

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2019.06.020

# 车载照明灯摄像一体化云台的设计

蔡益芬<sup>1</sup>, 徐翼<sup>2</sup>, 吴杰<sup>1\*</sup>

(1. 温州市质量技术监督检测院, 浙江温州 325025; 2. 星际控股集团有限公司, 浙江温州 325000)

**摘要:**针对现代交通形势复杂和交通事故多发问题,设计了一种车载照明和摄像一体化云台系统。分析了汽车震动工作环境对系统的影响,设计了涡轮蜗杆传动方案、电器控制系统方案、集成单片机编程及485数据控制方案,对系统主要模块传动装置的总扭矩及其分配的各级传动比,传动装置动力参数进行了验证。设计结果表明:当云台负载为15 kg,支架悬臂长0.30 m,自重10 kg时,轴承处截面直径17 mm,选择额定功率63 W、转速100 r/min的直流永磁方箱减速电机时,该设计安全可靠。

**关键词:**车载照明摄像;一体化云台;涡轮蜗杆传动

中图分类号:TU312

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2019)06-0658-05

## Design of integrated cloud platform for vehicle lighting camera

CAI Yi-fen<sup>1</sup>, XU Yi<sup>2</sup>, WU Jie<sup>1</sup>

(1. Wenzhou Quality and technical supervision and inspection institute, Wenzhou 325025, China;  
2. Senken Group Co., Ltd., Wenzhou 325000, China)

**Abstract:** Aiming at the complex traffic situation and frequent traffic accidents, an integrated cloud platform for vehicle lighting camera was designed. The impact of vibration environment was researched, worm gear transmission solution and electrical control system scheme integrated microcontroller programming and 485 data control scheme were designed, the total torque of main module transmission of the system and its assigned transmission ratios, dynamic parameters of the transmission were verified. The results indicated that when the cloud platform load is 15 kg, bracket cantilever length is 0.30 m, the weight of backpack is 10 kg and the bearing cross-sectional diameter is 17 mm, select a DC permanent magnet square box motor with a rated power of 63 W and a speed of 100 r/min, the cloud platform is safe and reliable.

**Key words:** vehicle lighting camera; integrated cloud platform; turbine worm drive

## 0 引言

车载照明摄像一体化云台是警车用智能巡逻勘察系统重要的组成部件<sup>[1]</sup>。目前,国内已形成生产规模的车载照明摄像一体化云台大多采用安防固定云台,由于机械自锁能力较弱,不能承受汽车震动等使用环境,不能满足交警安防的现场使用要求。

目前,国内主要用于安防和照明灯的云台产品,采用脉冲控制方式,具有精度高、指向准确的特点。而照

明灯云台产品通常采用大功率直流电机驱动减速箱使云台转动,适应在汽车等震动场合的使用。由于用户以及应用范围的限制,车载照明摄像一体化云台目前在国内外均无该类似产品。

本研究设计一种车载照明和摄像一体化云台系统。

## 1 机械传动系统设计

车载照明摄像一体化云台主要由涡轮蜗杆传动

收稿日期:2018-07-05

作者简介:蔡益芬(1964-),男,浙江温州人,本科,工程师,主要从事电气测量、自动化方面的研究。E-mail:cyf@zhejiang.com

通信联系人:吴杰,男,在职研究生,高级工程师。E-mail:38065980@qq.com

系统<sup>[2]</sup>、电器控制系统两部分组成,实物如图1所示。



图1 装摄像支架的车载移动设备实物图

### 1.1 涡轮蜗杆传动系统

云台承受较大负载,因此选用涡轮蜗杆传动系统为主要机械传动结构<sup>[3]</sup>。由于蜗杆的自锁能力,其能有效地在汽车震动环境下工作,涡轮蜗杆的传动以及电动机的选型是设计重点<sup>[4]</sup>。

### 1.2 电动机类型

车载移动照明设备通常的额定工作电压为DC 12 V,转速范围 100 r/min ~ 150 r/min。因此,选择 DC12 V 直流带减速方箱电机,转速在 100 r/min ~ 160 r/min 之间,由于无标准电机,需要定制。

### 1.3 电气控制系统

通过无线遥控方式远距离控制聚焦及照明开关。

## 2 控制系统设计

系统中采用 MicroChip PIC16F84A 智能单片机,CPU 采用 RISC 结构,仅有 35 条指令,采用 Harvard 双总线结构。单片机程序采用扫描设计,当单片机输入 IO 口收到 PT2272 正确解码信号,经过判断后执行相应的程序。整个程序中都插有看门狗的编程。

程序的流程图如图2所示。

程序源代码:

```
ZCX
MOVLW 8FH
BSF STATUS,RP0
OPTION
BCF STATUS,RP0
MOVLW 0FH
```

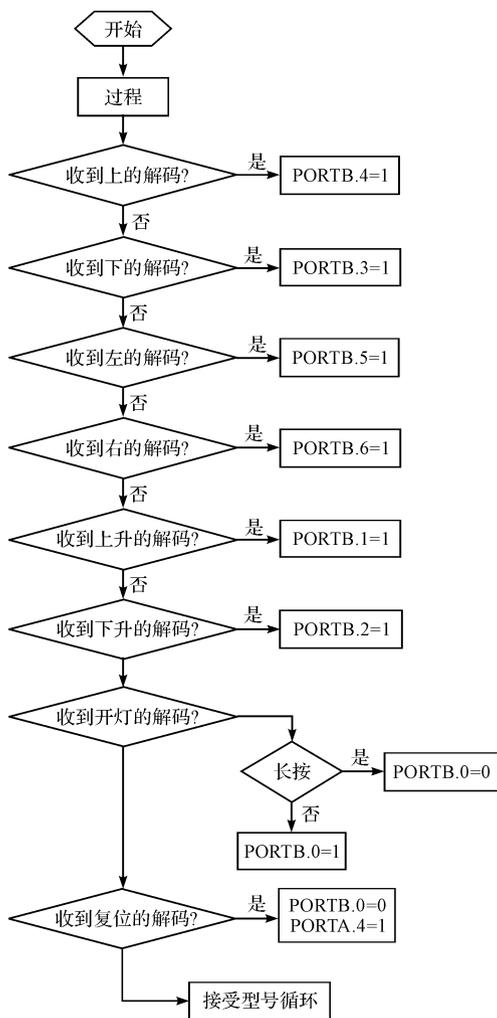


图2 程序的流程图

```
TRIS PORTA ;设定端口(00001111)RA0、
1,2,3 为输入,RA4 输出
MOVLW 80H
TRIS PORTB ;设定端口 B(1000 0000)
RB0 -6 为输出,RB7 为输入
CLRF PORTA
CLRF PORTB
MOVLW 05H
MOVWF M1 ; (上转)
MOVLW 02H
MOVWF M2 ; (下转)
MOVLW 03H
MOVWF M3 ; (左转)
MOVLW 07H
MOVWF M4 ; (右转)
MOVLW 0AH
MOVWF M5 ; (上升)
```

MOVLW 04H  
 MOVWF M6 ; (下降)  
 MOVLW 0FH  
 MOVWF M7 ; (灯控)  
 MOVLW 06H  
 MOVWF M8 ; (复位)  
 CALL SAOM1  
 END

## 3 实验验证

### 3.1 机械传动系统验证

#### 3.1.1 电动机

根据要求:转速  $n_D = 2.5 \text{ r/min}$ , 负载  $m_1 > 15 \text{ kg}$ , 支架悬臂长  $L_1 = 0.30 \text{ m}$ , 自重  $m_2 = 10 \text{ kg}$ , 则  $M_1$  负重部份转矩公式为:

$$M_1 = F_1 \cdot L_1 \quad (1)$$

式中:  $F_1$ —重力值,  $L_1$ —支架臂长。

$F_1$  负重力值公式为:

$$F_1 = G = m_1 g \quad (2)$$

其中:  $g$  取  $10 \text{ N/kg}$ 。

则将各个数据代入公式, 可得  $M_1 = 45 (\text{N} \cdot \text{mm})$ 。

$M_2$  自重部份转矩公式为:

$$M_2 = F_2 \cdot L_2 \quad (3)$$

式中:  $F_2$ —自重值,  $L_2$ —云台宽度的  $1/2$ ,  $L_2 = 0.10 \text{ m}$ 。

$F_2$  负重力值公式为:

$$F_2 = G = m_2 g \quad (4)$$

其中:  $g$  取  $10 \text{ N/kg}$ 。

将各个数据代入公式, 得  $M_2 = 10 \text{ N} \cdot \text{mm}$ 。

则合计转矩  $T_D$  为:

$$T_D = M_1 + M_2 = 45 + 10 = 55 \quad (5)$$

工作电机所需功率  $P$  为:

$$P = \frac{T_D \times n_D}{9.55 \times \eta \times \eta_c} \quad (6)$$

式中:  $\eta$ —电机效率,  $\eta_c$ —各级机构传动比。

根据工作环境  $\eta$  取  $0.8$ ,  $\eta_c$  计算公式为:

$$\eta_c = \eta_1^2 \times \eta_2 \times \eta_3 \quad (7)$$

由机械设计手册<sup>[5]</sup> 可知轴承  $\eta_1$  取  $0.98$ , 开式齿轮传动  $\eta_2$  取  $0.94$ , 自锁蜗杆传动  $\eta_3$  取  $0.4$ , 则各级机构传动比为:

$$\eta_c = \eta_1^2 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.36。 \quad (8)$$

电机所需功率为:

$$P = \frac{T_D \times n_D}{9.55 \times \eta \times \eta_c} = 55 (\text{W}) \quad (9)$$

根据条件选择额定电压: DC12 V、额定功率  $63 \text{ W}$ 、额定转速  $100 \text{ r/min}$ 、型号为 60ZYC60 - 63 直流永磁方箱减速电机<sup>[6]</sup>, 其尺寸如图 3 所示。

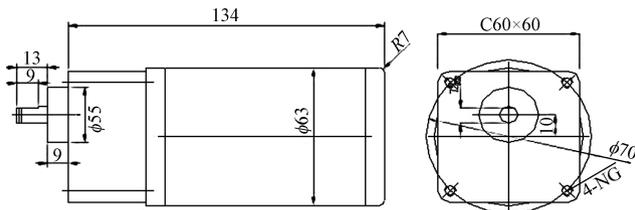


图 3 选定的电动机尺寸

#### 3.1.2 传动比

由选定的电动机额定转速和云台输出轴转速  $n_D$ , 可得传动比  $i$  为:

$$i = \frac{n_m}{n} = \frac{100}{2.5} = 40 \quad (10)$$

由传动原理<sup>[7]</sup> 简图, 齿轮副传动起运动变向作用,  $i_c$  取  $1$ , 则蜗轮蜗杆传动比  $i_w$  为:

$$i_w = \frac{i}{i_c} = \frac{40}{1} = 40 \quad (11)$$

该传动比符合单级蜗杆传动的常用范围<sup>[8]</sup> ( $15 \sim 50$ )。

#### 3.1.3 动力参数

##### (1) 转速

$n_1$  为蜗杆的转速, 中间有一对齿轮副传动, 传动比  $i_c = 1$ , 则:

$$n_1 = \frac{n_m}{i_c} = \frac{100}{1} = 100 \text{ r/min} \quad (12)$$

$n_2$  为蜗轮(也是输出轴), 则:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_w} = \frac{100}{40} = 2.5 \text{ r/min} \quad (13)$$

##### (2) 输入功率

按电动机功率  $P_{cd}$  计算各轴输入功率。设  $P_1$  为蜗杆轴功率,  $P_2$  为蜗轮轴功率, 则:

$$P_1 = P_{cd} \times \eta \times \eta_1 \times \eta_2 = 63 \times 0.8 \times 0.98 \times 0.94 = 46.4 \text{ W} \quad (14)$$

$$P_2 = P_1 \times \eta_1 \times \eta_3 = 46.4 \times 0.98 \times 0.4 = 18.2 \text{ W} \quad (15)$$

##### (3) 转矩

蜗杆轴转矩  $T_1$  为:

$$T_1 = 9\,550 \times \frac{P_1}{n_1} = 9\,550 \times \frac{46.4 \times 10^{-3}}{100} = 4.43 \quad (16)$$

蜗轮转矩  $T_2$  为:

$$T_2 = 9\,550 \times \frac{P_2}{n_2} = 9\,550 \times \frac{18.2 \times 10^{-3}}{2.5} = 69.5 \quad (17)$$

由于云台外形尺寸(长 × 宽 × 高)必须小于  $400\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ ,由结构图<sup>[9]</sup>绘制好尺寸,再作强度校核。

蜗杆轴上的转矩  $T_1$  为  $4.43\text{ N} \cdot \text{mm}$ ,则蜗杆轴上的力  $F_{t1}$  为:

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \times 4\,430}{12} = 738\text{ N} \quad (18)$$

轴向力  $F_{a1}$  为:

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \times 69\,500}{80} = 1\,738\text{ N} \quad (19)$$

径向力  $F_{r1}$  为:

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \times \tan\alpha = 1\,738 \times \tan 20^\circ = 632.58\text{ N} \quad (20)$$

水平面支承的反力  $F_{h1}$  和  $F_{h2}$  为:

$$F_{h1} = F_{t1} \times \frac{L''}{L} = 738 \times \frac{73.1}{105.9} = 509.4\text{ N} \quad (21)$$

$$F_{h2} = F_{t1} \times \frac{L'}{L} = 738 \times \frac{32.8}{105.9} = 228.56\text{ N} \quad (22)$$

式中: $L'$ —蜗杆齿宽的法向中心线的右侧长; $L''$ —左侧长。

$L' = 32.8\text{ mm}$ ;  $L'' = 73.1\text{ mm}$ ;  $L = L' + L'' = 105.9\text{ mm}$ 。

垂直支承的反力  $F_{v1}$  和  $F_{v2}$  为:

$$M_a = \frac{F_{a1} \times d_1}{2} = \frac{1\,738 \times 12}{2} = 10\,428 \quad (23)$$

$$F_{v1} = \frac{M_a + F_{r1} \times L''}{L} =$$

$$\frac{10\,428 + 632.58 \times 73.1}{105.9} = 535 \quad (24)$$

$$F_{v2} = \frac{F_{r1} \times L' - M_a}{L} =$$

$$\frac{632.58 \times 32.8 - 10\,428}{105.9} = 97.45 \quad (25)$$

分别按水平和垂直面计算各力产生的弯矩,并按计算结果分别做出水平面上的弯矩  $M_h$  和垂直面上的

弯矩  $M_v$ ,然后计算总弯矩。

轴的载荷分析图如图4所示。

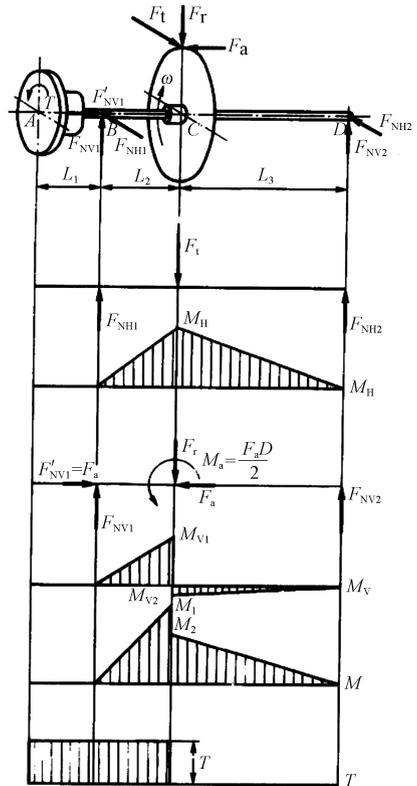


图4 轴的载荷分析图

水平面弯矩  $M_h$  为:

$$M_h = F_{h1} \times L' = 509.4 \times 32.8 = 16\,708.32 \quad (26)$$

垂直面弯矩  $M_{v1}$  和  $M_{v2}$  为:

$$M_{v1} = F_{v1} \times L' = 535 \times 32.8 = 17\,548 \quad (27)$$

$$M_{v2} = F_{v2} \times L' = 97.45 \times 73.1 = 7\,123.595 \quad (28)$$

组合成弯矩  $M_1$  和  $M_2$  为:

$$M_1 = \sqrt{M_h^2 + M_{v1}^2} = \sqrt{16\,708.32^2 + 17\,548^2} \approx 24\,230 \quad (29)$$

$$M_2 = \sqrt{M_h^2 + M_{v2}^2} =$$

$$\sqrt{16\,708.32^2 + 7\,123.595^2} \approx 18\,163.5 \quad (30)$$

该轴所变扭矩  $T_1$  为  $4\,430\text{ N} \cdot \text{mm}$ ,按弯矩合成应力校核轴的强度。轴承处截面直径为  $17\text{ mm}$ ,轴为单向旋转,扭转切应力为对称循环变化,根据轴的应力计算公式<sup>[10]</sup>及以上数据,轴的计算应力  $\sigma_{ca}$  为:

$$\sigma_{ca} = \frac{10 \times \sqrt{M_1^2 + (\alpha \times T_1)^2}}{d^3} =$$

$$\frac{10 \times \sqrt{24\,230^2 + (1 \times 4\,430)^2}}{17^3} = 50.1 \quad (31)$$

式中: $d$ —圆轴的直径, $M_1$ —组合弯矩, $\alpha$ —变应力,取 $\alpha = 1$ , $T_1$ —轴所受的扭矩。

由于蜗杆材料为 45 钢调质处理<sup>[11]</sup>,由文献查得轴的许用弯曲应力 $[\sigma_{-1}] = 60 \text{ MPa}$ ,因此 $\sigma_{ca} < [\sigma_{-1}]$ ,故安全。

### 3.2 控制系统验证

系统上电运行后,通过控制手柄旋转控制按钮,控制云台旋转;通过控制手柄云台角度控制按钮,实现了云台俯仰角的调整。云台上下调整、开灯控制功能、摄像功能等也得到很好控制。实验结果表明:控制系统能达到预期控制目标。

## 4 结束语

本文设计了一种车载照明和摄像一体化云台系统,该云台采用涡轮蜗杆传动技术、单片机编程及 485 数据控制技术,在云台上方集成了摄像、照明功能。设计结果表明:当云台负载为 15 kg,支架悬臂长 0.30 m,自重 10 kg 时,轴承处截面直径 17 mm,选择额定功率 63 W、转速 100 r/min 的直流永磁方箱减速电机时,该设计安全可靠。实验结果表明:该云台系统运行安全可靠,具有速度快、工作电压低、功耗低、抗干扰能力强

等特点。

### 参考文献(References):

- [1] GB/T 26755 - 2011 消防移动式照明装置[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [2] 刘明涛. 机械工程实用图样精编手册[M]. 北京:机械工业出版社,2016.
- [3] 叶 君. 实用紧固件手册[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [4] 王学武. 金属材料与热处理[M]. 北京:机械工业出版社,2016.
- [5] 机械设计手册编委会. 机械设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [6] 张培金,蔺联芳. 机械设计课程设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1988.
- [7] 郭建华. 机械制造技术基础[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2016.
- [8] 李海萍. 机械设计基础[M]. 北京:机械工业出版社,2016.
- [9] 陈文亮. 机械加工工艺师手册[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [10] 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]7版. 北京:高等教育出版社,2001.
- [11] 金建华. 典型机械零件制造工艺与实践[M]. 北京:清华大学出版社,2011.

[编辑:程 浩]

#### 本文引用格式:

蔡益芬,徐 翼,吴 杰. 车载照明灯摄像一体化云台的设计[J]. 机电工程,2019,36(6):658-662.

CAI Yi-fen, XU Yi, WU Jie. Design of integrated cloud platform for vehicle lighting camera[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2019,36(6): 658-662.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>