



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150074

基于 6105 型柴油机的天然气发动机研制

徐元利, 赵 丰, 谈炳发
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 为进一步提高“柴油-天然气”双燃料汽车的经济效益和环境效益,基于 6105 型柴油机,通过改进燃烧室,增加点火系统,优化配气相位,开发混合系统、判缸信号发生器等,将柴油机改造为纯天然气发动机,并进行试验。结果表明:本设计采用压缩比 10.5、气门重叠角 10° 时的发动机性能指标最优,且全面达到了委托企业所要求的性能指标。

关键词: 柴油机; 天然气发动机; 燃烧室; 配气相位; 混合系统

中图分类号: TK406 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2016)01-0064-04

Development of a Natural Gas Engine Based on 6105 Diesel Engine

XU Yuanli, ZHAO Feng, TAN Bingfa
(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: In order to further improve the environmental and economic benefits of diesel-CNG dual fuel vehicles, based on the 6105 diesel engine, a single fuel gas engine was developed through making some changes in the combustion chamber, improving the ignition system, optimizing valve timing, and developing a natural gas fuel mixture system and a signal generator assembly. The results of the experimental study show that the performance of the new engine is optimal when the compression ratio is 10.5 and the valve overlap angle is 10° . Under these conditions, all the performance indexes can be reached.

Key words: diesel engine; natural gas engine; combustion chamber; valve timing; mixture system

发展天然气发动机是减少有害物排放的一条重要途径。柴油车改为“柴油-天然气”双燃料汽车,由于该技术路线只替换了部分柴油,因此经济效益和环境效益不是太明显。

天然气由于其低排放、安全可靠、技术成熟,有良好的经济效益和环境效益。天然气与空气混合充分、燃烧彻底,可大幅度降低 CO 和碳氢化合物的排放量;天然气火焰温度低,也会使 NO_x 排放量减少;天然气是碳氢原子比最小的烃类化合物,以产生相同热量计算,产生的 CO 也可比汽油、柴油降低 15% 以上。因此,发展天然气发动机具有重要意义^[1-3]。

由于以前天然气加气站基本上没有形成网络,所以压缩天然气汽车大部分是在汽油机或柴油机的基础上改造的两用燃料汽车。然而,近年来随着加气站

网的逐渐形成,发展单一天然气发动机已经势在必行^[4-5]。

本研究以某 6105 型柴油机为研究对象,将柴油发动机改造为纯天然气发动机,开发适合单一燃料气体的发动机。

1 天然气发动机的设计

1.1 发动机的主要技术参数和总体方案

委托企业要求的天然气发动机的主要技术参数见表 1。

以某 6105 型柴油机为研究对象,通过改进燃烧室,增加点火系统,优化配气相位,开发混合系统、判缸信号发生器等,将柴油发动机改为纯天然气发动机。

收稿日期: 2015-06-11; 修回日期: 2015-07-31

基金项目: 天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室开放基金资助项目(K2013-6)

作者简介: 徐元利(1968—),男,山西人,高级工程师, xuyuanli2006@126.com.

数字出版日期: 2015-10-16; 数字出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/12.1355.N.20151016.1443.004.html>.

表1 天然气发动机的主要技术参数

Tab. 1 Main technical parameters of the natural gas engine

主要参数	参数值
标定转速/(r·min ⁻¹)	1 800
标定功率/kW	60
标定点燃气消耗率/(g·kW ⁻¹ ·h ⁻¹)	260
最高燃烧压力/MPa	≤8
排气温度/°C	≤580

1.2 燃烧室的设计

天然气的研究法辛烷值为 130,这就意味着与燃油汽油相比,燃用天然气的许用压缩比可高 2~4 个单位.很显然,压缩比高,热效率就高.因此要充分发挥天然气燃料潜质,必须合理选择压缩比,提高发动机的热效率.根据文献^[6-10],天然气发动机采用的合理压缩比应在 12 左右.6105 型柴油机的原机压缩比为 17,经多方论证,将天然气发动机的压缩比确定为 11.5 和 10.5 两种方案;冷却油腔的布置,仍然采用原机的冷却喷嘴与之匹配.开式燃烧室具有 NO_x 排放物低和热效率高的特点.因此,将 6105 型柴油机 ω 形燃烧室改为开式碗形燃烧室,如图 1 所示.

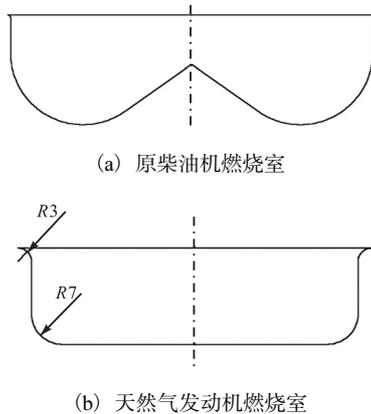


图 1 燃烧室的设计

Fig. 1 Design of the combustion chamber

1.3 火花塞安装孔的设计

将喷油器孔改为火花塞孔;火花塞孔的轴线与缸盖横截面方向的夹角保持 15°不变,而与气缸中心线的夹角由原 15°改变为 10°,同时将火花塞孔的轴线与缸盖底平面的交点沿着火花塞孔的轴线在水平面上的投影向外移动,以保证火花塞头部与进排气门孔的边缘至少 6 mm;取消了原喷油器在机体上的固定螺纹孔;在火花塞孔的入口处设计了 φ28H7 的孔,用于安装与之过渡配合的 φ28m6 的防尘套管,装配到底即可;火花塞孔按国标设计,用标准火花塞扳手即可拆装;安装好火花塞后,试装高压线,并将防尘套套在防尘套管上.火花塞孔的设计见图 2.

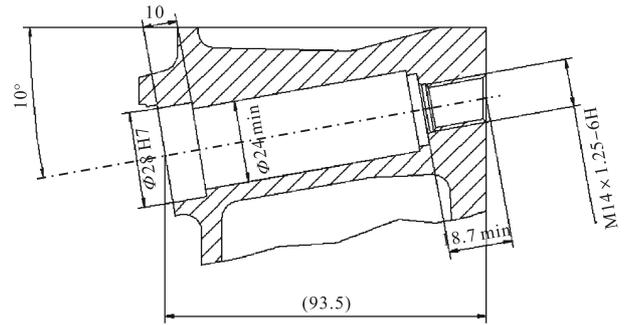
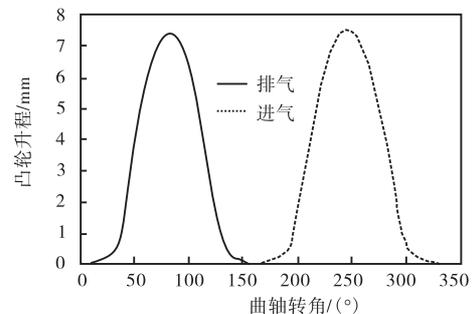


图 2 火花塞孔的设计

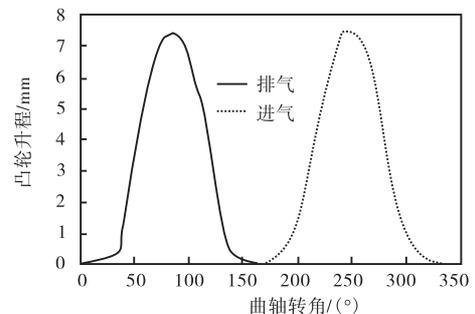
Fig. 2 Design of the spark plug hole

1.4 配气相位的设计

柴油机采用缸内直喷,气门重叠角较大,目的是增加进气量,清除残余废气,降低高温零件的排气温度.而天然气发动机采用进气管喷射,若气门重叠角过大,会增加扫气量,造成部分燃料直接排出发动机外,使未燃碳氢化合物排放增加;反之,若气门重叠角过小,会增加缸内燃烧温度,造成 NO_x 排放量增加.因此,本研究通过适当减小气门重叠角来降低未燃碳氢化合物和 NO_x 排放量.为此,设计了 2 种不同的气门重叠角^[11-12]:(1)进气 5/38,排气 55/0,气门重叠角为 5°;(2)进气 10/38,排气 55/0,气门重叠角为 10°.应用 Matlab 软件,在原柴油机凸轮型线基础上进行型线优化设计.优化后的配气相位,气门重叠角及凸轮升程见图 3.



(a) 气门重叠角 5°



(b) 气门重叠角 10°

图 3 配气相位的设计

Fig. 3 Design of the gas phase

1.5 天然气燃料混合系统的设计

为了实现天然气燃料与空气的充分混合,设计了天然气燃料混合系统,如图 4 所示. 其中,进气管与节气门联接法兰,一端通过 4 个内六角螺栓与进气管入口联接,另一端通过 4 个内六角螺栓与节气门联接;混合器与节气门联接法兰,一端通过胶管及喉箍与节气门软联接,另一端通过 4 个螺栓与混合器联接.

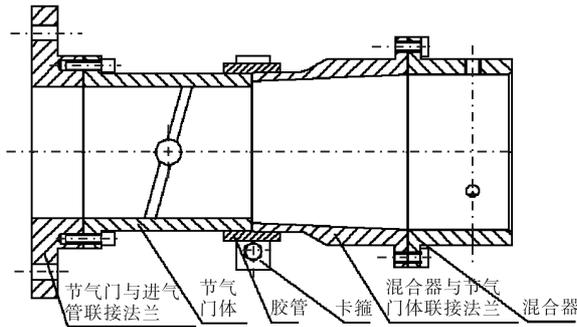


图 4 天然气燃料混合系统
Fig. 4 Natural gas fuel mixture system

1.6 各传感器接口的设计及安装布置

1.6.1 转速传感器

在飞轮壳上设计了转速传感器安装孔,用螺钉固定传感器,并调整传感器端面间隙不超过 1 mm.

1.6.2 进气压力传感器

设计了端盖,用螺钉固定在进气管另一入口,其上安装进气压力传感器,并用螺钉固定.

1.6.3 判缸传感器

设计了 2 种判缸传感器安装方案:一种是安装在配气凸轮轴端;另一种是安装在油泵端. 前者加工零件数量少,但维修不方便;后者维修方便,但加工零件数量多. 具体采用哪一种,可视情况决定.

第 1 种方案如图 5 所示,在配气凸轮轴齿轮端设计了判缸信号盘;在齿轮上设计了 2 个定位销孔,通过定位销将判缸信号盘与齿轮定位;用原齿轮紧固螺母将判缸信号盘紧固在齿轮上;在齿轮室盖上设计了判缸传感器安装孔,将传感器安装在该孔内,用螺栓紧固,同时调整传感器端面间隙不超过 1 mm.

第 2 种方案如图 6 所示,在油泵端设计了油泵端信号发生器总成,包括信号盘、支撑轴、轴承座、轴承、轴承盖;装配时,先将轴承装在轴上,然后将其装在轴承座内,安装端盖,用 6 个螺栓紧固;将信号盘装在轴上,用半圆键圆周方向定位,用螺母紧固;将信号发生器用 6 个螺栓固定在齿轮室盖上;将原油泵齿轮与信号盘间通过 4 个螺栓联接.

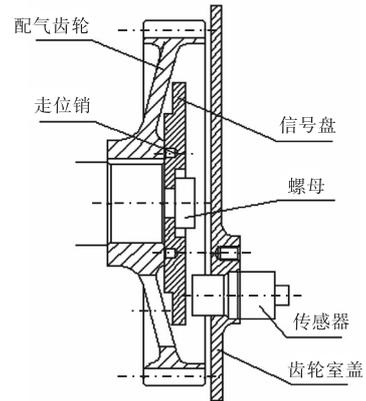


图 5 配气凸轮轴端信号发生器总成
Fig. 5 Signal generator assembly at the valve camshaft end

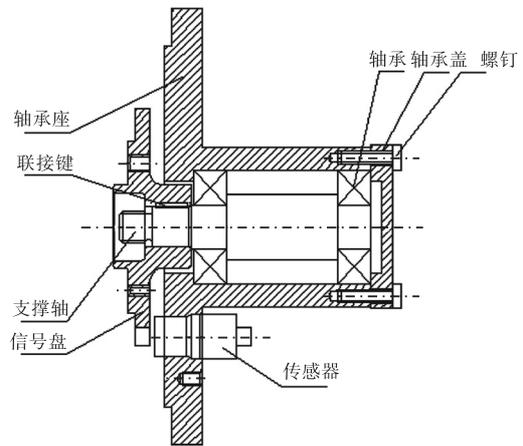


图 6 油泵端信号发生器总成
Fig. 6 Signal generator assembly at the pump end

1.6.4 氧传感器

在排气总管处,设计了氧传感器安装螺纹孔,将氧传感器紧固在其内即可.

1.6.5 水温传感器

水温传感器利用原机的安装孔进行安装.

2 试验结果及分析

2.1 主要试验装置

采用杭州奕科机电技术有限公司的 WE32H 型水力测功机及 EIM0301D 型发动机测控系统控制发动机转矩和转速;利用天津中环电子有限公司的出水温度传感器、排气温度传感器和机油温度传感器来检测发动机的状态参数;采用美国罗斯蒙特公司的 CNG 流量计对天然气消耗量进行测量.

2.2 试验方法

(1) 先对压缩比 $\epsilon = 11.5$ 的活塞进行试验;

(2)后对压缩比 $\varepsilon = 10.5$ 的活塞进行试验。

在 2 个试验中,均进行气门重叠角 $\psi = 5^\circ$ 和 10° 的发动机性能试验;同时,出水温度和机油温度均控制在 $85^\circ \pm 5^\circ$ 范围内。

2.3 结果分析

4 种方案的正交试验结果见表 2。由表 2 可见:方案 4 ($\varepsilon_4 = 10.5, \psi_4 = 10^\circ$) 标定点的燃油消耗率为 $256.5 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,在 4 种方案中最低;最高燃烧压力为 7.23 MPa ,排气温度为 $553 \text{ }^\circ\text{C}$,均在可接受的范围内。由此可见,方案 4 发动机性能指标最优,且全面达到了所要求的性能指标。

表 2 天然气发动机的性能

Tab. 2 Performance of the natural gas engine

主要参数	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
标定转速/($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)	1 800	1 800	1 800	1 800
标定功率/kW	60	60	60	60
标定点燃气消耗率/ ($\text{g}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	268.4	261.2	264.8	256.5
最高燃烧压力/MPa	7.19	7.92	6.57	7.23
排气温度/ $^\circ\text{C}$	521	546	538	553

注:方案 1, $\varepsilon_1 = 11.5, \psi_1 = 5^\circ$; 方案 2, $\varepsilon_2 = 11.5, \psi_2 = 10^\circ$; 方案 3, $\varepsilon_3 = 10.5, \psi_3 = 5^\circ$; 方案 4, $\varepsilon_4 = 10.5, \psi_4 = 10^\circ$ 。

3 结 语

本研究以某 6105 型柴油机为研究对象,通过改进燃烧室,增加点火系统,优化配气相位,开发混合系统、判缸信号发生器等,将柴油发动机改造为纯天然气发动机。在设计中,将燃烧室由 6105 型柴油机 ω 形燃烧室改为开式碗形燃烧室,设计了 11.5 和 10.5 两种压缩比;将喷油器孔改为火花塞孔;取消了原喷油器在机体上的固定螺纹孔;设计了 2 种不同气门重叠角 (5° 和 10°);在混合器中设计了进气联接法兰及混合器节气门法兰;设计了包括转速传感器、进气压力传感器、判缸传感器、氧传感器、水温传感器等的传感器接口。试验表明:压缩比为 10.5、气门重

叠角为 10° 的发动机性能指标最优,且全面达到了委托企业所要求的性能指标。

参考文献:

- [1] 牟善祥,张启军,孔庆阳,等. T10V120F 型天然气发动机的研制[J]. 柴油机,2004(1):10-12.
- [2] 陈万应,张浩,邓杰,等. NQ140N 天然气发动机的开发[J]. 汽车研究与开发,2003(4):11-13.
- [3] 张庆良. 柴油机应用天然气合成油进展[J]. 内燃机与动力装置,2009(1):49-52.
- [4] 李克新. NQ140N 单一 CNG 发动机的开发与试验[J]. 内燃机,2004(2):17-21,25.
- [5] 李克新,杨志勇,张自力,等. NQ190N 天然气单燃料发动机的开发[J]. 内燃机,2009(2):8-14.
- [6] Gharehghani A, Hosseini R, Mirsalim M, et al. A comparative study on the first and second law analysis and performance characteristics of a spark ignition engine using either natural gas or gasoline[J]. Fuel, 2015, 158: 488-493.
- [7] Kakaee A H, Paykani A, Ghajar M. The influence of fuel composition on the combustion and emission characteristics of natural gas fueled engines[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014, 38: 64-78.
- [8] 吴义民,马殿军,李金辉. 压缩天然气发动机活塞开发[J]. 内燃机与动力装置,2009(3):37-41.
- [9] 邱先文,吴华杰. 火花点火式天然气发动机技术分析[J]. 小型内燃机与摩托车,2001,30(4):38-40.
- [10] 焦运景. 稀燃天然气发动机燃烧过程研究和燃烧系统开发[D]. 天津:天津大学,2009.
- [11] 焦运景,张惠明,杨志勇,等. 配气相位对天然气发动机燃烧和排放的影响[J]. 农业机械学报,2009,40(8):13-17.
- [12] 赵奎翰,曲延涛,魏克新,等. 2190T 天然气发动机进气和燃烧系统的改进研究[J]. 内燃机学报,1999,17(2):99-103.

责任编辑:常涛