

文章编号: 1002-6673 (2024) 04-034-03

高精度小型经纬仪转轴锁紧机构结构设计

王丹丹, 张春林*, 邓 健, 曹永刚

(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: 随着光测设备对机动化、小型化的需求增多, 受系统空间限制, 原大型经纬仪的转轴锁紧机构复杂, 占用空间大, 加工难度大, 并不适用小型经纬仪转轴锁紧。本文根据项目特点设计了小型经纬仪转轴锁紧结构, 具有稳定性高、结构简单、加工难度小、占用空间小等特点, 可以实现经纬仪在任意角度的转轴锁紧, 实现凝视功能。其中对锁紧机构的组成与工作原理进行了详细的介绍与阐述, 经过计算选择核心零件的材料, 实践结果表明了该结构的合理性。

关键词: 小型经纬仪; 经纬仪转轴; 锁紧机构; 高精度测量

中图分类号: TH761.1 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1002-6673.2024.04.010

Structure Design of High-precision Small Theodolite Shaft Locking Mechanism

WANG Dan-dan, ZHANG Chun-lin*, DENG Jian, CAO Yong-gang

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

Abstract: With the increasing demand for motorization and miniaturization of optical measuring equipment, limited by system space, the rotating shaft locking mechanism of the original large theodolite is complicated, it occupies a large space and is difficult to process, it is not suitable for locking the rotating shaft of small theodolite. According to the characteristics of the project, small theodolite shaft locking structure is designed in this paper, it has the characteristics of high stability, simple structure, small processing difficulty and small space occupation, etc. It can realize the rotating shaft locking of theodolite at any angle, realize gaze function. The composition and working principle of the locking mechanism are introduced and expounded in detail, after calculation select the material of the core components, The practical results show that the structure is reasonable.

Keywords: Small theodolite; Axis of theodolite rotation; Locking mechanism; High precision measurement

0 引言

光电经纬仪测量系统是一种高精度跟踪测量系统, 主要由高精度、高可靠性、维修便利的跟踪架和光学测量系统组成^[1]。跟踪架是系统的承载平台, 亦是一个二维运动的精密跟踪平台, 在力矩电机的驱动下进行旋转, 以测角原件作为角度反馈单元实现对目标的发现与跟踪。跟踪架包含俯仰轴系和方位轴系两部分, 俯仰轴系和方位轴系分别用俯仰力矩电机与方位力矩电机驱动。当需要对经纬仪各分系统与伺服进行调试、修正经纬仪系统视轴误差和零位差或经纬仪进行凝视作业时, 需要对经纬仪轴系进行锁紧, 且锁紧机构与经纬仪轴系之间不可以出现相对运动, 否则将影响经纬仪测量被测量目标的测量精度^[2], 甚至丢失测量目标的后果。具有小型化、机动

化、高精度特点的经纬仪使用范围越来越广, 功能要求越来越多, 传统的经纬仪轴系锁紧机构体积较大, 仅适用于大型经纬仪, 因此设计高精度小型经纬仪的转轴锁紧结构迫在眉睫。

本文根据某项目需求, 提出一种适用于具有小型化、机动化、高精度特点经纬仪的转轴锁紧机构, 该结构具有结构紧凑、便于装调、加工难度小、维修方便等优点, 本文对锁紧机构的组成进行了详细的介绍, 阐述了转轴锁紧机构的工作原理^[3]。

1 锁紧机构方案的选择

传统的蜗轮蜗杆锁紧机构^[4-5]一般应用于大中型经纬仪的转轴锁紧机构中, 该蜗轮蜗杆锁紧机构体积较大、装调繁琐、可靠性差、机动性差、加工难度大等缺点, 不适用

修稿日期: 2024-03-01

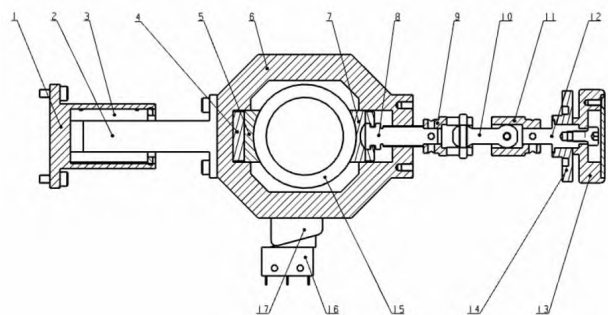
作者简介: 王丹丹(1988-), 女, 吉林长春人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 光电测量技术; 通信作者: 张春林(1973-), 男, 河北滦州人, 硕士研究生, 副研究员, 研究方向: 光电测量技术, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所。

于小型经纬仪,并且蜗轮与蜗杆啮合存在齿隙,因此在锁紧后存在间隙,从而影响测量精度,蜗轮蜗杆锁紧机构同时还需要有微调机构配合使用,占用空间大。在蜗轮蜗杆啮合时,蜗杆的旋转齿应在卡到蜗轮的齿槽中,但锁紧时会出现蜗杆的旋转齿没对准蜗轮的齿槽中,蜗杆的旋转齿与蜗轮的啮合齿干涉的情况,此时需要手动旋转微调机构使蜗杆的旋转齿卡到蜗轮的齿槽中,然后将轴系锁紧,这种情况不能实现任意角度的监测与维修,当电机误通电或人员误操作时会损坏蜗轮蜗杆结构。由于小型经纬仪空间有限,因此蜗轮蜗杆锁紧机构不适用于小型经纬仪转轴的锁紧。本项目经纬仪中心高712mm,经纬仪水平轴直径40mm,锁紧机构可用的空间为193mm×188mm×37mm,空间十分有限,本文所设计的转轴锁紧机构具有稳定性高、结构简单、加工难度小、占用空间小等特点,主要由锁紧杆、万向节、伸缩杆、球头推杆、锁紧块①、锁紧块②、微调环、直线轴承、滑轨、滑杆端套等结构件组成。

本文设计的经纬仪转轴锁紧机构利用锁紧块直接与经纬仪转轴接触,具有结构紧凑、便于装调、加工难度小、维修方便等优点。通过两个锁紧块与经纬仪转轴的摩擦将经纬仪转轴锁紧,并设计有可伸缩的万向节^[6-8],通过万向节的角度调节,使锁紧块与经纬仪转轴的接触面积达到最大,间隙最小,提高锁紧的可靠性,保证测量精度与调试精度。该机构能够随时满足经纬仪在任意角度转轴锁紧的需求,实现经纬仪的凝视功能,同时设计有有限位功能,可以控制电机的通断,防止锁紧状态下发生突发状况损坏电机。

2 锁紧机构的结构设计与工作原理

转轴锁紧机构如图1所示,主要由锁紧块①、锁紧块②、固定块、锁紧杆、伸缩杆、万向节1、伸缩杆、万向节2、球头推杆、微调环、光电开关、直线轴承、滑杆端套、滑杆

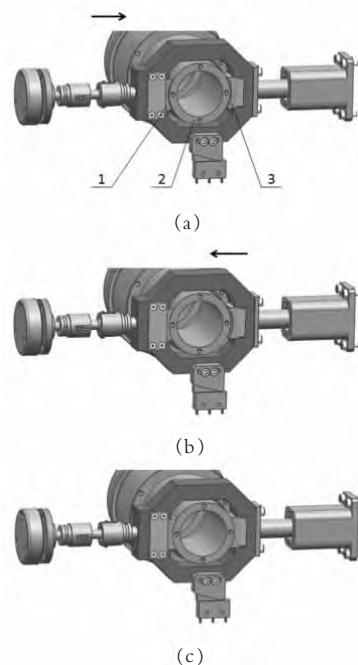


1.滑杆端套;2.滑杆;3.直线轴承;4.固定块;5.锁紧块②;6.微调环;7.锁紧块①;8.球头推杆;9.万向节;10.伸缩杆;11.万向节;12.锁紧杆;13.手轮;14.锁紧座;15.经纬仪转轴;16.光电开关;17.光电开关挡块。

图1 转轴锁紧机构结构示意图

组成。锁紧块②通过固定块固定在微调环一侧,锁紧块①与球头推杆相连,球头推杆与万向节、万向节与锁紧杆均通过销钉连接,两个万向节之间通过伸缩杆相连,伸缩杆的两侧为球头结构,该球头结构与两侧的万向节的内表面为线接触,伸缩杆可以在两个万向节间移动,通过伸缩杆的球头结构可以调节锁紧块①的角度,使锁紧块①与经纬仪转轴的接触面积达到最大,摩擦力达到最大,有效锁紧经纬仪转轴。

工作原理如图2所示:未锁紧时锁紧块①与锁紧块②与经纬仪转轴为不接触状态,如图2(a)所示,旋转手轮,通过锁紧杆、伸缩杆、万向节、伸缩杆、球头推杆的传动使锁紧块①向经纬仪转轴方向移动,直至锁紧块①与经纬仪转轴接触,如图2(b)所示,由于球头推杆与微调环为螺纹连接,此时继续旋转手轮,带动球头推杆旋转,微调环将继续带动锁紧块②向经纬仪转轴方向移动,直至锁紧块②与经纬仪转轴接触,当锁紧块①与锁紧块②同时与经纬仪转轴接触并靠紧时即为锁紧状态,经纬仪转轴不能转动,如图2(c)所示。此时限位块与微动开关无接触,光电开关为自由状态,电机断电,可以对经纬仪进行调试、修正视轴误差和零位差、进行凝视作业,转轴锁紧时电机断电可以防止误操作导致电机损坏、确保光学系统的安全性以及操控、调试人员的安全性。反向旋转手轮时,可使锁紧块①与锁紧块②与经纬仪转轴脱开,经纬仪转轴可实现自由转动,此时限位块与微动开关接触,光电开关为通电状态,电机通电,经纬仪可以在电机驱动下实现自动捕捉被测目标、跟踪测量等功能。



1.锁紧块① 2.经纬仪转轴 3.锁紧块②

图2 转轴锁紧机构工作原理图

该机构还设计有滑杆端套、直线轴承、滑杆结构,如图1所示。当经纬仪转轴锁紧时,通过加工与装调,直线轴承与滑杆可以保证锁紧后手轮的中心线与滑杆的中心线的平行度,防止万向节的转动导致经纬仪转轴在锁紧块的带动下产生微小的晃动,影响设备的测量精度。

3 锁紧材料的选择

经纬仪转轴的材料一般选用 40Cr, 其经过高温热处理、调质与时效处理等工艺后具有良好的综合力学性能, 良好的低温冲击韧性和低的缺口敏感性, 具有更高的强度、高耐磨性和抗变形能力, 抗拉强度 $\geq 980\text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 980\text{MPa}$ 。本文设计中锁紧块与经纬仪转轴直接接触, 利用两者之间的摩擦力实现锁紧功能, 并且该项目中设备的使用环境温度大, $-35^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$, 因此锁紧块材料的选择需要考虑到与经纬仪转轴材料 40Cr 的摩擦系数、高低温的变形等因素。

由于设备在装调时已经做好配重处理, 因此经纬仪转轴在锁紧时, 电机断开, 经纬仪转轴与锁紧块之间的摩擦力仅需要克服风力所做的功即可。根据项目要求, 设备在 6 级风可以正常工作。根据伯努利方程得出风-压关系, 风的动压为

$$W_p = \frac{1}{2} \rho v^2$$

式中: W_p —风压 (kN/m^2); ρ —空气密度 (kg/m^3); v —风速 (m/s)。

由于空气密度(ρ)和重力(g)的关系为:

$$\rho = \rho_0 \cdot g$$

因此有:

$$\rho_0 = R/g$$

得:

$$W_p = \frac{1}{2} \rho v^2 / g$$

此式为标准风压公式。在标准状态下, 空气重度:

$$\rho = 0.01225 (\text{kN/m}^3)$$

纬度为 45° 处的重力加速度:

$$g = 9.8 (\text{m/s}^2)$$

得:

$$W_p = v^2 / 1600$$

则在 6 级风速下, 风力所做的功为

$$W_p = \frac{v^2}{1600} \cdot S$$

式中: S —风的作用面积。

经纬仪转轴与锁紧块之间的静摩擦力所做的功为

$$W_f = \mu \cdot F_N$$

式中: F_N —人单手最大转矩; μ —摩擦系数。

经纬仪转轴与锁紧块之间的最大摩擦力需要克服 6 级风力所做的功, 因此

$$\mu \cdot F_N > \frac{v^2}{1600} \cdot S$$

经计算

$$\mu > 0.00016$$

经过计算, 锁紧块的材料与 40Cr 间的摩擦系数应大于 0.00016, 在无润滑的情况下 40Cr 与 40Cr 间的静摩擦系数为 0.15, 远远大于 0.00016, 且 40Cr 具有较高的耐磨性, 因此锁紧块选用与经纬仪转轴相同的 40Cr 材料。

4 结论

本文设计了一种高精度小型经纬仪转轴锁紧结构, 其稳定性高、结构简单、加工难度小、占用空间小, 解决了高精度小型经纬仪转轴锁紧的问题, 该结构已经应用于高精度小型光电经纬仪中, 实践证明, 该机构的结构与精度满足设计与使用要求, 用户使用反馈较好, 具有较高的稳定性。

参考文献

- [1] 赵学颜, 李迎春. 靶场光学测量[M]. 装备指挥技术学院, 2021.
- [2] 张艳辉, 赵勇志. 1m 望远镜俯仰轴系精度分析[J]. 机械设计与制造, 2011(3): 185-186.
- [3] 徐灏, 邱宣怀. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [4] 关福洲, 王俊. 机械式精密锁紧机构的设计与分析[C]. 惯性技术发展动态发展方向研讨会文集, 2012.
- [5] 牛永波, 王威, 王倩云, 等. 机械锁紧机构[P]. 中华人民共和国: CN 206830083 U, 2018 年 1 月 2 日.
- [6] 吴炳晖, 邓宗全, 陶建国, 等. 空间机械臂集中式锁解机构设计与研究[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2008, 36(3): 40-45.
- [7] 杨坤. 机械臂锁紧与释放机构解锁过程运动分析[J]. 机械工程师, 2006, 7.
- [8] 何彦忠, 黄建民, 陈文家, 等. 一种新型压力机行程调节机构锁紧装置及有限元校核分析[J]. 农业装备技术, 2010, 36(3): 11-17.