



中国石油

新疆油田基于先进控制技术的 关键设备与流程优化控制

目 录

1	自动控制技术介绍
2	先进控制技术介绍
3	先进控制技术应用
4	总结

一、自动控制技术背景

■ 自动控制技术的发展

从上世纪40年代开始，采用PID控制规律的单输入单输出(SISO)简单反馈控制回路成为过程控制的核心系统。其理论基础是经典控制理论，主要采用频域分析方法进行控制理论的分析设计和综合。

从 50 年代开始，过程控制领域陆续出现了串级、比值、前馈、均匀和 Smith 预估控制等控制系统，即所谓的复杂控制系统，这些系统在一定程度上满足了复杂生产过程、特殊生产工艺以及高精度控制的需要。

一、自动控制技术背景

■ 自动控制技术的发展

从60年代末发展起来的以状态空间方法为主体的现代控制理论在航天、军事、机器人等领域得到广泛的应用。它为过程控制带来了状态反馈、输出反馈、解耦控制、最优控制等一系列多变量控制系统设计方法。对自动控制技术的发展起到了积极的推动作用。但在生产过程控制中的应用却没有收到预期的效果。

随着过程工业日益走向大规模、复杂化，对生产过程的控制品质要求越来越高，出现了许多过程、结构、环境和控制均十分复杂的生产系统，出现了先进过程控制 APC(亦称高等过程控制)的概念。关于先进过程控制，目前尚无严格而统一的定义。

一、自动控制技术背景

■ PID控制系统

在工业过程控制中，按被控对象的实时数据采集的信息与给定值比较产生的误差的比例、积分和微分进行控制的控制系统，简称PID（Proportional Integral Derivative）控制系统。

在实际应用中，可以根据被控制对象的特性和控制要求灵活地改变其结构，取其中一部分环节构成控制系统。如比例控制、比例积分控制、比例微分控制等。

一、自动控制技术背景

■ PID控制系统缺点

优点：

- 1、原理简单,使用方便;适应性强;鲁棒性强,非常适用于环境恶劣的工业生产现场;
- 2、PID算法有一套完整的参数整定与设计方法,易于被工程技术人员掌握;
- 3、更重视系统的可靠性时,使用PID控制能获得较高的性价比;
- 4、长期应用过程中,对PID算法缺陷可以进行改良。

缺点：

- 1.PID控制初始误差可能很大，容易引起超调，所以PID控制产生误差的方法不合理；
- 2.误差的微分信号无法太好的产生；
- 3.误差积分反馈的引入存在有副作用；

一、自动控制技术背景

■ 状态空间法

状态空间法是一种基于解答空间的问题表示和求解方法，它是以状态和操作符为基础的。在利用状态空间图表示时，从某个初始状态开始，每次加一个操作符，递增地建立起操作符的试验序列，直到达到目标状态为止。状态空间法的引入促成了现代控制理论的建立。

一、自动控制技术背景

■ 状态空间法优缺点

优点：

- 1、由于采用矩阵表示，当状态变量、输入变量或输出变量的数目增加时，并不增加系统描述的复杂性。
- 2、状态空间法是时间域方法，所以很适合于用数字电子计算机来计算。
- 3、状态空间法能揭示系统内部变量和外部变量间的关系，因而有可能找出过去未被认识的系统的许多重要特性，其中能控性和能观测性尤其具有特别重要的意义。

缺点：

由于状态空间法需要扩展过多的节点，容易出现“组合爆炸”，因而只适用于表示比较简单的问题。

一、自动控制技术背景

■ 先进控制

先进控制是对那些不同于常规单回路控制，并具有比常规PID 控制效果更好的控制策略的统称，而非专指某种计算机控制算法。先进控制的任务非常明确，即用来处理那些常规控制效果不好，甚至无法控制的复杂工业过程控制的问题。主要的先进控制策略有：预测控制、推断控制、统计过程控制、模糊控制、神经控制、非线性控制以及鲁棒控制等。

一、自动控制技术背景

■ 先进控制优点

- 1、与传统的PID 控制不同，先进控制主要是基于模型的控制策略。
- 2、先进控制通常用于处理复杂的多变量过程控制问题，如大时滞、多变量耦合、被控变量与控制变量存在着各种约束等。
- 3、先进控制的实现需要较高性能的计算机作为支持平台。

目 录

1

自动控制技术介绍

2

先进控制技术介绍

3

先进控制技术应用

4

总结

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制的主要特点

1、以现代控制理论为基础

系统辨识（最小二乘法为基础）最优控制（极大值原理和动态规划方法）最优估计（卡尔曼滤波理论）

2、以模型为基础，处理多变量控制问题

处理复杂的多变量控制问题 建立在常规单回路之上的动态协调约束控制

对工况有较好的适应性 模型类型：传递函数、状态空间模型 建模方法：机理建模、测试建模

3、借助计算机实现

数据处理与传输、模型辨识、控制规律的计算、控制性能的监控、整体系统的监控等均以计算机实现。

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制面向的对象

1、连续生产过程

整个生产过程的连续性和无间断性，通过一系列加工装置对原材料进行规定的化学反应和物理变化。如炼油、化工、电力、造纸、冶金等行业。

2、有明确的性能改善要求

- ① 提高控制平稳性；
- ② 降低操作人员劳动强度；
- ③ 改善产品质量或提高高价值产品收率；
- ④ 节能降耗。

3、生产过程采用计算机控制

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制目标

长：先进控制系统长期运行（投运率）

稳：降低变量的波动（标准偏差降低）

省：减少操作强度，提高装置自控率和自动化水平（减员）

能：降低装置能耗（节能）

增：提高目标产品收率（增产）

量：提高装置处理能力（提量）

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制策略

- 1、个别重要过程变量控制性能的改善，主要采用单变量模型预测控制与原控制回路构成所谓的“透明控制”的方式；
- 2、解决约束多变量过程的协调控制问题，主要采用带协调层的多变量预测控制策略；
- 3、推断质量控制，利用软测量的结果实现闭环的质量卡边控制。涉及到的主要控制策略有模型预测控制、推断控制、协调控制、质量卡边控制、统计过程控制，以及模糊控制、神经控制等。

二、先进控制技术介绍

■ 先进过程控制的实施

1. 合理地选择被控的区域；
2. 正确整定基本 PID 控制回路和先进过程控制系统；
3. 合理限制控制变量的变化量和变化率，保证控制系统的平稳性和对不确定因素的鲁棒性；
4. 建立良好的先进控制人机界面，确保在最常用的流程图画面上看到先进控制的信息，便于投用、维护和操作。

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制的工程化方法

1. **定义目标：**首先应将整个企业的目标细化为装置的目标、过程单元的目标以及最终主要过程装置的目标。
2. **分解目标至最底层：**在一个装置内，应对各主要设备建立控制目标，从而将过程装置的目标分解至最底层的各个设备。
3. **识别先进过程控制的适用性：**先进过程控制的适用性是指通过采用先进过程控制能否达到减少主要过程变量变化的预期目标。
4. **先进过程控制的效益 / 成本分析：**效益 / 成本分析可以给出是否采用先进过程控制策略或应当采用哪种先进过程控制策略。

二、先进控制技术介绍

■ 先进控制的工程化方法

5. 制订功能标准：对每个要实施的先进过程控制算法必须规定其功能标准。

6. 先进过程控制的实现：在先进过程控制方案确定后，首先进行详细的工程设计，这些工程设计包括控制回路连接图、系统仪表配置一览表、先进控制操作界面等，最终生成可实现的控制软件。

7. 调试：调试是检验先进过程控制方案和生成的控制软件是否正确。

二、先进控制技术介绍

■ 面临的挑战

- 1、**模型辨识的新工具**：为了完成像反应器这样的主要工业生产过程动态性能的测试，需要耗费数周的时间，给工程技术人员带来很大的工作量，迫切需要更好和更有效的过程动态响应测试和能更充分利用统计信息辨识出动态模型的方法
- 2、**自适应模型预测控制**：针对那些变增益的工业过程，如油品调合和 PH 控制等过程，需要应用自适应控制的思想来改进多变量模型预测控制器性能，例如模型参数预测等方法的研究和开发。

二、先进控制技术介绍

■ 面临的挑战

- 3、非线性模型预测控制：普遍应用的模型预测控制软件包采用的是线性模型，在碰到内在非线性问题时，必须将其参数整定得以确保在整定操作区域内的稳定性，其后果是对许多操作区域的控制作用过于迟缓。为了解决这一问题，迫切需要非线性模型预测控制工程化软件。
- 4、多元统计监控：随着计算机集成控制的广泛应用，大量信号和控制回路的集中管理监督和性能的评判，已成为工艺操作者的主要责任，如何加强计算机监控是当今现代工厂企业的重要内容。

目 录

1

自动控制技术介绍

2

先进控制技术介绍

3

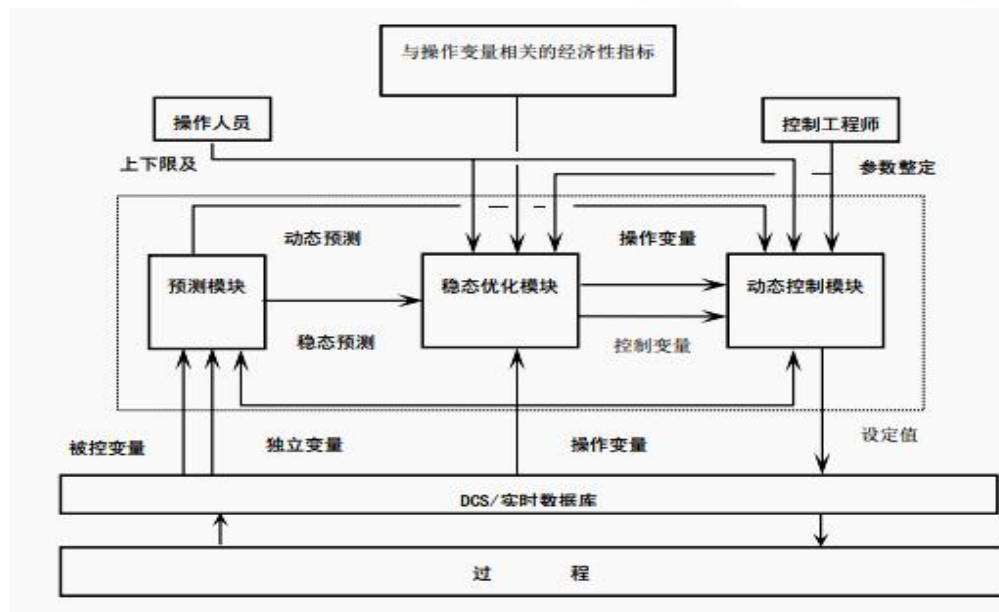
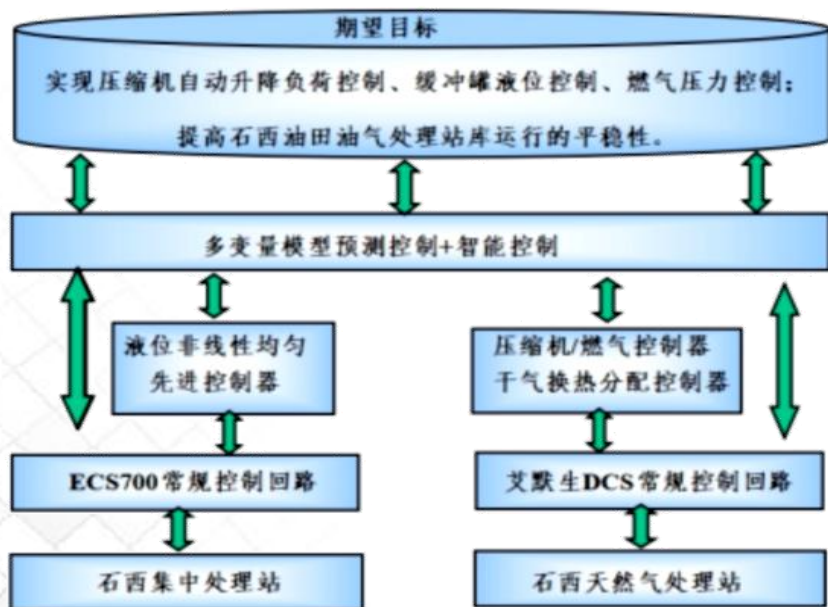
先进控制技术应用

4

总结

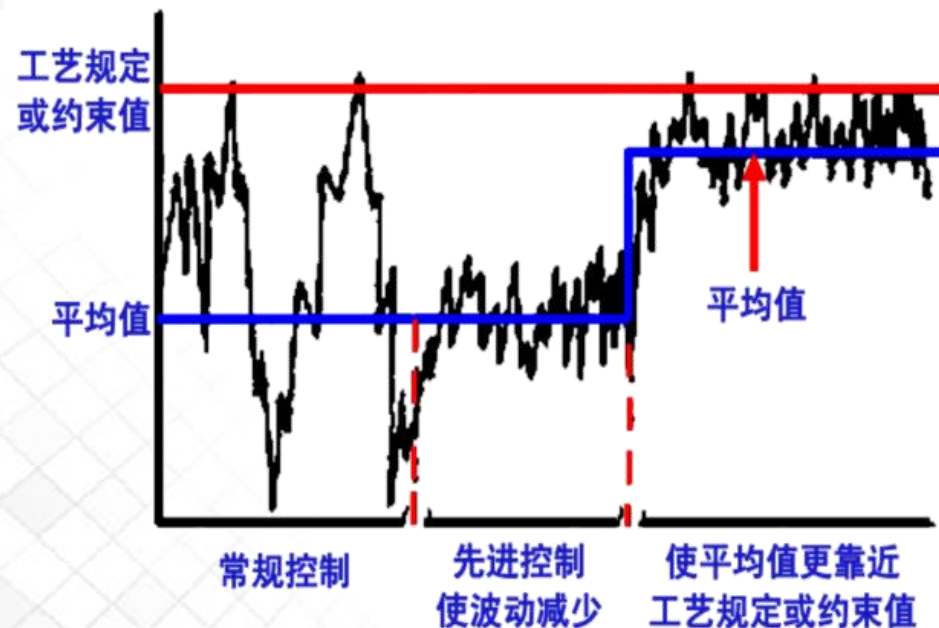
三、先进控制技术应用

新疆油田已在石西油田作业区构建协同控制与指挥调度系统，实现各单元全流程的**协同控制**和**统一调度指挥**。同时建立4种先进控制模型，有效解决了**独立回路控制协同差、单装置局部优化限制、人工辅助调控难度大**等问题，实现全局控制优化一体化。



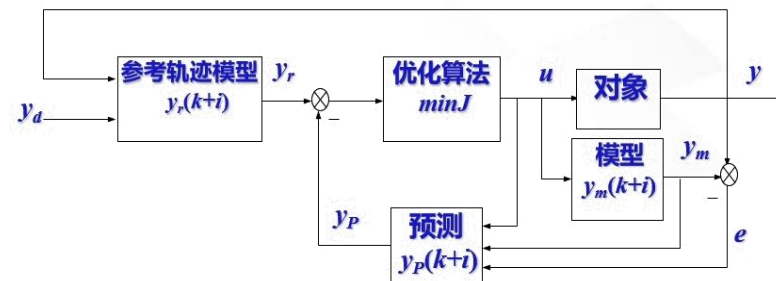
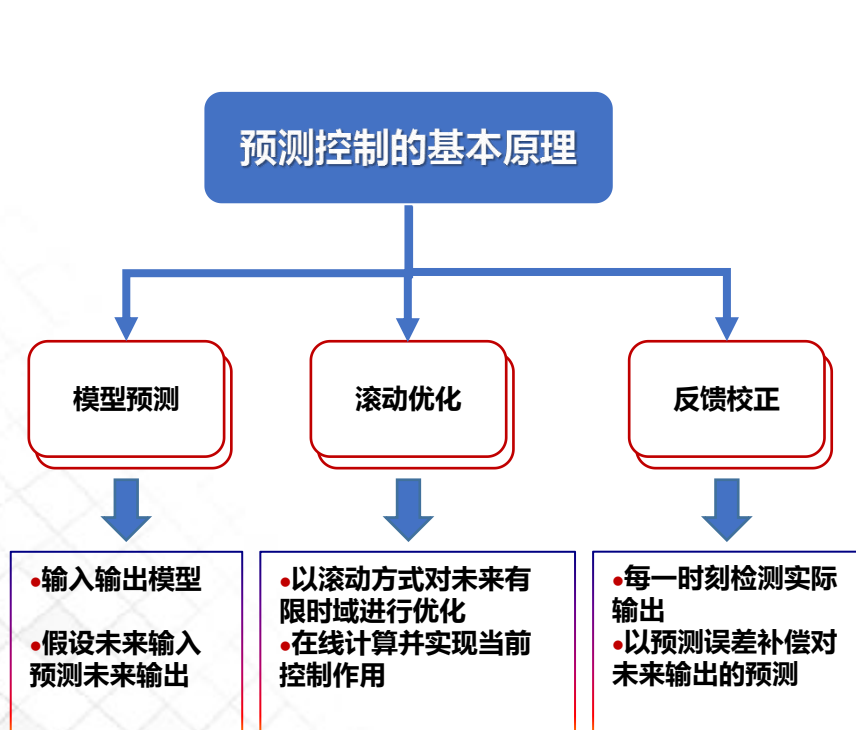
三、先进控制技术应用

基于装置测试数据的过程动态模型，结合多变量约束控制，在DCS中建立中间位号，包括：被控变量（CVs）及操纵变量（MVs）的输出值、上限和下限、先控开关等，通过先进控制器，实现DCS控制回路设定值的自动改变，使控制变量的波动更小，操作更加平稳。实现**卡边控制与实时优化**，同时满足先进控制系统与常规控制之间的**安全、无扰动切换**。

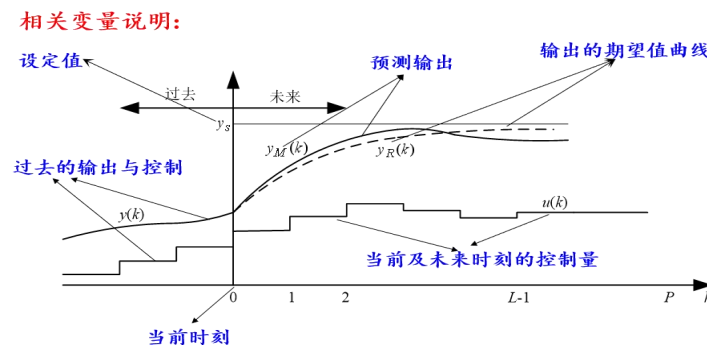


三、先进控制技术应用

应用**多变量预测控制技术**实现油气生产装置**稳态优化与动态控制**，通过动态预测、滚动优化、反馈校正，有效抑制可测干扰的影响，实施定值控制或区间控制，实现石西油田缓冲罐液位、缓冲罐出料量流量、一级燃气压力等**多目标协调优化和解耦控制**。



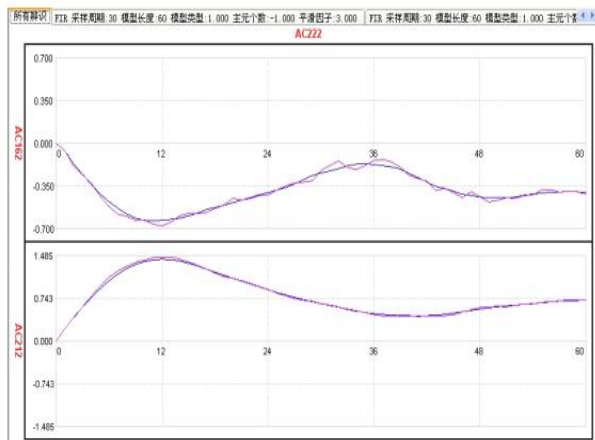
模型算法控制原理示意图



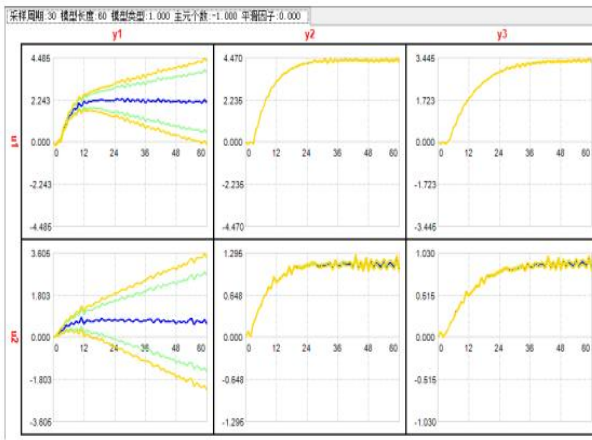
基于模型的预测控制思路

三、先进控制技术应用

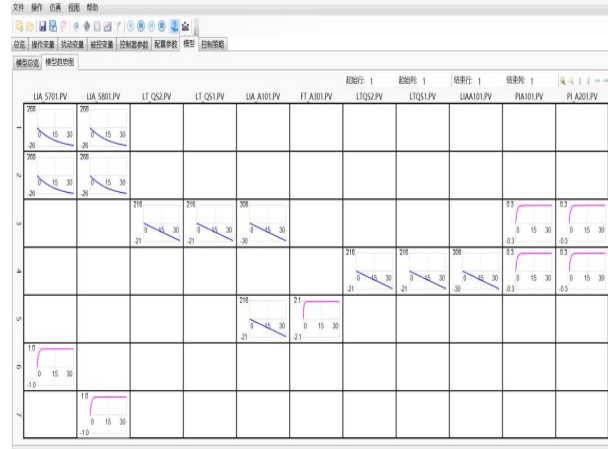
依托装置历史数据，结合FIR 算法、SSARX 算法、RLS 算法等五种辨识方法，根据操作变量和被控变量相互关系线性时不变动态过程的特性进行**相关性分析**，从而得到原油缓冲罐液位、原料气压缩机负荷、燃气降压和干气换热分配**4种**控制模型。并对模型进行**置信度分析**，提高模型在流程生产中的适应性和可靠性。



控制模型运行趋势图



控制模型采样

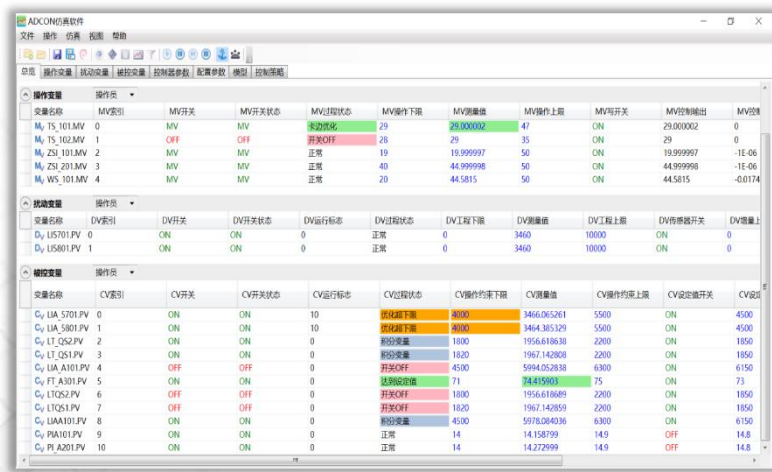


控制器模型

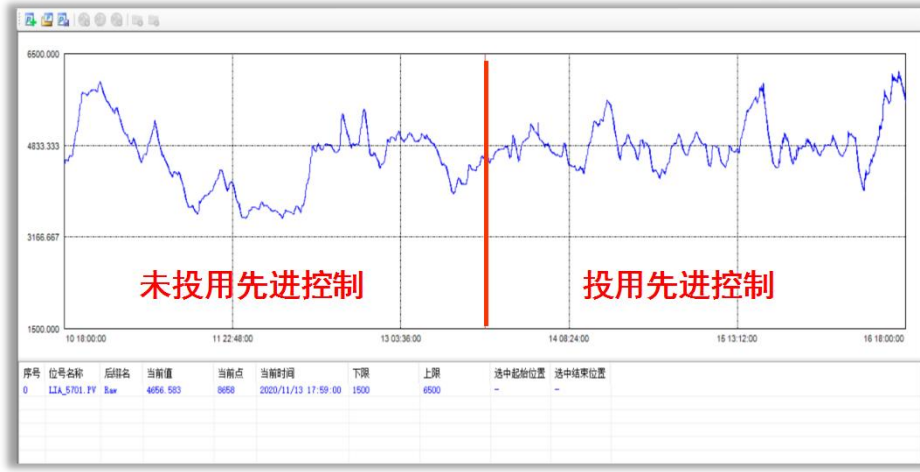
三、先进控制技术应用

■ 液位非线性均匀先进控制模型

建立液位非线性均匀先进控制模型，及时调节脱水泵变频、柱塞泵变频，实现缓冲罐液位的**定值控制与区域控制**，保持缓冲罐出口流量稳定，降低对相变炉操作的影响，将标准偏差控制由624降至389。有效解决了缓冲罐液位波动不稳可能溢油的问题。



液位控制器界面

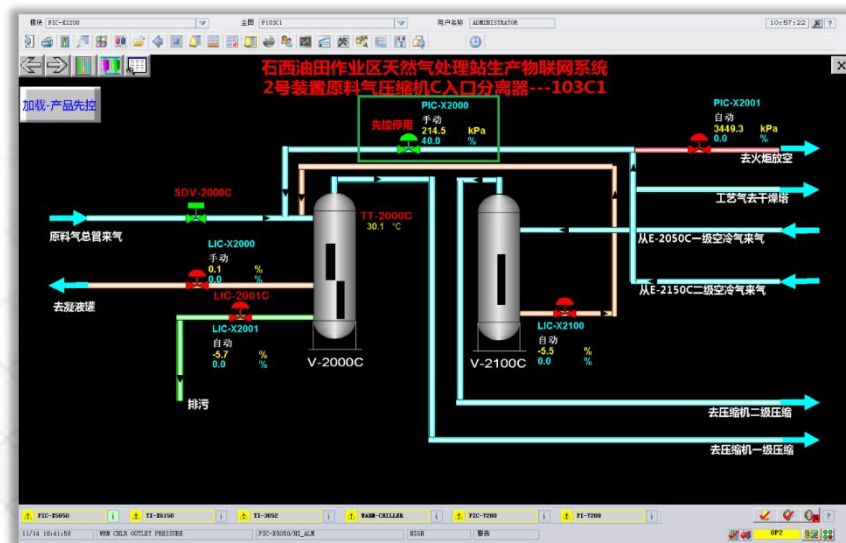


投用APC前后 7#缓冲罐液位差异图

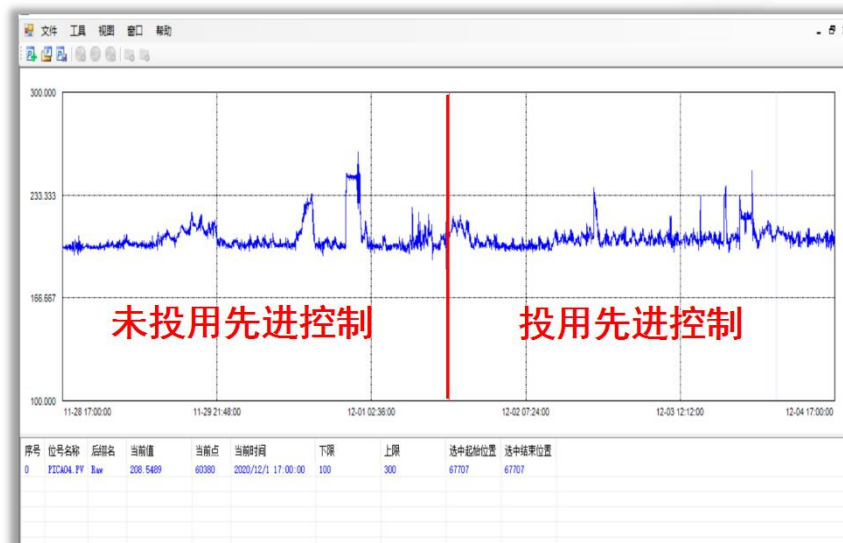
三、先进控制技术应用

■ 压缩机负荷调整先进控制模型

建立压缩机负荷调整先进控制模型，调整石西天然气处理站原料气压缩机回流阀，使原料压缩机可根据原料气进气量自动调节，提高负荷利用率，实现跨流程自动控制，其标准偏差控制率提高40%。实现了**负荷优化控制**并大幅提高设备运行时率。



压缩机工艺流程图

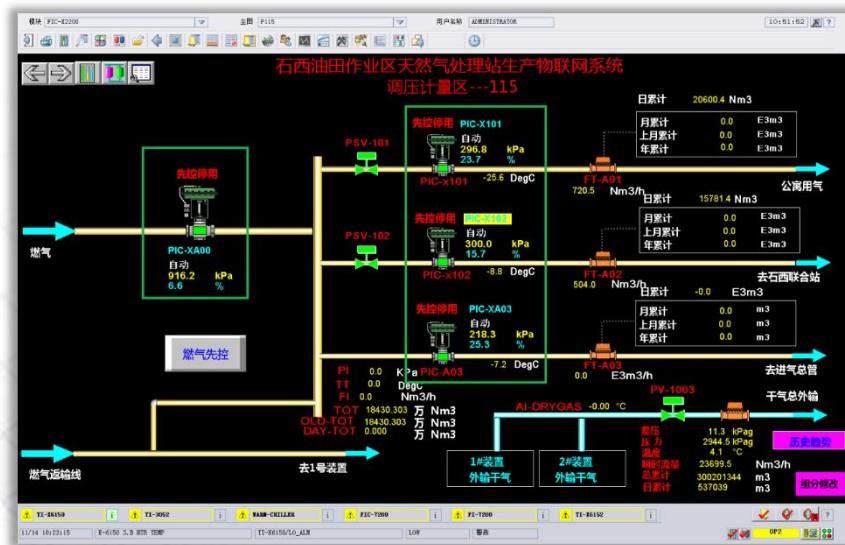


投用APC前后 压缩机入口压力差异图

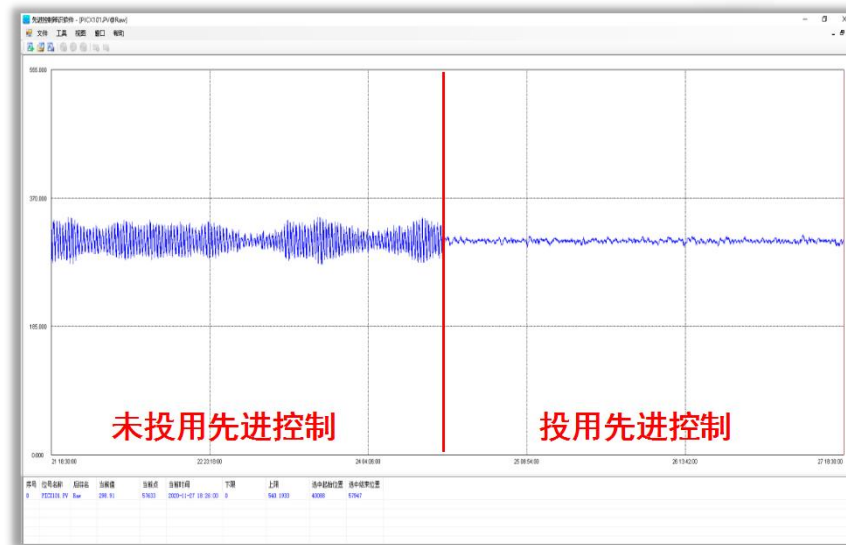
三、先进控制技术应用

■ 燃气降压解耦先进控制模型

建立燃气降压解耦控制模型，自动控制石西集中处理站燃气压力等阀，实现**干支线两端的同步控制**，减少燃气压力波动及对变相炉影响，标准偏差控制降至2.45。有效解决了下游生产、生活用气调配不平衡的问题，确保了生产工艺燃气压力稳定、生活用气安全可靠。



燃气工艺流程图

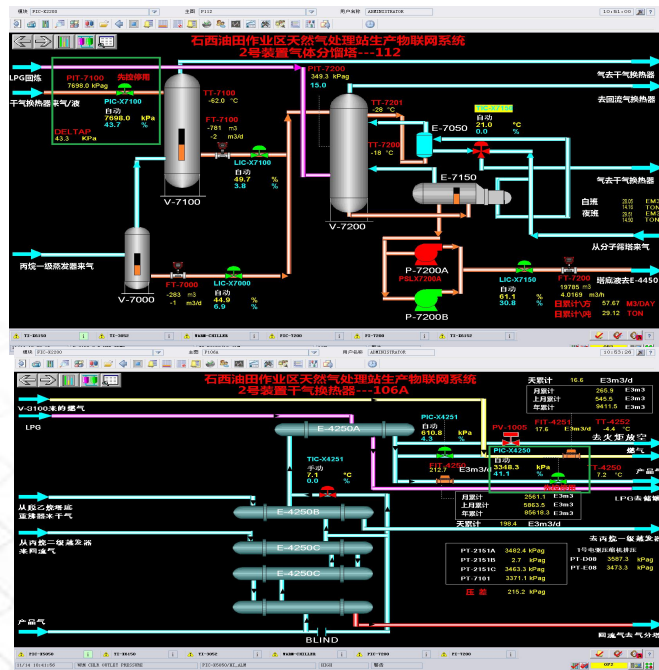


投用APC前后 生活区燃气调气压力差异图

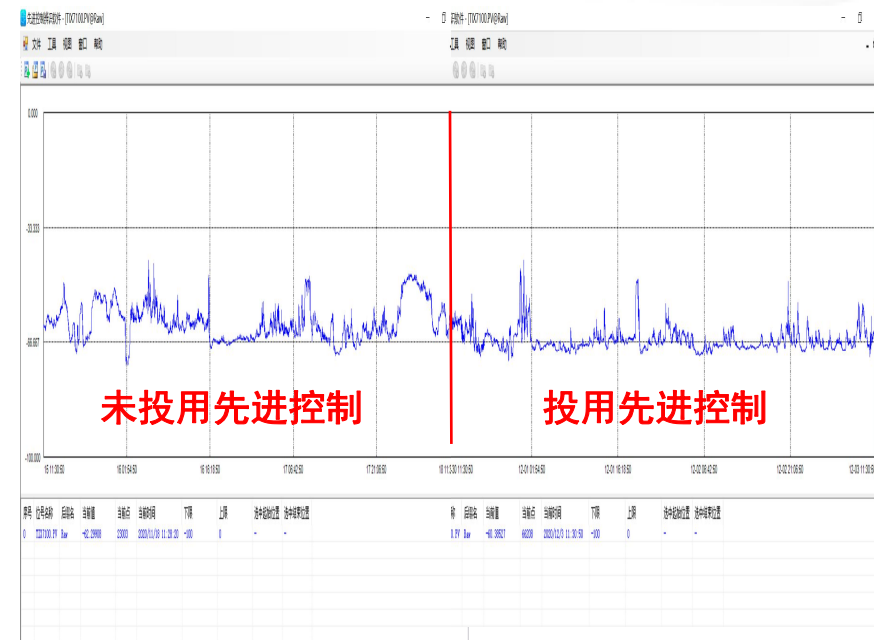
三、先进控制技术应用

■ 液位非线性均匀先进控制模型

通过干气换热分配控制模型，根据制冷凝液回收塔间气量优化调配1#，2#气分塔塔压，实现**多变量协调控制、干气塔的优化控制**，提高干气换热效果，有效地降低塔内能耗，提高**整套装置混烃收率**。



根据气分塔温度工况及时合理调整两套装置处理量

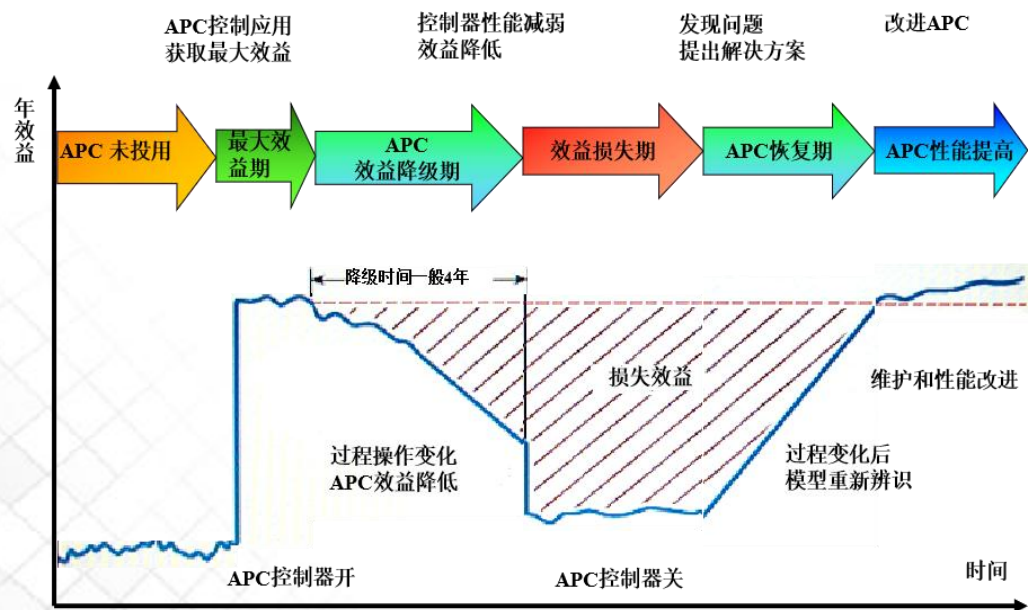


投用APC前后塔顶温度差异图

三、先进控制技术应用

■ 应用效果

系统自上线以来，已在石西油田作业区6座油气处理站库进行应用，实现油、气、水生产装置协同控制，关键装置参数标准差控制率提升了37.6%~69.86%，增加混烃收率5%以上，提升了站场生产运行智能化和风险管理水平。



1

提高生产过程操作性能：
减少30%的生产异常波动；
减少5%的生产耗能；
增加产量5~10%；

2

节省生产维护费用：
延长设备运行寿命10%；
降低故障频率3%；
节省维护费用30%。

目 录

1	自动控制技术介绍
2	先进控制技术介绍
3	先进控制技术应用
4	总结

四、总结

先进控制是用现代科学技术提升石油化工产业、取得效益的重要手段，也是操作员转变为监控员的主要手段。

先进控制技术深度融合先进控制技术与工艺专业理论，实现了站库间智能生产监控调度，生产工艺的“协同互通”。为新疆油田提质增效提供了有力的信息保障，必将助推油田站场**无人值守化、智能化**发展。

提升

站库间智能化、系统化的程度

加快

大型站场“无人值守”转型速度

扩展

数据集中管理应用的深度与广度

建立

生产工艺“协同互通”新模式

汇报完毕
谢谢！