

小型四轮移动机器人驱动电机选型设计计算^{*}

赵苇航¹, 曹勇², 鞠丽梅³

(1.北京太阳宫燃气热电有限公司, 北京 100028;
2.陆军装甲兵学院 控制工程系, 北京 100072;
3.陆军装甲兵学院 车辆工程系, 北京 100072)

摘要:根据小型四轮移动机器人的设计指标,对所需的轮毂电机、摆臂直流伺服电机进行了扭矩计算,完成了型号选定。

关键词:移动机器人;驱动电机;转矩计算;型号选定

中图分类号: TG813 文献标识码: A 文章编号: 1001-2354(2018)S2-0357-03

DOI: 10.13841/j.cnki.jxsj.2018.s2.119

Design calculation of small four-wheel mobile robot drive motor

ZHAO Wei-hang¹, CAO Yong², JU Li-mei³

(1.Beijing Taiyangong Gas-fired Thermal Power Co.,Ltd., Beijing 100028;
2.Department of Control Engineering, Academy of Army Armored Force, Beijing 100072;
3.Department of Vehicle Engineering, Academy of Army Armored Force, Beijing 100072)

Abstract: According to the design index of the small four-wheeled mobile robot, the required torque of the hub motor and the swing arm DC servo motor are calculated in the paper, and then the model selection is completed.

Key words: mobile robot; drive motor; torque calculation; model selection

国际标准化组织(ISO)对机器人下的定义为:机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手,这种机械手具有几个轴,能够借助于可编程序操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置,以执行种种任务^[1]。我国科学家对机器人的定义为:机器人是一种自动化的机器,所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能,如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力,是一种具有高度灵活性的自动化机器^[2]。机器人按移动方式分为轮式移动机器人、履带移动机器人、腿式移动机器人、蛇形移动机器人等^[3]。文中对小型四轮移动机器人的电机驱动器进行了选型设计计算。

1 设计要求

文中设计了一款带摆臂机构的可折叠小型四轮移动机器人。设计要求主体框架小巧,最大宽度 500 mm,自身质量约 20 kg,摆臂机构不展开时总长度 500 mm 内(展开后,全长 900 mm 内),最大时速 25 km/h,最大攀爬越障高度 300 mm,最大爬坡角度 45°。该移动机器人在野外路面和城市路面能够自如行驶转向,并可实现爬楼梯、爬斜坡、跃障等功能,机器人搭载不同的子系统,如消防、侦察监听设备、夜视设备、机械手等,

可应用于军事侦察、消防、反恐等特殊作业^[4]。总体设计指标如表 1 所示。

表 1 总体设计指标

结构指标	自身质量/kg	20
	载荷/kg	5
	结构尺寸/mm	初始工作状态 500×500×150 最大工作状态 834×503×169
机动指标	平地最大速度/(km/h)	25
	最大通过坡度/(°)	45
	壕沟通过尺寸/mm	290×150
	凸台攀爬高度/mm	300

2 总体结构组成

小型四轮移动机器人一般以车体为基础构件,其上承载机器人的工控机、蓄电池、电机驱动器、信号接收器、电机等元器件,轮毂电机、摆臂攀爬电机和运动机构相互协调动作,组成机器人的运动机构,实现机器人的运动、越障和攀爬动作,总体结构组成如图 1 所示。

^{*} 收稿日期 2018-03-10,修订日期 2018-04-25

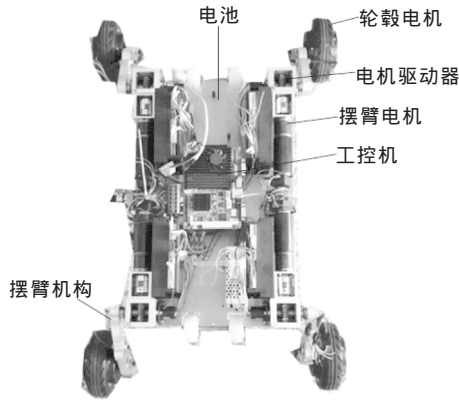


图 1 小型四轮移动机器人总体构成

3 驱动电机选型设计计算

机器人的驱动装置是机器人进行各种运动的动力系统,主要采用电力驱动装置,此外也有液压、气动等驱动装置^[5]。本文设计的小型四轮移动机器人驱动装置包括轮毂电机和摆臂电机两部分。

3.1 轮毂电机的选型设计计算

作为驱动装置之一的轮毂电机的最大特点在于其将动力装置、制动装置和传动装置整合在一起,省去中间传动装置和各系统之间的协调配合,直接对机器人各驱动轮进行控制,使机器人的机械部分得到最大程度的简化^[6]。

轮毂电机的选型主要从质量、尺寸、技术参数和简化摆臂机构四个方面考虑。

根据设计要求,机器人在非工作状态下的尺寸为高 150 mm、长 470 mm、宽 500 mm。根据最高时速 25 km/h 的设计要求,同时为了简化摆臂机构,选择了 5 寸(直径约 125 mm,开档 102 mm)的单边轮毂电机,额定电压 24 V,功率 250 W,质量 1.7 kg。综上分析,选定法拉迪直流无刷 5 寸单边轮毂电机,如图 2 所示。该轮毂电机带有空心胎,既可以缓解运动平台的震动,又增加了与地面的摩擦因数,可攀爬更大的坡度。



图 2 法拉迪直流无刷 5 寸单边轮毂电机

3.2 摆臂电机的选型设计计算

摆臂电机采用直流伺服电机驱动器^[7],其选型计算考虑单摆臂、双摆臂和 4 个摆臂这 3 种情况,选型所需转矩^[8]分别计算如下:

(1) 单摆臂。

单摆臂支撑车体受力简图如图 3 所示。

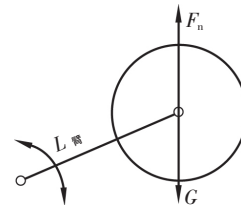


图 3 单摆臂支撑车体受力简图

最大力臂 $L_{臂}=130\text{ mm}$, 车轮自身质量 $G=1.7\text{ kg}$, F_n 为车轮所受支反力, 转矩 $M=F_n \times L_{臂}=G \times L_{臂}=1.7 \times 10 \times 0.13=2.21\text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(2) 双摆臂支撑车体。

双摆臂支撑车体受力简图如图 4 所示。

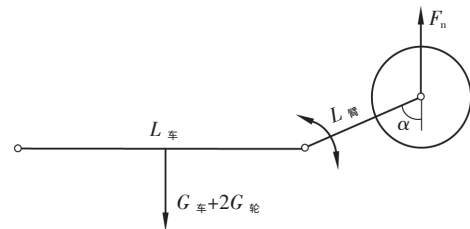


图 4 双摆臂支撑车体受力简图

两车轮跨距 $L_{车}=470\text{ mm}$, 车轮半径 $R=65\text{ mm}$, 整车自身质量 $G_{车}=10\text{ kg}$, $G_{轮}=1.7\text{ kg}$, 最大力臂 $L_{臂}=130\text{ mm}$, α 为摆臂最大斜角 60° , 转矩 $M=F_n \times R \times \sin \alpha=3.7\text{ N} \cdot \text{m}$ 。

F_n 为单摆臂支撑力:

$$(G_{车}+2 \times G_{轮}) \times L_{车} \div 2 = F_n (L_{车} + R \times \sin \alpha)$$

$$F_n=25.64\text{ N}$$

(3) 4 个摆臂支撑车体。

() 静态转动惯量计算。

4 个摆臂支撑车体受力简图如图 5 所示。

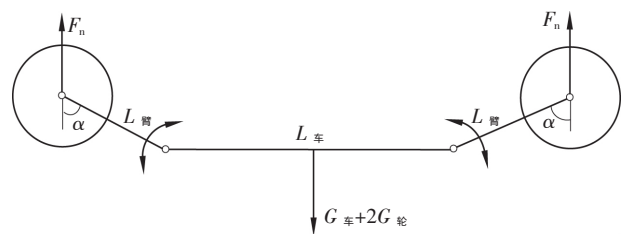


图 5 4 个摆臂支撑车体受力简图

4 个摆臂结构中单个摆臂支撑力:

$$F_N = \frac{G_{车}}{4} = 25\text{ N}$$

转矩 $M_{静}$ 为:

$$M_{静} = F_N \times R \times \sin \alpha = 3.7\text{ N} \cdot \text{m}$$

() 动态转动惯量计算。

摆臂运动转速与时间关系如图 6 所示。

所选零部件的质量特性: 质量为 2.590 kg, 体积为 741 663 mm^3 。

设定摆臂机构转 1 圈需 2 s, 0 到 $t_1=0.5\text{ s}$, 加速; t_1 到 $t_2=1.5\text{ s}$, 匀速; t_2 到 $t_3=2\text{ s}$, 减速。

匀速速度为 ω , 由:

$$2\pi = \frac{1}{2}t_1\omega + \omega(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}\omega(t_3 - t_2)$$

$$\text{得: } \omega = \frac{4}{3}\pi/\text{s}$$

$$\varpi = \frac{1}{2}\pi/\text{s}$$

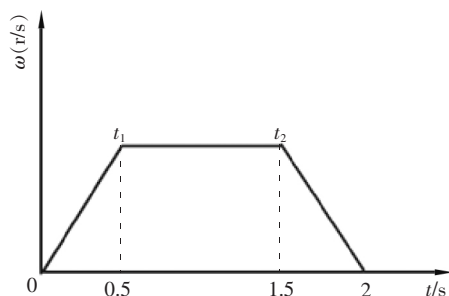


图 6 摆臂运动转速与时间关系

运用 SolidWorks 软件计算单个摆臂机构的转动惯量 $J=0.059 \text{ N}\cdot\text{mm}^2$, $M_{\text{动}}=J\varpi$, $M_{\text{动}}=0.493 \text{ N}\cdot\text{m}$, $M_{\text{总}}=M_{\text{静}}+M_{\text{动}}$, $M_{\text{总}}=4.13 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

传动机构采用单头涡轮蜗杆,查机械设计手册^[9]知传动效率为 60%~70%,计算所需电机输出扭矩约为 $6 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

综上计算,选定原装瑞士 maxonRE35 空心杯直流伺服电机,如图 7 所示,工况参数为:工作电压 24 V,电机直径 35 mm,减速器直径 32 mm,减速比 19:1,输出轴直径 6 mm,输出轴长度 20 mm,输出功率 90 W,连续扭矩 $4 \text{ N}\cdot\text{m}$,堵转扭矩 $40 \text{ N}\cdot\text{m}$,编码器 HEDS-5540111 光电式 512 线三通道 ABI 输出。



图 7 瑞士 maxonRE35 空心杯直流伺服电机

4 结束语

小型四轮移动机器人驱动装置所需的轮毂电机、摆臂直流伺服电机是移动机器人设计较为重要的硬件设备,根据扭矩计算结果完成了型号选定,经过试车验证,完全满足设计初期设定的机动指标。

参考文献

- [1] 陈雯柏. 智能机器人原理与实践[M]. 北京:清华大学出版社, 2016.
- [2] 李运江. 机器人概论[M]. 北京:机械工业出版社, 2015.
- [3] 王炎,周大威. 移动式服务机器人的发展现状及我们的研究[J]. 电气传动, 2000(4):3-7.
- [4] 魏巍. 机器人技术入门[M]. 北京:化学工业出版社, 2014.
- [5] 赵婧等. 机器人及安全技术[M]. 陕西 西安:西安电子科技大学出版社, 2016.
- [6] 《无线电》编辑部编. 智能小车机器人制作大全[M]. 北京:人民邮电出版社, 2017.
- [7] 张玫. Robot 机器人技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2017.
- [8] 张奇志. 机器人学简明教程[M]. 陕西 西安:西安电子科技大学出版社, 2013.
- [9] 朱东华. 机械设计基础[M]. 北京:机械工业出版社, 2015.

作者简介:赵苇航(1992—),男,硕士研究生,研究方向:控制科学与工程,发表论文 3 篇。

曹勇(通信作者)(1968—),男,教授,博士,研究方向:控制科学与工程,发表论文 40 余篇。E-mail: zjzyd@163.com