

# 一种可控制通行方向的减速带的设计

叶伟,魏子铭,谭庭亮

(南京工程学院 机械工程学院,江苏 南京 211167)

**摘要:**为解决潮汐车道转换繁琐和停车杆升降耗能的问题,设计了1种可变通行方向的减速带,可根据需要任意改变道路车辆的通行方向。论述了该减速带的结构与工作原理,对关键零件进行了受力分析和强度核算。该减速带在车辆通行过程中,不仅对车辆具有减速作用,还能巧妙利用车辆的制动能量进行储能,完成对能源的再利用。

**关键词:**减速带;储能;旋转;行驶方向;控制

**中图分类号:**U461.5\*1 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2019)05-0187-02

## Design of Speed Bump with Controllable Traffic Direction

YE Wei, WEI Ziming, TAN Tingliang

(School of Mechanical Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**Abstract:** To solve the problems of tidal lane conversion and the energy consumption of the parking rod lifting, a variable speed bump is designed, which can be used to change the traffic direction of the road vehicle in need. Its structure and working principle are discussed, and the force analysis and strength calculation of the key parts are carried out. The speed bump not only has a deceleration effect on the vehicle during the passage of the vehicle, but also the braking energy of the vehicle can be used to store energy which can be reused.

**Keywords:** speed bump; energy storage; rotation; driving direction; control

## 0 引言

目前,绝大部分停车场车辆的出入需要升降停车杆来限制,而升降杆的运动需要额外的能量,且进出地下停车场需要减速,要额外加减速带,给原本简单的停车带来了不便。另外,由于人们上班规律相近,许多公路开辟了潮汐车道。具有明显潮汐交通特性的道路,当其宽度不足3车道,可以实行可逆单向车道<sup>[1]</sup>,一天需要更换2次甚至更多的通行方向,需要花费太多的人力物力。

## 1 国内研究概况

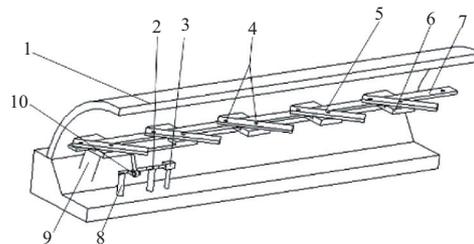
目前减速带主要有道钉减速带、驼峰减速带、水泥台减速带、热塑震动减速带、路面凹形槽减速带等,其实这些减速带共同的作用就是通过改变道路某段的高度或材料,驾驶员依据常识判断出通过减速带时会产生剧烈震动,并考虑到可能会对车造成一定的损坏,依据生理和心理原理,促使驾驶员自动强制机动车减速,从而起到提高道路行车安全性的目的<sup>[2]</sup>。国内的减速带大多过宽、过高、过硬,导致许多车主对减速带产生恐惧,车辆在减速过程中的振动也给驾驶带来很大的不舒适感。

## 2 整体结构

### 2.1 基本结构组成

文中设计的一种可变向减速带(图1),可任意改变道

路车辆的通行方向,只需推动一方的推板,推板推动挡板旋转,行驶指示灯显示通行方向。当车辆在允许方向行驶时,其减速壳体压到挡板上,从而压下另一块壳体,实现车辆的通行。此时行人指示灯提示有车辆驶过,若挡板处于收缩状态,则两块壳体无法联动,有一块壳体成阻态,车辆无法通行。此方法在车辆通行过程中,不仅对车辆具有减速作用,还能巧妙利用车辆的制动能量进行储能,完成对能源的再利用。



1—减速带壳体;2—棘轮;3—电磁储能装置;4—铰链;5—挡板;  
6—支撑板;7—推板;8—支撑柱;9—支撑复位弹簧组件;10—曲柄连杆。

图1 可变向减速带基本结构图

### 2.2 工作原理

本文设计的可变行驶方向的减速带利用机械的不同形态来控制不同的运动。推板控制挡板的位置,挡板处于非工作位置时,2块减速带壳体处于独立状态,两侧车辆无法

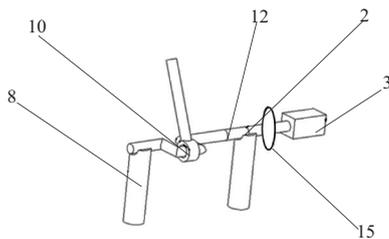
通过。外部识别装置识别完车辆身份,推板推动挡板进入工作位置,若行驶方向与指示灯一致,则当压下一块减速带壳体时,减速带壳体下沉时压到挡板,由于挡板固定在另一块减速带壳体,从而带动整个减速带下降,车辆能够成功通行。此时由于减速带壳体的运动,会带动曲柄连杆运动,进而储能装置储能,由于有棘轮的存在,电磁储能装置和曲柄连杆的运动只会在某固定方向相互影响。当方向不同时,则互不干涉,且由于有飞轮的存在,电磁储能装置会将剩下的能量传递给储能装置。当行人指示灯亮起,提示行人注意周围车辆。当行驶方向与行驶指示灯不同时,挡板处于非工作状态,两块壳体无法联动,导致车辆无法通过,若强行通过,则车辆受损。文中设计还可以与交通信号灯互通信息,从而更精准地控制路口的通行状况。

### 3 部分结构设计

#### 3.1 储能设备

##### 1) 储能设备构成

储能设备(图2)包括棘轮、电磁储能装置、支撑柱、曲柄连杆以及飞轮等组成部分,曲柄连杆与支撑板铰接,与棘轮、电磁储能装置连接,支撑柱与曲柄连杆、左支座、右支座连接。电磁储能装置尾端与行人指示灯和行驶指示灯进行插接连接。曲柄连杆与电磁储能装置之间由棘轮连接,来保持某一固定方向的同步圆周运动。



2—棘轮;3—电磁储能装置;8—支撑柱;  
10—曲柄连杆;12—变速器;15—飞轮。

图2 储能设备结构图

##### 2) 储能设备运行过程

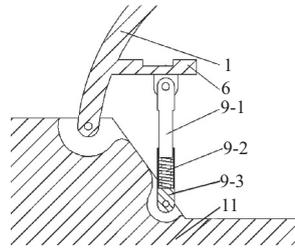
国内对于路面减速带振动能量回收装置的研究处于起步阶段,对结构和原理的探讨较多,对设计方法和试验台架搭建的研究较少<sup>[3]</sup>。本文设计的棘轮储能机构结构和原理简单,方便实施。曲柄有固定的初始相位,当车辆成功通过时,由于减速带壳体的运动,会带动曲柄连杆运动,进而储能装置储能。由于有变速器和棘轮的存在,可以改变传动比,扩大转动速度,且电磁储能装置和曲柄连杆的运动只会在某固定方向相互影响。当方向不同时,则互不干涉,又因为有飞轮的存在,剩下的能量会继续传递给储能装置。

#### 3.2 支撑复位弹簧组件

##### 1) 支撑复位弹簧组件的结构

支撑复位弹簧组件(图3)主要由3部分组成,分别为支撑复位弹簧杆、支撑复位弹簧和支撑复位弹簧套,其中,

支撑复位弹簧杆和支撑复位弹簧套起到导向作用,支撑复位弹簧起到支撑复位作用。



1—减速带壳体;6—支撑板;9-1—支撑复位弹簧杆;  
9-2—支撑复位弹簧;9-3—支撑复位弹簧套;11—左支座。

图3 支撑复位弹簧组件的结构图

##### 2) 支撑复位弹簧工作过程

当车辆通过可变向减速带时,车轮压力使减速带壳体向下运动,带动支撑板向下挤压支撑弹簧组件。由于支撑弹簧组件两头为铰链机构,即构成二杆机构,只受径向力。径向力迫使支撑弹簧杆向下压向支撑弹簧,支撑弹簧产生反向弹力,从而起到支撑作用。此时弹簧处于蓄能状态,当车辆轮毂通过可变向减速带,压力得以释放,支撑弹簧弹力释放,推动支撑弹簧杆,驱使减速带壳体复位。

### 4 关键部分受力分析

为了验证本文所设计可变行驶方向减速带的可行性,以支撑弹簧为例,根据文献[4]中的计算方法,进行受力试算分析和强度分析。支撑弹簧主要起到复位的作用,支撑作用主要由支撑弹簧杆和支撑弹簧套的凸台来实现。以1.5t轻型轿车为例来设计弹簧。每对轮毂分力约为7500N,设计结构中左、右两侧共6组支撑弹簧结构。则每个支撑弹簧受力 $F=1250\text{N}$ 。初设弹簧钢丝直径8mm,弹簧外径 $D_2=40\text{mm}$ ,弹簧旋绕比 $C=4$ ,工作行程 $h=10\text{mm}$ 。

##### 1) 确定许用应力

选取弹簧材料为II类碳素钢丝。查表得 $\sigma_b=1170\sim 1420\text{MPa}$ ,取 $\sigma_b=1300\text{MPa}$ ;

$[\tau]=(0.38\sim 0.45)\sigma_b=456\sim 540\text{MPa}$ ,取 $[\tau]=500\text{MPa}$ 。

##### 2) 计算弹簧钢丝直径

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} = 1.4,$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{8KFC}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{8 \times 1.4 \times 1250 \times 4}{\pi \times 500}} = 6\text{mm}$$

初设值 $d=8\text{mm}$ 满足要求。

##### 3) 计算弹簧刚度及圈数

弹簧中径 $D=D_2-d=40-8=32\text{mm}$ ,弹簧刚度 $k=F/h=1250/10=125\text{N/mm}$ ,查表得切变模量 $G=79000\text{MPa}$ ,则

$$\text{有效圈数 } n = \frac{Gd}{8kC^3} = \frac{79000 \times 8}{8 \times 125 \times 4^3} = 9.9.$$

$$\text{取 } n = 10, \text{ 实际刚度 } k = \frac{Gd^4}{8D^3n} = \frac{79000 \times 8^4}{8 \times (32)^3 \times 10} = 123.43\text{ N/mm}.$$

(下转第211页)