



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105121825 B

(45)授权公告日 2018.10.26

(21)申请号 201480021730.8
 (22)申请日 2014.04.16
 (65)同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 105121825 A
 (43)申请公布日 2015.12.02
 (30)优先权数据
 61/812,367 2013.04.16 US
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日
 2015.10.16
 (86)PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2014/034363 2014.04.16
 (87)PCT国际申请的公布数据
 W02014/172457 EN 2014.10.23
 (73)专利权人 德尔福技术有限公司
 地址 美国密歇根州
 (72)发明人 M·C·塞尔诺
 (74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
 代理人 浦易文

(51)Int.Cl.
 F02F 3/28(2006.01)
 F02F 3/12(2006.01)
 F02F 3/16(2006.01)
 (56)对比文件
 WO 2012058280 A2,2012.05.03,
 CN 102498279 A,2012.06.13,
 US 2012222639 A1,2012.09.06,
 US 2005235950 A1,2005.10.27,
 US 2008275621 A1,2008.11.06,
 CN 1226630 A,1999.08.25,
 CN 1233313 A,1999.10.27,
 MARK SELLAU等.Gasoline Direct
 Injection Compression Ignition(GDCI)-
 Diesel-like Efficiency with Low CO2
 Emissions.《SAE International》.2011,第4卷
 (第1期),

审查员 郑伟

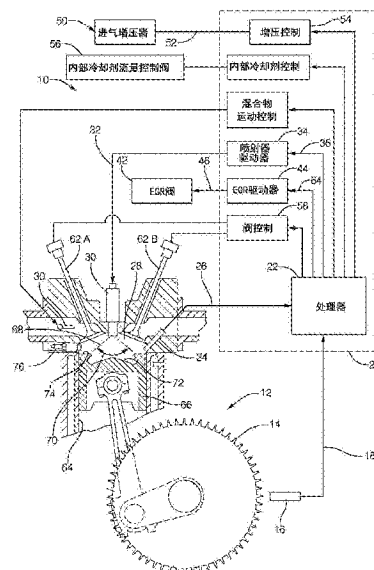
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

用于汽油直喷压燃(GDCI)的活塞和碗状物

(57)摘要

一种用在GDCI发动机(12)内的活塞(166)与限定在发动机(12)内的气缸壁(64)和汽缸盖协作以限定燃烧室(28)。活塞(166)的面向汽缸盖的表面限定碗状物(176),该碗状物构造接收从大致沿气缸的中心轴线(A)位于汽缸盖内的燃料喷射器(30)分配的燃料(68)。碗状物(176)构造使得在紧接着燃烧事件开始之前的时刻与燃烧事件相关的基本上所有的喷射燃料(68)达到大于0.0且小于或等于1.2的局部当量比。



CN 105121825 B

1. 一种用在GDCI发动机(12)内的活塞(166),所述活塞(166)与限定在所述发动机(12)内缸体的壁(64)以及汽缸盖协作以限定燃烧室(28),所述活塞(166)的面向所述汽缸盖的表面限定碗状物(176),所述碗状物(176)构造成接收从大致沿所述缸体的中心轴线(A)位于所述汽缸盖内的燃料喷射器(30)分配的燃料,其中所述碗状物(176)构造成使得在紧接着燃烧事件开始前的时刻,与燃烧事件相关的基本上所有喷射燃料(68)达到大于0.0且小于或等于1.2的局部当量比,所述碗状物(176)构造成使得在紧接着燃烧事件开始之前的时刻实现局部当量比的分层,所喷射的燃料(68)的第一部分为小于0.3的局部当量比,所喷射的燃料(68)的第二部分为大于0.3且小于0.7的局部当量比,而所喷射燃料(68)的第三部分为大于0.7的局部当量比。

2. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,所述碗状物(176)构造成使得所述喷射的燃料(68)在撞击在所述活塞(166)的表面上之前完全蒸发。

3. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,具有小于或等于气缸孔面积的8%的挤压面积。

4. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,所述活塞(166)的面向所述汽缸盖的表面的表面面积与气缸孔面积的比值大于或等于1.05且小于或等于1.25。

5. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,没有限定在所述活塞(166)中的冷却通道。

6. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,所述活塞的冠状物中心处所述活塞的冠状物的壁厚(t_{cl})大于所述活塞的冠状物的最小壁厚(t_{min}),其中所述活塞的冠状物的最小壁厚(t_{min})在远离所述活塞的冠状物中心的位置处。

7. 如权利要求6所述的活塞(166),其特征在于,所述活塞的冠状物中心处所述活塞的冠状物的所述壁厚(t_{cl})为所述活塞冠状物的最小壁厚(t_{min})的至少1.5倍。

8. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,所述碗状物(176)关于所述缸体的中心轴线(A)轴线对称。

9. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,中心定位的突起(184)从所述碗状物(176)的底部沿朝向所述汽缸盖的方向延伸。

10. 根据权利要求1所述的活塞(166),其特征在于,所述活塞装备有活塞环,所述活塞环构造成使得渗漏面积小于 0.05mm^2 。

用于汽油直喷压燃(GDCI)的活塞和碗状物

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年4月16日提交的美国临时申请第61/812,367号的优先权,在此以参见的方式引入该专利申请的全文内容。

[0003] 关于联邦赞助研发的声明

[0004] 本发明是在由能源部授予的合同DE-EE0003258下的政府支持下作出的。政府在本发明中具有特定权利。

背景技术

[0005] 2013年8月22日公开的美国专利申请公开第2013/0213349A1号中描述了一种用于运行内燃机的系统,其全文内容以参见的方式纳入本文。称为汽油直喷压燃(GDCI)的该发动机运行系统已经证实具有非常高的热效率和非常低的NO_x和颗粒物(PM)排放。在理想GDCI过程中,燃料在发动机压缩冲程晚期喷入,形成具有变化自燃倾向的、令人满意的混合物。理想地,燃烧持续时间足够长以保持燃烧噪声低但足够快以对所有燃烧的燃料实现高膨胀比。各发动机部件的设计可影响实际发动机性能能接近理想特性的程度。

发明内容

[0006] 一种用在GDCI发动机内的活塞与限定在发动机内的气缸壁和汽缸盖协作以限定燃烧室。活塞的面向汽缸盖的表面限定碗状物,该碗状物构造成接收从大致沿气缸的中心轴线位于汽缸盖内的燃料喷射器分配的燃料。碗状物构造成使得在紧接着燃烧事件开始之前的时刻与燃烧事件相关的基本上所有的喷射燃料达到大于0.0且小于或等于1.2的局部当量比。碗状物构造成使得在紧接着燃烧事件开始之前的时刻实现局部当量比的分层,所喷射的燃料的第一部分为小于0.3的局部当量比,所喷射的燃料的第二部分为大于0.3且小于0.7的局部当量比,而所喷射燃料的第三部分为大于0.7的局部当量比。

[0007] 根据本发明,活塞的面向汽缸盖的表面的表面面积与气缸孔的面积比值大于或等于1.05且小于或等于1.25。冷却通道没有被限定在活塞中。活塞的冠状物中心处活塞的冠状物的壁厚(t_{cl})为活塞冠状物的最小壁厚(t_{min})的至少1.5倍。活塞装备有活塞环,活塞环构造成使得渗漏面积小于 0.05mm^2 。

附图说明

[0008] 图1是根据GDCI发动机一实施例的发动机控制系统的框图;

[0009] 图2是用于GDCI发动机的较佳Phi-T图表;

[0010] 图3示出包含本发明各方面的活塞的一实施例的第一剖视图;

[0011] 图4示出包含本发明各方面的活塞的一实施例的第二剖视图。

具体实施方式

[0012] 通过引入,图1示出了共同拥有的2013年8月22日公开的美国专利申请公开第

2013/0213349A1号中先前描述的用于控制内燃机12的GDCI发动机控制系统10的框图。发动机12示出为具有包含活塞66的单个气缸孔,其中活塞66上方的区域限定燃烧室28;但应理解,系统10可适合具有多个缸体和燃烧室的发动机。发动机控制系统10可通过分别控制多个燃烧室中的每个来控制具有多个燃烧室的发动机,或者可基于来自传感器的、代表每个燃烧室内典型或平均条件的信号来控制发动机。系统10可包括带齿曲柄轮14和靠近曲柄轮14定位的曲柄传感器16,使得曲柄传感器16能够感测曲柄轮齿的转动运动并输出指示曲柄角度和曲柄速度的曲柄信号18。

[0013] 发动机控制系统10还可包括控制器20,诸如发动机控制模块(ECM),其构造成基于曲柄信号18确定曲柄角度和曲柄速度。控制器20可包括处理器22或对本领域技术人员显而易见的其它控制回路。控制器20或处理器22可包括存储器,存储器包括非易失性存储器,诸如电可擦除可编程只读存储器(EEPROM),以存储一个或多个例程、阈值或获取的数据。一个或多个例程可由处理器22执行以实施用于确定现有发动机控制参数和安排未来发动机控制信号的步骤,使得未来发动机控制参数对应于所需发动机控制参数。图1示出处理器22和作为控制器20的一部分的其它功能框。但是,应理解,不需要处理器22和其它功能框组装到单个壳体内,且它们可围绕发动机12分布。

[0014] 继续参照图1,发动机控制系统10可包括燃烧相位探测装置24,该燃烧相位探测装置24构造成输出指示燃烧室28内发生的燃烧事件的燃烧相位特性的燃烧相位信号26。监测燃烧事件进程的一种方式确定燃烧事件的热释放速率或累积热量释放,如下文关于图4所讨论的。但是,由于测量的次数和复杂性,确定热释放可能不适合在现场使用期间控制发动机,如当发动机在像公路的不受控环境中行进的车辆中运行时。适于现场使用的燃烧相位探测装置可提供燃烧相位特性的指示,该指示可与诸如热释放的实验室类型测量相关。示例性的燃烧相位探测装置24包括但不限于构造成感测燃烧室28内燃烧产物的电离水平的电离传感器,或者构造成感测燃烧室28内压力的压力传感器。可用于指示燃烧过程的某些方面的另一装置是燃烧爆震传感器。燃烧相位探测装置24可以是示例传感器中的任一个或布置成提供燃烧相位特性指示的两个或多个传感器的组合。燃烧相位探测装置24可包含到另一部件(device)中,诸如可将电离传感器或压力传感器包含到火花塞或电热塞内。

[0015] 发动机控制系统10包括一个或多个发动机控制装置,该一个或多个发动机控制装置可操作以响应于发动机控制信号而控制发动机控制参数,其中发动机控制参数影响何时发生自动点火。发动机控制装置的一实例是燃料喷射器30,燃料喷射器30适于响应于由处理器22输出的喷射信号36根据由喷射驱动器34输出的喷射控制信号32来分配燃料68。燃料喷射曲线可包括多个喷射事件。燃料喷射曲线的各可控方面可包括燃料喷射器30多快或多慢地打开和/或关闭、在燃料喷射器30打开时由燃料喷射器30分配的燃料68的燃料速率、或者分配以实现燃烧事件的燃料喷射的次数。改变燃料喷射曲线的这些方面中的一个或多个可有效地控制自动点火。

[0016] 示例发动机控制系统10包括废气再循环(EGR)阀42。尽管未明确示出,熟悉发动机控制领域的技术人员会理解EGR阀调节与供给到发动机以稀释接收到燃烧室28内空气混合物中氧气和/或氮气的百分比的新鲜空气混合的发动机废气的速率或量。控制器20可包括EGR驱动器44,EGR驱动器44输出EGR控制信号46以控制EGR阀42的位置。EGR驱动器可例如脉冲宽度调节电压以产生有效控制EGR阀的控制信号46来调节由发动机12接收的废气的流

速。

[0017] 再参照图1,发动机控制系统10可包括其它发动机控制装置。例如,发动机控制系统10可包括进气增压装置50,诸如涡轮增压器或增压器。进气增压装置50接收来自增压控制框54的增压控制信号52,增压控制框54可通过控制废气门或旁通阀的位置或控制可变几何形状涡轮增压器内的叶片位置来控制增压压力。发动机控制系统10还可包括内部冷却器流动控制阀56,该内部冷却器流动控制阀56在环境空气温度低时调节通过内部冷却器以加热发动机进气的发动机冷却剂的流量,由此控制由发动机12接收的的空气的温度。发动机控制系统10还可包括阀控制框58,该阀控制框58可直接控制发动机进气阀62A和排气阀62B的致动,或可控制致动进气阀62A和/或排气阀62B的凸轮(未示出)的相位。

[0018] 为了在实现可接受燃料消耗、噪声和排放结果的同时在基本上整个发动机负载-速度范围上实现空气-燃料混合物的自动点火,业已发现有利的是利用后期喷射、分层混合物、低温燃烧过程。燃料喷射的方法对于该过程的成功来说是非常重要的。燃料68使用多个不同的喷射事件在压缩冲程后期在100至500 巴范围内的压力下由燃料喷射器30喷射,从而在燃烧室28内产生一定状态的受控空气燃料混合物分层。燃烧室28内的分层状态控制自动点火发生的时间和其进行的速率。根据发动机速度和负载,可使用单次喷射、双次喷射、三次喷射、四次喷射或五次喷射策略。每次喷射的量和时序很重要且必须进行优化以得到最佳结果。燃料在压缩冲程后期并通常在上死点中心之前100度曲柄角至上死点中心之后10度曲柄角范围内喷射。如果燃料过早喷射,则可能发生气缸壁64和/或活塞66的润湿,并可产生高排放。

[0019] 再参照图1,燃烧室28部分地由活塞66的顶表面74限定。喷射器构造成在喷射角度70上喷射燃料68。发动机12还可配备有诸如火花塞76的周界定位的点火源以辅助初始发动机起动。

[0020] 图2是用于GDCI发动机的较佳Phi-TPA图表。在图2中,x-轴以开尔文温度表示的空气/燃料填料的温度,而y-轴表示空气/燃料填料中燃料的局部当量比。表示为Phi的当量比定义为局部燃料/空气比除以化学计量的燃料/空气比。因而,空气和燃料的化学计量混合物会具有1.0的当量比,Phi值大于1.0 为富混合物且Phi值小于1.0为贫混合物。

[0021] 继续参照图2,标示第一区域102。区域102指示促使产生颗粒物(烟灰) 的燃烧条件,随着燃烧条件朝向区域102内部移动烟灰产量增加。图2还标出第二区域104,该第二区域104指示促使产生NO_x的燃烧条件,随着燃烧条件朝向区域104内部移动,NO_x产量增加。

[0022] 仍参照图2,标出第三区域106。第三区域106由线Phi=0、Phi=1.2、T=1300 °K、和T=2200 °K大致界定的矩形表示。区域106表示燃烧条件的理想范围以避免对应于烟灰产生的第一区域102和对应于NO_x生产的第二区域104,以及避免Phi>1.2时会发生的不希望的一氧化碳(CO)水平。

[0023] 继续参照图2,线108示出燃烧启动之后紧接着喷入燃烧室内燃料的理想的Phi-T分布。如分层线108所示,大致在活塞处于上死点中心(TDC)时燃烧开始时,理想的是使空气/燃料混合物分层,使燃烧室内所有的空气/燃料区不比约1.2的Phi值更富。分层线108由于填料冷却效应而倾斜,使最富区比最贫区冷却更多。

[0024] 图2还包括线110,该线110表示燃烧开始附近空气/燃料填料内各区的理想的Phi-T分布。当燃烧发生时,每个区的温度增加,每个区的表征在Phi-T 图表上向右移动。

[0025] 图2中的线112表示燃烧结束附近空气/燃料填料内各区的理想的 Φ -T 分布。该时间点每个区的温度增加取决于当量比 Φ ，最大的温度增加对应于化学计量($\Phi=1$)附近的各区。通过使大部分燃烧发生在106指示的区域内，可使CO、NO_x和烟灰的排放最少。

[0026] 从图2的前述描述，会理解到，为了实现所需燃烧特性，需要控制燃烧室内空气/燃料填料的温度和 Φ 分布。为了实现 Φ 和温度的理想分布以及实现GDCI发动机10的其它效率，已经标出几个关键属性。这些属性包括保持所需燃料分层、保持所需空气/燃料填料温度、使来自燃烧室的热传递最少、以及保持燃烧室的所需表面温度曲线。尽管多重因素对这些属性有贡献，但几个有贡献的因素与活塞62的特性相关。

[0027] 关于保持所需燃料分布，如上文讨论的，理想的是使在燃烧开始之前立即使空气/燃料填料分层，各空气/燃料区的当量比值范围从 $0 \leq \Phi \leq 1.2$ 。为了保持分层，必需使诸如挤压和涡流的流动混合效应最小，流动混合效应会趋于在单个 Φ 值下使空气/燃料混合物均匀。设计成允许喷射燃料在达到活塞头表面之前完全蒸发的、限定碗形的活塞头也是理想的，从而避免与液体燃料相关的富(高 Φ)区域。

[0028] 关于保持所需空气/燃料填料温度，在GDCI发动机中，空气燃料/填料主要通过发动机的压缩冲程期间气缸内的空气压缩来加热。为了充分加热空气/燃料填料，理想的是实现高气缸压力，尤其是在发动机的冷启动和重启条件下。这必需足以承受高气缸压力的高强度活塞材料，以及低渗漏以保持足够高的气缸压力。

[0029] 此外，理想的是在GDCI发动机中限制来自燃烧室的热传递。有助于使热传递最小的活塞特性包括低表面面积、活塞材料和使燃烧室内的混合物运动效果(例如挤压、涡流和翻滚)最少的设计。

[0030] 重要的是对于限定燃烧室的表面保持理想表面温度曲线。这是为了避免可导致已经实现所需燃烧条件之前的燃料过早燃烧的热点。因为活塞的顶表面限定燃烧室的一部分，所以活塞表面特征、材料、活塞壁的厚度以及活塞冷却都影响燃烧室的表面温度曲线。

[0031] 出于上述考虑，业已开发出用于GDCI燃烧过程的活塞设计。图3和4示出活塞设计的一实施例的视图，图3示出沿活塞销孔168的轴线方向看的活塞 166的局部剖视图，而图4示出沿垂直于图3的视图方向看的活塞166的剖视图。面向汽缸盖(未示出)的活塞表面174限定从活塞缘170向下延伸的碗状物176，该碗状物是轴线对称的，即是说关于中心轴线“A”旋转对称。在图3 和4所示的实施例中，碗状物176的形状通过绕中心轴线“A”旋转曲线，使得沿垂直于轴线“A”的平面截取的轮廓线呈现同心圆来限定。

[0032] 与图3和4所示GDCI活塞实施例相关的几何特征以及用在GDCI开发的柴油活塞的特性在以下表1中以表格形式呈现：

[0033] 表1

[0034]

类型	特征（各图中的名称）	单位	GDCI	柴油	%减少
材料			钢	铝	
表面面积	活塞表面面积	cm ²	60.67	80.53	24.7
		孔面积的%	109.5	145.3	
	挤压面积	孔面积的%	8	67	88.1
管状部	最小冠状部壁厚 (t _{min})	mm	3	10	70.0
		气缸孔的%	3.6	11.9	70.0
	中心线处的冠状部壁厚 (t _{CL})	mm	5.1		
	比值 t _{CL} /t _{min}		1.7		
碗状物形状	最小碗状物深度的直径D _{wd}	mm	56.7		
		气缸孔的%	67.5		
	突点高度 (h _p)	缘上方的mm	4		
		燃烧室顶下方mm	1.6		
顶部区	顶部区高度 (h _{TL})	mm	3.07	9.2	66.6
	顶部区径向间隙	mm	0.36	0.475	24.2
	顶部区径向间隙	气缸孔的%	0.43	0.57	24.2
	顶部区容积	mm ³	291	1150	74.7
渗漏	环端间隙	mm	0.2 - 0.25	0.25 - 0.33	20
	第二区间隙	mm	0.095	0.44	78.4
	渗漏面积	mm ²	0.019	0.11	82.7

[0035] 应理解,与活塞相关的几个尺寸本身根据气缸孔直径缩放,气缸孔直径在本例中为84mm。在适当的情况下,表1包括作为无量纲比或百分比的活塞特性,适当地,特性值除以气缸孔直径或气缸孔面积。本文使用的术语“气缸孔直径”是指活塞在其中移动的孔的直径。在利用气缸套的发动机的情况下,气缸孔直径会是气缸套的内径。气缸孔面积定义为 $\pi D^2/4$,其中D是所描述的气缸孔直径。

[0036] 参照表1和图3和4,在示例实施例中,活塞冠状物表面174具有气缸孔面积1.095倍的表面面积(具有相同直径的平面圆的面积)。如上文解释的,使活塞表面面积最小对于使来自燃烧室的热传递最少来说是理想的。

[0037] 在示例实施例中,活塞166的表面174具有小挤压面积。本文使用的挤压描述了当活塞接近上死点中心且活塞冠状物靠近汽缸盖时在燃烧室内形成突然湍流的效应。随着活塞的挤压面积与汽缸盖之间的间隙减小,间隙内的气体被“挤压”到燃烧室内,形成促进腔室内空气和燃料混合的湍流。尽管这种混合在使用常规燃烧模式的发动机中是有益的,但在GDCI发动机中是不理想的,因为其会干扰上述所需分层。静态腔室是较佳的。GDCI活塞设计通过允许喷射的燃料保持在分层“云”内而不是均匀混合物而允许保持所需的Phi范围。

[0038] 参照图3和4,挤压面积是碗状物176的外边缘178与活塞166的外边缘180之间的环形平坦部分的面积。在示例实施例中,活塞166的表面175具有气缸孔面积的8%的挤压面积。保持挤压面积较小可促进保持燃烧开始所需的空气/燃料填料的所需分层。

[0039] 在表1和图3和4描述的非限制示例实施例中,活塞冠状物具有标示为 t_{\min} 的最小壁厚和中线即对称轴线“A”处标示为 t_{CL} 的壁厚。已经确定,理想的是保持 t_{\min} 较小以保持活塞166的热质量较低。通过保持活塞166的低热质量,使用撞击在活塞166的底表面182上的一种或多种可控油冷却射流可实现活塞166的顶表面174的温度的控制。此外,已经确定,用跨越冠状物的大致均匀的壁厚,在活塞冠状物的中心处可发生热点,热点可能促进空气/燃料填料的过早燃烧。为了克服该问题,已经确定有利地是使 t_{CL} 、中心线“A”处的壁厚高于最小壁厚 t_{\min} 。在表1和图3和4呈现的示例实施例中,比值 t_{CL}/t_{\min} 的值为1.7。

[0040] 继续参照图3和4,碗状物具有缘170下方的最大深度 d_{\max} 。对应于最大深度 d_{\max} 的直径指示为 D_{md} 。图3和4还示出突起184,本文也称为“突点”,从碗状物176的中心升高到缘170上方的高度 h_p 。在示例实施例中,对应于最大碗状物深度的直径 D_{md} 是孔直径的67.5%,而突点高度 h_p 为缘170上方4mm。应理解,限定在活塞166内的碗状物176构造成与具有给定喷射角的燃料喷射器协作,给定喷射角定义为多孔注射器的从羽状物中心到羽状物中心的内含角。可对与碗状物形状相关的特性作出更改,诸如最大碗状物深度 d_{\max} 、对应于最大碗状物深度的直径 D_{md} 、以及突点高度 h_p ,以适应不同的喷射器喷射型式、喷射压力、喷射时序等。

[0041] 业已发现显著的另一活塞特性是顶部区容积。本文使用的术语顶部区是指垂直方向从顶部活塞环的顶表面186到活塞166的缘170、活塞的外径与气缸壁之间的环形区域。顶部区域容积取决于顶部区域高度 h_{TL} 以及活塞166的周长和顶部区域内活塞166与气缸壁之间的径向间隙。因为GDCI相比柴油是一个低温的燃烧过程,所以活塞的热膨胀较少,且因此活塞166与气缸壁之间的径向间隙可做得更紧。业已确定,难以实现顶部区域内可能存在的任何燃料的燃烧,且用于GDCI的燃料喷射策略试图避免将燃料喷射到顶部区域容积内。此外,捕集在顶部区域内的空气被冷却且在燃烧过程后期释放。不仅顶部区域内的空气被浪费(表示泵送损失),而且其冷却周围的空气/燃料混合物,使得难以进行燃料的完全燃烧。如表1所示,对于示例实施例,顶部区域高度 h_{TL} 限于约3mm,从而有利地使顶部区域容积最小。

[0042] 因为GDCI是低温燃烧过程,所以活塞的热膨胀减小。此外,表1中描述的示例活塞由钢制成,具有比铝活塞低的热膨胀。这些因素允许气缸孔与活塞和活塞环之间减小的径向间隙以及减小的环端间隙。如上文提到的,为了在发动机启动期间使高压压缩压力能够促进自动点火,低渗漏是理想的。对于表1中描述的示例活塞,定义为环端间隙和第二区域间隙的乘积的渗漏面积为 0.019mm^2 。

[0043] 虽然已经在本发明的优选实施例方面描述了本发明,其不旨在是限制性的,而是仅由下面的权利要求书所阐述的范围确定。

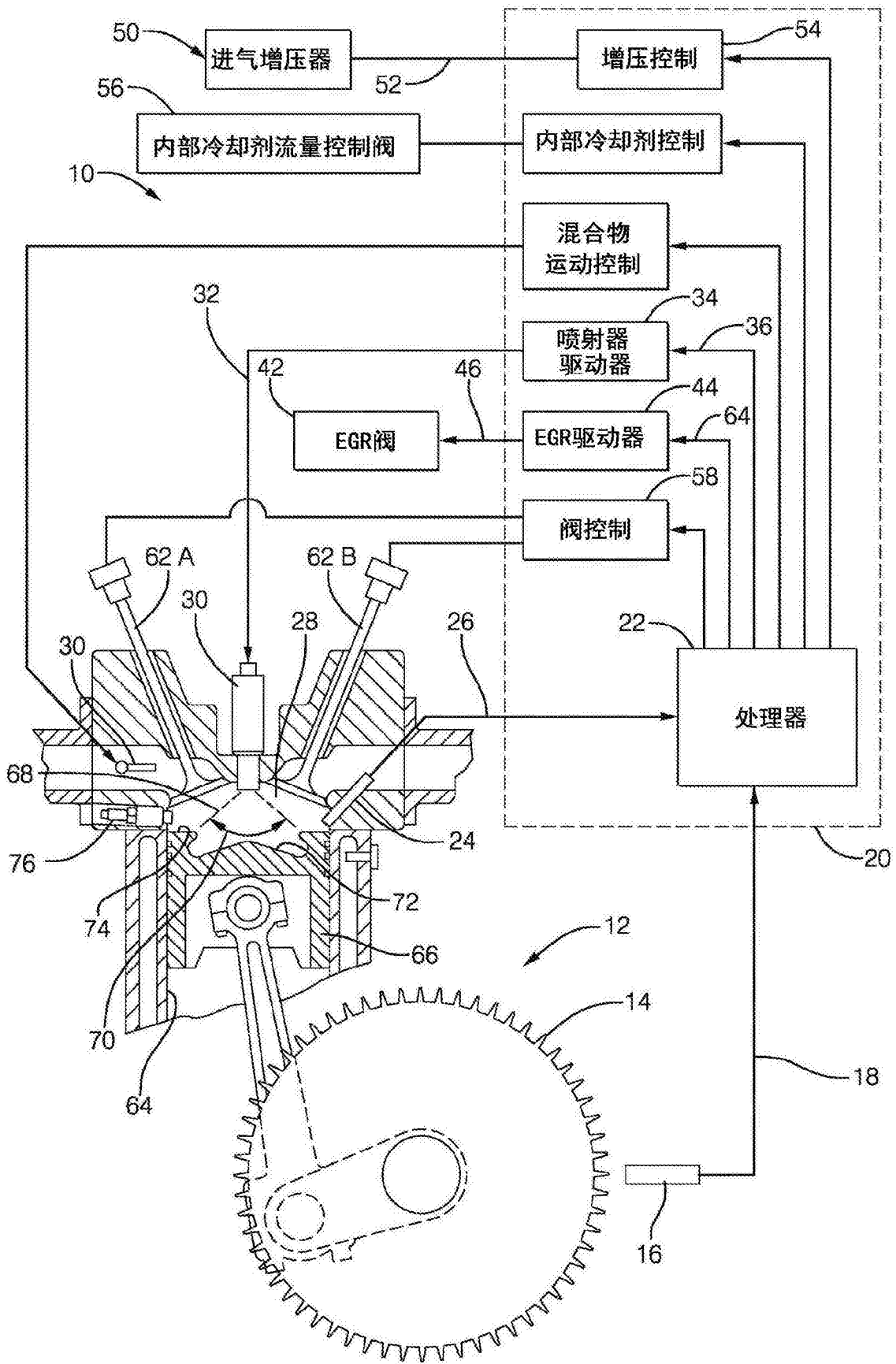


图1

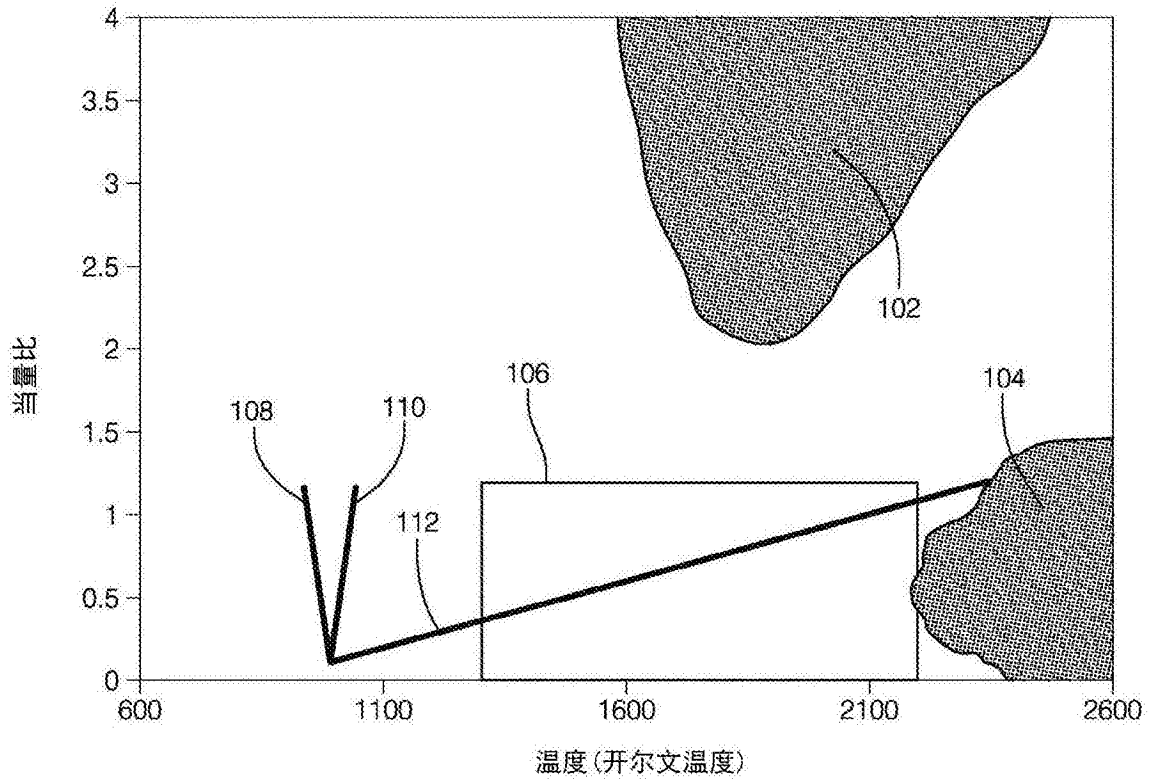


图2

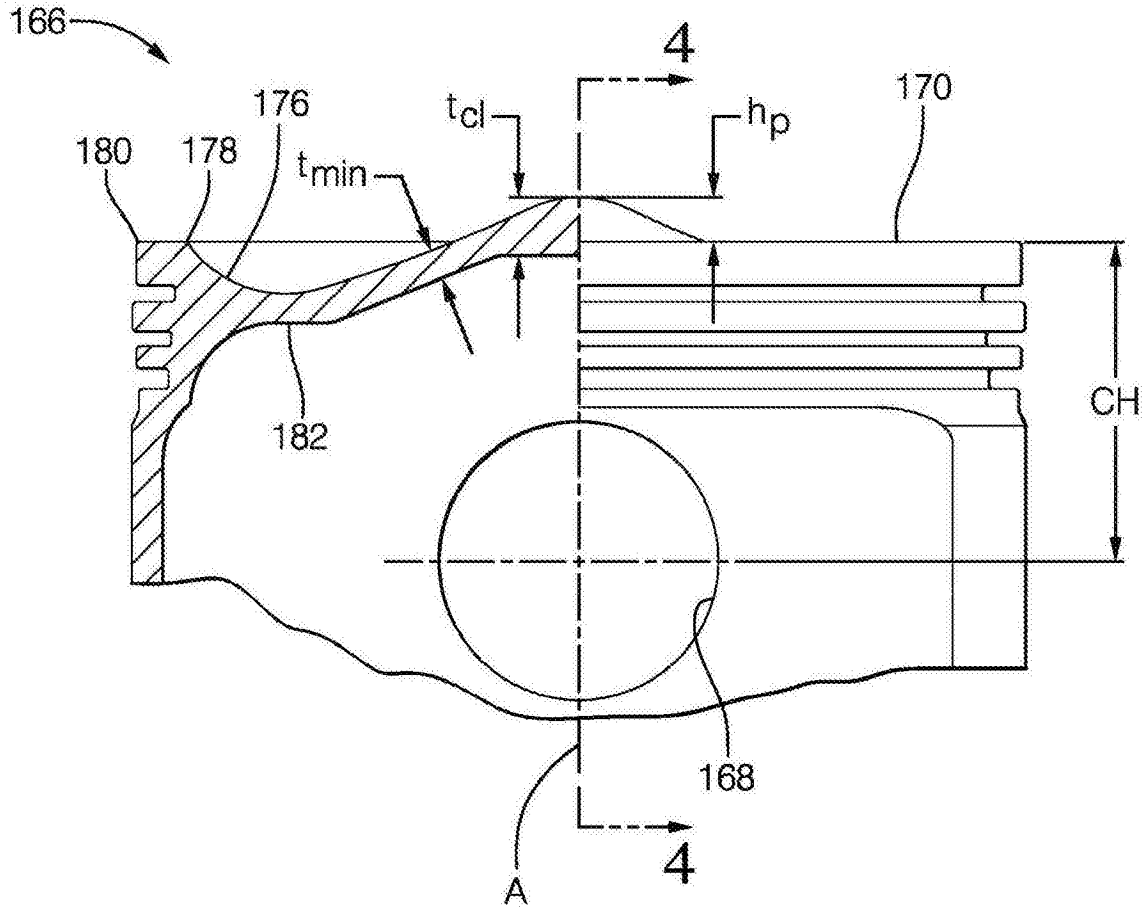


图3

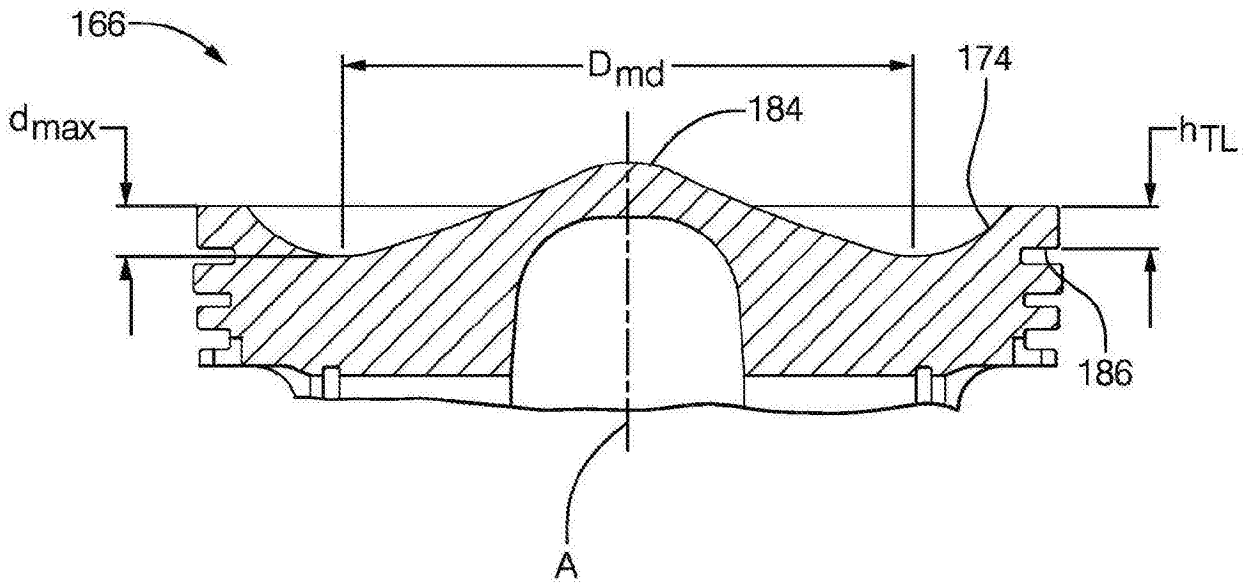


图4