

光电仪器镜头盖装置结构设计研究

伞晓刚¹, 王莹²

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2. 长春职业技术学院, 吉林 长春 130033)

摘 要: 光电仪器的镜头都需要镜头盖的保护以维持仪器性能、延长使用寿命。文章从光电仪器研制工程实践出发, 分类详细总结了常用的光电仪器镜头盖的结构形式和工作原理, 阐述了这些镜头盖结构的优点与不足, 以及最佳适用场景。在此基础上, 提出了一种可应用于光电仪器的新型镜头盖形式——可变光阑式电动镜头盖, 这种镜头盖结构原理简单、组件质量小, 且不再安装在镜头最前端, 故有利于光电镜头在指向机构系统中的静平衡与动平衡装调。

关键词: 镜头盖; 光电仪器; 结构设计

中图分类号: TH741

文献标识码: A

文章编号: 2096-4706 (2020) 11-0039-04

Study on Structural Design of Lens Cap of Optoelectronic Instrument

SAN Xiaogang¹, WANG Ying²

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

2. Changchun Vocational Institute of Technology, Changchun 130033, China)

Abstract: The lenses of optoelectronic instruments need the protection of the lens cap to maintain the performance of the instrument and extend its service life. Based on the engineering development of optoelectronic instruments, the structure and working principles of lens caps for commonly used optoelectronic instruments are introduced in detail, and the advantages and disadvantages of these lens caps' structure are summarized, and further, their best applicable scenarios are pointed out. On this basis, a new types of lens caps for optoelectronic instruments are proposed: a diaphragm automatic lens cap. The structure principle of this lens cap is simple, the quality of the components is small, and because it is no longer installed at the front end of the lens, it is conducive to the static and dynamic balance assembling of the photoelectric lens in the pointing mechanism system.

Keywords: lens cap; optoelectronic instrument; structure design

0 引言

光电仪器种类繁多, 在专业应用领域, 有深空探测用的大口径光电望远镜^[1], 精密测量用的光电经纬仪^[2], 实现飞行器在惯性空间三轴姿态高精度测量的恒星敏感器^[3], 光谱测量用的光谱仪等; 在民用领域, 有摄像机、照相机、显微镜等等^[4]。这些仪器无论口径大小, 都有结构形式与工作原理各不相同的光学镜头, 在不同工作环境(温度、湿度、沙尘、盐雾等)下, 为了保证仪器不损坏或者尽可能地降低环境对仪器性能的影响, 镜头一般需要配备镜头盖。当然, 也并不是所有光电仪器都有镜头盖, 这与仪器的使用环境、所用器件可靠性等级、设计使用寿命、成本等有关。

镜头盖通常安装在光学镜头最前端, 部分光学镜头前端有遮光罩^[5-7], 那么镜头盖就安装在遮光罩的前端。镜头盖在光学设备工作时开启或者取下, 以保证足够大的通光口径; 光学设备工作结束时需盖上镜头盖, 隔绝光学系统和外界环境空间, 防止灰尘、水汽等进入光学系统。镜头盖还能有效阻挡太阳光、地球表面散射光等杂散光进入光学系统, 起到很好的保护光学系统的作用。

在镜头盖的材料选用方面, 小口径的镜头盖材料多选用

塑料, 特别是商品化的镜头类产品或者仪器类产品, 塑料材料能降低设备的总质量和降低生产成本。中大口径的光电仪器的镜头盖多选择金属材料, 这样能使镜头盖具有较好的刚度, 抗变形能力强。

在镜头盖的表面处理方面, 镜头盖朝向光学元器件的方向通常做黑色氧化处理或者喷黑色消杂光漆处理, 其余部分的处理方式会参考仪器整体的表面处理方式, 具体形式不尽统一。

镜头盖的设计中, 除了材料的选用和外观处理方式的选择, 最重要的就是对镜头盖结构(或机构原理)的设计, 结构设计的优劣直接决定了其工作性能、操作的便利性、工作的可靠性等。

从作者的光电仪器研制工程实践出发, 首先总结传统的光电仪器镜头盖的结构, 分析它们的特点, 进而提出应用于中大型光电仪器的新型镜头盖结构。

1 光电仪器镜头盖的常用结构

根据镜头盖工作状态与非工作状态的切换方式的不同, 光电仪器镜头盖的结构分为手动镜头盖和电动镜头盖两类。手动镜头盖, 需要操作人员手工完成镜头盖的盖上与拆下操作; 电动镜头盖, 因为拥有电机和运动机构, 可以远程控制其开启和闭合, 镜头盖本身始终安装在镜头上。

收稿日期: 2020-05-15

1.1 手动镜头盖

1.1.1 螺纹式镜头盖

螺纹式镜头盖的结构如图 1 所示,这种镜头盖只适用于小口径光学镜头,镜头盖的内部是大螺距的螺纹(梯形螺纹或三角形螺纹),外圆周上加工直纹以增加旋合的摩擦力。螺纹式镜头盖操作简便,成本低。

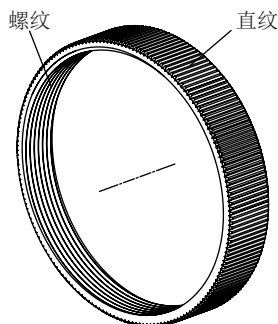


图 1 螺纹式镜头盖

1.1.2 径向卡口式镜头盖

适用于小口径光电镜头的径向卡口式镜头盖,单手即可完成镜头盖盖紧与取下的动作。结构原理如图 2 所示,弹簧提供镜头盖卡口与镜筒的卡紧力,挡板使卡口件只沿径向移动。单手双指捏合与松开操作手钮就能使卡口沿径向移动,完成镜头盖的安装与取下操作。

类似工作原理的镜头盖广泛应用于民品消费类摄影摄像镜头商品上,如尼康、佳能的单反镜头盖。

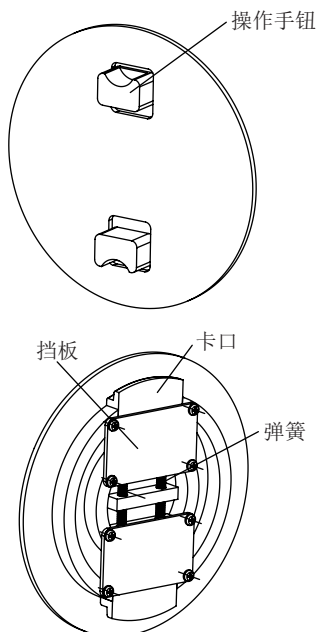


图 2 径向卡口式镜头盖

1.1.3 周向卡口式镜头盖

周向卡口式镜头盖适用于光学口径稍大的光电镜头设备,结构原理如图 3 所示,不同于径向卡口式镜头盖开合动作沿径向完成,周向卡口式镜头盖的开合动作是通过周向旋合的方式完成的。镜头盖和镜筒之间是大间隙配合,销柱固定在镜筒上,当旋转镜头盖,销柱运动到导向槽末端时,

镜头盖盖紧;当反向旋转镜头盖、销柱退出导向槽时,可取下镜头盖。操作柄可方便双手握持和完成旋合动作。

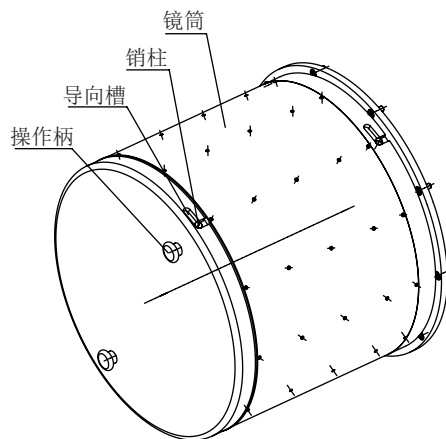


图 3 周向卡口式镜头盖

1.2 电动镜头盖

1.2.1 剪刀开合式电动镜头盖

如图 4 所示的剪刀开合式电动镜头盖,主要适用于中小口径的光学镜头,它主要由步进电机、蜗轮蜗杆减速箱、转轴、支撑臂、圆形镜头盖板和手动旋钮组成。

图 4 所示是镜头盖盖紧的状态,需要打开镜头盖时,步进电机通过减速箱带动支撑臂和镜头盖绕转轴逆时针旋转 90° 以上,即完成开盖动作。当电控系统不能工作时,可以通过旋转手动旋钮完成镜头盖的盖紧和打开动作。

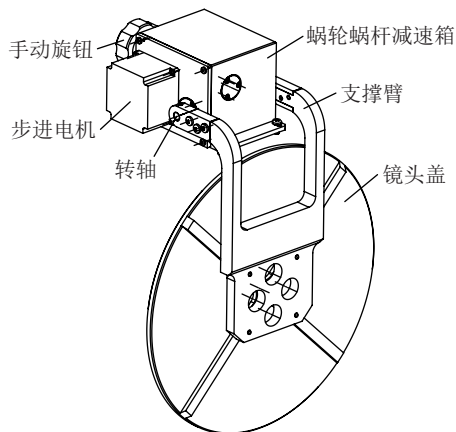


图 4 剪刀开合式电动镜头盖

1.2.2 柔性风琴式电动镜头盖

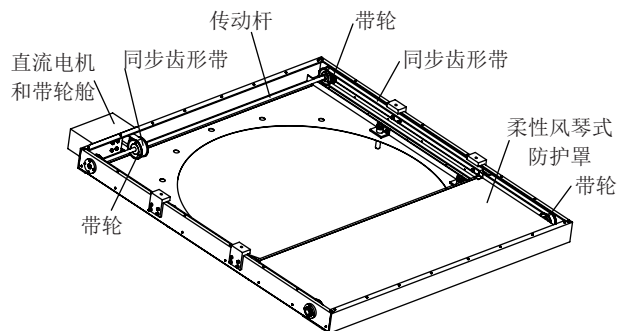


图 5 柔性风琴式电动镜头盖

如图 5 所示是柔性风琴式电动镜头盖的结构图(图中省略了上部的盖板), 它包括直流电机(自带减速箱)、带轮舱、带轮、传动杆、同步齿形带和柔性风琴式防护罩(帘)。

图 5 所示状态是柔性风琴式防护罩基本收起的状态, 即镜头盖不对镜头起保护作用的状态。当需要保护镜头时, 电机通过带轮和同步齿形带带动传动杆旋转, 传动杆两端的带轮、同步齿形带使柔性风琴式防护罩向遮挡中心通光口径的方向展开, 最终完全覆盖住中心通光区域, 镜头盖关闭动作结束。

1.2.3 对开门式电动镜头盖

文献[8]中介绍了一种由步进电机和齿轮减速箱驱动的对开门式电动镜头盖, 这种结构形式仅适用于大型光电设备。

2 镜头盖结构总结

总结上文所述的镜头盖结构, 不难看出以下 5 点。

(1) 手动镜头盖虽然结构简单、质量小, 但无法实现远程自动控制。

(2) 上述几种镜头盖结构除螺纹式镜头盖外密封性均较差, 特别是中大口径镜头盖, 其功能基本局限于保护内部光学系统免受外部光线、砂砾和大部分灰尘的浸染, 气密性欠佳, 在机构自身的气密防护方面也不理想。文献[9]设计了一款在海洋环境下的电动镜头盖组件, 工作原理大致与上文所述剪刀开合式电动镜头盖相似, 但在材料选择和组件自身密封上做了很多努力, 然而文中没有具体介绍镜头盖和镜筒之间的密封措施。

(3) 大型光电设备的镜头盖普遍质量较大, 特别是电控自动镜头盖, 且都安装在光电镜头的最前端。如果大型光电镜头作为高精度指向转台的负载使用, 镜头前端的电动镜头盖的开、关动作会导致光学系统静平衡和动平衡出现很大偏差, 对整个系统的控制性能产生很大影响。

(4) 大型光电设备的电动镜头盖, 由于体积和质量较大且挂载在镜头前端, 影响光电设备的美观性和整体协调性。

(5) 大型光电设备的电动镜头盖在打开状态下风阻较大, 如上文所述的剪刀开合式和对开门式电动镜头盖, 会对系统工作产生一定影响。

3 一种新型电动镜头盖结构

针对上述中大口径的电动镜头盖的问题, 文章提出一种新型镜头盖的结构形式, 虽然它不能解决目前镜头盖结构的所有缺点, 但是在某些方面的改进是明显的。

如图 6 所示, 是新型可变光阑式镜头盖的结构图(为了展示内部结构, 省略了大、小齿轮外的壳体), 电机(自带减速箱)通过一级齿轮减速(大齿轮和小齿轮啮合后形成的组件)带动光阑片驱动环旋转, 驱动环再带动若干组光阑片交错旋转, 实现对中心孔大小的调节。可变光阑式镜头盖详细的结构与参数计算可参考光学设计手册^[10]。

可变光阑式镜头盖结构简单, 整个组件的总质量较小。如图 7 所示, 该种镜头盖可布置在镜头和遮光筒之间, 避免了安装在遮光筒前端带来的重心前移问题。无论是打开时

(镜头可通光状态)还是关闭时(镜头非通光状态), 它在垂直于光轴的平面内两个方向的重心均不变, 这对应用于指向或跟踪的光电仪器来说, 是一个很有益的优点。

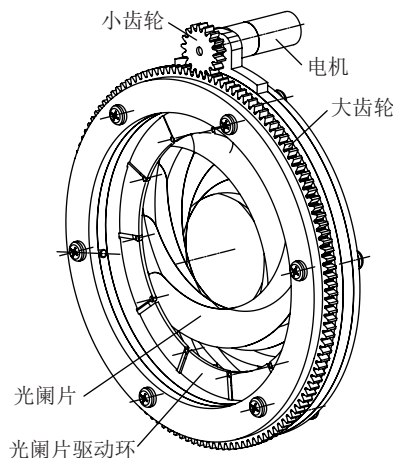


图 6 可变光阑式镜头盖结构图

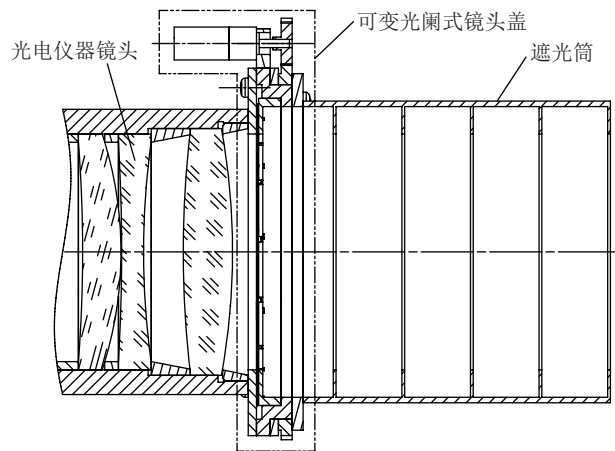


图 7 可变光阑式镜头盖安装位置示意图

4 结论

文章从光电仪器研制工程实践出发, 总结了常用的应用于光电仪器的 3 种手动操作镜头盖和 3 种电动控制镜头盖, 详细介绍了每种镜头盖的结构形式和工作原理, 分析了这些镜头盖结构的优点与不足。在此基础上, 提出了一种新型的可应用于光电仪器的镜头盖形式——可变光阑式镜头盖。这种镜头盖, 无论是打开时还是关闭时在垂直于光轴的平面内的重心都不变。如果配备可变光阑式镜头盖的大型光电镜头作为高精度指向转台的负载使用, 镜头盖的开、关动作就不会导致系统静平衡和动平衡出现大的变化。由于这个突出优点, 这种新型镜头盖在光电仪器开发中具有一定的推广使用价值, 可为相关领域科研工作者提供一些有益的参考。

参考文献:

- [1] 张景旭. 地基大口径望远镜系统结构技术综述 [J]. 中国光学, 2012, 5 (4): 327-336.
- [2] 符宾, 吴坦. 光电经纬仪姿态高精度测量研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41 (10): 236-238. (下转 44 页)

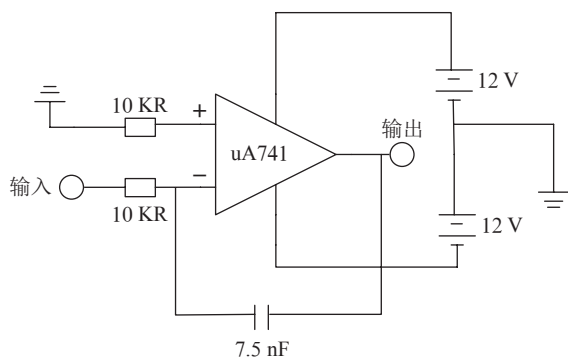


图 3 反向比例积分器电路

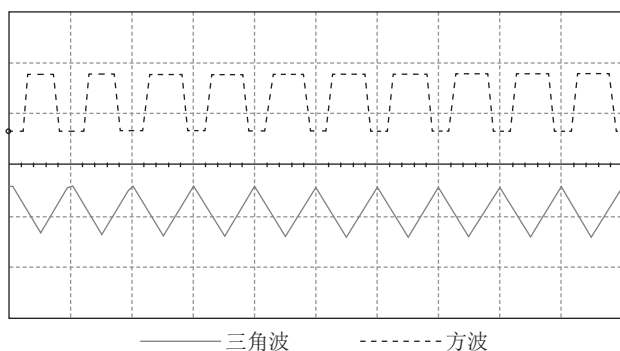


图 4 方波经反向比例积分器得到的三角波

根据仿真波形可以看出, 利用 Multisim 14.0 虚拟示波器的测量功能, 在软件的虚拟仪器上输出的波形 V_{pp} (峰峰值电压) 值电压为 15.986 V, 那么输出的电压幅值则为 $U_{om}=15.986\text{ V}/2=7.993\text{ V}$, 非常接近理论计算值, 且输出的三角波是没有失真的。之后利用滞回比较器将三角波变为 PWM 波。图 5 中滞回比较器电路中通过调节 R_3 从而改变门限电压值来调节 PWM 波的占空比, 如果需要改变频率则只要改变反向积分器的输入频率。

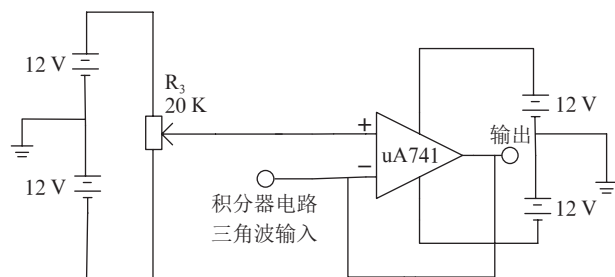


图 5 滞回比较器电路

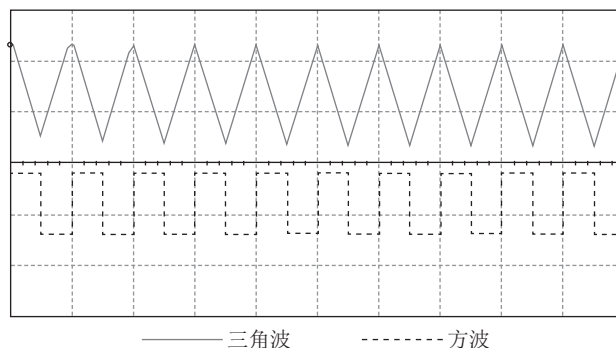


图 6 三角波经滞回比较器得到的 PWM 波

4 结论

本文介绍了三种产生 PWM 波的方法, 第一种方法是由单片机产生, 只需要写好软件即可进行 PWM 波的产生, PWM 波的参数只需要在程序中进行设置且电路简单。第二种方法是由时基芯片产生, 通过改变外围的电阻和电容的值就可以改变 PWM 波的占空比和频率, 此电路也与单片机产生 PWM 波一样电路简单, 但是硬件电路的调试需要时间。第三种方法通过积分电路和滞回比较器得到 PWM 波, 该方法较前两种方法电路调试要复杂得多, 尤其是外围电阻电容的匹配非常关键。这几种产生 PWM 波的方法都是由实际工作中的经验总结出的, 都可以得到 PWM 波。参考本文方法产生 PWM 波, 最好使用与本文方法一致的前提条件, 仿真软件为 Multisim 14.0; 单片机为 STC12C5A60S2, 晶振频率为 11.059 2 MHz; 555 时基芯片为 NE555。电路元件参数的区别、环境温度带来的“温漂”影响都有可能造成与本文的结果不同。

参考文献:

- [1] 苏荣峰, 许瑞年, 黄毛毛. 基于 FPGA 生成 PWM 波的实现 [J]. 核技术, 2012, 35 (6): 423-427.
- [2] 李素娟, 蒋维安. 直流电机 PWM 调速系统中控制电压非线性研究 [J]. 现代电子技术, 2010, 33 (22): 196-198+202.
- [3] 陶忠. 基于物联网的直流电机 PWM 智能调速系统设计 [J]. 江苏科技信息, 2019, 36 (31): 49-51.
- [4] 周首杰. 基于单片机的 PWM 单相交流电机变频调速设计 [J]. 物联网技术, 2019, 9 (10): 55-57.

作者简介: 肖振兴 (1990.07—), 男, 汉族, 湖南衡阳人, 实验师, 工学学士, 主要研究方向: 自动化控制技术、传感器技术应用。

(上接 41 页)

- [3] 魏明, 王超, 付强, 等. 大相对孔径轻小型星敏感器光机系统设计 [J]. 长春理工大学学报 (自然科学版), 2019, 42 (1): 23-26.
- [4] 赵思聪. 基于单片机的红外镜头盖电机控制电路 [J]. 电子世界, 2016 (4): 195-196.
- [5] 周鑫弘, 李小明, 韩成, 等. 遮光罩对 GEO 对地激光通信系统可通率影响 [J]. 长春理工大学学报 (自然科学版), 2015, 38 (5): 39-43+52.
- [6] 齐光, 王书新, 李景林, 等. 离轴三反光学遥感器遮光罩的设计与试验验证 [J]. 中国光学, 2016, 9 (4): 472-482.

- [7] 廖胜, 沈忙作. 卡塞格伦光学系统的杂光抑制和遮光罩设计 [J]. 光电工程, 1997, 24 (4): 31-36.
- [8] 伞晓刚, 薛育. 一种大型经纬仪的自动遮光罩机构设计 [J]. 硅谷, 2014, 7 (22): 8-9.
- [9] 陈冲. 一种传感器镜头盖组件的设计 [J]. 机电产品开发与创新, 2014, 27 (4): 43-45.
- [10] 《光学仪器设计手册》编辑组. 光学仪器设计手册: 下册 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1972: 621-626.

作者简介: 伞晓刚 (1982—), 男, 汉族, 辽宁铁岭人, 副研究员, 博士研究生, 博士, 主要研究方向: 光电设备结构设计。