

电动轮驱动技术平台

吉林大学汽车学院 王庆年教授

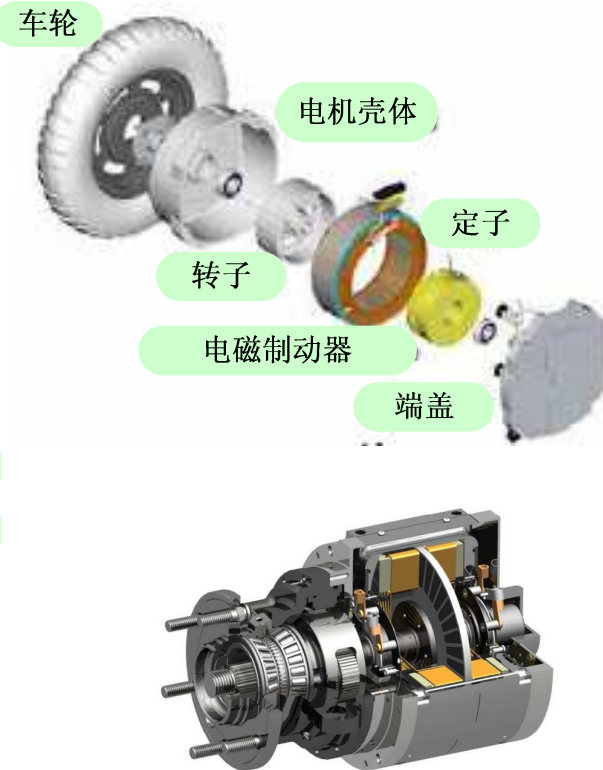
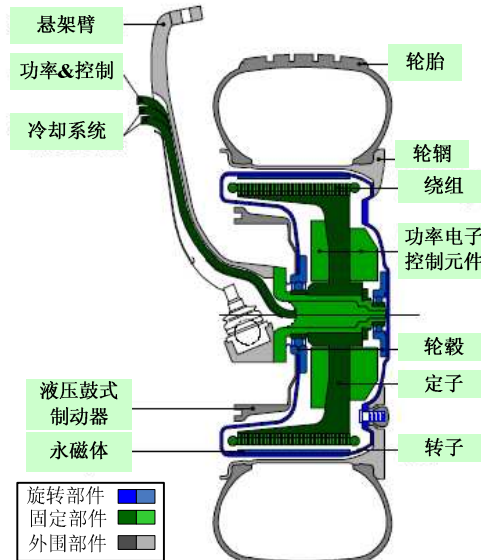
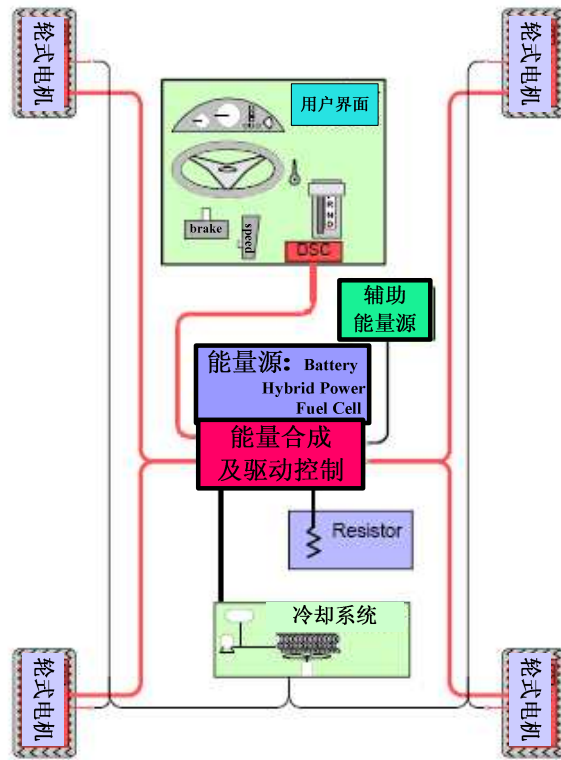
内容概要

- 电动轮驱动技术及国内外应用情况
- 研究背景与技术基础
- 电动轮驱动技术优势
- 吉林大学电动轮驱动技术平台研究
- 前景展望

第一部分

- 电动轮驱动技术及国内外应用情况
- 研究背景与技术基础
- 电动轮驱动技术优势
- 吉林大学电动轮驱动技术平台研究
- 前景展望

电动轮驱动电动汽车的结构



Mitsubishi公司的MIEV技术

- **Mitsubishi公司MIEV（Mitsubishi In-wheel motor Electric Vehicle）**技术即是指应用于新一代电动汽车的电动轮技术。目前该公司已开发出电动轮驱动的**ColtEV，Lancer Evolution EV、Concept CT，i-SPORT**等车型。



(a) Colt Ev样车 (b)Lancer Evolution样车 (c)i-SPORT
图 1-16 Mitsubishi 电动轮驱动电动车

Volvo Plug in Recharge

- 以C30为基础的Plug in式串联混合动力技术应用
- 1.6L 柔性燃料发动机与一个辅助动力单元(APU)相结合驱动电动轮.
- 电池耗电达70%时的续驶里程达到150km，耗油率平均为(1.9L/100 km).



Mini CAR of PML



Some key features are:

- Independent Quad Electric Drive
- Traction control and anti skid built into each wheel
- Regenerative braking recovers almost all energy
- Blistering acceleration and high top speed
- Around 80 mpg via onboard engine / generator
- No need to recharge (although you can if you wish)
- Seriously attractive and feature rich in car display
-

Michelin公司的新主动轮技术

- **Michelin**公司将电动轮驱动技术称为新主动轮技术，并将这种技术应用于其最新开发的概念车**WHEELY REMARKABLE**。采用串联混合动力技术；四个车轮中的各有一个**30KW**轮式电机驱动汽车；再生制动功能；主动悬架及车身稳定系统。悬架采用了电子缓冲器，使汽车可以改变自身操纵性



(a) 样车

(b) 电动轮

图 1-18 Michelin公司开发的WHEELY REMARKABLE样车

其他车型



(a)



(b)

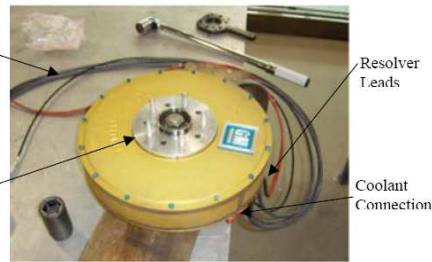


Figure 6 GM's wheel motor on bench.



GM公司采用轮毂电机的S-10皮卡车



Suzuki的Mobile Terrace



Honda的Kiwami



EFFIS所用的超级电机



Nissan的EFFIS-前后轮独立驱动

TOYOTA的FINE-N

电动轮驱动技术在军事上的应用



图 1-21 混合动力型悍马汽车



图 1-22 美军8X8混合动力轮式战车

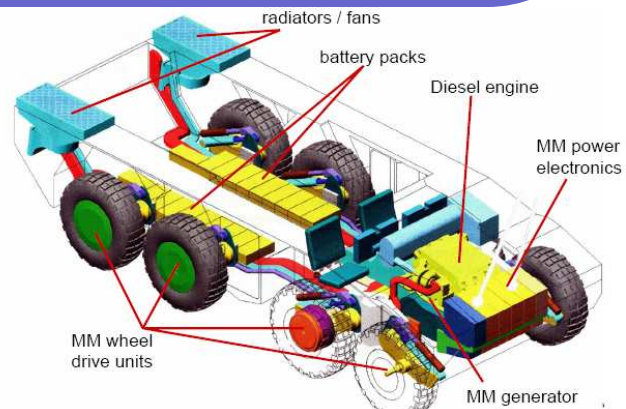
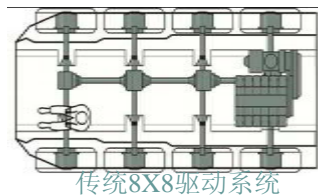
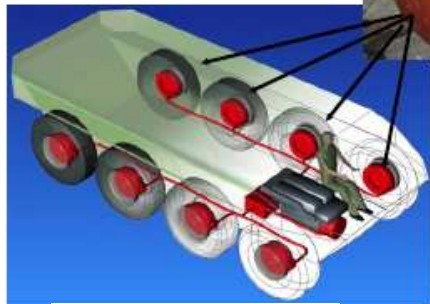


图 1-23 AHEV内部结构



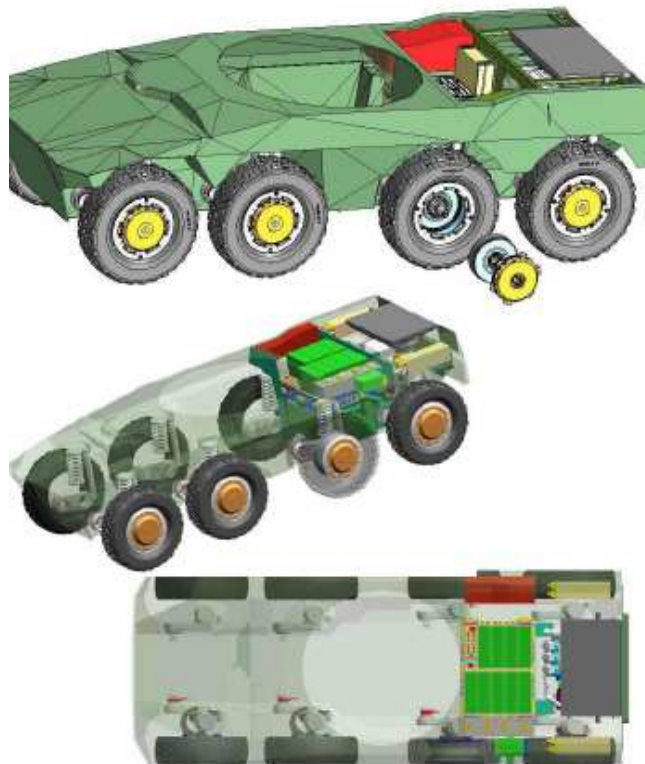
传统8X8驱动系统



8X8电动轮驱动系统



8x8 Vehicle CVED, RSA



Technical data:

- Max. speed: 120 km/h
- Gradeability: 60 %
- MM generator: 420 kW
- Weight: 28 t
- 8 MM wheel propulsion units each: 19,500 Nm

Special features:

- Electric auxiliary drives with MM 24 V DC-DC and 400 V AC 3-phase DC-AC converters
- Traction control
- Pivot turn
- Skid steering
- Option for electric hybridization

Source: ARMSCOR / RSA

第二部分

- 电动轮驱动技术及国内外应用情况
- 研究背景与技术基础
- 电动轮驱动技术优势
- 吉林大学电动轮驱动技术平台研究
- 前景展望

研究背景与技术基础

- 国家政策支持
- 科技计划支撑
- 企业带动作用
- 关键技术部件日趋成熟
- 环保与节能成为新一代汽车技术趋势
- 汽车电子技术广泛应用

第三部分

- 电动轮驱动技术及国内外应用情况
- 研究背景与技术基础
- 电动轮驱动技术优势
- 吉林大学电动轮驱动技术平台研究
- 前景展望

电动轮驱动汽车的核心技术

电子差速

转矩协调控制

智能牵引力控制

电子稳定控制

再生制动

机电复合制动

动力系统匹配与控制

电动轮驱动的技术优势

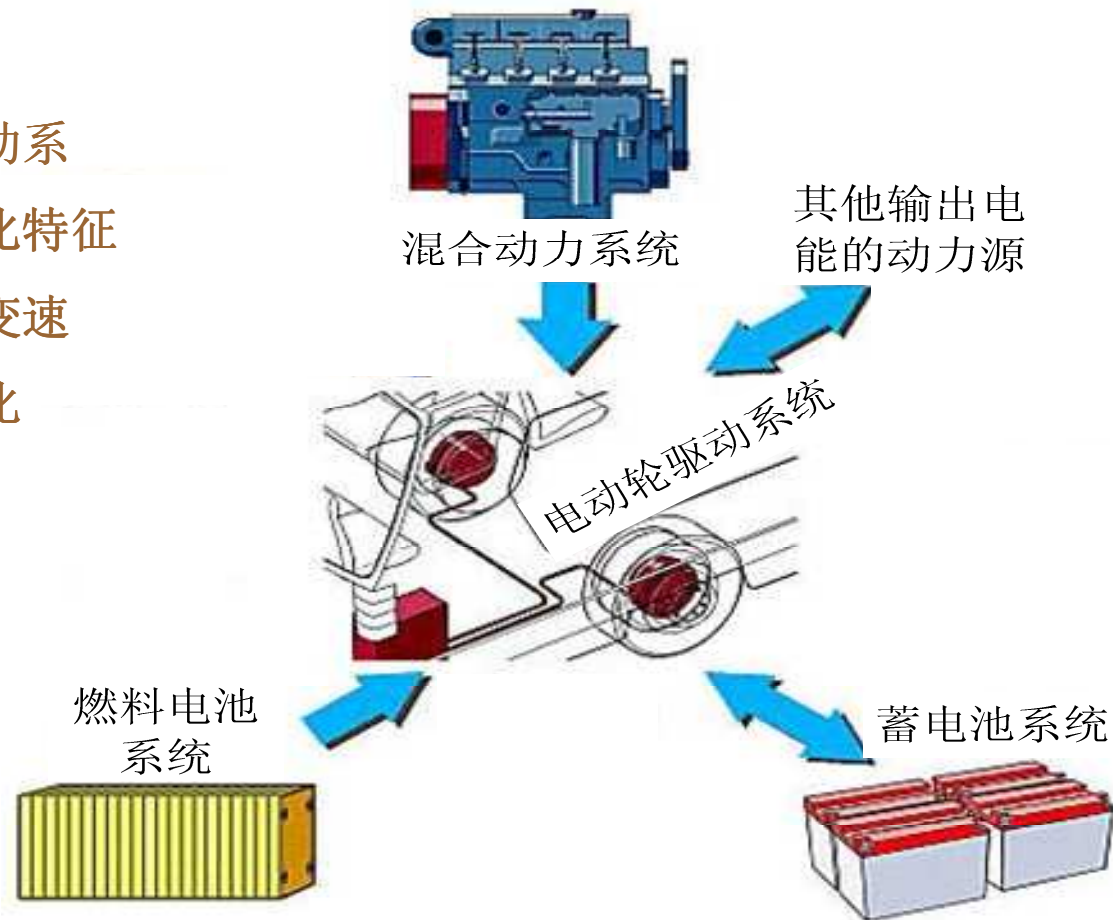
无传动系

模块化特征

无级变速

轻量化

节能



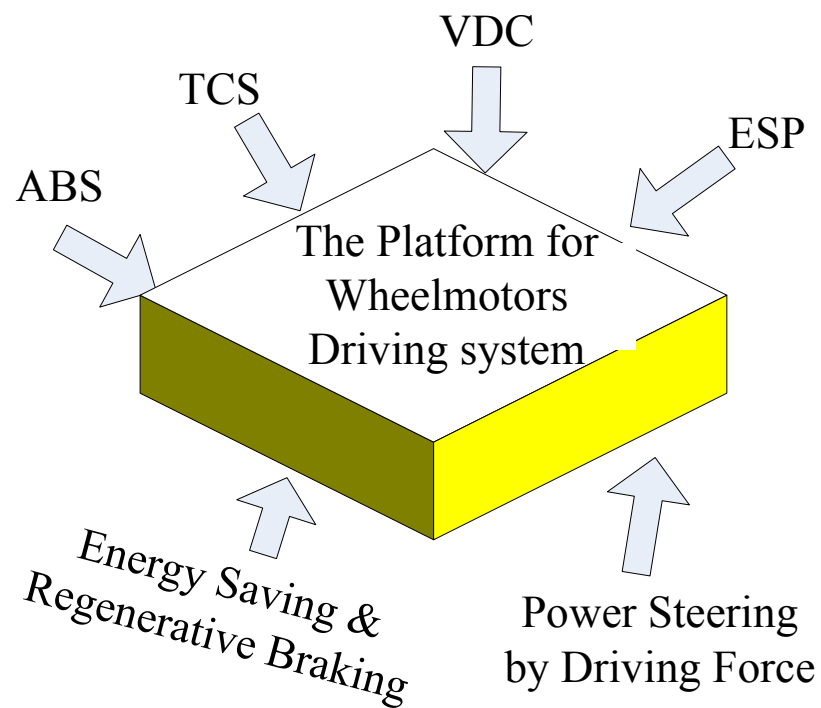
电动轮驱动的性能优势

先进底盘控制技术的集成应用

电机响应快

可作为制动部件一部分

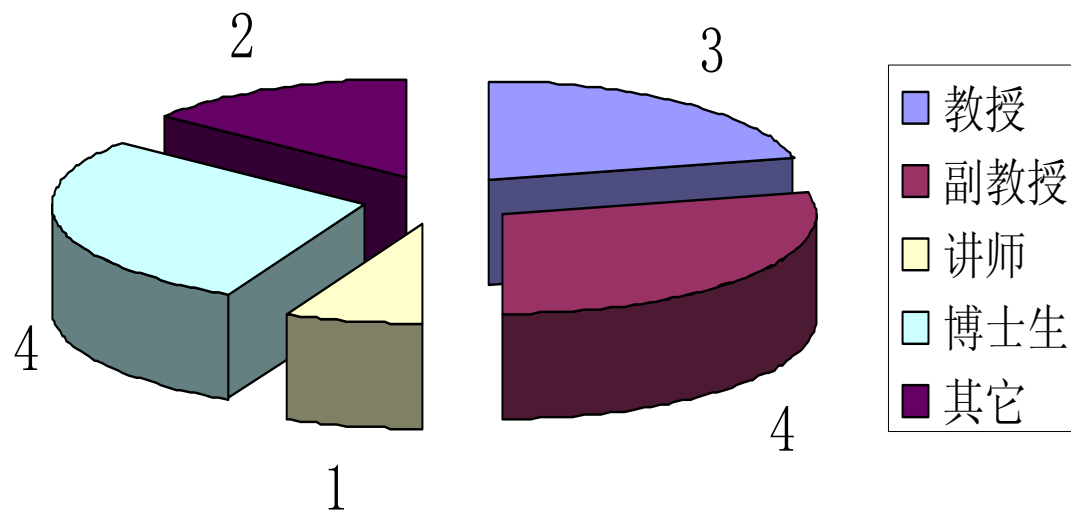
可实现驱动助力转向



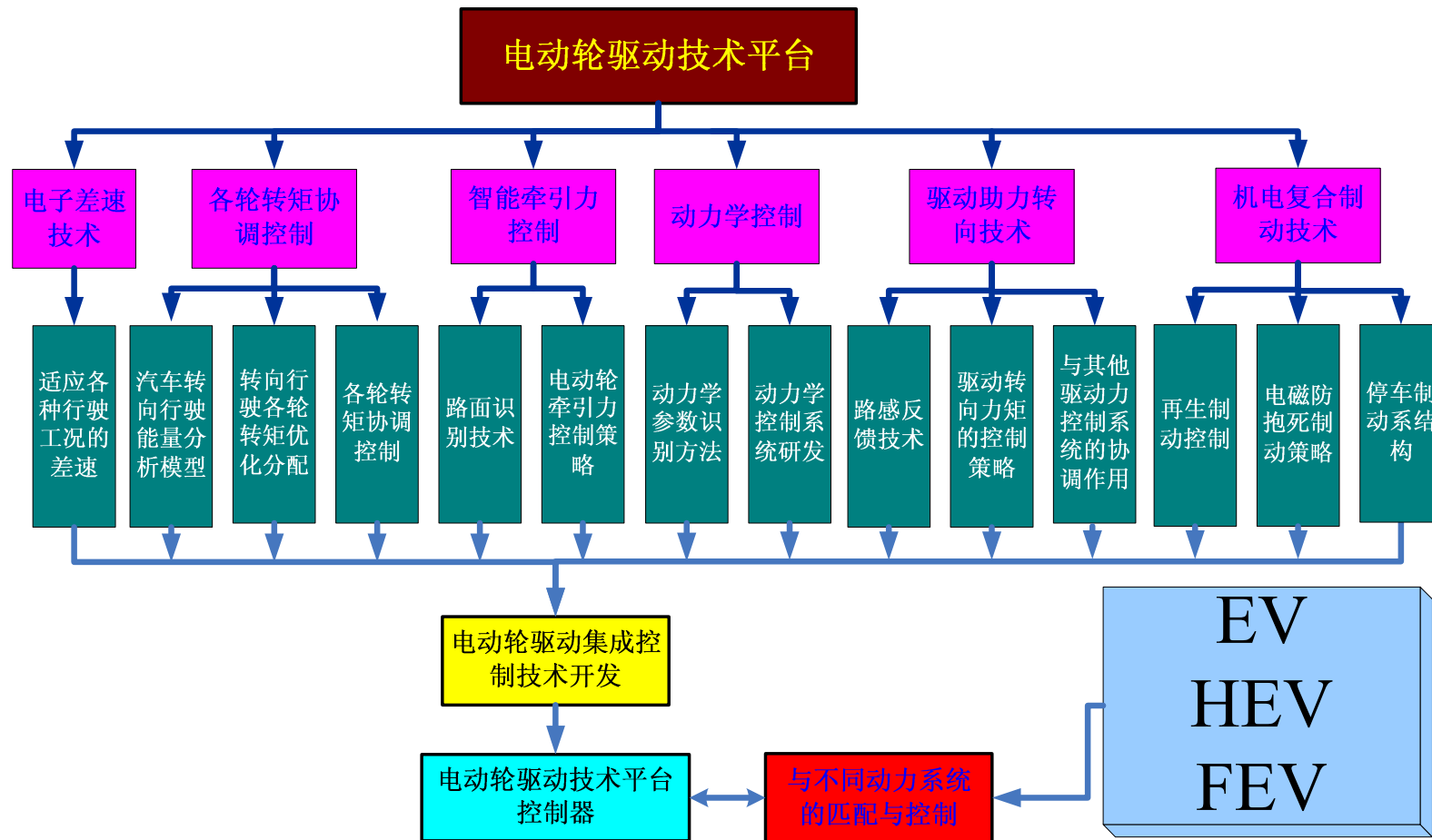
第四部分

- 电动轮驱动技术及国内外应用情况
- 研究背景与技术基础
- 电动轮驱动技术优势
- 吉林大学电动轮驱动技术平台研究
- 前景展望

研究团队构成



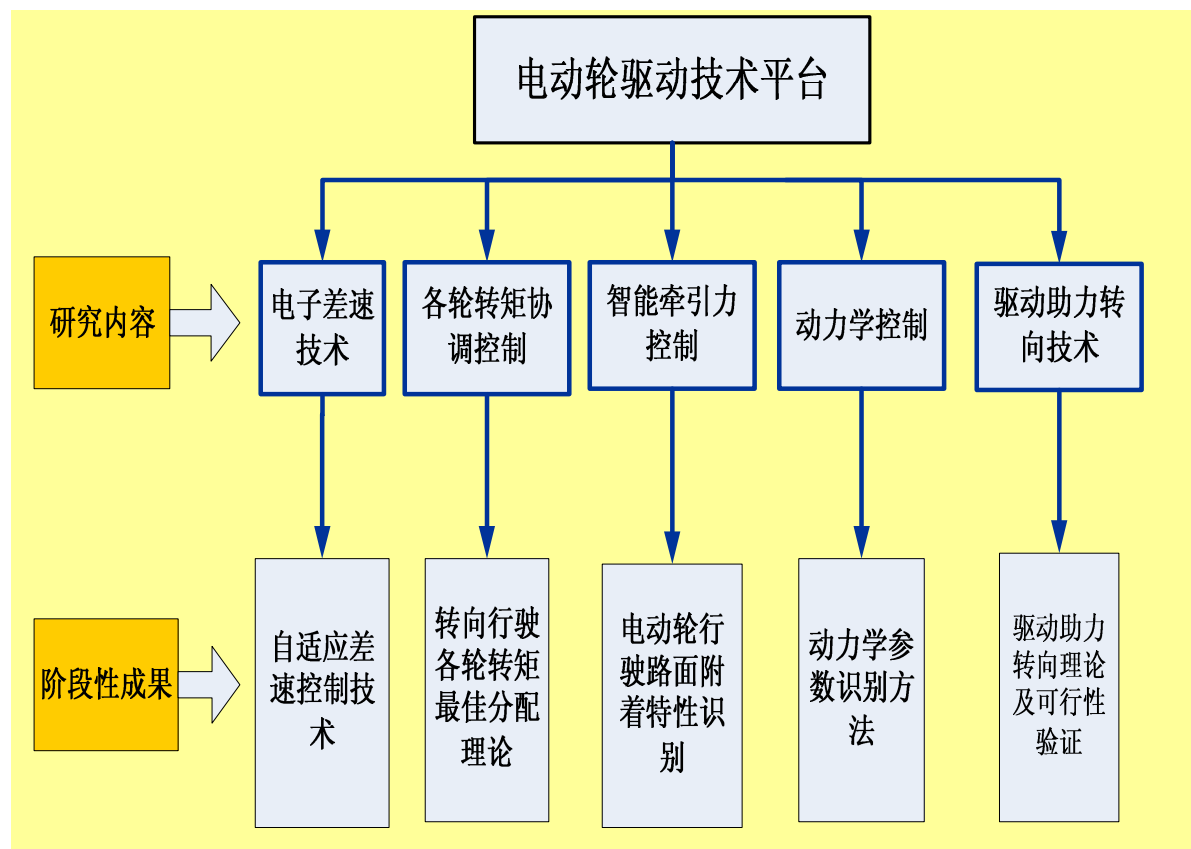
电动轮驱动技术平台架构



承担项目

- 吉林省发改委：电动汽车电子差速技术研究
- 吉林省科技厅：新型电动轮驱动理论
- 吉林省科技厅：电动轿车电动轮驱动关键技术
- 国家863：采用电动轮驱动的串联混合动力轿车开发
- 另与一汽集团合作开发项目多项。

前期研究成果



学术成就

- 发表论文**10**余篇，其中大部分为**EI**收录。
- 申报发明专利**6**项，已授权**2**项。

研究简况

第一代电动轮驱动试验车



图 6-1 试验车外观

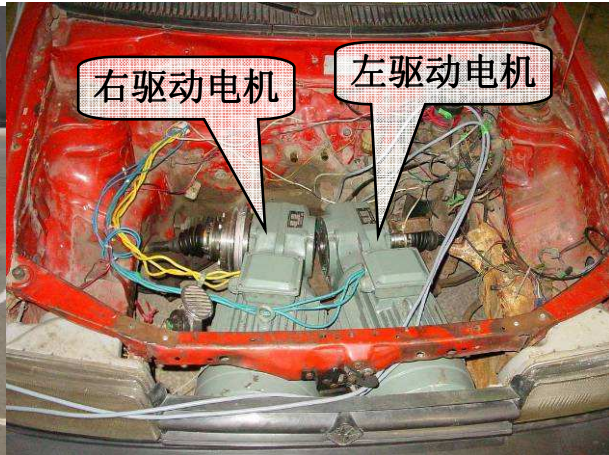


图 6-2 试验车驱动系统布置



图 6-5 试验车驾驶室内部的布置



图 6-3 左轮的霍尔传感器

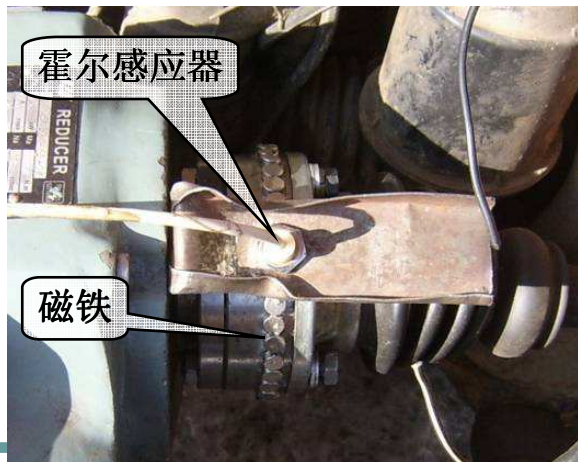


图 6-4 右轮的转矩传感器

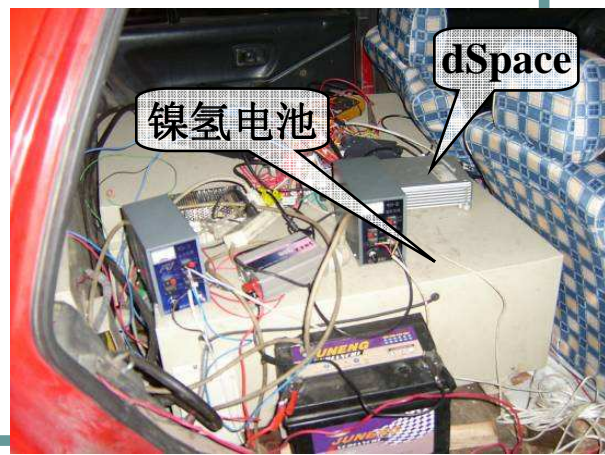


图 6-6 试验车后部布置

电动轮驱动系统的差速技术



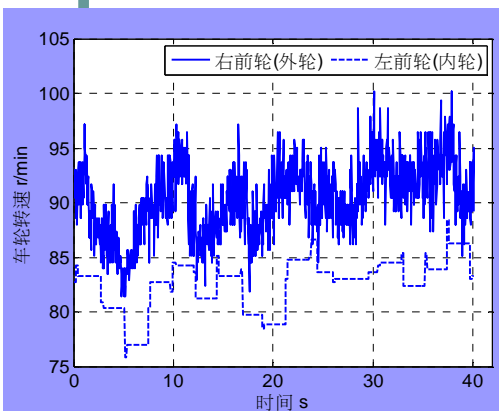
转向行驶差速试验



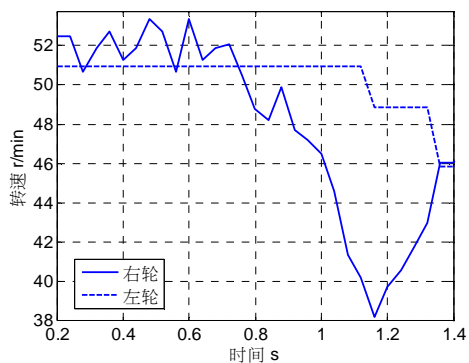
不平路面差速试验



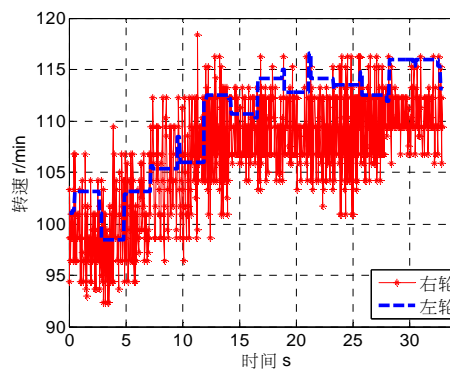
左右轮车轮半径不等



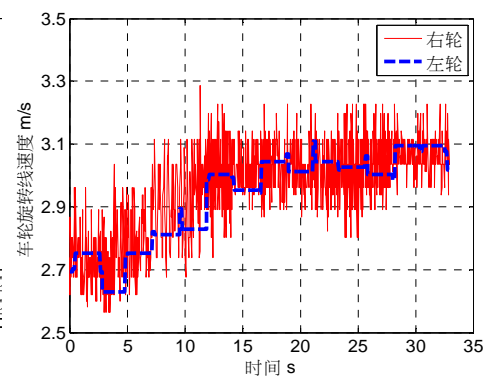
转向行驶差速试验结果



不平路面差速试验结果



两车轮转速



两车轮旋转线速度

路面附着特性试验结果

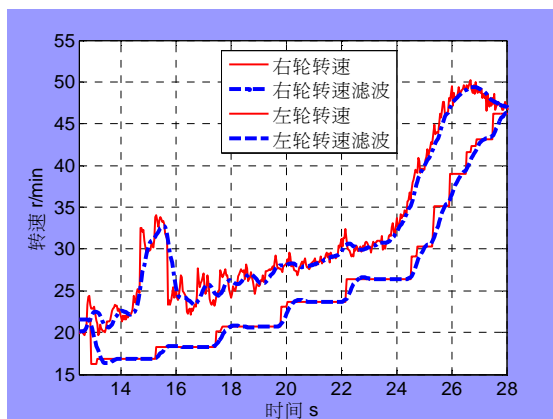


图10 滤波处理前后的转速

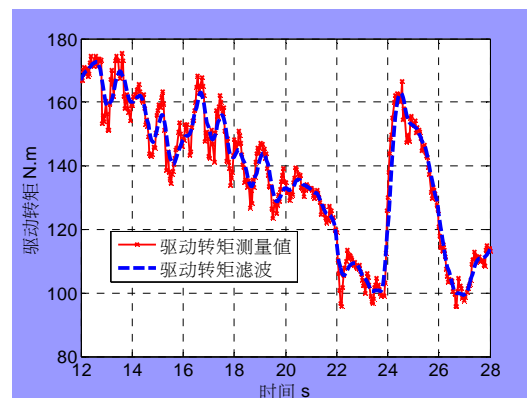


图11 滤波处理前后的转矩

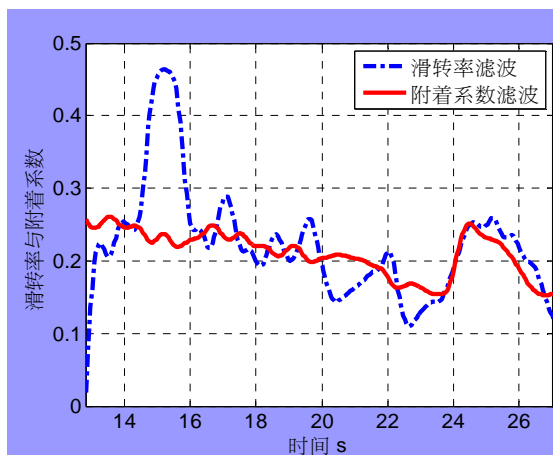


图12 滤波数据得出的滑转率与附着系数

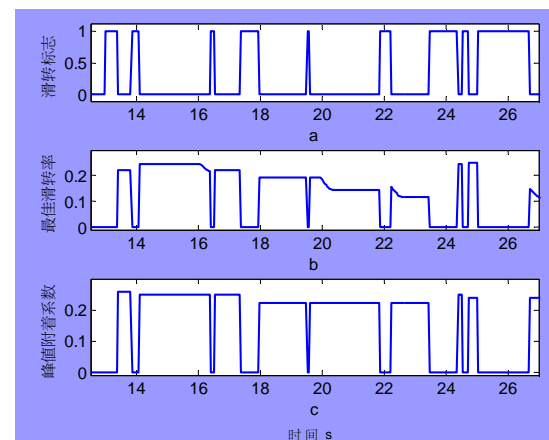


图13 识别器输出

各轮转矩最佳分配理论（仿真）

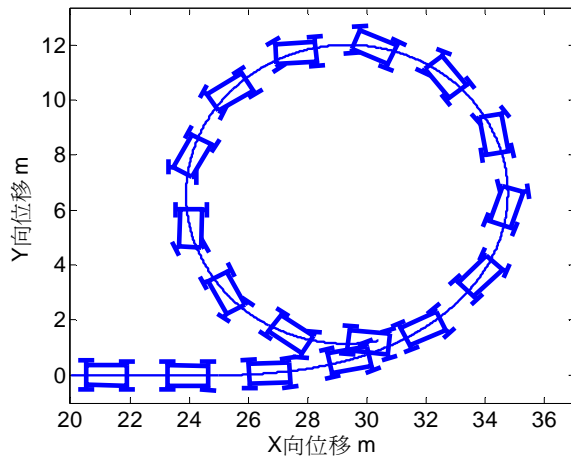


图 3-44内外轮转矩不等分配时的轨迹

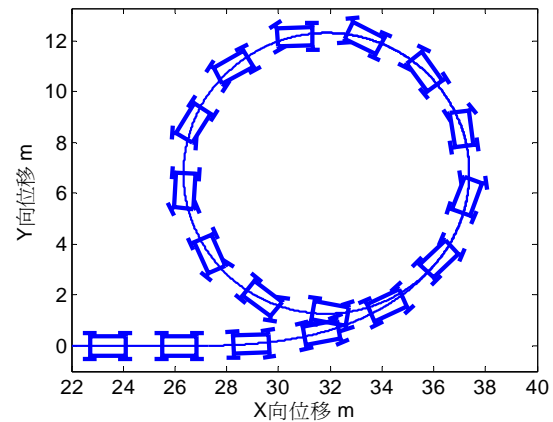


图 3-45内外轮转矩等比分配时的轨迹

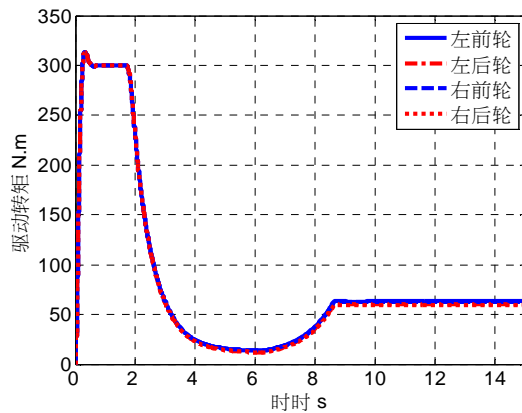


图 3-46内外轮转矩相等时的驱动转矩

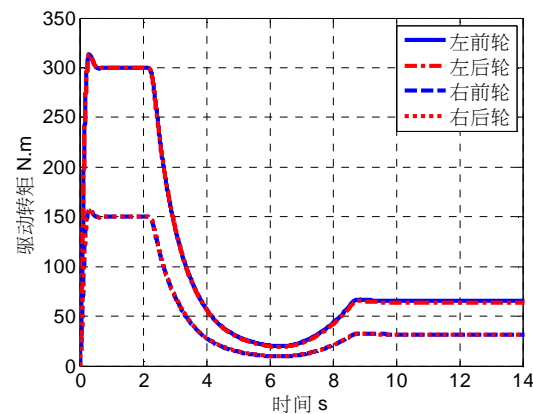


图 3-47内外轮转矩比为1:2时的驱动转矩

动力学控制器作用效果（仿真）

- 图17是无动力学控制器作用时，汽车在低附着路面行驶的的姿态与轨迹。图18是所设计的动力学控制器作用时，在同样低附着路面行驶的的姿态与轨迹。

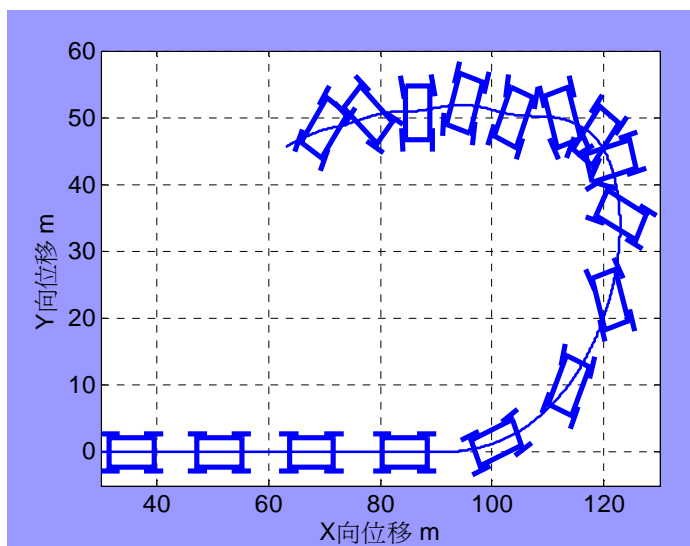


图17 无VDC控制时的行驶轨迹

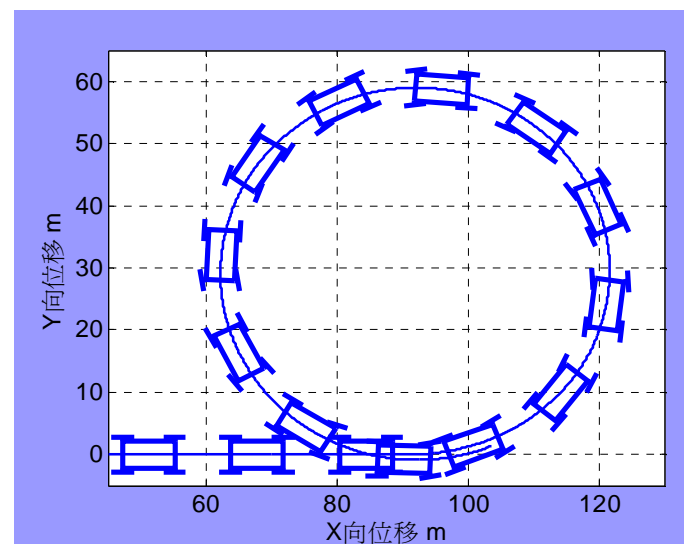
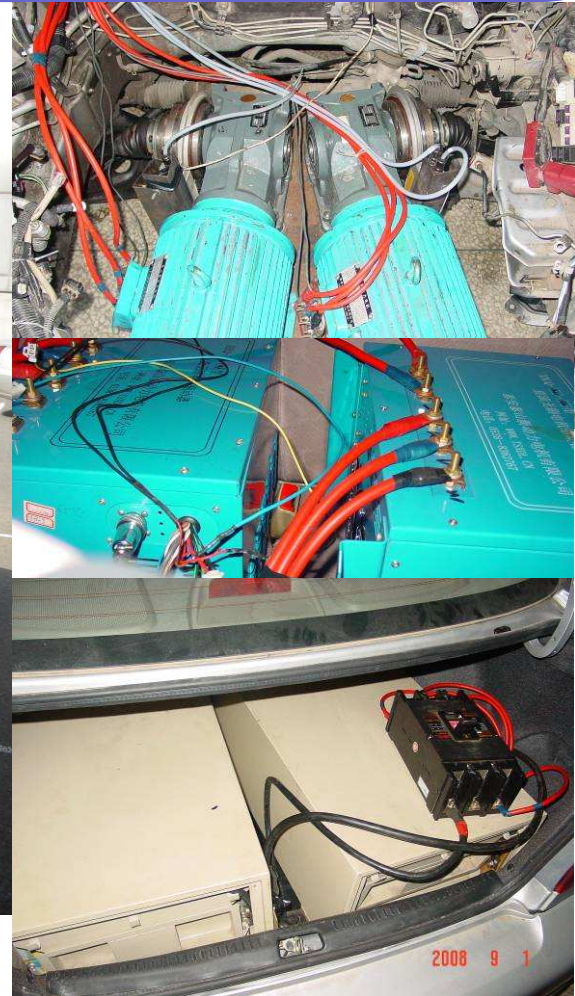


图18 VDC控制时的行驶轨迹

第二代试验车



附着系数分离路面牵引力试验

无牵引力控制试验

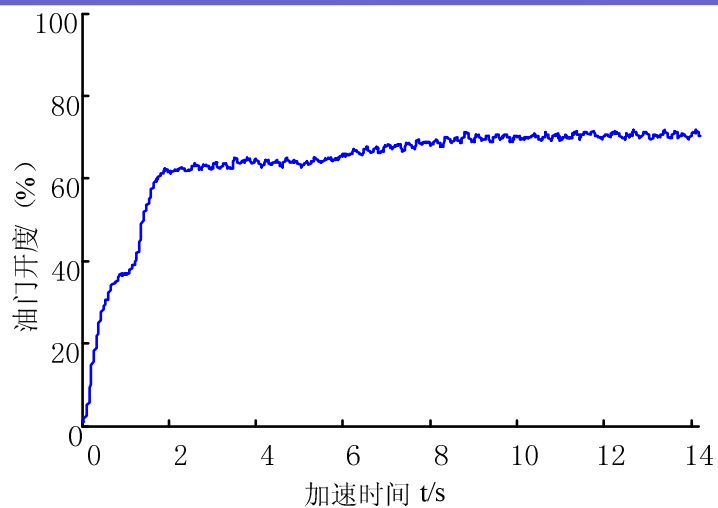


图34 油门开度

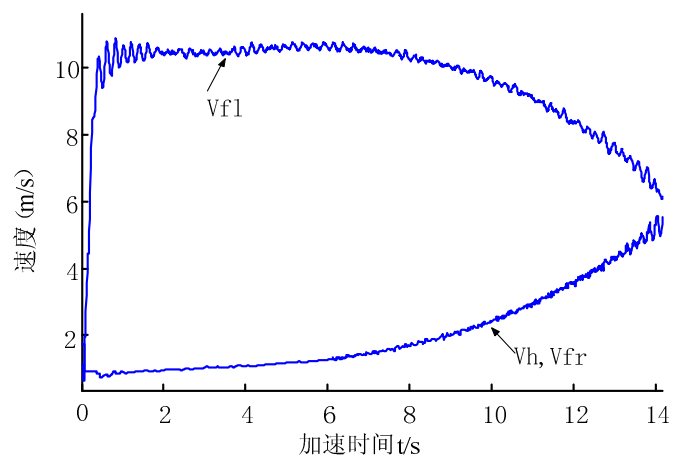


图35 车速及轮速变化

有牵引力控制试验

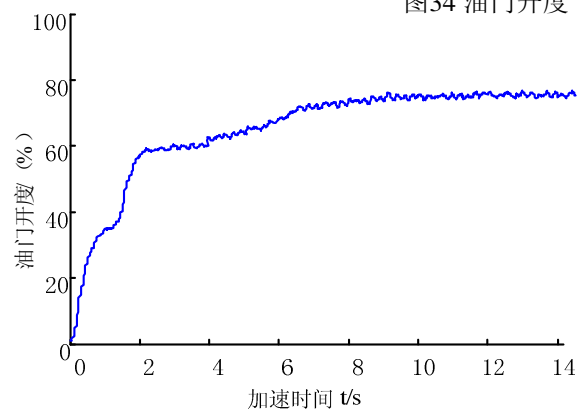


图37 油门开度

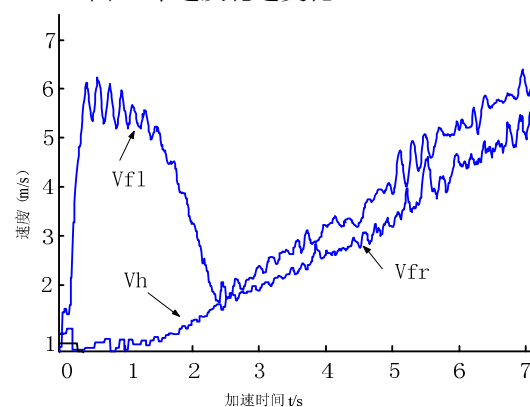


图38 车速及轮速变化

均匀冰路面道路牵引力试验

无牵引力控制试验

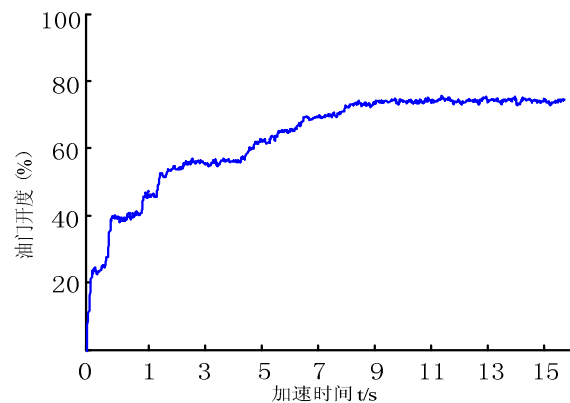


图40 油门开度

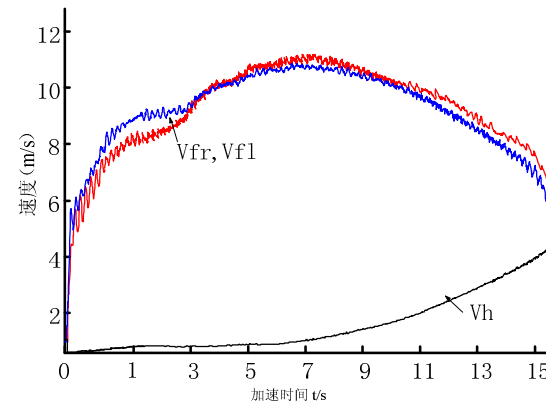


图41 车速及轮速变化

有牵引力控制试验

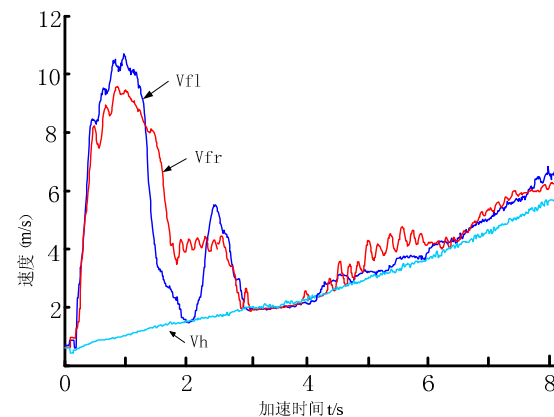


图 43 车速及轮速变化

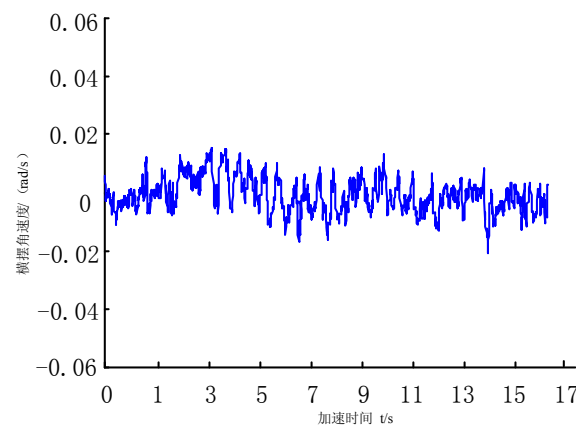


图44 横摆角速度变化

与天津一汽夏利合作开发样车



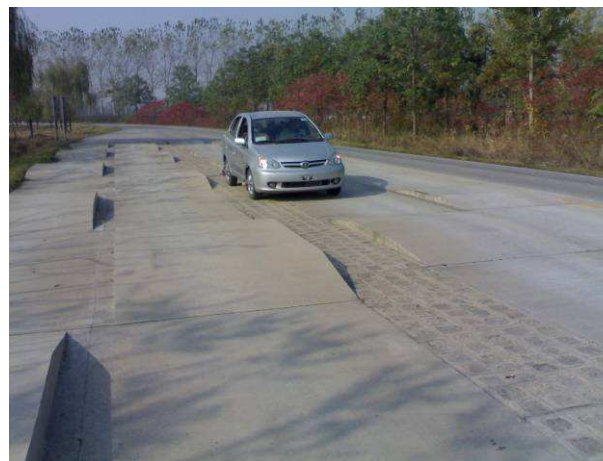
第一轮样车差速试验



第一轮样车的电动轮

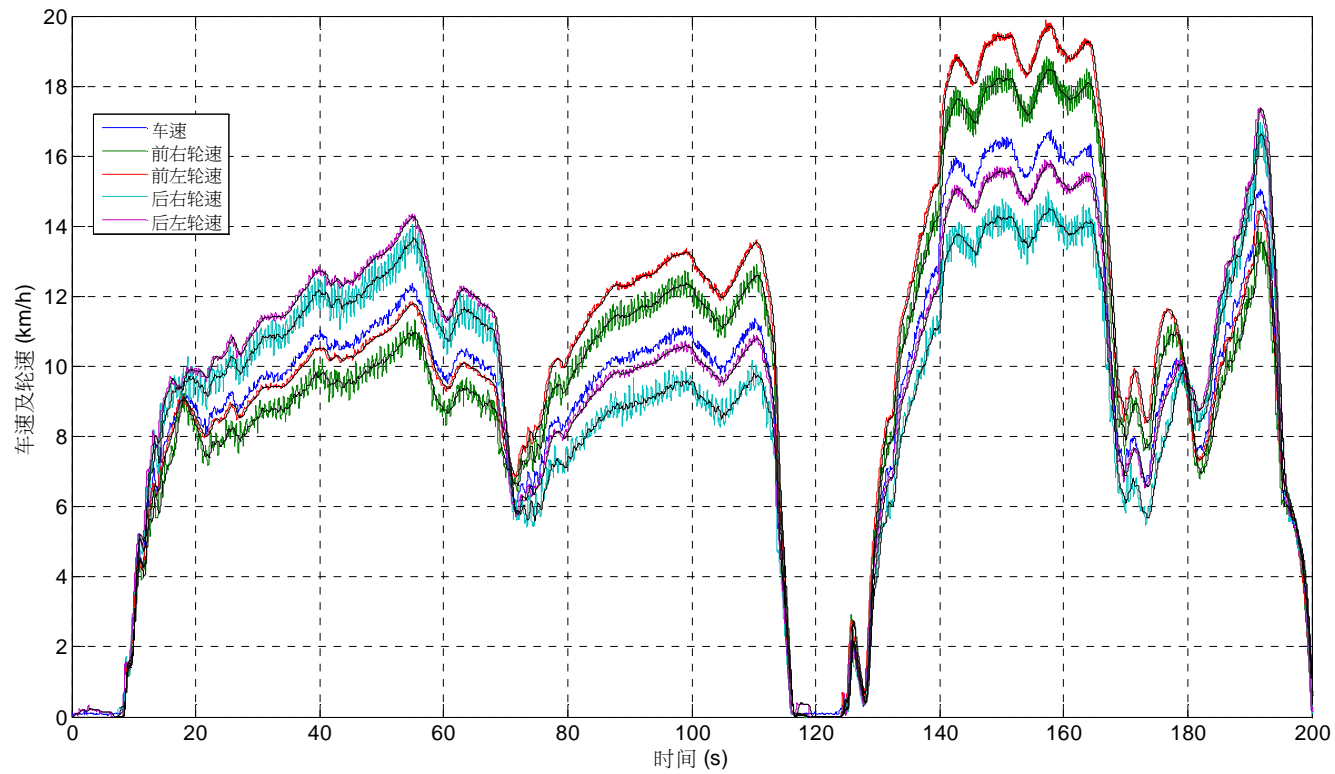


产品样车转向差速试验

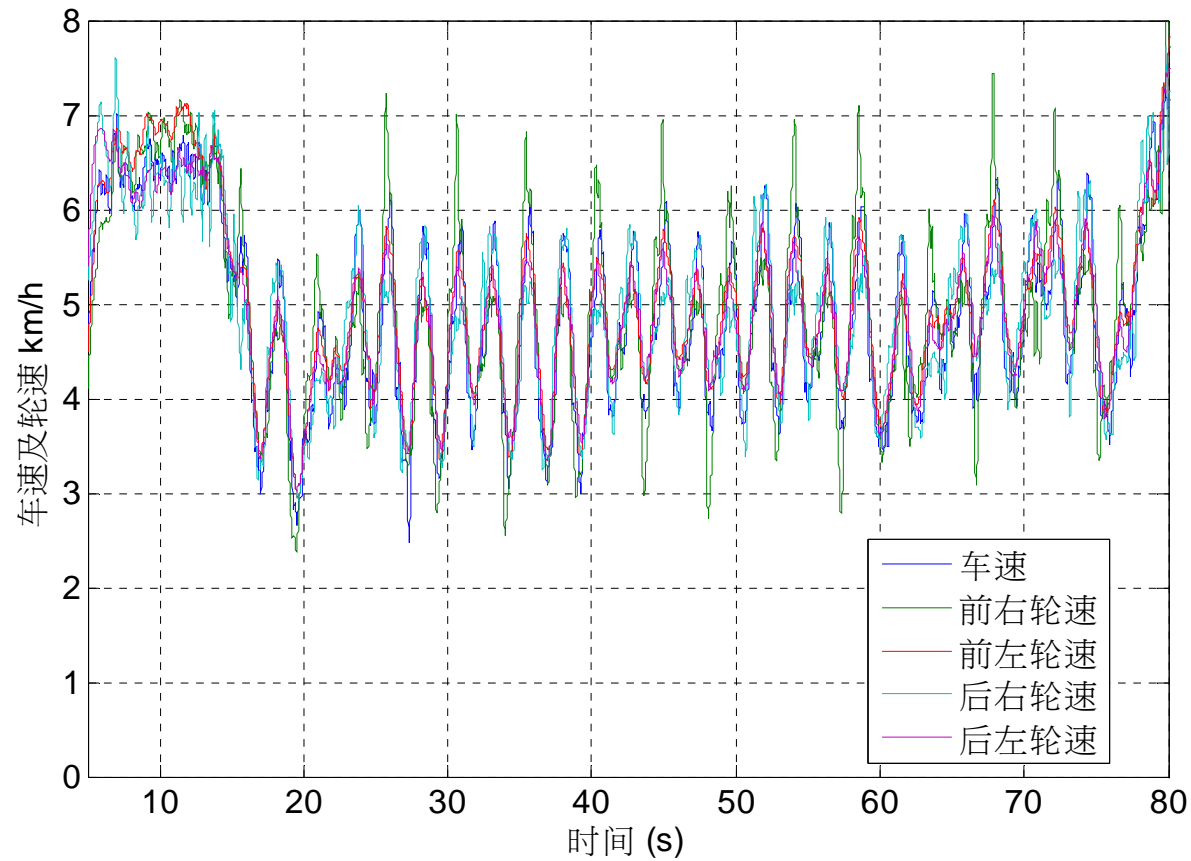


产品样车转向不平路面差速试验

差速试验（转向）

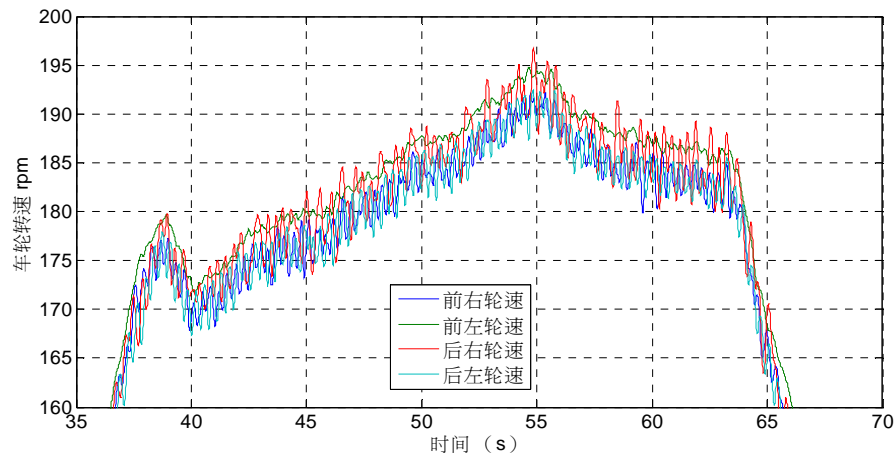


双侧车轮行驶于扭曲路差速试验

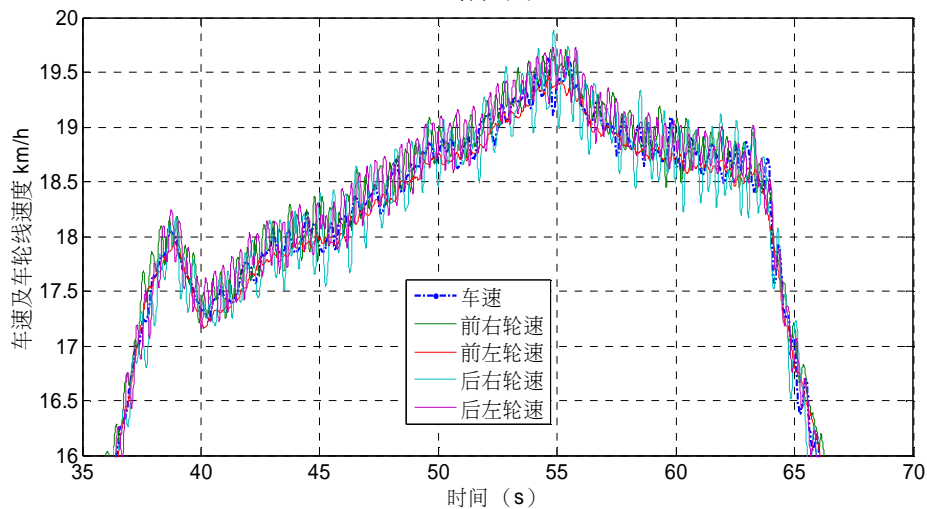


车轮半径不等时的差速试验

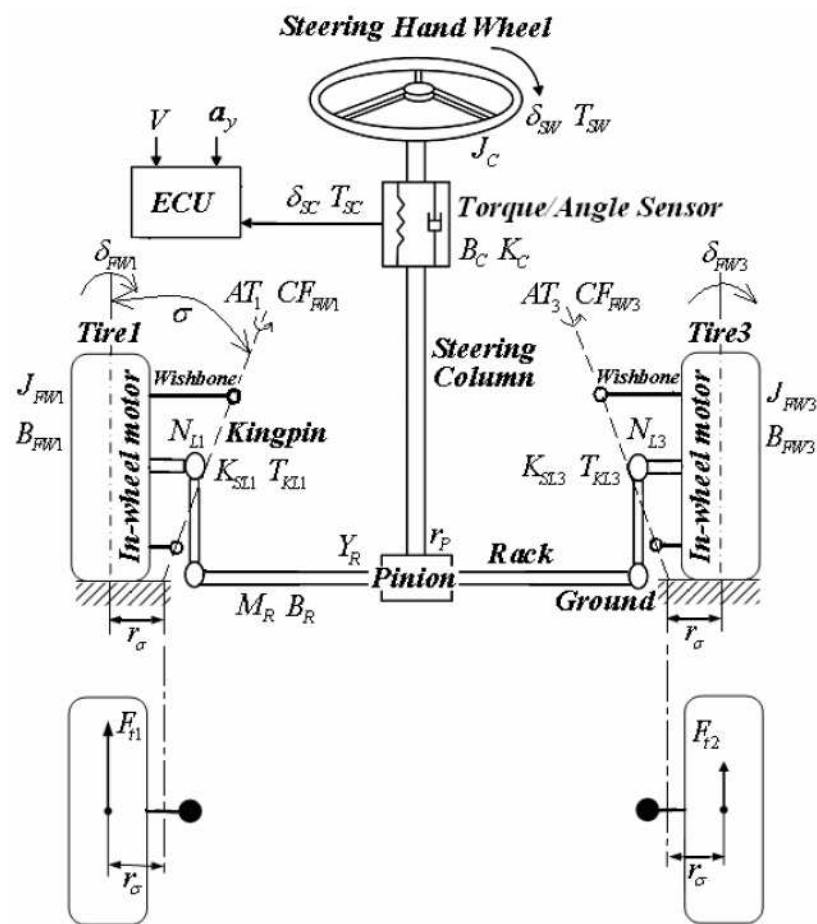
各车车轮转速曲线



各车车轮滚动线速度曲线



驱动助力转向原理



驱动助力转向控制仿真验证

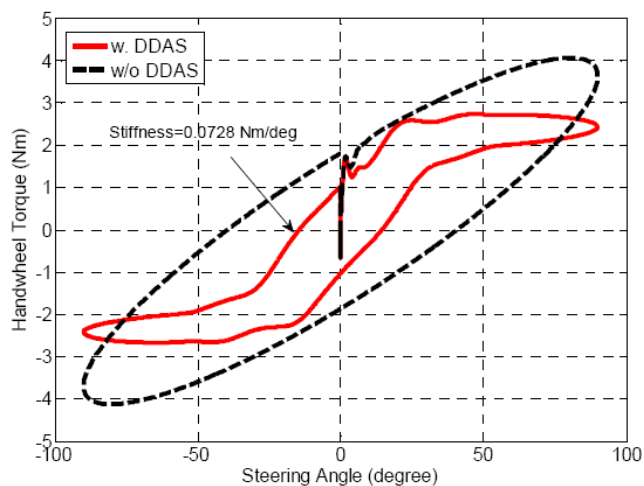


Figure 3. Hand wheel torque – steering angle curve at 26 km/h speed

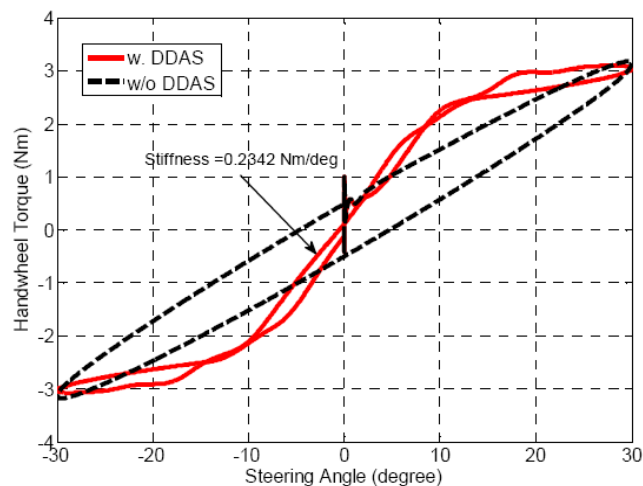


Figure 4. Hand wheel torque – steering angle curve at 50 km/h speed

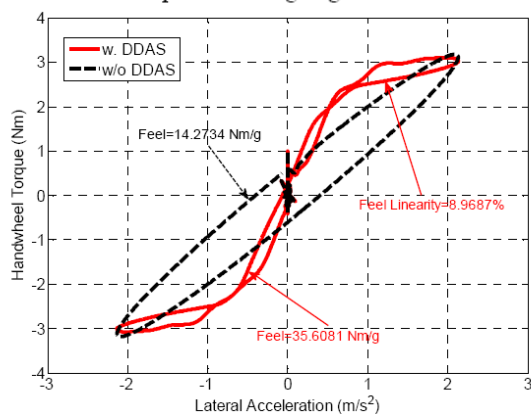


Figure 6. Hand wheel torque – lateral acceleration curve at 50 km/h

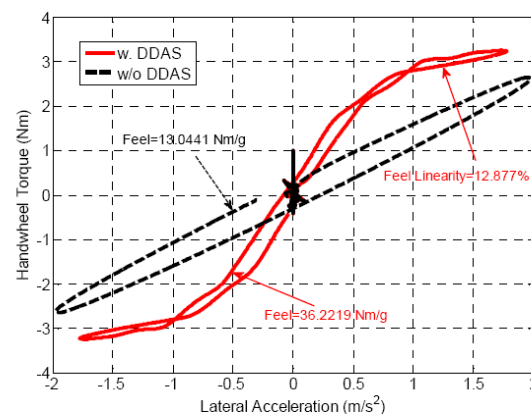


Figure 7. Hand wheel torque – lateral acceleration curve at 80 km/h

小结

经过近五年的前期研究，课题组在电动轮驱动技术研究方面取得的初步成果主要包括：

- 自适应差速技术
- 转向行驶时各轮转矩最佳分配与协调控制。
- 行驶路面附着特性实时识别方法。
- 电动轮智能牵引力控制策略。
- 汽车动力学参数识别方法。
- 驱动助力转向技术。

前景展望

- 今年国家已出台新能源汽车鼓励政策。
- 国内电池技术及产品已很成熟。
- 作为关键部件的轮毂电机，国外已有多家公司生产，如Magnet Motor，TM4，PML，GE等。
- 国内的电动轮驱动汽车的整车控制技术达到世界先进水平，具有很强竞争力。
- 电动轮驱动汽车具备了规模应用的政策环境与市场环境。

谢谢！

wqn@jlu.edu.cn