

# 光电导航移动机器人转向机构的设计研究

戴娟, 王惠家

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 在光电导航移动机器人的设计中, 转向机构存在着死点位置, 死点位置的出现将导致移动机器人不能实现自动导航, 如何让转向机构不出现死点, 当转向机构不可避免地存在死点时, 又如何让转向机构顺利通过死点位置, 是移动机器人转向机构设计时必须解决的关键问题. 论文对转向机构存在的死点问题进行了分析研究; 确立了死点位置的具体坐标; 提出了解决死点位置的方法, 采用限位块成功地解决了转向机构的死点问题.

**关键词:** 转向机构; 移动机器人; 光电传感器

**中图分类号:** TP24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2006)03 - 0029 - 04

## Design and Research on the Direction Changing Mechanism of Phototransistor Navigation Mobile Robot

DAIJUAN, WANG HUIJIA

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** In design of phototransistor navigation mobile robot, the dead point position exists in the direction changing mechanism. The dead point position will make the mobile robot fall through to navigate; how to let the direction changing mechanism do not appear the dead point, and the direction changing mechanism exists inevitably dead point position, how to let change direction mechanism to pass dead point position smoothly. It is a key problem to design the direction changing mechanism of mobile robot. The dead - point problem of direction changing mechanism is researched in this paper; specific coordinate of the dead point position is established; the method to resolve the dead point problem is put forward, and limiting block to resolve the dead - point problem of direction changing mechanism is successfully adopted.

**Key words:** direction changing mechanism; mobile robots; photoelectric sensor

### 0 引言

在光电导航移动机器人机械设计中, 我们采用德国慧鱼创意组合模拟组装了机器人模型, 移动机器人的转向机构中存在着死点位置, 死点对移动机器人的导航是极其危险的. 若在寻找光源的过程中出现死点位置, 那么导航将处于瘫痪状态; 若在避障的过程中出现死点, 那么人、移动机器人以及周围环境的设施都将处于危险之中. 所以, 如何让所设计的机器人转向机构不出现死点, 当转向机构不可避免地存在死点时, 又如何让转向机构顺利通过死点位置, 是移动机器人转向机构设计时必须解决的关键问题.

### 1 光电导航移动机器人的机械设计

根据移动机器人实际工作的功能, 机械设计包括以下几部分: 移动机构; 转向机构; 纠正机构; 3D机械手.

收稿日期: 2005 - 09 - 02

第一作者简介: 戴娟 (1956.8~), 女, 高级工程师. 主要研究方向: 机械工程与自动化, 机器人技术.

E - mail: djkust@sina.com

采用“德国慧鱼工业创意组合模型 模拟组装的光电导航移动机器人实物模型见图 1.

移动机器人转向机构的设计采用的是铰轴差速式,利用齿轮齿条的啮合,作为转向动力输入机构,转动机械传动示意图见图 2 但是在机器人的模拟组装过程中,遇到了齿条与连杆的顶死现象,也就是通常所说的死点问题,见图 3.

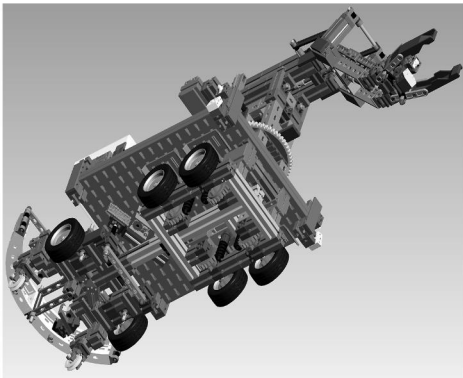
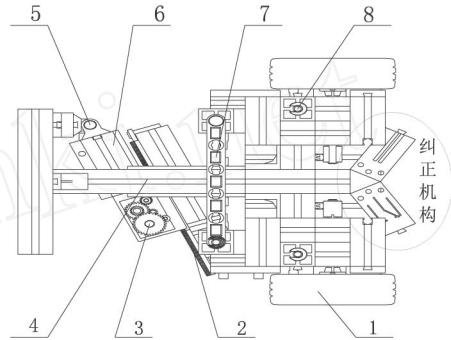


图1 光电导航移动机器人模型

Fig. 1 The phototransistor mobile robot model



1. 车轮 2. 齿条 3. 减速器 4. 车架  
5. 铰链 6. 电机 7. 连接杆 8. 铰轴

图2 转向轮机械传动图

Fig. 2 Mechanical transmission diagram of direction changing wheel

## 2 死点问题的讨论

### 2.1 死点问题的引入

我们知道,在曲柄摇杆机构中,一般两连架杆一为主动件,一为从动件,当从动件连架杆与连杆处于共线(拉直共线或重叠共线)位置时,机构的传动角  $= 0^\circ$ ,即机构处于死点位置,机构在死点位置上无法启动且具有运动不确定性.

摇杆主动时机机构的死点情况如图 4 所示,曲柄摇杆机构的摇杆主动时,在一个运动循环内,从动件曲柄总会与连杆共线两次(拉直共线  $AB_2C_2D$  或重叠共线  $AB_1C_1D$ ),此两个位置为机构的死点位置,这是无条件的,因此当摇杆主动时,曲柄摇杆机构无条件地存在两个死点位置<sup>[1]</sup>.

### 2.2 转向机构存在的死点问题

如图 3 所示,当齿条 2 与构件 4 处于图示位置时,不管驱动马达的功率有多大(在构件强度允许的情况下),也不能实现转向.另外,转向机构还存在另一个死点位置,即齿条 2 和构件 4 重叠共线的位置.但是此机构转向的角度不会到达上述位置,所以不予考虑.

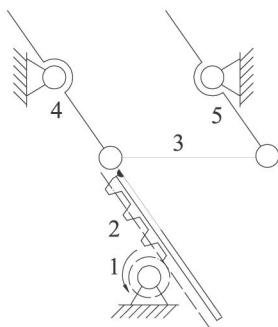


图3 曲柄摇杆机构

Fig.3 Crank-rocker mechanism

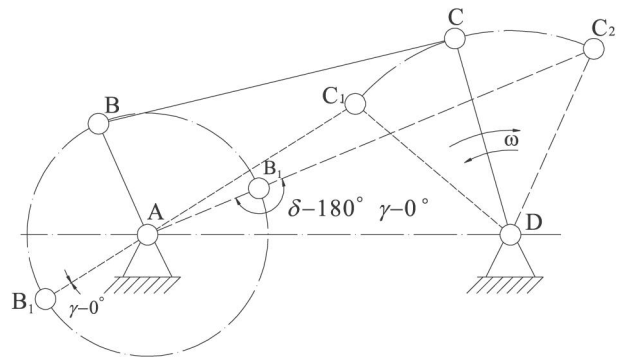


图4 转向机构死点位置

Fig.4 Dead point diagram of direction changing mechanism

### 2.3 死点问题的数学模型

转向机构的机构简图进一步简化形式,如图 5 所示.

解: 1) 建立直角坐标系  $XOY$ ,作  $AB \perp OC$  于  $B$  点.

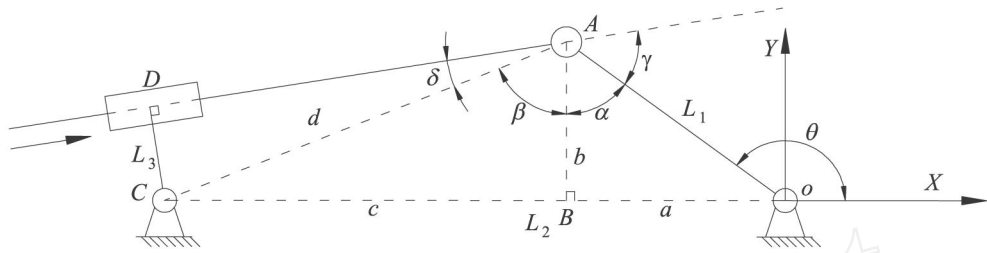


图5 转向机构简图

Fig. 5 Simplified diagram of direction changing mechanism

2) 已知条件:  $OA = L_1, OC = L_2, CD = L_3$  且  $CD \perp AD$  于  $D$  点

由三角公式得:  $a = L_1 \cos(180^\circ - \theta) = -L_1 \cos \theta$ ;

$$b = L_1 \sin(180^\circ - \theta) = L_1 \sin \theta$$

$$c = L_2 - a = L_2 + L_1 \cos \theta$$

$$d = \sqrt{b^2 + c^2} = \sqrt{(L_1 \sin \theta)^2 + (L_2 + L_1 \cos \theta)^2}$$

$$\alpha = \arctg \frac{a}{b} = \arctg \frac{-L_1 \cos \theta}{L_1 \sin \theta} = \arctg(-\cotg \theta)$$

$$\beta = \arctg \frac{c}{b} = \arctg \frac{L_2 + L_1 \cos \theta}{L_1 \sin \theta}$$

$$\gamma = \arcsin \frac{L_3}{d} = \arcsin \frac{L_3}{\sqrt{(L_1 \sin \theta)^2 + (L_2 + L_1 \cos \theta)^2}}$$

传动角:

$$\delta = 180^\circ - \alpha - \beta - \gamma$$

$$\delta = 180^\circ - \arctg(-\cotg \theta) - \arctg \frac{L_2 + L_1 \cos \theta}{L_1 \sin \theta} - \arcsin \frac{L_3}{\sqrt{(L_1 \sin \theta)^2 + (L_2 + L_1 \cos \theta)^2}}$$

要求出死点位置必须要求传动角  $\delta = 0^\circ$  或  $\delta = 180^\circ$ ; 代入上式可得:

$$180^\circ - \arctg(-\cotg \theta) - \arctg \frac{L_2 + L_1 \cos \theta}{L_1 \sin \theta} - \arcsin \frac{L_3}{\sqrt{(L_1 \sin \theta)^2 + (L_2 + L_1 \cos \theta)^2}} = 0^\circ \quad (1)$$

$$180^\circ - \arctg(-\cotg \theta) - \arctg \frac{L_2 + L_1 \cos \theta}{L_1 \sin \theta} - \arcsin \frac{L_3}{\sqrt{(L_1 \sin \theta)^2 + (L_2 + L_1 \cos \theta)^2}} = 180^\circ \quad (2)$$

根据式 (1), (2) 所求得角可确定死点  $A$  在直角坐标系  $XOY$  中的位置  $A(L_1 \cos \theta, L_1 \sin \theta)$ . 式 (2) 确定的角是重叠共线的位置, 根据实际所需的转弯幅度可以舍去此死点位置.

### 2.4 死点的危害

光电导航机器人的转向机构中存在死点问题, 是极其危险的. 若在寻找光源的过程中出现死点位置, 那么导航将处于瘫痪状态; 若在避障的过程中, 出现死点问题, 那么人、机器人及周围的设施都将处于危险当中. 所以, 如何让转向机构不出现死点问题或者顺利通过死点位置, 是我们必须解决的问题.

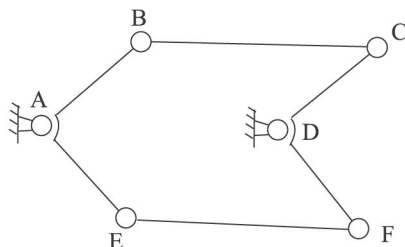


图6 双平行四杆机构

Fig. 6 Double parallelism four bar linkage

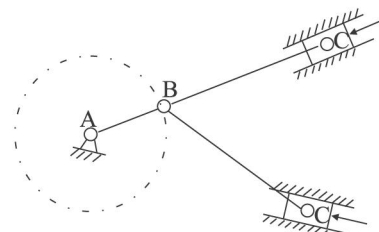


图7 V型发动机组简图

Fig. 7 Simplified diagram of "V" engine

## 2.5 死点问题的解决

对于存在死点位置的机构,为了保证它们的输出构件作连续定向转动,就必须设法使机构顺利通过死点位置,而通常采用的措施有:

1)利用构件自身与飞轮的惯性来保证机构顺利通过死点,脚踏缝纫机上的大带轮以及单缸冲程柴油机上的飞轮都有这种作用.

2)增加辅助构件.例如双平行四杆机构如图 6 所示,当连杆 BC 与从动曲柄位于同一直线时,处于死点位置,但是,此时另一根连杆 EF 与从动曲柄位于处于一般位置.以增加辅助构件来顺利通过死点位置.

3)机组的错开排列.例如汽车发动机中,把几个结构和几何尺寸相同的曲柄滑块机构互相错开排列,以使各死点位置不同时出现.图 7 所示是由两个曲柄滑块机构错开排列而成的“V”型发动机组的简图<sup>[3]</sup>.

## 3 结语

综合以上的分析,考虑到移动机器人实际应用的场合,移动机器人的转向不需要那么大的角度,完全可以采用增加辅助构件(限位块)来避免死点的出现.当齿条摆动到一定角度时,将被限位块顶死,这样就避免了死点位置的出现.动作原理见图 8.

根据所确定的死点坐标以及转弯幅度的需要,可以将限位块布置在(0, )范围内,即可成功避免死点的出现.考虑到限位块的强度及马达功率的影响,应在死点的位置布置一个极限行程开关,对转向机构起保护作用.

通过对死点位置定性与定量的分析研究,以及反复试验尝试,我们最终利用限位块成功地避免了死点位置的出现.

## 参考文献:

- [1] BORENSTEN J, FENGL. UMBmark - a Method for Measuring, Comparing, and Correcting Dead-reckoning Errors in Mobile Robots[M]. USA: University of Michigan, 1994: 36 - 41.
- [2] YAMG H, PARK K, LEE J G. A rotating sonar and a differential encoder data fusion for map-based dynamic positioning [J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications, 2000.
- [3] 周慧君. 机械运动方案设计手册 [M]. 上海:上海交通大学出版社, 1994: 22 - 34.
- [4] 常见机构的原理及应用编写组编. 常见机构的原理及应用 [M]. 北京:机械工业出版社, 1978: 127 - 183.
- [5] 孙桓,陈作模. 机械原理(第六版) [M]. 北京:高等教育出版社, 2001: 149 - 159.

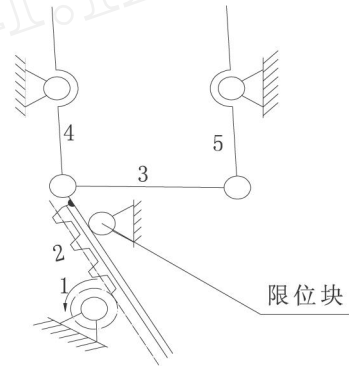


图8 转向机构

Fig.8 Principal diagram of direction changing mechanism