

## 触媒对小排量发动机性能的影响

# Effects of Catalyst on the Engine Performance with a Small Displacement

刘小强 王腾 张俊杰

隆鑫通用动力股份有限公司

**摘要：**小排量发动机为应对国 排放需在排气系统中加二级触媒，加触媒后排放达到国 ，但发动机性能相对国 下降较多。本文通过使用 GT-Suite 软件对国 发动机重新进行了优化设计，通过与试验对比，经过优化后的发动机性能达到甚至超过国 发动机。

**关键词：**发动机；GT-Suite；优化

**Abstract:** In order to reach the National emissions requirement, catalyst should be added to the exhaust system of engine. However, the engine performance often has a decrease to some extent. In this paper, based on GT-SUITE, the National engine is redesigned and its performance is been improved greatly comparing with the experimental results.

**Key words:** Engine GT-Suite Optimization

## 1 概述

由于排放法规要求越来越严格，小排量发动机需要加二级触媒才能达到排放法规要求。LX125-A 消声器采用两级触媒后性能下降比较多，需要对发动机性能进行优化，优化后发动机性能要达到未装触媒前的水平，同时排放达到标准 GB14622-2007 要求限值 70%以内，并符合燃油蒸发排放标准 GB20998-2007 中的相关要求。

## 2 模型计算与实验验证

### 2.1 发动机模型的建立

建立标准的发动机仿真模型首先需要准备好发动机设计参数，设计参数指发动机进排气系统管道的长度、直径、体积以及发动机燃烧室的参数等，其次需要发动机的运行参数，运行参数指发动机的功率、扭矩、油耗、空燃比、摩擦损失、缸内压力、进排气压力等数据。建立的发动机 GT-power 模型如下：

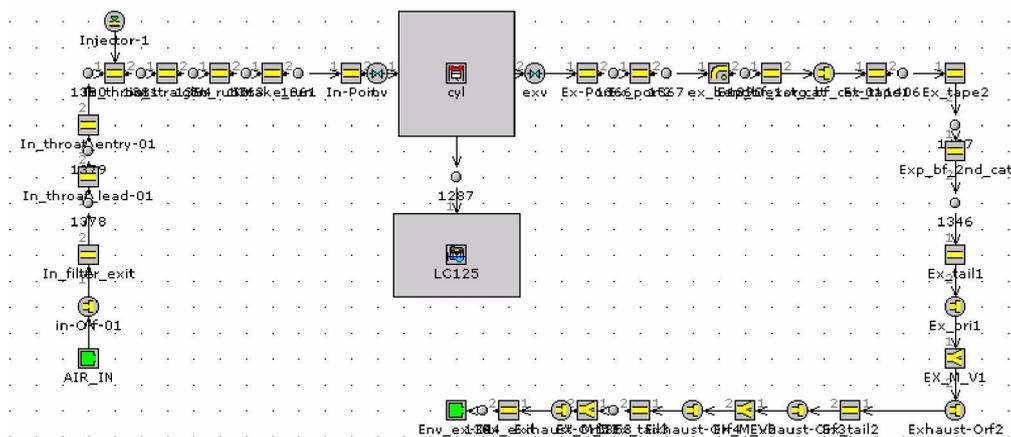


图 1 GT-power建立的发动机仿真模型

## 2.2 发动机模型的标定

发动机模型建立好运算后结果通常会跟试验结果有较大的差距，此时就要对发动机模型进行标定，标定过程可以按下面的过程进行：标定进排气系统的压降跟充气效率，标定发动机的燃烧过程，外特性修正，经过标定后发动机性能如下图：

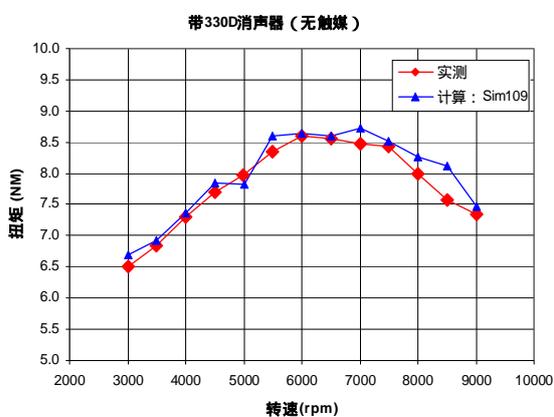


图 2 发动机仿真模型标定

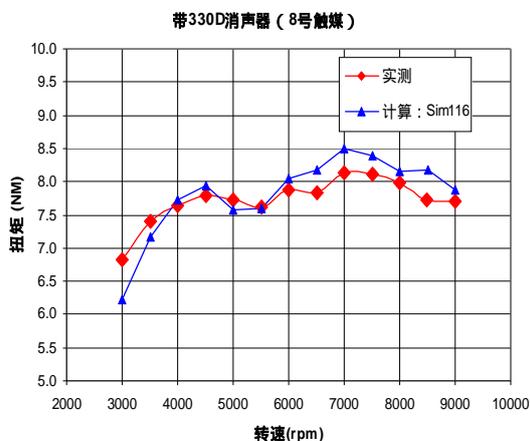


图 3 发动机仿真模型标定

图 2 表示消声器不加触媒状态，其中红色线代表实测扭矩，蓝色线代表仿真计算扭矩。图 3 表示消声器加触媒状态，其中红色线代表实测扭矩，蓝色线代表仿真计算扭矩。从图中可以看出，测试值跟仿真值趋势基本一致，建立的 GT-power 模型是正确的。

## 2.3 发动机模型的优化

模型的优化主要优化的是发动机进排气系统的长度，直径，以及发动机的配气正时，可以分别设置不同的值进行计算，对比计算结果得出最优的一组参数。如下是对发动机进、排气系统、配气正时进行优化的过程。

### 2.3.1 第一阶段方案验证：

方案采用加长空滤器跟化油器之间出口管长度（样件如图 4），触媒位置后移（样件如图 5），实

验结果如下：



图 4 空滤器出口管增加直径  $\phi$  35mm 长度分别为 75mm  
100mm 125mm 的管子

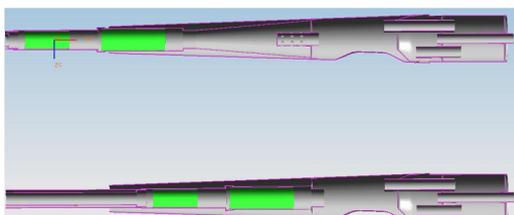


图 5 触媒位置后移 100mm, 150mm

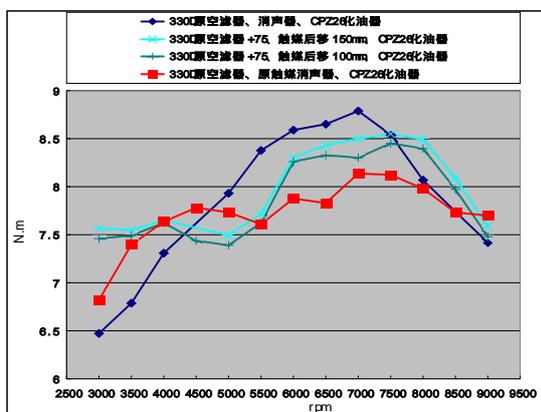


图 7 330D 空滤器、CPZ26 化油器、330D 进气管，空滤器和化油器之间加直径  $\phi$  35 长 75mm 胶管时，触媒后移对发动机性能的影响

结论：

触媒后移对发动机高速性能有利，但同时降低了低速性能。

进气系统长度增加能显著提高发动机低速性能，进气系统越长，低速性能提高越明显。

通过对比分析将进气系统长度增加 100mm，触媒后移 150mm，发动机在低速、高速能达到目标要求，中速接近目标要求。但由于整车结构限制，进气系统长度增加后整车上很难实现，需另寻方案进行优化。

### 2.3.2 第二阶段方案验证：

在 22A0 空滤器上改制空滤器出口管和原消声器两级触媒后，并改制排气管内径的方案。

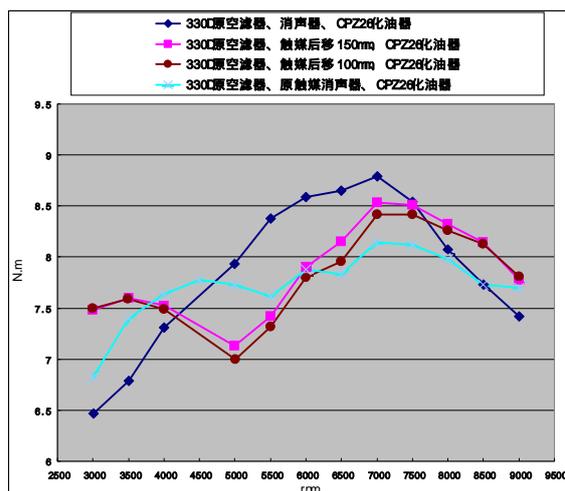


图 6 330D 空滤器、CPZ26 化油器、330D 进气管，触媒后移对发动机性能的影响

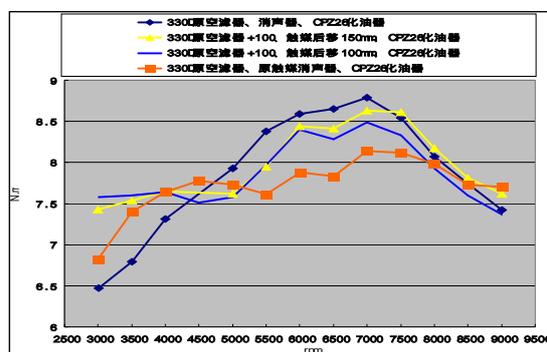


图 8 用 330D 空滤器、CPZ26 化油器、330D 进气管、空滤器和化油器之间加  $\phi$  35 长 100 胶管时触媒后移对发动机性能的影响

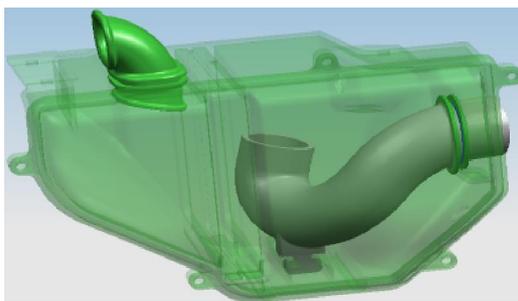


图 9 改制 22A0空滤器方案

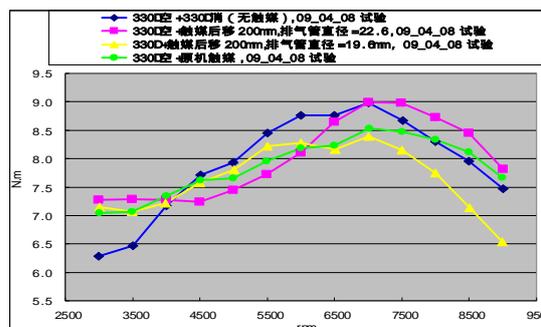


图 11用 330D空滤器、CPZ26化油器、330D进气管、触媒后移 200mm时，排气管直径对性能的影响

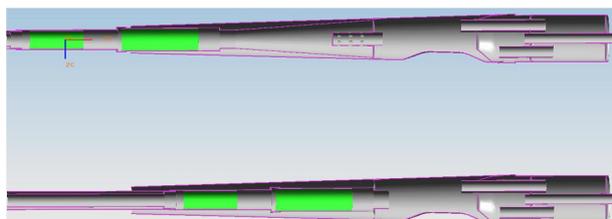


图 10 触媒消声器方案

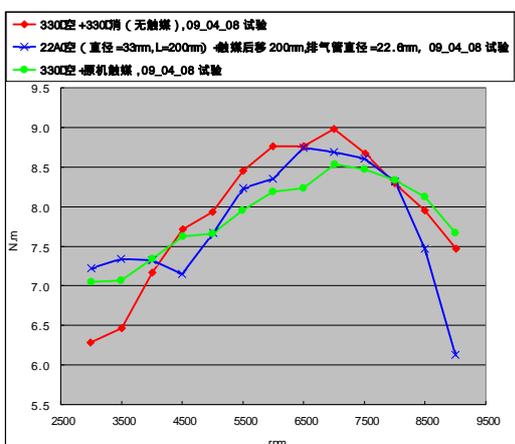


图 12. 22A0 空滤器(直径=33mm,L=200mm)、触媒后移 200mm，对发动机性能的影响

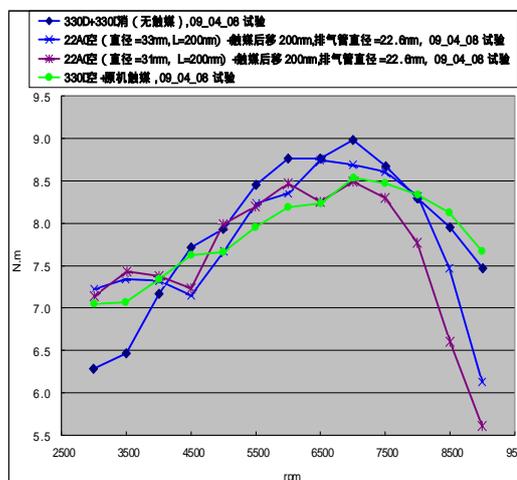


图 13. 22A0空滤器 (直径=31mm,L=200mm)、触媒后移 200mm，对发动机性能的影响

结论：

排气管直径增大，高速性能提升明显，中低速性能有所下降；排气管直径减小高速性能下降较多，中低速性能有所提高。

空滤器出口管直径增大，中高速发动机性能增加明显，同时低速性能基本不变。

通过该阶段分析进气系统长度增加 200mm，空滤器出口管直径增大 3mm，触媒后移 200mm，排气管直径增加 3mm发动机性能有比较明显的提升的，但还是达不到目标值要求。

### 2.3.3 第三阶段方案验证：

22A0空滤器喇叭口出口管和原消声器两级触媒后移 200mm的方案。

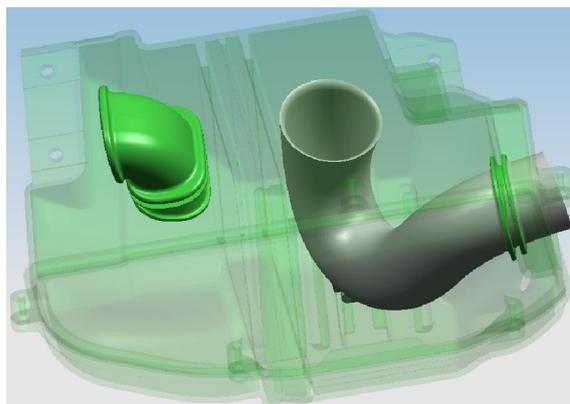


图 14 22A0空滤器喇叭口出口管方案

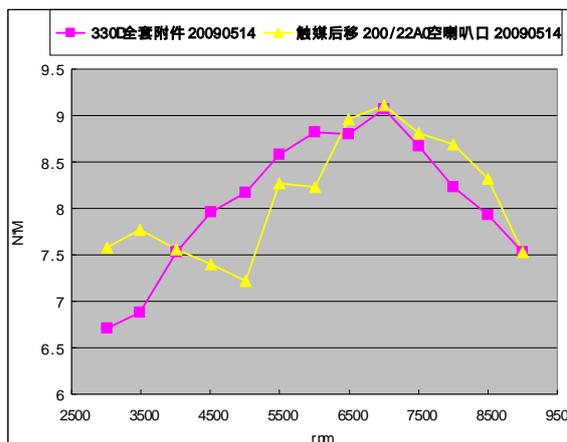


图 15 22A0空滤器喇叭口 (直径 =33mm, L=200mm)、触媒后移 200mm, 对发动机性能的影响

结论：

空滤器喇叭口出口管能改善出口管的流量系数，发动机性能整体都有一定的提高，但提高幅度不大。

空滤器喇叭口出口管和原消声器两级触媒后移 200mm的方案，仍未满足目标要求。

### 2.3.4 第四阶段方案验证：

22A0空滤器喇叭口出口管，原消声器两级触媒后移 200mm，优化凸轮型线，采用国 3化油器状态方案。

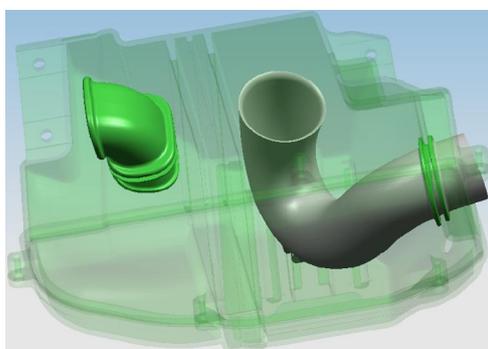


图 16 22A0空滤器喇叭口出口管方案

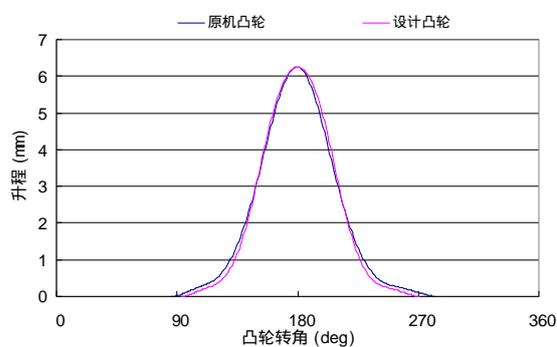


图 17 优化凸轮型线 (原 194 优化 178)

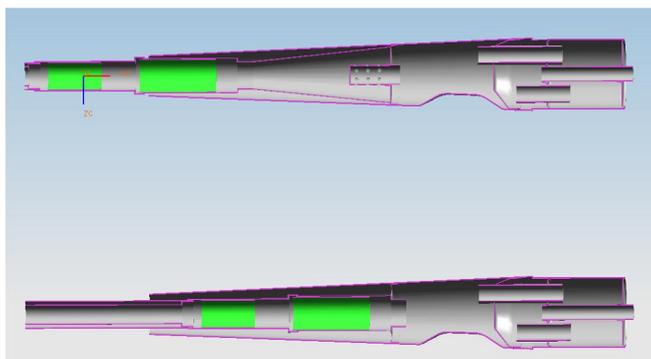


图 18 触媒后移方案

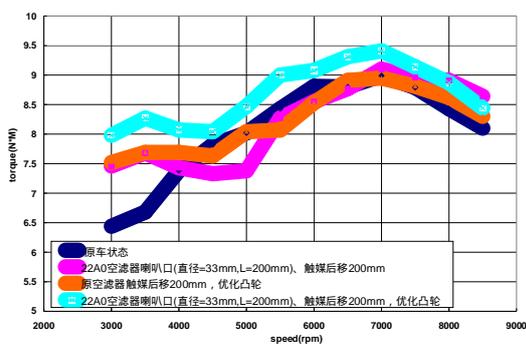


图 19 22A0空滤器喇叭口 (直径=33mm, L=200mm)、触媒后移 200mm, 优化凸轮对发动机扭矩的影响

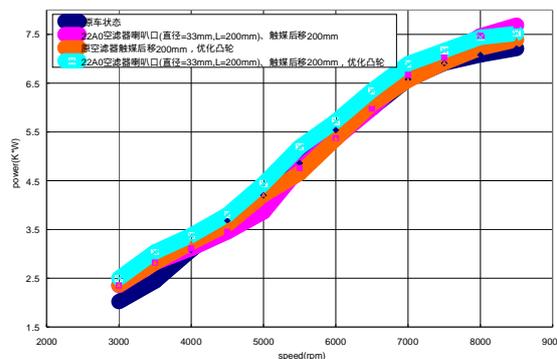


图 20 22A0空滤器喇叭口 (直径=33mm, L=200mm)、触媒后移 200mm, 优化凸轮对发动机功率的影响

结论：

只改变进、排气系统提升发动机性能的空间有限。

采用优化凸轮型线、触媒位置后移 200mm, 发动机整体性能基本接近目标值, 只在个别点低于目标值。可见配气正时比进、排气系统对发动机性能的影响要大。

同时采用优化进气系统、排气系统、配气正时的方案, 发动机性能提升明显, 已经超过目标值。

### 2.3.5 排放实验：

排放情况：将发动机安装到整车上进行国 排放实验，最终排放结果如下：

表 1 优化后国 排放实验值

最终排放结果 ( g/km)	CO <sub>2</sub>	CO	THC	NO <sub>x</sub>
数值	63.315	1.287	0.182	0.090

将优化后的发动机装到样车进行等速国 排放试验, 排放测试结果如表 1, 排放值在国 排放限值的 70% 以下, 排放达标！

### 3 结论

触媒后移对发动机高速性能有利，但同时降低了低速性能。

进气系统长度增加能显著提高发动机低速性能，进气系统越长，低速性能提高越明显。

排气管直径增大，高速性能提升明显，中低速性能有所下降；排气管直径减小高速性能下降较多，中低速性能有所提高。

只改变进、排气系统提升发动机性能的空间有限。

采用优化凸轮型线、触媒位置后移 200mm, 发动机整体性能基本接近目标值，只在个别点低于目标值。可见配气正时比进、排气系统对发动机性能的影响要大。

同时采用优化进气系统、排气系统、配气正时的方案，发动机性能提升明显，已经超过目标值。

### 参考文献

- [1] 蒋德明编 《高等内燃机原理》西安交通大学出版社 2002.12
- [2] 刘永长编《内燃机热力过程模拟》机械工业出版社 2000.12
- [3] 《GT-power use guide6.2》