



百科 视频 求职 企业

请输入关键字...

买车

搜索



中国汽车技术网

汽车本质在于技术

中国汽车技术网

爱车俱乐部

地方分会

人·车·生活

登陆状态显示中...

网站首页

汽车百科

技术论坛

新车发布
降价 Hot
海外车讯
产业动态

汽车评测
国外试驾
对比测试
汽车技术

动力系统
底盘构造
汽车设计
汽车改装

保养美容
结构维修
电器 Hot
故障求助

汽车黄页
采购信息
找产品?
找公司?

汽车博客
汽车商场
机械制造
娱乐 New

二手置换
租赁 New
汽车用品
汽车商场

资料下载
企业招聘
求职简历
网友贴图

香车美女
汽车视频
性感车模
汽车问答

站点地图
汽车网址
技术论坛
全国地图

当前位置: 技术首页 >> 汽车论文 >> 改进的有限时间最优预瞄横向控制器设计

此版投稿 | 网友留言 | 高级搜索

改进的有限时间最优预瞄横向控制器设计

2007-09-24 08:24:29 作者: 来源: 互联网 文字大小: 大 中 小

简介: 原作者: 马莹,李克强,高峰,郭磊,连小珉 1 前言 车辆横向控制器的设计是实现车道保持及其自动驾驶的关键技术之一。目前用于横向控制器 ...

关键字: 改进 有限 时间 最优 预瞄

原作者: 马莹,李克强,高峰,郭磊,连小珉

1 前言

车辆横向控制器的设计是实现车道保持及其自动驾驶的关键技术之一。目前用于横向控制器的设计控制算法很多,包括古典控制算法、最优控制算法、鲁棒控制算法和模糊神经网络控制理论等等。其中如何处理前方道路的曲率一直是横向控制算法的关键。文献中虽然将曲率作为状态方程的一项,但实际是将曲率作为一个外界的干扰来考虑,因此属于没有预瞄的最优控制算法。文献中将预瞄点处的距离偏差作为性能指标函数,但其影响因素很多,包括曲率、当前位置车辆与道路中心线的位置偏差和角度偏差。尽管预瞄点处的距离偏差相同,但由曲率造成的偏差和由其他原因引起的偏差的控制规律是不同的,而这种控制算法并没有将这种控制规律的不同体现出来,因此必然会在某些情况下产生不理想的控制效果。文献中的性能指标函数中同时考虑了预瞄时间之内和预瞄时间之外的控制效果,而实际车辆控制间隔的时间小于预瞄时间,因此实际上预瞄时间之外的控制效果并不会对本次控制产生任何影响,相反减缓了消除偏差的快速性。由于最优控制算法在车辆横向控制应用中存在的以上问题,作者提出了改进的有限时间最优预瞄横向控制算法。该算法使用了考虑预瞄时间内的当前位置偏差、预瞄点偏差和控制变量的性能指标函数,应用最优跟踪问题解决了对于曲率问题的影响,并且进行了预瞄距离内曲率恒定的假设,保证了车辆控制的实时性。

2 车辆模型的建立

2.1 状态方程的建立

车辆横向运动的2自由度模型如图1所示。

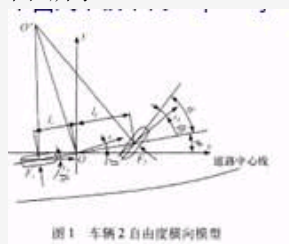
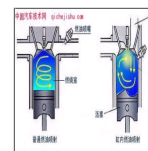


图1 车辆2自由度横向模型

选取以车辆所在点为坐标系原点的世界坐标系,则根据图1中的2自由度车辆横向运动模型获得的动力学方程为

汽车图片

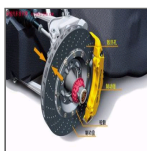
更多...



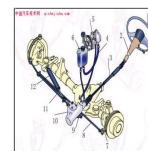
带您真正...



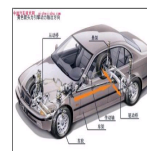
带您真正...



带您真正...



带您真正...



带您真正...



带您真正...

最新文章列表

- 走出1.8T误区 浅谈涡轮发...
- AMT换挡品质的研究资料
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...
- 带您真正去了解汽车——...

最新产品列表

$$\ddot{\phi} = -\frac{l_f^2 C_f + l_r^2 C_r}{v} \phi + (l_f C_f - l_r C_r) \phi - \frac{l_f C_f - l_r C_r}{v} \dot{y} + l_f C_f \beta \quad (1)$$

$$\ddot{\phi} = -\frac{l_f^2 C_f + l_r^2 C_r}{v} \phi + (l_f C_f - l_r C_r) \phi - \frac{l_f C_f - l_r C_r}{v} \dot{y} + l_f C_f \beta \quad (2)$$

表1为式(1)和式(2)各个变量的含义。

中国汽车技术网 变量符号表 shi.com

变量	变量含义	变量	变量含义
\ddot{y}	横向加速度	l_f	质心至前轴的距离
\dot{y}	横向速度	l_r	质心至后轴的距离
y	横向偏差	C_f	前轮侧偏刚度
$\ddot{\phi}$	横摆角加速度	C_r	后轮侧偏刚度
$\dot{\phi}$	横摆角速度	v	车速
ϕ	横摆角	m	车辆质量
δ	前轮转角	I	车辆横摆转动惯量

由于道路的方向在世界坐标系中不断地变化,而从计算机视觉中直接获取的是车辆与道路之间的相对坐标,而车道保持的控制目标也是消除车道和道路之间的相对偏差,因此文中选取以车辆所在车道位置为坐标系原点的坐标系。为了能够从式(1)和式(2)获取在以车道坐标系下的车辆动力学方

程,应首先给出世界坐标系坐标中横向加速度 \ddot{y} 、横向速度 \dot{y} 、横摆角速度 $\dot{\phi}$ 、横摆角 ϕ 与车道坐标系中相对横向加速度 \ddot{y}_r 、相对横向速度 \dot{y}_r 、相对横摆角速度 $\dot{\phi}_r$ 、相对横摆角 ϕ_r 之间的关系^[2]:

$$\ddot{y} = \ddot{y}_r + \rho v^2 \quad (3)$$

$$\dot{\phi} = \dot{\phi}_r + \rho v \quad (4)$$

$$\beta = \frac{1}{v} \dot{y} - \phi = \frac{1}{v} \dot{y}_r - \phi_r \quad (5)$$

式中 ρ 表示前方道路的曲率。将式(3)~式(5)代入式(1)、式(2)整理得到在车道坐标系下的状态方程为

$$\dot{x} = Ax + Bu + E\rho \quad (6)$$

式中:

$$x = \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ \dot{y}_r \\ y_r \end{bmatrix}; \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ 0 \\ b_2 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad u = \delta; \quad E = \begin{bmatrix} 0 \\ -v \\ -v^2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$a_{11} = -\frac{l_f^2 C_f + l_r^2 C_r}{Iv}; \quad a_{12} = \frac{l_f C_f - l_r C_r}{I}$$

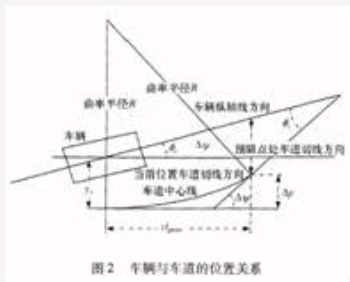
$$a_{13} = -\frac{l_f C_f - l_r C_r}{Iv}; \quad a_{21} = -\frac{l_f C_f - l_r C_r}{mv}$$

$$a_{22} = \frac{C_f + C_r}{m}; \quad a_{23} = -\frac{C_f + C_r}{mv}$$

$$b_1 = l_f C_f / I; \quad b_2 = C_f / m$$

2.2 输出方程的建立

车辆与道路之间的位置关系如图2所示。

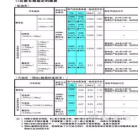


首先考虑预瞄点处的位置偏差 y_s 。 y_s 是指在预瞄点位置处车辆纵轴与道路中心线之间的距离。从图2中的几何关系可以得到

$$y_s = y_r + \phi_r v t_{prev} - \Delta y \quad (7)$$

式中 U_{tprev} 表示预瞄距离, t_{prev} 表示预瞄时间, Δy 表示由于道路曲率造成的横向位置的变化。式(7)表示了造成预瞄处距离偏差的原因: 当前位置的距离偏差、角度偏差及其预瞄距离内的曲率对于预瞄点位置距离偏差的影响。

频道推荐图片与文章



日本制定...



日产全球...



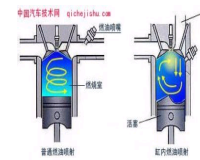
马自达AT...

推荐文章

热门文章

- 走出1.8T误区 浅谈...
- AMT换挡品质的研究...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...

栏目最新专题



带您真正去了解汽车... 随着当代汽车行业的飞速发展,其技术含量越来越高。当今汽车的制造和使用都应用了大量的高精尖科学技术,其中包括上个世.....



带您真正去了解汽车... 汽车的附属设备主要包括仪表、照明及信号装置、风窗刮水及清洗装置、防盗装置等。同样,这些附属设备都是维持汽车正常行.....

企业技术

- | | |
|------|---------------------------|
| 电子电器 | · 传感器 继电器 仪表 |
| 底盘总成 | · 火花塞和电热塞 启动马达 点火系统 |
| 动力总成 | · 蓄电池 空调系统 汽车线束 |
| 车身附件 | · 汽车车灯 报警器 风窗玻璃洗涤器 |
| 内饰外饰 | · 电动顶窗 车载影音设备 车载导航/通讯装置 |
| 其他 | |

汽车百科

- | | |
|------|-------------------|
| 百科热点 | · 汽车概述 动力系统 汽车底盘 |
| 汽车概述 | · 电子电气 车身内饰 工程材料 |
| | · 维修保养 维修常识 保养常识 |

从图2中的几何关系还可以得到

$$\Delta y = R \left[1 - \cos\left(\frac{vt_{prev}}{R}\right) \right] = R \sin^2\left(\frac{vt_{prev}}{2R}\right) \quad (8)$$

因为曲率半径 R 远大于预瞄距离 vt_{prev} , 所以将式(8)化简并代入式(7)得到

$$y_s = y_r + \phi_r vt_{prev} - \frac{(vt_{prev})^2}{2} \rho \quad (9)$$

其中 ρ 表示道路的曲率, $\rho = 1/R$ 。

其次考虑预瞄点处的角度偏差 ϕ , 即为预瞄点处车道切线方向与车辆纵轴线的夹角。

$$\phi_s = \Delta\psi - \phi_r = \frac{vt_{prev}}{R} - \phi_r \quad (10)$$

式(10)分别表示了造成预瞄点处角度偏差的影响原因: 车辆当前位置的角度偏差及其预瞄距内曲率造成的车辆与预瞄点位置的角度偏差。

同时可以通过基于计算、机视觉的车道识别技术获取车辆的相对横向偏差 Y 和相对角度偏差 φ_r 。横向加速度传感器可以测量出车辆运动的横摆角速度 $\dot{\varphi}$, 这样得到的输出方程为

$$y = Cx + F\rho \quad (11)$$

式中

$$y = \begin{bmatrix} y_s \\ \phi_s \\ \phi_r \\ y_r \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} 0 & vt_{prev} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} -\frac{(vt_{prev})^2}{2} \\ -vt_{prev} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3 有限时间最优预瞄控制器的设计

前面已经提到, 实际车辆控制周期小于预瞄时间, 因此实际上预瞄时间之外的控制效果并不会对于本次控制产生任何影响, 同时预瞄点之外的曲率也是未知的。驾驶员驾驶车辆时也是将视野集中在预瞄距离 L_s 之内, 并且保证每次控制能够跟踪预瞄距离之内的道路线, 至于预瞄距离之外的控制情况, 可以等到该道路段进入驾驶员的预瞄视野之后由以后的控制完成。因此在二次型性能指标函数中只考虑预瞄时间内的影响。

$$J = \int_{t_0}^{t_0+t_{prev}} [y(t)^T Q y(t) + u(t)^T R u(t)] dt \quad (12)$$

将式(11)代入式(12)整理得

$$J = \int_{t_0}^{t_0+t_{prev}} [x(t)^T C^T Q C x(t) + 2\rho(t) F Q C x(t) + u(t)^T R u(t)] dt \quad (13)$$

引入拉格朗日乘子向量函数 $\lambda^T(t)$ 作哈密顿函数 $H(t)$, 并且分别根据哈密顿函数性质 $\frac{\partial H(t)}{\partial x} -$

$d\left(\frac{\partial H(t)}{\partial \dot{x}}\right)/dt = 0$ 和 $\frac{\partial H(t)}{\partial u} = 0$ 分别得到

$$C^T Q C x(t) + 2C^T Q F \rho(t) + A^T \lambda(t) + \dot{\lambda}(t) = 0 \quad (14)$$

$$u(t) = -R^{-1} B^T \lambda(t) \quad (15)$$

根据最优控制跟踪理论设

$$\lambda(t) = P(t)x(t) - g(t) \quad (16)$$

对式(16)两边求导得

$$\dot{\lambda}(t) = \dot{P}(t)x(t) + P(t)\dot{x}(t) - \dot{g}(t) \quad (17)$$

式(3)、式(14)~式(17)联立整理得到

$$[Q + A^T P(t) + \dot{P}(t) + P(t)A + P(t)BR^{-1}B^T P(t)]x(t) + 2C^T Q F \rho(t) - A^T g(t) + P(t)BR^{-1}B^T g(t) + P(t)E\rho(t) - \dot{g}(t) = 0 \quad (18)$$

因为式(18)中对于任何时间的 $x(t)$ 都成立, 因此得到两个微分方程

$$Q + A^T P(t) + \dot{P}(t) + P(t)A - P(t)BR^{-1}B^T P(t) = 0 \quad (19)$$

$$2C^T Q F \rho(t) - A^T g(t) + P(t)BR^{-1}B^T g(t) + P(t)E\rho(t) - \dot{g}(t) = 0 \quad (20)$$

当 $t = t_f$ 时, 根据自然边界条件

$$\frac{\partial \phi^*(x, \dot{x}, \lambda, t)}{\partial \dot{x}} \Big|_{t=t_f} = \lambda(t_f) = 0 \quad (21)$$

动力底盘	· 化学制剂 汽车工业 汽车文化
车身电子	· 汽车标志 汽车运动 汽车竞赛
汽车文化	· 汽车之最 组织机构 汽车运动
汽车工业	· 汽车贸易 汽车交通 机械生产

标签 百科搜索

因为 $\lambda(t_f) = P(t_f)x(t_f) - g(t_f)$, 所以得 $P(t_f) = 0$ 和 $g(t_f) = 0$ 。将其代入式(19)、式(20)就可以求解出 $P(t_0)$ 和 $g(t_0)$, 这样得到在 t_0 时刻的控制量 $u(t_0) = -R^{-1}B^T[P(t_0)x(t_0) - g(t_0)]$ (22) 将 $P(t_f) = 0$ 代入微分方程(19)中可以直接求解出 $P(t_0)$; 然而微分方程(20)中的曲率 $\rho(t)$ 是未

知的, 这样只能在实际车辆控制时通过机器视觉获取的曲率, 求解微分方程。这样的方法显然很难保证控制的实时性。因为在实际的高速公路中, 曲率的变化率一般都比较小, 这里假设在预瞄距离内曲率保持不变, 因此微分方程中的 $\rho(t)$ 就可以变为 ρ , 这样就可以离线求解出对于不同曲率 ρ 所对应的控制量 $g(t_0)$, 如图3所示。由于

$g(t_0) \in R^{4 \times 1}$, 图3中的4条直线分别表示 $g(t_0)$ 的4个变量随曲率的变化值。在实车控制时, 可以根据机器视觉获取的曲率直接查表得到对应的 $g(t_0)$, 保证了该算法控制的实时性。在使用最优跟踪算法进行控制器设计时, 由于文中建立的车辆模型是在车道坐标系下的相对坐标, 所以二次型性能指标函数中 $Y(t)$ 本身就是最优跟踪中的偏差 $e(t)$ 。通过改变式(6)和式(11)中的车速 u , 可以离线求解出在不同车速下的 $P(t_0)$ 和 $g(t_0)$, 在实车控制时, 通过车速传感器测量车速, 即可通过查表获取对应的控制参数。

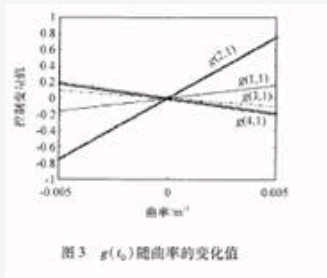


图3 $g(t_0)$ 随曲率的变化值

4 仿真试验

在控制器的设计中使用了线性的轮胎模型, 在仿真试验中采用了非线性的轮胎模型。图4的两条细线分别表示在曲率为0.005和0.002m⁻¹时的有限时间最优预瞄控制器的控制效果; 两条粗线分别表示普通的最优控制器在曲率为0.005和0.002m⁻¹时的控制效果。从图中控制效果的对比可以看出没有预瞄时, 道路的曲率越大, 车辆的控制误差越大。

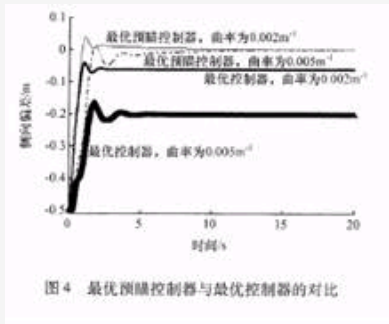


图4 最优预瞄控制器与最优控制器的对比

图5表示了有限时间最优预瞄控制器设计中二次型性能指标函数中的积分时间对于控制效果的影响。第1种情况为预瞄时间为1.4s, 代表熟练驾驶员的驾驶情况。从控制效果可以看出, 控制器能够较好地消除位置偏差, 并且能够很好地跟踪道路的曲率。第2种情况为预瞄时间为0.2s, 代表生疏的驾驶员, 只是考虑眼前位置的车辆的行驶情况, 从控制效果可以看出, 这样控制造成振荡和发散。其中发生振荡发散的临界预瞄时间和控制的频率有关。控制频率越高, 发生振荡发散的临界预瞄时间越短。第3种情况为控制指标函数考虑的时间大于预瞄时间的情况。其中由于预瞄距离之外的曲率未知, 因此在这里假设预瞄距离之外的曲率振荡衰减。从控制的效果可以看出, 这样的控制器虽然控制比较平稳, 不易发生振荡, 但是消除偏差的快速性不好, 不符合车道跟踪的要求。

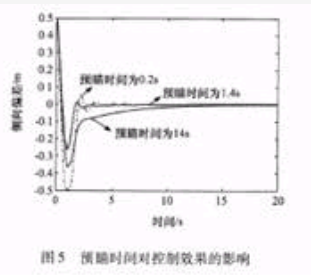


图5 预瞄时间对控制效果的影响

5 实车试验

将所提出的改进的有限时间最优预瞄横向控制器应用于车道保持系统中。该系统主要由4部分组成：信息感知系统、控制系统、执行系统和人机交互系统。其中信息感知系统是由CCD摄像机及其包括侧向加速度、横摆加速度等传感器构成，主要功能为感知外界的车道信息及其车辆自身状态信息。控制系统主要为计算机，功能是完成基于计算机视觉的车道识别、处理传感器的输入信息，根据各种输入参数完成横向控制算法，并输出给执行系统。执行系统由步进电机构成，主要功能为完成对于转向盘的控制。人机交互系统包括系统开关、显示器等，可完成人工驾驶与自动横向驾驶的安全切换，及对控制系统进行监督。

图6显示的是在车道识别过程中左右车道模型在投影变换后的图像中的截距，单位为像素。图7为左右车道模型与图像纵轴的夹角。

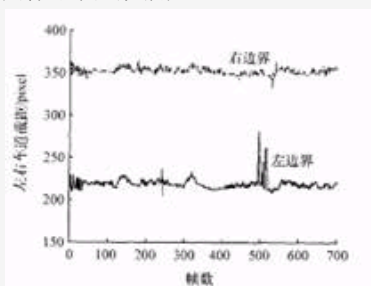


图6 左右车道截距识别结果

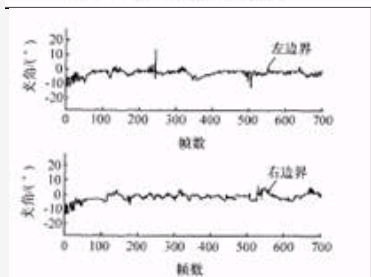


图7 车辆轴线与左右车道所夹的方向角

图8为执行电机的控制信号，其中执行电机与转向盘之间的啮合比为1:7。从图8中可以看出电机的控制信号转角一般小于100°，大部分情况小于50°；在实际的控制中，只有当控制信号大于40°时，才开始控制，因此实际控制频率较低。

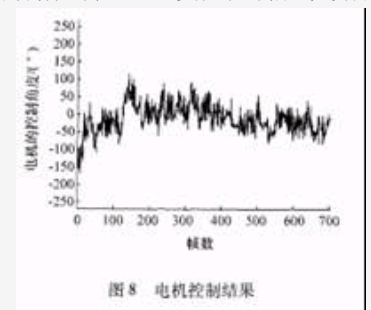


图8 电机控制结果

图9为试验车速。为了验证所设计控制器的鲁棒性，试验时让车速在较大的范围内进行变化。图10为车辆行驶的横向偏差。由于来自外界的干扰及其车道线不明显等情况，有时车道识别算法会识别到其他车道而非本车道（如图6所示），因此本控制算法首先通过上次的识别结果与车道模型的限制条件对本次的识别结果进行比较，选择出识别可信度较大的一条车道的参数为基本的控制参数。这样识别时若有一条车道失效，仍然可以达到较好的控制效果。如果两条车道的识别都失效，则通过上次的识别结果来推算本次的车道位置。

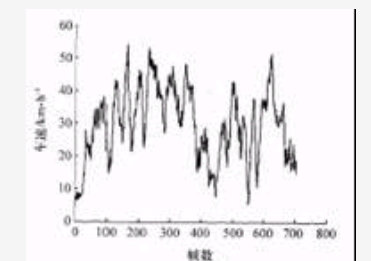


图9 试验车速

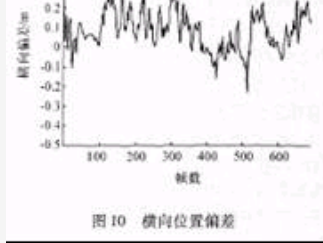


图 10 横向位置偏差

从图10的试验结果可以看出，车辆相对于道路的横向偏差在±0.3m之内，由此可见改进的有限时间最优预瞄控制器具有较好的控制效果和较高的控制精度。造成车道保持控制误差的原因包括：（1）车道识别结果本身就存在着0.05~0.1 m的识别误差；（2）在进行横向控制器设计时，存在车辆模型误差，包括忽略掉的车辆高阶模态及其模型参数误差；（3）在控制器的实现方面，考虑到执行器的执行频率和精度，只有当已经存在一定误差时才进行控制。

6 结论

文中以横摆角速度、相对横摆角、相对横向速度、相对横向位移为状态变量的车辆横向运动状态方程进行了横向控制器的设计；使用了同时考虑预瞄点位置偏差、当前位置偏差和控制变量的有限时间的二次型性能指标函数；同时运用最优跟踪算法进行了最优预瞄控制器的设计。

作者进行了预瞄距离的曲率恒定的假设；解决了实车应用的问题，并且更加符合机器视觉的识别要求；通过仿真和实车试验验证，该横向控制算法具有较好的跟踪效果。

[发表评论](#)
[加入收藏](#)
[告诉好友](#)
[打印本页](#)
[关闭窗口](#)
[返回顶部](#)

今日图片故事

戴姆勒展出...	阿斯顿·马...	戴姆勒在量...	IIHS公布9款...	欧宝公开“...

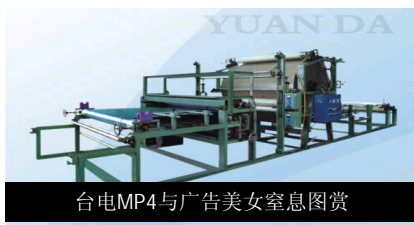
技术论坛 FINANCE & MONEY

技术论坛

技术论坛

技术论坛

技术论坛



台电MP4与广告美女窒息图赏

- 中国汽车技术论坛
- 中国汽车汽车网
- 中国汽车人才网
- 中国汽车视频网
- 中国汽车技术网

今日图片故事

丰田AURIS: ...	丰田AURIS: ...	一汽-奥迪今...	[试驾]: 车...	[试驾]: 外...

搜索论坛:

搜索

[进入论坛](#) [精彩更多](#)

[Top](#)

[友情链接](#) | [诚聘英才](#) | [关于我们](#) | [加入我们](#) | [汽车翻译](#) | [站点地图](#) | [广告服务](#) | [联系我们](#) | [版权声明](#) | [加入我们](#) |

版权所有 © 2005-2008 中国汽车技术网 www.qichejishu.com

闽ICP备06043450号