框测试yaw轴，中框测试Pitch轴。测试一为正转陀螺仪，测试二反转陀螺仪实验。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试一和测试二。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 转台输入角度 （外，中，内） | 三轴测量角度理论 (y,p,r) | 误差(测试yaw，Roll)/秒 | | |
|  |  | y | p | r |
| (90,-180,90) | (90,0,0) | 3 | -22 | 2 |
| (180,-180,90) | (180,0,0) | 1 | -16 | 23 |
| (270,-180,90) | (270,0,0) | 5 | 0 | 17 |
| (360,-180,90) | (360,0,0) | 0 | -1 | -2 |
| (0,-165,90) | (0,0,15) | 4 | 0 | 1 |
| (0,-150,90) | (0,0,30) | 6 | 1 | -1 |
| (0,-135,90) | (0,0,45) | 9 | 5 | 0 |
| (0,-120,90) | (0,0,60) | 11 | 9 | 0 |
| 平均值 | 旋转  外框 | 2.25 | 9.75 | 11 |
| 旋转  中框 | 7.5 | 3.75 | 0.5 |

图3-1 正转外框测试yaw轴，中框测试Pitch轴



图3-2 反转外框测试yaw轴，中框测试Pitch轴

从测试结果可以看出，只旋转外框保持中框和内框不动，测试Yaw轴精度，Yaw轴的测角误差最大4’’,正转误差平均值为1.5’’,反转误差平均值为2.5’’,而对应的Pitch和Roll的测角误差最大6’’和9’’；相应的只旋转中框保持外框和内框测试Pitch轴精度，Pitch轴的测角误差最大8’’, 正转误差平均值为3.75’’,反转误差平均值为1.75’’,而对应的Yaw和Roll的测角误差最大29’’和25’’。

在标定Yaw轴的姿态下，使用外框测试Yaw轴陀螺仪的精度，测角误差较小，同时对Pitch轴和Roll轴的影响较小；在该姿态下，使用中框测试Pitch轴陀螺仪精度，测角误差较大，对Yaw轴和Pitch轴的影响较大。正反转测角误差基本关于零对称分布。

1. **测试三和测试四**

测试形式：转台三框初始化位置为(0°,-180°,90°)，是标定Yaw轴的姿态基础上内框旋转90°，测量Yaw和Roll，也就是使用外框测试Yaw轴，中框测试Roll轴。测试三为正转陀螺仪，测试四反转陀螺仪实验。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试三和测试四。



图3-3正转外框测试yaw轴，中框测试Roll轴



图3-4反转外框测试yaw轴，中框测试Roll轴

从测试结果可以看出，只旋转外框保持中框和内框不动，测试Yaw轴精度，Yaw轴的测角误差最大5’’,正转误差平均值为2.25’’,反转误差平均值为1.25’’,而对应的Pitch和Roll的测角误差最大22’’和23’’；相应的只旋转中框保持外框和内框不动，测试Roll轴精度，Roll轴的测角误差最大8’’, 正转误差平均值为3.75’’,反转误差平均值为4.5’’,而对应的Yaw和Pitch的测角误差最大11’’和9’’。

在标定Yaw轴的姿态基础上内框旋转90°，使用外框测试Yaw轴陀螺仪的精度，测角误差较小，对Pitch轴和Roll轴的影响较大；在该姿态下，使用中框测试Pitch轴陀螺仪精度，测角误差较大，对Yaw轴和Pitch轴的影响较小。正反转测角误差基本关于零对称分布。

1. **测试五**

测试形式：转台三框初始化位置为(0°,-90°,0°)，是标定Roll轴的姿态，测量Roll轴精度，也就是使用外框测试Roll轴，分为正转和反转两部分。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试五。



图3-5 外框测Roll

从测试结果可以看出，只旋转外框保持中框和内框测试Roll轴精度，Roll轴的测角误差最大4’’,误差平均值为1.5625’’,而对应的Pitch和Roll的测角误差最大为3’’和3’’，平均误差为0.6875’’,0.875’’。

在标定Roll轴的姿态下，整个仪器相对于底座垂直向上，整个外框旋转过程中重心位置基本保持不变。可以看出，该姿态下只进行外框旋转，测角误差极小。

1. **测试六**

测试形式：转台三框初始化位置为(0°,-90°,0°)，是标定Roll轴的姿态，使用中框测量Pitch轴精度，分为正转和反转两部分。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试六。



图3-6 中框测Pitch

从测试结果可以看出，只旋转中框框保持外框和内框不变，测试Pitch轴精度，Pitch轴的测角误差最大15’’,误差平均值为9.125’’,而对应的Yaw和Roll的测角误差最大为-26’’和-23’’，平均误差为10.625’’和5’’。

在标定Roll轴的姿态下，整个仪器相对于底座垂直向上，中框过程中重心位置发生了变化。可以看出，该姿态下进行中框旋转，Pitch轴测角误差较大。

1. **测试七**

测试形式：Pitch朝天初始化，转台三框初始化位置为(0°,-90°,-90°)，是标定Pitch轴的姿态，测量Pitch轴精度，也就是使用外框测试Pitch轴，分为正转和反转两部分。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试七。



图3-7 外框旋转Pitch轴

从测试结果可以看出，只旋转外框框保持中框和内框不动，测试Pitch轴精度，Pitch轴的测角误差最大-3’’,误差平均值为1.5’’,而对应的Yaw和Roll的测角误差最大为14’’和-4’’，平均误差为2.125’’,0.25’’。

在标定Pitch轴的姿态下，使用外框测试Pitch轴精度，测角误差极小。

1. **测试八**

测试形式：Roll朝天初始化，转台三框初始化位置为(0°,-90°,0°)，是标定Roll轴的姿态，使用内框测量Yaw轴精度，分为正转和反转两部分。具体实验过程见附件“光电校靶精度验证实验设计.doc”测试八。



图3-8 内框旋转Yaw轴

从测试结果可以得出，只旋转内框框保持外框和中框不动，测试Yaw轴精度，Yaw轴的测角误差最大 10’’,误差平均值为4.75’’,而对应的Pitch和Roll的测角误差最大为6’’和2’’，平均误差为1.25’’,1’’。

可以看出，该姿态下只进行内框旋转测量Pitch轴，测角误差较大。

1. **单轴精度实验总结**

单轴精度要求<0.2’，也就是<12’’。在使用外框旋转相应轴的实验数据中，包括实验一、二、三、四外框测试yaw轴，测试五外框测试Roll轴，测试七外框测试Pitch轴，所得到的测角误差最大为5’’,符合要求；在使用中框和内框旋转相应轴的实验中，测角误差最大可达29’’,存在精度达不到指标的情况。

使用外框测量相应的轴，猜测光电校靶因重力产生的相对于转台的位移在旋转过程中不会改变，所以使用外框测试相应轴，精度较高；而使用中框和内框测量相应轴，在旋转过程中光电校靶因重力产生的相对于转台的位移在旋转过程中会发生改变，精度会下降。(该推测原因均认为转台的精度符合技术指标)

1. **三轴精度测试**

Roll朝天初始化，转台三框初始化位置为(0°,-90°,0°)，三轴同时转，测量三轴精度，共选择了15组数据。



图3-9 三轴精度数据

测角误差使用是在理论测角下坐标系下的入射光线(1.8°,1.8°)，转换到实际测角坐标下，计算两个向量之间的夹角。

三轴合成精度误差要<0.35’,即<21’,在测试的15个位置下除了第一、二、五，其他位置下的测角均符合要求，该误差还包含了仪器重力带来的潜在误差。将一、二、五的数据列出来：



图3-10 测角误差较大的位置

从图中可以看出，这三个位置的pitch轴的角度都很大，在实际的工作中Pitch轴不会有这么大的范围。

在小角度测量范围内，三轴合成精度符合指标。

1. **时间漂移**

Roll朝天初始化，转台三框初始化位置为(0°,-90°,0°)，三轴同时转，测量时间漂移。



图3-11 时间漂移测角误差

时间漂移要<0.4’/10min,即<24’’/10min,消除本身的测角误差后，时间漂移符合要求。从图中可以看出立刻测量的角度误差与10min后的测角误差相差不大。

1. **模仿实际工作**

光电校靶在实际测量过程中是由工作人员手持的，在测量前角度是一直处于变化状态的，因此模仿该状态，令三轴转台在10min时间内姿态不停地变化，测试10min后传感器三轴测量精度(包括了三轴测角误差和时间漂移引起的误差)。



图3-12 模仿实际工作测角误差

实际工作误差在10min后<0.8’,即<48’’，五个位置中存在两个位置精度不符合要求，但并没有超过指标过多，在剔除潜在的重力原因后应能符合要求。

# 总结