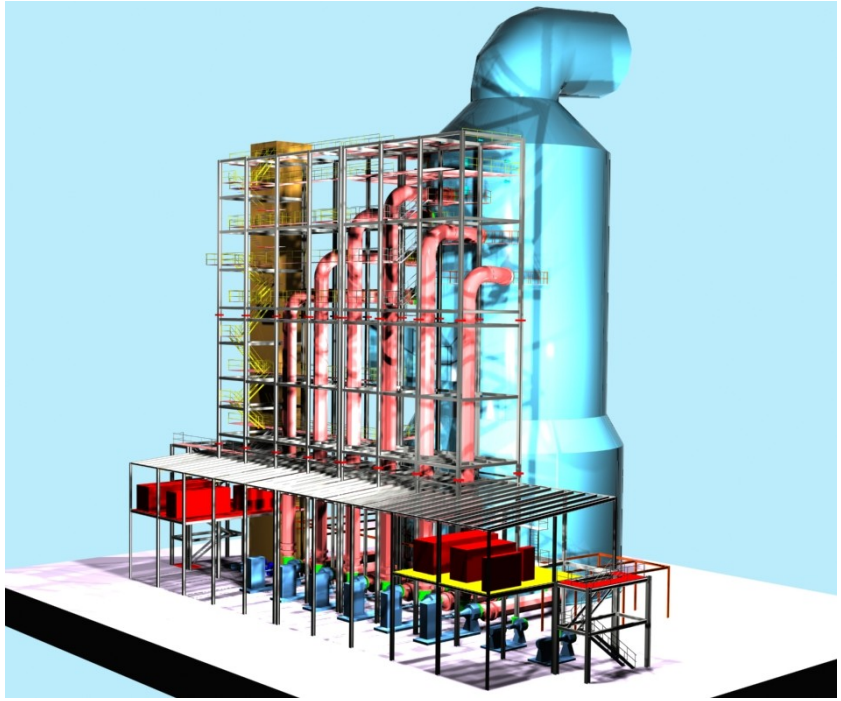
湿式尾气脱硫 (FGD) 优化

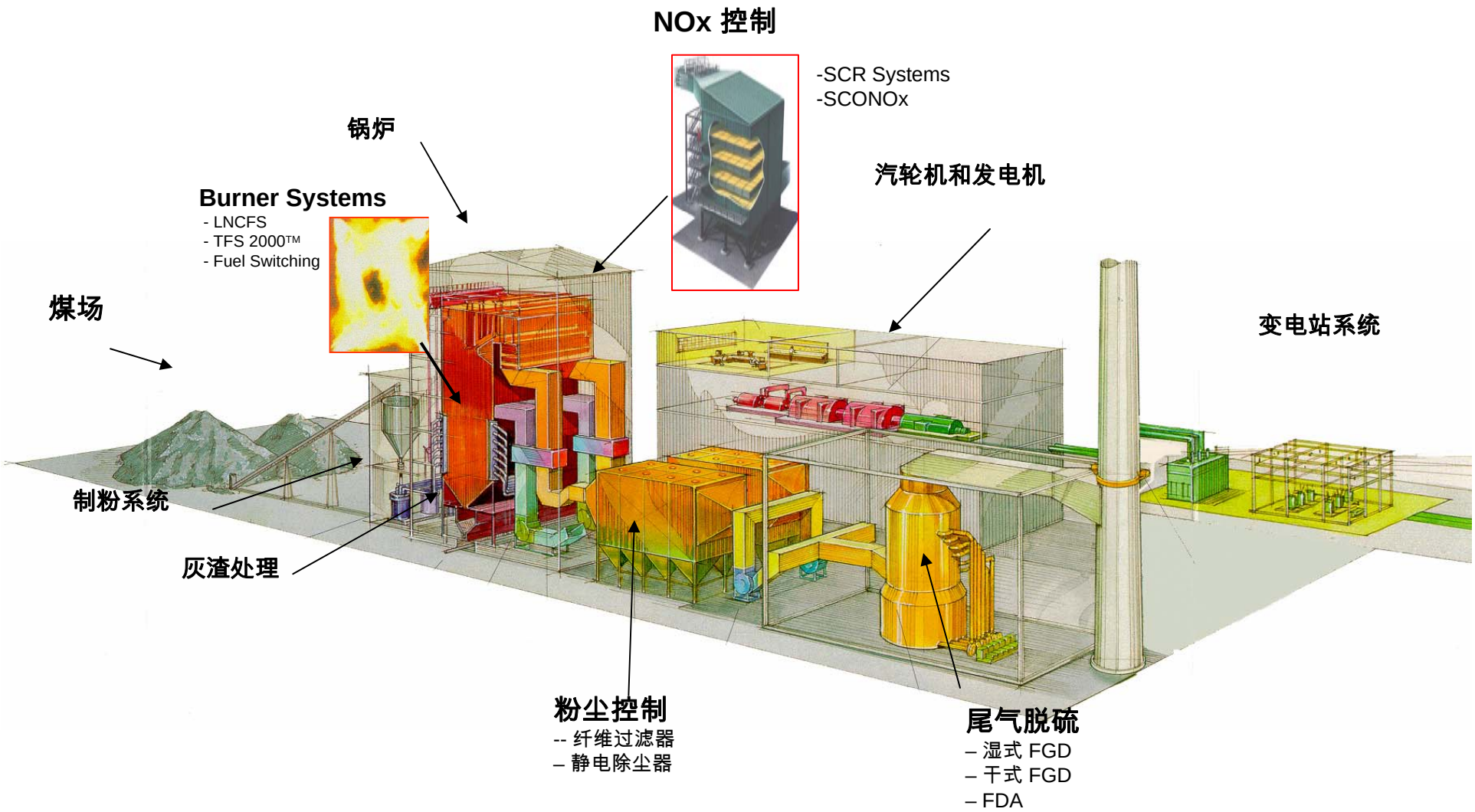


Steve Piche, Ph.D.
应用开发部主任
Pegasus 技术公司
Delin Zhang, Ph.D.
工程部及新业务开发部经理
Pegasus 技术公司 (中国)
Brad J. Radl
总裁兼技术执行官
Pegasus 技术公司

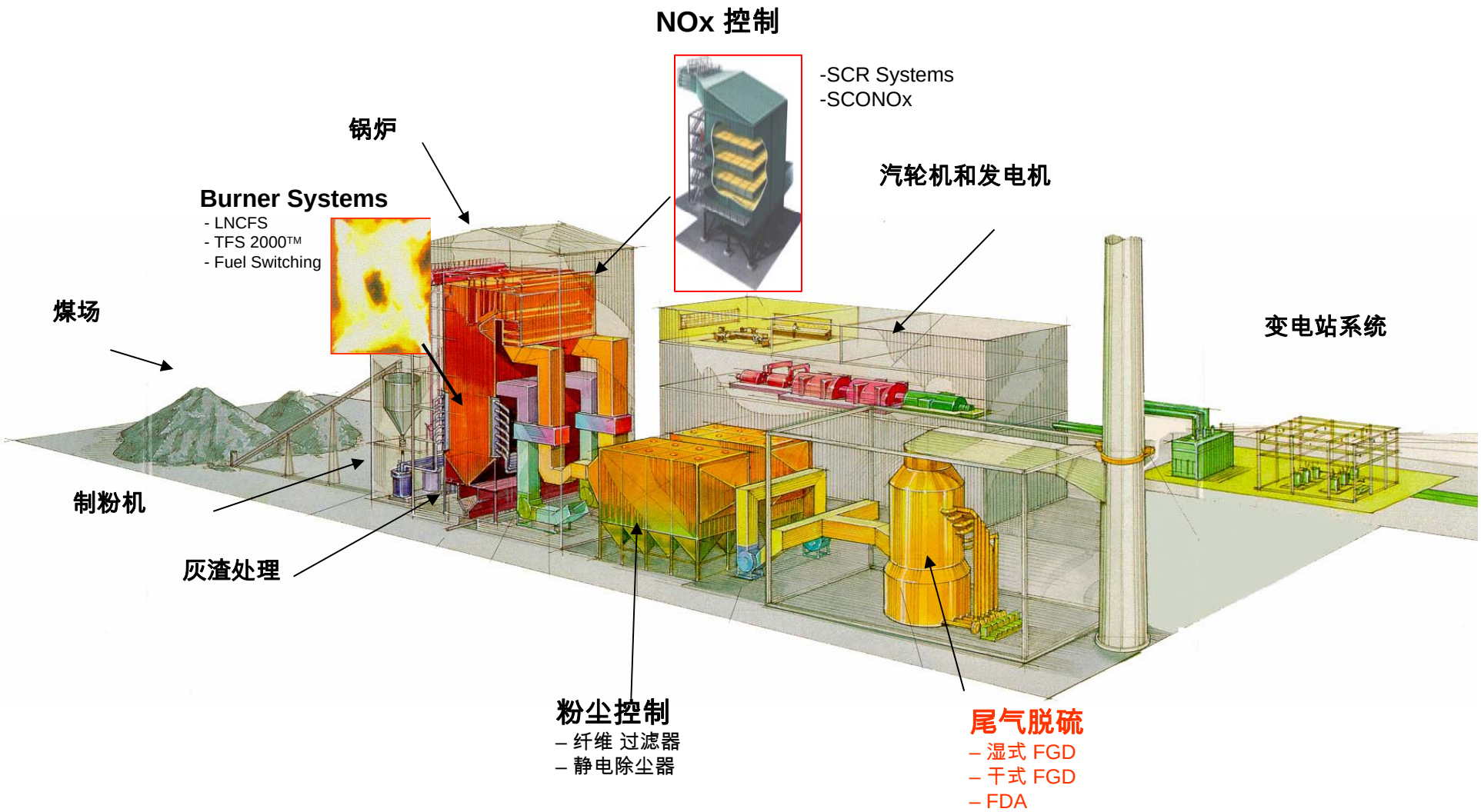
概述

- 湿式 FGD样回顾
- FGD 优化
- 结果
- 效果

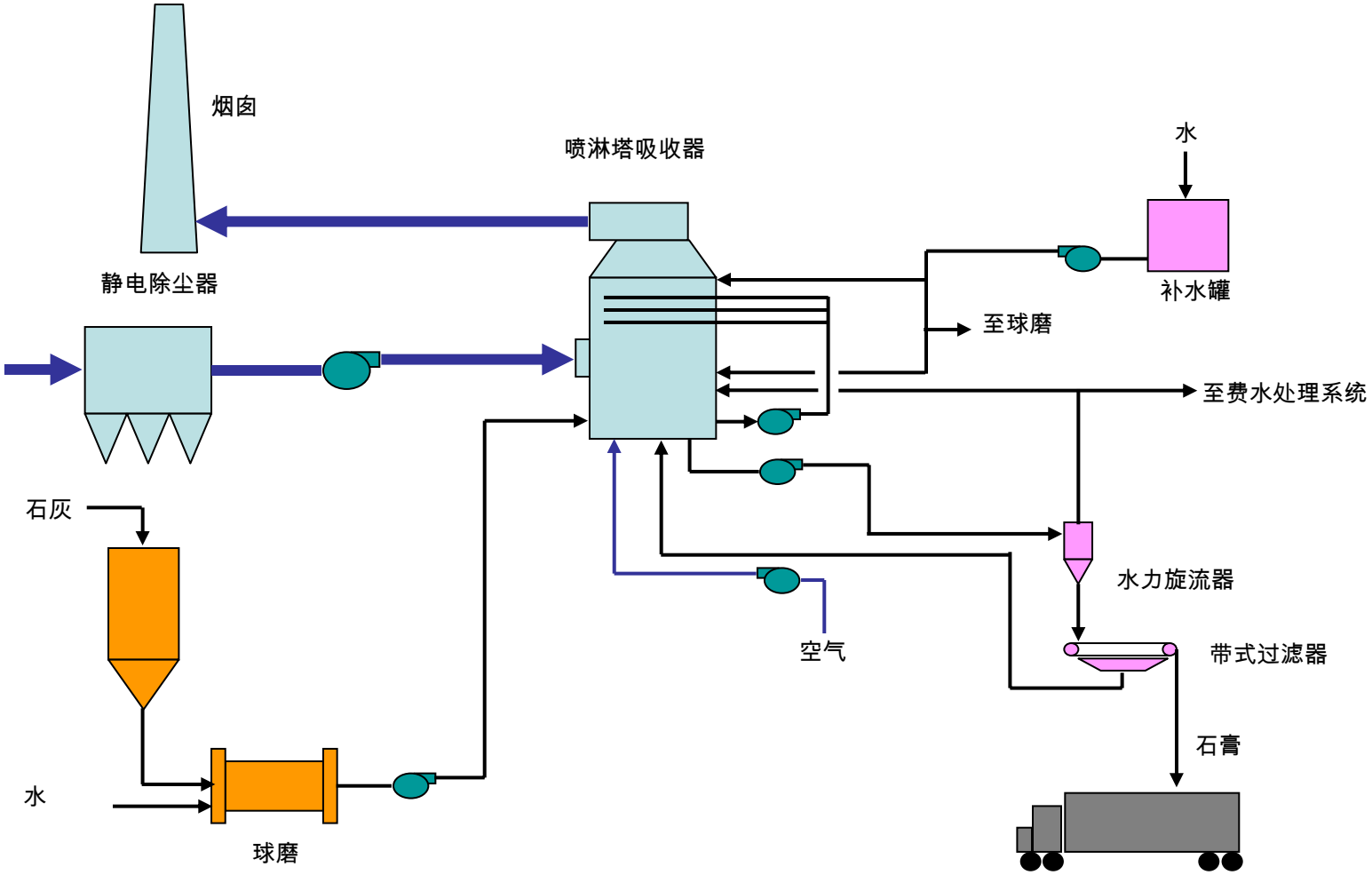
电厂优化系统


NOx 控制
-SCR Systems
-SCONOx
锅炉
汽轮机和发电机
Burner Systems
- LNCFS
- TFS 2000™
- Fuel Switching
煤场
变电站系统
制粉系统
灰渣处理
粉尘控制
-- 纤维过滤器
– 静电除尘器
尾气脱硫
– 湿式 FGD
– 干式 FGD
– FDA

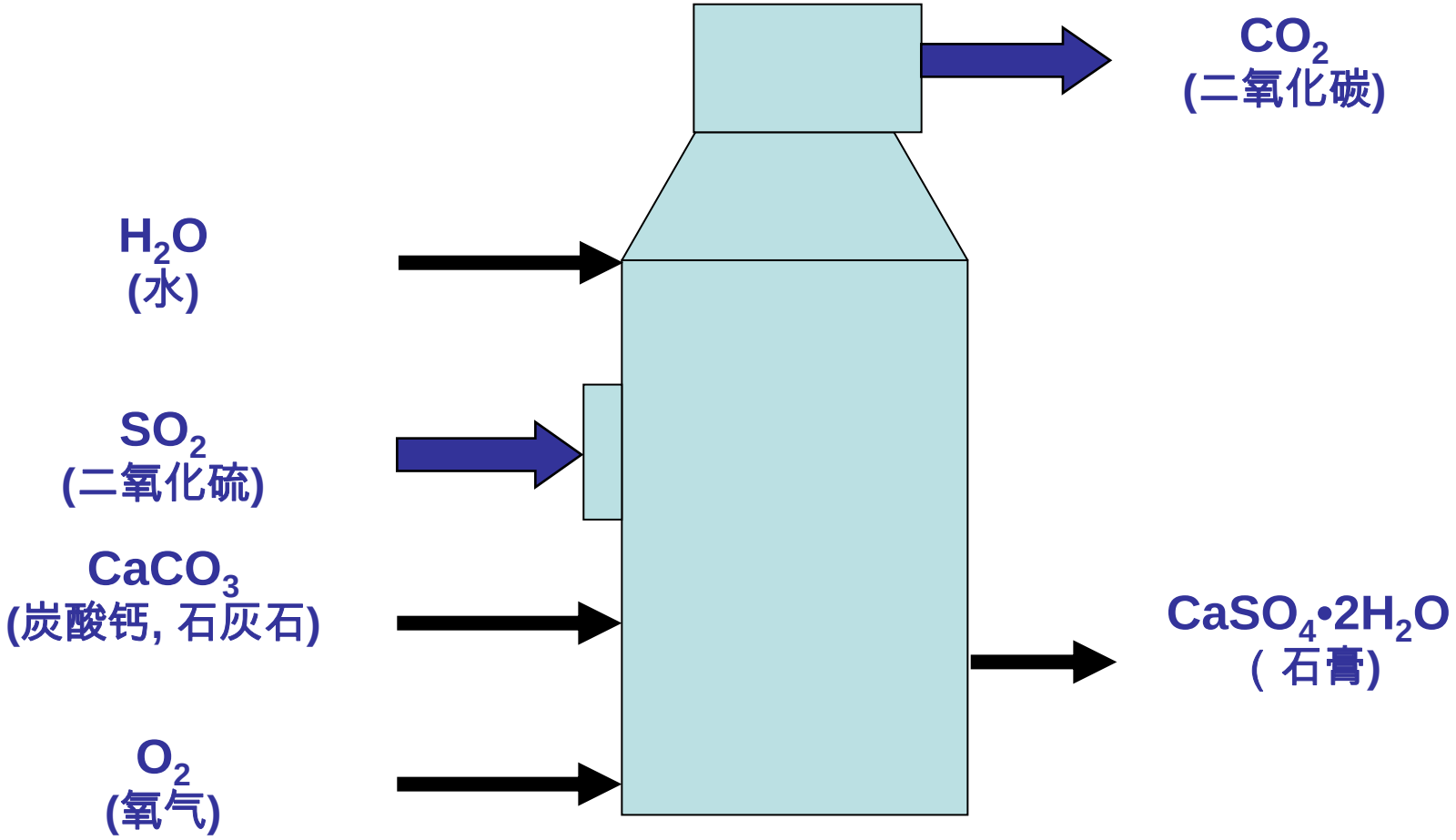
后燃烧系统


NOx 控制
-SCR Systems
-SCONOx
锅炉
汽轮机和发电机
Burner Systems
- LNCFS
- TFS 2000™
- Fuel Switching
煤场
变电站系统
制粉机
灰渣处理
粉尘控制
– 纤维 过滤器
– 静电除尘器
尾气脱硫
– 湿式 FGD
– 干式 FGD
– FDA

FGD 过程流程图

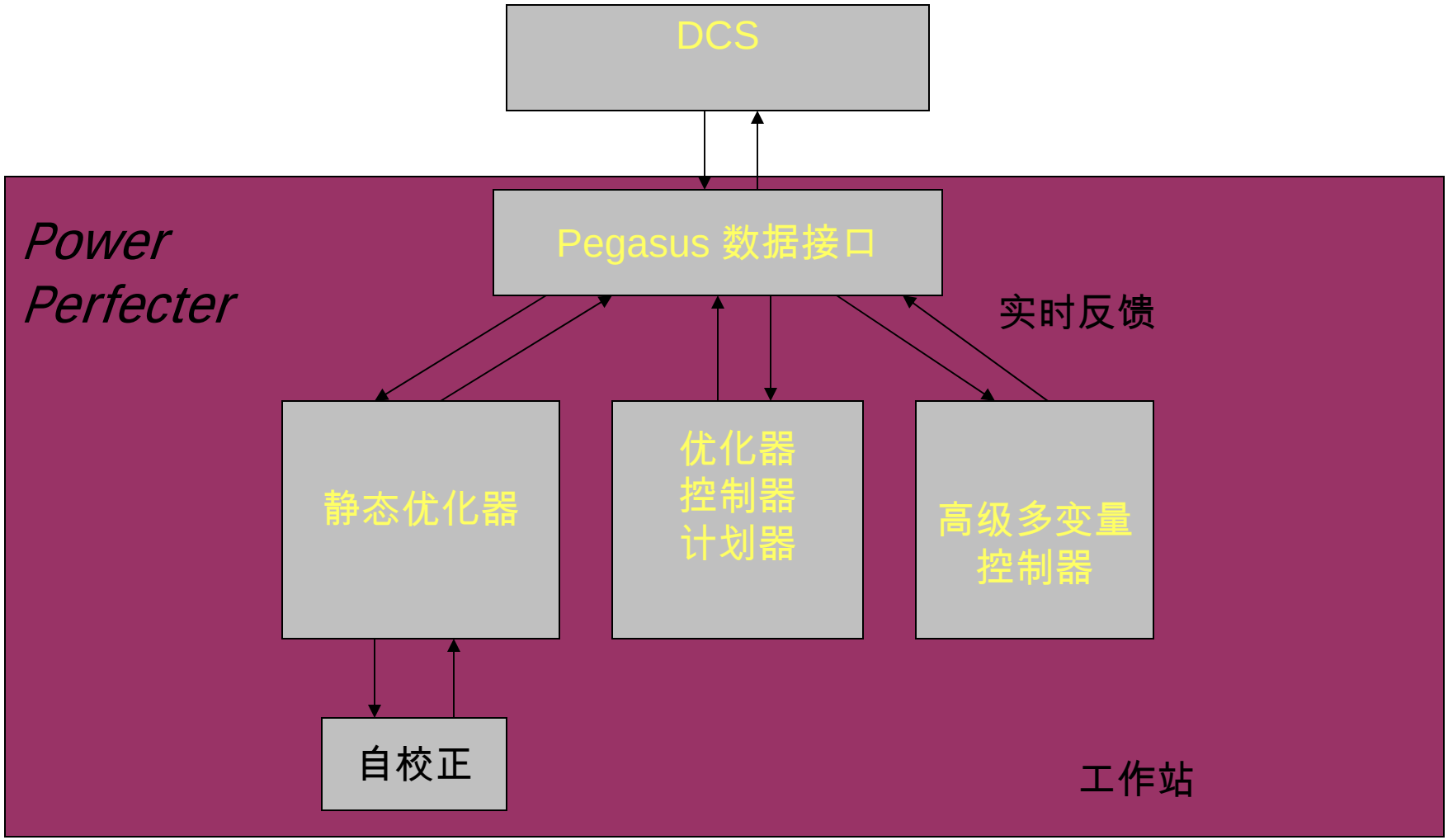


FGD 过程化学反应



$$SO_2 + CaCO_3 + \tfrac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$$

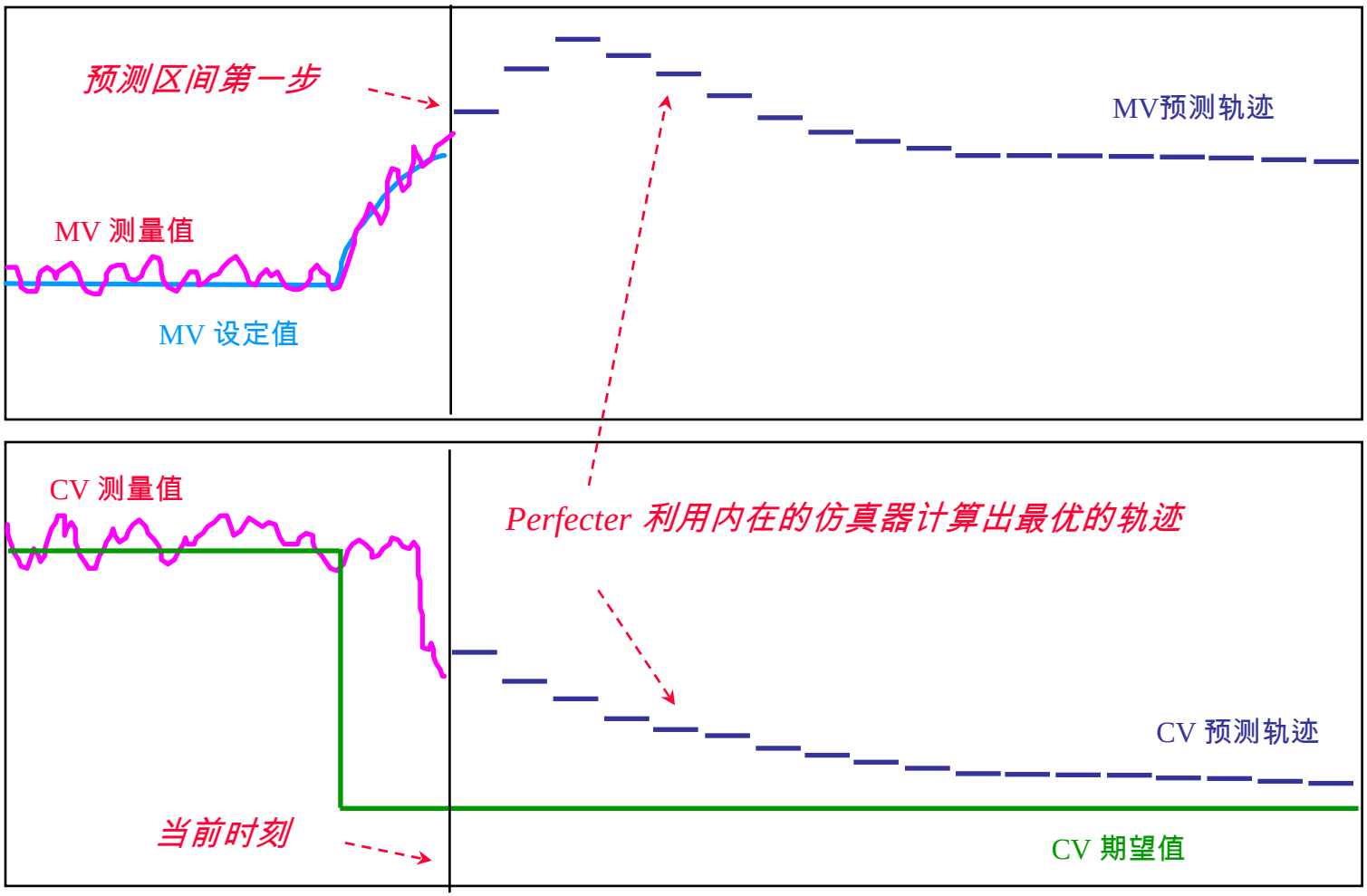
Power Perfecter™ 实施



MPC 功效

- **高级过程控制:** 以高频率（每分钟或更快）减少由外界因素造成的被控制变量的变化，并驱使操纵变量至其最优配置。

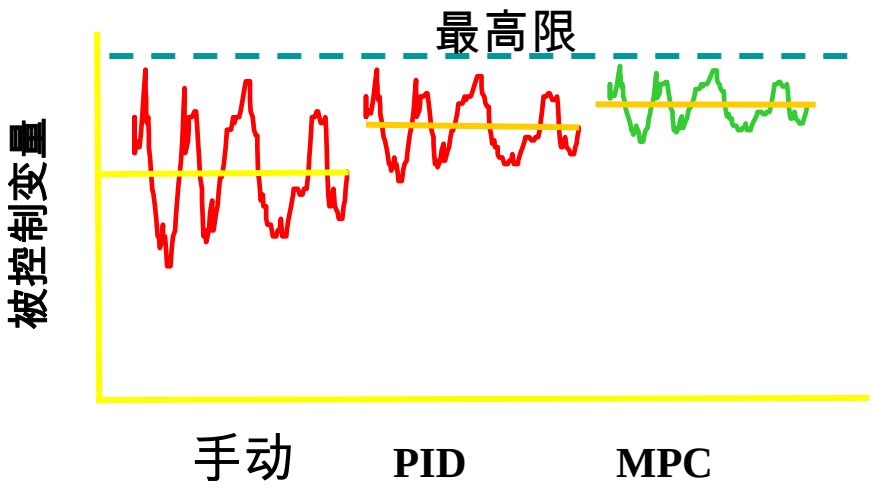
模型预测控制

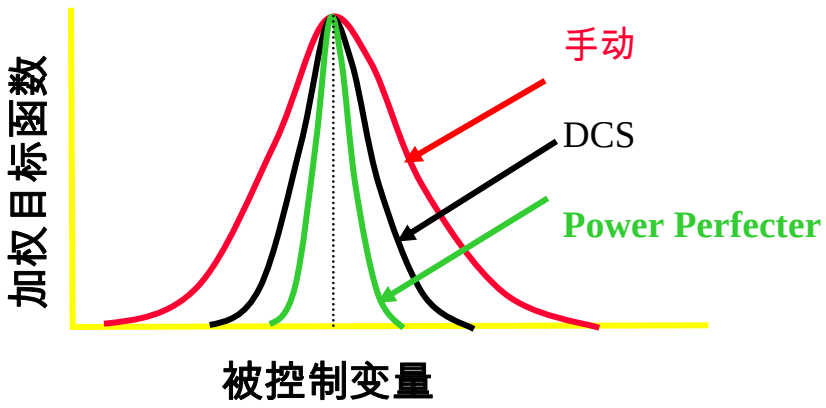

预测区间第一步
MV预测轨迹
MV 测量值
MV 设定值
CV 测量值
Perfecter 利用内在的仿真器计算出最优的轨迹
CV 预测轨迹
当前时刻
CV 期望值

Power Perfecter™ 的优势

- 减小变化区间
  - 通过在适合的时候改变操纵变量适合的量以达到被控制变量保持接近在其给定值附近。
- 最优化地分配MV资源以达到最佳的目标
  - 计算最优化的MV轨迹组合以达到全局目标函数最小化。

Power Perfecter™ 优势 – 减少变化范围

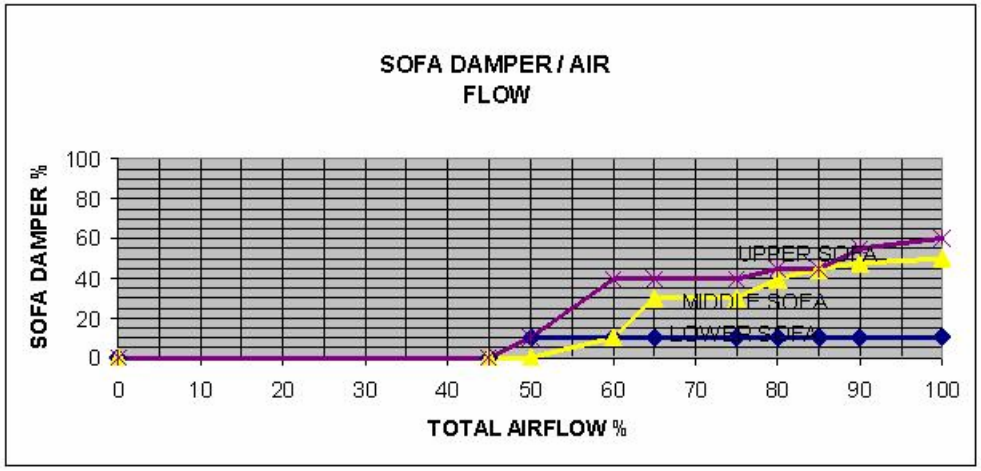


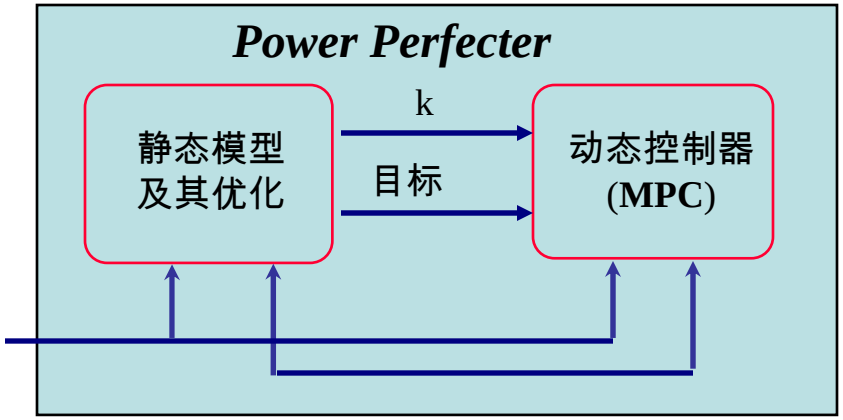


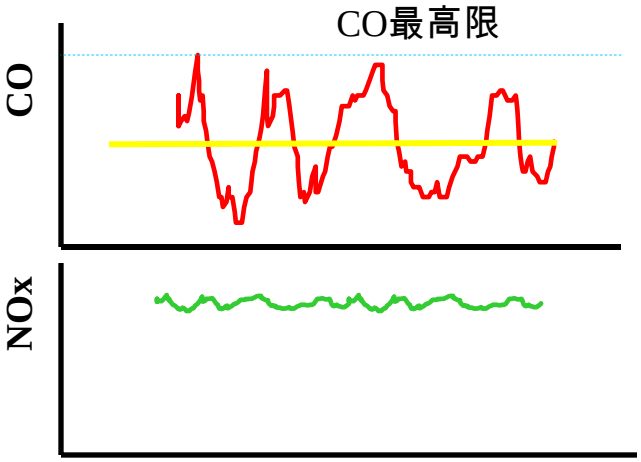
- 减少变化区间将导致
  - 减少维修负担
  - 增加运行安全
  - 提高效率

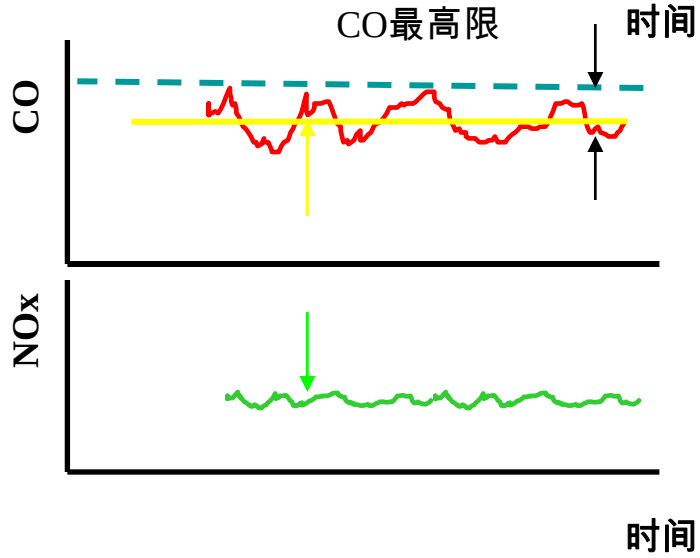
案例: 普遍可以减少蒸汽温度与压力控制变化区间50%

Power Perfecter™ 优势
最优化分配资源

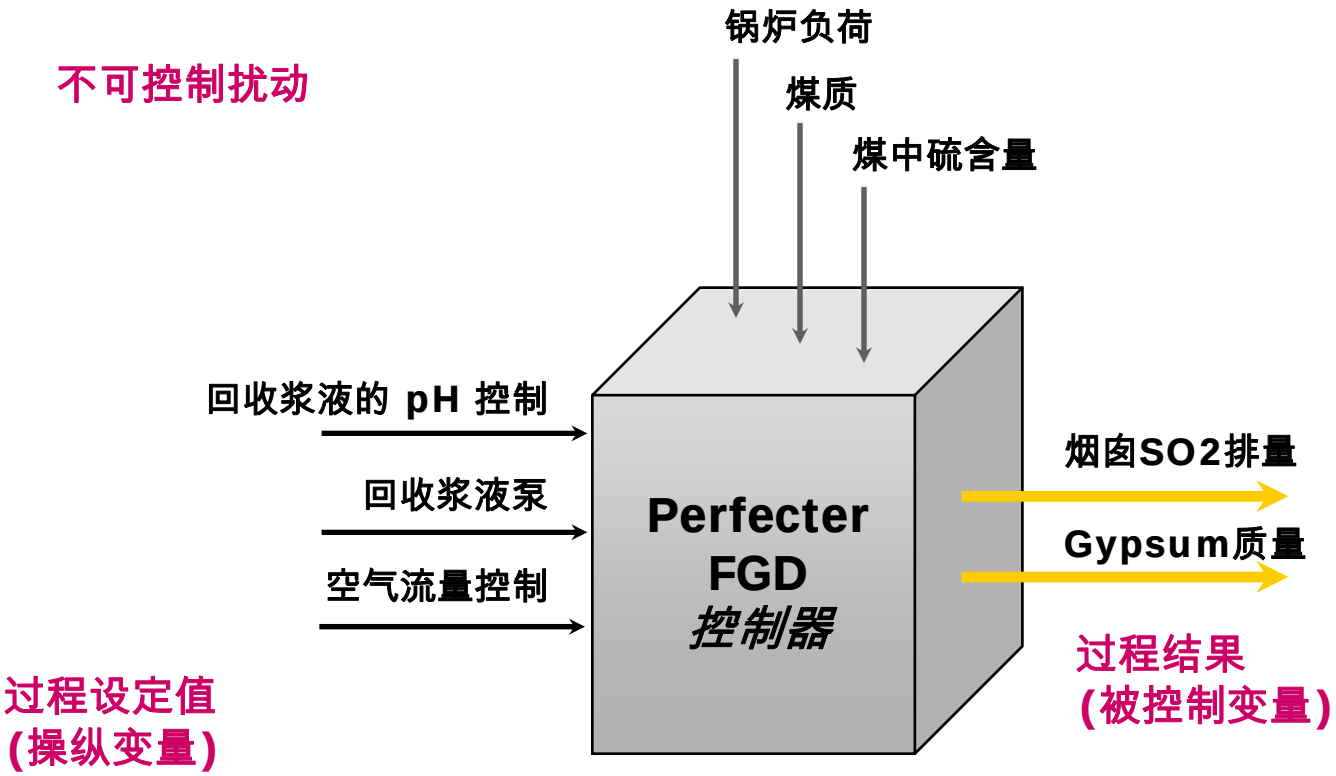








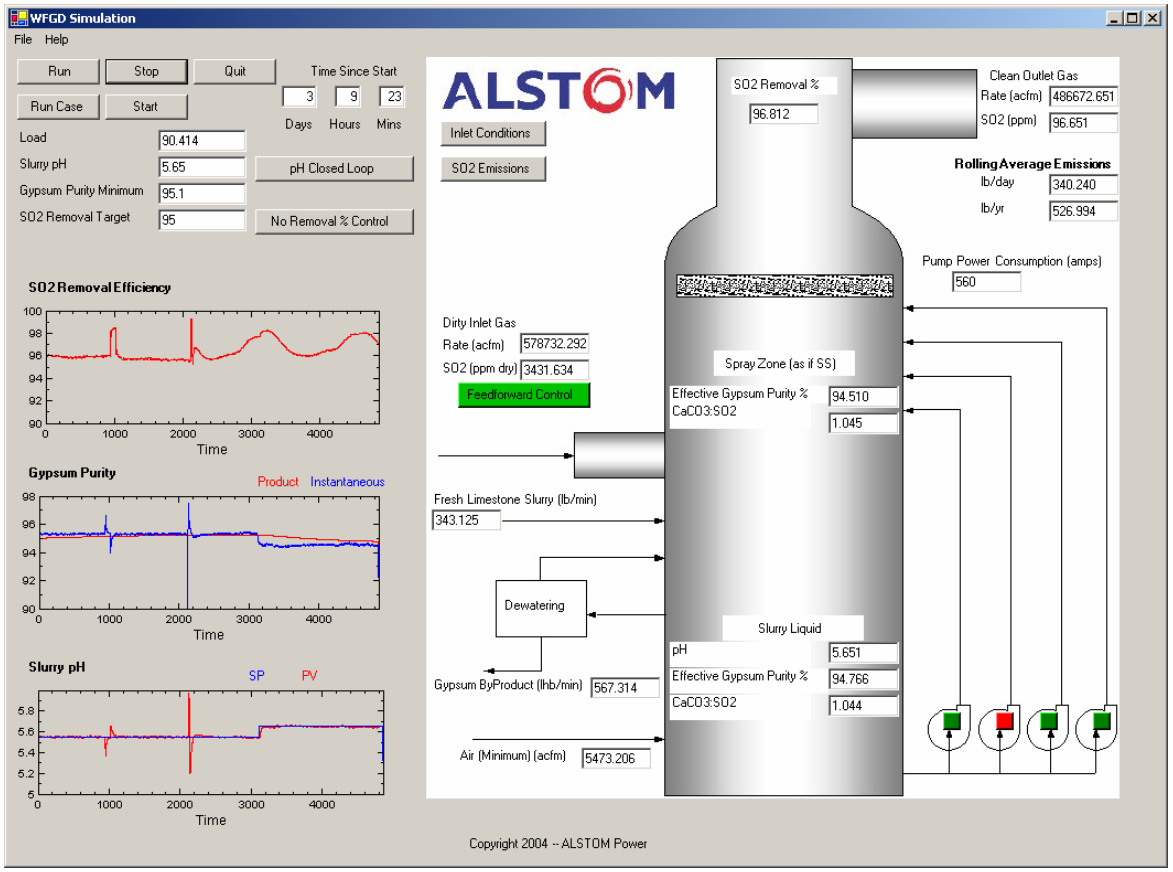
湿式 FGD 优化器

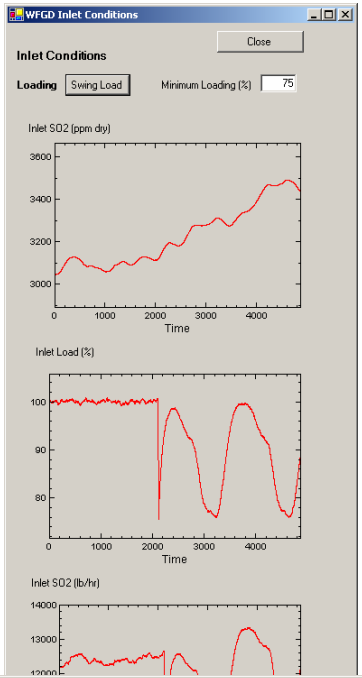


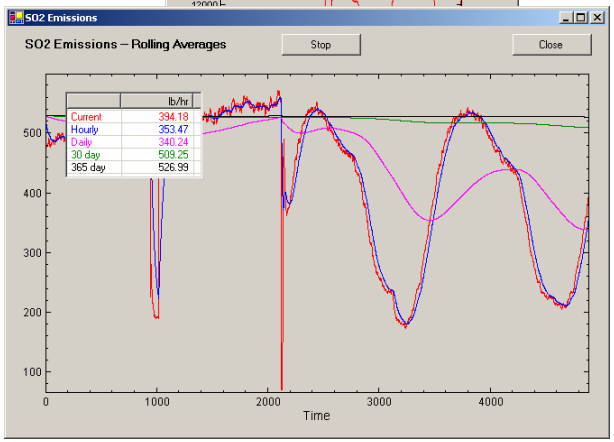
目标:

- 利用Power Perfecter 最大化去除 SO_2
- 维持Gypsum质量
- 最小化能耗

WFGD 仿真:

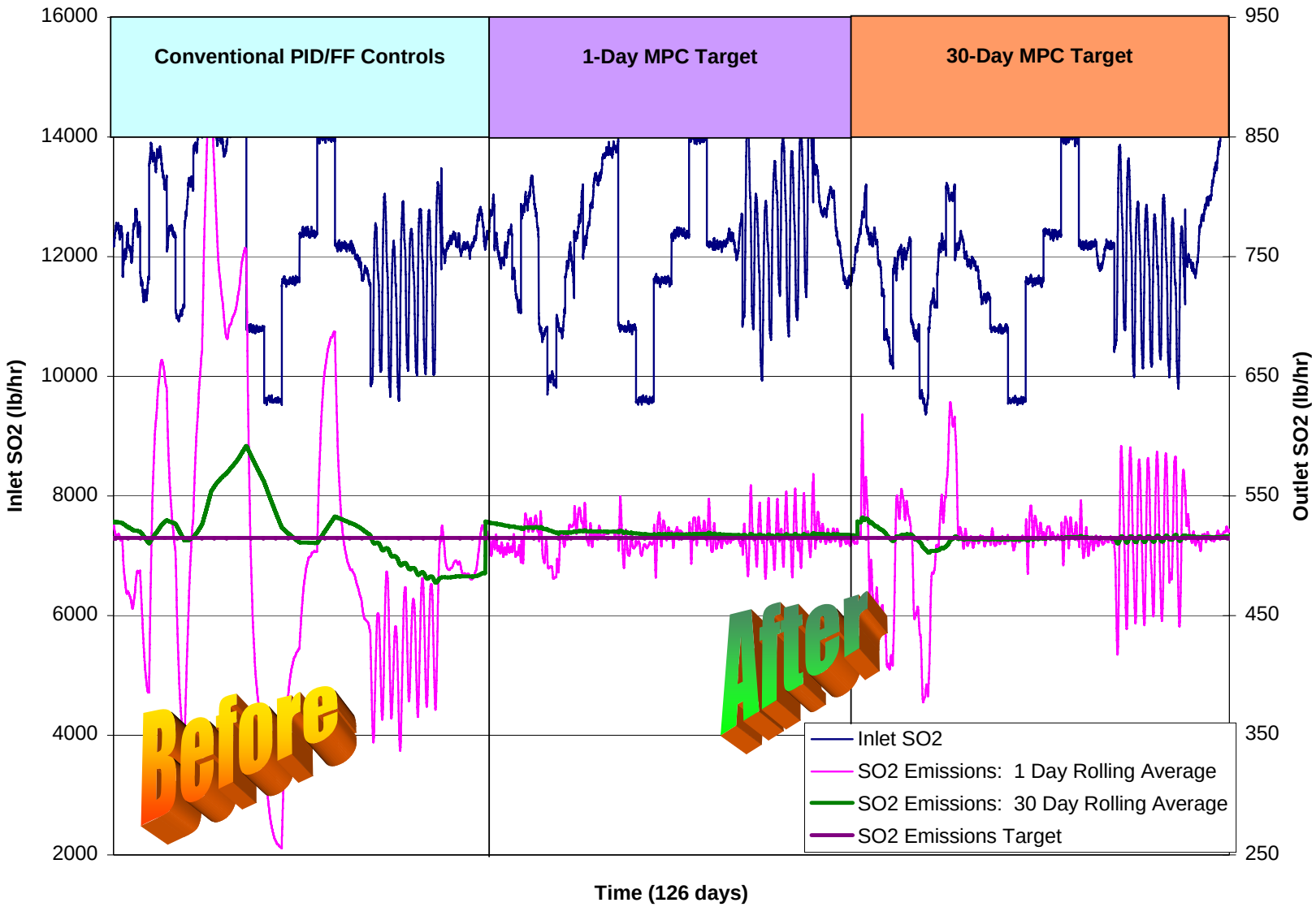




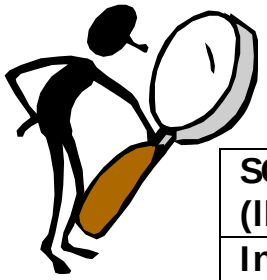


WFGD 的动态仿真是基于ALSTOM专有的 WFGD 喷淋塔静态设计技术以及动态实验数据得出的。

控制方案比较


Conventional PID/FF Controls
1-Day MPC Target
30-Day MPC Target
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
950
850
750
650
550
450
350
250
Inlet SO2 (lb/hr)
Outlet SO2 (lb/hr)
Time (126 days)
Before
After
Inlet SO2
SO2 Emissions: 1 Day Rolling Average
SO2 Emissions: 30 Day Rolling Average
SO2 Emissions Target

不同的控制策略运行比较



移动平均值目标:
515 lb/hr

SO_2 Emissions (lb/hr)	Average	Median	Standard Deviation	Maximum	Minimum
Instantaneous					
Conventional PID/FF	504.8	488.7	153.2	1331.4	114.6
MPC: 1 Day Target	515.1	512.1	58.2	1225.1	122.0
MPC: 30 Day Target	510.5	511.5	99.0	1166.0	143.0
1 Hour Rolling Average					
Conventional PID/FF	504.9	488.0	151.8	983.0	213.2
MPC: 1 Day Target	515.1	512.5	53.4	708.9	338.0
MPC: 30 Day Target	510.4	511.7	95.8	964.6	233.7
1 Day Rolling Average					
Conventional PID/FF	505.0	485.1	129.0	919.8	255.2
MPC: 1 Day Target	*515.3*	*514.8*	*13.0*	*568.3*	*480.6*
MPC: 30 Day Target	510.5	514.2	41.0	628.2	377.3
30 Day Rolling Average					
Conventional PID/FF	520.2	519.2	28.3	591.9	477.4
MPC: 1 Day Target	519.3	518.1	2.8	528.7	515.6
MPC: 30 Day Target	*514.9*	*514.8*	*4.4*	*532.0*	*502.5*

所有案例: 平均Gypsum 质量: 95.2%

FGD 优化器效益

- 增加 SO_2 脱硫效率 (2-5%)
- 减少石灰石和电力消耗操作成本 (2-5%)
- 维持副产品的质量
- 保持运行的一致性
- 改善运行操作
- 降低维修频率

某60万千瓦机组的FGD 效益

效益	**每年节约**
SO_2 信用 (因改进吸收器控制提高2.5%)	$400,000
运行电耗节约 (降低4%)	$67,000
运行机制石灰石节约 (降低2%)	$87,000
防止石灰石事故 (2 次)	$182,000
维修 (更换 pH 探头)	$65,000
总计	**$801,000**

* 600 MW 机组, 80%设计容量, 含硫量 2%, SO_2 信用 $165/ton.