

第十九届中国科协年会第7分会场：“未来出行—
氢燃料电池及智能车辆技术”国际研讨会



汽车驾驶的自动化

——从控制的角度看智能汽车

陈虹 吉林大学



Jilin University



State Key Laboratory of Automotive Simulation And Control

Chen's group

目录

1 汽车驾驶自动化的内涵

2 控制+更多信息→更多新功能

3 总结



汽车驾驶自动化的内涵

■ 汽车驾驶

操作层面

对方向、油门、制动和挡位的操作



任务层面

从位置A到位置B



指标层面

安全、节能、环保、舒适、经济

汽车驾驶自动化的内涵

■ 汽车驾驶

汽车驾驶的自动化，实际上就是在操作层面上实现自动化

操作层面

对方向、油门、制动和挡位的操作



任务层面

从位置A到位置B

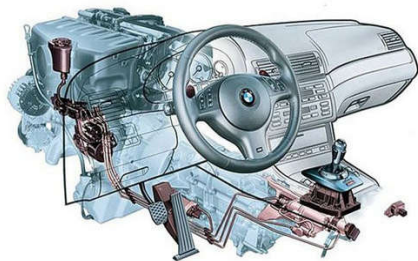


指标层面

安全、节能、环保、舒适、经济

汽车驾驶自动化的内涵

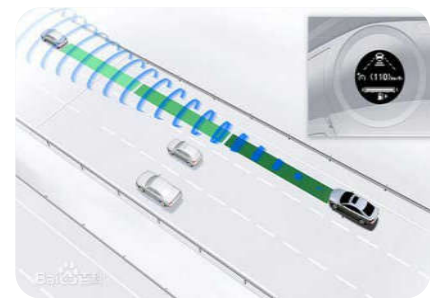
■ 汽车驾驶的自动化，实际上就是在操作层面上实现自动化



自动变速箱：
实现前向行驶时挡位的自动化



ABS / ESP：
通过对制动的主动干预，提高汽车行驶的安全性



自适应巡航系统：
实现非常有限范围内的驱动、制动的自动化



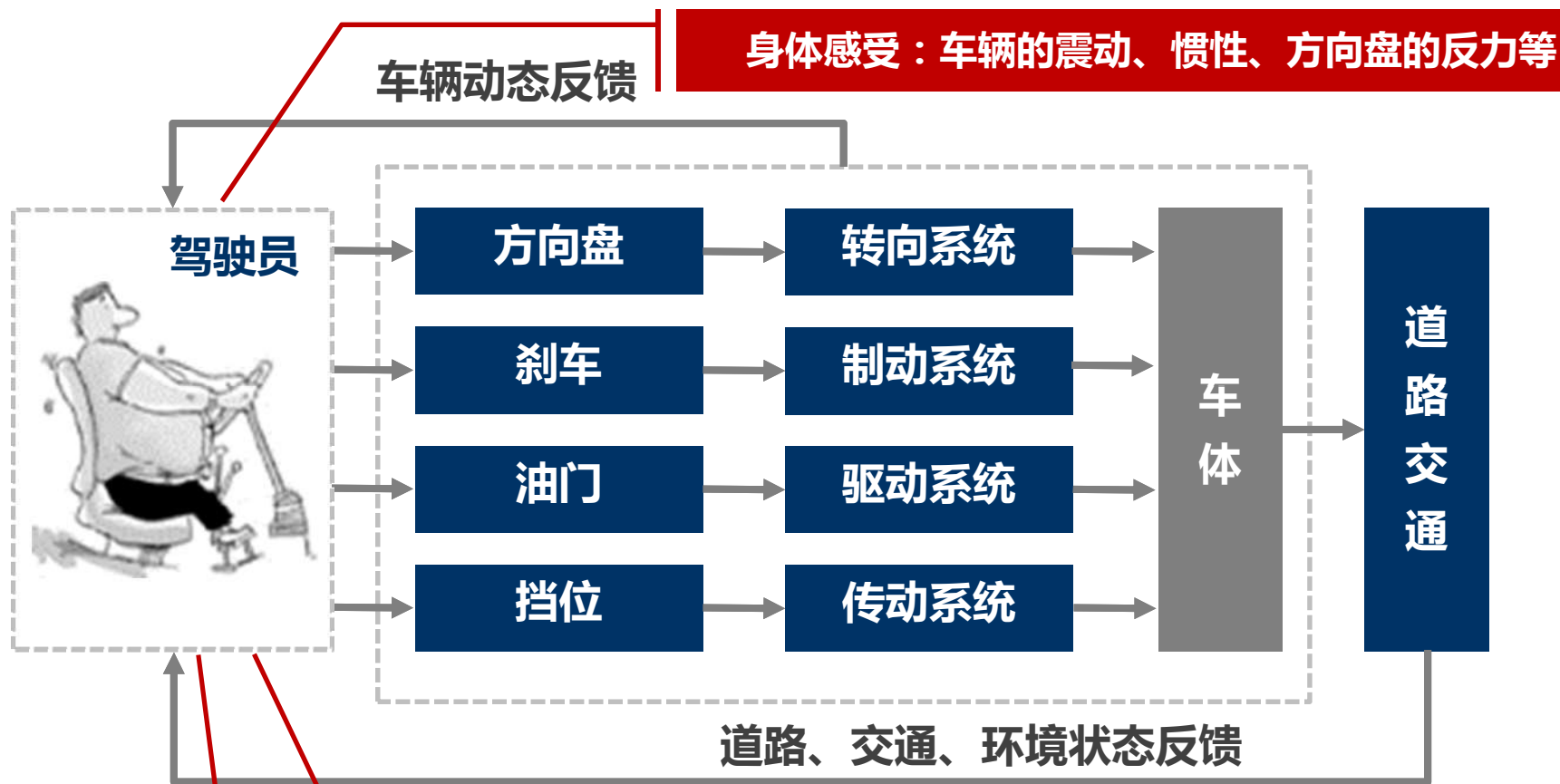
主动转向/车道保持：
通过对转向的主动干预，提高汽车行驶的安全性

汽车技术发展的角度：

汽车驾驶的自动化一直都在进行

汽车驾驶自动化的内涵

■ 从控制理论来看汽车驾驶的自动化

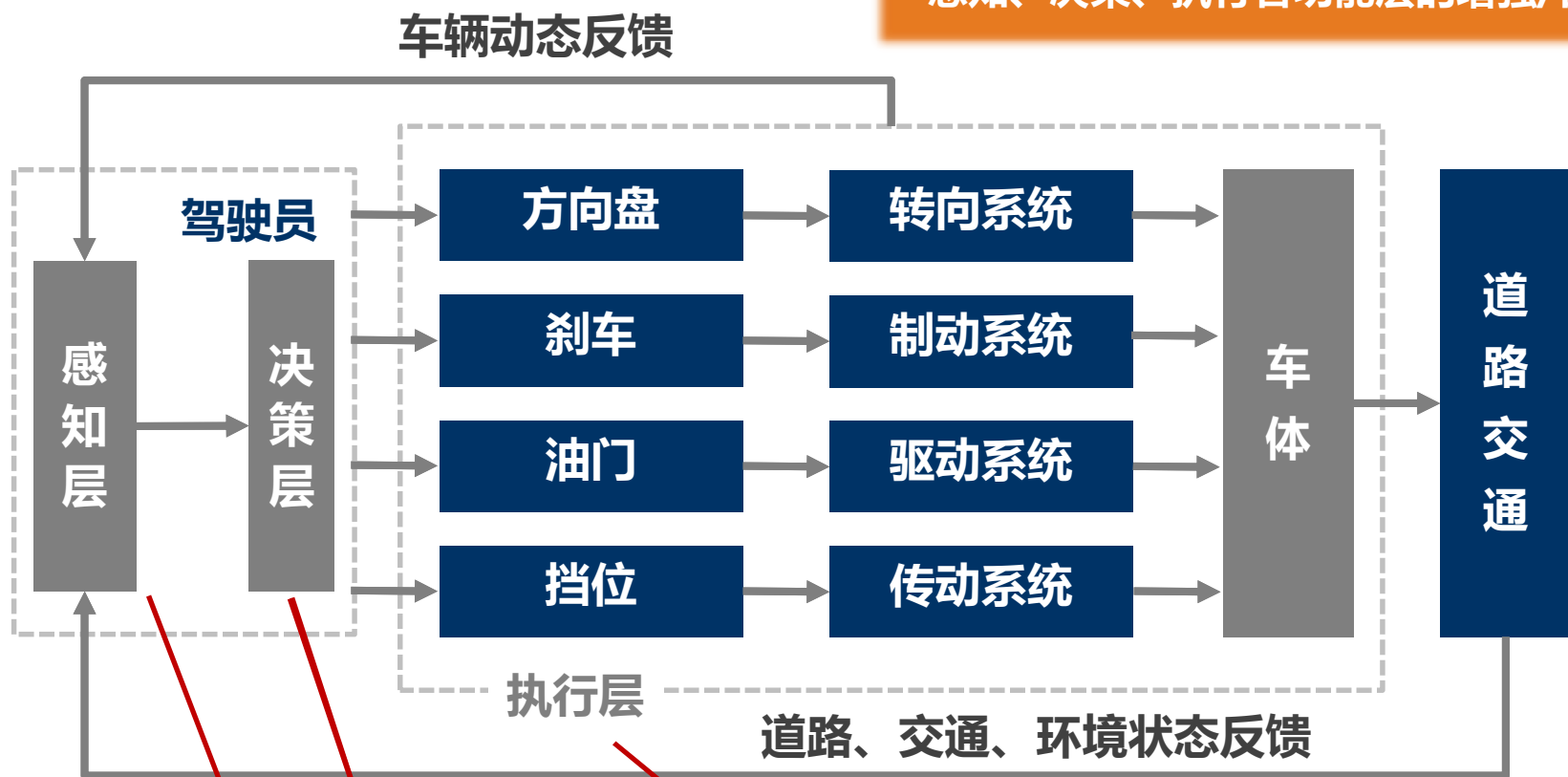


信息技术爆炸式发展下的驾驶自动化是对感知、决策、执行各功能层的增强/替代

汽车驾驶自动化的内涵

■ 从控制理论来看汽车驾驶的自动化

信息技术爆炸式发展下的驾驶自动化是对感知、决策、执行各功能层的增强/替代



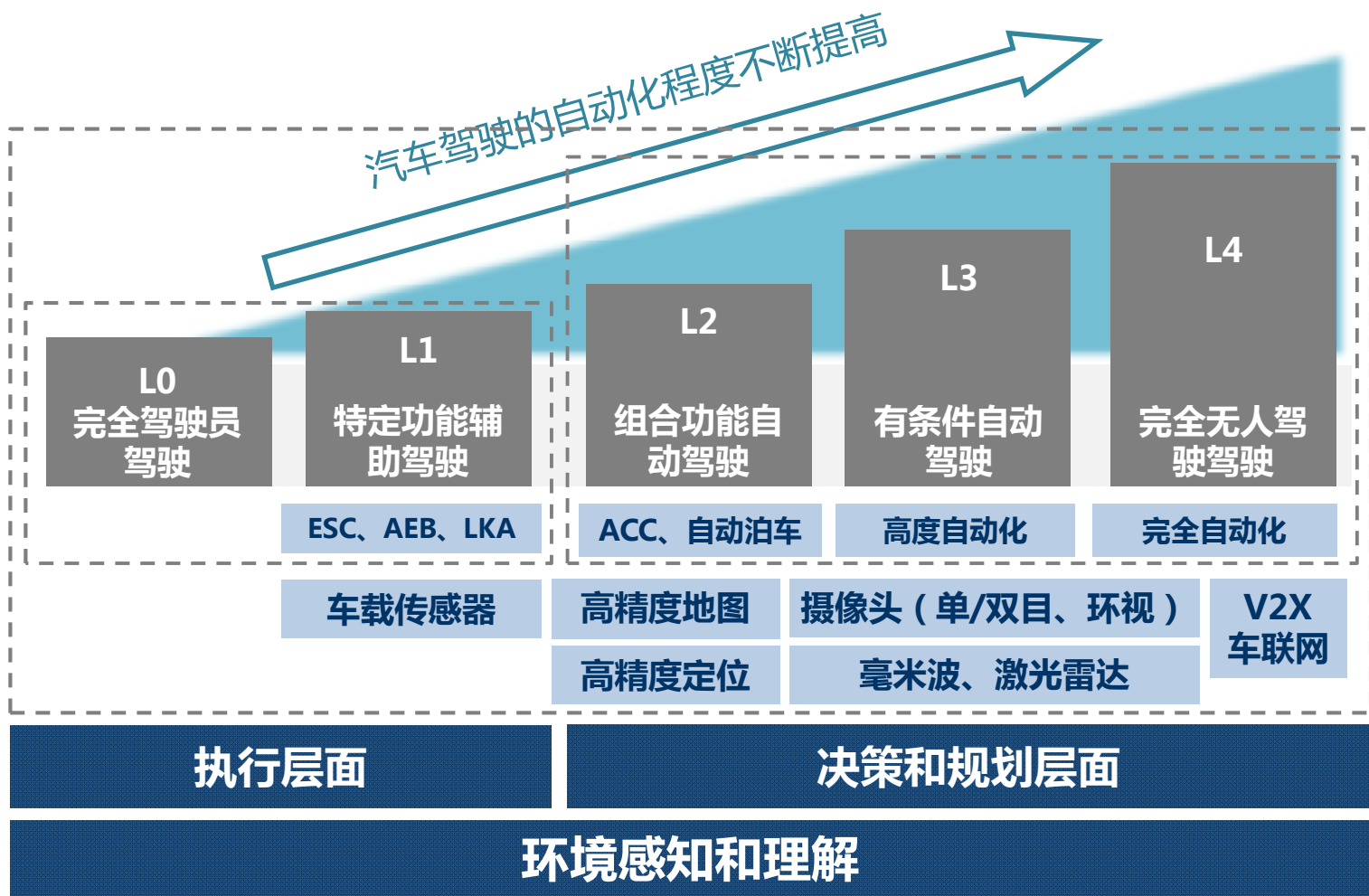
增强（替代）驾驶
工况自动驾驶等

增强转向/制动/驱动/换挡控制系统功能与性能（ESC、AEB、LKA）

▼ 应用于自动驾驶

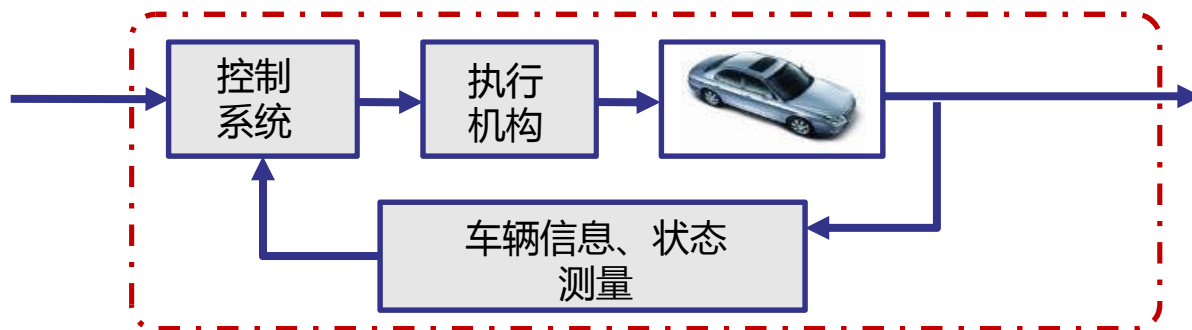
汽车驾驶自动化的内涵

■ 对（驾驶员）感知、决策、执行增强/替代的程度就是驾驶自动化的分级



汽车驾驶自动化的内涵

■ 机遇：控制+更多的信息



汽车驾驶自动化的内涵

■ 机遇：控制+更多的信息

- V2X技术
- 大数据技术
- 云计算技术
-



控制 + 更多信息 → 更多新功能

如何嵌入“更多的信息”？

更多的信息

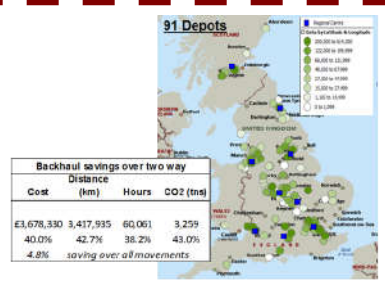
任务分配

路径规划

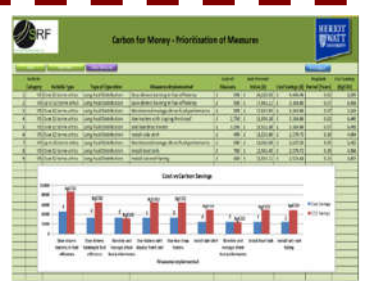
速度规划

动力传动系统控制

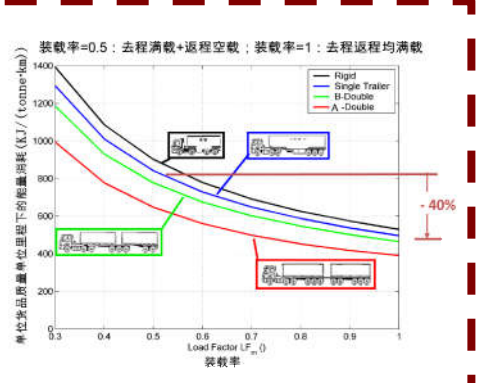
车辆动力学控制



Backhaul Collaboration
返程带货合作的实践与推广



SRF Optimiser
低碳物流优化工具开发



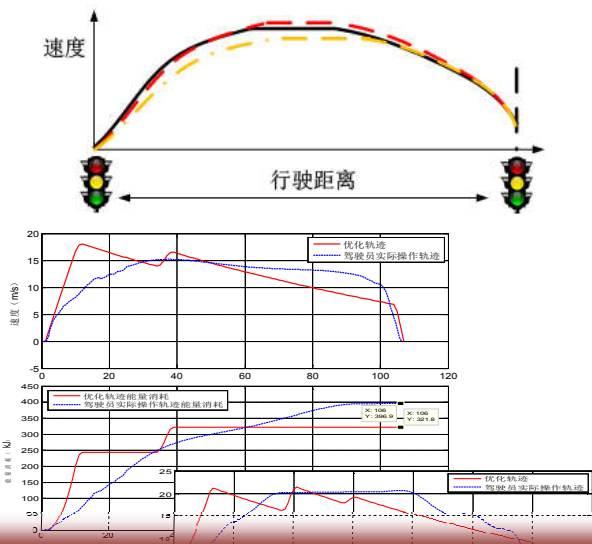
➤ 任务分配和路径规划主要在上层的云计算层面

➤ 速度规划、动力传动系统和底盘运动系统的控制主要在整车控制器实现

控制+更多信息→更多新功能

速度规划的节能潜力分析

时间、距离一定，不同的行驶速度的节能潜力分析

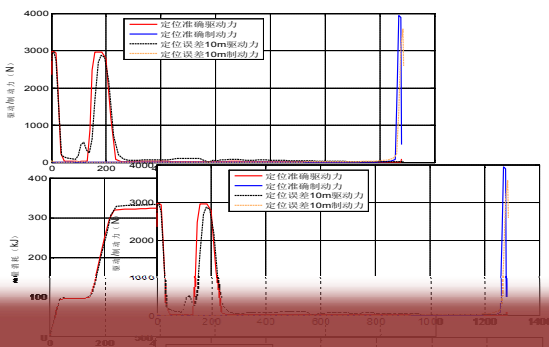


➤ 比较随机挑选的驾驶员，车辆速度规划的节能潜力可以达到15%以上

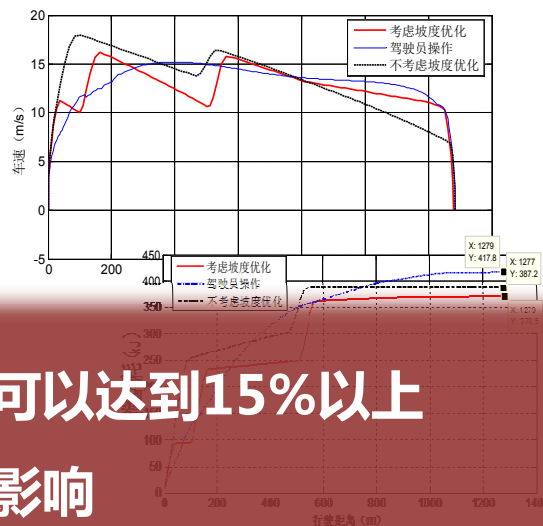
➤ 本车位置和坡度精度对于整车经济性优化具有较大影响

➤ 对三维地图提出的要求：位置精度5m以内，坡度精度0.5度以内

本车定位误差对节能潜力的影响



坡度误差对节能潜力的影响



定位误差5m和10m所带来的能量损失分别为2.78%和6.47%
忽略坡度，节能潜力为11.32%

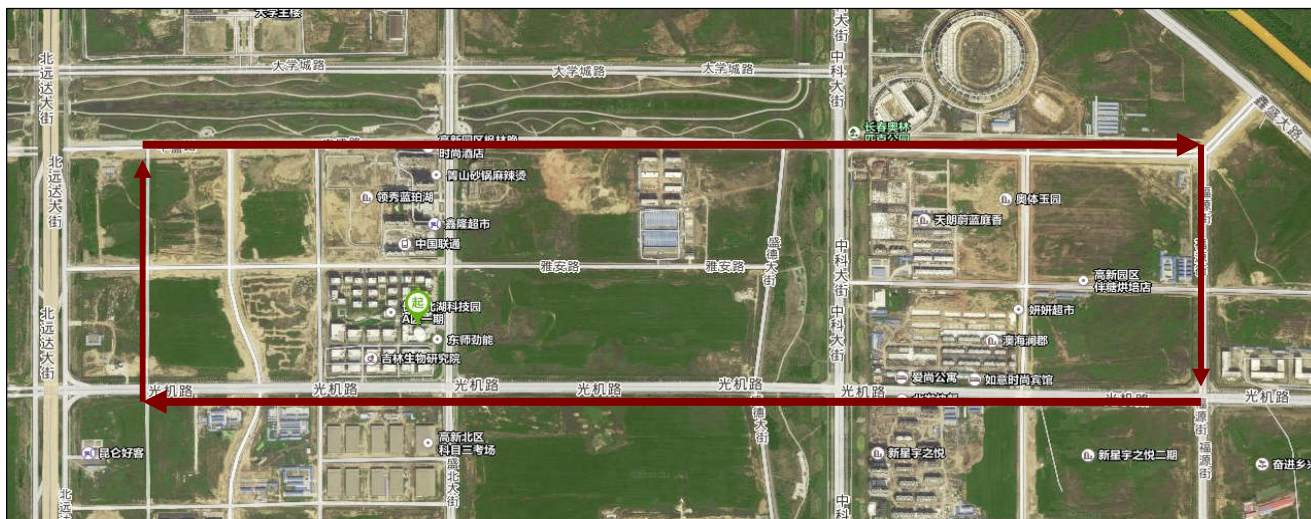
控制+更多信息→更多新功能

速度规划的节能潜力分析（实车实验）

实验设备

奔腾B50

油耗仪



实验地点

围绕长春科技园一闭合路段，由光机路，中盛路，福源街组成，包含两个红绿灯路口

控制+更多信息→更多新功能

速度规划的节能潜力分析（实车实验）

加速-滑行相比恒速行驶的驾驶策略节能

驾驶策略一：匀速行驶

- 车辆保持在40km/h匀速行驶；
- 顺时针绕测试路段行驶两圈后停车

驾驶策略二：加速-滑行

- 车辆加速至50km/h后松开踏板滑行，至30km/h再加速；
- 顺时针绕测试路段行驶两圈

计算两次驾驶的平均百公里油耗

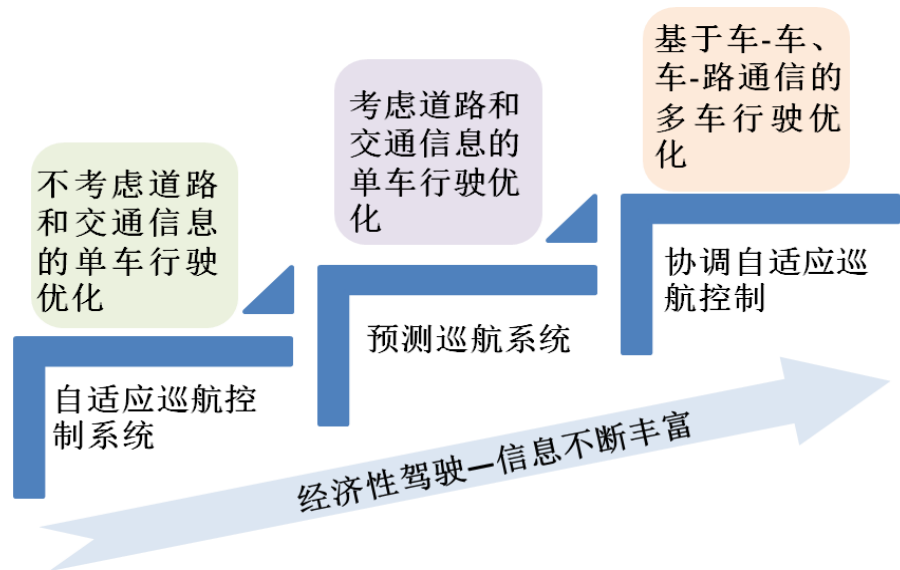
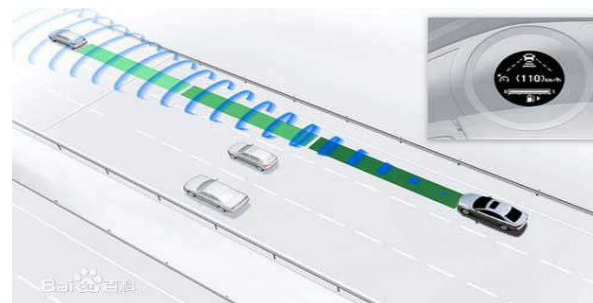
实验方法	起始油耗 仪读数	终止油耗 仪读数	起始里程	终止里程	油耗	节油率
匀速	30.927L	31.808L	652.7km	669.1km	5.37L/百 公里	5.96%
加速-滑行	31.808L	32.647L	669.1km	685.7km	5.05L/百 公里	

控制+更多信息→更多新功能

速度规划和动力传动控制的结合（经济性预测巡航控制）

传统自适应巡航控制

- 若存在慢速运行前车，系统降低车速并控制与车辆间距
- 若不存在慢速运行前车，将加快本车速度使之回到设定速度
- **主要考虑车辆行驶安全性**

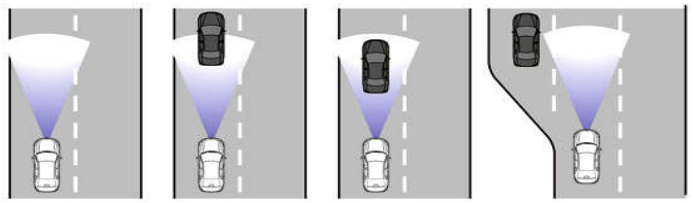
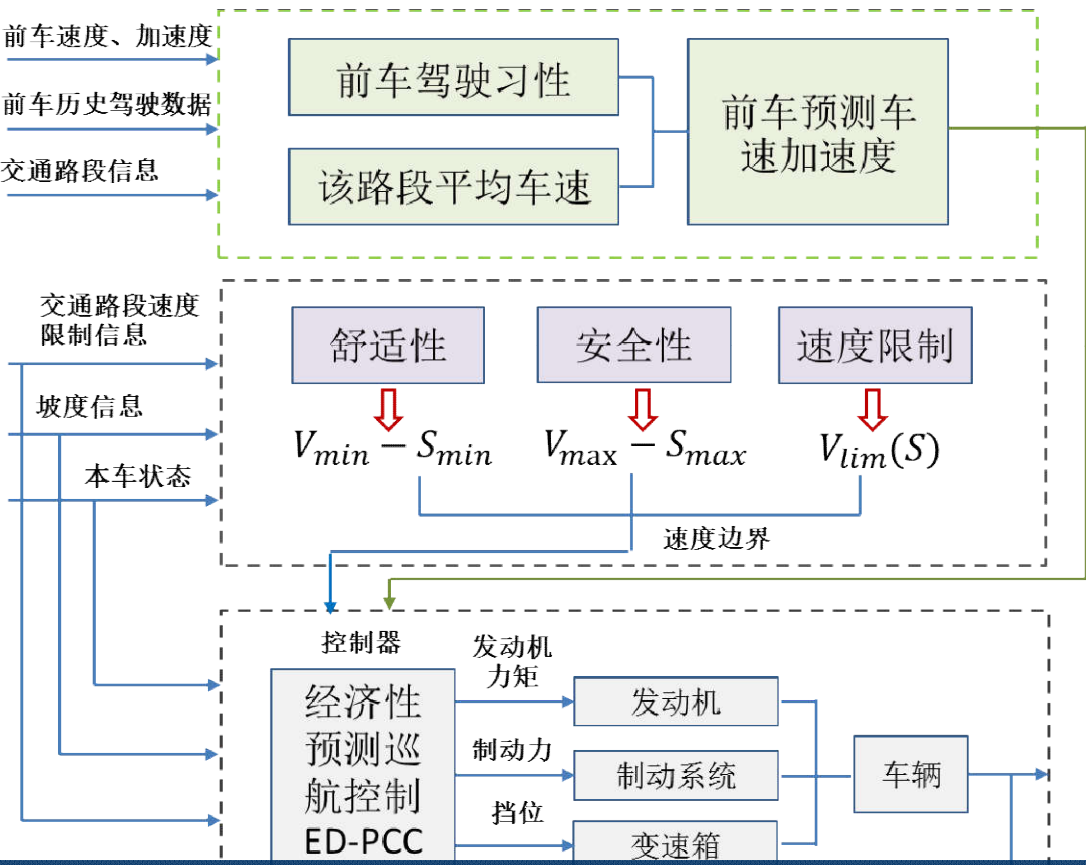


经济性预测巡航控制

- **适当放宽巡航速度的跟踪要求**，以提高节能的可能性
- **道路和交通信息的丰富以及速度规划和动力传动控制相结合**巡航控制更加节能

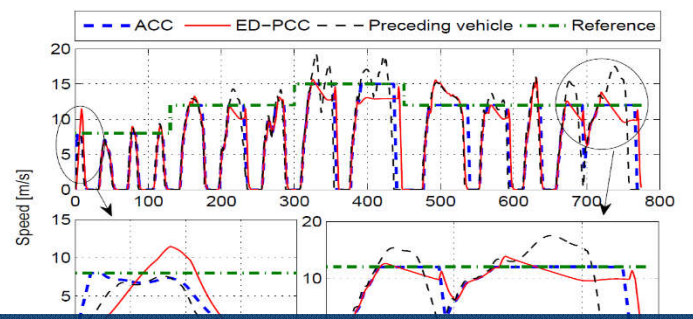
控制 + 更多信息 → 更多新功能

速度规划和动力传动控制的结合（经济性预测巡航控制）



前车预测信息

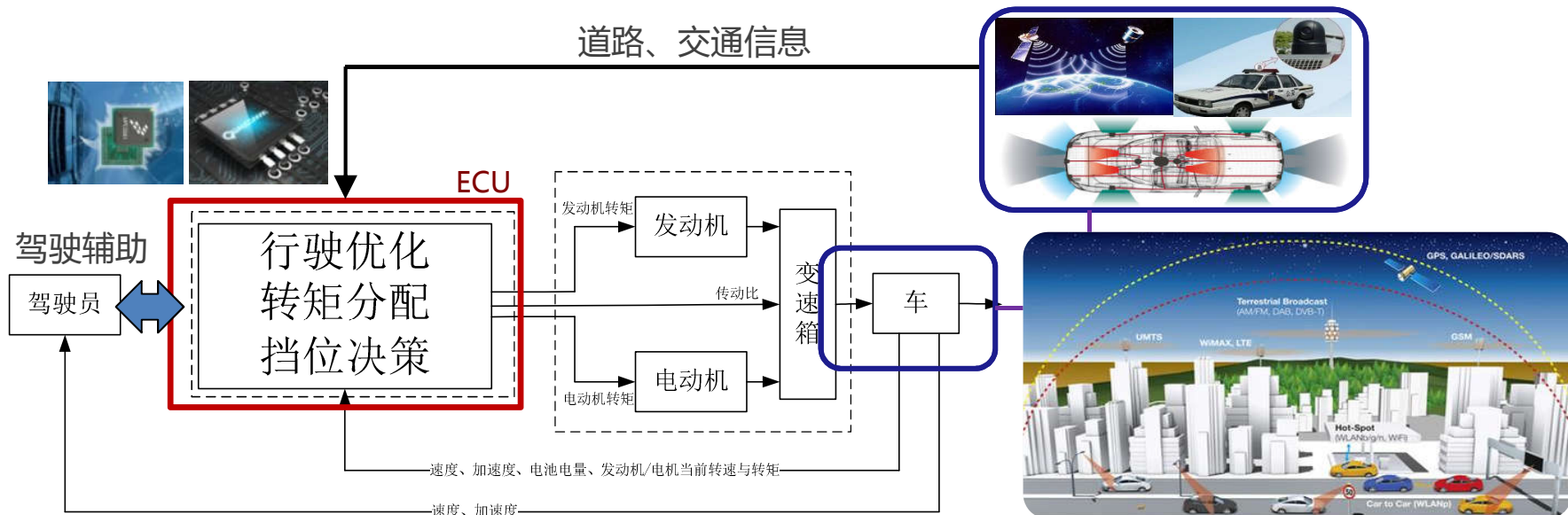
- 增加的信息：坡度信息、交通路段的限速信息
- 新的控制方案：直接优化挡位、发动机力矩和制动需求



相比较传统ACC，燃油经济性可提高8-10%

控制 + 更多信息 → 更多新功能

速度规划和动力传动控制的结合（混合动力汽车智能节能技术）



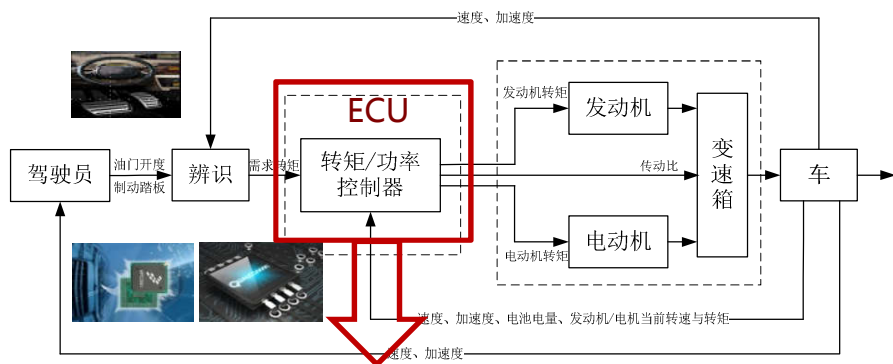
- **混合动力汽车利用道路信息将行驶优化、转矩分配和挡位融合为一个优化控制器，进一步改善燃油经济性**
- **新的节能技术：同时控制发动机和电动机转矩、挡位满足规划的速度；合理安排制动回收；考虑电池健康管理和预测交通流，合理安排电池充放电...**

控制 + 更多信息 → 更多新功能

速度规划和动力传动控制的结合（混合动力汽车智能节能技术）

- 思想: 发动机/电机转矩分配及挡位优化
- 控制目标: 整车能量消耗最低
- 控制方案: 非线性MPC集成优化控制
- AMESim仿真平台测试

- 增加的信息: 车速、当前挡位、发动机当前转速、转矩等车载信息
- 新控制方案: 将发动机/电机力矩分配和挡位同时优化



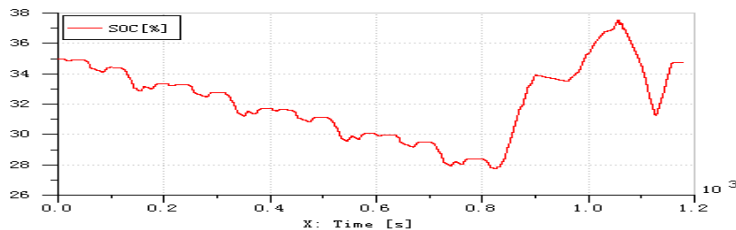
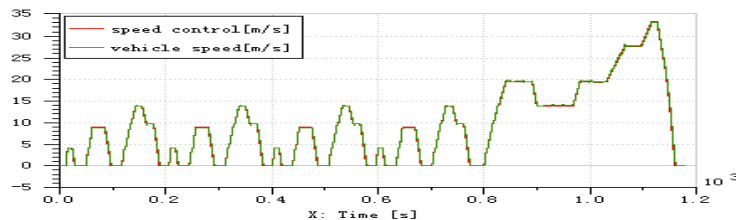
$$\min J = \int_{t_0}^{t_f} \dot{m}_f(T_f(t), i_{gf}(t), t) + \alpha(t) \dot{m}_e(T_e(t), i_{ge}(t), t) dt$$

$$\frac{ds(t)}{dt} = v(t), \quad \frac{dv(t)}{dt} = \frac{T_r(t)}{Mi_{g0}r} - (gf \cos(\theta) + g \sin(\theta)) + \frac{1}{2M} \rho c_d A_f v^2(t)$$

$$\text{s.t. } i_{ge}(t)T_e(t) + i_{gf}(t)T_f(t) = T_r(t)$$

SOC保持的混动模式下 4.4L/100km, 相比较规则控制经济性提高13%

$$i_{gf} = \{i_{gf1}, i_{gf2}, \dots, i_{gf7}\}, i_{ge} = \{i_{ge1}, i_{ge2}, i_{ge3}\}$$



控制+更多信息→更多新功能

速度规划和动力传动控制的结合（混合动力汽车智能节能技术）

➤ **增加信息：**实时交通拥堵情况，规划的路径

➤ **控制方案：**在集成优化控制的基础上引入可变的油-电等效因子

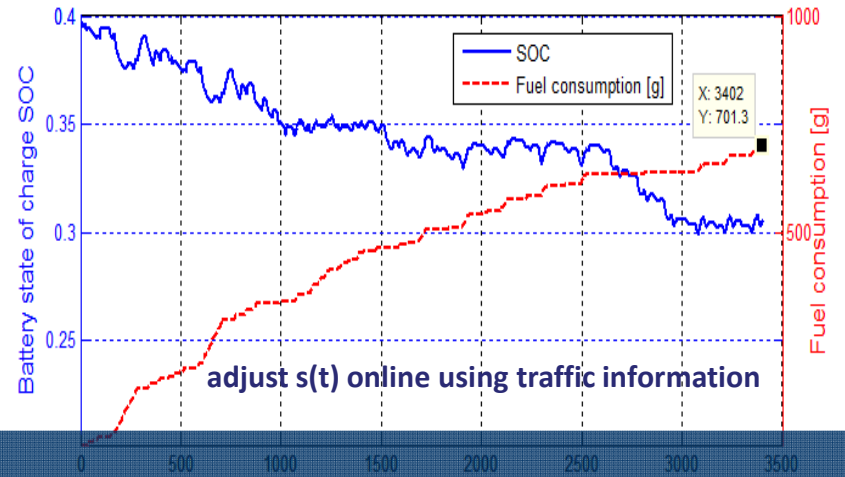
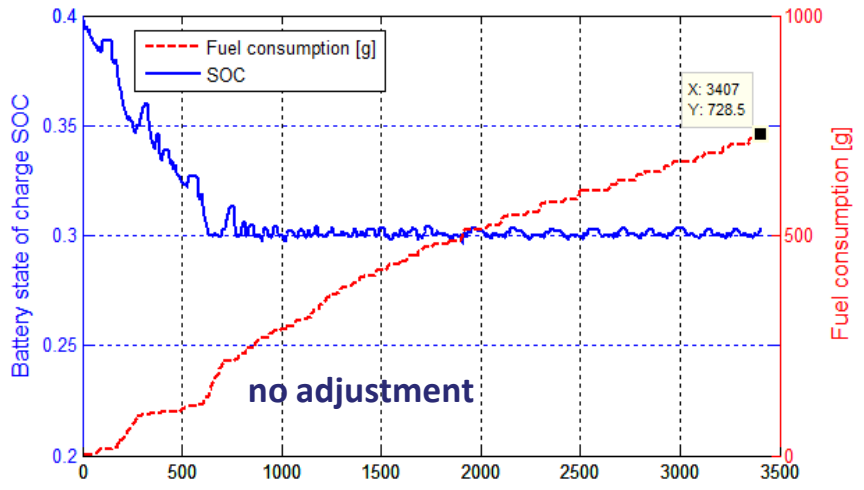
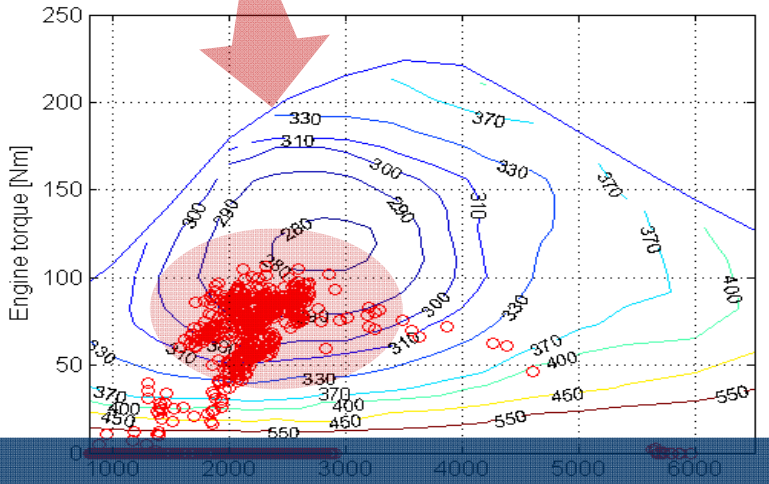
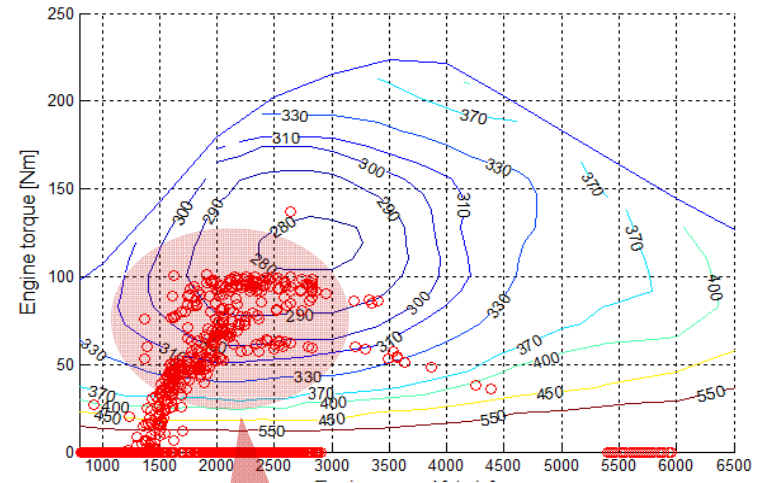
↔ 道路通畅路段
↔ 道路拥堵路段



■ **节能技术：**在规划路径上，已知前半段通畅后半段拥堵，适当调整油-电的当量系数，使发动机在比较通畅的时候多工作，在拥堵时，电机多工作，以避免发动机在低转速区工作

控制 + 更多信息 → 更多新功能

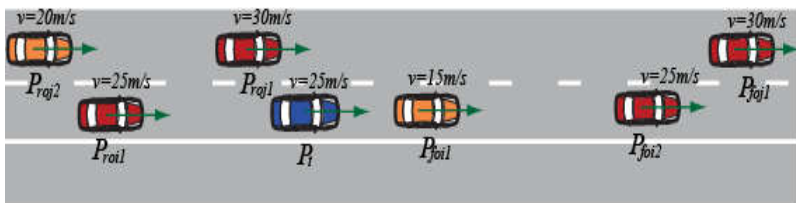
速度规划和动力传动控制的结合（混合动力汽车智能节能技术）



考虑拥堵状况下，在集成优化控制（节能**13%**）的基础上再节能**3.5%-4%**

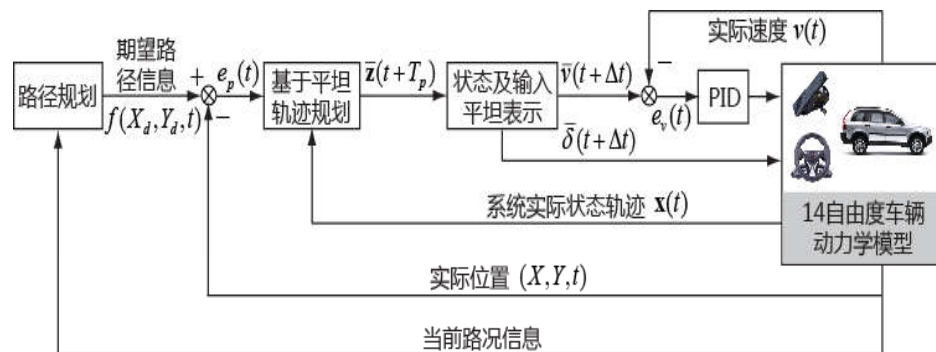
控制（自动化）+ 更多信息 → 更多新功能

底盘运动控制系统（自主车辆紧急避障“规划+控制”）

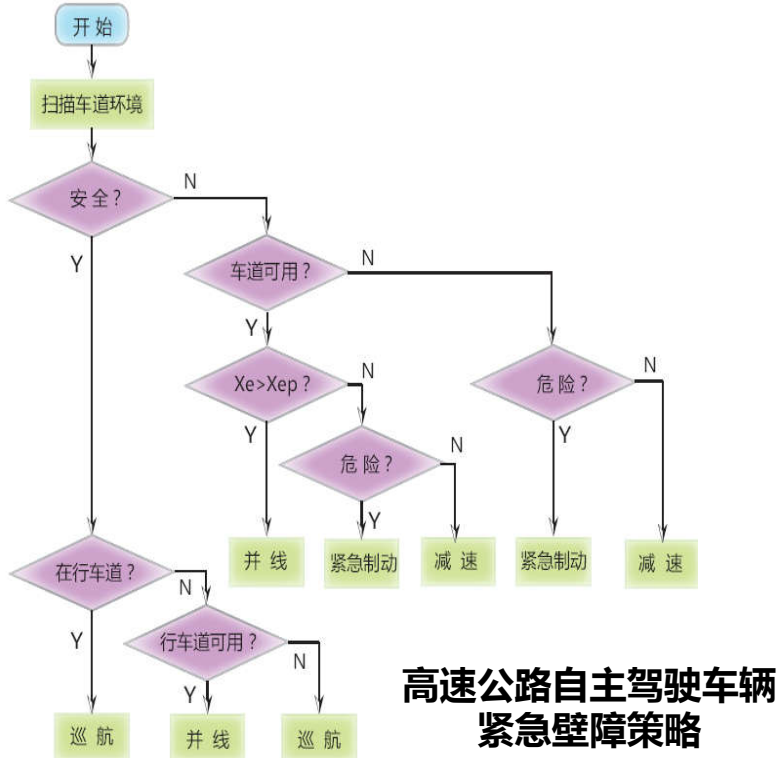


高速公路自主车辆行驶示意图

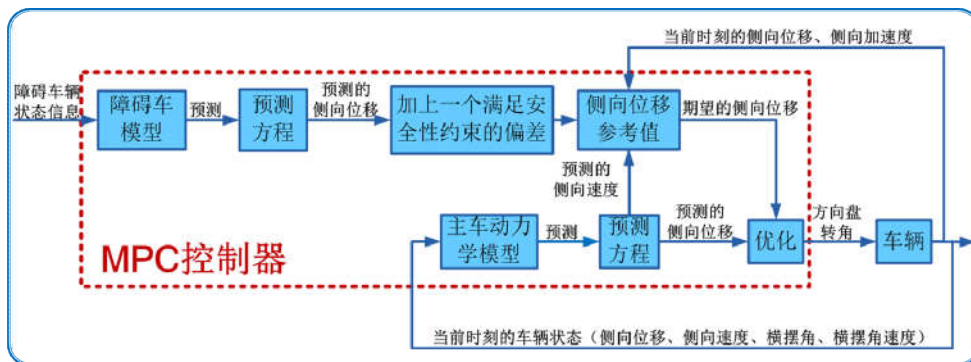
➤ 增加的信息：前方障碍物信息及动态道路交通信息



高速公路自主车辆紧急避障控制框图（一）



高速公路自动驾驶车辆紧急避障策略

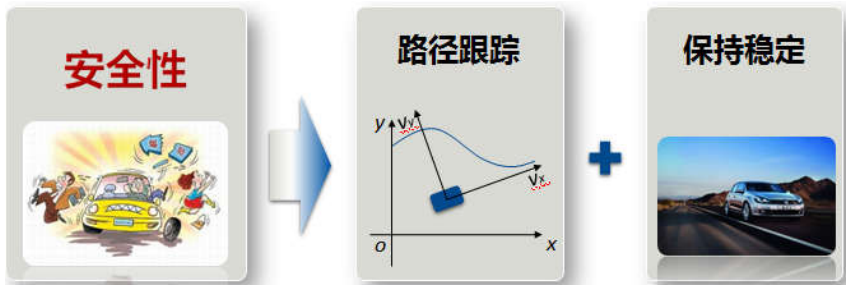


高速公路自主车辆紧急避障控制框图（二）

控制（自动化）+ 更多信息 → 更多新功能

底盘运动控制系统（自主车辆爆胎后的路径跟踪控制）

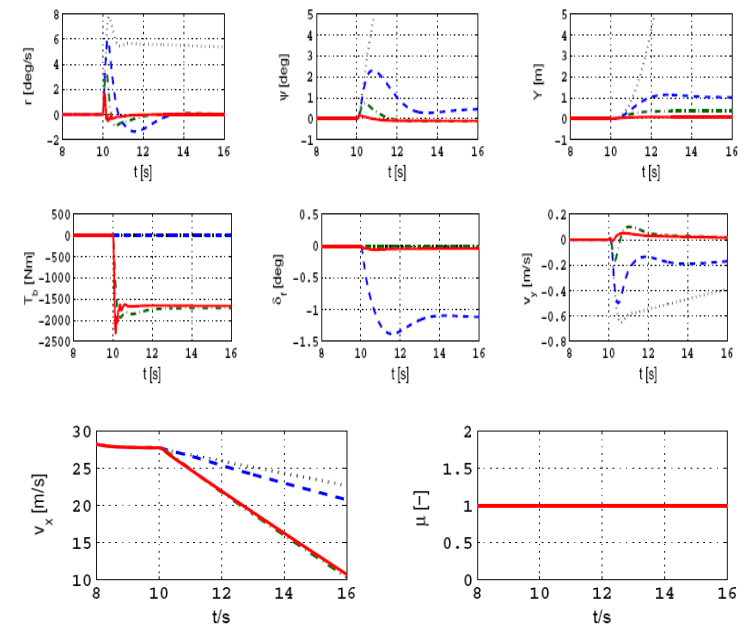
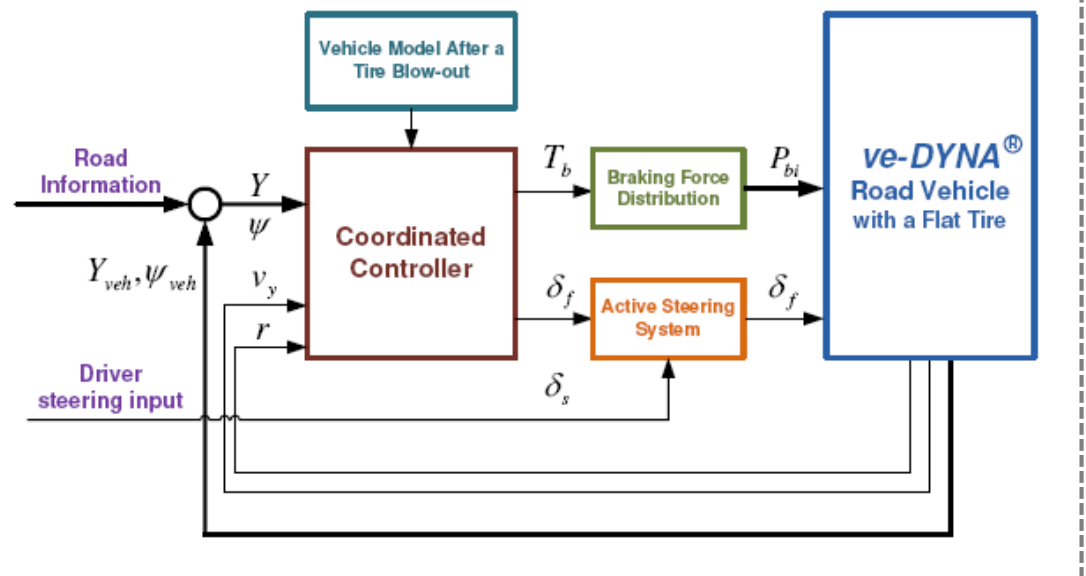
增加的信息：爆胎车辆所在车道信息及旁边车道交通信息



控制目标

设计一个控制器，使得汽车在爆胎后能够稳定地沿原路径行驶

控制方案

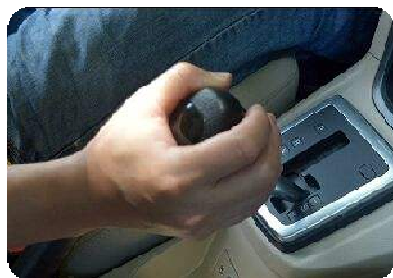
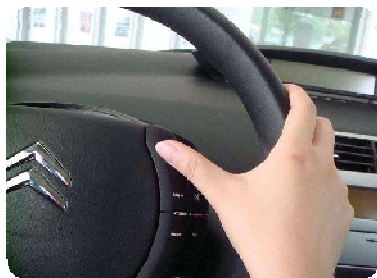


总结

- 汽车驾驶的自动化，实际上就是在**操作层面上实现自动化**

操作层面

对方向、油门、制动和挡位的操作



总结

- **汽车驾驶的自动化，实际上就是在操作层面上实现自动化**

- **汽车技术发展的角度来看，汽车驾驶的自动化一直都在进行**

- **信息技术爆炸式发展下的驾驶自动化是对感知、决策、执行各功能层的增强/替代**

- ✓ **增强（替代）驾驶员的眼睛（耳朵）、大脑的感知功能（对环境的理解）**

- ✓ **增强转向/制动/驱动/换挡控制系统功能与性能**

- ✓ **增强（替代）驾驶员大脑的决策规划功能**

总结

- 汽车驾驶的自动化，实际上就是在操作层面上实现自动化
- 汽车技术发展的角度来看，汽车驾驶的自动化一直都在进行
- 信息技术爆炸式发展下的驾驶自动化是对感知、决策、执行各功能层的增强/替代

控制+更多信息→更多新功能

安全、节能、环保、舒适、经济 ...

第十九届中国科协年会第7分会场：“未来出行—
氢燃料电池及智能车辆技术”国际研讨会



Thank you !

Thank you !

