

ICSC 2017

CAE for virtual product
CAE for innovation
CAE for process transformation

IDAJ CAE Solution Conference

CONVERGE在发动机后处理系统分析中的应用

潍柴动力股份有限公司

发动机技术研究院 胡晓艳



主题

- 背景
- 软件介绍
- 在发动机后处理系统中的应用
- 实例介绍

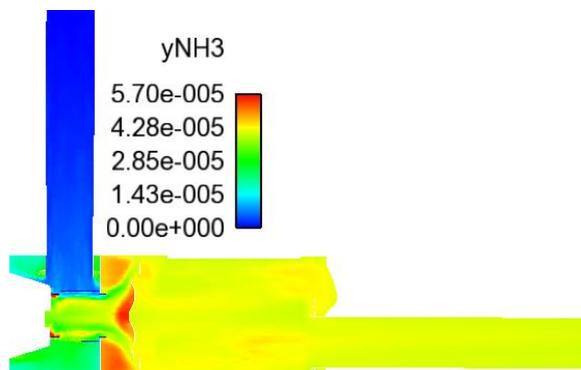
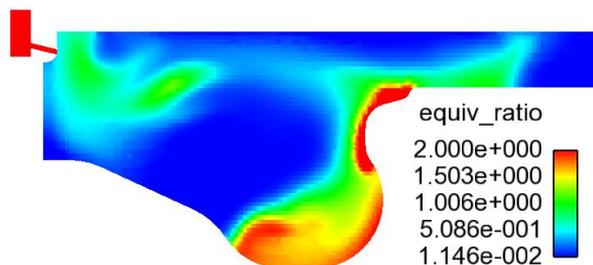
背景

- SCR系统是柴油机减少 NO_x 排放的标准配置。在SCR系统中，喷射的尿素分解为 NH_3 ，随之 NH_3 与 NO_x 在载体表面发生催化反应，生成 N_2 和 H_2O 。为了达到很高的 NO_x 转化率，除了使用高性能载体之外，还需要很高的尿素转化效率和载体进口处均匀的 NH_3 分布。以上两种条件都取决于尿素-水溶液的喷射，雾化，蒸发，热解，水解。
- 当液滴破碎、蒸发不充分或者不够迅速时，未分解的尿素和一些分解中间产物会在管壁和混合器表面产生结晶。尿素结晶致使 NO_x 过量而无法充分反应，影响SCR系统的效率，并危害SCR系统的寿命。因此，准确地预测尿素结晶的风险和位置对于SCR系统设计显得非常重要。

软件介绍

- CONVERGE作为新一代的发动机分析工具，因其全新的理念为排放分析提供新的思路和方法。

- 缸内优化燃烧
- 尾气后处理技术



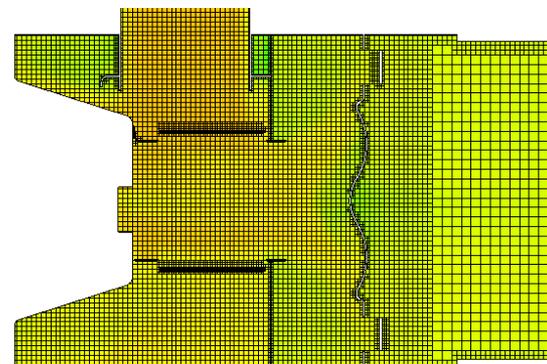
软件介绍:网格技术

■ 网格切割技术

- CONVERGE采用其专利网格切割技术，基于表面STL文件，在计算过程中实时自动的生成以六面体为主的高质量网格。不占用前处理时间。

■ 网格控制技术

- Base grid size（为体网格生成赋予基本尺寸）
- Grid scaling（网格缩放）
- AMR(自适应加密)
 - 速度，温度，浓度，Y+，颗粒，液膜*...
- Grid Embedding（网格嵌入）
 - 边界，球，圆柱，box、喷嘴，喷孔，region
- 加密时序和尺寸规则
 - PERMANENT，SEQUENTIAL，CYCLIC



软件介绍：物理模型

- **CONVERGE拥有用于流动、喷雾、燃烧分析的完备而先进的各种物理模型**
- **湍流模型（RANS、LES、DES）**
- **喷雾模型**
 - 拉格朗日（破碎、碰撞、液膜、蒸发、尿素分解）
 - 欧拉（气蚀/闪沸、壁面附着）
 - 欧拉-拉格朗日（ELSA）
- **燃烧模型（SAGE、G方程、RIF）**
- **表面反应（SCR、TWC、DOC）**

在发动机后处理系统中的应用

■ CONVERGE在尿素/SCR系统中的应用

■ 适应复杂的几何结构

■ 精确地瞬态喷射和液膜模型

■ 液体破碎和喷雾/液膜蒸发

■ 液膜形成过程中的喷雾碰壁模型

■ 壁面温度的共轭传热

■ 快速模拟动态和瞬态流动

■ CONVERGE包含SCR催化剂的表面化学反应

■ 包含一维耦合表面化学反应工具

■ 尿素结晶模型

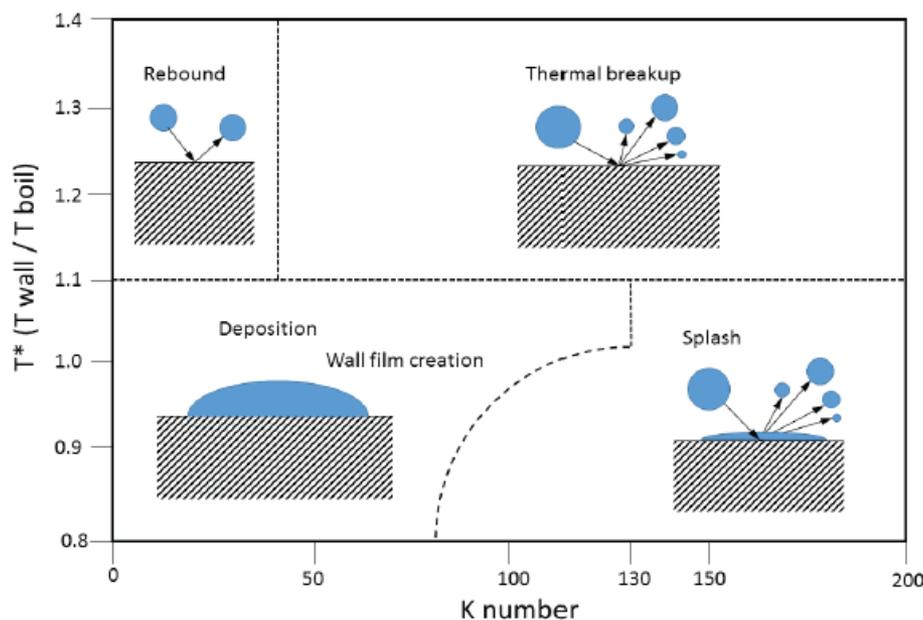
■ 详细的尿素分解化学反应



在发动机后处理系统中的应用

■ Kuhnke液膜/飞溅

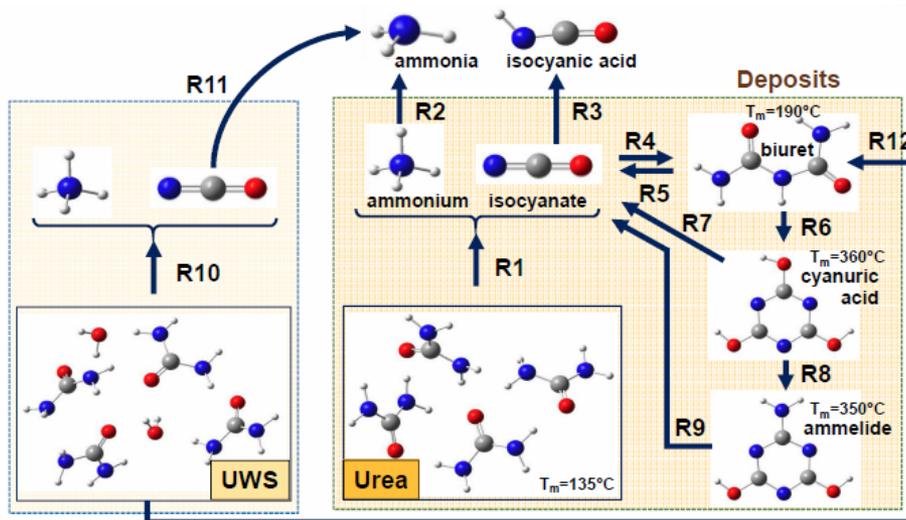
- 考虑了壁面温度和液膜厚度对液膜飞溅范围的影响，液滴撞击壁面时有四种可能的情况：反弹，热破解，产生液膜，飞溅。



在发动机后处理系统中的应用

■ CONVERGE对SCR系统模拟可采用以下三种方法

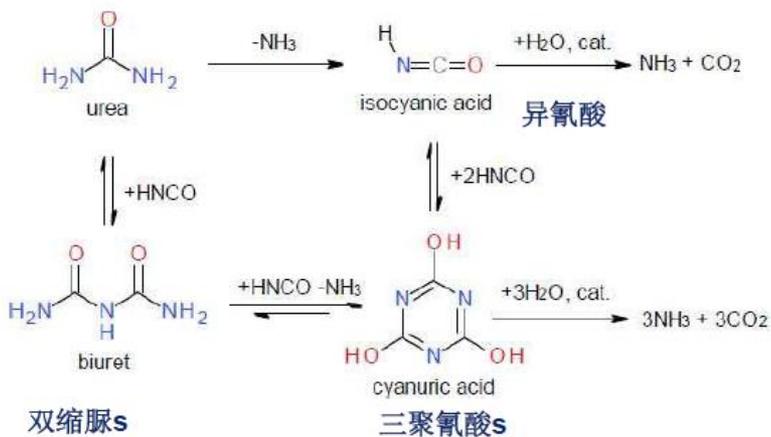
- 多组分蒸发方法 (Multiple-Component Approach) : 水和尿素分别蒸发, 尿素分解成为气态 NH_3 和 HNCO 。
- 熔融固态方法 (Molten-Solid Approach) : 水先蒸发, (高温下) 结晶状态的尿素分解为气态 NH_3 和 HNCO 。
- 详细分解反应方法 (Detailed Decomposition Approach)



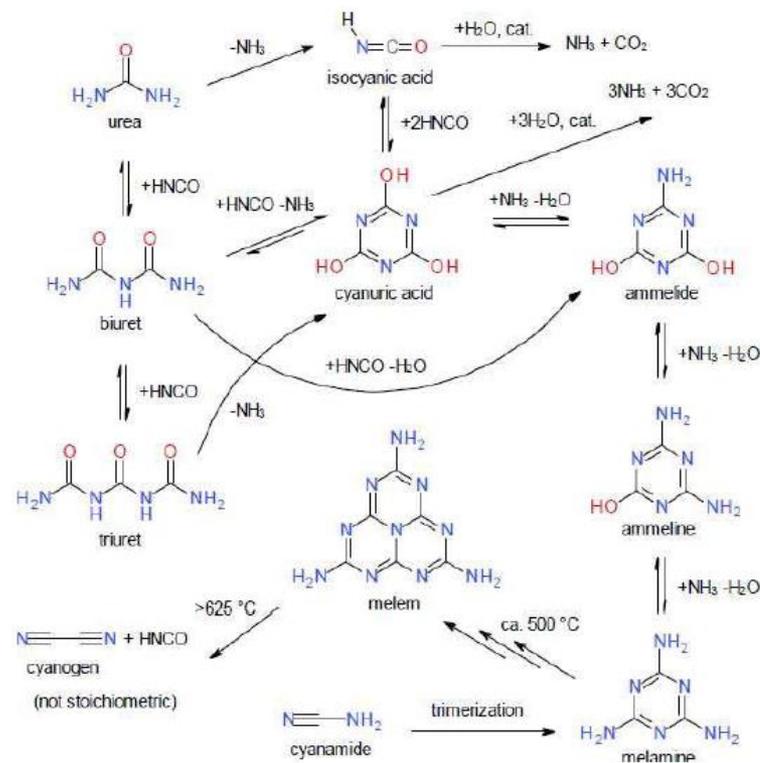
在发动机后处理系统中的应用

■ 尿素结晶预测

■ 结晶机理



尿素分解及第一副产物



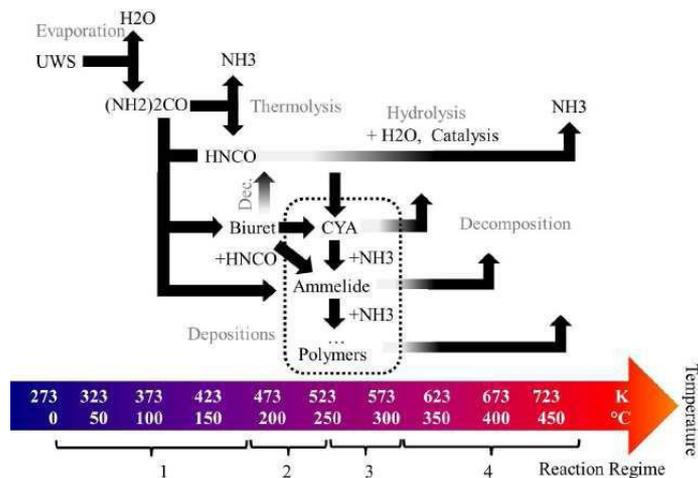
额外副产物



在发动机后处理系统中的应用

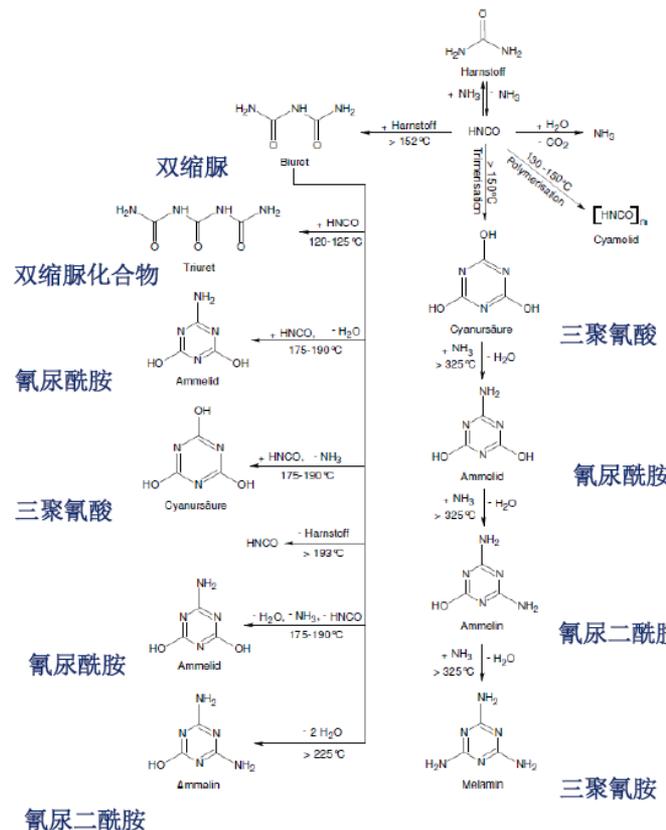
■ 尿素结晶预测

■ 结晶机理



尿素结晶的成分主要是：尿素和三聚氰酸

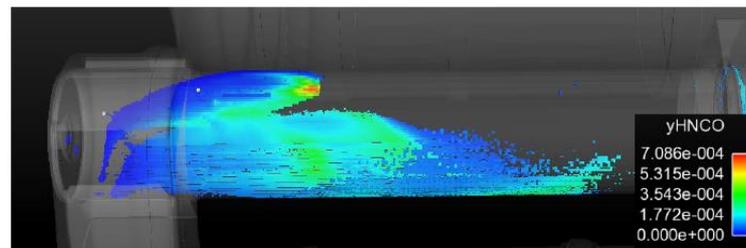
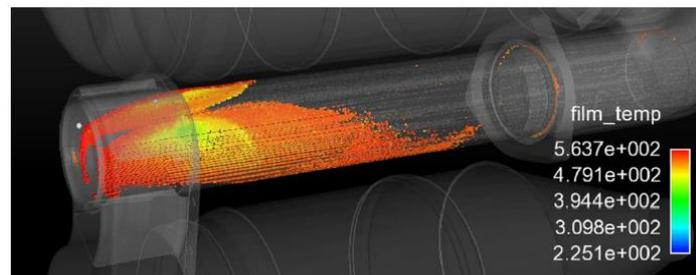
尿素结晶的根本原因：特定时间内，结晶分解的速率小于结晶生成的速率



在发动机后处理系统中的应用

■ 尿素结晶预测

- 结晶沉积物为尿素分解的副产品（缩二脲）仅在很窄的温度范围内形成
- 液膜温度的准确计算非常关键
- V2.4改善了液滴撞壁模型（Kuhnke, Wruck, Bai-Gosman）
- 借助CHT(共轭传热)实现壁温的准确计算
- 液膜蒸发和传热模型也进行了改进



实例介绍

■ 边界条件设置

进气温度 (K)	573
进气流量(kg/s)	0.167
壁面温度 (K)	400
UWS喷射温度(K)	300
UWS喷射流量(kg/s)	1.59 e-3
UWS尿素质量分数	32.5%
基础网格尺寸 (mm)	8
加密的最小网格尺寸 (mm)	1 (速度场AMR)

- ✓ Application Type
- ✓ Materials
 - ✓ Gas simulation
 - ✓ Parcel simulation
 - ✓ Global transport parameters
 - ✓ Reaction mechanism
 - ✓ Surface reaction mechanism
 - ✓ Species
- ✓ Simulation Parameters
 - ✓ Run parameters
 - ✓ Simulation time parameters
 - ✓ Solver parameters
- ✓ Boundary Conditions
 - ✓ Boundary
- ✓ Initial Conditions & Events
 - ✓ Regions and initialization
 - ✓ Events
- ✓ Physical Models
 - ✓ Spray modeling
 - ✓ Combustion modeling
 - ✓ Surface chemistry modeling
 - ✓ Turbulence modeling
 - ✓ Source/sink modeling
- ✓ Grid Control
 - ✓ Base grid
 - ✓ Adaptive mesh refinement
 - ✓ Fixed embedding
 - ✓ Grid scaling
- ✓ Output / Post Processing
 - ✓ Post variable selection
 - ✓ Output files
 - ✓ Inter-region flow rate output
- ✓ User Defined Functions

在发动机后处理系统中的应用

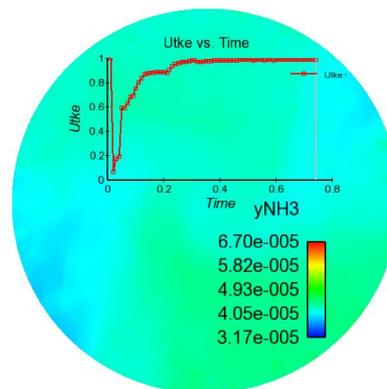
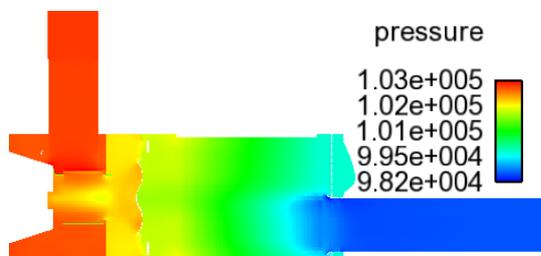
■ SCR箱性能评估

■ SCR箱背压分析

■ 压降是评价SCR箱性能的一个重要指标。在满足要求的前提下，SCR箱压降越小越好。利用CONVERGE软件，能对压降进行预估。

■ 载体前端面氨的均匀性分析

■ 载体前端面氨的均匀性是评价SCR箱内部载体利用率的一个重要因素，分布越均匀，载体利用率越高，NO_x转化效率也越高。



实例介绍

■ SCR箱结晶分析

- 液滴撞击壁面的位置与壁面低温区，液膜厚度之间的对应关系是显而易见的。一般来说，液膜厚度越高，或壁面温度越低，越容易发生结晶。因此在预测结晶可能性时，孤立地分析一种物理量是不够的，需要综合考虑几种因素来评估结晶的可能性。

实例介绍

■ SCR箱结晶仿真与实验对比

- ECT循环10小时后拆解所拍摄的结晶位置，和仿真结果基本一致：轴向在混合器底部位置，径向在混合器上表面下侧附近。

Thank You!



关注微信公众号，推送年会报告早知道

