

项目3

配气机构的构造与检修



知识目标

- (1) 掌握发动机配气机构总体结构及作用。
- (2) 掌握气门组的组成、功用,零部件的结构,以及常见的损伤。
- (3) 掌握气门传动组的组成、功用,零部件的结构,以及常见的损伤。
- (4) 理解配气相位内涵。
- (5) 掌握 VTEC、VVT 的结构;理解 VTEC、VVT 的工作原理。
- (6) 掌握气门间隙调整方法。

能力要求

- (1) 能正确规范拆装气门组、气门传动组,会进行零部件的检测和结果判定。
- (2) 能够正确分析发动机进气、排气过程的配气相位特点。
- (3) 能够规范完成配气正时皮带(链条)的安装调整。
- (4) 能够正确检查与调整气门间隙。
- (5) 能够判断零部件的损伤形式,分析损伤原因。
- (6) 能向客户(他人)清晰地介绍配气机构基本结构和工作过程。



配气机构是按照发动机各个气缸所进行的工作循环和点火次序,按时开启和关闭各缸的进气门和排气门,将新鲜充量(可燃混合气或新鲜空气)吸入气缸,并将燃烧后的废气从气缸内排出的装置。

新鲜充量充满气缸的程度,用充量系数表示,充量系数指发动机在每一工作循环进入气缸的实际充量与进气状态下充满气缸工作容积的理论充量的比值。充量系数越高,表明进入气缸内的新鲜充量的质量越多,可燃混合气燃烧时放出的热量越大,发动机发出的功率就会

越大。自然吸气式发动机的充量系数一般为 0.8~0.9, 增压发动机的充量系数有可能大于 1。

影响发动机充量系数的因素比较多, 就配气机构而言, 主要是要求其结构对进气和排气产生的阻力要小, 进气门、排气门的开启时刻和开启持续时间适当, 尽可能保证进气充分、排气彻底。

图 3-1 所示为一种典型的配气机构, 由气门组(气门弹簧、气门、气门座等)和气门传动组(凸轮轴、挺柱、推杆、摇臂)两部分组成。其中, 凸轮轴由曲轴驱动。

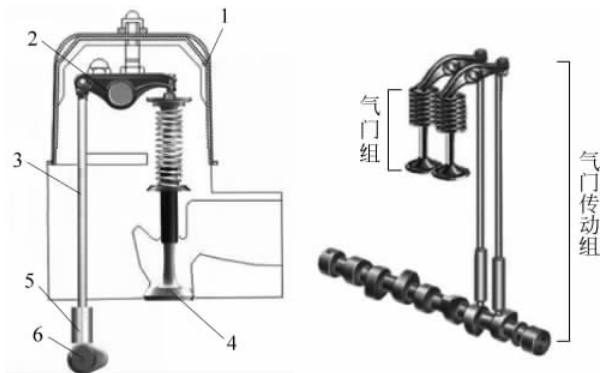


图 3-1 配气机构基本工作过程

1—气缸盖罩；2—摇臂；3—推杆；4—气门；5—挺柱；6—凸轮轴

凸轮轴在曲轴的驱动下连续转动, 当气缸的工作循环需要将气门打开进行换气时, 凸轮轴上的凸轮凸起部分通过挺柱、推杆, 推动摇臂摆转, 摇臂的另一端便向下推动气门, 同时弹簧被进一步压缩, 气缸进气道(或排气道)逐渐被打开。

当凸轮的凸起部分的顶点转过挺柱后, 气门在弹簧张力的作用下向上运动, 气缸进气孔(或排气道)开度逐渐减小, 直到最后关闭。

根据凸轮轴在发动机中的位置, 配气机构分为凸轮轴下置式配气机构、凸轮轴中置式配气机构和凸轮轴上置式配气机构。

1. 凸轮轴下置式配气机构

凸轮轴置于曲轴箱内, 如图 3-2(a)所示。曲轴与凸轮轴之间采用齿轮传动, 传动简单可靠, 有利于发动机的布置。但是, 凸轮轴与气门组之间动力传递路线较长, 通常采用杆件传动, 不适用于高速发动机, 在中、重型发动机上采用较多。

2. 凸轮轴中置式配气机构

凸轮轴置于机体中上部, 如图 3-2(b)所示。与凸轮轴下置式配气机构的组成相比, 推杆较短或减少了推杆, 从而减轻了配气机构的往复运动质量, 增大了机构的刚度, 适用于较高转速的发动机。

3. 凸轮轴上置式配气机构

凸轮轴置于气缸盖中, 如图 3-2(c)所示。凸轮轴通过摇臂、摆臂或凸轮直接驱动气门。凸轮轴上置式配气机构的运动件少, 传动链短, 整个机构的刚度大, 往复运动惯性力小, 适用于高速发动机。但是, 曲轴与凸轮轴之间传动路线长, 气缸盖拆卸困难。



配气机构的
分类. mp4



图 3-2 凸轮轴的布置形式

任务 3.1 气门组的构造与检修

【任务引入】

一辆迈腾轿车车主反映最近机油消耗较快,排气管冒蓝烟。经维修组检查,排除了活塞连杆组因素,并判断可能由于气门组零部件而引起的故障,需要拆检气门组并进行修复。

【知识学习】

现代汽车发动机气门组的零部件安装在发动机的气缸盖中,进气门和排气门均倒挂在气缸上方,如图 3-3 所示。气门组主要由气门、气门座圈、气门弹簧、气门弹簧座、气门锁片、气门导管、气门油封等零件组成,如图 3-4 所示。

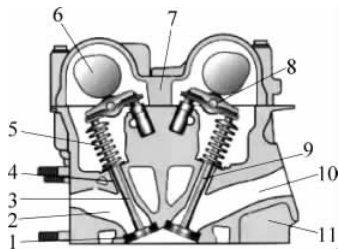


图 3-3 气门在气缸盖中的位置

1—气门座; 2—排气道; 3—排气门; 4—气门导管;
5—气门弹簧; 6—排气凸轮轴; 7—气缸盖罩; 8—摆
臂; 9—进气门; 10—进气道; 11—气缸盖



任务引入. wmv

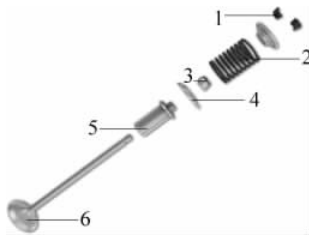
配气机构的
组成. mp4

图 3-4 气门组的组成

1—气门锁片; 2—气门弹簧; 3—气门油封;
4—气门弹簧座; 5—气门导管; 6—气门

3.1.1 气门

1. 气门的功用与要求

气门安装在气缸盖上,用于控制进气道和排气道的开启或关闭。气门分为进气门和排

气门,进气门安装在进气管处,排气门安装在排气管处。

气门工作时的润滑条件差,受热严重、散热困难,承受惯性冲击力,并受到混合气的腐蚀。因此,要求气门具有足够的强度和刚度,耐高温、耐冲击、耐腐蚀、耐磨损。进气门的材料一般采用中碳合金钢制造,排气门的材料一般采用耐热合金钢制造。

2. 气门的结构

汽车发动机的进气门和排气门由气门头部、密封锥面、气门杆、气门尾部、锁片环槽构成,如图 3-5 所示。

气门头部与气门座配合,气流通道起密封、传热作用。气门头部的热量一部分经过气门座圈传给气缸盖,一部分通过气门杆和气门导管传给气缸盖,最终都传给气缸盖水套中的冷却液,然后通过冷却液的循环流动带走。气门头部与杆身连接处有较大的圆角过渡,以减小气流阻力和应力集中。气门头部形状有平顶、喇叭形顶和球面顶等形状,如图 3-6 所示。平顶气门吸热面积小、质量小,进气门和排气门均可采用。喇叭形顶气门排气阻力小,废气清除效果好,适合应用于排气门。球面顶气门的流动阻力小,但受热面积大,适合应用于进气门。



气门的结构.mp4

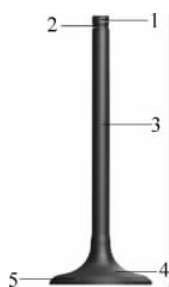


图 3-5 气门的结构

1—气门尾部; 2—锁片环槽; 3—气门杆; 4—气门头部; 5—密封锥面

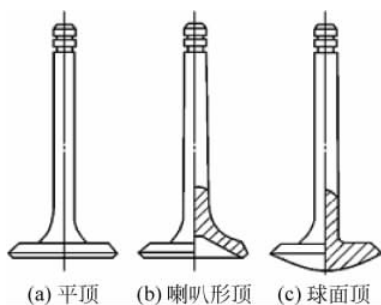


图 3-6 气门头部形状

气门头部与气门座接触的工作面称为密封锥面。密封锥面是一个与气门杆同心的锥面,该锥面与气门顶平面的夹角称为气门锥角。气门锥角一般为 45° ,有些发动机的进气门锥角为 30° ,如图 3-7 所示。气门升程相同的情况下,气门锥角小时,气流通过断面大,进气阻力小。但是,气门锥角小的气门头部边缘薄、刚度小,气门头与气门座的密封性及导热性差。密封锥面应保持一定的厚度,一般为 $1\sim 3\text{mm}$ 的密封环带,以防止工作中受冲击而损坏或密封锥面受热变形,导致发动机漏气。为了减少进气阻力,提高充气效率,一般进气门头部直径大于排气门头部直径。

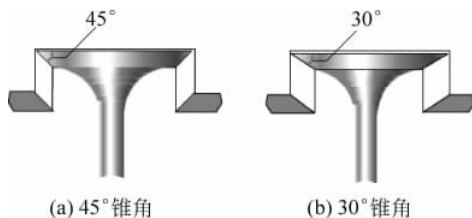


图 3-7 气门锥角

气门杆为圆柱形,表面加工精度高,耐磨性好,与气门导管保持有正确的配合间隙,以减小磨损,起到导向、传热的作用。

3. 气门尾部的固定方式

气门尾部与气门弹簧座连接,承受驱动力。气门尾部的形状取决于气门弹簧座的固定方式。气门尾部有气门锁片、气门卡块、圆柱销 3 种定位方式,如图 3-8 所示。采用剖分成两半且外表面为锥面的气门锁片固定上气门弹簧座,结构简单,工作可靠,拆装方便,应用广泛。气门锁片内表面有多种形状,相应地气门尾部也有各种不同形状的气门尾部槽。



气门锁片的
功用. mp4

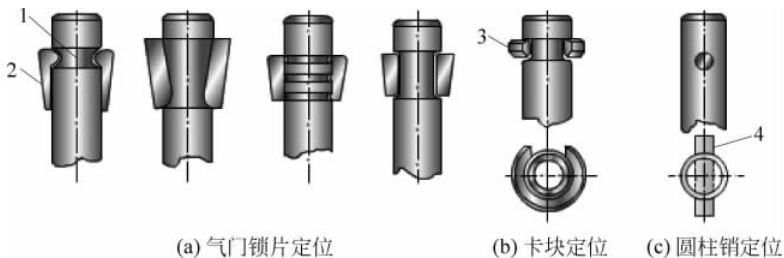


图 3-8 气门尾部固定方式

1—气门尾部; 2—气门锁片; 3—气门卡块; 4—圆柱销

4. 气门的布置

一般发动机每个气缸有两个气门,即一个进气门和一个排气门。为了提高换气效果,要尽可能地增大进气门和排气门的直径,尤其是进气门直径,以增大进气门混合气(空气)通过的断面积,减小进气阻力,增加进气量,提高发动机性能。因为空间的限制,加之排气阻力对发动机性能的影响小于进气阻力的影响,所以包括两气门机在内,但凡每缸进气门和排气门数量相同时,进气门头部直径总比排气门大。

随着技术的发展,现代轿车发动机的最高时速普遍可达 6000r/min 以上,完成一个行程只需要约 0.005s,两气门已不能在如此短时间内有效换气,从而限制了发动机性能的提高。现代高速发动机采用多气门技术,即每个气缸的气门为 3~5 个。

三气门发动机每缸 2 个进气门,1 个排气门,排气门的头部直径比进气门大,与两气门发动机相比,进气量明显增加。

四气门发动机每缸 2 个进气门,2 个排气门。其突出的优点是:首先,气门通过断面积大,进气、排气充分,进气量增加,发动机的转矩和功率提高。其次,每缸 4 个气门,每个气门的头部直径较小,每个气门的质量减轻,运动惯性力减小,有利于提高发动机转速。最后,四气门发动机多采用篷形燃烧室,火花塞布置在燃烧室中央,有利于燃烧。四气门的排列有两种方式,一种是如图 3-9(a)所示的同名气门分布在两列,另一种是如图 3-9(b)所示的同名气门排成一列,由相应的凸轮轴驱动。

采用每缸五气门的发动机其气流通过面积更大,充气效率更高。五气门排列通常是同名气门排成一列,分别由进气凸轮轴和排气凸轮轴驱动。

需要注意的是气门数不是越多越好,根据理论计算,当每个单缸的气门数增加到 6 个时,其进气门和排气门的气流通过总截面反而比五气门小。同时,气门数增加就要增加配气

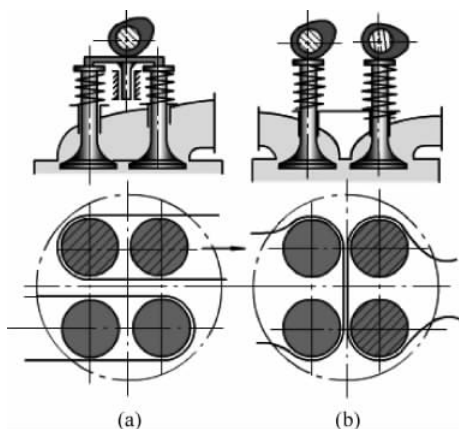


图 3-9 四气门排列方式

机构装置,使配气机构构造更复杂,成本更高。因而,现代高性能汽车发动机普遍采用每缸 3 个、4 个或 5 个气门,其中以四气门应用最为广泛。

5. 气门的驱动

气门驱动有摇臂驱动、摆臂驱动和凸轮轴直接驱动 3 种方式。

(1) 摇臂驱动。图 3-1 中气门就是由摇臂驱动的,图 3-10 的凸轮轴上置式配气机中凸轮轴推动液力挺柱,液力挺柱推动摇臂,摇臂再驱动气门,有的配气机构中,凸轮轴直接驱动摇臂,摇臂驱动气门。

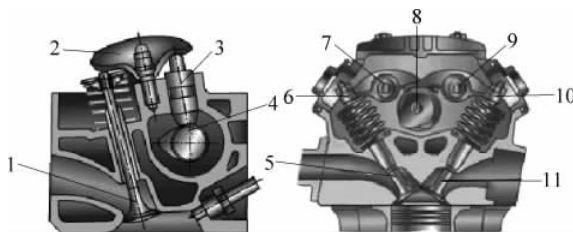


图 3-10 凸轮轴上置摇臂驱动式配气机构

1,11—进气门; 2,6,10—摇臂; 3—液力挺柱; 4,8—凸轮轴; 5—排气门; 7,9—摇臂轴

(2) 摆臂驱动。由于摆臂驱动气门的配气机构比摇臂驱动气门的配气机构的刚度更好,更有利于高速发动机,因此在轿车发动机中得到广泛应用。凸轮轴上置摆臂驱动式配气机构如图 3-11 所示。

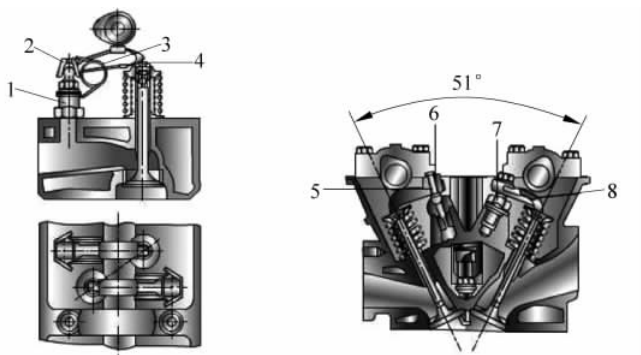
(3) 凸轮轴直接驱动。图 3-12 中凸轮轴通过液力挺柱直接驱动气门,与其他驱动形式的配气机构相比,直接驱动式配气机构刚度最大,驱动气门的能量损失最小。因此,在高度强化的轿车发动机上得到了广泛的应用。

6. 气门的损伤

气门是发动机的重要零部件。由于工作时会长时间处于高温、有害气体腐蚀及反复的冲击载荷的作用下,其工作环境十分恶劣,加之修理装配、使用方面不按技术规范进行,以及气门相关件的质量不合格等原因,气门造成损伤是在所难免的。气门的损伤主要包括:气门杆磨损、气门杆端面磨损、气门工作面磨损或烧蚀、气门杆弯曲变形,如图 3-13 所示。



气门组零部件的
损伤及原因. mp4



(a) 单凸轮轴上置式摆臂驱动配气机构 (b) 双凸轮轴上置式摆臂驱动配气机构

图 3-11 凸轮轴上置摆臂驱动式配气机构

1,7—摆臂支座; 2,8—摆臂; 3—弹簧扣; 4—气门间隙调整块; 5—气门间隙调整螺钉; 6—锁紧螺母

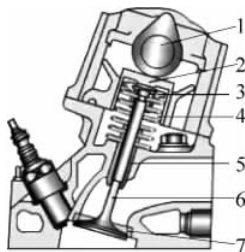


图 3-12 凸轮轴直接驱动式配气机构

1—凸轮轴; 2—液力挺柱; 3—气门弹簧座; 4—气门弹簧; 5—气门导管; 6—气门; 7—气门座圈



(a) 气门锥面局部烧蚀



(b) 气门杆弯曲

图 3-13 气门的损伤

3.1.2 气门座

1. 气门座的功用

气缸盖与气门锥面相结合的部位称为气门座,气门座的锥角与气门锥角相适应,如图 3-14 所示。气门座的功用是密封气缸内的气体、传递气门热量。气门与气门座之间的密封要求是比较严格的,气门把热量传递给气门座,气门座再把热量传递给冷却液,通过冷却液的循环流动带走热量。

2. 气门座的结构

气门座按结构形式分,可分为整体式和镶嵌式。整体式气门座是在气缸盖上加工成型的;镶嵌式气门座是在气缸盖的座圈孔中镶嵌了一个零部件,这个零部件就是气门座圈,如图 3-15 所示。整体式气门座散热效果好,但是由于气门座经常在高温、冲击、润滑条件差的环境下工作,易磨损。现代汽车发动机多采用镶嵌式气门座,以延长气缸盖的使用寿命,便于修理更换。气门座圈一般选用耐高温、耐磨损的材料,如合金铸铁、铁基粉末冶金、奥氏体钢等材料。气门座圈与气门座圈孔之间是过盈配合,可采用热装法或冷装法装配。

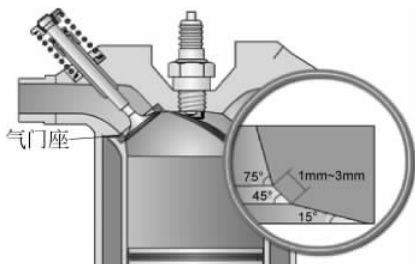


图 3-14 气门座及结构



图 3-15 气门座圈

3. 气门座的损伤及原因

配气机构的主要工作就是气门不断地开启和关闭,以便完成气体的交换。在气门完成工作的过程中要不断地撞击气门座,使气门座工作面起槽、变宽。在排气过程中,气门座还要受到高温气体的冲刷,使工作面氧化烧蚀出现斑点和凹蚀。由此可知,气门座常见损坏形式是磨损、烧蚀、凹痕、裂纹以及气门座圈脱落。

3.1.3 气门导管

气门导管的功用是对气门的运动起导向作用,保证气门做直线往复运动,使气门与气门座正确贴合。此外,还在气门杆与气缸盖之间起导热作用。

气门导管的工作温度较高,气门杆在气门导管中运动时,依靠凸轮轴飞溅出来的机油进行润滑,较易磨损。因此,要求气门导管材料的耐磨性好、导热性好、加工性好。气门导管一般选用的材料是含石墨较多的灰铸铁或铁基粉末冶金。

气门导管通常单独制成零部件,再压入气缸盖的孔中。气门导管与气门杆之间是间隙配合,配合间隙一般为 0.05~0.12mm,使气门杆能在气门导管中自由运动。

气门导管的常见损伤是磨损。气门导管磨损会导致气门杆的配合间隙增大,导向作用下降,使气门出现偏磨、密封不严。

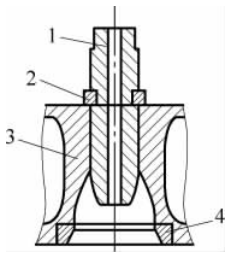


图 3-16 气门导管安装结构图

1—气门导管; 2—卡环;
3—气缸盖; 4—气门座

为了防止气门导管产生轴向移动,有些发动机对气门导管用凸台或卡环定位,如图 3-16 所示。带凸台和卡环的气门导管较压入式导管的配合过盈量要小,因为下气门弹簧座将凸台或卡环压住,使气门导管有了可靠的轴向定位,不致脱落。

3.1.4 气门油封

发动机工作时,凸轮轴飞溅起来的机油会顺着间隙流到气门杆和气门导管之间,对气门杆和气门导管摩擦副起润滑作用。发动机高速运转时,进气管中的真空度会显著升高,气缸盖罩中的机油会通过气门杆和气门导管之间的间隙被吸入气缸内,造成机油消耗增加,气门、燃烧室积炭。为此,在气门导管上安装有气门油封。气门油封的功用是防止机油进入进气管和排气管,避免造



气门导管的
功用.mp4



气门油封的
功用.mp4

成机油流失；防止汽油与空气的混合气体以及排放废气泄漏；防止发动机机油进入燃烧室。气门油封是一种耐高温、密封可靠的骨架式氟橡胶油封，其结构由外骨架和氟橡胶共同硫化而成，径口部装有自紧弹簧或钢丝。

气门油封是汽车的易损件之一，长期处于高温、高压、机油、摩擦环境下往复运动，易产生损坏。气门油封老化损坏后，会导致汽车加速乏力，烧机油，排气冒蓝烟等。

3.1.5 气门弹簧

气门弹簧使气门自动回位关闭，保证气门与气门座的密封，并吸收气门在关闭过程中各传动零件所产生的惯性力，以防传动件的跳动而破坏其密封性。

气门弹簧一般为圆柱形螺旋弹簧，如图 3-17(a)所示。气门弹簧的下端支承在气缸盖平面的弹簧凹坑内，上端与上气门弹簧座接触。气门弹簧安装时，需要具有一定的预紧力。气门弹簧一般选用的材料是合金弹簧钢。



气门弹簧的
功用. mp4



图 3-17 气门弹簧

当气门弹簧的工作频率与其固有的振动频率相等或为整数倍时，气门弹簧就会发生共振。共振时将使配气定时遭到破坏，使气门发生反跳和冲击，甚至使弹簧折断。减小或消除弹簧共振的措施如下。

(1) 提高气门弹簧的固有振动频率。即提高气门弹簧的刚度，如加粗钢丝直径，减小弹簧的螺距。会增加功率消耗和零件之间的冲击载荷。

(2) 采用双气门弹簧，如图 3-17(b)所示。安装时，双气门弹簧的旋向应相反。由于两弹簧的固有频率不同，当一个弹簧发生共振时，另一个弹簧可起减震作用。此外，当一个弹簧折断时，另一个弹簧仍可维持气门的工作。

(3) 采用不等螺距弹簧，如图 3-17(c)所示。弹簧工作时，先在螺距大的一端变形，有效圈数逐渐减少，固有频率逐渐提高，使共振成为不可能。不等螺距弹簧安装时，螺距小的一端应朝向气门头部。

(4) 采用锥形气门弹簧。锥形气门弹簧的刚度和固有振动频率沿弹簧轴线方向是变化的，因此，可以消除发生共振的可能性。

(5) 采用加阻尼摩擦片的等螺距的单弹簧。

气门弹簧的主要损伤是弹性减弱、磨损、折断。气门弹簧损伤后，会造成气门关闭不严，发动机启动困难，功率下降，甚至造成气门顶置式配气机构的气门掉入气缸中。

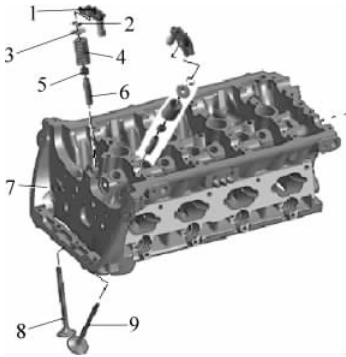
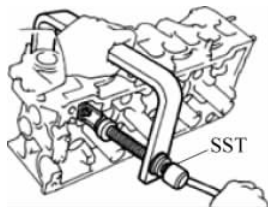
【任务实施】

气门磨损严重会导致机油沿着气门进入燃烧室燃烧,消耗机油,尾气产生蓝烟,气缸内产生积炭。气门密封面与气门座密封不严导致气缸工作压力下降,发动机动力下降。为修复由于气门组造成的故障,就要完成气门组拆装、气门检测,确定更换的零部件等任务。

1. 气门组的拆装



更换气门
油封.mp4

使用设备		发动机裸机(大众 BYJ)		使用资料	维修手册
序号	操作步骤	工具	操作过程	维修规范与操作要求	
1	气门组的装配关系分析	 1—液压挺柱; 2—气门锁片; 3—气门弹簧座; 4—气门弹簧; 5—气门油封; 6—气门导管; 7—气缸盖; 8—排气门; 9—进气门			
2	拆卸液力挺柱	吸棒	拆卸液力挺柱	维修规范: 用吸棒依次取下液力挺柱,并在工作台上按顺序摆放整齐	
3	拆卸气门	气门拆装钳、吸棒	组 装 气 门 拆 装 钳	操作要求: (1) 在安装气门拆装钳时,要使其与气门头部和气门弹簧的中心线在同一条直线上,如下图所示。 	
			拆卸气门锁片		
			松开气门拆装钳,取出气门组零部件		
				(2) 在压缩过程中,当气门锁片露出时,用吸棒取出两片气门锁片。 (3) 松开气门拆装钳后,取出气门组的零部件,并在工作台上按顺序摆放整齐	