# 自动驻车机构功能分析与研究

□ 法士特汽车传动有限公司研究院/许国界 葛敬广

随着汽车工业发展，机械式驻车机构越来越多地被电动机驱动的电控驻车机构所取代。驻车机构是实现驻车的一种安全装置，设计时必选满足安全驻车、安全脱锁、异常情况不影响整车行驶、结构简单、冲击小等性能要求，本文对自动驻车机构的结构、过程、性能进行分析，为电控驻车机构的设计提供一定的参考。

驻车机构是汽车安全驻车必不可少的安全机构，用于防止停车后的车辆滑行、确保汽车无时间限制地停驻在斜坡上。

驻车机构需要实现以下功能：

（1）汽车低速行驶时，驻车机构能够实现安全驻车（车速由OEM厂家提出要求，车速越高，冲击越大，一般不超过5km/h）。

（2）当汽车处于行驶工况下，任何情况下，系统都不能自动驻车。

（3）当汽车实现驻车后，驻车机构不能自动脱锁。

（4）允许汽车在一定坡度上无时间限制的安全停车（具体坡度要求由OEM厂家提出要求，坡度越大，要求驻车棘爪强度越高，坡度不能超过车轮摩擦系数决定的最大坡度）。

（5）当汽车需要行驶时，驻车机构能使汽车顺利脱锁。

## 自动驻车机构结构分析

以某款电动汽车EV所配驻车机构为例，如图1所示。驻车机构由棘轮、棘爪、棘爪回位弹簧、凸轮、驱动扭簧、驱动轴和驱动电动机总成等组成。

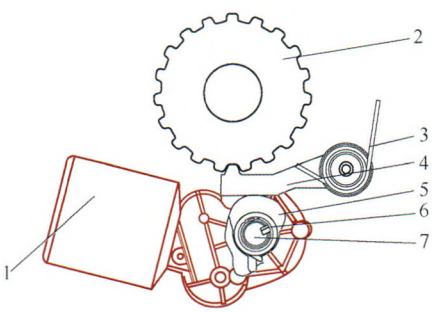


**图1 某EV所配自动驻车机构结构**

1.驱动电动机总成 2.棘轮 3.棘爪回位扭簧 4.棘爪 5.凸轮 6.驱动扭簧 7.驱动轴

棘轮与减速机输出轴固连在一起，电动机驱动总成与驱动轴连接，驱动轴与驱动扭簧连接，驱动扭簧与凸轮连接，驱动轴不能直接驱动凸轮旋转，必须通过驱动扭簧间接驱动凸轮旋转。棘爪受棘爪回位弹簧和凸轮作用。

自动驻车机构采用电动机驱动代替人力扳动手刹，操纵简单、轻便，并且便于整车布置。

## 自动驻车机构工作过程

### 1.上锁

当车速较低和车辆静止时，驾驶员操纵驻车按钮，驻车电动机起动，带动驱动轴旋转进而对驱动扭簧施加扭矩，如果棘爪齿正对棘轮齿槽，驱动扭簧直接驱动凸轮旋转进而驱动棘爪卡入棘轮实现驻车。如图2所示，如果棘爪齿对着棘轮齿（齿顶齿），棘爪不能卡入棘轮实现驻车，凸轮也不能旋转到驻车位置。此时，由于凸轮与驱动轴非刚性连接，电动机可继续给驱动扭

簧施加扭矩至电动机设计转动位置并实现锁止，从而保证驱动扭簧持续对凸轮施加扭矩。当车辆前后窜动时，棘轮旋转，当棘爪齿对着棘轮齿槽时，施加在凸轮上的扭矩会驱动棘爪卡入棘轮实现锁止。

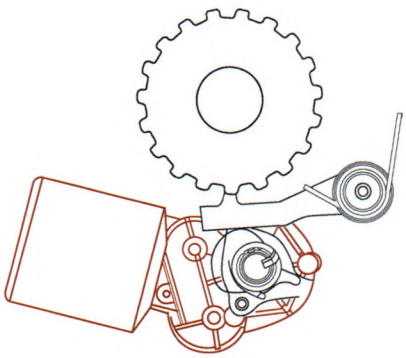

图2 齿顶齿状态

### 2.脱锁

当驾驶员操纵驻车按钮，驻车电动机起动反转，带动驱动轴反向旋转进而释放驱动扭簧扭矩并带动凸轮旋转，棘爪在棘爪回位弹簧作用及自身脱锁力矩作用下脱离棘轮齿槽，如图3所示，驻车解除。

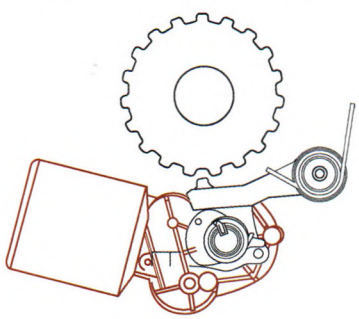

图3 驻车解除

## 自动驻车机构性能分析

根据引言中所述功能，对图1所示驻车机构进行分析研究。

### 1.车速较高时不能驻车

（1）控制程序中需增加逻辑判断，当车速较高时（≥5km/h）或车辆处于行驶过程中时，驻车电动机不能起动，如果误操作驻车按钮，需发出报警。

（2）驻车棘爪在脱锁位置时，棘爪回位弹簧需保证棘爪不会因车辆颠簸而摆动。

### 2.安全驻车

车辆停靠在一定坡度上，驻车机构所需的地面制动力为$G\sin\alpha$，$G$为车辆自重，$\alpha$为斜坡与水平面夹角。假设车轮半径为$R$，桥速比为$i$，棘爪棘轮所需承受扭矩$T$为（驻车棘轮与变速器输出轴固联）：

$$T=G\sin\alpha\times R/i \quad (1)$$

同时，为确保上锁可靠，还需注意以下两点：

（1）为保证齿顶齿时的锁止功能，必要保证驱动电动机带有自锁功能，及转动到设定角度后，电动机在外力作用下不能旋转，才能确保自动驻车机构功能实现。

（2）上锁后，凸轮与棘爪接触点作用力中心过凸轮轴心，实现凸轮自锁，确保棘爪在脱锁力矩下不解锁。

### 3.自动脱锁

车辆停靠在一定坡度上时，棘爪提供的扭矩为$T$，如图4所示，为确保驻车解除后，棘爪能快速有效的退出棘轮齿槽，需要满足如下关系：

$$F_2=T/R_3 \quad (2)$$

$$F_1=F_2 f \quad (3)$$

$$T_1=F_2 R_2 \quad (4)$$

$$T_2=F_1 R_1 \quad (5)$$

式中

$F_2$——棘轮棘爪正压力；

$F_1$——棘轮棘爪摩擦力；

$F$——棘轮棘爪件摩擦系数；

$R_1$——棘爪旋转中心至$F_1$力臂；

$R2$——棘爪旋转中心至$F_2$力臂；

$R_3$——棘轮分度圆直径；

$T_1$——脱锁力矩；

$T_2$——摩擦力矩。

当脱锁力矩$T_1$大于摩擦力矩$T_2$时（摩擦力矩还包括棘爪旋转等，但数值较小，一般忽略不计），棘爪能快速脱离棘轮槽。

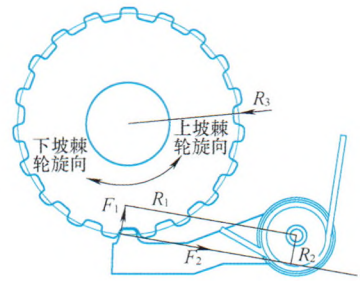


**图4 自动脱锁受力示意图**

同时，棘爪脱离棘轮后，在惯性作用下会摆动，为保证安全解锁，棘爪回位弹簧力能有效阻止棘爪摆动。

## 结语

电控驻车机构采用电动机驱动扭臂驱动扭簧，进而驱动驻车棘爪运动，与固定在输出轴上的棘轮啮合实现驻车功能。电控驻车机构可实现一键驻车，有助于降低驾驶员操作强度；防止由于驾驶员操作不当引起驻车不可靠问题（驻车需要较大力量拉动驻车杆，力量不够，可能导致驻车棘爪不到位），方便整车布置，提升整车品质。

AUTO1950