

★评分:

EA888 发动机

发动机构造拆装实习报告

小组成员	:	孙观福（2020010467，车 03 班）
报告总编	:	孙观福（2020010467，车 03 班）
指导教师	:	黄 锦 川
实习时间	:	7 月 25 日至 8 月 7 日

实 习 时 间：2022 年 7 月 25 日至 2022 年 8 月 7 日

实 习 地 点：线上

小 组 成 员：



孙观福-2020010467

1 基本参数（完成人：孙观福）

表 1 EA888 发动机基本参数

项目名称	内容
型号	EA888 1.8TSI
排量/mL	1798
功率/kW	118
最高功率转速/rpm	5000~6200
扭矩/N·m	250
最高扭矩转速/rpm	1500~4500
缸径/mm	82.5
行程/mm	84.1
压缩比	9.6:1
气门数	4
增压	涡轮增压
燃油喷射	缸内直喷
点火顺序	1-3-4-2
缸体材料	铸铁
缸盖材料	铝合金
气缸排列方式	直列四缸
配气机构	顶置双凸轮轴

*必要时配图说明，允许使用网络图片

2 构造分解分析



2.1 机体

机体主要由气缸罩、气缸盖、气缸垫、缸体、油底壳组成。

2.1.1 气缸罩

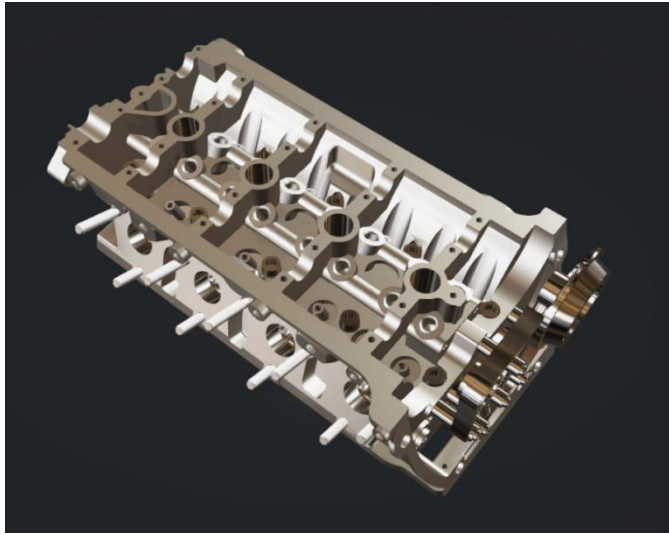
主要作用是遮盖并密封气缸盖，将机油保持在内部，同时将污垢和湿气等污染物隔绝在外。



2.1.2 气缸盖

缸盖的作用是封闭气缸，组成燃烧室的一部分，作为气门机构的载体。缸盖工作在高温高压

环境下，对其密封与散热性能要求均较高。一般来说缸盖是整体式的一个，但是当大缸径机一盖难以压紧是通常会采用分块式。



2.1.3 气缸垫

气缸垫安装在气缸盖与气缸体之间，主要作用是补偿缸体与缸盖之间的缝隙，使得气缸的接合面有着良好的密封性，并且具有防止气缸漏气和水套漏水的作用。EA888 发动机的气缸垫采用全金属衬垫，采用橡胶环密封冷却液孔。

2.1.4 气缸体

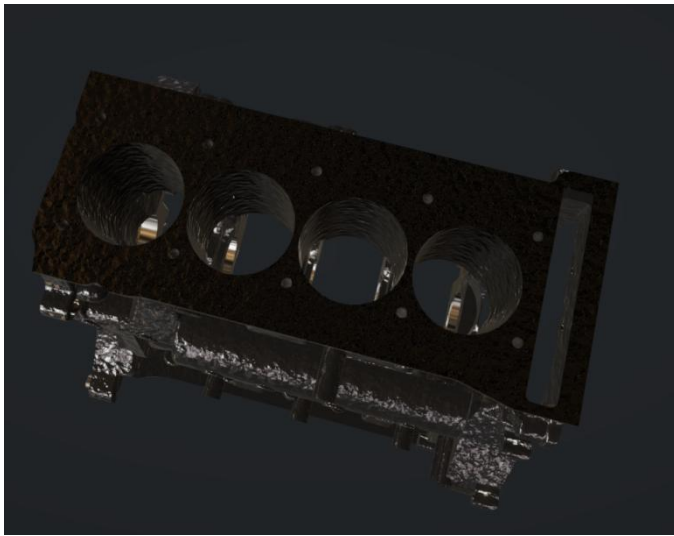
缸体部分包含气缸、曲轴箱、曲轴轴承座等部件，是发动机的骨架部分，是安装各机构的基础。缸体的材料一般根据采用灰铸铁、铝镁合金、蠕墨铸铁、高密球墨铸铁。

缸体中的气缸部分主要作用是组成燃烧室的一部分，引导活塞往复运动；工作中承受高温高压气体的作用，并与高速运动的活塞相对滑动。所以要求在工作中要保持密封、散热性好，能够承受较大的侧向压力。气缸旁的水套就是为了给气缸冷却而存在的，缸套一般分为干式缸套与湿式缸套，湿式缸套的气缸套外壁和冷却液直接接触，传热好，温度分布均匀，但是容易漏水，而干式缸套机体刚度比较大，加工工艺简单，但是温度分布不均匀，容易发生局部变形。同时气缸侧壁一定要做好润滑防止摩擦过热。

曲轴箱部分的作用就是容纳曲轴，将曲轴包裹起来，一般分为龙门式、隧道式。龙门式的曲轴箱机体的纵向抗弯刚度和绕曲轴轴线的扭转刚度得到显著提高，能承受较大机械负荷，但是加工比较复杂，一般用于大排量汽油机和一般柴油机；隧道式的曲轴箱的汽缸体曲轴的主轴承孔为整体式的，采用滚动轴承，主轴承孔比较大，曲轴从汽缸体后部装入，隧道式的曲轴箱结构紧凑、刚度和强度好，但是对加工精度要求高，工艺性较差，曲轴拆装不方便。

由图片可以看出，本次虚拟拆装的发动机的曲轴箱是隧道式的。

主轴承座是支承曲轴的部件，与曲轴相对转动。与主轴承座配套使用的主轴承盖分为单体式与整体式两种。下图为整体式的，即将主轴承盖都安装在一个盖子上组成整体式主轴承盖。

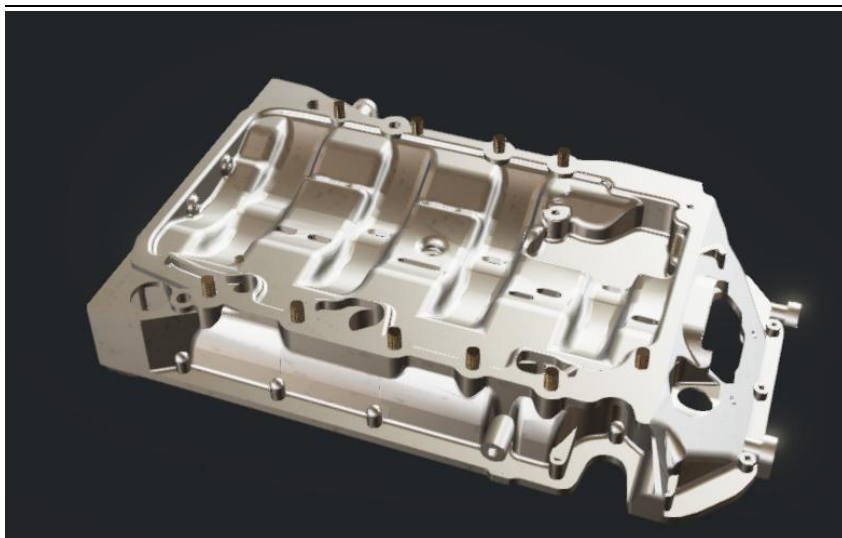


曲轴箱



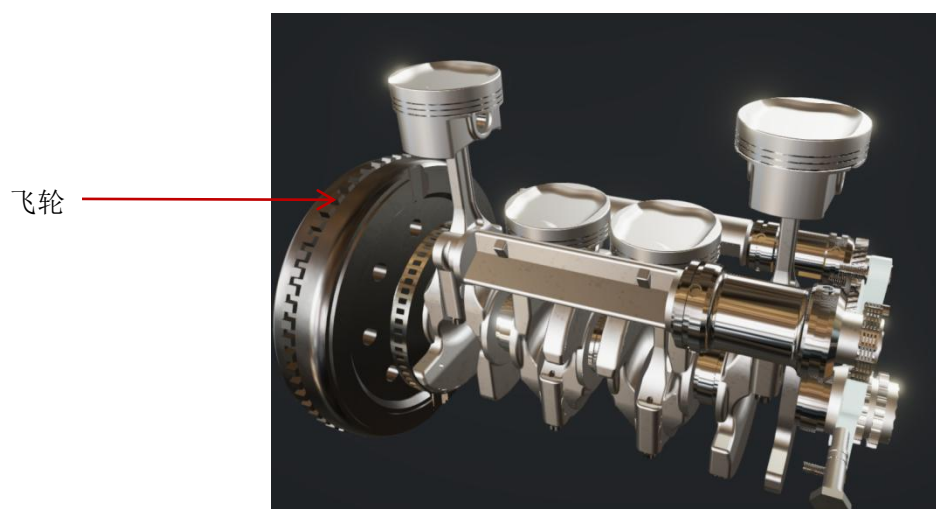
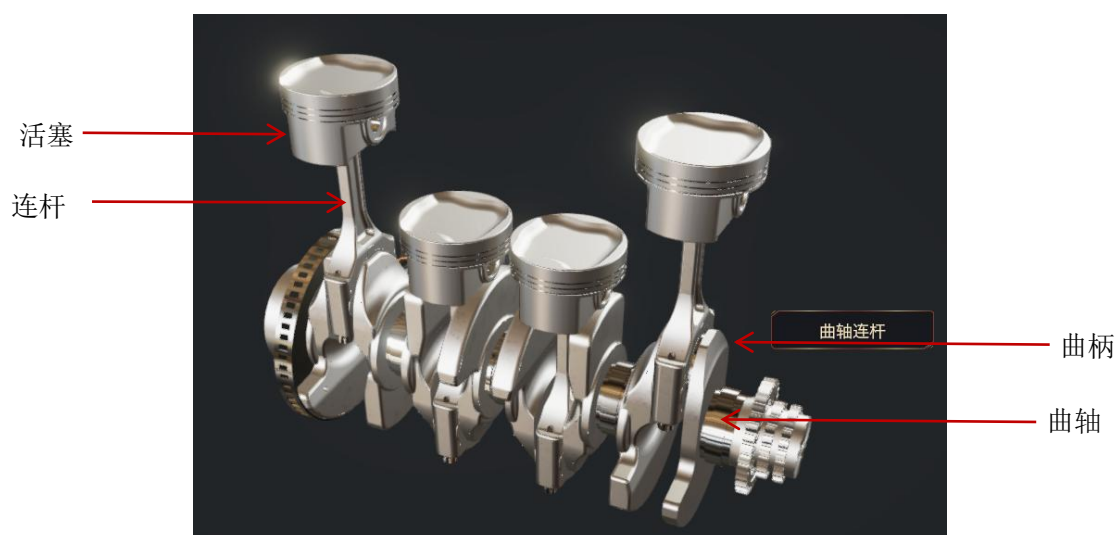
2.1.5 油底壳

油底壳组成了曲轴箱的下半部分，封闭曲轴箱同时作为储油设备，防止杂质进入，同时收集并储存回流的润滑油并散热，防止润滑油氧化。



2.2 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构主要组成为曲柄连杆、曲轴、飞轮、平衡轴和链条。



平衡轴和链条：



活塞连杆组：



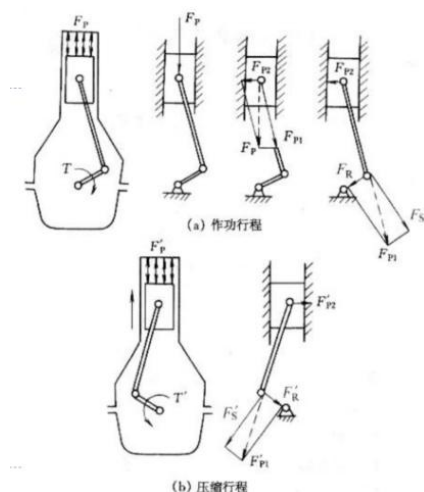
2.2.1 活塞（及燃烧室）

活塞顶部组成燃烧室，承受气体压力，是发动机传力部件链中的第一个部件，是发动机中承受最高热负荷和机械负荷的部件之一。

EA888 发动机的活塞顶部如图所示，其顶部的形状并不是规则的，含有许多的凹陷等结构。这样的设计与气缸盖相适应，可以避让气门机构等，同时也可以配合燃烧室内气流运动的规律，使得油气在燃烧室内更充分地混合。

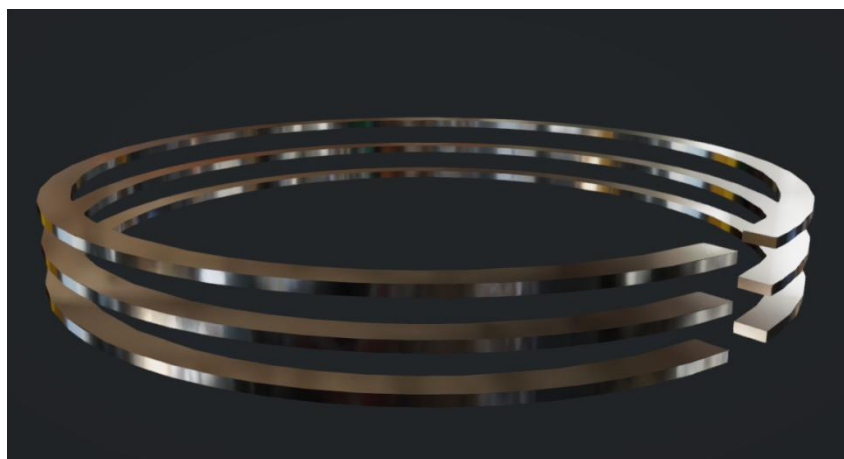


活塞在运动过程中主要受向下的气体推力以及侧向压力且做功行程与压缩行程中所受侧向力方向相反，受力示意图如下图所示：



活塞头部安装有三道活塞环（上面两个气环、下面一个油环），气环原本半径比气缸半径大，安装进气缸后由于自身弹力作用与气缸壁紧密接触，形成密封。油环的外圆面上加工出一道集油槽，上下两侧形成两道刮油唇，在活塞上下运动的过程中实现布油、集油和回油的功能。

气环在布置时上下两道环的缺口交错开，形成迷宫式的漏气通道。



活塞的裙部是安装活塞销的位置，活塞裙部的整体设计并不是很规则的圆柱形，而是截面为椭圆形的桶形，在工作时活塞裙部接近圆形。这是因为活塞裙部同时受侧向压力和气体压力，活塞温度高于气缸壁，活塞的热膨胀量大于气缸的膨胀量，并且温度上高下底，壁厚上厚下薄，活塞自上而下的膨胀量由大变小，销座处由于金属量多而膨胀量大，以及在侧向压力的作用下最终导致裙部周向变化近似于椭圆变化。

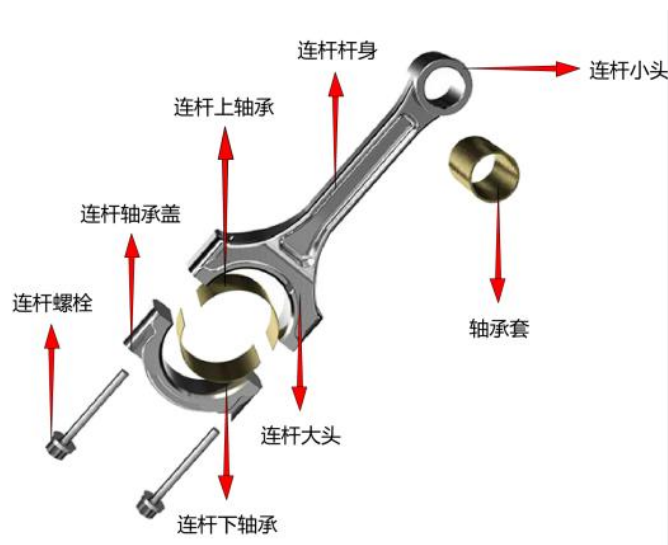
2.2.2 连杆

活塞销是连接活塞与连杆的重要组件，既要承受很大的气体压力，又要承受活塞组件的惯性力，高温下周期地承受很大的冲击载荷，活塞销产生弯曲变形和椭圆变形，并产生较大的应力，要求足够的强度与刚度，耐磨，质量轻。根据连杆小头与活塞销之间能否相对转动可分为半浮式与全浮式，一般全浮式由于磨损相对均匀使用更广泛。此 EA888 发动机的连接方式属于全浮式。



连杆的作用是连接活塞与曲轴，将活塞所受到的气体压力传递到曲轴上，同时将活塞的周期往复运动转换为曲轴的旋转运动。这就要求连杆要有足够的刚度与强度。

连杆包括连杆小头、杆身、连杆大头。连杆小头与活塞销相连，是连接活塞与连杆的部件。连杆大头和连杆盖的连接采用了涨断工艺。

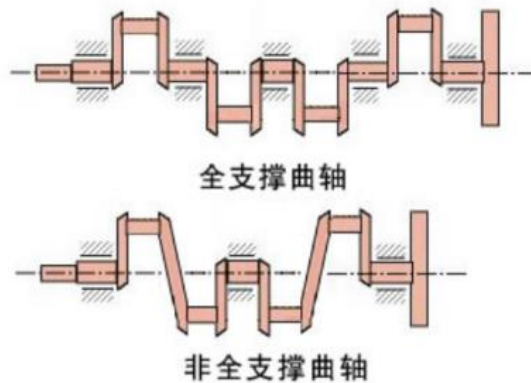


2.2.3 曲轴飞轮

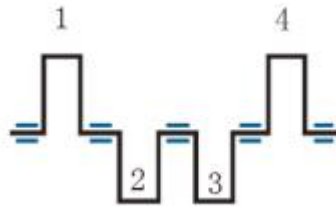
曲轴的作用是接受来自连杆的力并将其转变为转矩，对外输出，同时驱动气门机构、油泵、水泵、空调等其他辅助装置。一般采用中碳钢或中碳合金钢制造。

曲轴的支撑方式根据主轴颈数的数量可分为全支撑与非全支撑曲轴。此次虚拟拆装的 EA888 发动机的曲轴支撑方式属于全支撑曲轴，这种曲轴主轴颈数比气缸数多一个，曲轴强度和刚度都比较好，不易磨损，是汽油机和柴油机都普遍采用的。

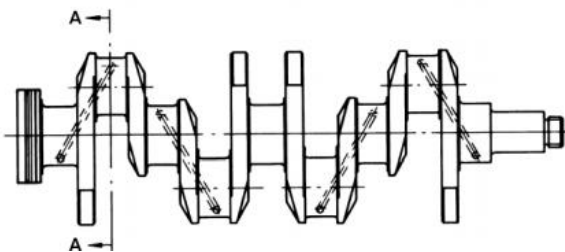
判断是否为曲轴的支撑形式（全支撑和非全支撑）的方式如下图所示。



曲轴的曲拐布置取决于气缸数、气缸排列方式与发火顺序有关，我们所拆装的是直列四缸发动机，点火间隔为 $720^\circ/4=180^\circ$ ，点火顺序为 1-2-4-3 或 1-3-4-2，点火顺序原则是依次做功的两个气缸相距尽可能远，以减轻主轴承载荷和避免进气干涉。本次拆装的 EA888 发动机采用五道轴颈，曲拐布置形式如下：



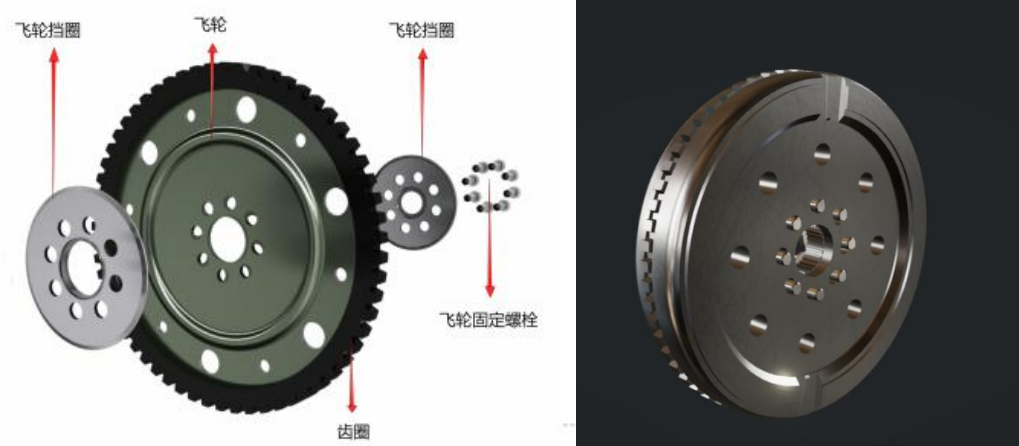
曲轴的润滑是通过主轴颈中的油道实现的。机油从主轴颈上的油孔中向外润滑轴承。



曲轴的动平衡分为外平衡与内平衡：外平衡指曲柄连杆机构惯性力和惯性力矩的平衡，内平衡是指曲轴离心力和离心力矩的平衡，以减小主轴承载荷、减小曲轴和机体的内力。

其中一次往复惯性力由平衡重来平衡，平衡重转速与曲轴转速一致。二次往复惯性力由平衡轴来平衡，平衡轴通过齿轮机构与位于曲轴上的齿轮啮合，通过齿数比使得平衡轴转速为曲轴的两倍。

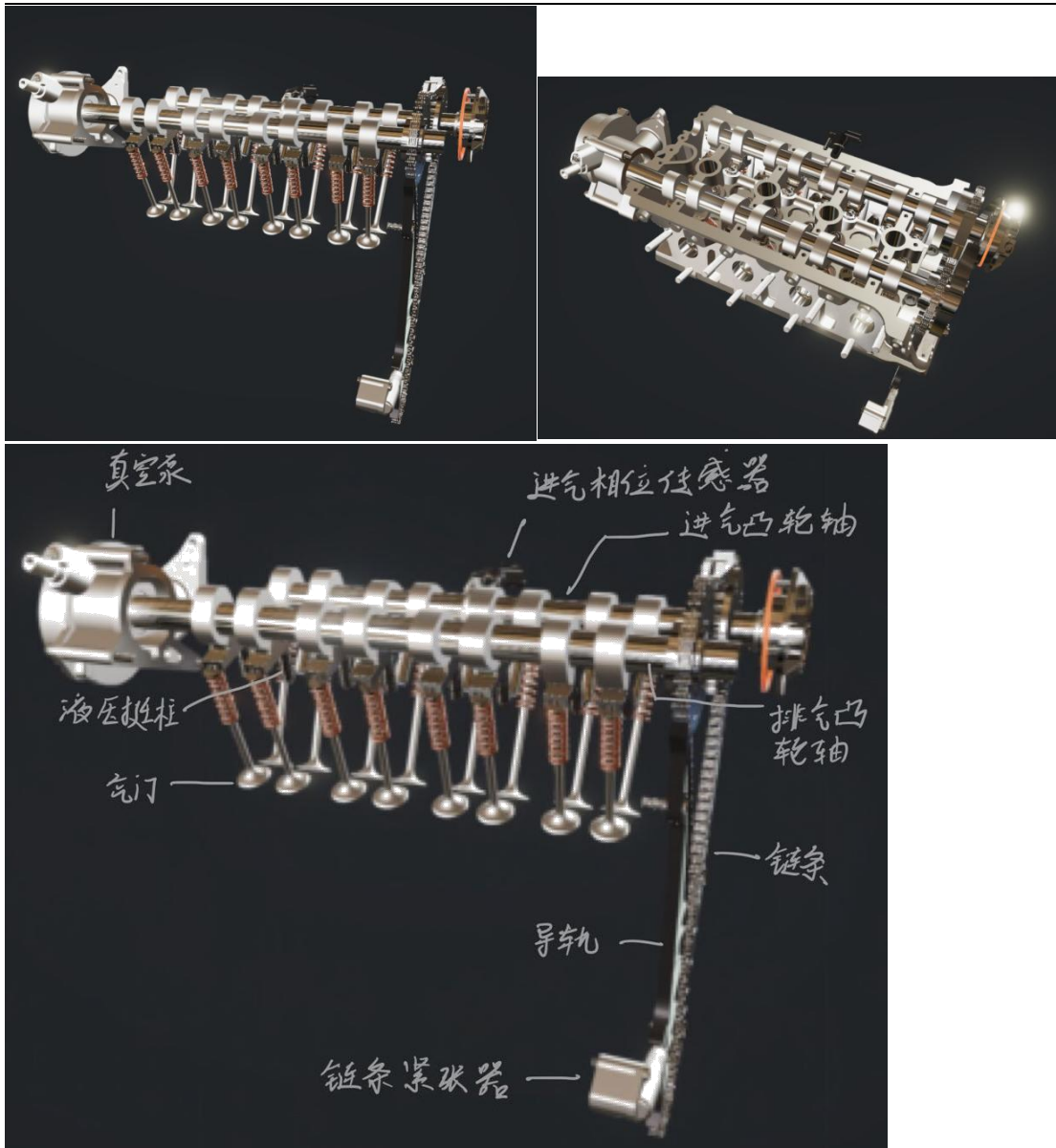
曲轴的飞轮安装在曲轴的末端，用于存储能量，帮助曲柄连杆机构越过止点，完成辅助行程，同时克服暂时超负荷，使曲轴旋转均匀。除此之外还可以组成离合器完成汽车起动过程。



2.3 配气机构

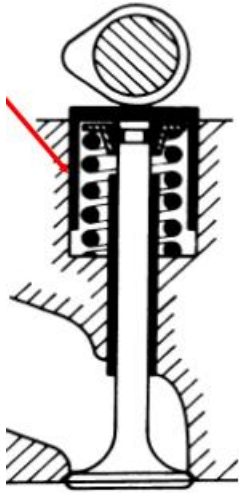
EA888 发动机的配气机构凸轮轴为双顶置式，气门驱动形式为直接驱动型，凸轮轴由曲轴通过链条传动。

下左图所示的两根凸轮轴分别为进气凸轮轴和排气凸轮轴，其位于汽缸盖的上部，这样的优点是运动件少，传动链短，整个机构的刚度大，适合于高速发动机。凸轮轴的下方与机械挺柱接触，凸轮直接推动挺柱，使气门作往复运动，与带有摇臂或摆臂的驱动方式相比，直接驱动式的刚度最大，驱动气门的能量损失最小，在高度强化的轿车发动机上得到广泛的应用。右图为左图与气缸盖组合的示意图。



2.3.1 气门

下图为直接传动型气门机构的结构示意图。



气门主要是由气门头部和杆部组合而成的。由于气门需要承受气体的压强、气门弹簧的作用力以及各种惯性力，因此气门必须能够耐高温、耐磨以及还具有一定的强度。针对于以上的要求，进气门通常采用合金钢，而排气门因为工作环境较恶劣，因此采用了耐热合金。

如下图所示，本四缸发动机中的每一缸有两个进气门和两个排气门，其中下面的两个尺寸更大的气门为进气门，这样可以让火花塞布置在气缸中央，形成篷形燃烧室，有利于充分燃烧。气门顶面采用平顶型，其结构简单，制造方便，受热面积小。



2.3.2 气门驱动

凸轮轴的构造如下图所示，主要由凸轮、轴颈以及相位传感器等组成。凸轮轴采用剖分式轴颈座孔，无轴瓦（轴承）。由于采用机械式挺柱，只能通过挺柱下方的垫片来实现气门间隙的调节。

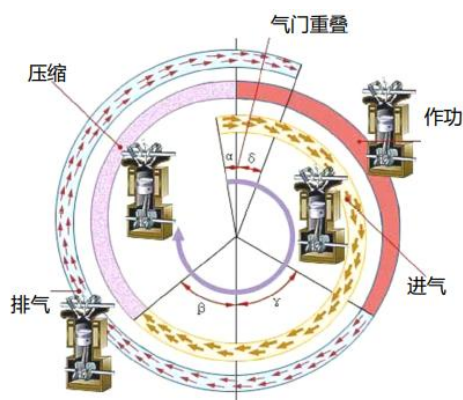


2.3.3 配气定时及 VVT

(1) 配气定时

气门正时（配气定时）是用曲轴转角表示的进、排气门的开启时刻和开启延续时间。为充分进气和排气，在进气过程中和排气过程中都需要气门提前打开和气门延时关闭。

进气门早开是为了及时吸气，进气门晚关是为了利用惯性多吸气，排气门早开是为了增压提速，排气门晚关是为了利用惯性排气。



(2) 可变气门正时

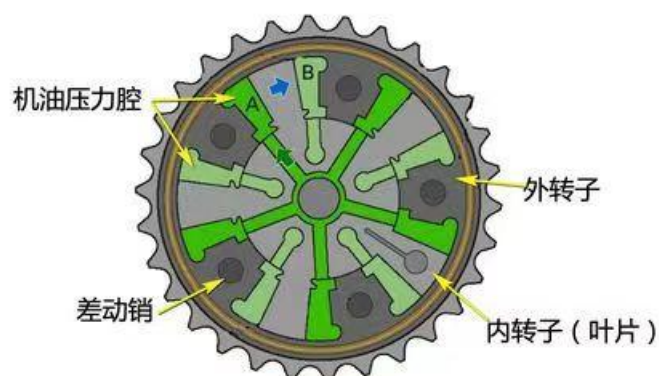
EA888 发动机采用了进气可变气门正时技术，能有效提高进排气效率。主要是通过位于进气凸轮轴的叶片式液压调节器来实现气门正时可变。

采用了可变气门正时技术，有效提高发动机进排气效率。

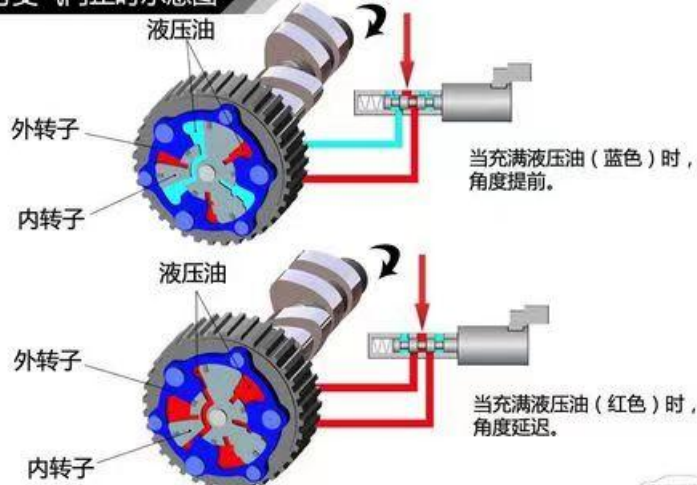


叶片式调节器由外壳体、内部叶片转子以及位于叶片转子内部的锁销组成。外壳体与外部的正时齿轮固定，由曲轴带动。而内部的叶片则直接与进气门凸轮轴固定，并与之一同旋转。

调节器外壳体与外部的正时齿轮固定，由曲轴带动。而内部的叶片则直接与进气门凸轮轴固定，并与之一同旋转。



VVT-i可变气门正时示意图



工作原理主要是通过凸轮轴调节阀控制相应管道中的液压机油，来驱动调节器中的叶片，进

而带动凸轮轴旋转，实现气门开闭的提前或延迟，可调范围达到 60° 的曲轴转角。^①

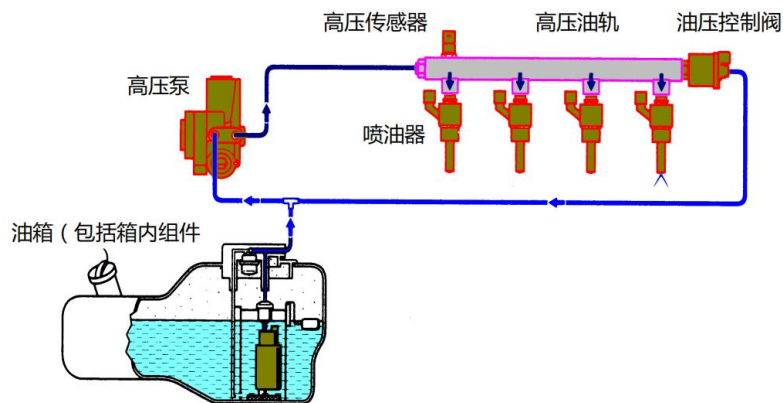
2.4 汽油机供给系统

燃油供给系统主要由汽油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、油压调节器、高压油泵、油轨、输油管 and 回油管组成。动机工作时，汽油泵将汽油加压，经油压调节器稳压，输送到高压油泵，多余的汽油通过回油管流回到油箱；而高压油泵将提供过来的燃油加压后再提供给油轨，通过喷油嘴进入燃烧室。

燃油供给系统的主要作用是为燃油喷射提供一定压力的汽油。一般汽车用汽油机有 4 个冲程，即：进气、压缩、做功、排气。进气时，发动机将大气中的气体吸入气缸，同时喷油器向气缸内喷入适量汽油。



（高压油泵、高压油管、高压油轨、高压传感器、喷油器）



各部件的功用具体如下：

电动汽油泵：主要应用于电控汽油喷射系统，其作用是将燃油从燃油箱中泵入燃油管路，并使燃油保持一定压力，经过滤清器输送到高压油泵。

汽油滤清器：除去汽油中的杂质和水分，以减少汽油泵和化油器等部件的故障。

油压调节器：安装在汽油滤清器上，其作用是使燃油供给系统的压力与大气压力之差，即喷油压

^① 【EA888 发动机的技术特性-太平洋汽车网百科】 <https://mbd.baidu.com/ma/s/DplICEuB>

力保持恒定。

高压燃油泵：控制输油管留来的汽油流量，并给其加压，形成高压燃油运输到燃油分配管中。

燃油分配管：也称油轨，其作用是将汽油均匀等压地输送给各缸喷油器，有储油蓄压，减缓油压脉动的作用。

喷油器：按照电控单元的指令，将一定数量的汽油，适时地喷入汽缸内，并与其中的空气混合形成可燃混合气。

2.4.1 喷油泵

燃油供给系统是实现缸内直喷最为关键的一部分，燃油要喷入压力非常高的气缸内，就必须具备足够的喷射压力。



高压燃油泵是燃油加压的关键环节，EA888 发动机的燃油泵是一个结构简单的单柱塞泵，靠进气凸轮轴上的四方(四点式)凸轮来驱动。四点式凸轮可使油泵供油行程和各缸相应喷油过程同步，各缸喷油均匀性和重复性比较好。^①



^① 【EA888 发动机的技术特性-太平洋汽车网百科】 <https://mbd.baidu.com/ma/s/DplICEuB>

2.4.2 油轨

油轨是电控燃油喷射系统中空气/燃料子系统的一个组成部分，主要是通过螺栓固定在发动机的进气歧管上部的喷油处，将汽油均匀等压地输送给各缸喷油器，有储油蓄压，减缓油压脉动的作用。在 EA888 的高压油轨上还装有燃油压力传感器、高油压限制阀,以及油压调节电磁阀等。

2.4.2 喷油器

喷油器受电控信号控制喷油量、喷射时刻和喷油压力等。本发动机的喷油方式为缸内直喷，可以精确控制喷油量和喷油正时，通过高压力喷油来改善雾化效果，降低燃烧室温度，降低爆震倾向；同时可以实现更有效的燃油正时管理，实现多次喷射，更有效地组织燃烧，提高燃烧效率。



（喷油器）

喷油嘴结构采用 6 孔喷嘴结构模式，可以防止全负荷或二次喷射加热三元催化时，燃油黏在活塞顶上。



2.5 进排气及增压系统

EA888 发动机采用的是涡轮增压式的进排气系统。

2.5.1 进气道及进气调节

进气系统主要包括进气歧管、电子节气门、温度传感器等，如下图所示。



进气道则头尾分别与进气歧管和燃烧室连接着，进气道的开关由控制阀来控制。进气道会影响空气和燃料的混合。

EA888 发动机的节气门采用电子节气门，分别安装在进气歧管的前端。节气门的开度主要是通过发动机的控制单元来调节进入进气管的横截面积，间接控制近进气管中的进气量。节气门的开度主要是由步进电机 G186 来驱动的，它主要是通过节气门在高功率下的全开位置以及怠速位置之间的无极定位。发动机的控制单元主要依靠着 2 个传感器 G187 和 G188 来反馈节气门的位置信号，并且判断出 G186 的控制是否存在问题。基于可靠性的考量，输出的电压信号必须相互相反，方便检查。由于发动机控制单元所判断的节气门的位置是根据所接收到的角度传感器的信号，因此基于行驶安全性的考量，这两个传感器必须传送相同的信号。

进气旁通阀（电磁阀）：

由于涡轮是用废气排出的力量来驱动，当驾驶过程中回收动力（换挡、急刹车等）时，节气门关闭。但由于惯性，叶片并不会马上停止转动，进气管路中的气压会迅速升高。为了保护增压系统，当压力达到某一限定值时，进气旁通阀会打开，将过剩的空气导回至滤清器与涡轮之间，实现降压保护的功能。



2.5.2 排气道

排气系统主要由排气歧管、涡轮增压器、压气机、排气密封片和进、排气旁通阀等组成。



（1）排气歧管

观察排气歧管，可以发现四个气缸的排气管并不是直接汇合成一根管道的，而是 1、4 和 2、3 分别先合成一个管道共两根，而后两根再合成总的排气管道。若某缸排气时，其他波的排气密波刚好到达，则会使该缸排气背压上升，残余废气量增多^①。由于直列四缸汽油发动机的工作顺序只可能是 1-3-4-2 或者 1-2-4-3。因此这样的设计可以防止排气互相干扰，还可以一定程度上更好地利用排气的气流脉动，尽可能排净缸内的废气。

（2）排气旁通阀

增压压力的控制是根据进气歧管压力，通过排气旁通阀控制增压压力；增压压力直接作用于控制膜盒，使排气旁通阀打开或关闭。一旦排气旁通阀打开，使部分排气不经过涡轮机而直接排放到大气中，从而达到控制涡轮机转速及增压压力的目的。

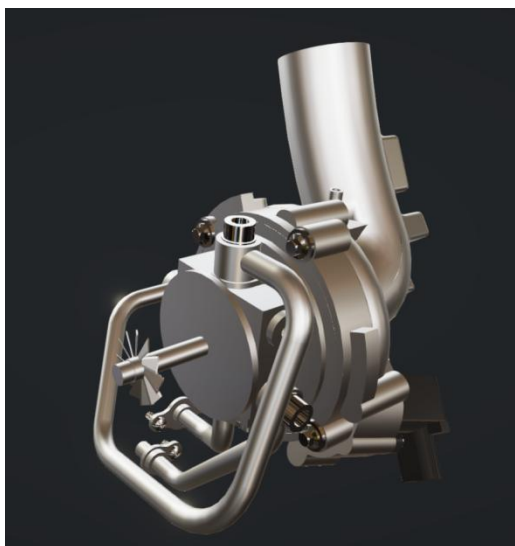
^① 王建昕，帅石金：《汽车发动机原理》，清华大学出版社，2011



2.5.3 增压器

涡轮增压器

高温废气通过增压器的涡轮机，推动叶轮旋转，并带动与涡轮机同轴安装的空气压缩机工作。新鲜空气经增压后进入气缸。

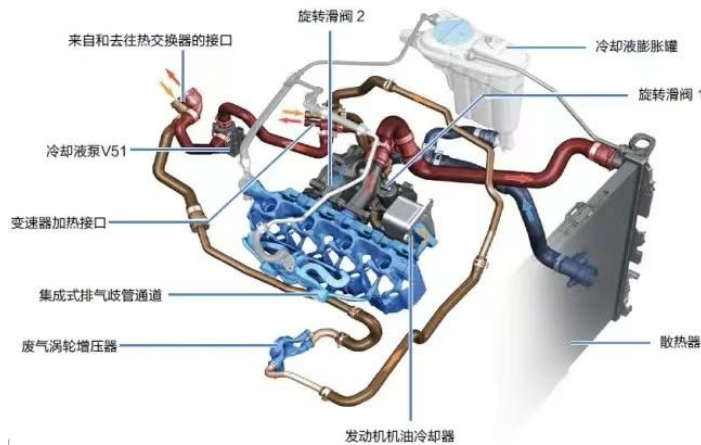
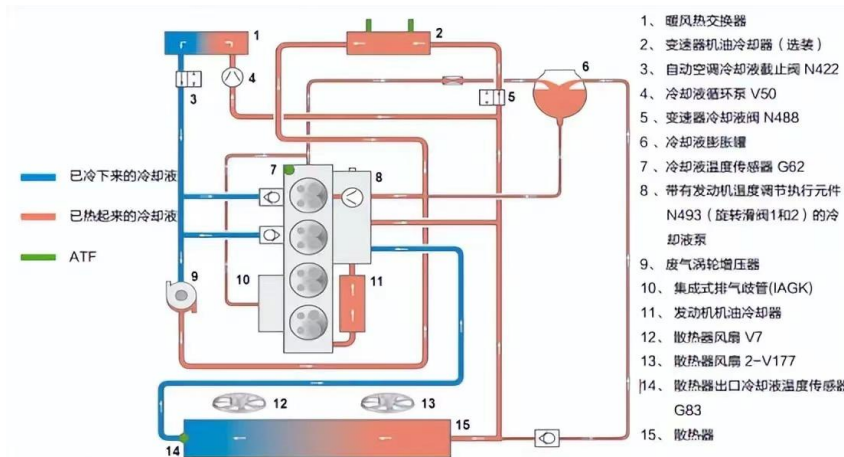


（涡轮增压器）

2.6 冷却系统

冷却系统的功用是使发动机在所有工况下都保持在适当的温度范围内，既防止发动机过热，也要避免冬季发动机过冷。

2.6.1 冷却系统总图



2.6.2 冷却系统部件

冷却液泵：冷却液泵作用是提高循环系统中冷却液的工作压力，维持发动机相关部件间的冷却液循环，防止发动机的运行温度过高。由入水室、叶轮、出水室组成单级离心泵。

散热器：由进水室、出水室、散热器芯组成，冷却液在此处与空气热交换。

节温器：节温器是控制冷却液流动路径的阀门。是一种自动调温装置，通常含有感温组件，借着热胀或冷缩来开启、关掉空气、气体或液体的流动。节温器根据冷却水温度的高低调节进入散热器的水量，以调节冷却系统的散热能力。当散热器回水管内冷却液温度高时，节温器打开，更多冷却液进入散热器，经冷却系统大循环，低温冷却水降低发动机温度；当温度较低时，节温器关闭，冷却液经冷却系统小循环，具有一定温度的冷却液对发动机起保温作用。

V51 电子水泵：根据发动机控制单元内部的特性曲线图，在发动机熄火后电子水泵工作 0-10 分钟，以充分冷却增压器，防止过热，延长增压器的寿命。

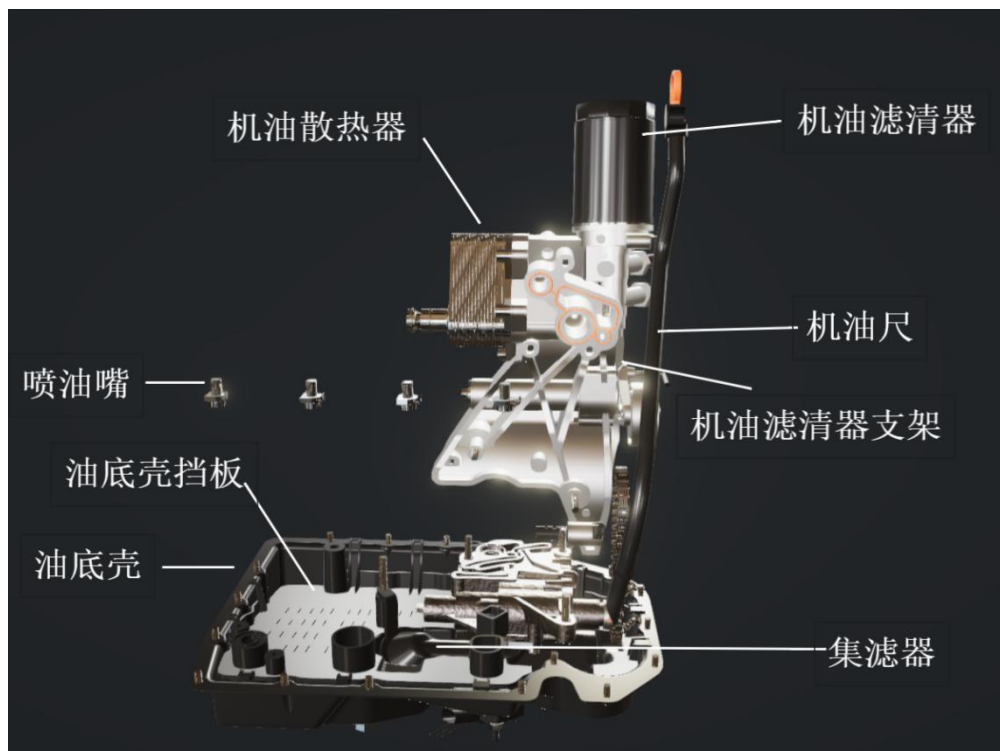


2.7 润滑系统

2.7.1 润滑系统总图

润滑系统主要有油底壳、机油泵、集滤器、机油滤清器、机油尺、机油散热器、机油压力传感器等组成。润滑系统的功用是在发动机工作连续不断地把数量足够、温度适当的洁净机油输送到全部传动件的摩擦表面，并在摩擦表面之间形成油膜，实现液体摩擦，从而减小摩擦阻力、降低功

率消耗、减轻机件磨损，以达到提高发动机工作可靠性和耐久性的目的。



2.7.2 润滑系统部件

机油泵作用是将机油提高到一定压力后，强制地压送到发动机各零件的运动表面上。EA888 发动机的润滑系统主要是由两端式外部齿轮机油泵构成，因为可减小调节式机油泵的比率，从而扩大低压段的转速范围，降低低压段的油压。为了能够更好的控制喷油量，因此活塞冷却喷油器采用了电动切换式。

在 EA888 发动机润滑系统的两段式外部机油泵中主要是通过一条独立的链条由曲轴驱动。两段式外部齿轮机油泵的外部有一个滑动装置，其主要是通过让两个泵齿轮发生上下运动，从而实现两段式的泵动力控制。

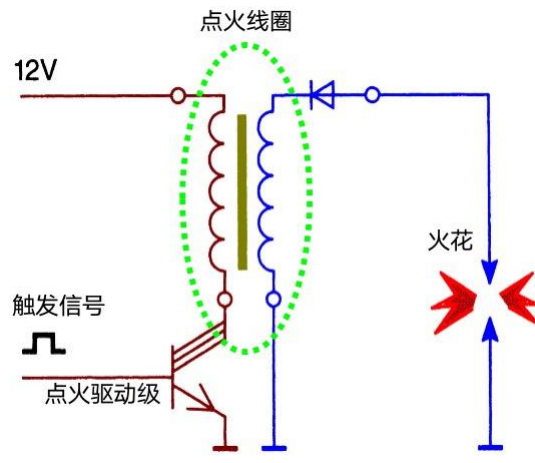
曲轴上有油孔与油道，机油可通过油道从主轴颈到曲柄销，实现曲柄销与连杆大头的润滑，机油渗出后直接回流至油底壳。主轴承与主轴颈、曲柄销与连杆大头之间为压力润滑。

机油压力控制阀则通过螺栓固定在气缸体前边缘、辅助装置托架下方。发动机控制单元驱动机油压力控制阀的外部齿轮机油泵在两个压力段相互进行切换。因此机油泵主要是通过控制口由机油压力控制阀的压力来控制机油泵的活塞，其中控制活塞的位置造成压力的切换。

2.8 汽油机点火系统

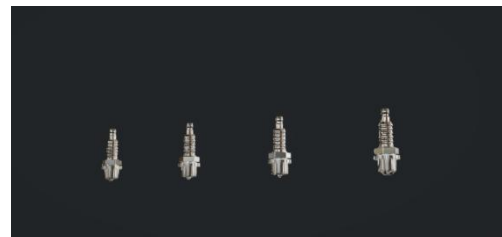
点火系统的作用，是在发动机各种工况和使用条件下，在汽缸内适时、准确、可靠地产生电火花，以点燃可燃混合气，使发动机做功。

点火的基本机理，是在火花塞的两个电极之间加上直流电压，使电极之间的气体发生电离现象，随着电极间的电压升高，气体电离程度不断增强，当电压增长到一定值时，火花塞两电极间的间隙被击穿而产生电火花。击穿电压一般在 8~20 kV，而汽车蓄电池电压仅为 12V 或 24V，通过电磁感应实现低压变高压。蓄电池电压控制点火线圈中初级电路通断，初级线圈电流变化在次级线圈中产生感应电压，次级绕组匝数很多，产生的感应电压很高，加在火花塞两个电极上，足以击穿火花塞间隙。

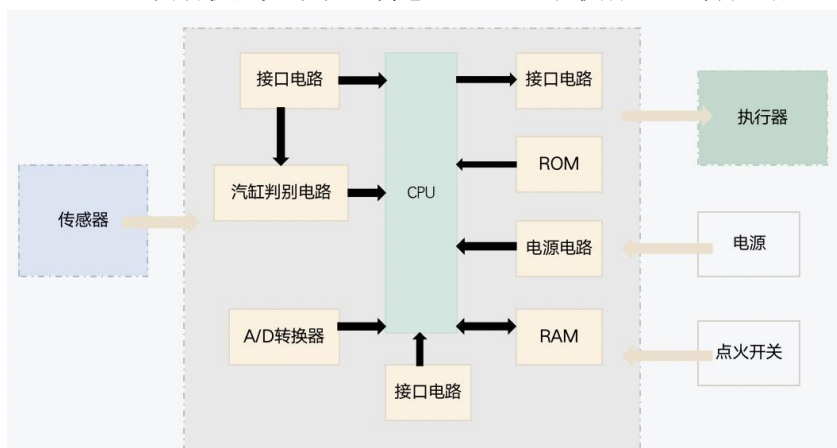


一般要求点火系统做到能产生足以击穿火花塞两电极间隙的电压、电火花具有足够的点火能量、点火时刻与发动机的工作状况相适应并且持久耐用。

本次拆装，发动机上的主要结构为点火线圈和火花塞，如下图所示。



EA888 发动机点火系统由传感器、ECU 和执行器三部分组成。



(1) 传感器有爆震传感器、氧传感器、节气门位置传感器、曲轴转速和转角位置传感器以及装在进气管上的温度压力传感器等。

①爆震传感器是交流信号发生器，除了能探测转轴的速度和位置，还可以探测振动和机械压力。点火过早，排气再循环不良，低标号燃油等原因引起的发动机爆震会造成发动机损坏。爆震传感器向控制模块提供爆震信号，使其能重新调整点火正时以阻止进一步爆震。它实际上是充当点火正时反馈控制循环的“氧传感器”角色。

②氧传感器在使用三元催化转换器以减少排气污染的发动机上不可缺少。三元催化器可以降低排气中一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物成分，但当混合气的空燃比偏离理论值时，净化能力会大大下降。氧传感器在理论空燃比附近的输出电压有突变，这种特性可用来检测排气中的氧浓度。ECU 根据来自氧传感器的电动势差别判断空燃比大小，相应地控制喷油量，从而将混合气的空燃比控制在理论值附近。

③节气门位置传感器装在节气门体上，检测发动机负荷，判断是处于怠速工况还是负荷工况，是加速工况还是减速工况。它实际上由一个可变电阻器和几个开关构成，电阻器转轴与节气门联动，当节气门处于怠速位置时，怠速触点闭合，向计算机输出怠速工况信号；当节气门处于其它位置时，怠速触点张开，输出相对于节气门不同转角的电压信号，计算机便根据信号电压值识别发动机的负荷；根据信号电压在一定时间内的变化增减率识别是加速工况还是减速工况。计算机根据这些工况信息来修正喷油量，或者进行断油控制。

④装在进气管上的温度压力传感器，既能检测进气温度变化，将其转变为电压信号输入给 ECU 作为喷油修正的信号，也可以根据发动机转速和负荷的大小检测进气歧管中压力的变化，转换成电压信号传至 ECU，控制基本喷油量。

⑤曲轴位置传感器装的作用是检测曲轴的转角和转速，将该信号提供给 ECU，用于控制燃油喷射和点火。曲轴的靶轮上有 58 个齿槽，每个间隔 6° ，最后一个槽较宽，用于生成同步脉冲，当曲轴转动时，变磁阻转子中的槽将改变传感器的磁场，产生一个感应电压脉冲，用来识别曲轴转动方向。曲轴每转一周，曲轴位置传感器就产生 58 个基准脉冲信号。发动机控制单元就根据 58X 基准信号计算发动机转速和曲轴的位置，这是发动机控制单元控制点火时刻的重要信号。由于曲轴脉冲轮上缺 2 个齿，发动机控制单元可以识别 1 缸和 4 缸上止点的位置，但是不能分辨 1 缸和 4 缸中的哪一缸是压缩行程上止点。当发动机启动时，为了点火，需要正确识别 1 缸压缩行程上止点位置，控制单元要将曲轴位置传感器信号与安装在凸轮轴上的凸轮轴位置传感器信号进行比对。一开始要将第 20 个齿对准传感器。如果发动机的控制单元没有接收到转速信号，发动机不能启动或在运行中立即停止运转。

（2）ECU 包括接口电路、模数转换器、微处理器、只读存储器（ROM）和随机存储器（RAM）。微处理器，即 CPU，是控制单元的核心部分，发动机运行时，它不断地采集各传感器输入的信号，进行运算并将运算结果转变为控制信号，通过输出电路，控制点火系统的工作，它还对存储器和电路进行控制。只读存储器用来存放控制系统运行所需要的程序，存放通过大量试验获得的原始数据，比如发动机在各种转速和负荷下的点火提前角、一次电路导通时间等数据，随机存储器存放的是运算的中间结果。模数转换器将输入的连续变化的电流或电压信号等模拟信号，转变为 CPU 能够接受的数字信号。比起有分电器的点火系统，还增设了汽缸判别电路，用于确定需要控制的点火线圈初级绕组。

（3）执行器包括点火线圈和火花塞。

此发动机采用单独点火方式，每个汽缸都有自己的点火线圈，四个点火线圈的结构完全相同。单独点火方式是一个缸的火花塞配用一个点火线圈，各个独立的点火线圈直接安装在火花塞上，独立向火花塞提供高压电，各缸直接点火。这种点火方式能够实现精确点火；去掉了高压线，可以使高压电能的传递损失和对无线电的干扰降低到最低水平；且由于一个线圈向一个汽缸提供点火能量，与分电器系统相比，在相同的转速和点火能量下，单位时间内线圈中通过的电流小的多，线圈不易发热，所以这种线圈的初级电流可以设计得很大。

（4）工作原理：

发动机工作期间，各传感器不断地将检测到的信号输入微型计算机控制器，控制器根据发动机的转速和负荷信号，按存储的程序以及与点火提前角和初级电路导通时间等有关的数据，计算

出与该工况相对应的最佳点火提前角和初级电路导通时间，并根据冷却液温度加以修正。最后根据计算结果和点火基准信号，在最佳时刻向点火控制器发出控制信号，接通点火线圈的初级电路，经过最佳导通时间后，再发出控制信号，切断点火线圈的初级电路，使点火线圈的次级电路中产生高压电，使相应火花塞跳火，点燃混合气。

2.9 起动系统

起动系统主要由蓄电池、点火开关、起动机、继电器、起动机传动机构组成。主要作用是使发动机由静止状态过渡到工作状态。先用外力转动发动机的曲轴，使活塞作往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转。发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。要实现外力的推动，起动系统借用储存在蓄电池中的电能，通过起动机转换成机械能。

打开点火开关，接通电路时起动机继电器通电。继电器不仅可以接通起动机和蓄电池，还可以通过控制拨叉的运动使起动机的驱动齿轮与发动机飞轮啮合。随后起动机转动，带动发动机飞轮和曲轴旋转。在短暂的启动后发动机就能进入自动运转状态。随后在单向离合器作用下，起动机与发动机的啮合就会脱离。

3 分析、总结

3.1 编写配气正时拆装简明指南

根据现有资料及操作实际，自行撰写，实物图与资料图并重。

3.2 编写电控发动机传感器、执行器清单

3.2.1 传感器清单

空气流量传感器、节气门位置传感器、空气温度传感器、氧传感器、油门踏板位置、传感器、机油压力传感器、冷却液温度传感器、凸轮轴位置传感器、曲轴位置传感器、爆震传感器。

3.2.2 执行器清单

燃油泵继电器、点火控制器、电磁式喷油器、怠速电机、废气再循环控制电磁阀、进气控制阀、二次空气喷射阀、冷却风扇继电器、增压器。

3.3 简要总评本机型发动机结构技术特征

3.3.1 进气可变气门正时

EA888 发动机采用了进气可变气门正时技术，能有效提高进排气效率。主要是通过位于进气凸轮轴的叶片式液压调节器来实现气门正时可变。

叶片式调节器由外壳体、内部叶片转子以及位于叶片转子内部的锁销组成。外壳体与外部的正时齿轮固定，由曲轴带动。而内部的叶片则直接与进气门凸轮轴固定，并与之一同旋转。

工作原理主要是通过凸轮轴调节阀控制相应管道中的液压油，来驱动调节器中的叶片，进而带动凸轮轴旋转，实现气门开闭的提前或延迟，可调范围达到 60°的曲轴转角。

3.3.2 缸内直喷系统

燃油供给系统是实现缸内直喷最为关键的一部分，燃油要喷入压力非常高的气缸内，就必须具备足够的喷射压力。

高压燃油泵是燃油加压的关键环节，EA888 发动机的燃油泵是一个结构简单的单柱塞泵，靠进气凸轮轴上的四方(四点式)凸轮来驱动。四点式凸轮可使油泵供油行程和各缸相应喷油过程同步，各缸喷油均匀性和重复性比较好。

高压燃油泵产生最大的油压为 150bar，根据发动机工况需要，通过对油压控制阀的调节，燃油压力可在 50bar-150bar 之间调节。采用 6 喷孔喷油器，喷嘴锥角为 50°，更有利于汽油与空气的充分混合。

3.3.3 水冷涡轮增压技术

发动机的涡轮增压器和排气管采用了集成式的设计，这样可以一定程度上减少多余零件的体积和重量，使得这套系统相对稳定可靠。

涡轮增压冷却系统，主要由冷却循环泵把冷却液从辅助冷却器中输送至增压空气冷却器和废气涡轮增压器中。主要包括两个循环通道，一个是经过涡轮增压器，对涡轮增压系统进行冷却；另一个是经过进气歧管内的冷却器，对增压空气冷却。

3.3.4 进气歧管翻板

通过控制进气歧管翻板的开闭，可以满足发动机在不同工况下的充气需求。如发动机在低速工况时，通过进气歧管翻板关闭下进气通道，可以减少气流通过的横截面，来增加气流流速，结合活塞顶的特殊设计，有效形成强烈的进气涡流，有利于混合气的形成与雾化。

同样地，当发动机进入高速工况采用均质混合气模式时，进气歧管翻板开启下进气通道，增大气流通过的横截面，以获得更多进气，提高发动机的输出功率。

3.3.5 可变排量机油泵

传统的机油泵工作中，随着发动机转速的增加，机油压力也不断增大，机油的压力主要是通过机油泵内部的限压阀限制，但是这时的机油泵仍然运行在最大输出量，不仅消耗发动机的动力，而且输入的能量转化为热能，加速了机油的老化。

EA888 发动机采用可变排量机油泵，主要是通过调节泵齿轮的供油量来实现机油压力的调节。怎样来实现的?主要是通过机油泵内部两个泵齿轮相对移动来实现的。两个泵齿轮无位移(正对着)，供油能力最大;两个泵齿轮最大轴向位移(偏移)，供油量最小。

3.3.6 双对旋平衡轴

EA888 发动机采用了双平衡轴，位于气缸体的下端两侧，由曲轴和链条驱动。利用两根平衡轴自身的旋转产生的离心力正好与曲轴产生的离心力方向相反，可以抵消掉大部分的振动，从而增强发动机动平衡状态特性，降低噪音。

大众 EA888 发动机同样集合了缸内直喷、水冷涡轮增压、可变气门正时等先进技术，拥有更低的油耗、排放以及更强劲的动力输出，与 EA111 1.4TSI 发动机相比，EA888 发动机采用了双平衡轴、气门滚珠摇臂与发电启动一体机等技术，使发动机运转更为平顺、噪音进一步降低。

附 A 报告要求

1 报告格式与排版

- ✧ 本模板已经包含主要的文本样式，具体信息可在“样式”工具栏查询使用。文本样式引自《清华大学硕士学位论文写作指南》，可自行下载详细阅读。
- ✧ “样式”工具栏中可用的标准样式包括：1 章标题、2 一级节标题、3 二级节标题，4 三级节标题，5 正文，6 有表达式的段落，7 公式表达式，8 表名表序，9 表格内容，A 图名图序，B 插图，C 页眉，D 页脚。
- ✧ 报告附图有以下 3 种方法：电子版报告内直接附照片/CAD 图、报告纸预留空白手工作图、手工作图后裁剪粘贴至留白处。尽量控制报告中图片尺寸一致，图片宽度不宜大于 15cm，大型复杂图形可独占一页，插图与图片标注应尽量在同一页上。
- ✧ 附图还应满足以下要求：图片清晰、标注清楚、与正文叙述一致、机械制图必须规范；不能堆砌图片代替描述分析；分析类作业不能直接使用实验指导书附图、资料扫描图、网络图片，应采用实物图片或自行绘图。