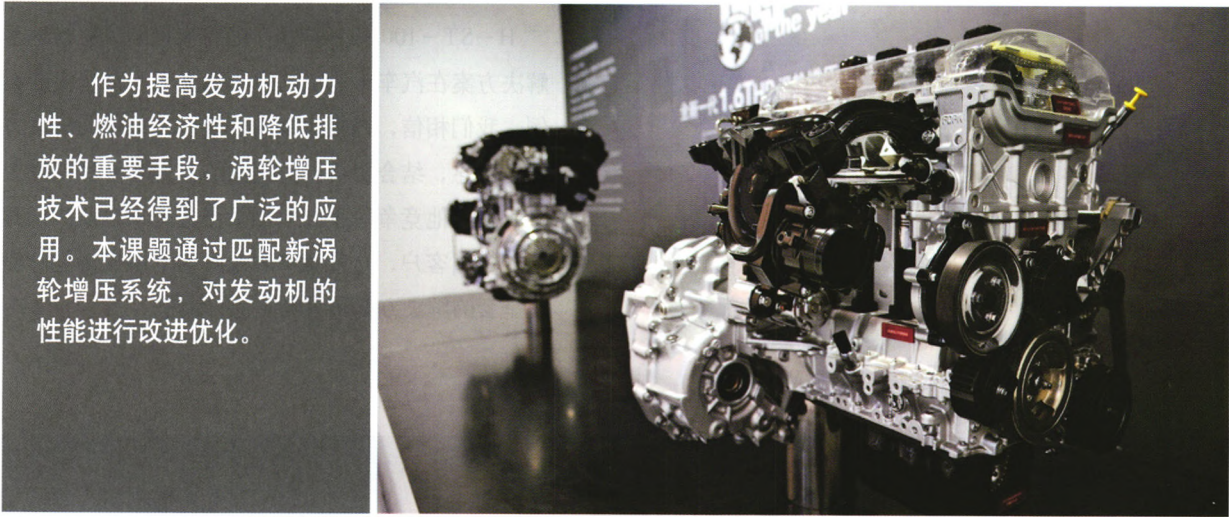


东风某柴油机增压器选型与匹配试验研究

□ 东风商用车有限公司发动机厂/黄硕



作为提高发动机动力性、燃油经济性和降低排放的重要手段，涡轮增压技术已经得到了广泛的应用。本课题通过匹配新涡轮增压系统，对发动机的性能进行改进优化。

本课题对B、C两款不同增压器与发动机进行了匹配试验，通过对匹配增压器后的发动机整机性能进行对比分析，并根据市场的需求，选取最佳的增压器。最后对确定配置的发动机进行了精细化标定和加后处理系统的台架试验。

试验条件

在试验测定时，需要设定一致的试验外界条件，以保证两次试验受到尽量少的外界因素干扰。

(1) 试验一般条件的控制。
燃料：0#柴油；机油：YC900 CH-4/SL 15W-40；标定点：机油温度 $\leq 125^{\circ}\text{C}$ ，出水温度 $(85\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，燃油温度 $(38\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，中冷后进气温度 $(49\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，涡前温度 $\leq 720^{\circ}\text{C}$ ，排气背压 $\leq 25\text{kPa}$ ，进气

负压 $\leq 5\text{kPa}$ 。
(2) 试验设备及仪表精度要求。试验中对设备和仪表测量参数的精度要求见表1。

表1 试验仪表精度要求

测量参数	量程	精度
温度/ $^{\circ}\text{C}$	<100	± 1 (特殊情况除外)
	$100\sim 1\,000$	± 3
压力/ kPa	$0\sim 8$	± 0.03
	$0\sim 38$	± 0.2
	$0\sim 220$	± 0.5
转矩(轴)/ $\text{N}\cdot\text{m}$	$0\sim 3\,000$	± 5
	$0\sim 8\,000$	± 15
发动机转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	$30\sim 3\,000$	± 1
	$30\sim 10\,000$	± 3
增压器转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	$600\sim 120\,000$	± 400
	$600\sim 180\,000$	± 600
烟度/FSN	$0\sim 9$	± 0.1
燃油消耗量	—	$\pm 0.5\%$
空气流量	—	$\pm 2\%$
大气压力/ kPa	—	± 0.01
空气湿度	—	$\pm 1\%$

试验方法

1.测点布置

(1) 温度测量。冷却液温度：在靠近发动机冷却液出口及入口两处测量；机油温度：在主油道处测量；排气温度：传感器端头离涡轮增压器出口50mm处，并位于排气连接管的中心，传感器逆气流方向插入；燃油温度：柴油温度在燃油喷射泵进口处测量；进气温度：沿发动机进气口的轴线，在进气口上游30~60mm处测量。

(2) 压力。涡轮增压器的压气机进、出口压力：在压气机进、出口的管壁上有代表性的部位测量，测压头与管内壁齐平；排气背压：离涡轮增压器出口下游75mm处，在排气连接管里测，测压头与管内壁齐平；机油压力：在润滑系的主油道上测量；进气压力：在试验室内不受阳光和热辐射的部位测量。

2.试验过程

性能试验流程如下：首先，设定好试验条件；其次，分别装配1号和2号涡轮增压器进行发动机磨合；依据GB/T 18297-2001《汽车发动机性能试验方法》和东风试验工程部发布的发动机试验方法M001、M002、M003、M004在全负荷工况下，分别测得发动机的转速及转矩值并计算得出总功率和额定功率，并记录发动机油耗、温度、压力等值。最后，在节气门全开的情况下，800~2 500r/min，每100r/min为一个测量点，主要记录发动机功率、油耗、转矩、爆压和排温等参数。

试验结果

图1~图6为发动机的部分特性曲线。通过对比三款涡轮增压器匹配后的转矩、功率、燃油消耗量、比油耗、排气烟度和爆压各性能指标，分析各增压器的性能是否满足匹配要求。

对比3个增压器方案如下：动力性方面，B及C增压器比原机稍好。经济性方面，JB及C增压器都比原机要好，其中B在低速段油耗差与C，在1 300r/min以上B油耗较低。烟度方面，B及C都好于原机增压器，1 300r/min以上，B与C基本保持一致；1 300r/min以下，C增

压器烟度改善比较明显。爆发压力方面，B与C的爆发压力均高于原机，1 500r/min以下时，C高于B，1 500r/min以上时，B高于C。涡前排温方面，匹配B和C时，发动机的排温均远远低于A，在1 400r/min以下，C明显低于B；在1 400r/min以上，B优于C。

通过试验数据分别对两款涡轮增压发动机的功率、转矩、油耗、排气烟度爆发压力以及排气温度等性能参数进行了分析对比，发动机匹配B和C时的性能明显优于原机A的性能，在1 400r/min以下时，发动机匹配C增压器的性能优于B，在

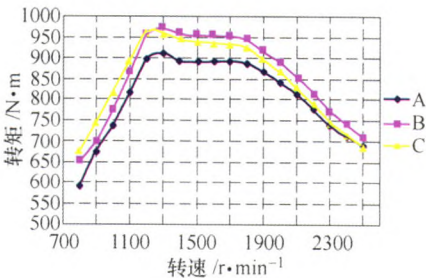


图1 转矩对比

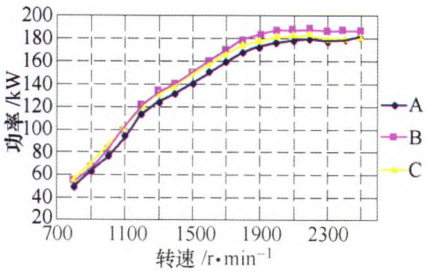


图2 试验功率对比

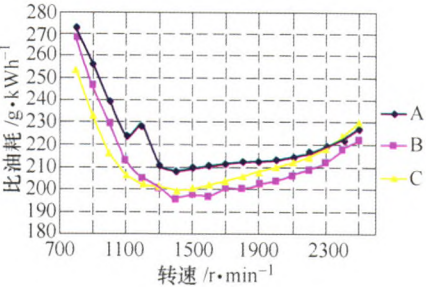


图3 比油耗对比

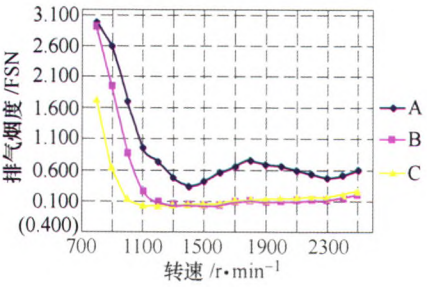


图4 排气烟度对比

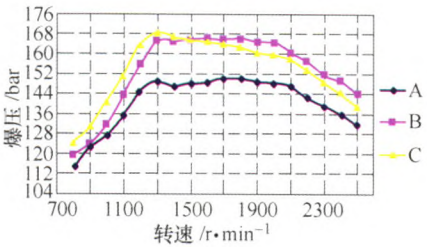


图5 爆压对比

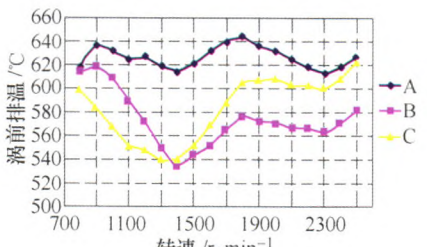


图6 涡前排温对比

1 400r/min以上时，B优于C。由于该发动机在市场上配套在城市公交车上，工作转速大部分时间处于低速工况，通过综合分析，该发动机与C增压器匹配后的动力性、经济性、可靠性、排放等综合性能得到很大的提高，满足整改计划的任务要求。

定型试验

增压系统的匹配试验完成后，发动机匹配的增压器将最终定型。接下来需要对定型后的发动机进行精细化标定，即在现有配置的基础上对发动机进行性能优化，包括发动机电控系统的标定、装后处理系统后的排放试验。

1.发动机电控系统的标定

高压共轨柴油机喷射控制的参数都是以数据文件（MAP）的形式存储在电控单元（ECU）内。不同柴油机的喷射控制MAP图是不相同的，因此，针对不同的柴油机需要进行MAP数据的优化标定。

MAP优化是对电控系统软件所定义的所有需标定的工况节点，在稳态条件下，根据发动机对各种性能指标的综合要求来优化确定电控系统的三维控制参数（见表2）。

2.带SCR后处理系统的排放试验

SCR系统由尿素储存罐、尿素喷射系统和催化转化器组成。排气流过氧化段时氧化催化转化器（DOC）把HC、CO、NO氧化成NO₂、H₂O、CO₂。然后将尿素溶液喷入氧化后的废气流中，尿素在汽化段迅速水解释放出NH₃。NH₃在催化转化段再与NO_x反应，在SCR

表2 标定试验台架系统设备

序号	设备名称	功能
1	电涡流测功机	测量转矩
2	燃油消耗测试仪（如AVL733S型）	测量燃油消耗
3	标定软件及微型计算机：BOSCH的VS100、INCA V3.0、AVL的CAMEO	接收采集实时数据，进行柴油机监测，运行标定软件，实时在线修改发动机控制参数
4	通讯接口：如BOSCH的ETK,ETAS的MAC/SIC或KIC	PC机和ECU的PROM之间的标定数据双向传递
5	排气分析仪器：包括HC、CO、NO _x 分析仪器和颗粒排放测试设备或连续式的不透光烟度计	排放测量和优化
6	传统柴油机测试仪器：如三温、各种压力、流量的测试	测量
7	柴油机进气、冷却水和机油恒温控制设备	精确控制柴油机温度水平，模拟外界环境的变化

催化剂作用下还原成N₂和H₂O。

进行排放试验时，根据GB 17691—2005 车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ阶段），对发动机进行稳态13工况测试，对No_x、PM排放值及转矩点和标定点的烟度值进行测量（见表3）。

测试过程中，必须按照每个工况所规定的时间（怠速工况为4min，其他工况为2min）运转，最初20s用于完成转速和负荷的转换。每个工况中规定的转速应保持在±50r/min之内，规定的转矩应保持在测试转速下最大转矩的±2%以内。

转速A、B、C的计算公式为：

$A=n_{10}+25\% (n_{hi}-n_{10})$ (1)

$B=n_{10}+50\% (n_{hi}-n_{10})$ (2)

$C=n_{10}+75\% (n_{hi}-n_{10})$ (3)

式中 n_{hi} ——发动机外特性线上70%最大净功率所对应的最高转速；
 n_{10} ——发动机外特性线上50%最大净功率所对应的最低转速。

3.发动机改进前后性能对比

图7～图12为优化标定后所选增压器与原机的发动机特性曲线。图13为优化标定后所选增压器的万有特性曲线。

经过对比分析可得，该型发动机匹配新款增压器C后的性能有了很大的提高。在该型发动机常用转速900～1 400r/min，转矩提高明

表3 国Ⅲ及其以上ESC测试排放限值

阶段	CO /(g·(kW·h) ⁻¹)	HC g/(kW·h)	NO _x g/(kW·h)	PM g/(kW·h)	烟度 /m ⁻¹
Ⅲ	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
Ⅳ	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Ⅴ	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
EEV	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15

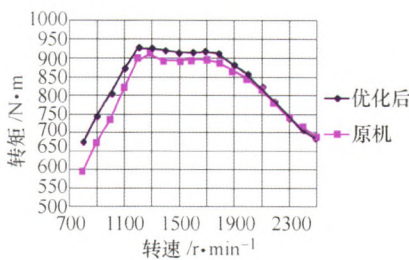


图7 转矩特性对比

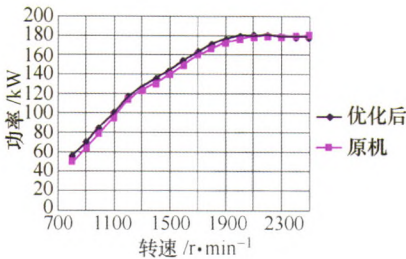


图8 功率特性对比

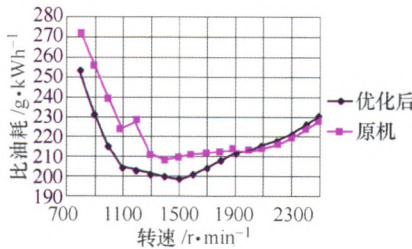


图9 油耗率特性对比

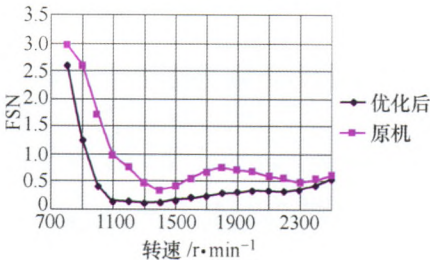


图10 排气烟度对比

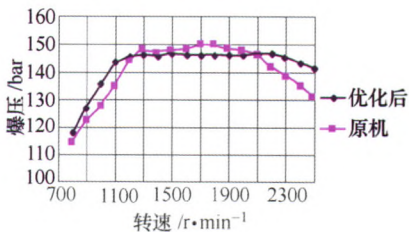


图11 爆压对比

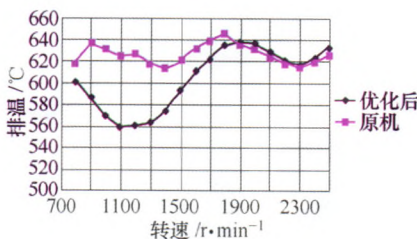


图12 排气温度对比

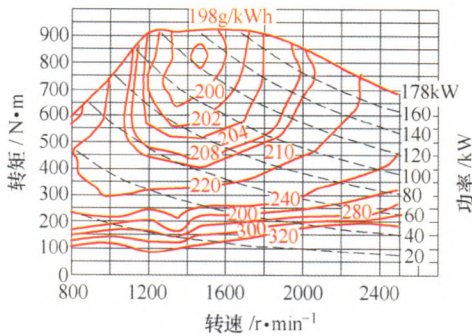


图13 万有特性曲线

显，油耗率降低显著，烟度下降明显；爆压提升较大，排气温度大幅降低，达到了提高发动机的动力性、经济性和降低排放的要求，并且发动机的可靠性也可保证。通过加后处理系统的排放试验可得，该发动机的排放达到了国IV排放标准。

结语

根据市场上对某柴油机机型的动力性和经济性存在的问题，在不改变整机其他结构参数的前提下，对该机型的增压系统进行了匹配优化。通过匹配两款不同增压器B和C的发动机台架试验，对其动力性、烟度、爆发压力和涡轮排温等方面进行了对比，得到如下结论：B和C两款增压器在不同的转速范围内性能各有优势。B增压器适用于较高转速工作的发动机，而C增压器适用于低转速工作的发动机。

根据发动机工作的特点，本课题最终选用C增压器。在工作转速900~1300r/min范围内，发动机的转矩在800r/min和900r/min时均提高10%以上，使重型载货汽车的起步能力提高，功率也有提高，比油耗降低7.1%~9.8%，排气烟度降低52%~80%。AME

第17届上海国际机床机器人及智能工厂展览会成功举办

2015年7月14~17日，第17届上海国际机床机器人及智能工厂展览会（EASTPO 2015）在上海新国际博览中心成功举办。EASTPO 2015以“呈现基于两化融合的自动化智能工厂各要素解决方案”为核

心，机床工具、机器人、自动化、系统集成以及IT互联网等领域企业联合展示了智能制造解决方案。国内首创的“自动化组线集成及智能，工厂示范专馆”是本届展会最大亮点，DMG MORI、Mazak、重

庆机床、宁江机床、北二机床、日发精机、沈阳新松、华中数控、北京奇步、德国雄克、德国霍夫曼等众多业界领军携智能制造装备及自动化解决方案在展区亮相（详情见《汽车工艺师》第9期报道）。