

基于 GT-POWER 的某 1.5L GDI 发动机性能预测的试验验证

Test Verification of Performance Prediction of a 1.5L GDI Engine by GT-POWER

刘阳^{1,2} 刘亚奇^{1,2} 邱腾蛟^{1,2} 李亮^{1,2} 张智学^{1,2}

(长城汽车股份有限公司, 河北省汽车工程技术研究中心, 保定 071000)

摘要: 依托某 1.5L GDI 发动机的性能开发过程, 使用 GT-POWER 软件成功完成了发动机的性能预测工作。通过与试验验证数据的对比, 仿真预测的精度得到了有效保证。在功率点, 功率的预测值比实测值高出 0.12%; 在油耗点, 不同 CVVL 状态下油耗的预测值与实测值的偏差大部分在 $\pm 1.00\%$ 以内; 燃烧数据的预测结果要比实测数据滞后, AI50 普遍滞后 $1\sim 4^\circ \text{CA}$ 。

关键词: GT-POWER、预测模型、CVVL、压缩比

Abstract: Performance prediction of a 1.5L GDI engine has been accomplished successfully with GT-POWER software. Comparing with test data, it has been found that prediction accuracy is highly ensured. At rated power condition, predictive power was higher than test value by 0.12%. At optimal fuel consumption condition, the difference of BSFC between prediction and test was within $\pm 1.00\%$ mainly according to different CVVL situation. Currently, predictive combustion data, which means AI50, lagged behind test value by $1\sim 4^\circ \text{CA}$.

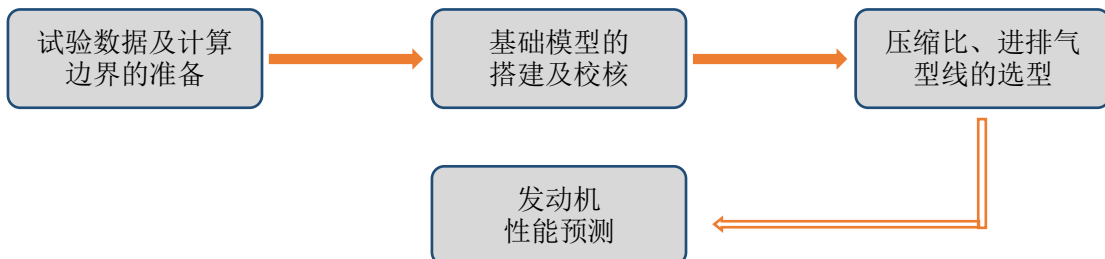
Keyword: GT-POWER, Predictive Model, CVVL, Compression Ratio

1. 前言

在开发目标的达成之外, 缩短设计周期, 降低研发成本一直是发动机开发过程所追求的目标。要实现发动机研发成本的有效缩减, 各种计算软件的应用变得愈发必不可少。随着各种软件在发动机开发过程中不断深入的使用, 对其计算能力和预测能力的要求也越来越高。

长城汽车动力研究院通过对 GT-POWER 软件中涉及预测计算的 EngCylKnock、EngCylFlow、EngCylCombSI Turb、及 EngCylTWallSoln 等模块的长期深入研究, 逐步掌握了其应用方法。此次依托本公司某 1.5L GDI 发动机的性能开发过程, 借助 GT-POWER 软件强大的预测能力, 通过对压缩比、进排气型线等的优化选型, 最终完成了该发动机的性能预测。且通过与试验验证数据的对比, 仿真预测的精度得到了有效保证。

2. 性能预测计算流程



根据基础发动机的结构尺寸及试验数据搭建并校核其 GT-POWER 模型，如图 1 所示。如图 2 所示，新机型采用进气异步 CVVL 技术。

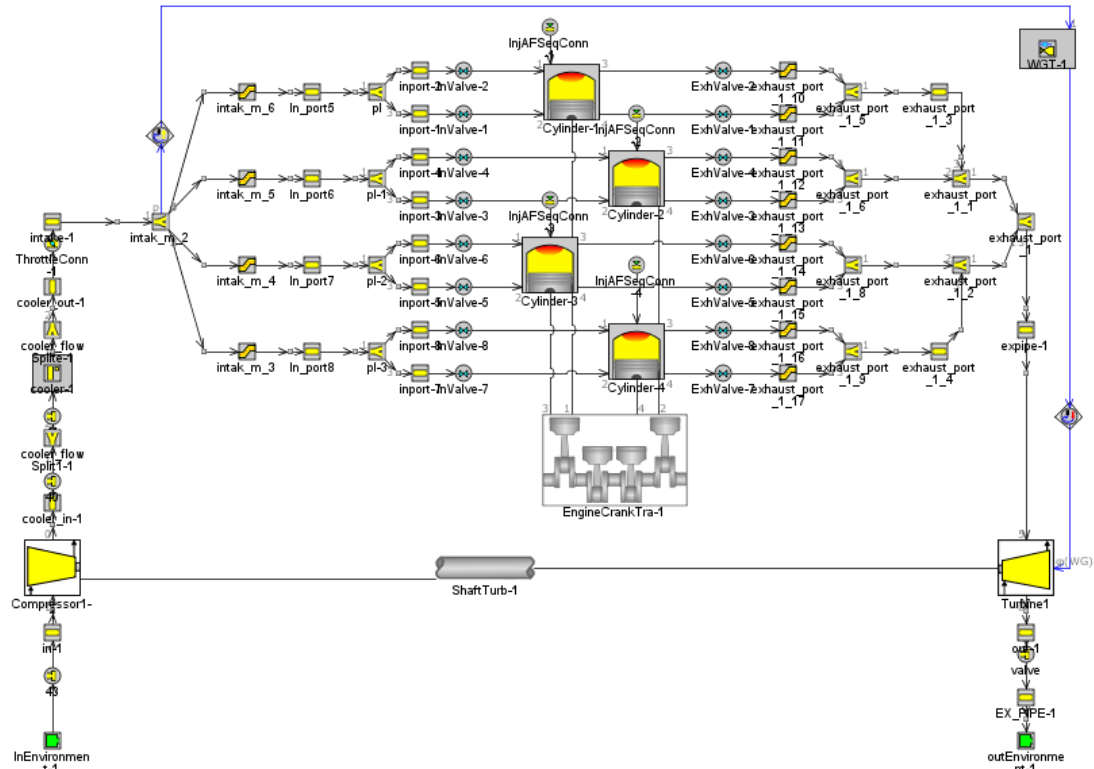


图 1 基础发动机 GT-POWER 模型

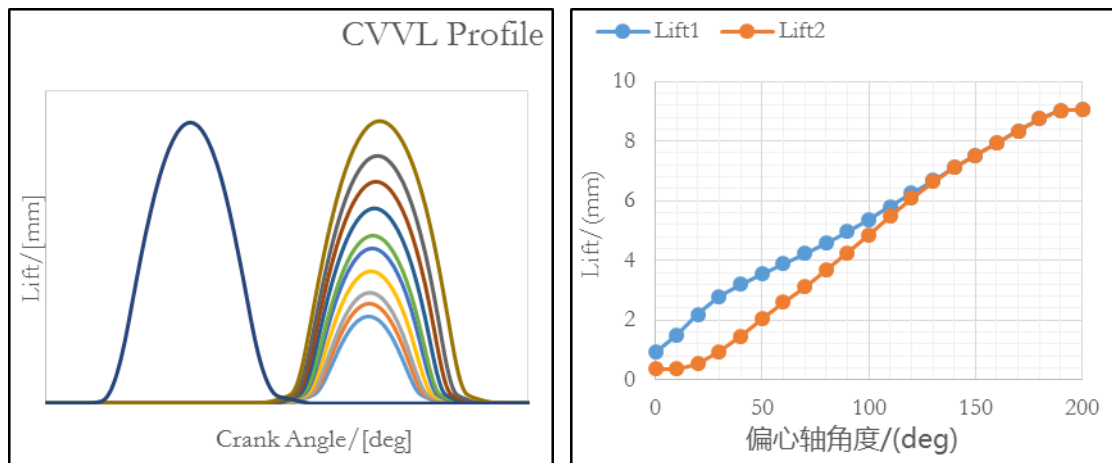


图 2 新机型进排气型线

通过对基础机型的校核，完成了对EngCylCombSITurb和EngCylKnock等预测模块的标定。

2.1 基础模型校核结果

图3是2800rpm_12.0bar的基础模型的校核结果。与试验数据相比，扭矩、油耗、进气量的误差均在 $\pm 1.00\%$ 以内，AI50的误差为 3.15° CA，AI10-90的误差为 1.16° CA。为保证各工况SITurb模型所用参数一致，提高模型的预测能力，导致此处AI50的校核误差较大。其中KITI为使用EngCylKnock模块计算出来的爆震指数。模型校核结果满足误差需求，能够用于新机型的性能预测。

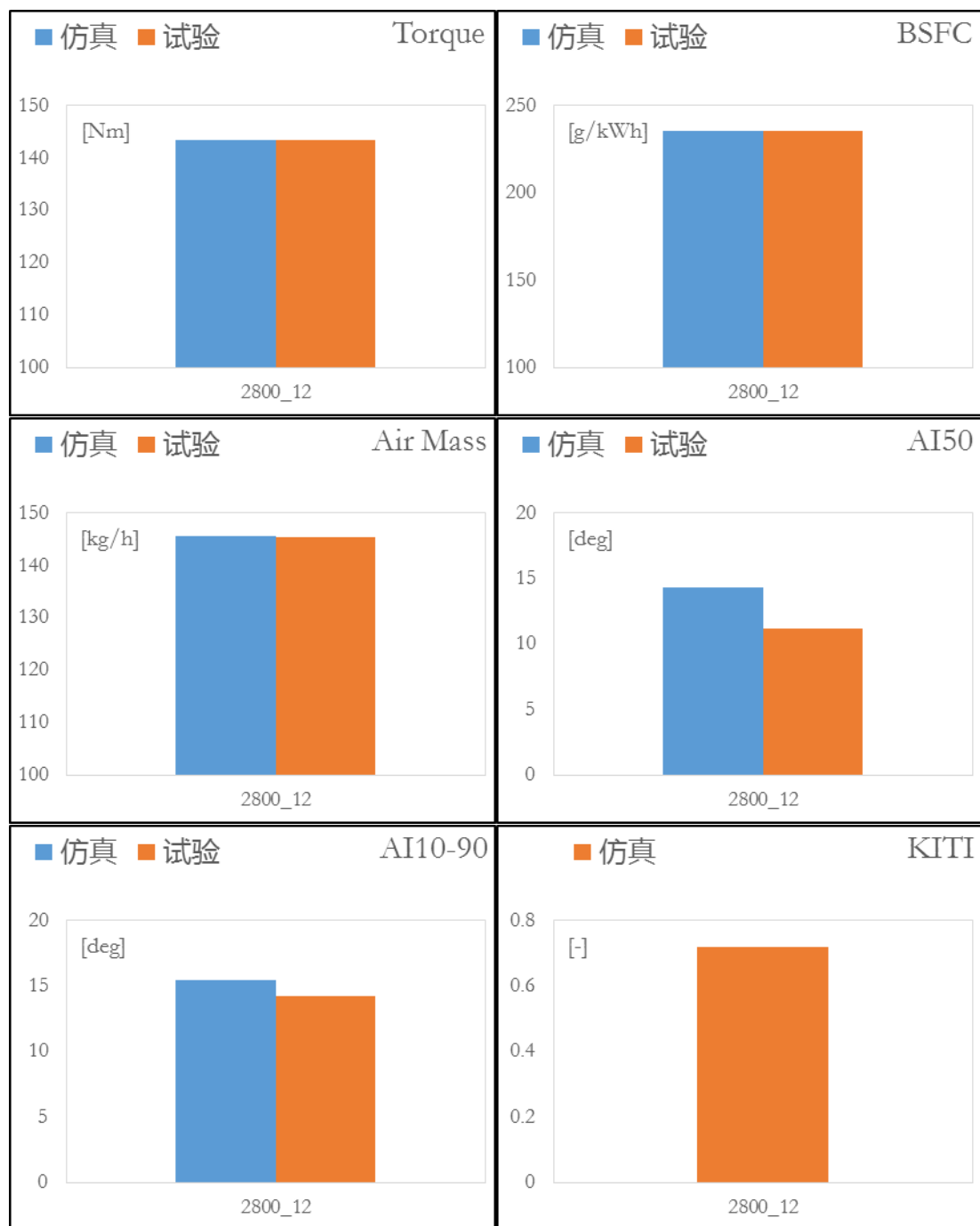


图3 基础模型校核结果

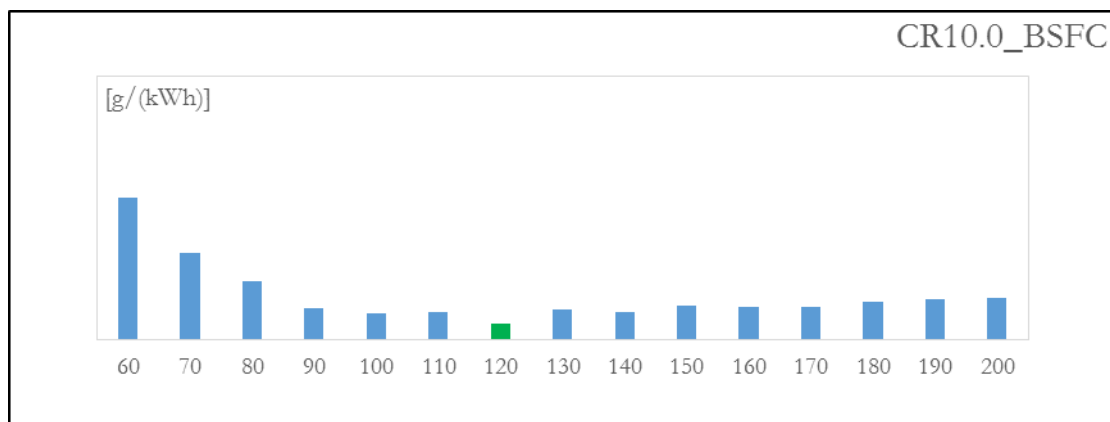
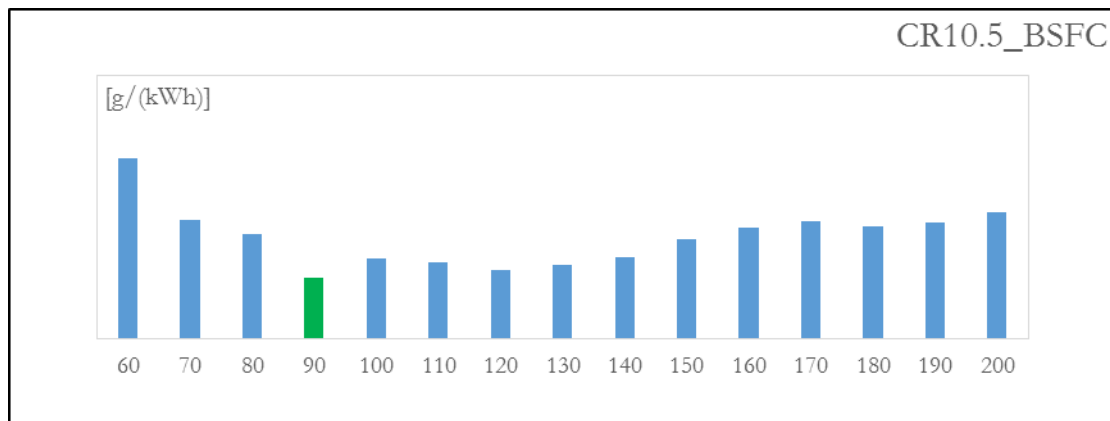
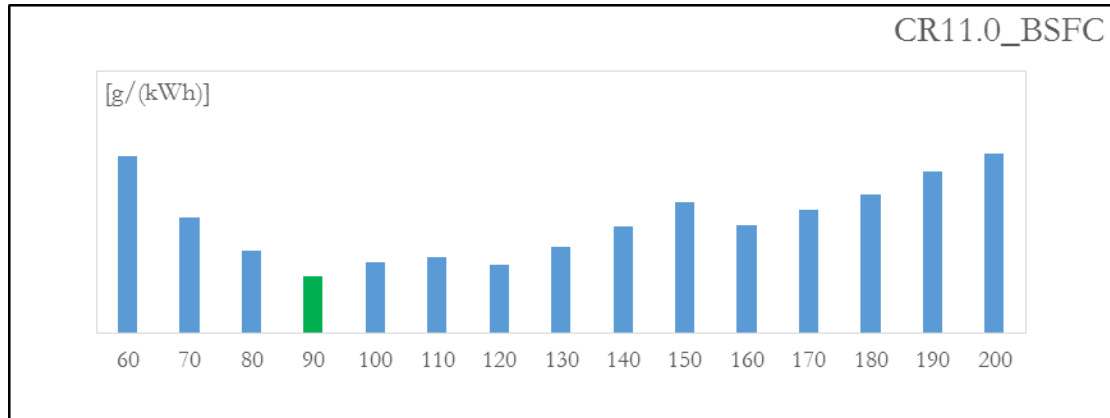
2.2 油耗点的性能预测结果

在最佳油耗点主要通过对进气CVVL型线及压缩比等参数的优化,进行油耗的预测。计算过程中使用长城汽车动力研究院CAE团队自主开发的爆震控制模块,结合上述KITI值,实现对点火角的自动优化。同时,过程中通过DOE的方法,对气门正时、增压压力等参数进行扫点计算。计算设置情况如下表1所示。

表1 最佳油耗点性能预测计算设置

工况	型线	偏心轴角度	压缩比	进气门正时	排气门正时	增压压力	点火角
[-]	[-]	[deg]	[-]	[deg]	[deg]	[bar]	[deg]
2800rpm 12.0bar	In195_Ex180	0~200/10	9.5~11.0/0.5	-60~0/10	0~60/10	1.0~1.5/0.1	爆震控制

下图4是在不同的压缩比、不同的偏心轴偏转角度下预测得到的发动机最佳油耗。可以看出压缩比不同时，最佳油耗所对应的偏心轴偏转角度是不一样的。



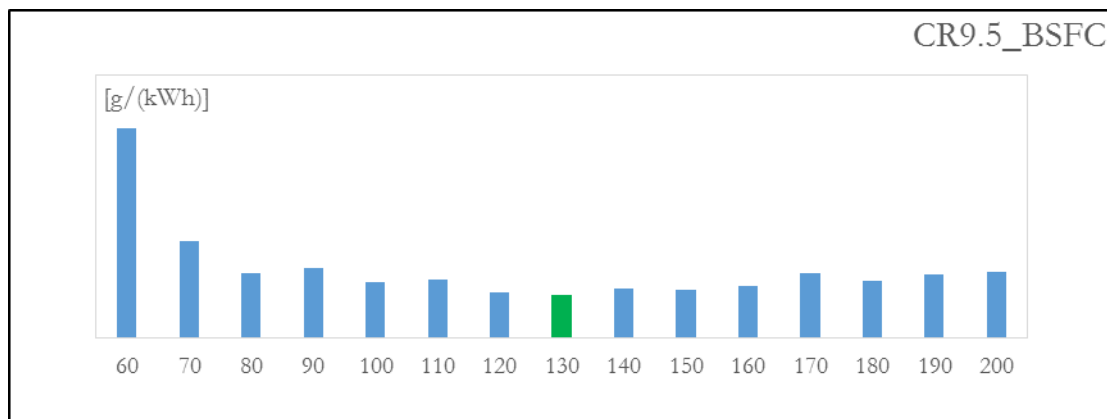


图4 2800rpm_12.0bar油耗预测结果

如图5所示，将不同压缩比下的最低油耗进行对比，压缩比11.0时的油耗最低。基于此计算结果，将发动机的压缩比方案定为11.0。另，针对2800rpm_12.0bar的工况，将CVVL机构的偏心轴的偏转角度定为 90° ，以实现较低的油耗。

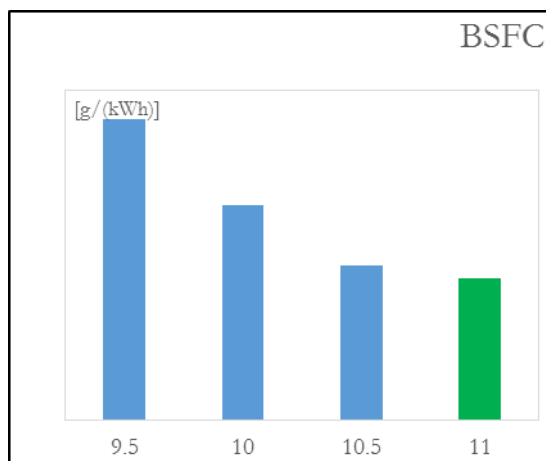


图5 2800rpm_12.0bar不同压缩比最佳油耗预测结果对比

3. 性能预测结果与试验数据的对比

结合项目实际需求，试验时对In195_Ex180_CR11.0的方案主要在油耗点进行了验证，以下为预测结果与试验数据的对比。

3.1 油耗点的数据对比

如图6所示，图中横坐标为CVVL机构的偏心轴处于不同偏转状态时的气门升程。在2800rpm_12.0bar最佳油耗点工况，使用In195_Ex180_CR11.0的型线与压缩比的组合方案，预测得到的不同气门升程时的油耗与实测值的偏差，除了最大升程时偏差较大为2.45%外，其余升程的偏差均在 $\pm 1.00\%$ 以内。

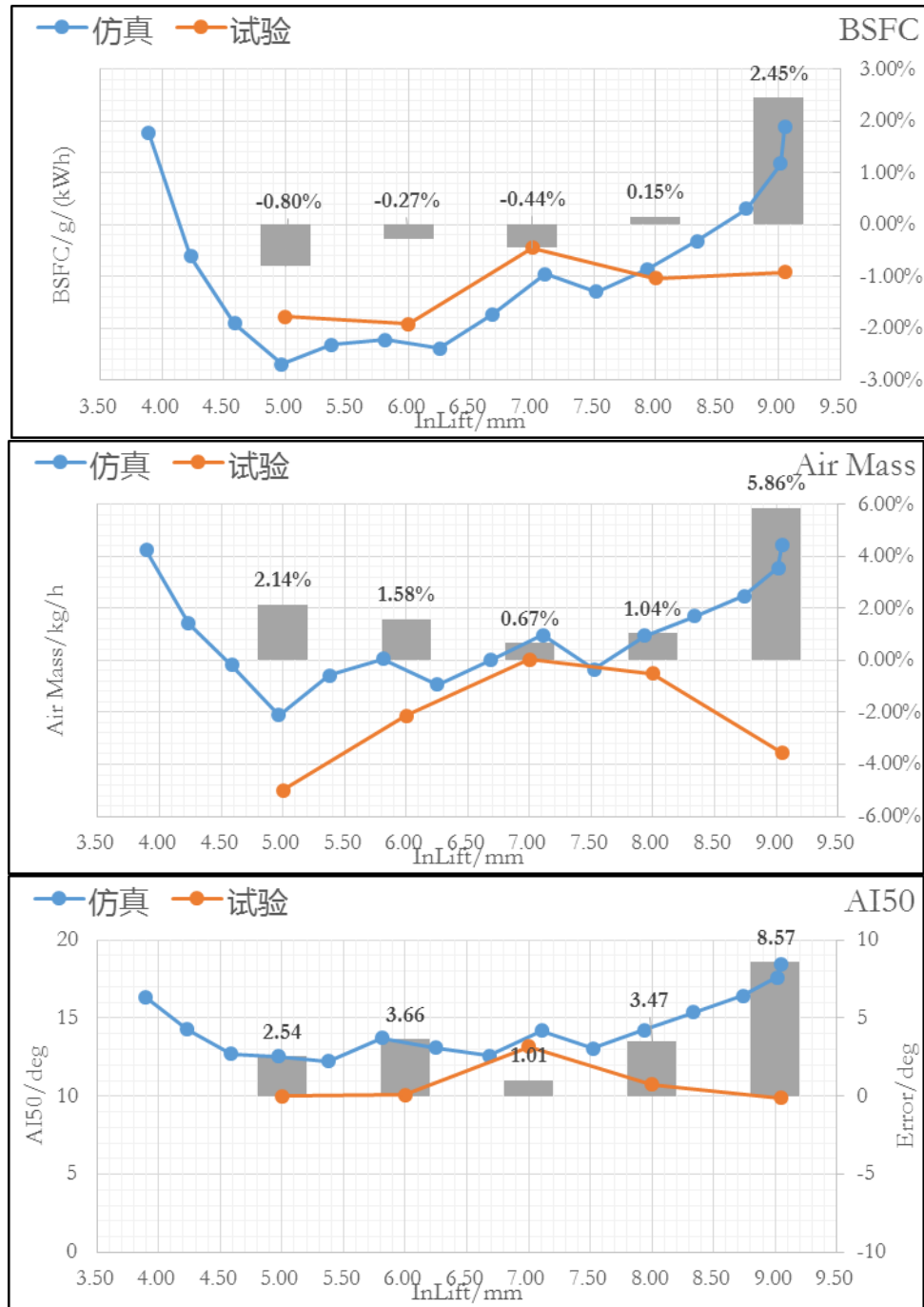


图6 油耗点的预测结果与试验数据的对比

同样的，除了最大升程时的偏差较大，分别为5.86%和8.57° CA以外，发动机进气量的预测结果与试验值的偏差均在 $\pm 2.50\%$ 以内，AI50的预测结果与试验值的偏差则都在 $1\sim 4^\circ$ CA的范围内。另外可以看出，最大升程时发动机进气量和油耗的预测结果与实测值偏差较大，主要是由AI50的预测精度差导致的。

3.2 额定功率点的数据对比

本次试验除了对发动机的最佳油耗进行了验证外，还对同平台另一款发动机的额定功率进行了验证。额定功率点性能预测过程采用了同样的型线和压缩比组合

In195_Ex180_CR11.0, 并使用相似的计算方法。

如图7所示, 在额定功率点, 预测出的功率仅比实测值高了0.12%。另, 由于AI50的预测值比试验滞后了3.43° CA, 导致计算出的发动机油耗和进气量分别比实测值高了4.71%和6.24%。



图7 额定功率点的预测结果与试验数据的对比

综合额定功率点功率的预测结果, 及最佳油耗点油耗的预测结果来看, 发动机的预测模型标定地较为成功, 性能预测流程也很合理。

4. 总结

借助GT-POWER软件强大的预测能力, 通过对基础模型的合理标定, 及对预测流程的严格把控, 实现了较高精度的性能预测, 有效缩减了发动机的开发成本及周期。

同时预测计算的核心部分, 对发动机燃烧的预测能力还有待进一步提高。

汽油机燃烧预测的关键在于EngCylCombSITurb的标定。通过长城汽车动力研究院CAE团队的不懈努力, 目前已经找到并具备了在保证精度的前提下, 实现使用一组参数完成SITurb模型标定的方法和能力。基于此, 相信今后发动机的性能预测, 尤其是燃烧预测的精度会有大幅提升。

5. 参考文献

- [1] GT-SUITE Engine Performance Application Manual VERSION 2016
- [2] 周龙保, 内燃机学 (第三版) [M], 北京: 机械工业出版社, 2015