

新系统中减少过喷和氨逃逸风险的措施

1. “排放因子 × 实时功率”的前馈主控

这是系统的基础

$$\text{Power_kW} = \text{Torque_Nm} \times \text{RPM} / 9550$$

$$\text{NOx_FF} = \text{EmissionFactor_Map}(\text{Power_kW})$$

$$\text{Base_Dosing} = \text{NOx_FF} \times \text{Urea_Coefficient}$$

前馈负责快速、稳定地给出基础喷射量，避免完全依赖下游 NOx 传感器闭环。

2. 上游 NOx 修正前馈

排放因子曲线在标定环境下准确，但遇到高海拔、进气温度变化、发动机老化、燃油差异时会偏。做法是：

$$\text{NOx_FF_Final} = a \times \text{NOx_By_Power} + b \times \text{NOx_Up_Filtered}$$

工况	排放因子权重	上游 NOx 权重
瞬态	70%~90%	10%~30%
稳态	30%~50%	50%~70%
上游 NOx 故障/预热	100%	0%

这样可以兼顾响应速度和环境适应性。

3. 建立温度效率模型

$$\text{Eta_Model} = f(\text{T_SCR_Avg})$$

$$\text{T_SCR_Avg} = (\text{T_SCR_In} + \text{T_SCR_Out}) / 2$$

五个温度点可用：

温度点	意义
200℃	刚进入反应区
250℃	有效反应区
300℃	高效区
350℃	高效稳定区
400℃	高温释放风险区

后期升级为：

$$\text{Eta_Model} = f(\text{T_SCR_Avg}, \text{Load 或 Exhaust_Flow})$$

4. 用大陆 NOx 传感器交叉敏感估算 NH₃

你已知大陆 NOx 传感器对 NH₃ 的交叉敏感系数约 0.9~1.0，这可以直接用于工程判断。

核心计算：

$$\text{NOx_Down_Model} = \text{NOx_Up_Delay} \times (1 - \text{Eta_Model})$$

$$\text{Residual} = \text{NOx_Down_Sensor} - \text{NOx_Down_Model}$$

$$\text{NH3_Slip_Est} = \text{MAX}(0, \text{Residual} - \text{Deadband}) / K_{\text{NH3}}$$

建议初值：

$K_{NH3} = 0.95$

Deadband = 10~20 ppm

$NH3_Target = 5 \sim 10 \text{ ppm}$

这个 $NH3_Slip_Est$ 不一定是实验室级 NH_3 ppm，但对现场控制已经很有价值。

5. 氨逃逸保护只允许“减喷”，不允许加喷

这是最关键的控​​制原则。

当 NH_3 估算值超限时： $NH3_Limit_Factor$ 快速降低

禁止 NOx 闭环继续加喷

恢复时： $NH3_Limit_Factor$ 慢慢恢复

逻辑：

IF $NH3_Slip_Est > NH3_Target$ THEN

$NH3_Limit_Factor := NH3_Limit_Factor - 0.02$ 每秒

ELSE

$NH3_Limit_Factor := NH3_Limit_Factor + 0.005$ 每秒

END_IF;

$NH3_Limit_Factor = \text{LIMIT}(0.3, NH3_Limit_Factor, 1.0)$

最终喷射：

$Final_Dosing =$

$Base_Dosing$

$\times Temp_Factor$

$\times NOx_CL_Factor$

$\times NH3_Limit_Factor$

6. 负荷突降快速限喷

这是现场最有效的防过喷措施之一。因为 NOx 传感器有延迟，不能等下游反馈再减喷。

主要通过 ECU 转速信号判断：

建议逻辑：

IF $dPower_dt < -\text{设定值}$

OR $dFuel_dt < -\text{设定值}$

THEN

$Load_Drop_Protect := TRUE$

喷射上限立即降到 30%~60%

持续 3~8 秒

禁止 NOx 闭环加喷

END_IF;

这个功能现场收益很大，程序也简单。

7. 环境自适应系数，但只在稳态学习

不要在线修改原始排放因子表，而是在外面加一个慢速修正系数。

$Base_Dosing =$

$Dosing_Map(Power)$

$\times Env_Adapt_Factor$

建议范围：

Env_Adapt_Factor = 0.7~1.1

只有稳态才允许学习：

Steady_State = TRUE

AND DPF_Regeneration = FALSE

AND NO_x 传感器有效

AND 温度稳定

前馈偏高时：

NO_x_By_Power > NO_x_Up_Meas + Deadband

AND NH₃_Slip_Est > NH₃_Target

→ Env_Adapt_Factor 慢慢降低

前馈偏低时：

NO_x_Up_Meas > NO_x_By_Power + Deadband

AND NH₃_Slip_Est ≈ 0

AND NO_x_Down_Meas > NO_x_Target

→ Env_Adapt_Factor 慢慢升高

这项主要解决高海拔、进气温度变化、发动机状态变化导致的标定偏差。

8. 做好延迟补偿和数据记录

双 NO_x 控制必须做延迟补偿，否则计算转化率和 NH₃ 都会乱。

简单做法：

Delay_Time = Table(Power 或 MAF)

NO_x_Up_Delay = 上游 NO_x 延迟队列输出

建议初值：

工况	延迟
低功率	8~15 s
中功率	5~8 s
高功率	2~5 s

现场控制逻辑结构

排放因子功率前馈



进气温度/海拔/空气量修正



上游 NO_x 稳态融合修正



基础喷射量



温度效率/喷射允许/最大喷射限制



下游 NO_x 模型预测



NH₃ 估算与快速限喷



NOx 慢速闭环微调



喷射输出