



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

磁流变智能材料研究进展与应用

土木工程学院

李少琪

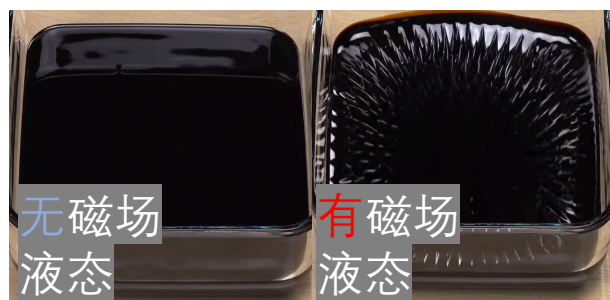
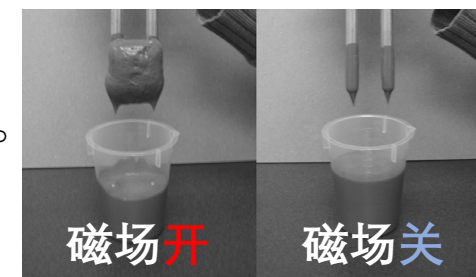
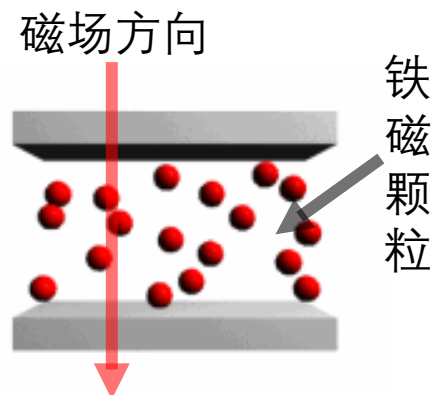
Email: shaoqi@njtech.edu.cn

Mobile: 18326670719

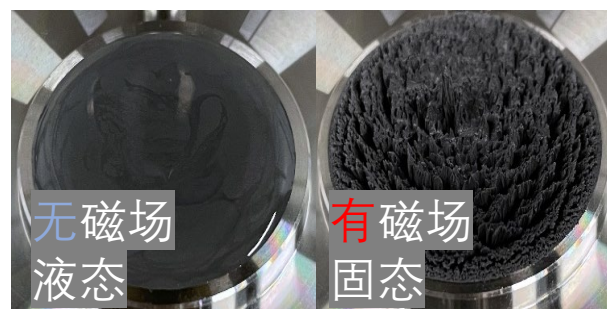


1. 磁流变材料基本概念及应用前景

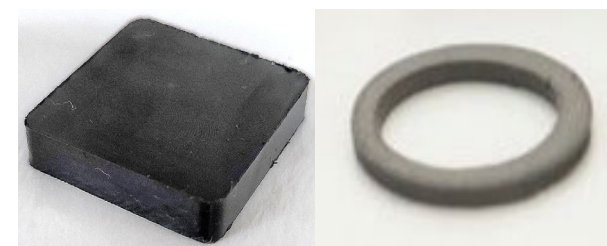
- 由纳米、微米级的铁磁颗粒分散在非磁性基体中形成的智能材料；
- 材料性能可由外加磁场控制、调节，该效应被称为磁流变效应；
- 磁流变效应能耗低、易于控制、响应迅速（毫秒级）、可逆性；
- 用于制备磁流变材料的基材种类多样，可根据应用场景灵活选择；
- 磁流变材料种类多样，其中磁流变液、磁流变弹性体的应用最为成熟；
- 应用领域包括：设备减振、半主动控制系统、吸声减噪、软体机器人等。



• 磁流变液



• 磁流变胶

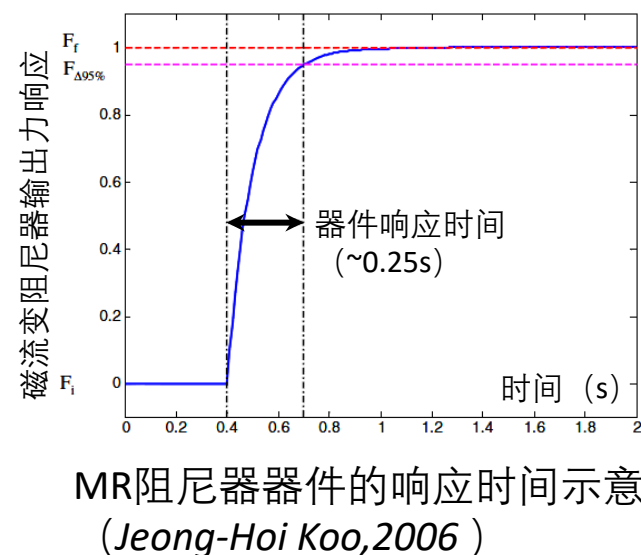
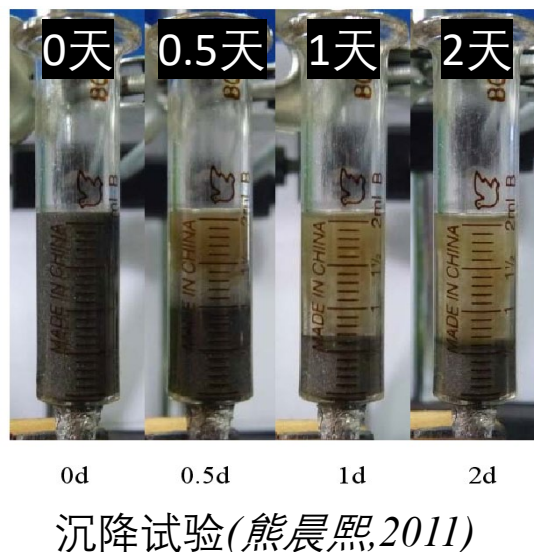
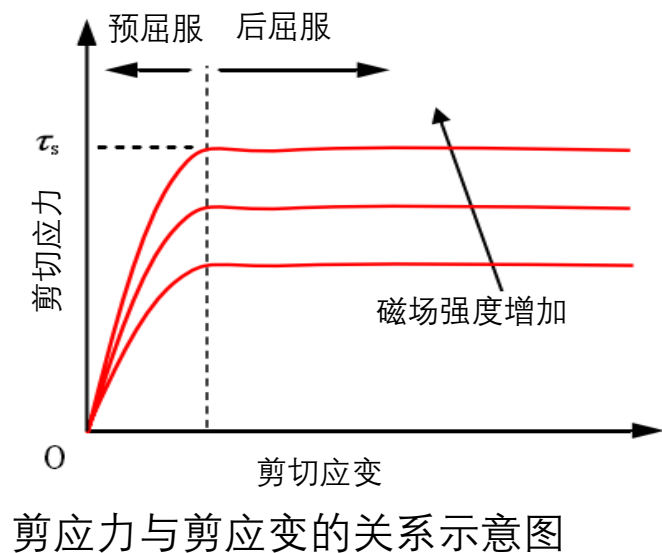


• 磁流变弹性体

2. 磁流变液智能材料

2.1 磁流变液典型特性

- 磁流变液的力学行为表现有：预屈服、后屈服两个阶段。开始时，处于预屈服阶段，剪应力随剪应变的增加而增加，表现为一定的粘弹性；达到最高值即屈服应力 τ_s 后进入屈服阶段，随着剪应变的进一步增加，剪应力基本保持不变，类似 Bingham 流体，此为后屈服阶段。随着磁场的增加，磁流变液的屈服应力也会增加。



2. 磁流变液智能材料

2.2 磁流变液应用

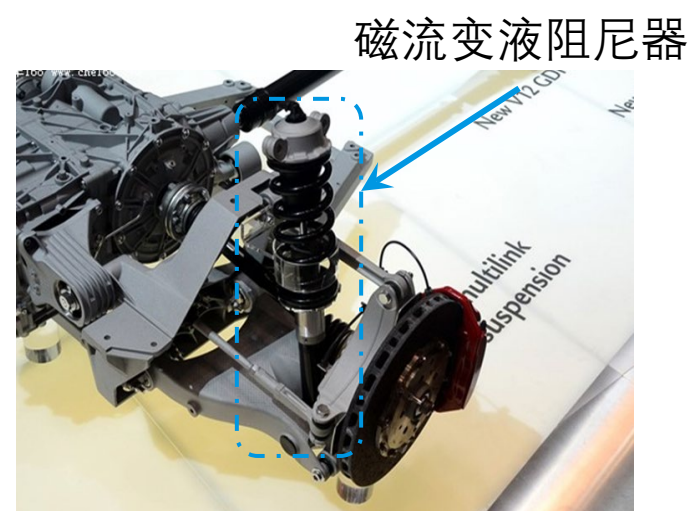
- 车辆悬架系统（商业案例）



- 凯迪拉克
ATS-L悬挂



- 奥迪R8
悬挂系统

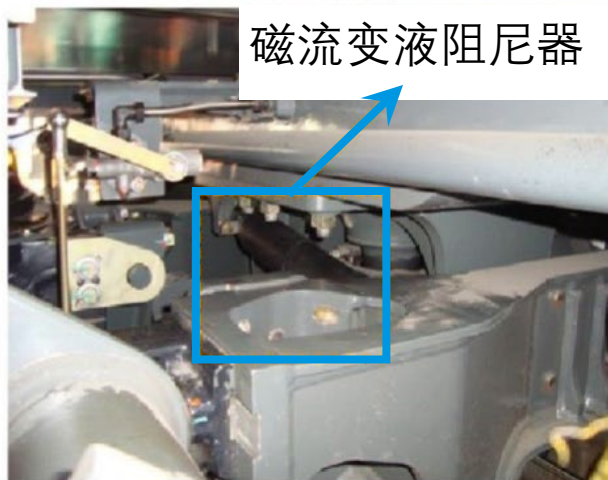


- 法拉利FF
悬挂系统

2. 磁流变液智能材料

2.2 磁流变液应用

- 车辆悬架系统（特种车辆）



- 和谐号高铁及磁流变阻尼器的安装

- 军用车辆悬挂系统

2. 磁流变液智能材料

2.2 磁流变液应用

- 武器反后坐抗冲击磁流变缓冲器

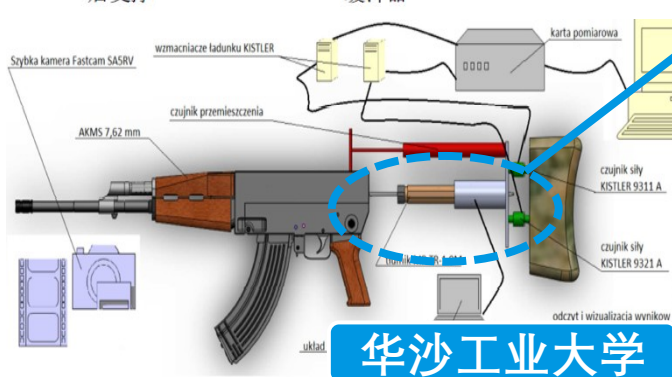


维吉尼亚理工大学

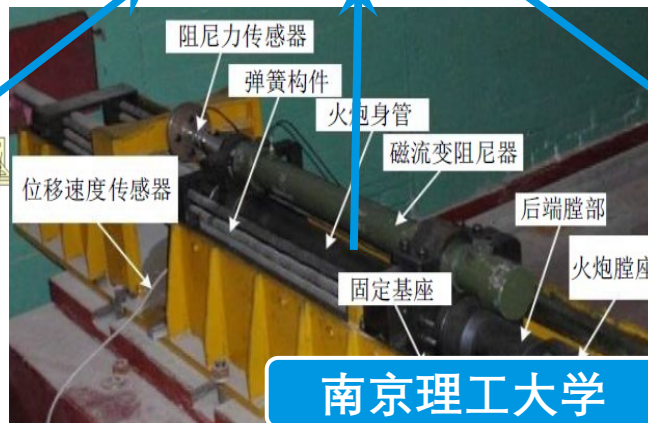
磁流变阻尼器



华沙工业大学



华沙工业大学



南京理工大学

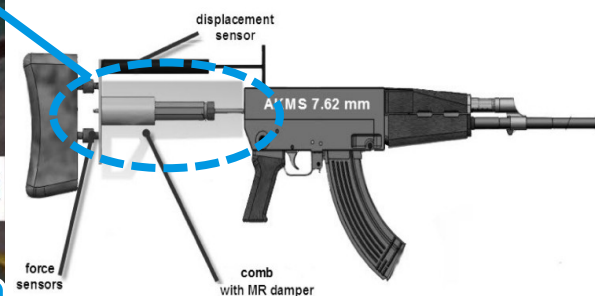


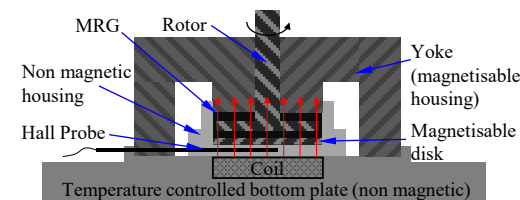
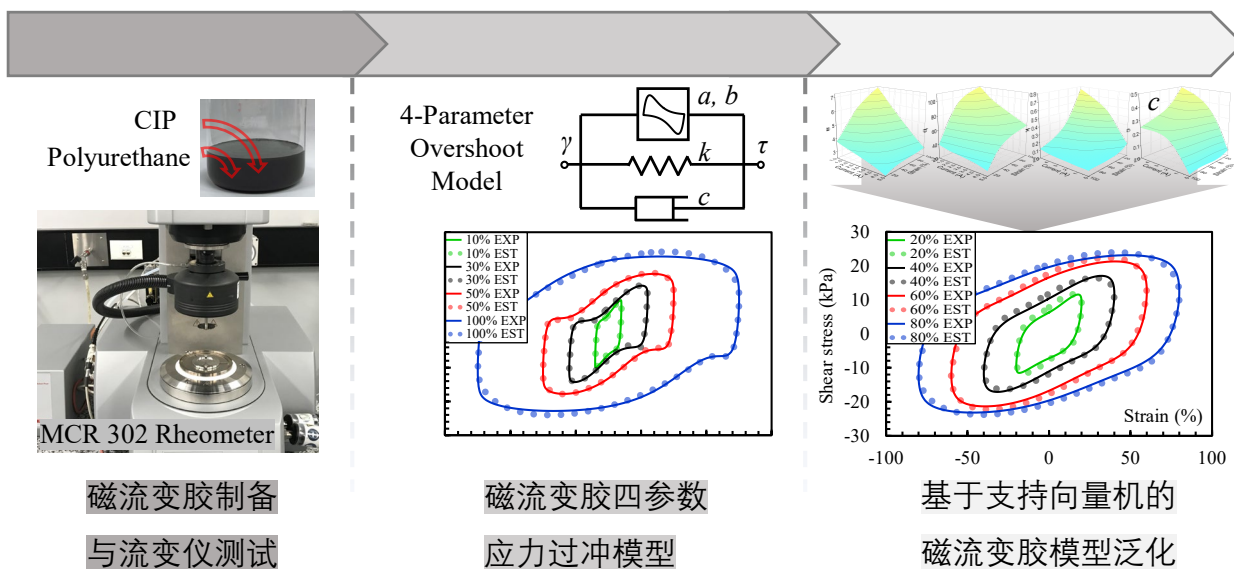
Fig. 4. Configuration of the carbine supported with force and displacement sensors

3. 课题组研究进展及未来工作

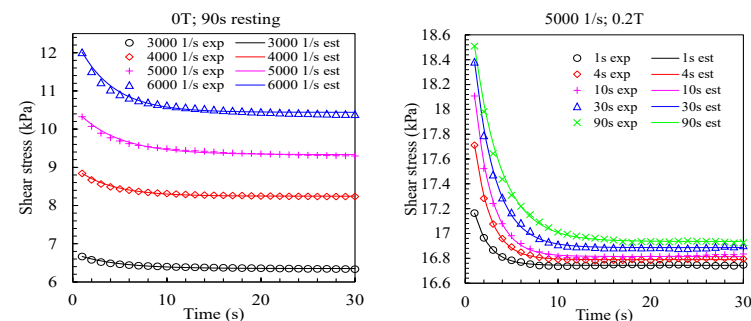
3.1 新型磁流变材料开发与机理研究

- 磁流变胶大幅值震荡剪切下的动态力学性能测试、建模与模型泛化

- 磁流变胶触变性能测试与建模



磁流变胶双平板测试



- Influence of shear rate
磁流变胶触变性能与剪切速率和时间关系
- Influence of resting time
磁流变胶触变性能与静置时间和时间关系

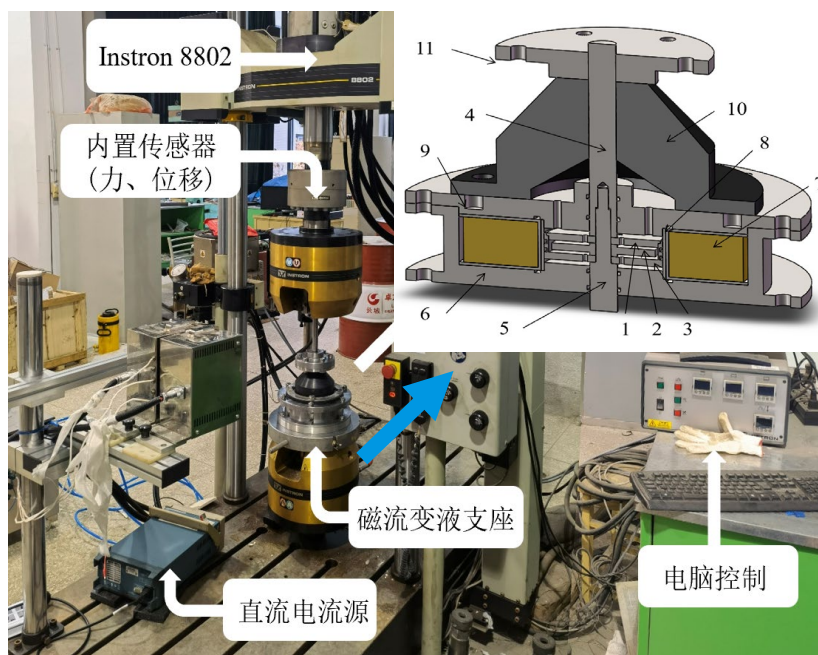
Li S, Tian T, Wang H, Li Y, Li J, Zhou Y, *et al.* Development of a four-parameter phenomenological model for the nonlinear viscoelastic behaviour of magnetorheological gels. *Materials & Design* 2020, 194: 108935.

Li S, Li Y, Li J. Thixotropy of magnetorheological gel composites: Experimental testing and modelling. *Composites Science and Technology* 2021, 214: 108996.

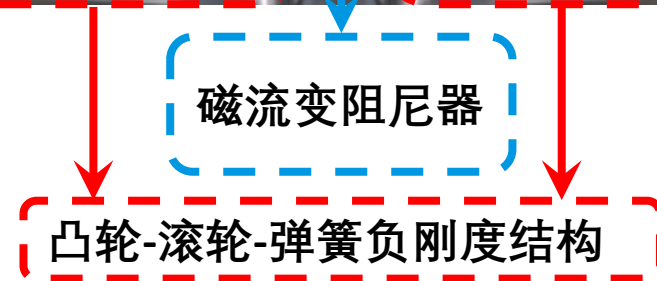
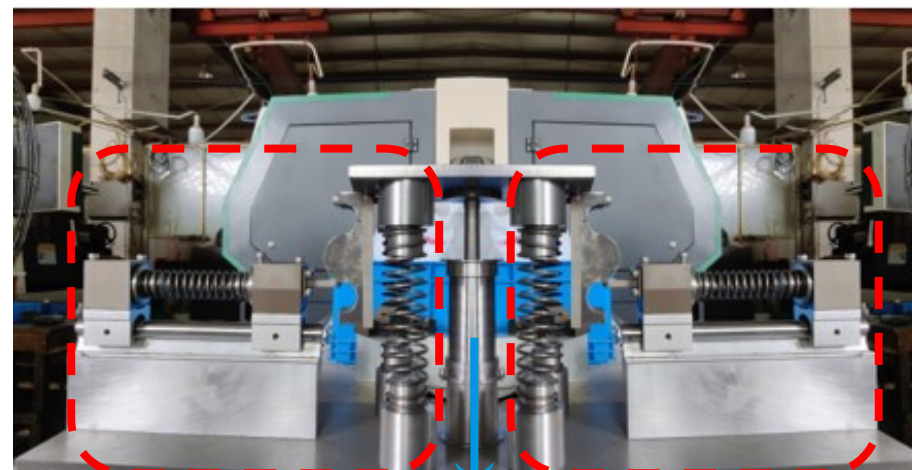
3. 课题组研究进展及未来工作

3.2 磁流变材料应用研究

- “挤压-阀”双模式的阻尼结构的磁流变液支座
- 具有负刚度和可调控阻尼的隔振器



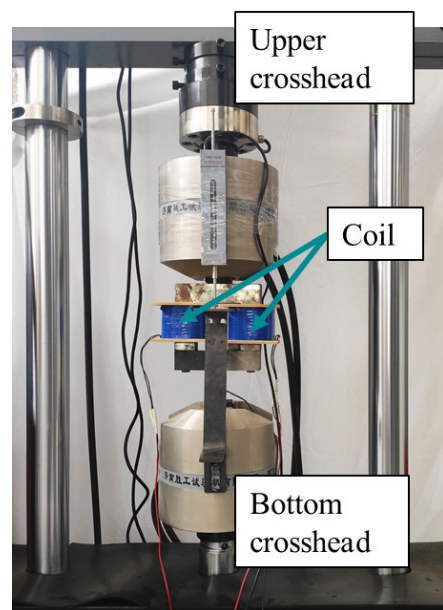
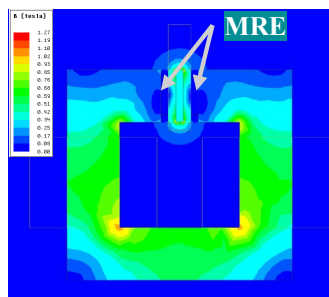
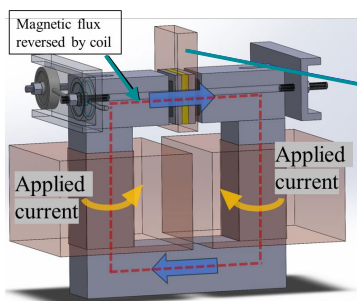
Huang J, Li S, Zhou Y, Xu T, Li Y, Wang H, *et al.* A heavy-duty magnetorheological fluid mount with flow and squeeze model. *Smart Materials and Structures* 2021, 30(8): 085012.



3. 课题组研究进展及未来工作

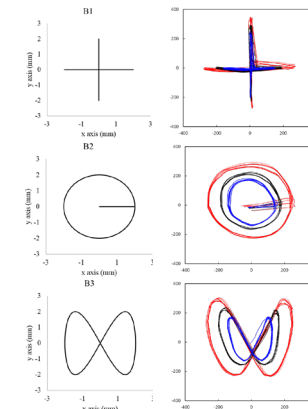
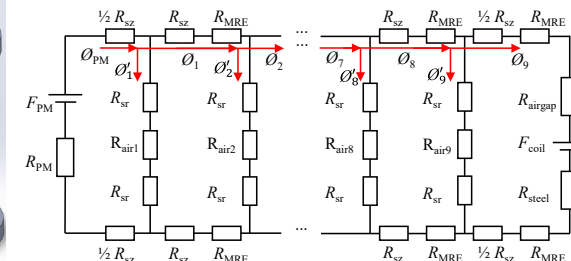
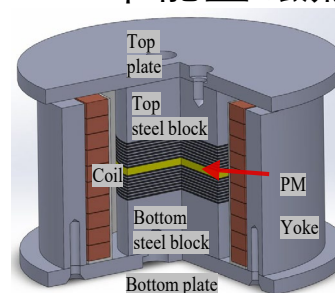
3.2 磁流变材料应用研究

- 基于混合磁铁夹具的磁流变弹性体性能测试



Li S, Liang Y, Li Y, Li J, Zhou Y. Investigation of dynamic properties of isotropic and anisotropic magnetorheological elastomers with a hybrid magnet shear test rig. *Smart Materials and Structures* 2020, 29(11): 114001.

- 节能型磁流变弹性体隔震器

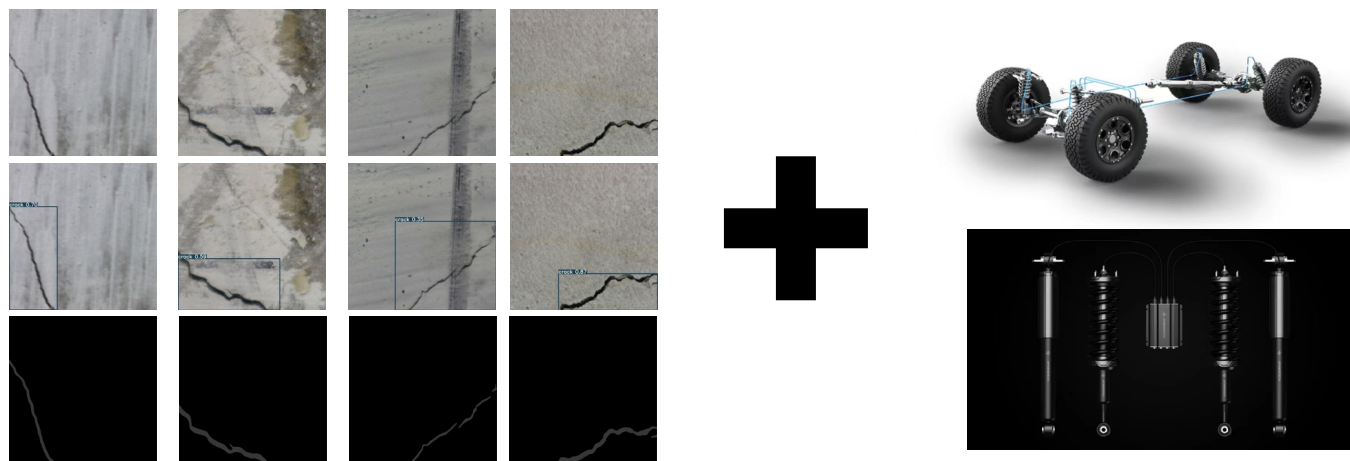


Li S, Watterson PA, Li Y, Wen Q, Li J. Improved magnetic circuit analysis of a laminated magnetorheological elastomer device featuring both permanent magnets and electromagnets. *Smart Materials and Structures* 2020, 29(8): 085054.

3. 课题组研究进展及未来工作

3.3 研究进展及未来工作

- 课题组目前具有磁流变减振系统设计能力，包括磁流变材料生产、减震器设计与生产、控制算法开发以及车辆悬架路试条件，合作开发了国内首套整车磁流变悬架。此外，基于深度学习的计算机视觉检测研究也为课题组主要研究领域，目前已应用于混凝土、沥青、钢材等表面的裂纹检测，未来将结合悬架控制与计算机视觉开发主动悬架路面预瞄系统。



感谢!

