

本文以某款 3 缸增压汽油机的增压真空控制系统问题为例，对发动机增压真空控制系统进行优化设计研究，通过材料对比试验，零部件结构对比等方法及研究，最终改善整车加速过程中车辆顿挫感及加速无力现象，优化增压真空控制系统。

□ 宁波吉利罗佑发动机零部件有限公司 张彬 贺锋 夏志鹏 肖翔 尹建东 赵福成 王瑞平

□ 浙江吉利罗佑发动机有限公司 王瑞平

发动机增压控制优化设计研究

随着排放法规日益严苛，搭载小排量涡轮增压发动机车型越来越受欢迎。涡轮增压发动机为节能而生，正常的发动机是通过缸内负压，把外面的空气吸进去，其中有泵气损失，加装涡轮增压器后，通过排放废气给进气增压，并利用这部分废气动能。增压后的进气，进入气缸的速度更快，量更大，对于混合气扰动、混合有着明显的优化作用，提升燃烧效率。随着汽车技术发展，汽油机直喷技术的联合应用，给予涡轮增压提供了各种燃料配比可能。为使涡轮增压器高效运用于发动机，涡轮增压与发动机匹配显得尤为重要，而为了使涡轮增压器能够按匹配要求正常工作，增压控制系统则起到关键作用。

增压控制系统通过控制增压器涡轮端的废弃阀门开度从而控制增压器。本文所述发动机采用真空控制系统控制增压器。真空控制系统主要包括真空源、真空传递及真空控制阀等，这其中任何组成件产生故障都会影响增压器正常工作，从而影响车辆的加速性能。

本文主要针对某 3 缸增压汽油机的增压真空控制系统故障进行分析，通过材料对比试验，零部件结构对比等方法及研究，最终改善整车加速过程中车辆顿挫感及加速无力现象，优化增压真空控制系统。

增压真空控制系统工作原理

增压真空控制系统主要由真空储能装置（真空腔）、产生真空元件（真空泵）、传递真空元件（真空管 1、真空管 2）及控制真空元件（真空控制阀）组成（图 1）。为增压器废气阀提供可根据占空比

变化的负压，在负压和弹簧力的共同作用下实现增压器废气阀的不同行程开度（图 2），从而使增压器按照不同匹配要求输出。然而当真空系统出现异常不能正常输出负压时，增压器便不能按照既定的控制方案进行工作，进而影响车辆的加速性能。本文只针对真空控制阀的设计优化进行分析。

真空控制阀优化设计

在某机型的设计研发过程中多次发现真空控制阀失效导致不输出负压，使车辆加速过程中出现窜动、加速无力的现象，经研究表明真空控制阀浸水后会导致失效。

真空控制阀主要通过占空比控制电磁力进而调节两级阀口的开闭，1 级阀口接负压源，2 级阀口接大气，通过控制不同阀口的开闭时间最后累加成为输出的压力，如图 3 所示。1 级阀口由气嘴（Pipe）与膜片（Bellow）组成，当柱塞（Plunger）

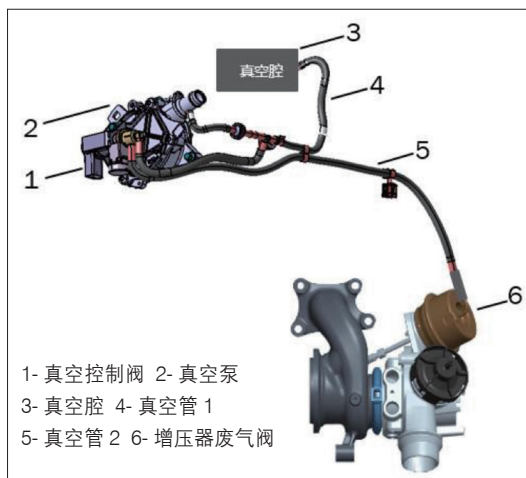


图 1 增压真空控制系统结构图

在电磁力作用下运动时 1 级阀口关闭; 2 级阀口由阀座 (Valve seat) 与膜片组成, 阀座与柱塞过盈并通过倒扣配合, 将膜片压缩在柱塞的凹槽内组成一个 2 级阀口组件, 柱塞运动带动 2 级阀口组件一起运动, 当柱塞运动至 1 级阀口闭合后继续向上运动, 膜片被压缩, 2 级阀口打开。

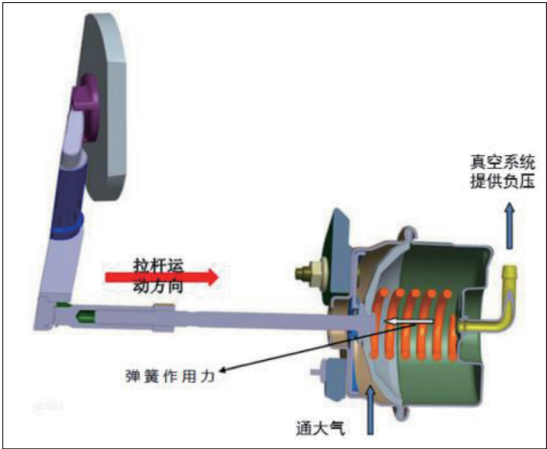


图 2 增压器废气阀工作原理图

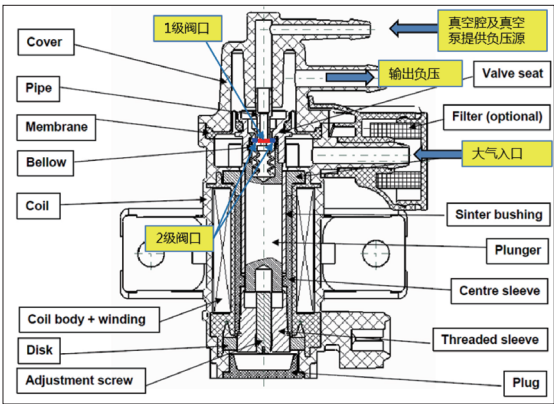


图 3 真空控制阀原理图

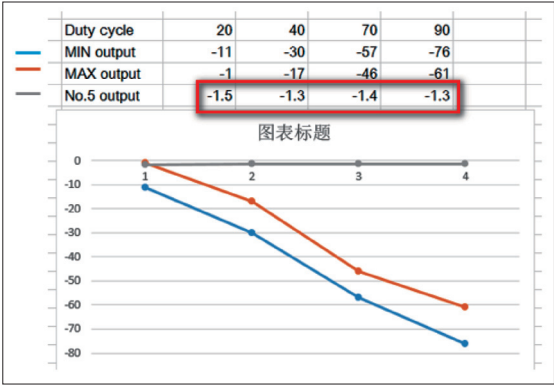


图 4 试验测试真空控制阀输出压力 -PA46 阀座

研究表明当真空控制阀表面淋水时, 水会通过空气滤芯 (Filter) 从大气入口被吸入真空控制阀内, 导致阀座与柱塞分离, 造成膜片密封失效, 从而不输出负压。所以设计优化的重点放在防止阀座与柱塞分离和改善空气滤芯的防水结构。

1. 防止阀座与柱塞分离的研究

将阀座材料分别为 PA46 和 PA66 的真空控制阀分别浸水后搭载发动机台架试验, 试验后发现采用 PA46 阀座的真空控制阀失效, 不输出负压, 采用 PA66 阀座的真空控制阀输出压力正

常。采用 PA46 阀座真空控制阀试验后测试数据, 如图 4 所示。

在对阀座与柱塞组件浸水储存后, 测试阀座的拔脱力, PA46 阀座拔脱力平均值 219 N, PA66 阀座拔脱力平均值 452 N。通过以上试验及测试数据可以说明, 真空控制阀阀座采用 PA46 材料浸水后会产生功能失效, 采用 PA66 材料浸水后不会产生功能失效。

2. 改善空气滤芯防水结构的研究

如图 5 所示, 某发动机目前空气滤芯结构经淋水后空气滤芯内部会同时进水, 基本无防水功能, 无防止水流入的结构。

如图 6 所示, 在真空控制阀的喷淋水流方向上增加防水隔板和导水槽后可以防止喷淋水进入。

通过以上试验表明在真空控制阀滤芯结构增加隔水板和导水槽可以阻止水流入阀内。

结论

通过以上功能分析及试验验证表明, 增压真空系统中真空控制阀淋水后失效的主要原因为阀座与柱塞分离和空气滤芯防水性差。采用 PA66 阀座可提高浸水后拔脱力, 防止脱落, 确保产品

功能正常; 空气滤芯增加隔水板和导水槽后, 可防止水从外界进入阀体内部, 降低水进入导致故障的风险。AI

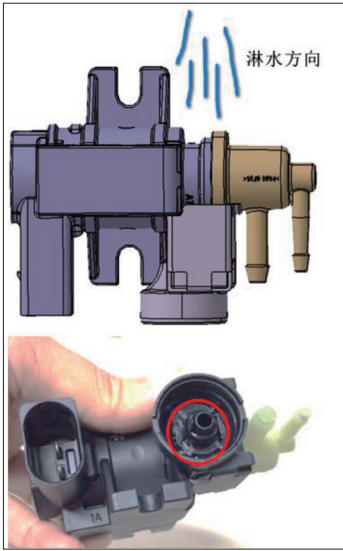


图 5 真空控制阀淋水试验 (红圈内有水进入)

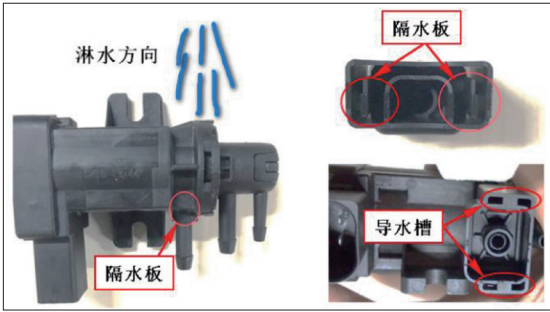


图 6 真空控制阀增加隔水板和导水槽后淋水试验 (无水进入)