

NI高性能控制方案与案例介绍

控制无处不在



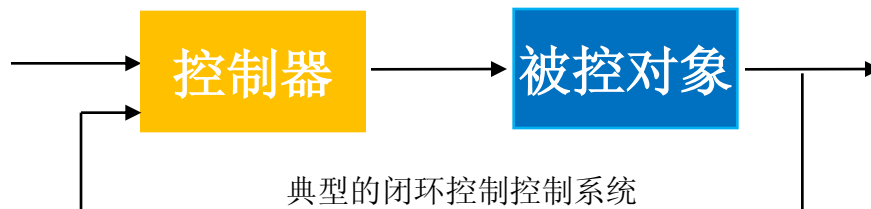
过程控制



生产线控制



精密仪器控制



核反应堆控制



精确运动控制



智能控制

议程

- 基于NI平台的高性能控制算法及方案
 - 改进的PID算法
 - 基于模型的预测算法
 - 基于智能控制的算法(MFA)
- 完整的控制算法开发与验证流程

控制理论的发展

- 经典控制理论（1920'~1940'）
 - 反馈控制、PID算法、奈奎斯特定律、波特图
- 现代控制理论（1950'~1970'）
 - 卡尔曼滤波、最优控制理论，动态规划，状态空间法，预测控制
- 智能控制理论（1980's~）
 - 模糊逻辑、神经网络，遗传控制、无模型自适应控制...

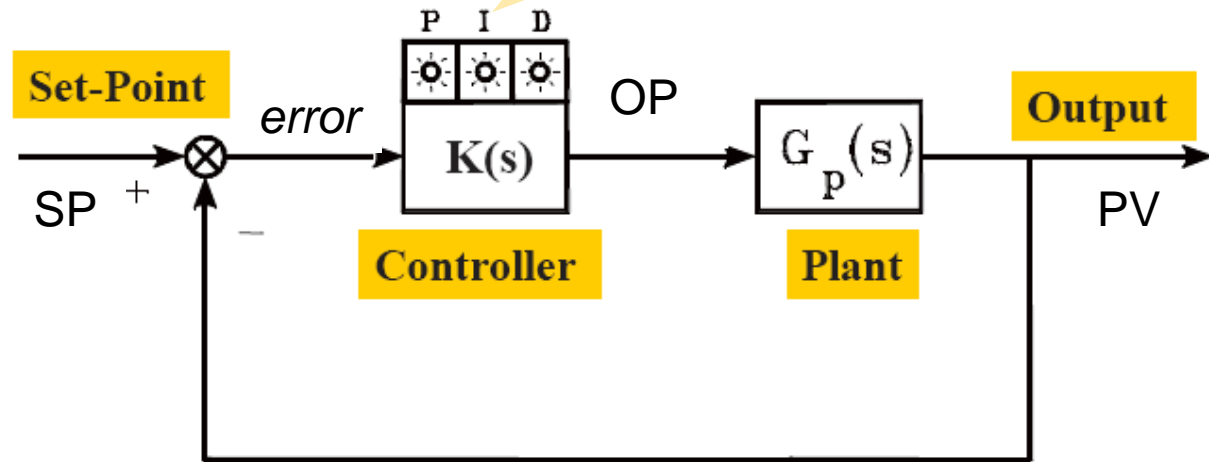
PID算法概述

- 设定点(SP) – 设定值
- 输出(OP) – 控制信号
- 过程变量(PV) – 实际值
- *控制误差* = SP - PV

比例
快速调节到设定点

积分
消除稳态误差

微分
加快响应速度

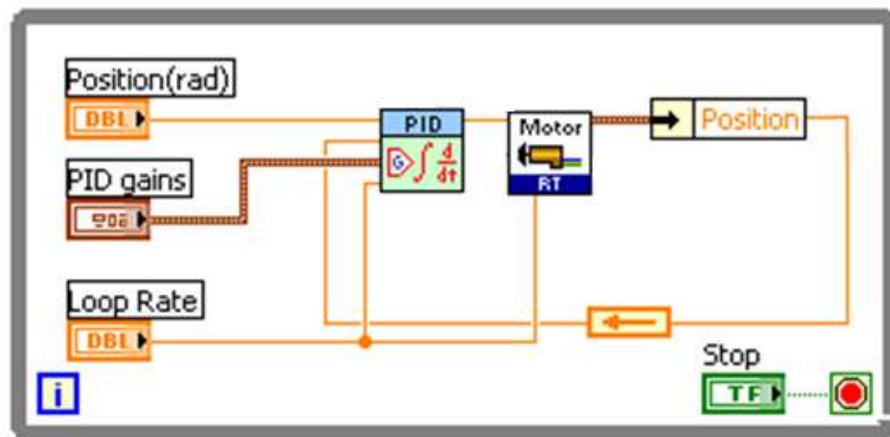


PID 控制利与弊




- 优势
 - 成熟的控制算法
 - 无需建模，易于实现
- 劣势
 - 参数整定全凭经验
 - 不适用于时变系统
 - 受外部干扰影响大



不适用于复杂控制



改进的PID算法提升控制系统性能

- 外部干扰  添加前馈
- 增益非线性  增益调度
- 时变系统  自适应PID

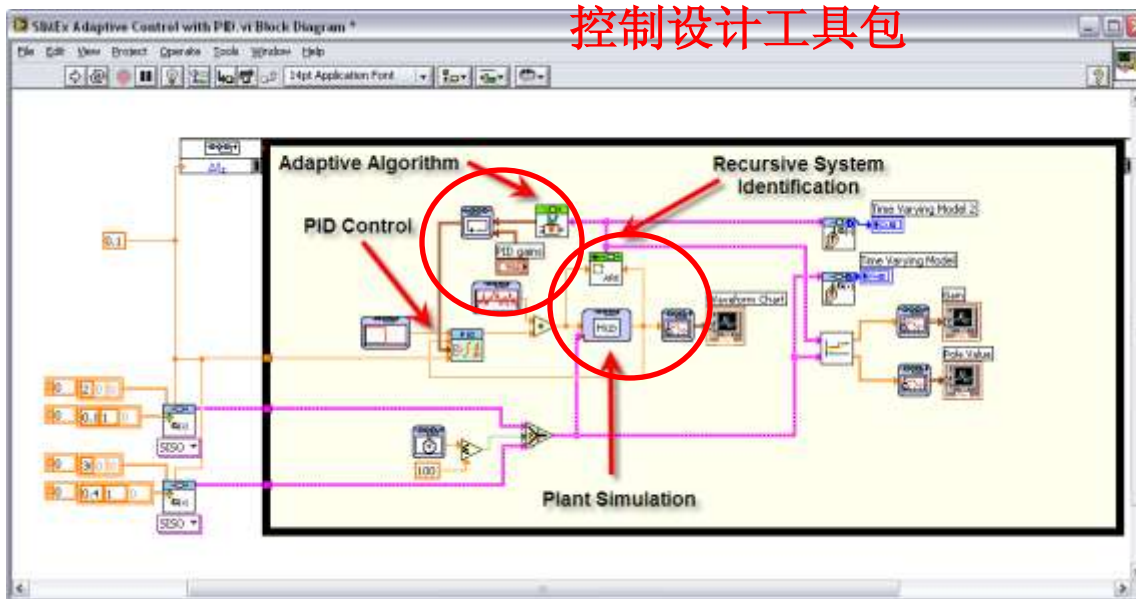
自适应PID控制

- 实时的系统辨识 + 常用PID控制
- 适合用于时变系统



Demo

系统辨识工具包
控制设计工具包



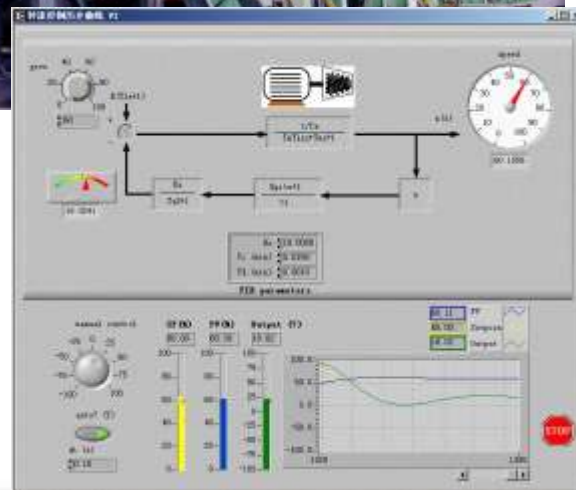
杭州钢铁集团智能原料混合系统

- 采用NI PAC替换原有PLC系统。实现体积小、精度高、成本低、易于维护的控制系统
- 通过工业以太网实现多系统协同工作，实现数据交换和远程控制，在总台只需一名操作员就可以完成监控工作。



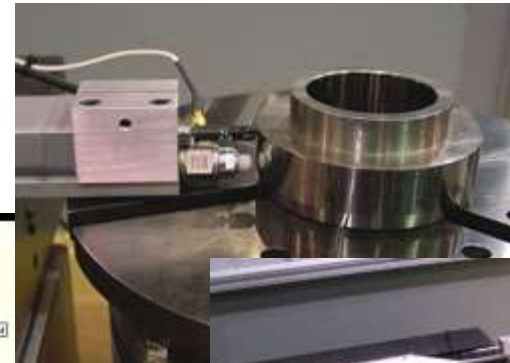
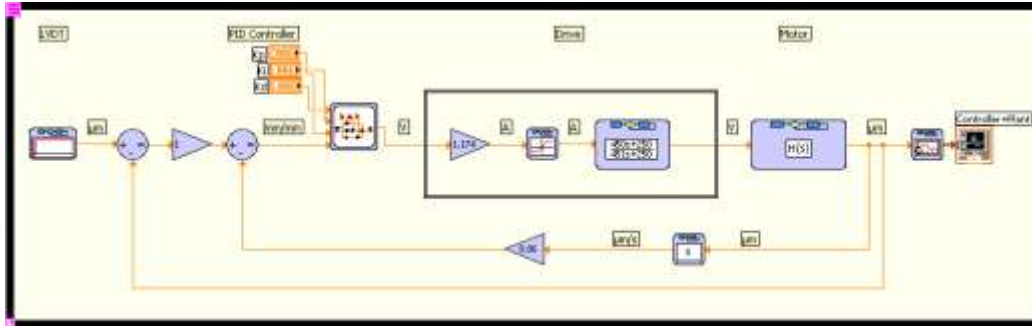
“相对传统PLC系统，PID闭环控制速率由100~500ms提高至50ms内，开发成本下降为1/5”

——赵志巍



铁姆肯轴承定位控制系统

- 全球第三大轴承制造商希望改进轴承定位系统
- 原有系统使用铜锤进行手动定位操作
 - 人力成本高，处理能力低
- 使用卡尔曼滤波结合最小二乘法实现建模，通过仿真、控制设计、系统辨识实现优化的PID控制。
- 完成一个实时中心定位控制系统
 - 控制误差在 $0.02\ \mu\text{m}$

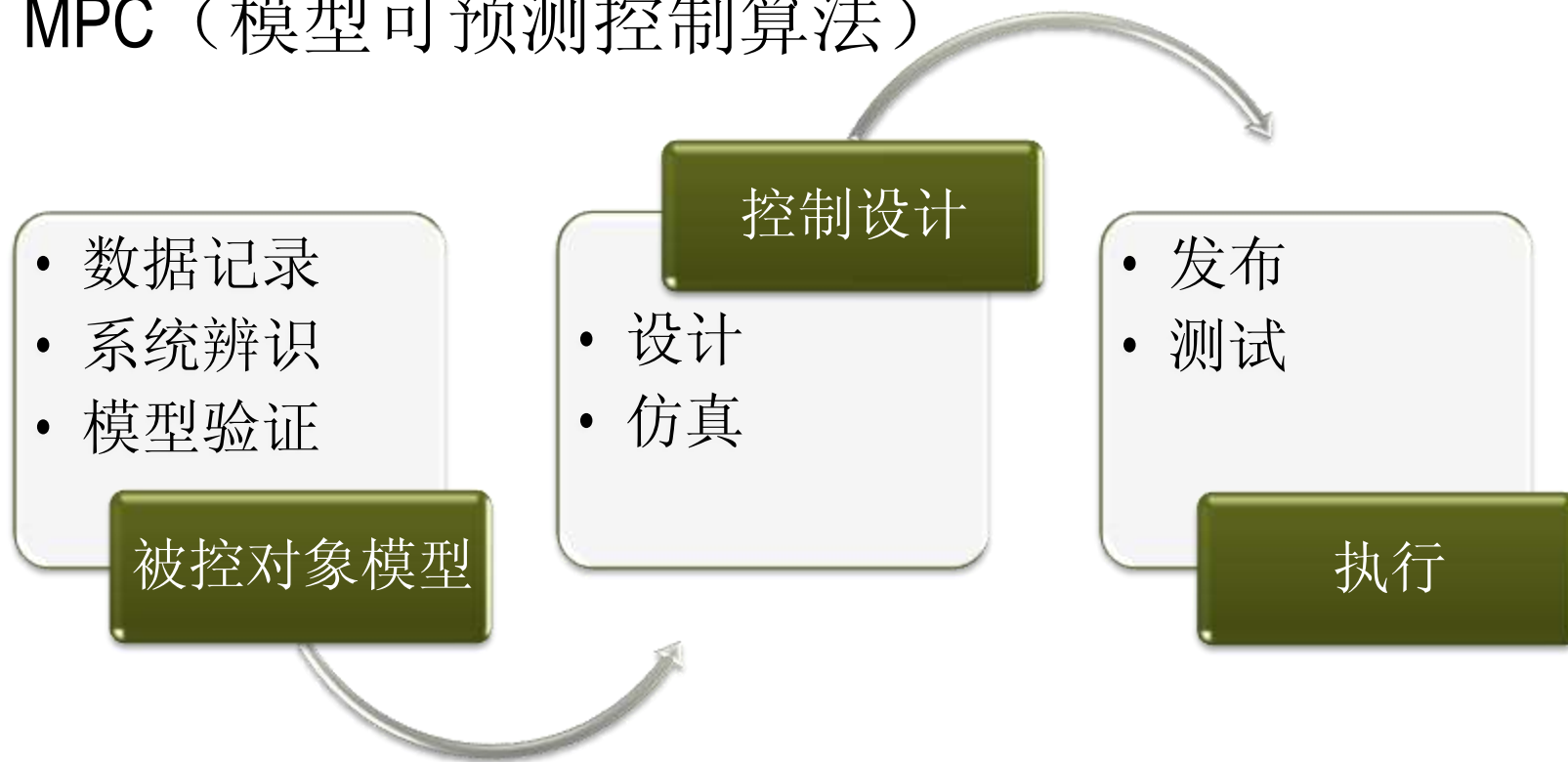


控制理论的发展

- 经典控制理论（1920'~1940'）
 - 反馈控制、PID算法、奈奎斯特定律、波特图
- 现代控制理论（1950'~1970'）
 - 卡尔曼滤波、最优控制理论，动态规划，状态空间法，预测控制
- 智能控制理论（1980's~）
 - 模糊逻辑、神经网络，遗传控制、无模型自适应控制...

模型预测控制算法

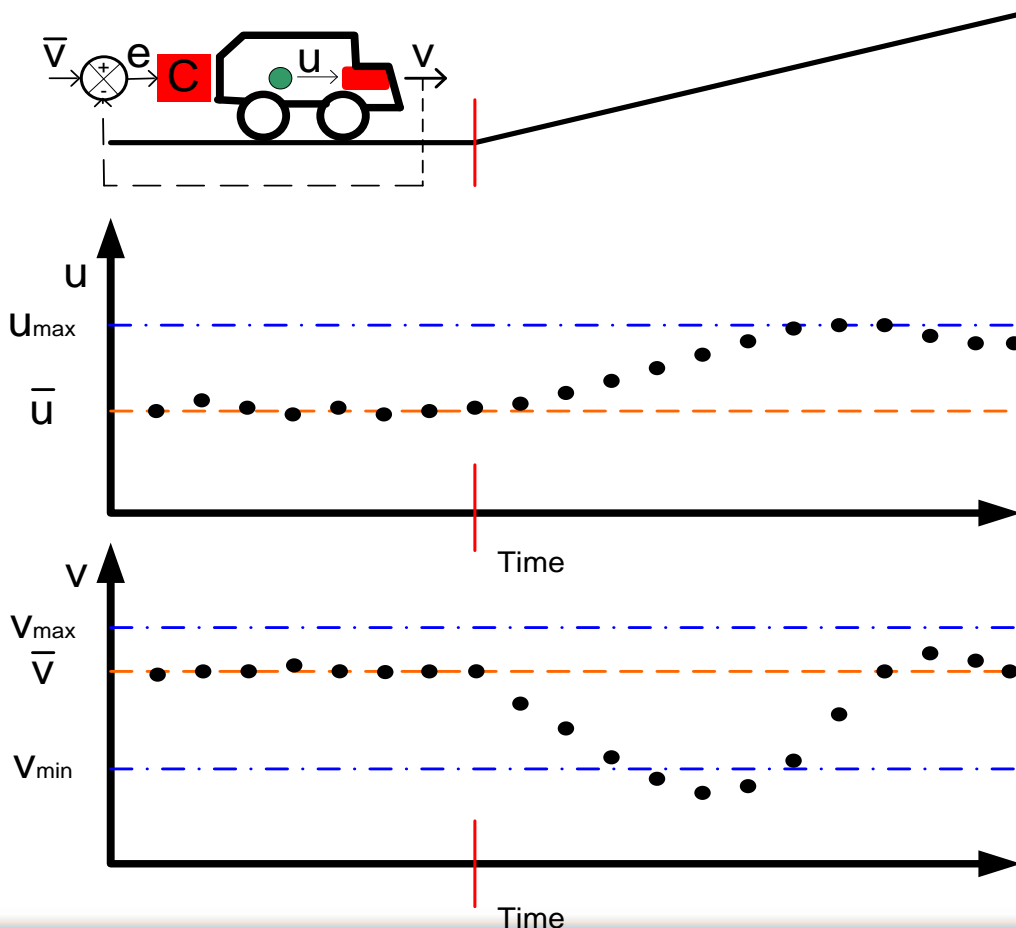
- MPC（模型可预测控制算法）



举例：小车车速控制算法比较——PID

反馈PID

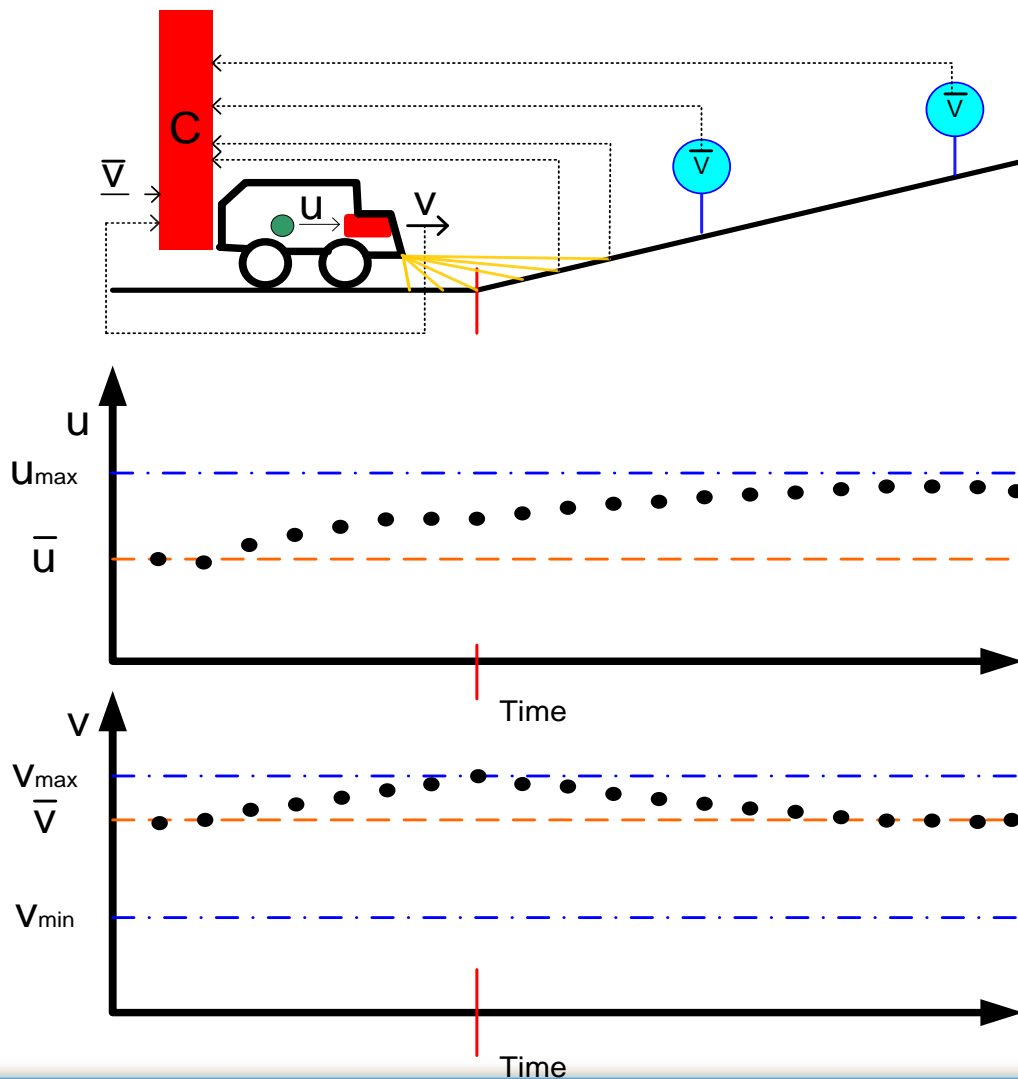
- V ——车速
- u ——燃料供给量
- 当小车开始上坡时， $e \neq 0$ ，“C”开始发出控制命令



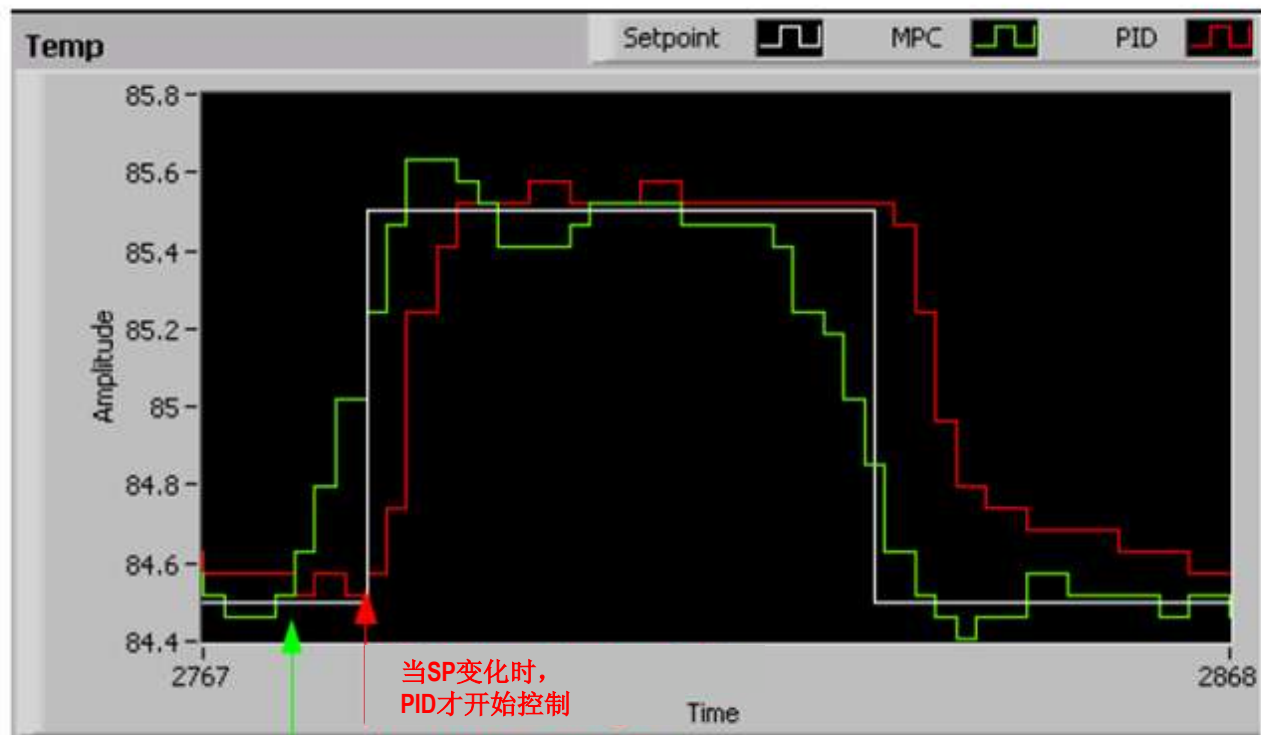
举例：小车车速控制算法比较——MPC

- V ——车速
- u ——燃料供给量
- 通过设定模型，“ C ”可根据情况提早发出控制命令：

 - 道路斜率
 - 速度大小
 - 加速度上限



温控箱的控制比较 MPC vs PID



DEMO

Tyco电子采用MPC控制生产过程

- 同轴电缆生产过程中的镀层质量控制系统。
- 多输入输出系统，变化的时间延迟系统
- LabVIEW下开发的控制算法配合高性能PAC平台Compact Field Point完成了建模和控制器调整，使用在10多个生产线上，达到了良好六西格玛过程控制的水平。



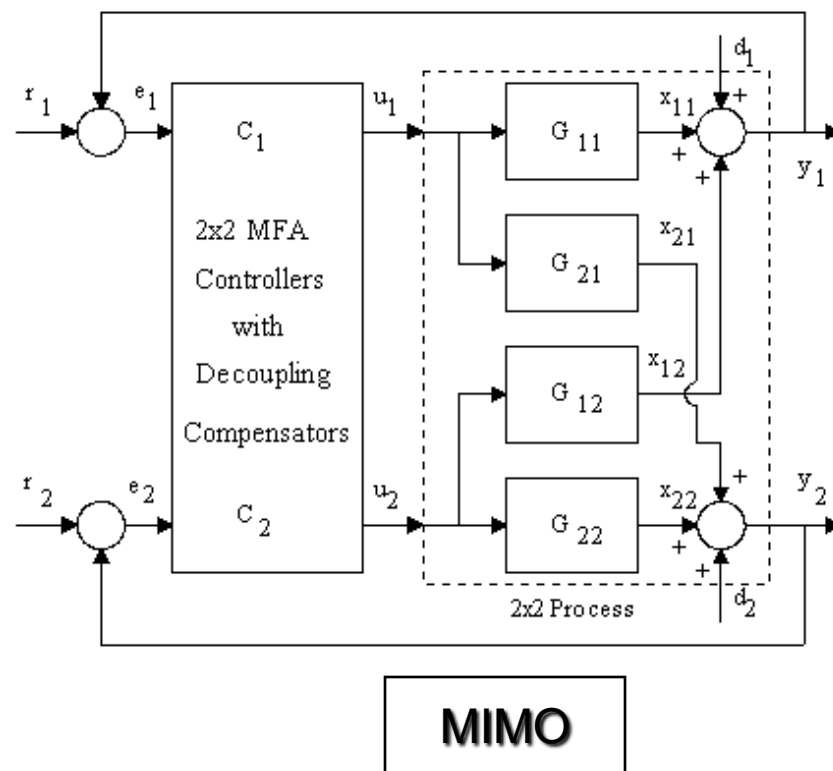
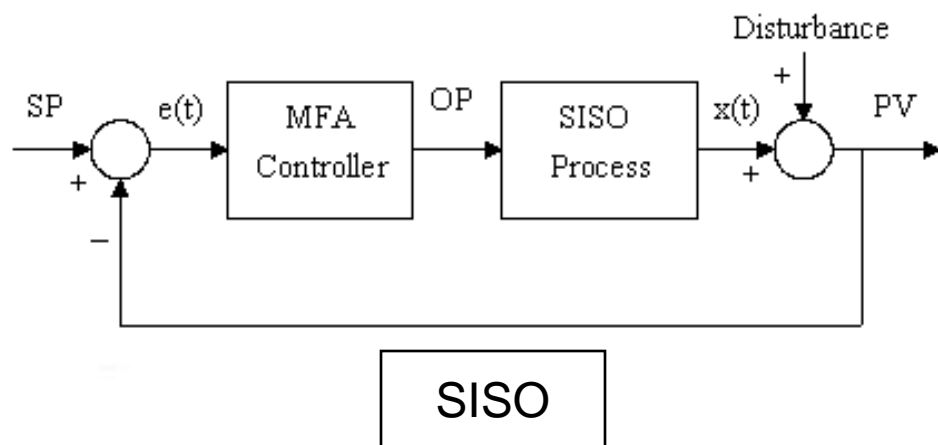
控制理论的发展

- 经典控制理论（1920'~1940'）
 - 反馈控制、PID算法、奈奎斯特定律、波特图
- 现代控制理论（1950'~1970'）
 - 卡尔曼滤波、最优控制理论，动态规划，状态空间法，预测控制
- 智能控制理论（1980's~）
 - 模糊逻辑、神经网络，遗传控制、无模型自适应控制...

基于神经网络的智能控制算法

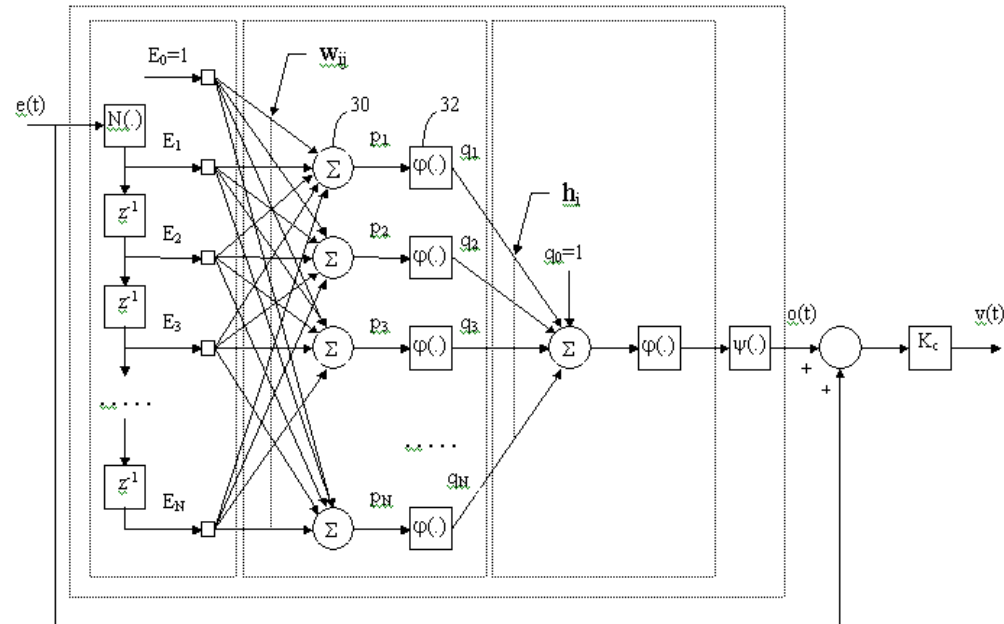


- 无需过程模型
- 无需控制设计
- 无需系统辨识
- 无需手动调节



MFA算法的特点

- 自适应
 - 权重被自动调节到最小
- 稳健性(Robust)
 - 远远超过PID算法
- 速度
 - 立即控制 $<1\text{ms}$
- 稳定性
 - 适用于所有无源系统



LabVIEW下的MFA仿真控制演示

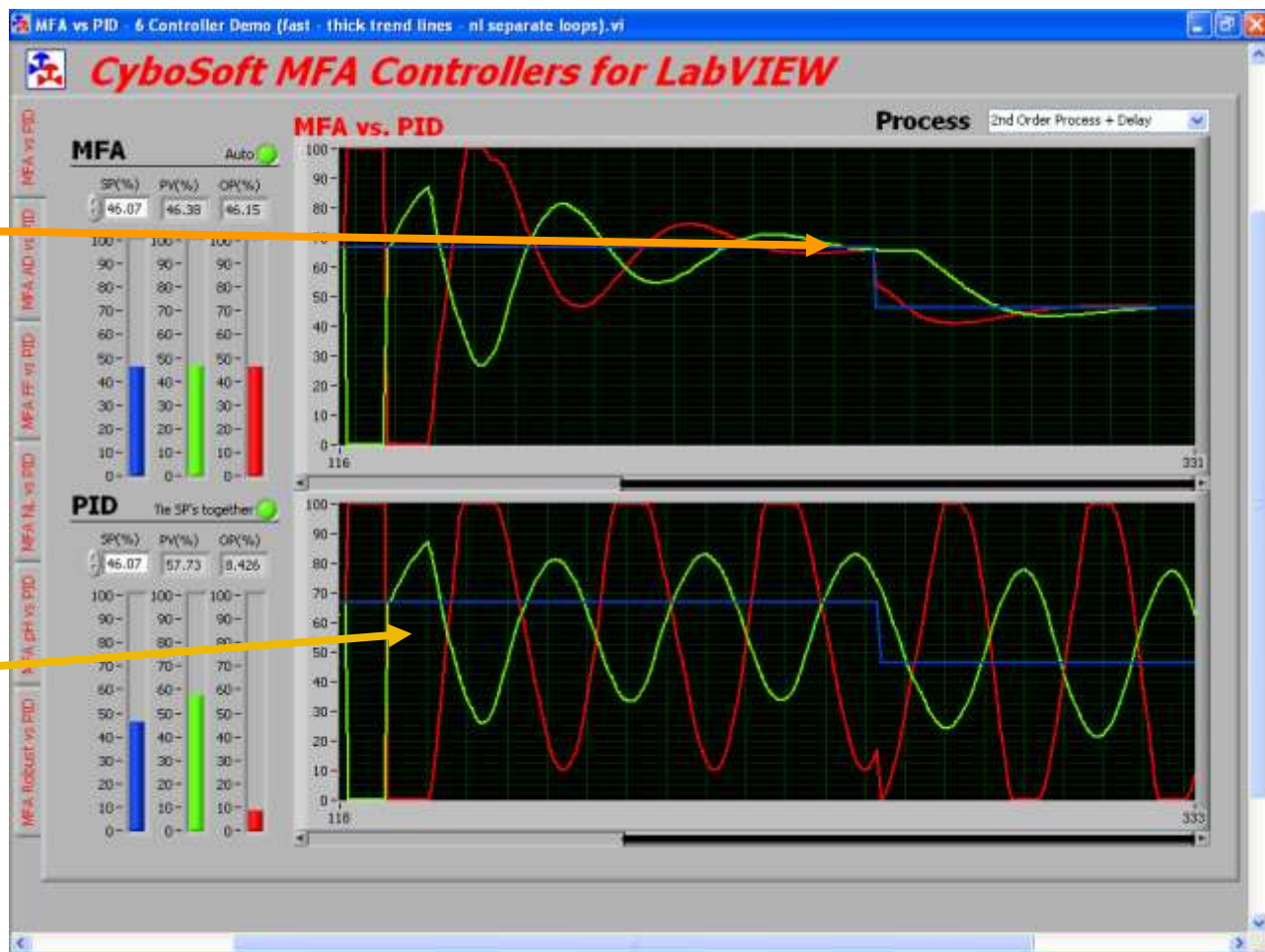
MFA系统快速调整至良好的控制状态。

当输入参量变化时，没有振荡发生

PID系统连续振荡



DEMO



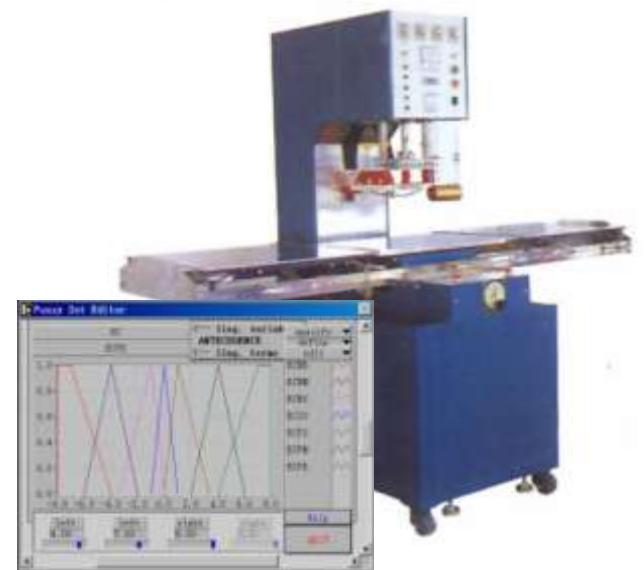
LabVIEW下丰富的控制算法

- LabVIEW下多样的工具包快速实现遗传算法、模糊逻辑、神经网络等高级控制算法
 - PID工具包(包括模糊逻辑等高级算法)
 - MPC工具包
 - MFA工具包
- 优势：
 - 快速方便
 - 可以实现多输入多输出(MIMO)
 - 提升控制性能，使控制系统快速、准确、稳定

模糊逻辑实现包装机械的位置纠偏控制

- 模糊控制：智能控制，无须精确数学模型，适用于多输入—多输出、时变、非线性的复杂系统以及过程控制
- LabVIEW模糊逻辑工具包以及NI硬件
- 光电眼检测包装膜特征线，比较采集值与设定值，通过控制算法控制电机，达到纠偏的目的

“LabVIEW不仅能够快速进行模糊控制器的设计，还能同多样的硬件的良好结合，迅速搭建自动控制系统，进行模糊控制器的实际仿真及应用。”



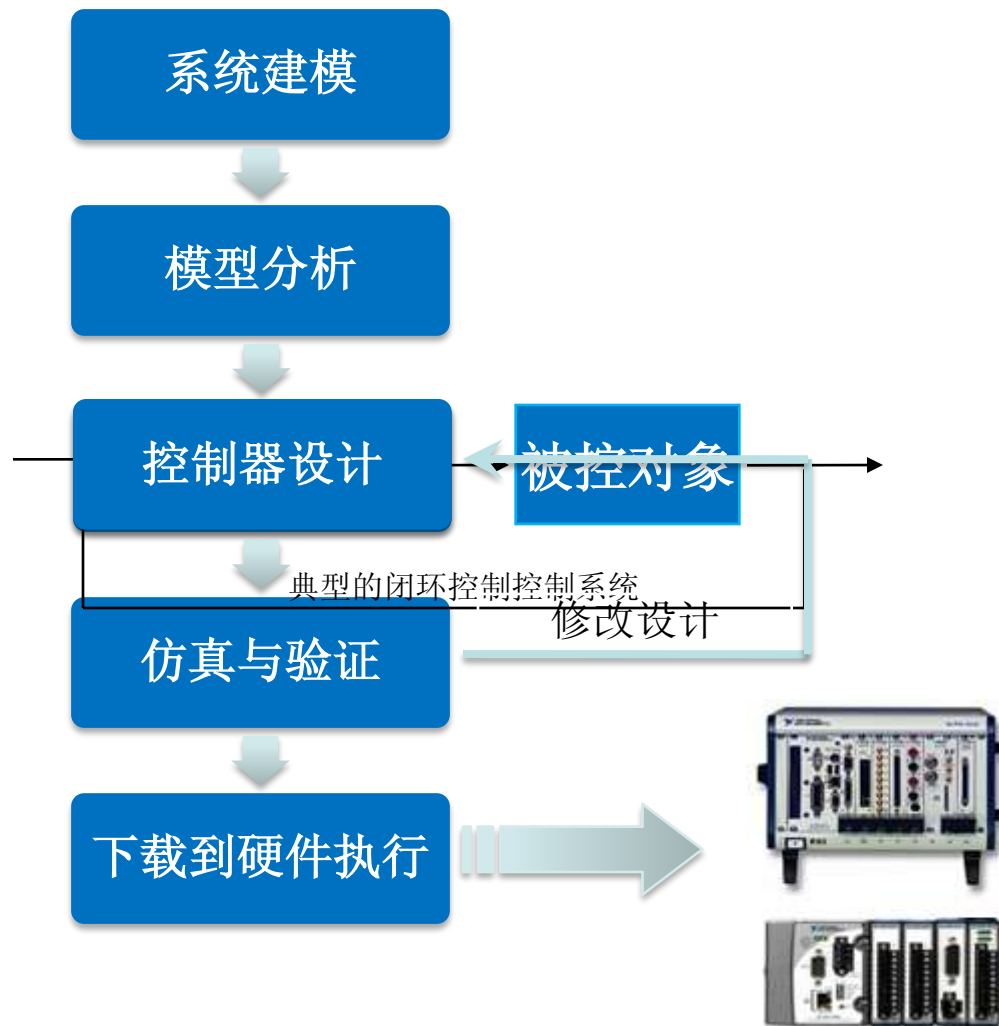
CEMS用遗传算法使中央空调系统节能30%

- CEMS(制冷机能量管理系统)是从事能源管理与中央空调系统的专业公司
- 采用遗传算法结合热传导原理，热力学以及数学预测，使得冷却器被控制在最有节能模式下
- Compact FieldPoint实现了数据采集、分析、决策和控制

“在LabVIEW实时下我们得以快速实现热力学基本原理运算，以及先进的数学优化方法，最终将电费和能源消耗量减少了百分之三十以上”



控制系统的设计流程：



LabVIEW 用于建模、设计和仿真的流程

系统建模

- 被控对象参数
- 数学模型
- 利用各种I/O进行系统辨识
- 在线系统辨识



系统分析

- 可测性与可控性
- 稳定性
- 时频响应



控制器设计

- 经典控制算法
- 状态空间控制和估计
- 模型预测控制
- 非线性、自适应、混合控制

发布到实时控制平台LabVIEW系统辨识工具包

经典控制

动态特性分析

- 多种总线
- 传感器
- 状态空间

原型与实现

方法从仿真

发布到任意总线

方法号、位

控制解器

控制器仿真与验证

通过**真实**激励与响应辨识系统模型

参数调整

根据响应时间、过冲等指标，选择合适控制器模型和参数

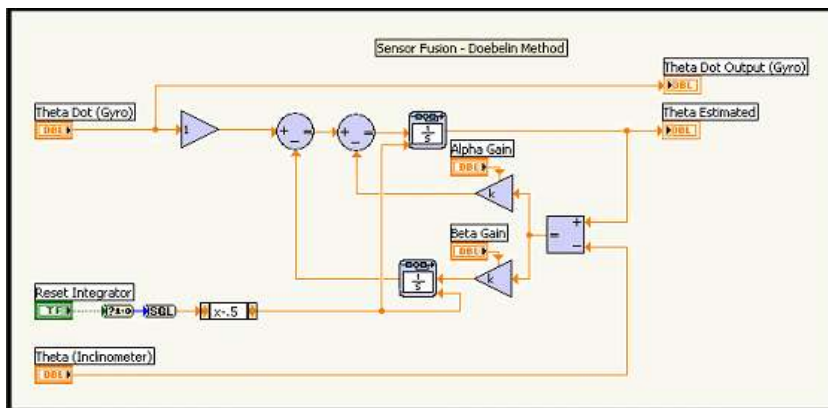
通过**已知**参数建立数学模型

LabVIEW 实时模块与FPGA模块

LabVIEW 控制设计与仿真工具包

控制算法的设计实现案例： ——单人运输车

- 能够自动控制平衡的思维车
- LabVIEW 仿真模块, CompactRIO, LabVIEW 实时, LabVIEW PDA
- 伦斯勒理工学院本科生团队
- 3 学生, 13 周完成



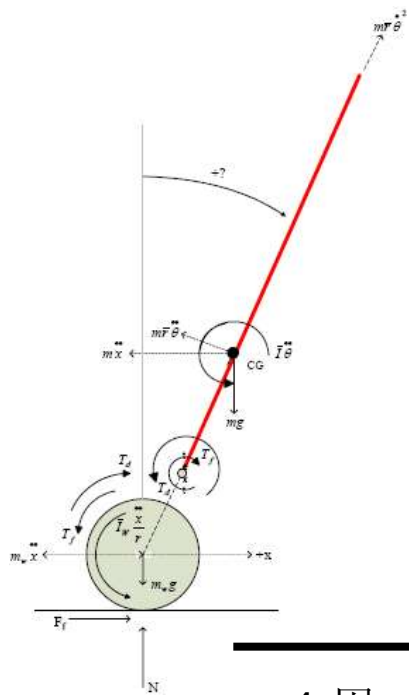
LabVIEW统一平台下完成设计、验证和测试

理论

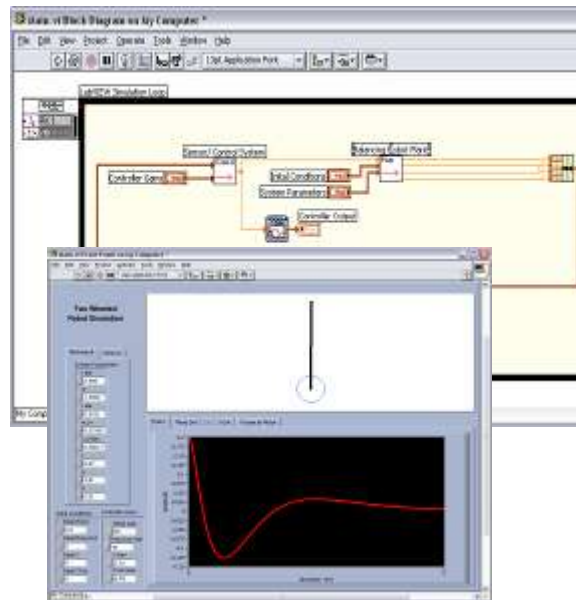
设计

原型

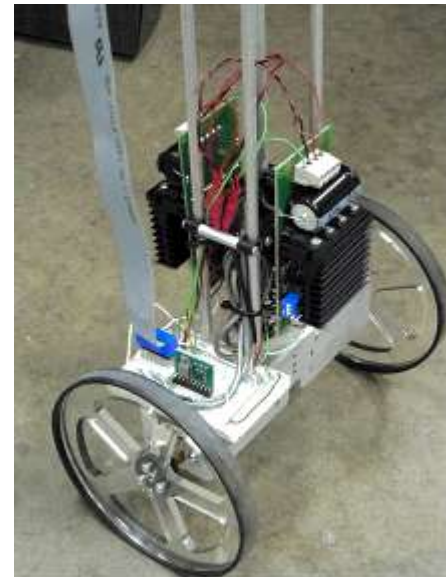
发布



4 周



8 周



1 周

单人运输车视频演示



了解应用案例与更多信息，请访问NI中文主页

www.ni.com/pac/zhs

拨打免费咨询电话

800-820-3622



Q & A