

目标明确持之以恒的紧密型校企合作

杨华勇

Huayong Yang

浙江大学机械工程学院

Zhejiang University, Hangzhou

2016年7月5日

报告内容

1. 校企合作基础

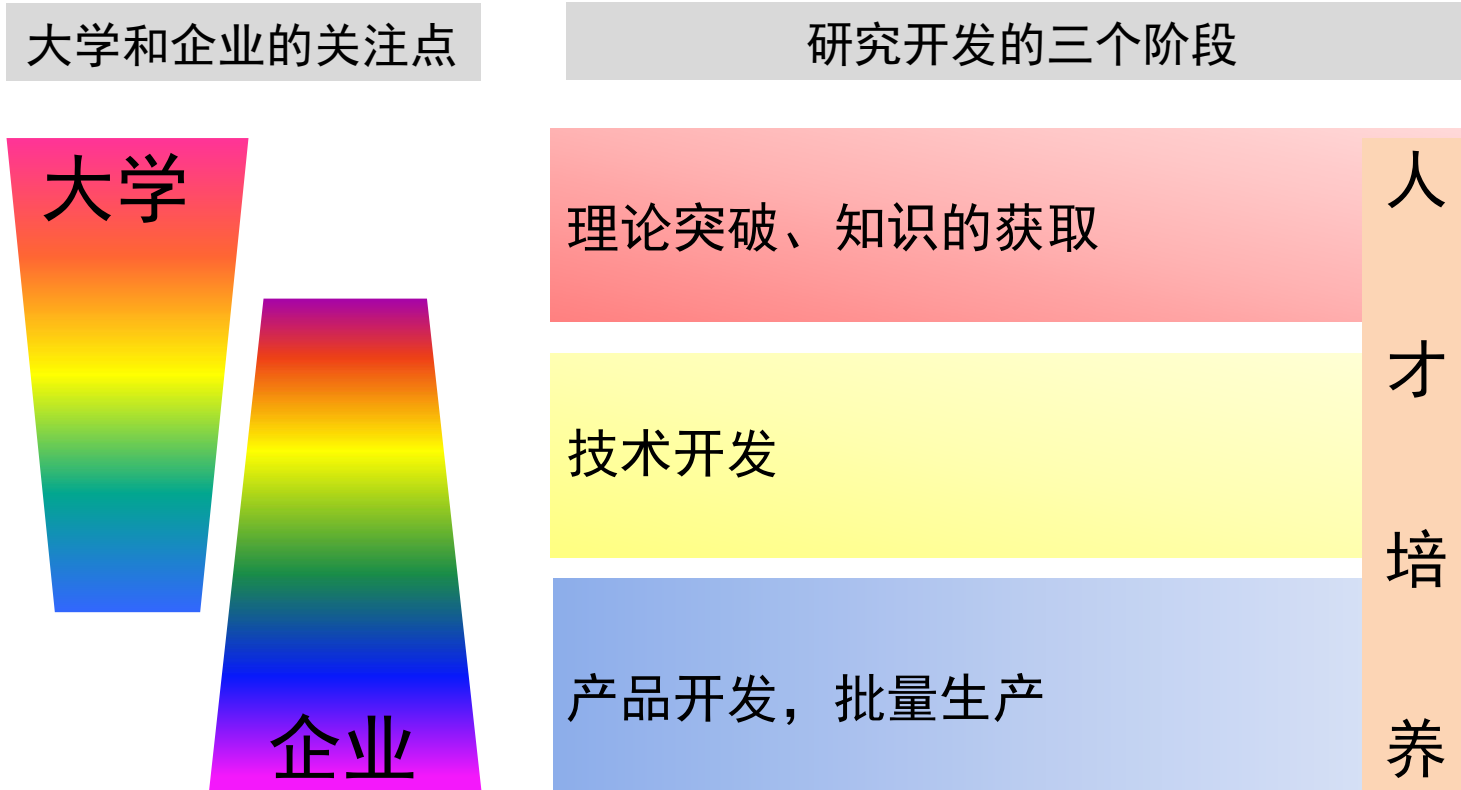
2. 两种合作模式

- (1) 大学发现新方法，开发新技术，与企业合作实施
- (2) 大学提出解决方法，与企业合作共同开发新技术

3. 体会与感受

1. 校企合作基础

大学与企业关注点不同，促进经济社会发展的愿景相同，有合作的基础。



共同目标和愿景：新技术开发和人才培养，提高竞争力

引用美国宇航局（NASA）提出技术成熟度等级（TRL）的概念，**校企在技术开发不同阶段的参与程度**

大学



企业

TRL	定义	技术状态
1	发现和报告技术基本原理	通过基础性观察活动确定潜在应用，但尚未形成技术单元的概念。
2	阐明技术概念和/或应用	形成潜在应用和初步的技术单元概念，但尚未验证。
3	关键功能和/或特性进行概念验证	详细描述技术单元概念，通过由实验（经验）数据/特性支撑的分析模型演示预期性能。
4	实验室环境下的部件和/或原理样件的功能验证	通过实验室环境下的原理样件试验验证功能性
5	部件和/或原理样件的关键功能验证	识别技术单元的关键功能，定义与之相关的相关环境。建造原理样件（非全尺寸）
6	在相关环境下用模型演示技术单元的关键功能	验证技术单元的关键功能，在相关环境下通过典型模型（外形、安装功能）演示性能
7	用模型演示技术单元在使用环境下的性能	建造并试验能够反映模型设计的所有因素的典型模型，为在使用环境中演示性能
8	完成实际系统	模型通过鉴定，并集成到最终系统中
9	产品开发和应用	技术成熟了。技术单元成功开始服役。

2. 两种合作模式

(1) 大学发现新方法，开发新技术，与企业合作实施

共同愿景： 技术进步驱动产品升级

大学关注重点： 理论、技术进步

企业关注重点： 新产品拓展市场

典型案例： 液压电梯速度与位置控制技术及应用

(2) 大学提出解决方法，与企业合作共同开发新技术

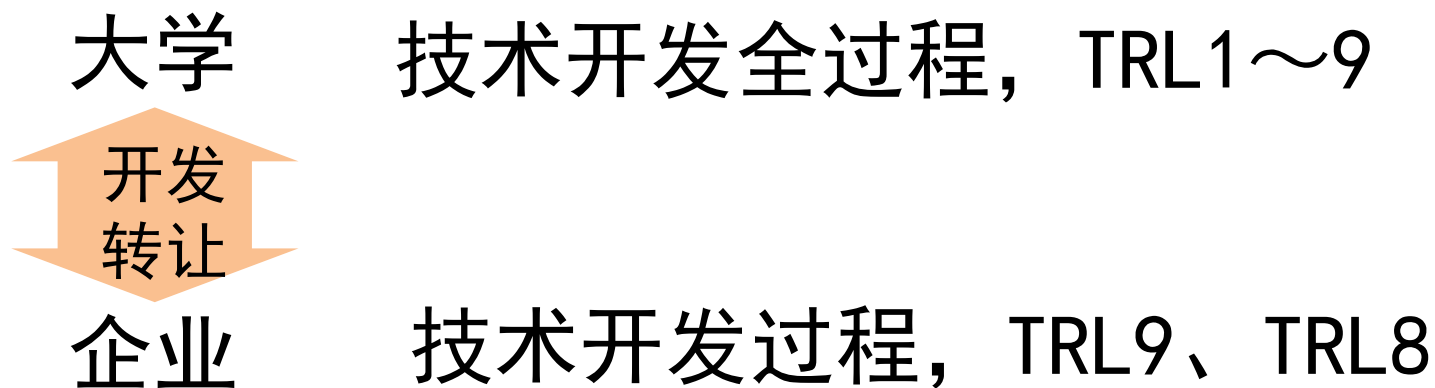
共同愿景： 解决工程实际问题，实现产品技术升级

大学关注重点： 理论、技术进步

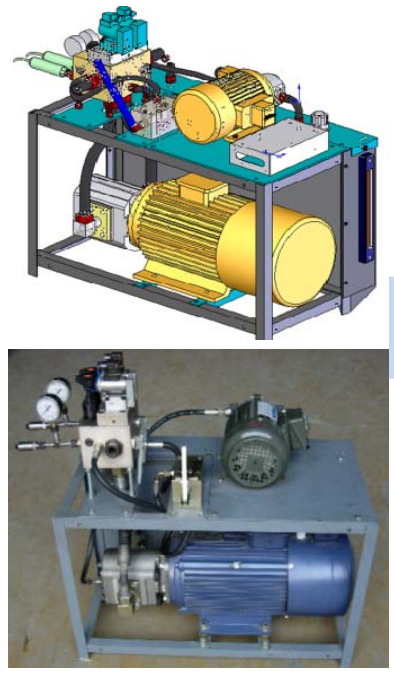
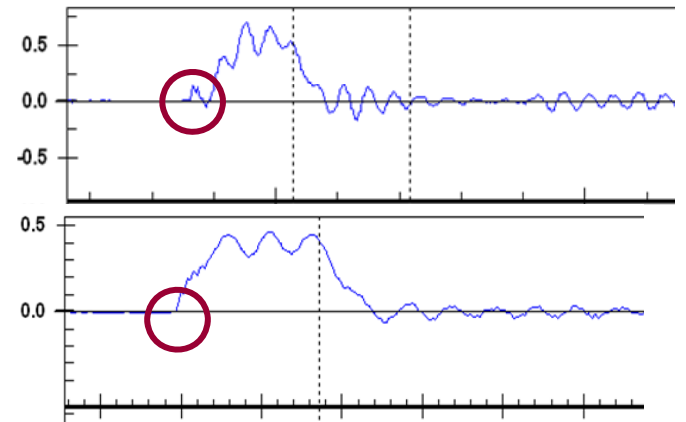
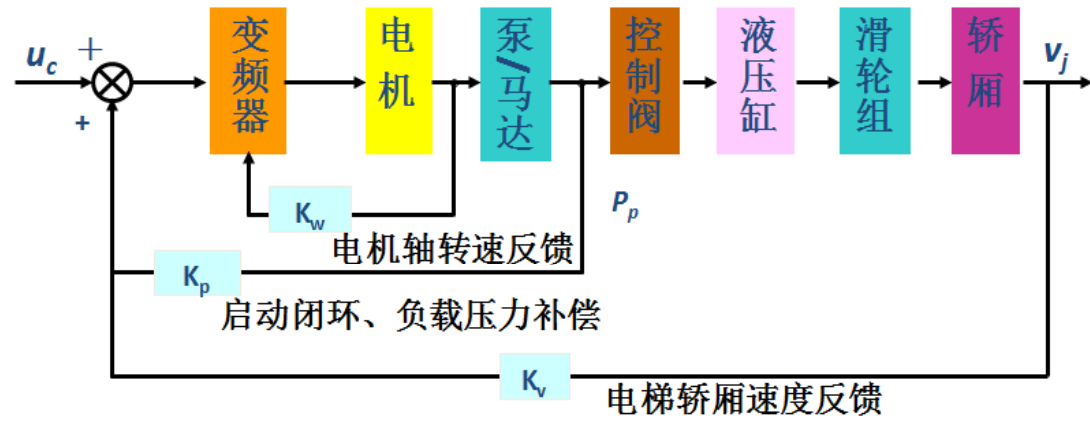
企业关注重点： 解决工程问题，提升产品市场竞争力

典型案例： 盾构装备关键技术创新及工程应用

案例1：液压电梯速度与位置控制技术及应用



提出多级反馈流量控制方法，解决变液容等因素干扰的速度精确控制技术难题，显著提高乘坐舒适度（大学）。



优化测试

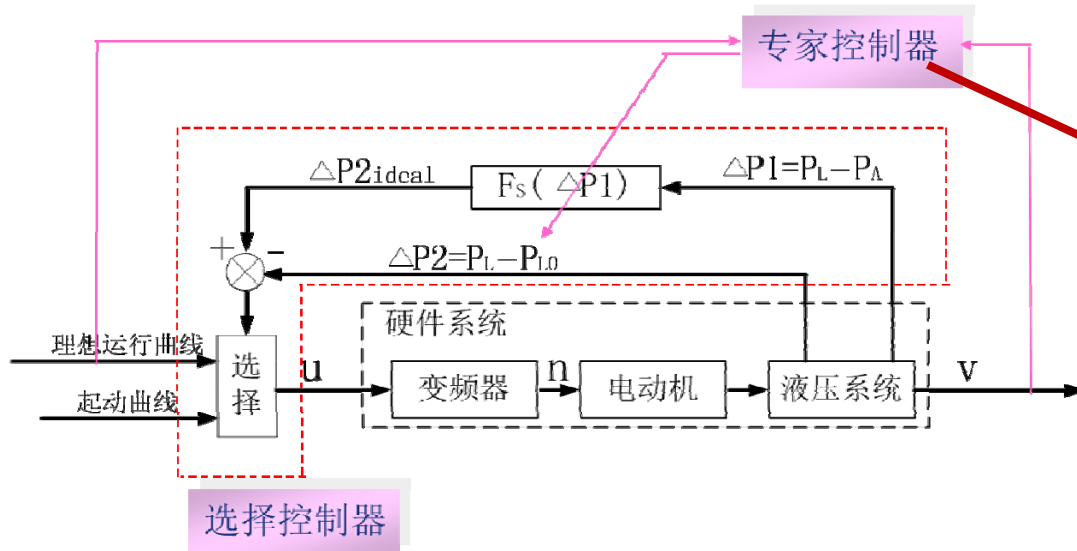


成效（相比传统产品）

- 轿厢速度波动率由 ±8%降低到 ±3%；
- 轿厢加速度变化率降低50%。

授权发明专利：（大学）
ZL200610155206.7

提出多维模糊识别局部闭环控制方法，解决停层位置精度控制技术难题，大幅提高运行效率和安全性（大学）。



$$v_c = [k_1 \cdot \omega - Q_q] / k_2$$

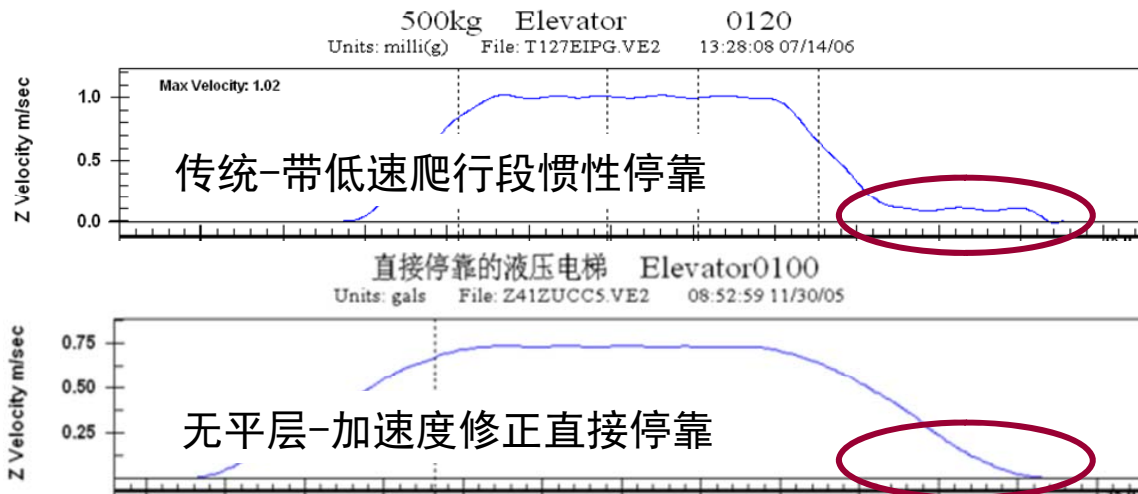
$$Q_q = Q_{q0} + \Delta Q_q = Q_{q0} + f(\Delta p_1, T)$$

$$\Delta p_1 = \pm \left(\sum \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \sum \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \Delta p_f \right)$$

位置控制补偿算法

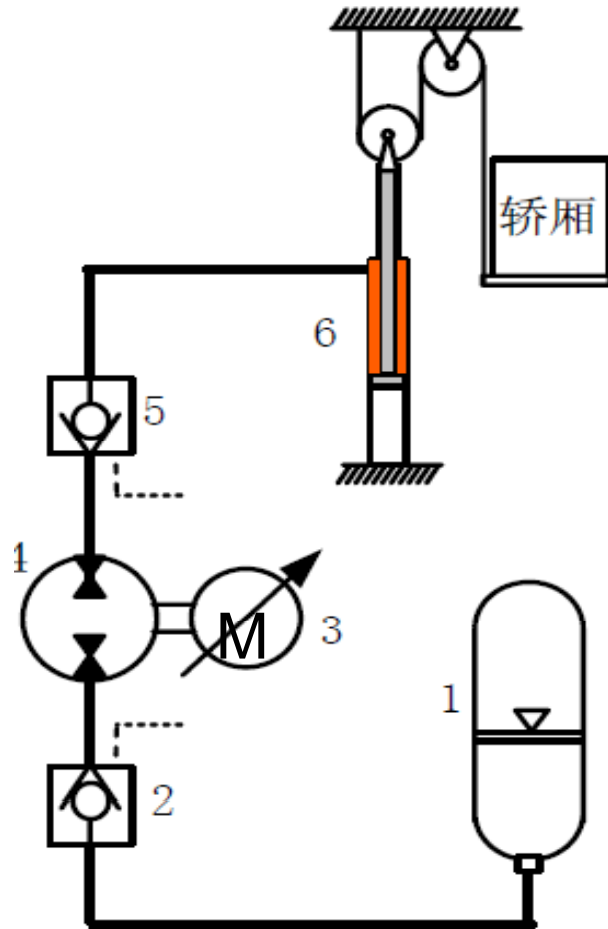
成效（相比传统产品）

- 停层精度由 ±15mm 提高到 ±5mm；
- 电梯运行效率平均提高 30%。



授权发明专利：（大学）
ZL96105408.5

提出变转速容积调速方法，发明蓄能器-泵/马达能量转换高效势能回收技术，运行能耗大幅下降（大学）。



成效（相比传统阀控产品）

➤载重1000kg、速度1m/s，装机功率从33Kw减为11Kw，仅为原来的33%

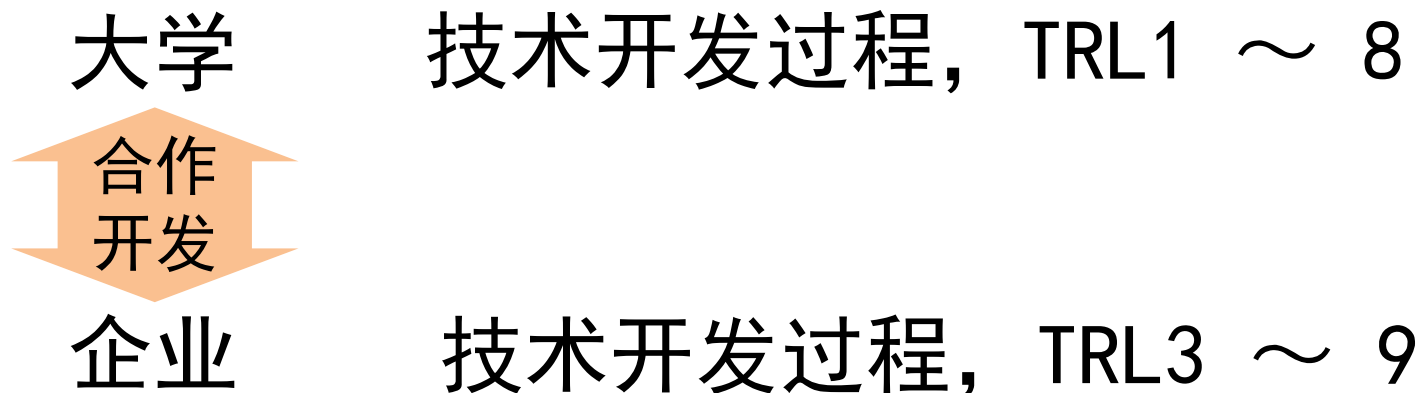
➤系统总效率从25%提高到71%，运行能耗仅为原来的39%

发明专利：液压配重可变节能液压升降系统ZL200610155206.7（大学）

企业+大学：西子电梯等7家国内电梯龙头企业应用大学的技术完成了液压电梯系列产品开发，实现了量产。大学开发的电液系统为上海三菱等国际品牌配套，技术推广面占国内液压电梯企业的**70%**。

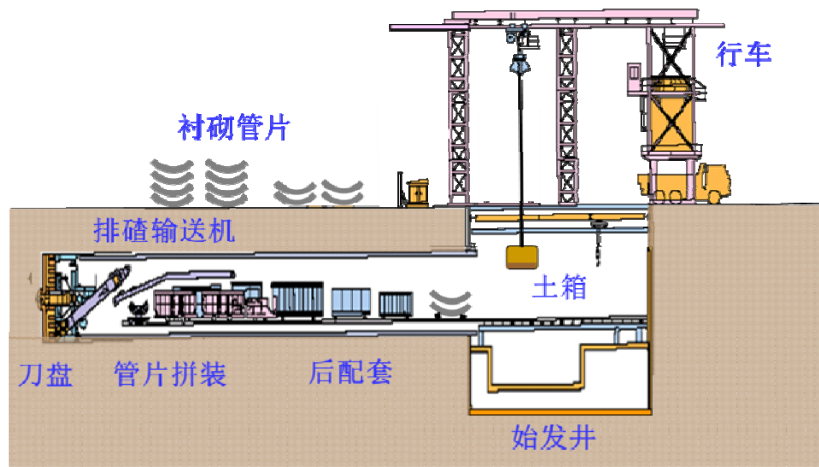
- 授权发明专利15项
- 发表SCI/EI论文40篇
- 专著(第1作者)《液压电梯》(机械工业出版社, 1996年)
- 获2003年国家科技进步二等奖

案例2：盾构装备关键技术创新及工程应用

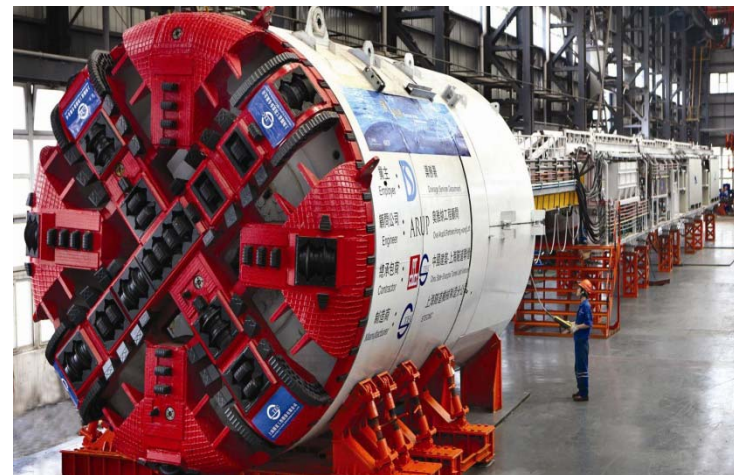


背景：

盾构掘进过程中，工程事故占施工量的10%，其中80%是界面失稳、装备失效和方向失准引起的，是行业三大国际技术难题。



盾构掘进作业示意图

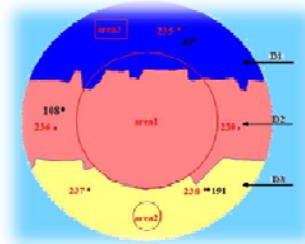


盾构工厂组装调试照片

技术创新思路

通过进出土协调控制实现密封舱压力动态平衡（大学）

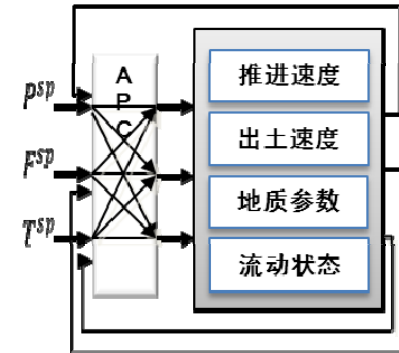
压力检测



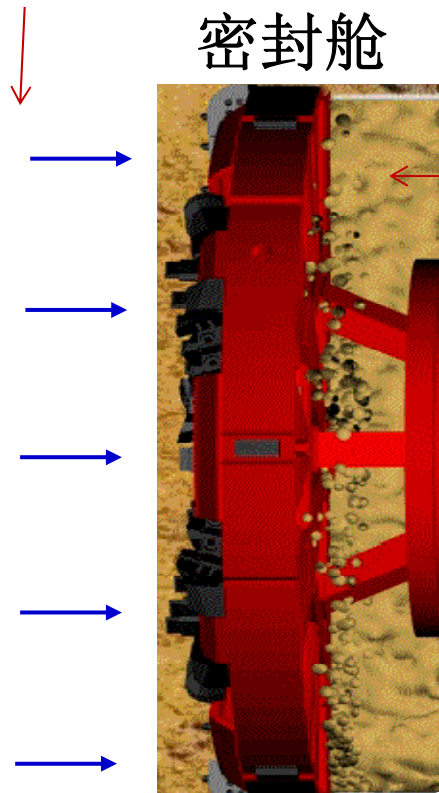
压力多参数解耦

- 推进速度
- 地质参数
- 水土压力
- 空间分布
- 时域分布
- 地表变形

多系统协调控制

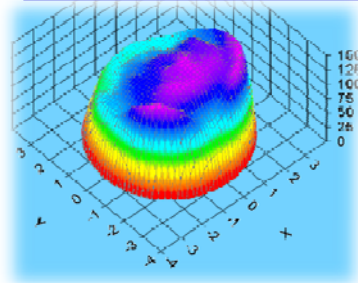


进土量计算

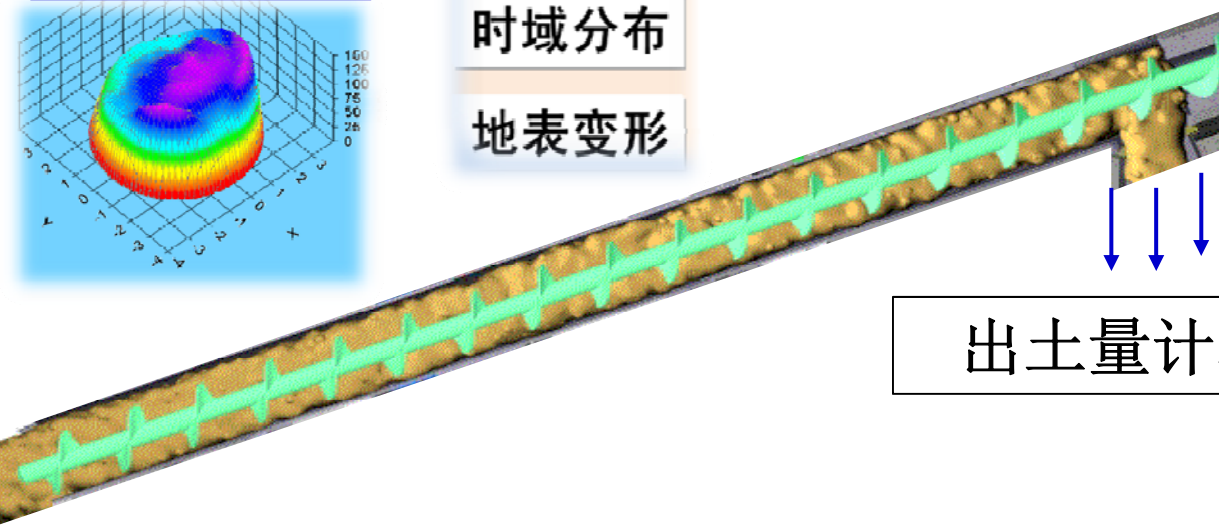


密封舱

压力分布建模计算

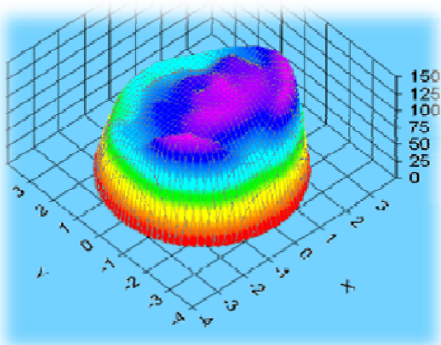


出土量计算

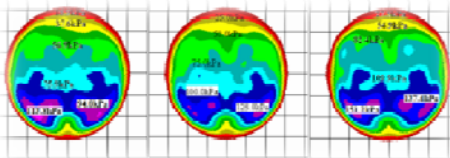


通过建立密封舱压力与水土压力映射关系模型，揭示了多种参数对舱内压力变化的内在联系，获得了进出土量的精确解（大学+企业）。

舱内压力分布



不同截面压力分布



映射关系模型

$$\frac{\partial J^*}{\partial p} = \frac{(Av_r - \frac{A_s h \eta}{2\pi} \omega_r) \pm [(Av_r - \frac{A_s h \eta}{4\pi} \omega_r)^2 + (\frac{v_r^2}{N} A^2 + \frac{\omega_r^2}{Q} \frac{A_s^2 h^2 \eta^2}{4\pi^2}) \frac{M}{p_r^2} (p - p_r)^2]^{\frac{1}{2}}}{\frac{v_r^2}{2N V_c} \frac{E_t}{V_c} A^2 + \frac{\omega_r^2}{2Q V_c} \frac{E_t}{4\pi^2} \frac{A_s^2 h^2 \eta^2}{4\pi^2}}$$

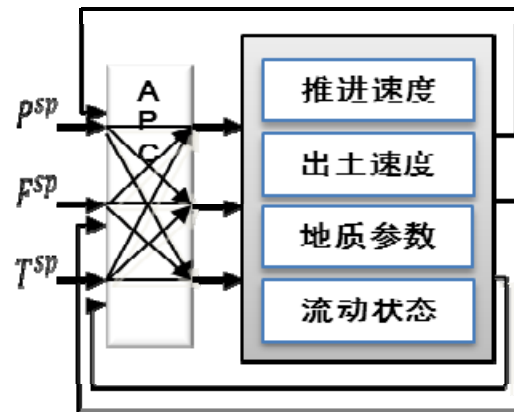


系数试验修正

盾构掘进综合台

发明专利：一种采用液压变压器盾构液压控制系统 ZL2008100590770.0（大学+企业）

发明密封舱压力动态平衡控制技术（大学+企业）



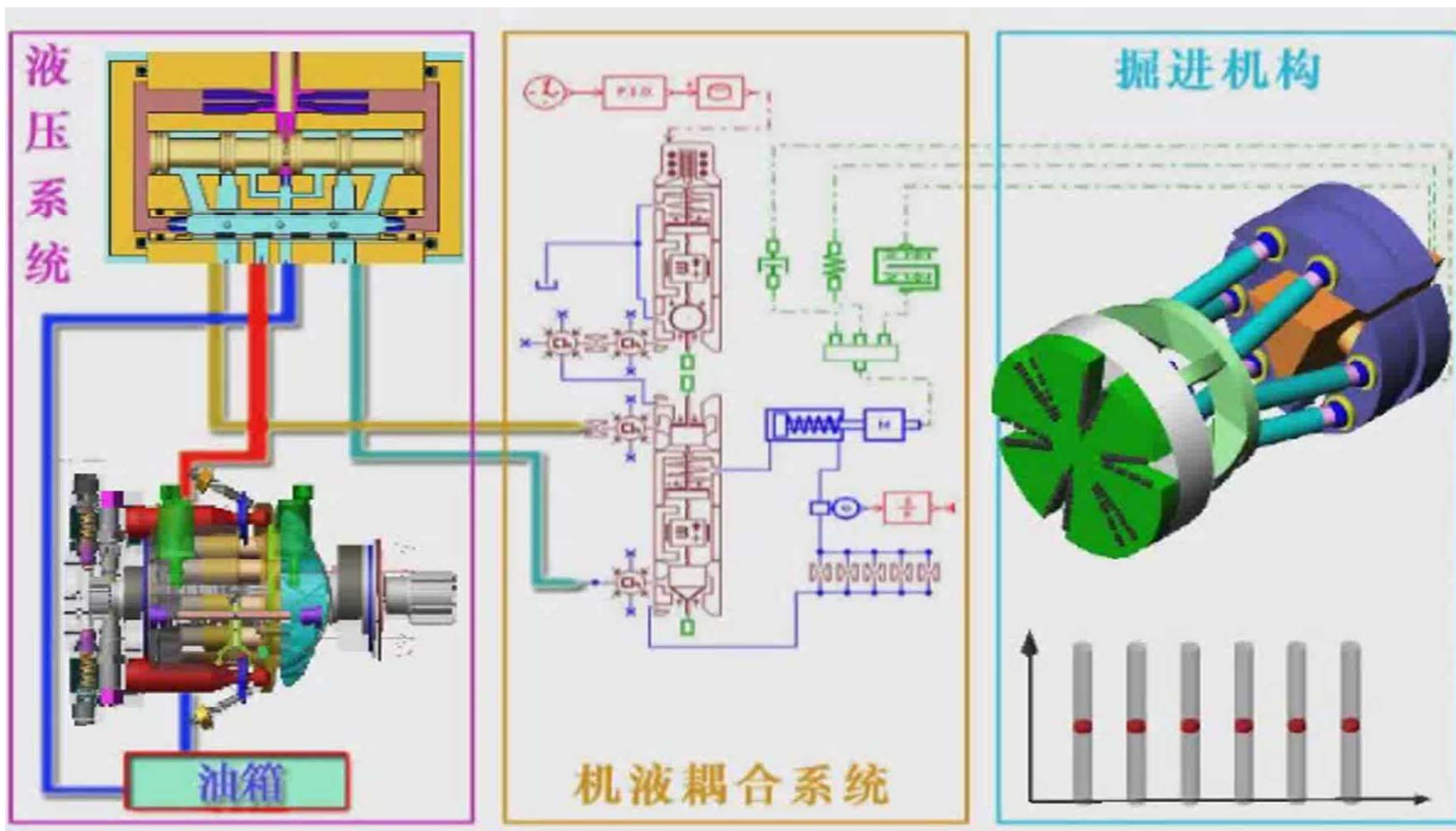
主持研制出进出土控制系统



授权发明专利：ZL 200410025408.0，ZL 03116809.4，ZL 200710067190.9等（大学+企业）

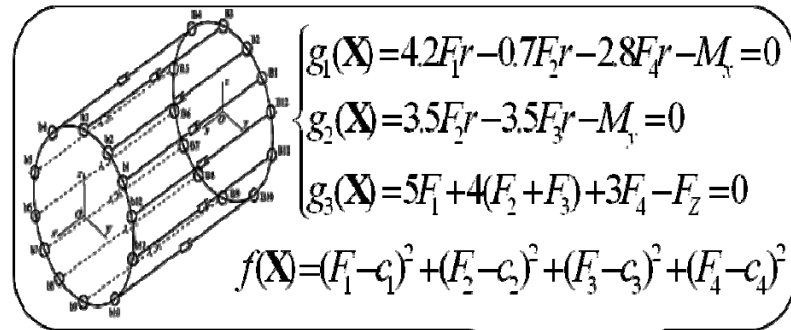
技术创新思路

根据突变载荷调整推进速度，电液系统吸收能量，减少冲击（大学）

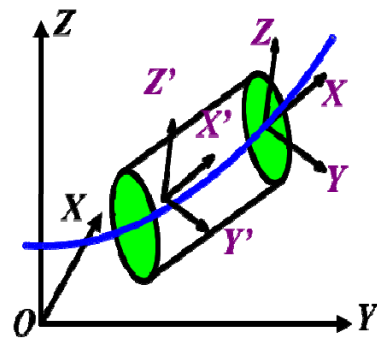


推进速度控制

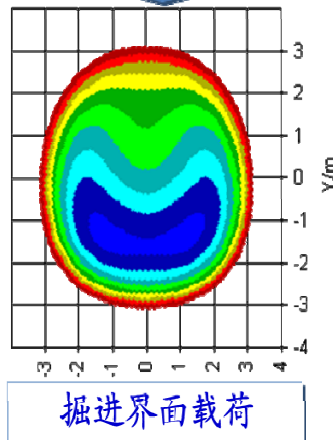
发明电液驱动系统顺应性设计技术，开发设计软件（大学+企业）。



冗余驱动推进系统力传递模型



盾构位姿实时调整



浙江大学 基于顺应性的盾构推进液压系统设计平台

深圳地铁二号线地质状况

调速阀模式		减压阀模式	
Set Button	Set Button	Set Button	Set Button
调速阀个数: 4	基准容积: 1213	减压阀个数: 4	基准容积: 1213
安全阀个数: 16	管道长度: 500	安全阀个数: 16	管道长度: 500
溢流阀个数: 4	液缸个数: 16	弹性模量: 500	液缸个数: 16
弹性模量: 500	蓄能器开启压力: 37	安全阀设定压力: 3.5*10^7	蓄能器开启压力: 37
安全阀设定压力: 3.7*10^7	溢流阀设定压力: 3.5*10^7		

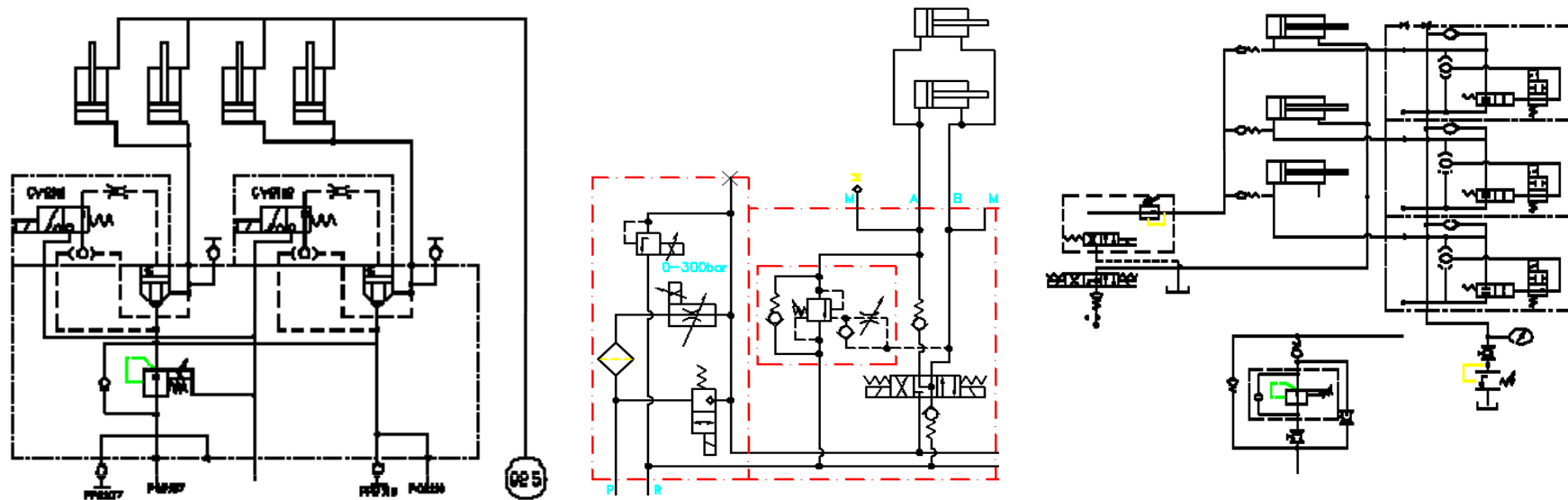
盾构推进系统工程负载响应

您正在运行的是: 调速阀模式

运行 清除 关闭 帮助

发明专利：推进系统突变载荷快速响应液控直调机构 ZL200910099291.3（大学+企业）

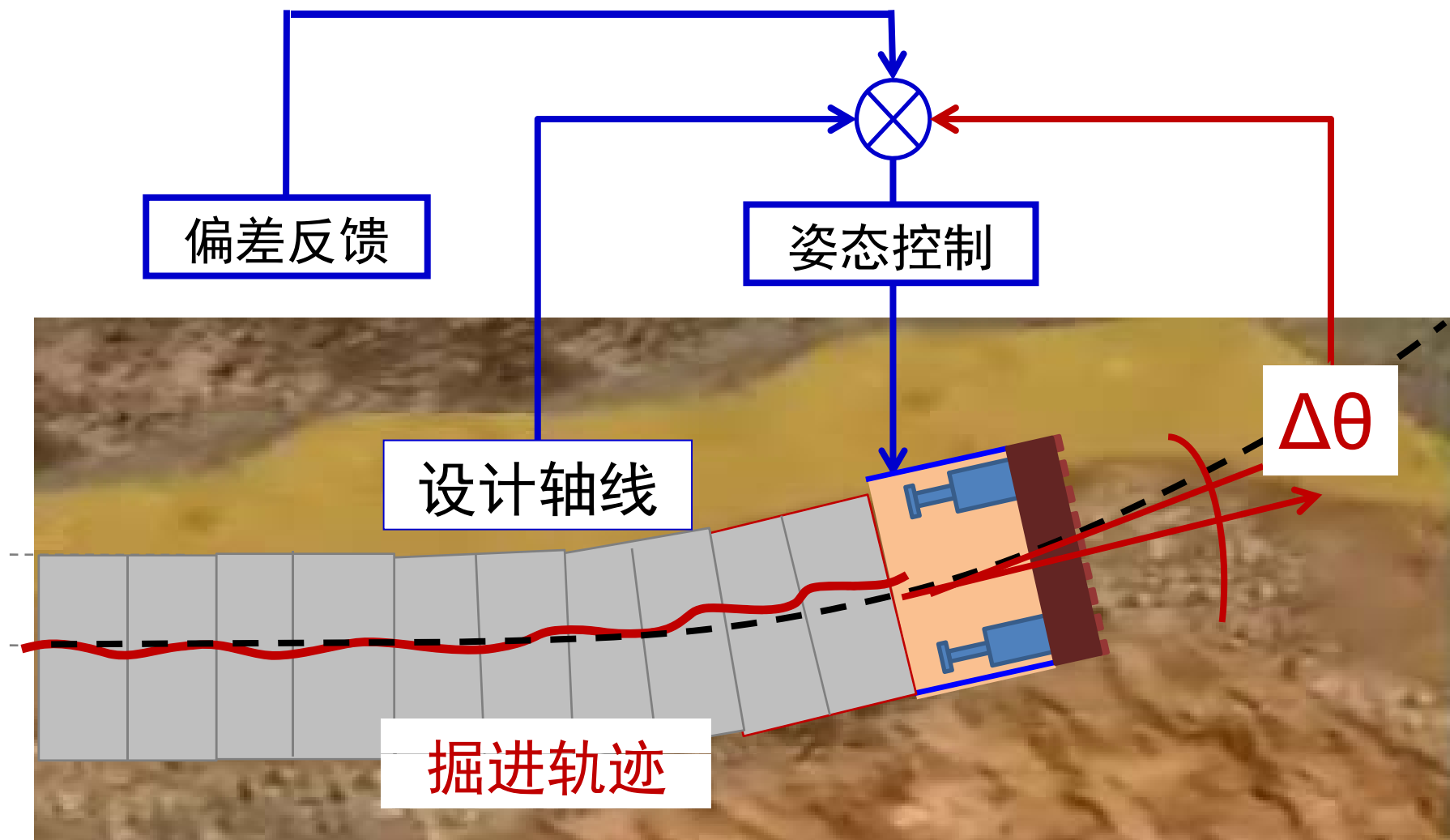
研制出基于顺应性设计的电液驱动系统（大学+企业）



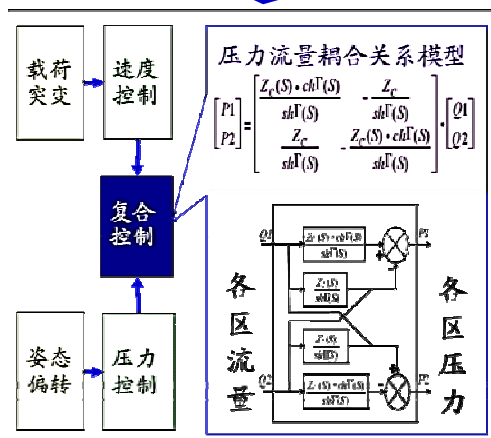
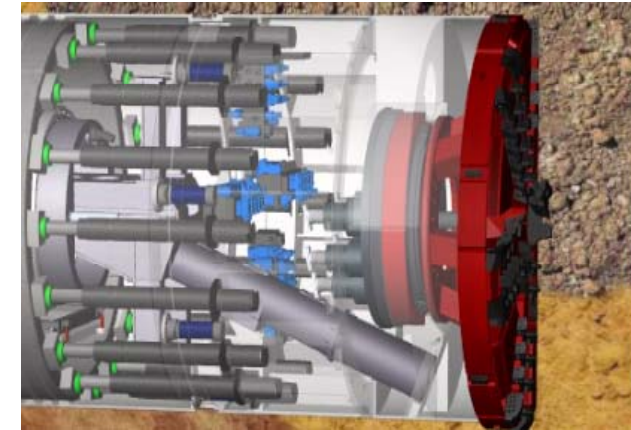
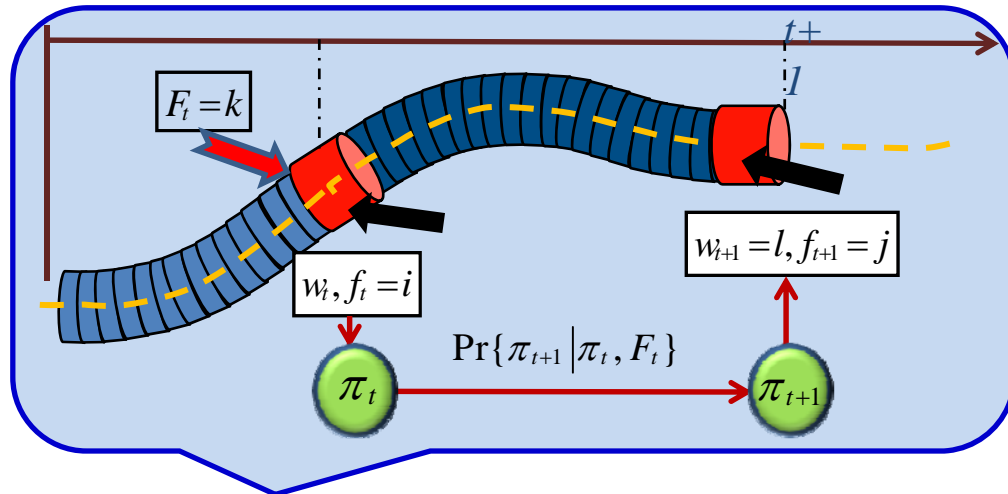
授权发明专利：ZL200310109058.1，ZL 200810061136.8，ZL200910049932.4 等

技术创新思路

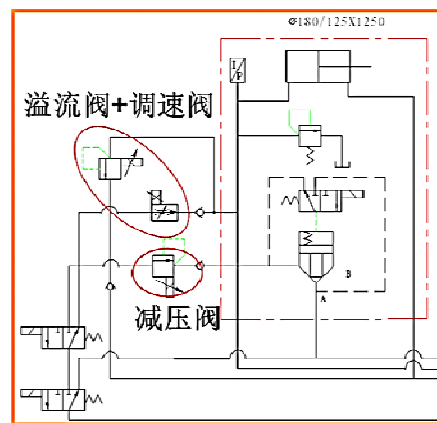
通过位姿预测和及时纠偏实现盾构掘进方向的精准控制（大学）



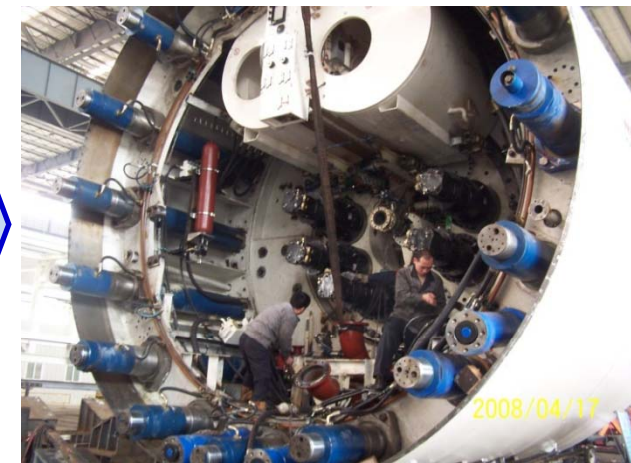
提出姿态预测性纠偏方法，将单项流量控制改变为流量压力复合精确控制，发明盾构推进流量压力快速纠偏技术（大学+企业）。



预测控制模型



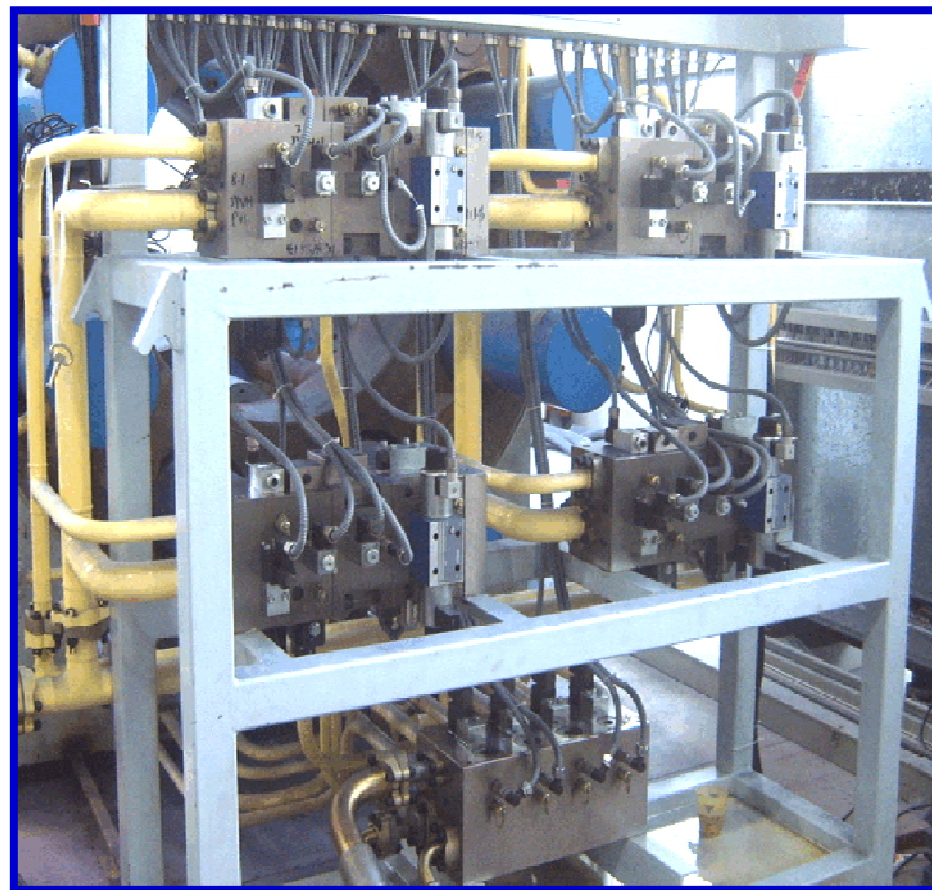
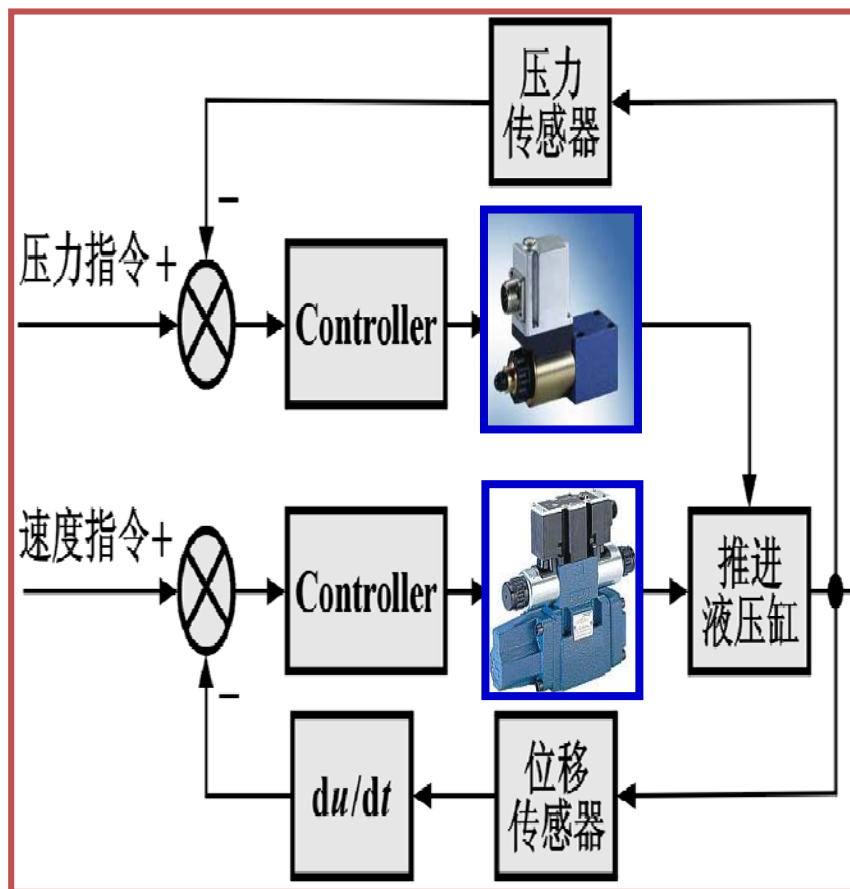
流量压力复合控制



分区姿态和纠偏控制

发明专利：流量压力复合控制盾构液压推进系统 ZL 200410016939.3 （大学+企业）

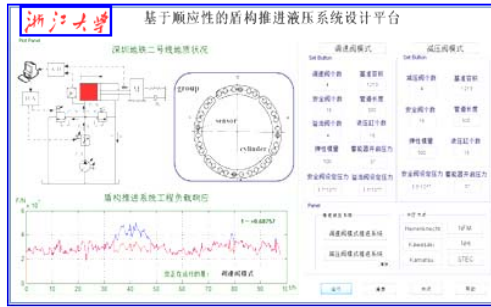
研制出盾构推进方向快速纠偏系统（大学+企业）



授权发明专利：ZL 200410016939.3, ZL 03129072.8, ZL 200810122370.7等（大学+企业）

建成盾构装备关键技术集成平台（企业+大学）

设计软件



驱动系统

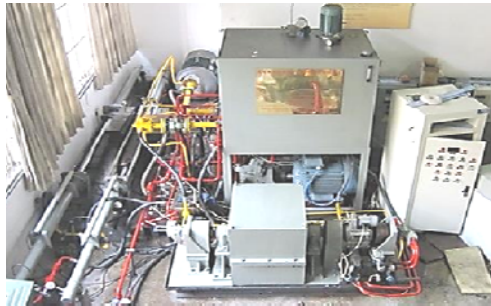


推进系统



系统集成

试验平台



驱动系统

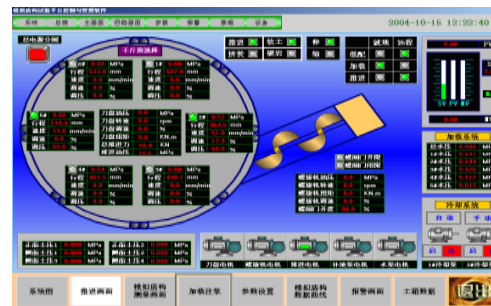


推进系统

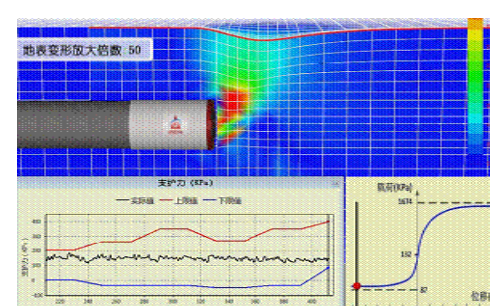


控制系统

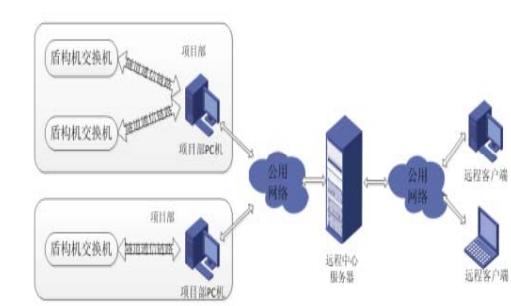
远程监测



土压平衡



掘进状态



网络系统

形成盾构自主设计制造能力，实现产品系列化并量产

企业：参与合作5家企业自主设计制造的盾构每年超过180台，新增产值超过110亿元，占国内盾构新增市场的70%以上，实现了批量出口东南亚、印度、俄罗斯等10余个国家，带动上下游产业1600亿元以上。

- 获得国家发明专利152项、软件著作权28项；
- SCI/EI论文300余篇；
- 创建了研究—设计—制造—工程—产业化全过程技术体系和新产品开发平台。
- 获2012年度国家科技进步一等奖

3. 体会与感受

- (1) 大学尽可能下沉，至TRL9。产品开发与应用中得到信息回馈，进一步凝练科学和关键技术问题，明确实验室研究的方向。企业尽可能上移，至TR1。基础性实验研究和潜在应用的技术探索中，提前布局新产品发展方向。
- (2) 政府通过项目资助，引导校企合作开发，有不可替代的促进作用。
- (3) 参与者确立战略性的校企研究合作关系，明确战略目标和规划，互相参与的R&D开发平台，可以带来诸多益处。

3. 体会与感受

- (4) 共同愿景与发展战略的基础上，制定详细的合作计划和经费预算，确保开发经费投入，共同努力提高尽快通过TR4、TR5、TR6阶段的成功率。
- (5) 加强知识产权保护，形成企业从新技术新产品获益中反馈大学的利益分配机制，以满足TR1、TR2、TR3阶段探索过程的经费需求，形成新技术研发的良性循环。
- (6) 建立新产品技术开发中经济风险管控模式，引入新产品技术第三方保险，可激发企业的技术开发和创新热情。

谢 谢 ！