汽油机燃用乙醇/汽油混合燃料的研究进展

李岳林[1]，杜宝杰[1]，李 薛[1]，刘省波[1]，郭美华[2]

(1、长沙理工大学湖南长沙410076；2、中南林业科技大学)

摘要：总结了目前在汽油机上已经开展的有关乙醇/汽油混合燃料的试验研究，主要包括：燃用乙醇/汽油混合燃料对发动机的动力性、燃油经济性和排放性能的影响；催化转化器、过量空气系数(<at)以及压缩比和点火时刻对燃用乙醇/汽油混合燃料时发动机的燃烧和排放特性的影响。最后对其发展和研究方向做出展望。

引言

伴随着工业和社会的快速发展，人类对石油燃料的需求越来越高，但因为石油资源有限，所以能源短缺成为一个令人担忧的问题。除了设计更高效的发动机以节省燃料资源外，必须寻找其他的能源以部分或者完全替代我们当前正在使用的燃料。甲醇和乙醇是最常用的燃料和燃料添加剂，但制造甲醇需要天然气和煤等不可再生资源，而我国的天然气等资源并不富足，所以如果依靠甲醇作为燃料的话，很难实现能源自给；而乙醇可以通过农作物发酵和蒸馏得到，所以可以看成是一种可再生能源，另外对于无铅汽油来说，甲基叔丁基醚(MTBE)会污染地下水资源和危害人体健康，所以在将来有可能用乙醇来代替MTBE，于是从经济和环保的角度出发，研究乙醇代替甲醇作为燃料也更为有利。

同时乙醇的辛烷值高于汽油，可以提高发动机的抗爆震性能，因此，如果使用乙醇作为燃料，可以提高压缩比以改善发动机的热效率和输出功率。但是另一方面如果使用纯乙醇作为燃料的话，就必须对发动机进行改装，所以最好是把研究重点放在乙醇/汽油的混合燃料上，从而避免改装发动机。

1混合燃料对发动机性能的影响

1.1混合燃料对发动机动力性和燃油经济性的影响

乙醇的热值比汽油低得多，但乙醇中含氧量大，所需的理论空气量不到汽油的一半，所以两者的混合气热值都差不多，从而保证发动机动力性不致降低，同时由于热值低，混合燃料的燃料消耗率比汽油高，但热效率并不比汽油低，而且其混合气比汽油混合气还稀；另一方面，乙醇含氧，有利于燃烧完全，热效率较高；并且乙醇的汽化潜热比汽油高约3倍，混合燃料蒸发汽化，可以促使进气温度进一步降低，有利于增加进气量和提高功率，因此混合燃料的动力性和燃油经济性与纯汽油应当不相上下。

1986年Hamdan和Jubran两人发现，通过向汽油中添加5%的乙醇，可以使发动机获得最佳的功率输出和部分负荷下提高4%~21%的热效率。2003年Al-Hasan发现使用混合燃料可以增加有效功率、扭矩、容积热效率和有效热效率，同时可以降低有效燃油消耗率。许沧粟和杜德兴在一台摩托车用汽油机上分别使用10%的纯乙醇(纯度为99.5%)和10%的含水乙醇(纯度为95%)与90号汽油混合进行试验，结果表明：在汽油中掺混小比例(10%)纯的或含水不高的乙醇后，不影响发动机的功率、扭矩等使用性能，无须对发动机进行改装；而且汽油中掺混小比例的乙醇后，有利于改善发动机的燃烧状况，降低能耗率。

2006年祁东辉等人发现，电喷汽油机燃用混合燃料的最大功率和扭矩与汽油机相比略有减小，但减小幅度较低；质量燃料消耗率略高，但能量燃料消耗率比汽油低，有效热效率比汽油高，可以获得较好的燃料经济性。

可见，使用混合燃料后，发动机的燃烧状况得到改善，有利于提高发动机的燃油经济性，对发动机的动力性影响不大。

1.2混合燃料对发动机排放性能的影响

在许多由汽车尾气排放而造成大部分空气污染的工业国家中，环保问题也日益凸显出来，使用乙醇/汽油混合燃料的另一个目标就是降低尾气排放。由于乙醇分子中含有氧原子，可以提供额外的氧；并且含碳比例减小，燃烧较为完全，燃用混合燃料可以使CO和HC的排放降低；并且由于乙醇的热值较低，燃烧温度低，使NOx排放少；但另一方面，乙醇含氧，有利于NOx的生成，又使NOx排放可能增加，所以最终结果取决于两个因素谁占上风。

1995年Guerrieri和Caf-frey于6辆在用车上进行试验发现，当乙醇含量高于25%时，CO2的排放减少；当乙醇含量提高

到40%时，总碳氢化合物(THC)排放在最初的时候先增加了一点，而后随着CO的减少而逐渐降低。1996年Kelly等人在21辆轿车上使用纯汽油和两种混合燃料E50(乙醇所占体积分数为50%，下同)、E85三种燃料进行试验发现，使用E85可以减少CO和非甲烷碳氢化合物的排放。1999年Moreira和Goldemberg研究发现，燃用混合燃料可以减少含硫化合物的排放，甚至消除有毒芳香烃(如苯)的排放。1994年Rideout等人和2000年Chao等人的研究表明：使用混合燃料会增加甲醛、乙醛和丙酮的排放。2002年Hsieh等人在一台闭环控制发动机上研究发现，加入乙醇可以使CO和HC分别减少10%~90%和20%~80%，同时NOx的排放与发动机的运行工况有很大关系，而与乙醇含量的多少关系不大，但这一结论仍需进行试验验证。

2004年董素荣等人在一台多点电喷汽油机上研究发现，汽油机掺烧乙醇后，苯排放降低，且随着添加比例的增大苯排放改善越明显，掺烧体积分数为9.826%的乙醇对苯排放的改善程度达50%。2006年祁东辉等人发现，混合燃料发动机的CO排放低于汽油机，并且随着乙醇体积分数的增大而降低，HC的排放在较大负荷时略高于汽油机，NOx排放与汽油机相比变化不明显；同时混合燃料的乙醛排放明显高于汽油，而未燃乙醇排放与汽油基本相当，并且乙醇含量的增加对未燃乙醇的排放影响较小。此外，他们还发现混合燃料发动机有甲醇排出，排放量与汽油机相差不太明显，说明甲醇的排放主要来自汽油中的添加成分甲基叔丁基醚(MTBE)。

以上研究表明：使用混合燃料可以大幅度改善法规排放，虽然会使非法规排放(如乙醛)增加，但与燃用汽油而排放的芳香烃对环境的危害相比起来，前者是远远不及后者的。

2混合燃料的燃烧和排放控制

2.1催化转化器

催化转化器是现代汽车不可或缺的组成部分，它的核心主要是催化剂，通过催化剂来达到净化汽车尾气的排放。2002年何帮全等人研究发现，Pt/Rh催化剂对排气中的乙醇转化效率较低，而对乙醛表现出较高的转化效率。董素荣等人还发现，普通三效催化器对排气中苯的平均净化效率约为87%，同时只在低速时催化器前检测到甲醛，催化器后没有检测到甲醛，说明催化剂对甲醛的催化净化效果较好。2004年高祥等人在一台多点电喷汽油机上试验，结果表明：在低转速时，三效催化器对排放中CO的净化效率普遍较高，而中高转速时随负荷的增加净化效率降低；同时对THC的净化效率也较高；并且三效催化器的净化效率与乙醇的含量、发动机的负荷和转速有关。

2005年刘圣华等人发现，经三效催化器转化后法规排放可达到与汽油机同等的水平，而甲醇和乙醇以及甲醛和乙醛在大部分工况下可以实现零排放。祁东辉等人的研究也发现催化器对混合燃料发动机CO、HC和NOx转化效率的影响与混合燃料中的含醇量以及发动机的负荷和转速有关。

从整个催化转化特性看，燃用混合燃料时的催化转化特性效果与燃用汽油相差不大，但醇、醛类排放经过三效催化转化器后基本可以实现零排放，表明Pt/Rh系三效催化转化器能够满足汽油机燃用乙醇/汽油混合燃料时对非法规排放控制的要求。

2.2过量空气系数<at

过量空气系数<at直接影响着混合燃料燃烧时的气体温度，同时由于不同比例的混合燃料含氧量的不同也会影响混合
燃料
的燃烧和
排放状况。国立成
功大学和南台科技大学的研究者们使
用E5、E10、E20和E30在两种转速(3000r/min^{-1}和4000r/min^{-1}
)不同节气门开度下研究<at（0.6~1.6之间）发现，在所有工况下，当<at接近于1和略大于1时，可以分别获得最大输出功率和最小的燃油消耗率；<at直接影响着CO的排放，并随<at的增大，CO排放逐渐减少直至零排放；CO2受<at和CO的排放浓度两个因素共同影响着，随<at增大，CO2排放逐渐增加；当<at约为1时，CO2的排放量最大而后逐渐减小；HC排放与<at也有着密切联系，随<at增大，HC排放逐渐减少；当<at略大于1时，HC的排放量最小，然而一旦继续增大<at，HC的排
放量将会上升。H.SerdarY　cesu等
人使用E10、E20、E40和E60在恒转速(2000r/min^{-1}
)、节气门全开、不同压缩比(5：1~13：1)下研究<at的影响作用，结果也与此一致：当<at=0.9和1.05时，可以分别获得最大输出功率和最小的燃油消耗率。

可见，在<at=1附近，分别存在有最大输出功率和最小燃油消耗率的极值点，并且CO和HC随<at增大会逐渐减小，CO2会相应增加。

2.3 压缩比和点火时刻

由于乙醇的辛烷值高于汽油，发动机的抗爆性能得以提高，因而压缩比可增大，点火时刻可提前，有利于优化混合燃料的燃烧条件，改善燃烧状况。Tolga Topg l等人在恒转速(2000r/min^{-1})、不同压缩比(8：1，9：1，10：1)下使用E10、E20、E40和E60进行了试验研究，结果表明：在所有的运行工况下，获得最大功率输出的点火时刻与使用纯汽油时没有明显区别；而推迟点火时刻可以增加发动机的输出功率；在较大压缩比时，可以获得较大的输出功率，而此时点火时刻影响不大；当点火时刻提前到上止点前(BTDC)24bCA时，使用纯汽油就会发生爆震，与使用较高比例的混合燃料相比起来，即使点火时刻提前到BTDC36bCA，发动机也没有出现爆震；这一结果同样与H.Serdar Y cesu等人的研究结果一致。此外，Tolga Topg l等人还发现，在不同压缩比下，点火时刻对排气温度的影响基本一致；同时点火时刻对CO的排放没有明显的影响，而HC的排放在点火时刻推迟后，略有减小。

可见，使用混合燃料后，发动机的抗爆性能得以提高，可以采用较高的压缩比；同时推迟点火时刻可以增加发动机的输出功率，对排放性能也有所改善。

3 展望

1)乙醇和汽油的理化性质有所不同，为了使发动机的动力性、燃油经济性和排放性能达到综合最优，应当对燃料供给系统重新进行优化匹配。

2)由于乙醇的汽化潜热比汽油高很多，燃用混合燃料时，进气温度较低，冷起动性能变差，因此在改善混合燃料发动机冷起动性能方面还需做进一步的试验研究。

3)目前大量的研究工作都是在未加改装的发动机上进行的，因此下一步工作可针对改装后的发动机以及其他运行参数(如EGR、冷却水温度等)对混合燃料燃烧和排放特性的影响进行研究。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/99496.html