

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 NH

你已知大陆 NOx 传感器对 NH 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：

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

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

$$\text{NH3_Slip_Est} = \text{MAX}(0, \text{Residual} - \text{Deadband}) / \text{K_NH3}$$

建议初值：

$$\text{K_NH3} = 0.95$$

$$\text{Deadband} = 10 \sim 20 \text{ ppm}$$

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

这个 NH3_Slip_Est 不一定是实验室级 NH 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 control 原则。

当 NH 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 = LIMIT(0.3, NH3_Limit_Factor, 1.0)

最终喷射:

```
Final_Dosing =
    Base_Dosing
    × Temp_Factor
    × NOx_CL_Factor
    × 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 < -设定值
OR dFuel_dt < -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)
    × 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 NOx传感器有效
```

AND 温度稳定

前馈偏高时:

```
NOx_By_Power > NOx_Up_Meas + Deadband
AND NH3_Slip_Est > NH3_Target
→ Env_Adapt_Factor 慢慢降低
```

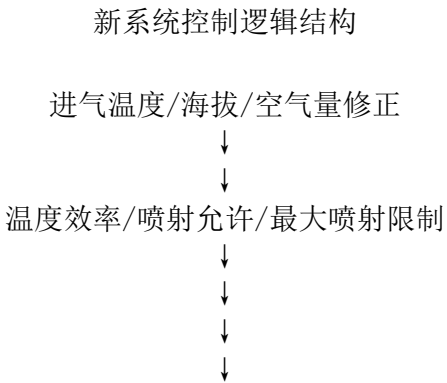
前馈偏低时:

```
NOx_Up_Meas > NOx_By_Power + Deadband
AND NH3_Slip_Est ≈ 0
AND NOx_Down_Meas > NOx_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 NOx 控制必须做延迟补偿，否则计算转化率和 NH 都会乱。
简单做法：
Delay_Time = Table(Power 或 MAF)
NOx_Up_Delay = 上游NOx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



原有系统存在的问题：
原系统通过实时检测排气流量来计算最终scr喷射量，在长期的使用中存在以下几方面的问题：
一、实际工况中，排气流量与负荷（或喷油量）的关系往往不是完美的直线，尤其是在涡轮增压器介入的前后

，流量会发生非线性跳跃。

如果环境温度从 10° C 变到 35° C，或者海拔升高，即便负荷点不变，排气的体积流量和流速也会发生剧烈变化。这会直接影响催化剂的“空速”（Space Velocity），进而影响氨气的吸附，导致氨逃逸量增加。

当设备急加负载时，燃油量瞬间增加，NOx 爆发式产生，但由于流量检测波动和滞后，系统只能机械地根据当前的计算值进行喷射。后果：响应滞后导致短时间内 NOx 严重超标。

当催化剂处理效率降低时系统不具备自我调节功能，会导致过喷，造成氨逃逸。

无法补偿当发动机使用环境改变，高海拔、进气温度变化、发动机状态变化导致的标定偏差。

为什么功率排放因子作为前馈要优于检测流量？

1. 信号源的“绝对可靠性”

功率信号：无论是通过电流电压计算（发电机组），还是通过转速转矩计算（机械动力），功率信号是直接反映系统能量输出的硬指标。功率稳定，意味着消耗的燃料和产生的NOx总量在一个可预测的范围内。

2. 逻辑链条更短，误差积累少

在控制算法中，链条越长，误差越大：

流量逻辑：负荷 → 查表流量 → 结合NOx浓度插值 → 喷射量。

排放因子逻辑：功率输出 → 对应g/kWh因子 → 喷射量。

排放因子直接将“干了多少活”和“该喷多少尿素”挂钩。在传感器（流量计）不可靠的环境下，减少中间变量（流量）的参与，能有效避免“测不准”带来的计算波动。

3. 天然具备“自补偿”能力

烟气流量受温度影响巨大（热胀冷缩），但质量流量其实是与喷油量（负荷）强相关的。

排放因子（g/kWh）本质上是基于能量平衡。

当使用功率作为前馈时，系统对环境扰动（如环境高温导致空气稀薄）的敏感度，通常比一个未经实时修正的“静态流量表”要低。

4. 调试与对标的直观性

符合法规语言：环保部门检测时，最终看的就是 g/kWh。

易于修正：如果检测发现排放超标 10%，你只需要在对应功率点的排放因子上增加 10% 即可。

容错空间：相比于跳动剧烈、难以校准的高温流量信号，功率信号非常平滑，不会导致尿素泵频繁地启停或剧烈调节，延长了执行器的寿命。

新系统针对催化剂老化和机组使用环境变化做出了应对措施。

1、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。我们的做法是在软件中设定各种工况下排放因子和上游NOx权重，这样可以兼顾响应速度和环境适应性

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%

3. 针对催化剂的效率曲线建立温度效率模型

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

4. 采用软件算法和大陆 NOx 传感器交叉敏感估算 NH监测氨逃逸。

你已知大陆 NOx 传感器对 NH 的交叉敏感系数约 0.9~1.0，这可以直接用于工程判断。
当 NH 估算值超限时，快速降低禁止 NOx 闭环继续加喷。

6. 读取发动机ECU实时功率和转速，在负载突变的时候降快速限喷，。因为 NOx 传感器有延迟，不能等下游反馈再减喷。这是现场最有效的防过喷措施之一

7.
催化剂处理效率标定，软件设计了催化剂处理效率标定，根据标定值使系统工作在催化剂最佳效率状态。也起到检测催化剂老化程度的作用。