

一款机油冷却滤清器总成的开发设计

尹领孚 赵文德 柴 华
平原滤清器有限公司 河南 新乡 453002

摘要: 发动机零部件模块化是未来的发展趋势, 高集成度的模块产品可以降低成本减少资源浪费, 本文对一款正向开发的机油冷却滤清器模块的设计开发过程进行了整体的梳理, 该产品集成了机油滤清器、冷却器、旁通阀、止回阀、泄油阀等部件。

关键词: 机油滤清器; 冷却器; 发动机润滑

1 设计思路分析

1.1 空间边界

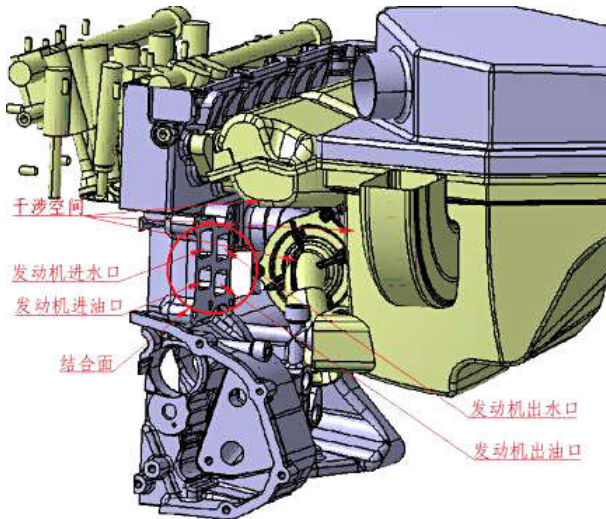


图1 发动机边界数模

设计前先对发动机边界数模的结构进行了解, 如图1所示发动机缸体上对机油冷却滤清器模块留有平整结合面, 结合面上预留了进油口、出油口、进水口、出水口的位置, 这些预留的进出口限制了机油冷却滤清器的安装及油道位置, 结合面周围空间分布有空滤及增压器等零部件限制了机油冷却滤清器模块的结构和尺寸, 此有限的空间内需要布置基座、冷却器及滤清器等零部件, 空间结构非常紧张, 需提高设计集成度以节省空间^[1]。

1.2 设计思路

对预留边界及接口有了一定的了解后需要考虑产品的设计思路, 例如机油滤清器的类型、基座油道的搭建及零部件材料的选择等, 下面在多个方面对设计思路进行梳理。

1.2.1 环保性

考虑到现今国家及行业对环保要求的日益提升, 本项目机油滤清器采用环保机油滤芯, 将壳体设计为终身

件, 此种废旧滤芯容易处理可以减少维修保养的浪费和污染。

1.2.2 轻量化

轻量化方面基座和冷却器在机油冷却滤清器模块中占有比较大的比重, 两者均选用铝合金材质, 可以在满足性能要求的同时最大化的做到轻量。

1.2.3 特殊工况

考虑到滤清器需要在发动机处于特殊工况时也对润滑系统起到无间断的保护, 机油冷却滤清器模块需要增加止回阀及旁通阀。止回阀可以防止发动机熄火后机油冷却滤清模块油道里的机油回流到油底壳, 如果不设置止回阀发动机在下次启动时, 必须先充满机滤才能进行润滑, 在这段时间内, 发动机内各个零部件会出现干摩擦状态, 严重的影响发动机寿命。

旁通阀在发动机正常工作时属于常闭阀, 如果不设置旁通阀会导致发动机低温环境冷启动或滤芯堵塞时滤清器上游压力大而下游机油低无法达到预定位置进行润滑, 严重影响发动机性能, 旁通阀的存在可有效防止这种情况的发生^[2]。设置有旁通阀的滤芯处于低温环境冷启动或滤芯堵塞时滤芯两端压差也会增加, 但当压差达到设计的旁通阀开启压力时, 旁通阀打开使得机油从冷却器油路流出后分成两路, 一路从滤芯通过, 一路从旁通阀通过进入下游, 可以保证特殊情况时发动机各零部件也能持续的受到机油润滑的保护。

1.2.4 易维护性

易维护方面, 因为机油冷却滤清器模块的周围空间比较紧张, 所以要充分考虑到产品的易拆装和易维护性能, 从发动机缸体数模上可以看到结合面正对方向上均有其他产品遮挡, 此处要考虑滤清器与结合面正对方向空间上要成一定的角度, 使得维护保养时能顺利取出维护端盖和滤芯。考虑到维护保养时机油会维修人员及周边其他零部件早场污染, 在产品中需增加上泄油油道及

泄油阀,当机油冷却滤清器工作时,泄油阀与基座形成密封,泄油通道常闭,当机油滤芯进行更换时,维护端盖的拆卸使泄油通道打开,维护端盖和基座形成的腔体内的机油会回流到油底壳,可有效避免机油污染周边其他零部件及环境。

2 方案设计

2.1 油道系统

根据设计思路进行油道系统的设计,机油从发动机缸体顺油道到达基座后先通过进口止回阀进入冷却器油路,冷却器布置在机滤前端可以使机油温度处于一个最佳状态且在一定程度上保护滤芯及其他零部件,降温后的机油进入基座和滤清器壳体形成的腔体内,后续油路

有三个方向:1.正常工作状况下机油从滤层通过进入下游;2.低温冷启动或滤层堵塞后油液从滤层及旁通阀通过进入下游;3.根据设计思路中的易维护方面的考虑基座上增加回油阀及回油油道,使维护保养过程中拆卸机滤时机油可以从回油油道流回油底壳。

2.2 滤芯

2.2.1 滤纸选择

根据客户输入的效率要求在产品试验结果数据库中进行滤纸的选择,效率符合要求的滤纸见下表,由表中参数可得出A1滤纸加压泡工艺的单位容尘量最高,先假设选择A1加压泡进行设计计算,后续通过计算及试验再来校核所选滤纸是否满足要求。

表1 产品试验数据库效率筛选结果

滤纸牌号	滤纸工艺	滤纸面积 (m ²)	容尘量 (g)	单位容尘量 (g/m ²)	15μm效率 (%)
A1		0.1638	12.48	76.19	82
A1	压泡	0.1512	16.23	107.34	71.7

2.2.2 滤层参数的计算

通常所选滤纸的容尘量决定了产品的终了寿命,客户输入的有容尘量的要求 R_k 需 $\geq 8g$,一般根据经验设计容尘量为客户要求容尘量的基础上乘以1.25的安全系数,故设计容尘量 R_s 为:

$$R_s = 1.25 \times R_k = 10g \quad (1)$$

R_s : 设计容尘量 R_k : 项目要求容尘量

由所选滤纸单位容尘量可计算所需滤纸有效面积S为:

$$S \geq \frac{R_s}{R_a} \approx 0.094m^2 \quad (2)$$

R_a : 单位容尘量 (g/m²)

按照乘用车机滤常用维护端盖及骨架选择维护端盖螺线为S80,常用骨架外径 d_1 为 $\phi 32mm$ 。由维护端盖螺线减去牙高和维护端盖壁厚可确定维护端盖内径D约为70mm,为保证油液在滤清器壳体及滤芯间有较好的流通能力,滤层与维护端盖内部单侧间隙B优选3mm,因滤芯波纹高度由骨架外径及壳体内径共同决定,所以滤芯波纹高度h为:

$$h = \frac{D - 2B - d_1}{2} = 16mm \quad (3)$$

h: 滤芯波纹高度 D: 维护端盖内径

B: 滤芯与维护端盖内壁单边间隙 d_1 : 骨架外径

根据现有常用滤芯波纹高度选择 $h=15mm$,由现有参数求出波纹数及滤芯高度即可确定滤芯尺寸,滤芯波纹内接圆直径d(约等于骨架外径 d_1)一定时,滤芯波纹数n与波纹内圆牙间距t成反比关系,t越小滤芯所能设计的

牙数越多,滤纸面积越大,但是当t小于一定的值之后由于牙与牙之间的流道过小,会导致流阻急剧升高,通常t大于等于三倍纸厚,所选滤纸A1的纸厚 $\delta = (0.55 \sim 0.75)mm$,此处纸厚 δ 取中间值0.65mm, $t \geq 3\delta = 1.95$ 。根据经验公式: $nt = \pi d$ 得:

$$n_{max} = \frac{\pi d}{t} = 51.5 \quad (4)$$

n_{max} : 滤芯理论最大波纹数 d: 滤芯波纹内接圆直径

t: 滤芯波纹内圆牙间距

滤芯波纹数n圆整取50,由滤纸有效面积S计算公式 $S = 2n \times h \times L$ 得:

$$L_{min} = \frac{S}{2n \times h} = 62.7mm \quad (5)$$

L_{min} : 滤层最小有效幅宽 S: 滤纸有效面积

n: 滤芯波纹数 h: 滤芯波纹高度

由上述计算得到滤层最小有效幅宽 L_{min} 为62.7mm,通过在现有标准零件库中选型,选用现有高度为66的骨架滤纸有效面积S可以满足使用。

2.2.3 基座

①油道数模搭建

按照设计思路分析及油道系统的结构图在三维软件中搭建出油道数模,考虑到客户给定发动机缸体数模接口及考虑滤芯易维护原则搭建基座的油道数模,对搭建的油道进行流场仿真可以初步确定油道的合理性^[3]。

②流阻及流场仿真

将冷却器抽象为替代管路,在流量50L/min,在24cSt条件下流阻仿真,计算结果约45kPa,减去冷却器替代管路7kPa,即基座管路阻力约38kPa,此仿真结果小于对基

座分配的流阻数模满足要求。

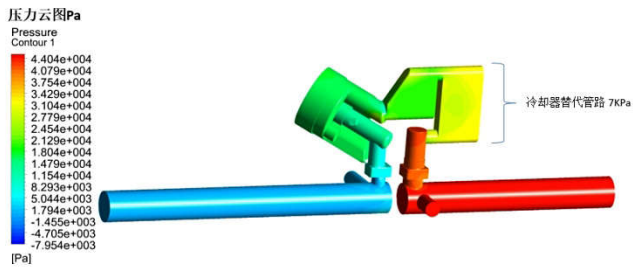


图2 油道压力云图

3 冷却器

3.1 冷却器设计

首先根据空间限制确定冷却器长宽高尺寸，然后根据所需热交换功率确定冷却器翅片与芯片数量，翅片和芯片尺寸及类型确定后就可以确定冷却器数模。

3.2 热交换功率要求及仿真

热交换功率要求：进油温度130℃，机油流量22L/min，进水温度103℃，水流量23.6L/min，出油温度 ≤ 120℃

热交换功率的仿真：

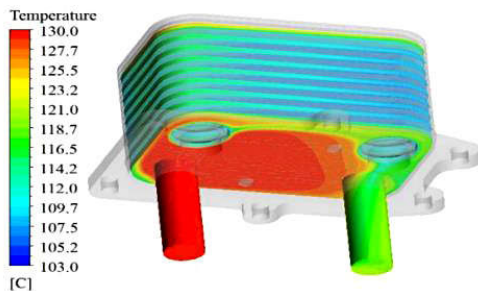


图3 油/水侧温度分布图

在此工况要求下进行热交换功率仿真得到出油温度为119.2℃，所设计冷却器数模满足热交换功率要求，进行手工样件制作并完成试验，得到出油温度为117.97℃，与并且满足此工况下出油温 < 120℃的要求。

3.3 压力脉冲试验要求

压力脉冲试验要求：介质温度125℃，压力（0~3.2）MPa，频率为2Hz，进行8万次后，不允许出现泄漏和零件损坏。

对手工样件进行脉冲试验，1#件71285次脉冲后顶层油道泄露，2#件65833次脉冲后顶层油道泄露，现有手工样件结构强度无法满足脉冲要求。

板翅式冷却器主要结构分为法兰板、底芯片、翅片、芯片、顶芯片、顶板构成，分析现有结构发现，冷却器芯片为插边结构，上层芯片插入到下层内会导致每层芯片都会有部分为单层结构，此结构为单层搭接，结构强度较弱，通过将芯片边缘改为斜片直边结构，此种结构除底芯片为单层结构外其他每层的芯片最薄弱处也为双层结构，而底芯片厚度上有局部加强，此种芯片边缘双层搭接可强化冷却器整体强度，优化后产品满足压力脉冲试验要求。

4 总成方案

在仿真结果及手工样件的性能试验基础上分析和优化锁定最终方案，并对其开模验证满足要求。

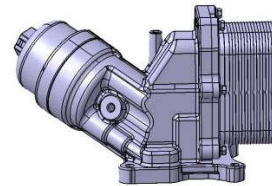


图4 最终状态产品

结论：新开发的机油冷却滤清器总成达到了预期的开发目标，本文对此项目开发的过程进行了梳理和总结，重点介绍了产品的设计思路及冷却器的结构，本文中的模块环保机滤为完全正向开发的产品，开发的过程中也遇到了很多问题，相关问题也是边学习边解决，最终满足目标预期的产品性能和要求。

参考文献

- [1]范正标,曹中基.机油冷却器和滤清器模块底座的油水路设计[J].柴油机设计与制造,2007,15(3):3.
- [2]陈培红,刘德才.新开发的135系列柴油机用机油滤清器与机油冷却器总成[J].内燃机,2008(5):4.
- [3]GB/T8243.5.内燃机全流式机油滤清器试验方法 第12部分 采用颗粒计数法测定滤清效率和容灰量[S].2006