

# 提升自然吸气发动机特定转速全负荷扭矩的排气旁支管特性研究

## Study Bypass Pipe of Exhaust System to Increase the Torque of Some Fixed Speed Full Load

黄平慧 王占峰 张宇璠 马赫阳

(中国一汽研发总院)

**摘要:** 本文应用 GT-POWER 软件, 对某 1.5L 自然吸气发动机进行数值模拟, 优化排气旁支管的结构、位置及安装角度, 提升某特定转速的外特性扭矩, 从而使得该自然吸气发动机能够兼顾低速和高速的全负荷性能。

**关键词:** 排气旁支管、自然吸气、全负荷、GT-POWER

**Abstract:** This paper simulated a 1.5L NA engine by GT-POWER, which optimized the bypass pipe of exhaust system to increase the torque of some fixed speed full load. As a result, the engine can have both powerful low speed full load and high speed full load.

**Key words:** Bypass Pipe of Exhaust System、Natural Aspirated、Full load、GT-POWER

## 1. 背景

对于自然吸气发动机, 优化进气歧管的管长管径、进排气气门升程曲线以及排气歧管可以获得较优的外特性曲线, 但仍无法兼顾低速和高速扭矩。经研究表明, 在排气系统增加特定旁支管可以改变排气压力波, 在几乎不损失高速扭矩的前提下, 提高某特定低转速的外特性扭矩。本文以某 1.5L 自然吸气发动机模型为基础进行排气旁支管优化, 研究排气管旁支管安装角度、长度、直径以及安装位置对外特性各工况点动力性的影响。

## 2. 自然吸气发动机主参数及计算模型

### 2.1 汽油机主参数

本汽油机主参数如表 1 所示。

表 1 汽油机主参数

汽油机主参数	
缸径	74
冲程	87.2
排量	1.5
缸数	4
压缩比	11
发货顺序	1-3-4-2
燃油标号	RON95

性能目标	
升功率	54
升扭矩	100
排放水平	国六 b

## 2.2 基础模型

图 1 模型为 1.5L 自然吸气发动机基础模型，该模型优化了进、排气歧管及进、排气门升程曲线，以满足目标功率扭矩的要求，优化结果如图 2 所示。该外特性曲线满足目标功率扭矩要求，但 1000r/min、2000r/min、2500r/min 外特性扭矩和 1500r/min 外特性扭矩相比明显过低，本文的目的就是通过增加排气旁支管来提高其中至少一个转速的扭矩。图 3 为带排气旁支管的一个计算模型。

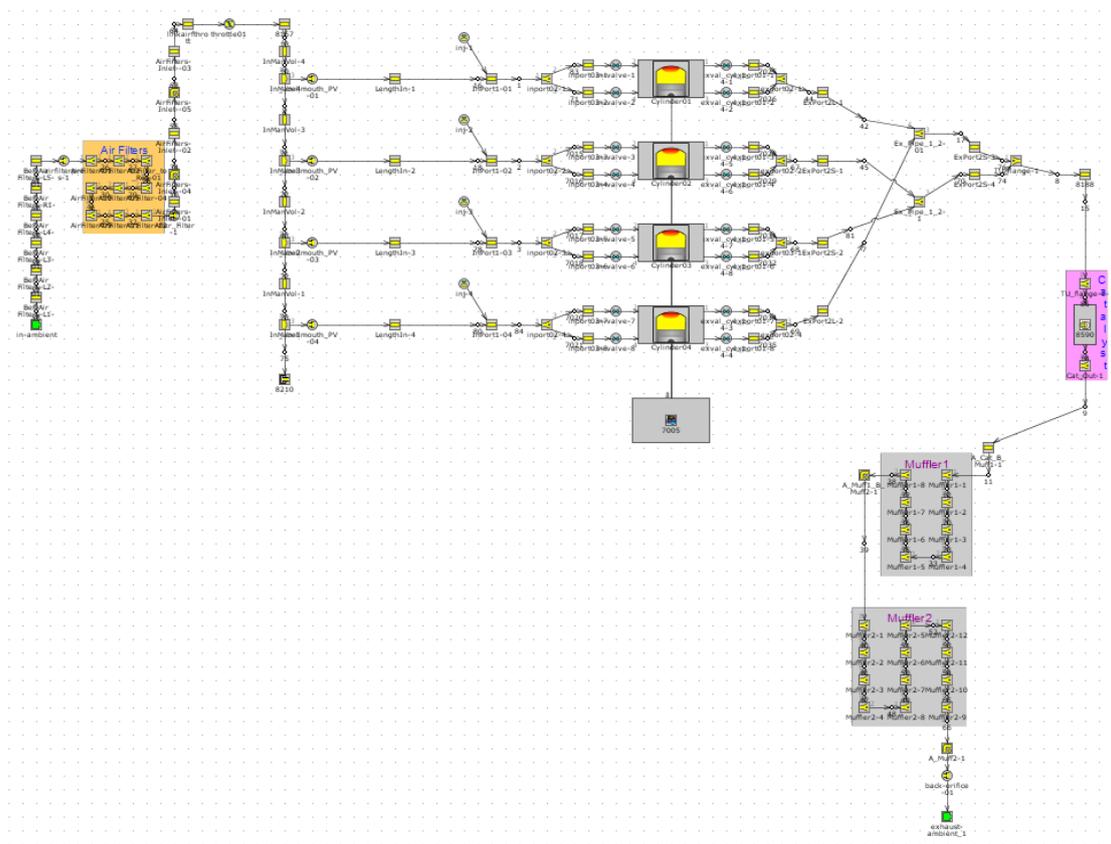


图 1 基础模型

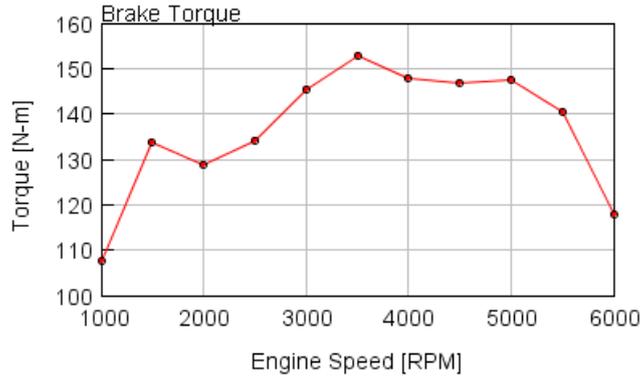


图 2 基础模型优化结果

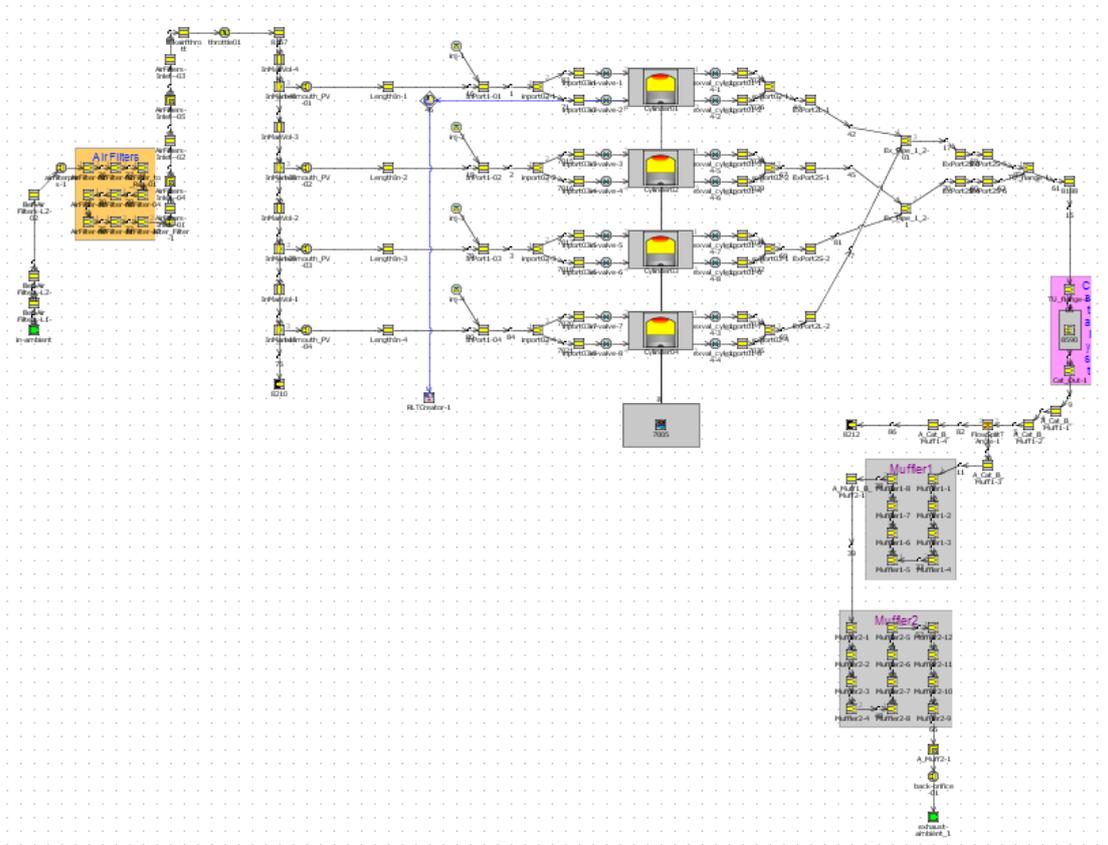


图 3 带排气旁支管的模型

图 4、图 5 为排气旁支管安装位置及角度示意图。模型中的排气旁支管是一个入口和排气管相通，末端封闭的直管。顺着排气管气流方向的角度为“+”，逆着排气管气流方向的角度为“-”。对排气系旁支管进行位置、长度、直径以及和排气管夹角进行 DOE 计算。分别算了三个位置：EX1 为催化器和前消之间的位置，EX2 为前消后端，EX3 为后消前端。+60 和-60 分别代表和气流方向的夹角，具体位置如图 4、5 所示。

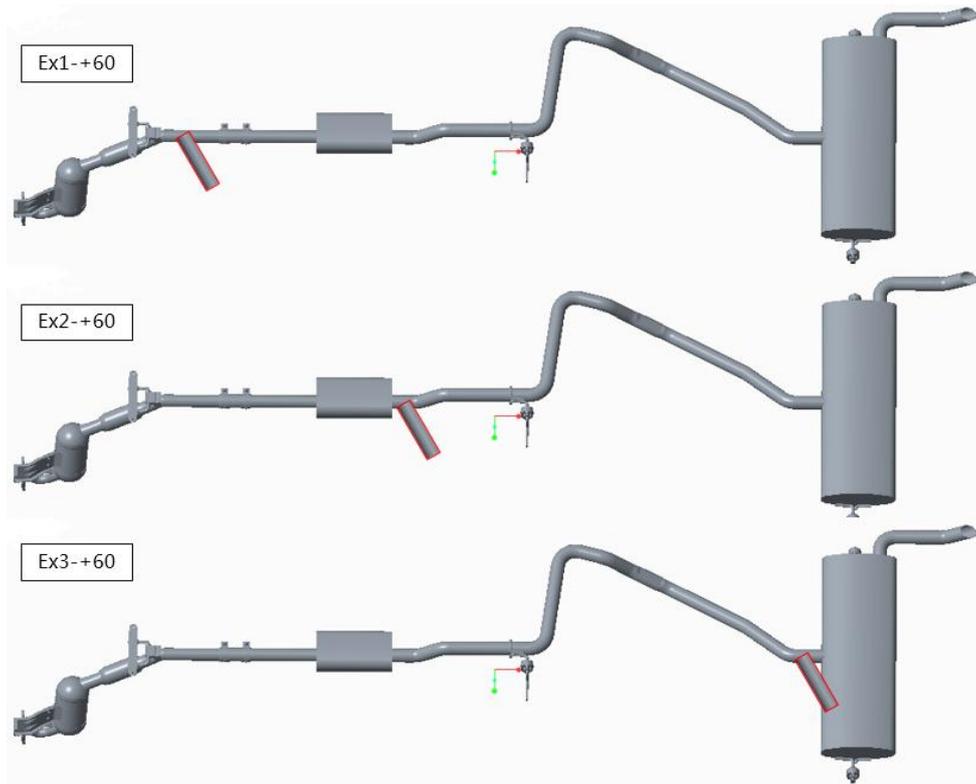


图 4 旁支管与气流夹角为+60°的三个不同位置

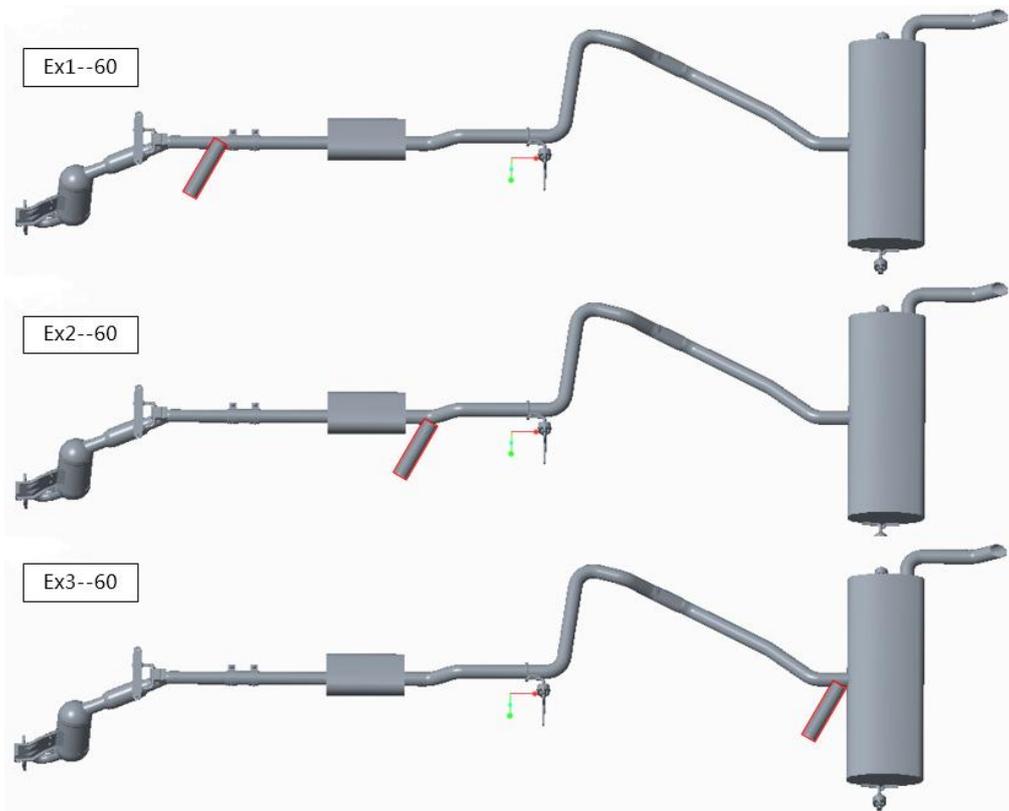


图 5 旁支管与气流夹角为-60°的三个不同位置

### 3. 计算结果

不加排气旁支管的外特性结果如上图 2 所示；将加上排气旁支管的外特性计算结果和不加排气旁支管的外特性计算结果做差，如图 6-图 9 所示。

图 6 为前消和催化器中间位置 EX1, +60°, DOE 了管长管径的计算结果，图 7 为前消和催化器中间位置 EX1, -60°, DOE 管长管径的计算结果。结果显示，在 EX1 位置，不同角度对扭矩影响较小，管长和管径影响较大，且主要影响 3500r/min 以下的转速。随着管长变短，管径的影响不明显；随着管长变长，管径对扭矩的影响敏感。管长管径变化对不同转速的影响呈现一定的规律性：对 1000r/min 和 2500r/min 有提升作用，但对 1500r/min 和 3000r/min 却大多有不利影响。EX1--60° 角度下的方案 D37-L700，对 1000r/min 和 2500r/min 提升较多，分别为 1.5N.m 和 3.7N.m，同时，对 1500r/min 和 3000r/min 损失较小，分别为-1.8 和-0.4N.m，该方案较好。

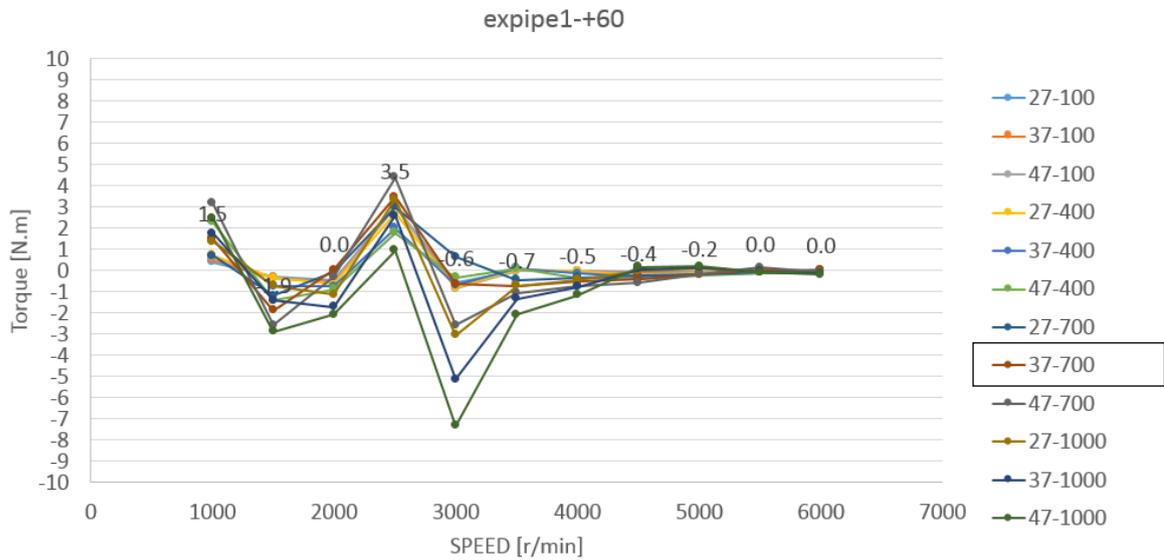


图 6 EX1-+60 结果

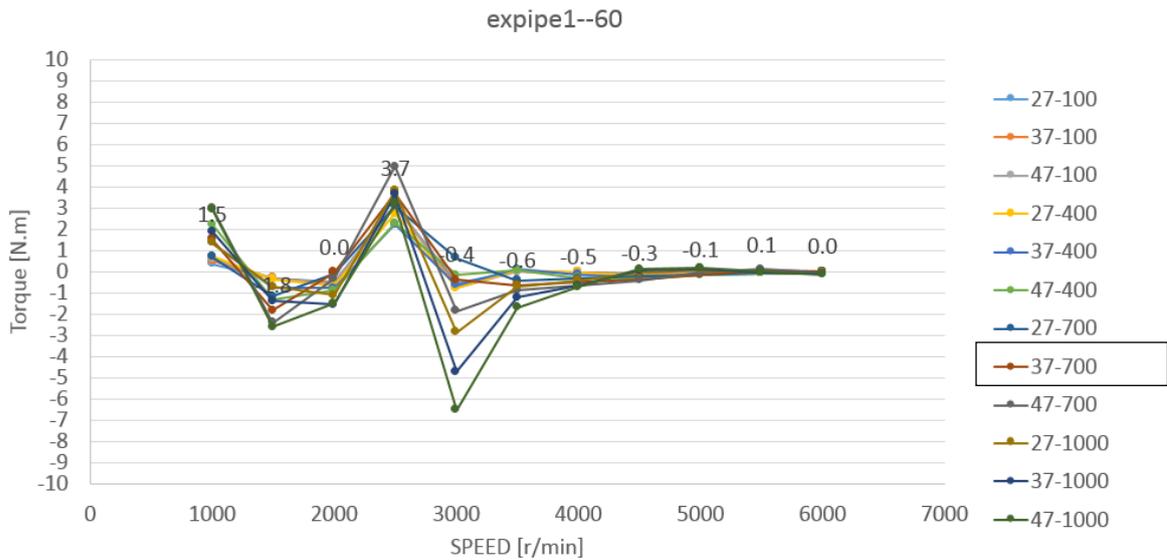


图 7 EX1--60 结果

图 8 为前消后端位置, +60°, DOE 管长管径的结果, 图 9 为前消后端位置, -60°, DOE 管长管径的结果。结果显示, 在该位置, 角度影响较小, 管长和管径影响较大, 且主要影响 3500r/min 以下的转速, 随着管长变长, 或者管径增大, 1000 和 2500r/min 扭矩提升的幅值增大, 1500r/min 和 3000r/min 扭矩下降幅值也增大。EX2+60° 角度下的方案 D47-L1000 对 1000r/min 和 2500r/min 提升较大, 分别提升 1.8 和 6.6N.m, 对 1500r/min, 2000r/min, 3000r/min 有不利影响, 分别降低 2.2N.m, 1.8N.m, 1.4N.m, 对其他转速影响不明显。

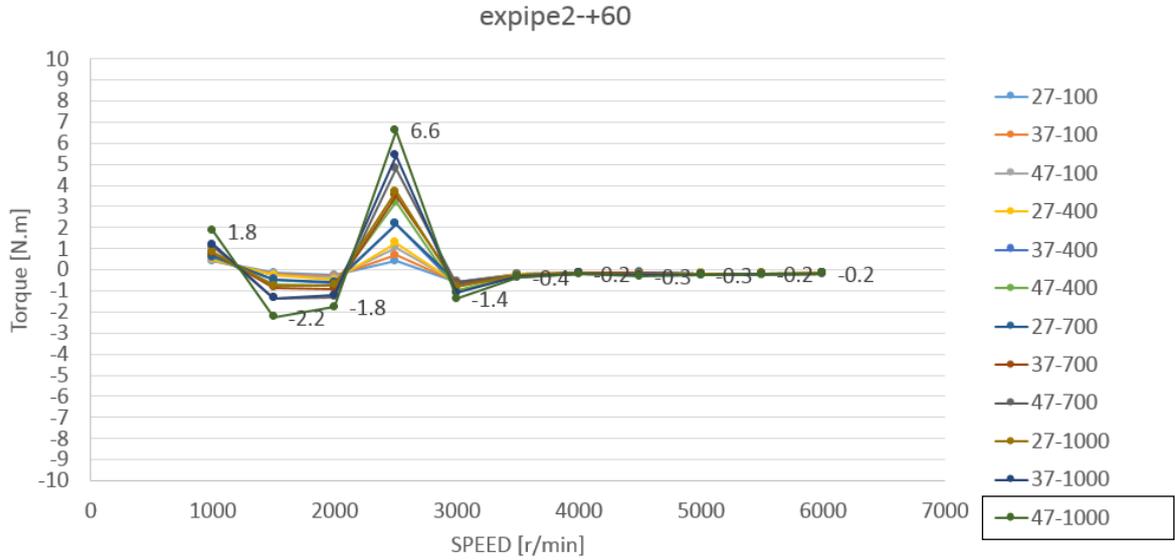


图 8 EX2++60 结果 (图中数字标注为方案 47-1000 结果)

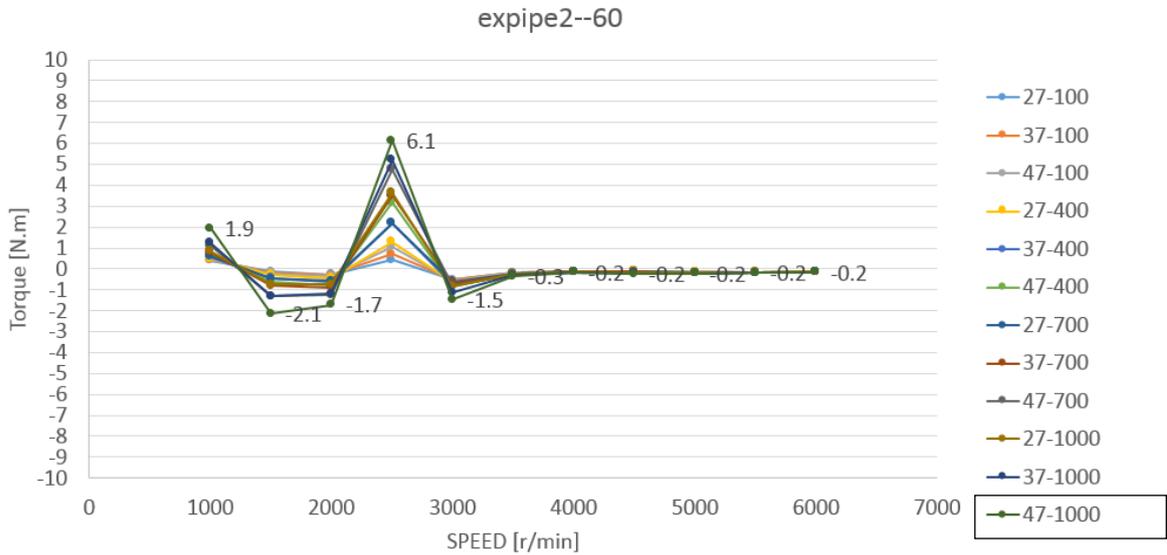


图 9 EX2--60 结果 (图中数字标注为方案 47-1000 结果)

图 10 和图 11 分别标注了不同角度下, 方案 D27-L1000 的计算结果。EX2+60° 角度下的方案 D27-L1000 对 2500r/min 扭矩提升较为有效, 提升 3.7N.m, 对其他转速产生的损失不超过 1N.m。如图 10 所示。

推荐方案: 若要大幅提高 2500r/min 扭矩和 1000r/min 扭矩, 可选 EX2-+60° 位置下的 D47-L1000 方案, 但其他转速最高损失 2.2N.m, 如图 8 所示。若要一定程度提升 2500r/min 扭矩, 同时保证其他转速扭矩损失不超过 1N.m, 可选 EX2-+60° 位置下的 D27-L1000, 如图 10 所示。

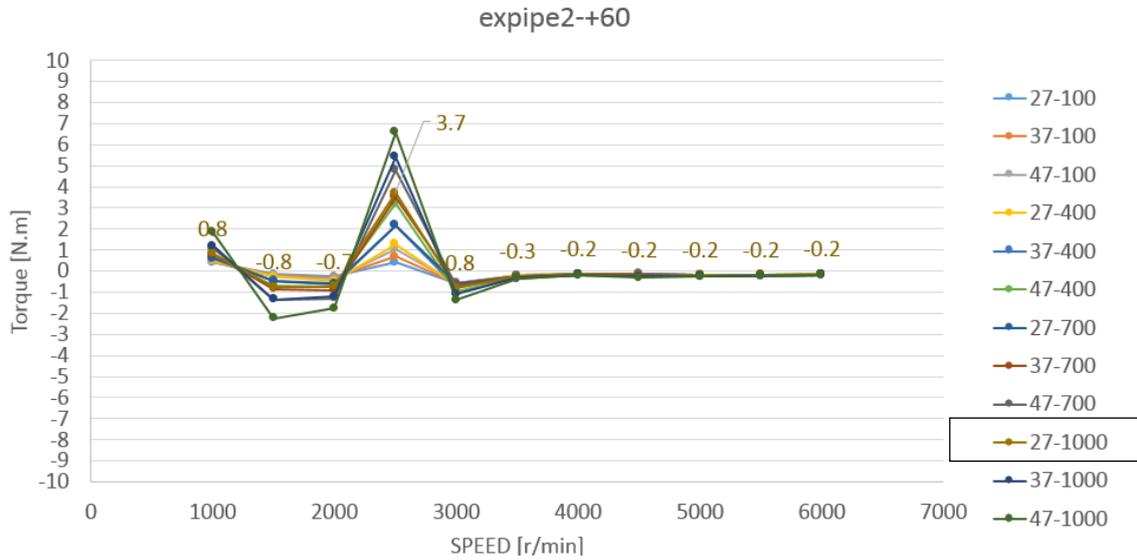


图 10 EX2-+60 结果 (图中数字为方案 27-1000 结果)

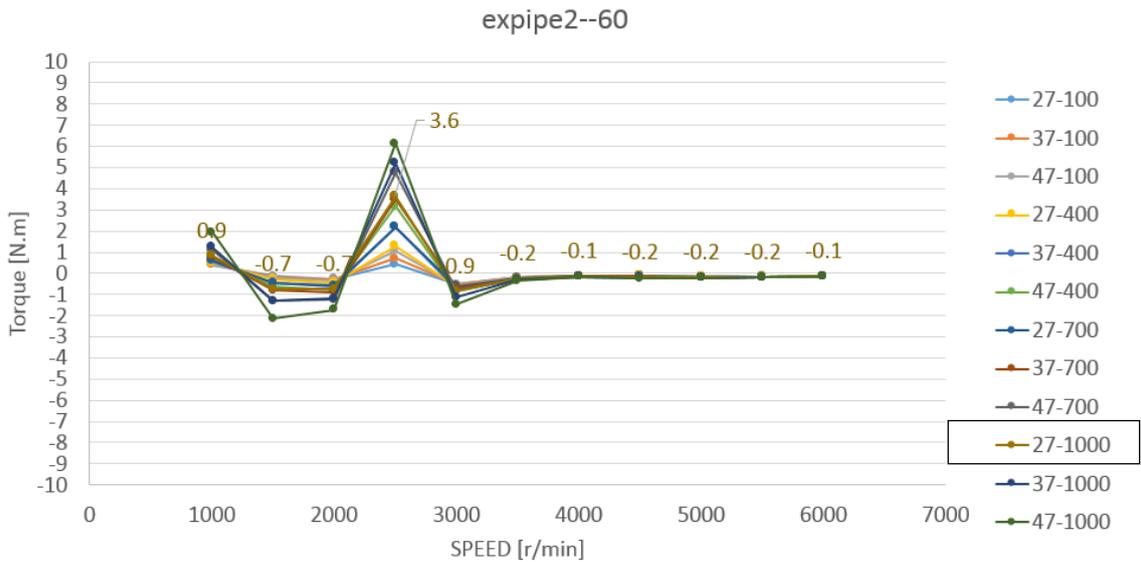


图 11 EX2--60 结果 (图中数字为方案 27-1000 结果)

图 12 为旁支管位于后消后端位置, +60°, DOE 管长管径的结果, 图 13 为旁支管位于后消后端位置, -60°, DOE 管长管径的结果。结果显示, 在该位置, 角度和管长管径对性能影响都不大。

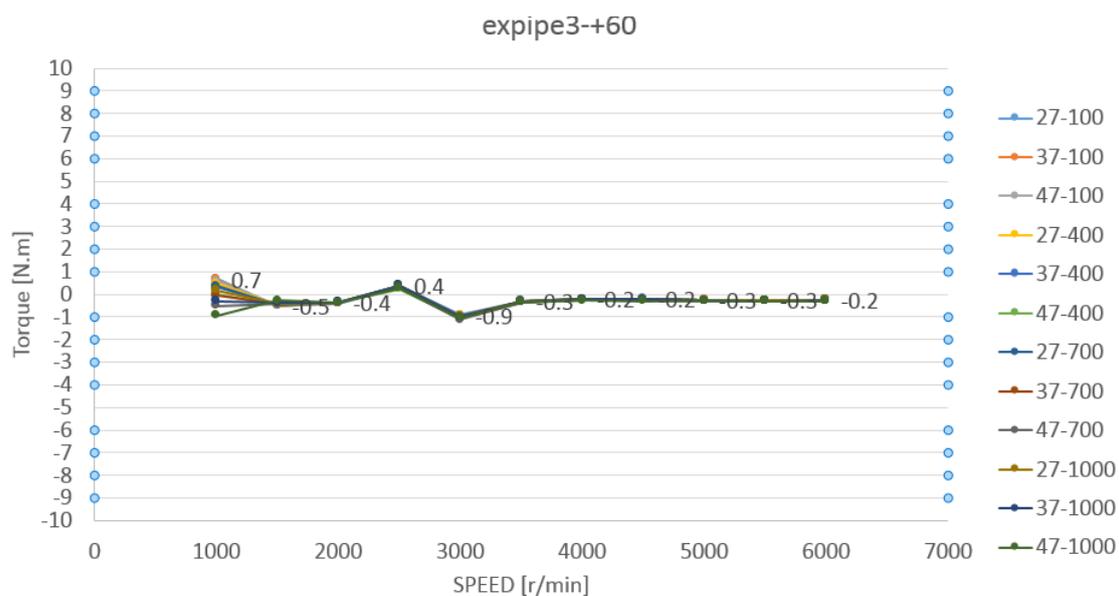


图 12 EX3--60 结果

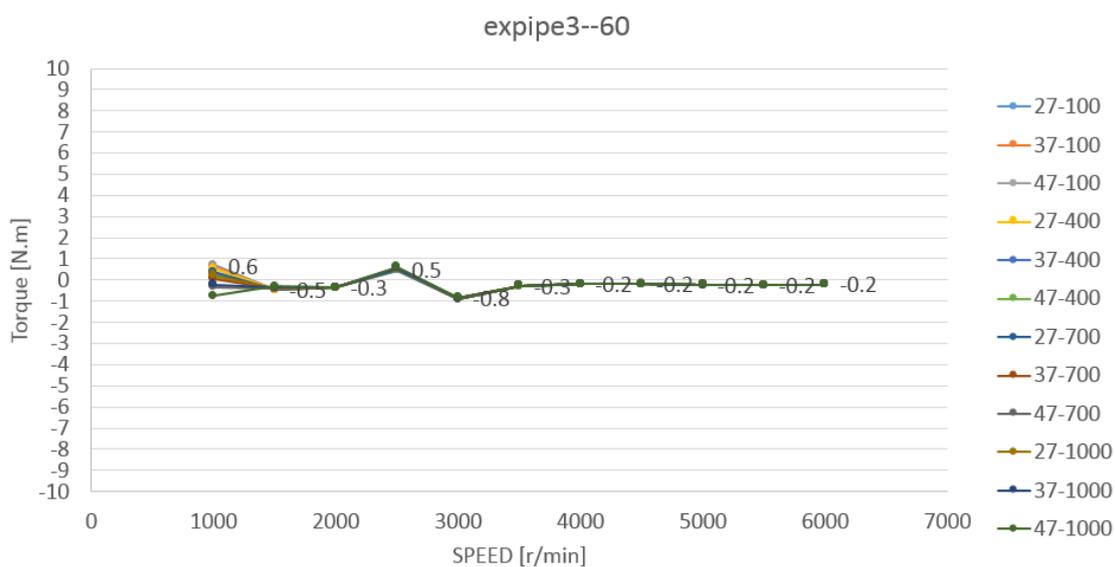


图 13 EX3--60 结果

## 4. 结论

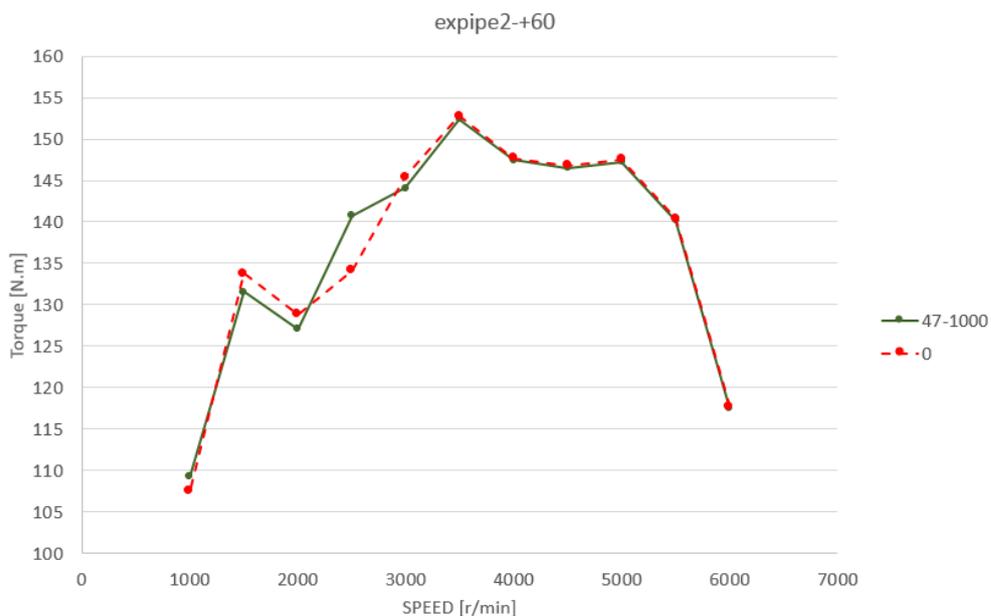


图 14 加旁支管后的较优结果

在排气前消前增加长 1000mm，直径 47mm 的旁支管可以显著提升 2500r/min 扭矩，且对最大功率点和扭矩点没有不利影响，如图 14 所示。针对以上计算结果总结了基于该模型下的排气旁支管的规律性结果：

1. 位置影响：后消后端放置旁支管对性能影响不大，前消前、后端放置旁支管，对 1000r/min 和 2500r/min 有一定的提升作用，对 3500r/min 以下其他转速略有不利影响。放置在前消后端，对其他转速的不利影响比较小。
2. 角度：角度对扭矩影响不大。
3. 长度和直径：前消前和前消后位置，随着管长变短，管径影响不明显；随着管长变长，管径对扭矩的影响更加敏感。相同管径，管长越长，1500r/min，2500r/min 以及 3000r/min 的变化幅值越大。