

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015 年 7 月 2 日 (02.07.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/096183 A1

- (51) 国际专利分类号:
F01L 9/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/000224
- (22) 国际申请日: 2014 年 3 月 10 日 (10.03.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310738710.X 2013 年 12 月 28 日 (28.12.2013) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 崔靖晨 (CUI, Jingchen); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 隆武强 (LONG, Wuqiang); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 田江平 (TIAN, Jiangping); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 田华 (TIAN, Hua); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning

116024 (CN)。 杨添昊 (YANG, Tianhao); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。 王丹婷 (WANG, Danting); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。

(74) 代理人: 大连星海专利事务所 (DALIAN XINGHAI PATENT OFFICE); 中国辽宁省大连市西岗区唐山街 24 号春晖大厦 701, Liaoning 116012 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: MODULARIZED MULTIFUNCTIONAL VARIABLE VALVE ACTUATION SYSTEM FOR USE IN 4-CYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 发明名称: 一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统

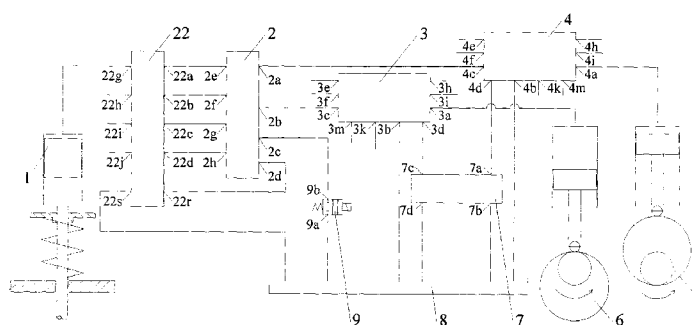


图 1 / Fig.1

(57) Abstract: A modularized multifunctional variable valve actuation system for use in a 4-cylinder internal combustion engine. The system comprises fuel supply modules, a phase limiting module, a mode selection module, control modules, a fuel transfer module, and a valve actuation module. The phase limiting module, with an extremely simple structure, implements a valve closing process not limited by operational phases of the fuel supply modules, and at the same time, requires only two fuel supply modules and two two-way two-position valves to implement a continuously variable valve event, and requires only two fuel supply modules, two three-way two-position valves, and one two-way two-position valve to implement a fully variable valve event, thus greatly reducing costs. The mode selection module implements flexible conversion of an actuation mode and a braking mode of an internal combustion engine. Components of the system are functionally independent, modules are selected on the basis of requirements such as a gas distribution mode, the flexibility of valve operations, and the presence or absence of the braking mode, and the need for altering other modules is obviated, thus the system has a great suitability and a wide range of applications.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/096183 A1



BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统, 包括供油模块、阶段限定模块、模式选择模块、控制模块、输油模块、气门驱动模块等。阶段限定模块以极简单的结构, 实现气门关闭过程不受供油模块运行阶段限制的同时, 只需要两个供油模块和两个两位两通阀即可实现连续可变气门事件, 只需要两个供油模块、两个两位三通阀和一个两位两通阀即可实现全可变气门事件, 极大地降低了成本; 模式选择模块实现了内燃机驱动模式和制动模式的灵活转换; 系统各部件功能独立, 根据配气方式、气门运行灵活程度、有无制动模式等要求来选择模块, 无需要改变其他模块, 系统适应性好, 应用范围广。

一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统

技术领域

本发明涉及一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统，属于可实现内燃机可变气门的驱动系统。

背景技术

随着世界经济的快速发展，能源与环境的问题已成为影响经济可持续发展的重要问题。内燃机作为目前世界上应用最为广泛的动力机械，每年消耗着大量的燃油，并且排出大量的有害气体与微粒，内燃机节能减排工作刻不容缓。可变气门技术因其在改善内燃机性能方面的潜力，受到了国内外内燃机研究机构与企业的广泛关注。除此以外，随着内燃机保有量的急剧增加，每年因交通事故造成的人民生命与财产损失逐年增加，车辆安全性越来越受到人们的重视，越来越多的国家将辅助制动系统列为车辆必备附件之一。然而目前电涡流缓速模块、液力缓速模块等辅助制动系统大多存在运行过程中制动部件容易过热、制动效率降低过快、制动能力可控程度低、制动时车辆容易跑偏、制动系统占用有限的车辆空间等问题。发动机辅助制动系统能够很好地避免这些问题。目前的发动机辅助制动系统中， 720° CA/循环的减压式辅助制动系统的制动效率最高，但是，该系统仍然存在制动功率较小的问题。日益迫切的节能减排和车辆安全性需求推动气门驱动系统向循环间、气缸间、气门运行参数（气门开启正时、最大升程、开启持续期）间独立可调，即向全可变气门驱动系统的方向发展。针对以上问题，一套同时满足内燃机 720° CA/循环的驱动模式和 360° CA/循环的压气机式制动模式的可变气门驱动系统的开发迫在眉睫。

目前，实用化了的可变气门驱动系统大多保留了配气凸轮，采用机械式结构，主要分为：1）凸轮轴调相式，如 TOYOTA 的 VVT 系统、BMW 的 Vanos 系统等；2）分阶段可变气门升程式，如 Honda 的 VTEC 系统等；3）连续可变气门升程式，如 BMW 的 Valvetronic 系统、Hyundai 的 CVVL 系统等。这类系统通过控制中间传动机构，调节内燃机各缸气门的启闭正时和/或最大行程。

较有凸轮可变气门驱动系统而言，无凸轮系统可实现更加灵活的气门事件，同时结构复杂，成本昂贵，并且需要在可靠性、耐用性和气门热膨胀补偿控制等方面进行更加深入的研究。这类系统主要包括电磁式和电液式两类。电磁式系统在运动精确控制、气门升程可调程度等方面有待进一步改善。较机械式和电磁式系统而言，电液式系统具有相对更高的气门可调灵活度、更高的功率密度、布置灵活等特点，是目前最具潜力的可变气门驱动系统。该系统主要包括共轨供油式和凸轮供油式两大类。

共轨供油式系统取消了配气凸轮，通过控制电磁阀的启闭状态和蓄能器内驱动油的压力，调节气门的启闭正时和最大行程。Ford 公司、Lucas 公司等对此进行过研究，仍需在系统成本、响应速度、占用空间等方面进行深入的研究。随着内燃机缸数、单缸气门数以及转速的增加，该系统还存在：1) 共轨管体积庞大、空间布置困难的问题；2) 系统中所使用的高速大流量电磁阀的数量过多，以及由目前电磁阀材料与加工工艺决定的电磁阀成本较高，因此，该系统的整体成本较高。这些问题造成了传统共轨供油式电液可变气门驱动系统实用化较为困难。

通过综合机械式和共轨供油式系统的优势，凸轮供油式系统受到了研究人员和生产厂商的广泛关注，如 Fiat 的 Multiair 系统、ABB 的 VCM 系统等。这类系统采用凸轮-柱塞式供油器来取代蓄能器，占用空间小，可实现气门的启闭正时和行程三者之间的同步调节。仍需要在以下两个方面加以改进：第一，系统所需供油器和电磁阀的数量较多，系统整体成本偏高；第二，气门运行可调范围受到供油和控制装置的限制，无法实现气门启闭正时和行程三者之间的独立调节，也实现不了内燃机辅助制动模式要求的 360° CA/循环的气门运行过程等。

针对凸轮供油式系统的这些问题，出现了一种凸轮供油式电液气门驱动系统，该系统采用凸轮-柱塞供油的方式，因其取消共轨管，并且减少了供油器的数量，系统空间布置容易。然而，该系统仍存在以下两个问题有待解决：1) 系统所需电磁阀的数量过多、系统成本较高的问题；2) 气门驱动可调范围受到凸轮-柱塞供油器供油规律的限制，无法实现排气门二次开启事件、无法实现将 720° CA/循环的内燃机变为 360° CA/循环的压气机式制动模式所要求的可变气门事件等，这些限制了该系统的功能拓展。

针对凸轮供油式电液气门驱动系统所存在的问题，出现了一种双模式全可变气门驱动系统，该系统通过使用驱动-制动循环器与模式转换器，减少了电磁阀数量，并且实现了同时满足内燃机驱动与制动模式所要求的可变气门事件。然而，该系统仍存在以下几个问题有待解决：1）由于系统所使用的两位五通阀需要在各个油口不同压差的情况下进行切换，而各个油口的压差变化情况极为复杂，并且，随着转速的增加，要求两位五通阀的响应时间越短，流通速率越大，这些要求造成了两位五通阀结构复杂，加工成本高；2）在内燃机驱动模式下，该系统无法实现在供油器供油阶段内关闭气门，这将限制该系统在内燃机怠速及中低工况的性能改善程度，而这些工况恰恰是城市车辆常用工况，这些工况下内燃机的运行情况很大程度上决定了车辆实际运行时的油耗与排放情况；3）驱动-制动循环器结构复杂，外接油管数量较多，降低了系统的工艺性，增加了系统的成本和布置难度；4）系统各部件间功能相互依赖，对于不同应用要求，需要改变多个部件及系统整体布置，限制了系统的应用范围。

针对凸轮供油式电液气门驱动系统和双模式全可变气门驱动系统所存在的问题，近年来出现了一种集约型多功能可变气门驱动系统，简化了电磁阀的结构，并且实现了在内燃机驱动模式下在供油器供油阶段内关闭气门。然而，该系统仍存在以下两个问题有待解决：1）循环选择器结构复杂，外接油管数量较多，降低了系统的工艺性，增加了系统的成本和布置难度；2）系统各部件间功能相互依赖，对于不同应用要求，需要改变多个部件及系统整体布置，限制了系统的应用范围。

发明内容

本发明的目的在于：1）通过设计阶段限定模块来达到以数量极少的供油模块和电磁阀，并且结构尽可能简单的电磁阀来实现内燃机驱动与制动模式所要求的可变气门事件的目的，从而达到在实现内燃机可变气门技术与辅助制动技术合二为一的同时，大幅度简化系统结构，降低系统成本的目的；2）尽可能简化阶段限定模块等系统关键部件的结构，减少外接油管的数量，提高零部件的工艺性，降低系统成本；3）通过采用模块化设计方法，将系统各部件的功能独立，以达到通过实际应用要求来选取系统部件，而无需对系统其他部件以及系

统整体布置进行改变的目的，增强系统对机型的适应性，拓展系统的应用范围；最终提高本系统的市场接受程度。

本发明所采用的技术方案是：一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统，它主要包括气门驱动模块 1、第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、输油模块 7、油箱 8、泄油阀 9 以及油管；它还包括阶段限定模块 2、模式选择模块 22、第 1 控制模块 3、第 2 控制模块 4；所述第 1 供油模块 6 与第 2 供油模块 5 为相位相差 180 度凸轮轴转角的凸轮-柱塞式供油模块，其旋转周期为内燃机点火间隔角的 2 倍，即 360 度曲轴转角；第 1 控制模块 3 设置有第 1 控制模块第 1 供油口 3a、第 1 控制模块泄油口 3b、第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 和第 1 控制模块输油口 3d；第 2 控制模块 4 设置有第 2 控制模块第 1 供油口 4a、第 2 控制模块泄油口 4b、第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 和第 2 控制模块输油口 4d；输油模块 7 设置有输油模块第 2 输油口 7a、输油模块泄油口 7b、输油模块第 1 输油口 7c 和输油模块进油口 7d；阶段限定模块 2 设置有阶段限定模块第 2 供油口 2a、阶段限定模块第 1 供油口 2b、阶段限定模块第 2 泄油口 2d、阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h；输油模块泄油口 7b、输油模块进油口 7d、第 1 控制模块泄油口 3b、第 2 控制模块泄油口 4b 均与油箱 8 相连，输油模块第 2 输油口 7a 与第 2 控制模块输油口 4d 相连，输油模块第 1 输油口 7c 与第 1 控制模块输油口 3d 相连，第 1 控制模块第 1 供油口 3a 与第 1 供油模块 6 相连，第 2 控制模块第 1 供油口 4a 与第 2 供油模块 5 相连，第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 与阶段限定模块第 1 供油口 2b 相连，第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 与阶段限定模块第 2 供油口 2a 相连；对于非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，增设泄油阀 9，阶段限定模块 2 还设置有阶段限定模块第 1 泄油口 2c，阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与泄油阀进油口 9b 相连，泄油阀出油口 9a 与油箱 8 相连；无制动模式时，阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h 分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块，阶段限定模块第 2 泄油口 2d 与油箱 8 相连，有制动模式时，增设模式选择模块 22，模式选择模块 22 设置有模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 2 供油口 22b、模式选择模块第 3 供油口 22c 和模式选择模块第 4 供油口 22d，这四者分别与阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱

动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h 相连，模式选择模块 22 还设置有模式选择模块第 1 驱动口 22g、模式选择模块第 2 驱动口 22h、模式选择模块第 3 驱动口 22i 和模式选择模块第 4 驱动口 22j，这四者分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块相连，模式选择模块 22 还设置有模式选择模块控制进油口 22r 和模式选择模块控制出油口 22s，二者分别与阶段限定模块第 2 泄油口 2d 和油箱 8 相连；对于缸数为 4 的整数倍的内燃机的气门驱动系统，按照点火顺序相隔 180 度曲轴转角分组，每 4 缸一组，每组采用一套上述可变气门驱动系统。

对于气门侧控制连续可变式或者独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 增设第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 和第 1 控制模块第 6 驱动口 3m，第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 连接到阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与模式选择模块第 1 供油口 22a 之间的油路或者模式选择模块第 1 驱动口 22g 与 1 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 连接到阶段限定模块第 2 驱动口 2f 与模式选择模块第 2 供油口 22b 或者模式选择模块第 2 驱动口 22h 与 4 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 2 控制模块 4 增设第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 和第 2 控制模块第 6 驱动口 4m，第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 连接到阶段限定模块第 3 驱动口 2g 与模式选择模块第 3 供油口 22c 之间的油路或者模式选择模块第 3 驱动口 22i 与 2 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 连接到阶段限定模块第 4 驱动口 2h 与模式选择模块第 4 供油口 22d 或者模式选择模块第 4 驱动口 22j 与 3 缸的气门驱动模块之间的油路上。

对于气门侧控制的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 增设第 1 控制模块第 2 供油口 3e、第 1 控制模块第 3 供油口 3f、第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 和第 1 控制模块第 3 驱动口 3i，第 1 控制模块第 2 供油口 3e 和第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 分别与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 和模式选择模块第 1 供油口 22a 或者模块第 1 驱动口 22g 和 1 缸的气门驱动模块相连，第 1 控制模块第 3 供油口 3f 和第 1 控制模块第 3 驱动口 3i 分别与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 和模式选择模块第 2 供油口 22b 或者模式选择模块第 2 驱动口 22h 和 4 缸的气门驱动模块相连，第 2 控制模块 4 还需要增设第 2 控制模块第 2 供油口 4e、第 2 控制模块第 3 供油口 4f、第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 和第 2 控制模块第 3 驱动口 4i，

第2控制模块第2供油口4e和第2控制模块第2驱动口4h分别与阶段限定模块第3驱动口2g和模式选择模块第3供油口22c或者模式选择模块第3驱动口22i和2缸的气门驱动模块相连,第2控制模块第3供油口4f和第2控制模块第3驱动口4i分别与阶段限定模块第4驱动口2h和模式选择模块第4供油口22d或者模式选择模块第4驱动口22j和3缸的气门驱动模块相连。

对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,还可以取消阶段限定模块2和模式选择模块22,第1控制模块第1供油口3a、第1控制模块第1驱动口3c、第1控制模块第2供油口3e和第1控制模块第3供油口3f均与第1供油模块6相连,第1控制模块第2驱动口3h和第1控制模块第5驱动口3k均与1缸的气门驱动模块相连,第1控制模块第3驱动口3i和第1控制模块第6驱动口3m均与4缸的气门驱动模块相连,第2控制模块第1供油口4a、第2控制模块第1驱动口4c、第2控制模块第2供油口4e和第2控制模块第3供油口4f均与第2供油模块5相连,第2控制模块第2驱动口4h和第2控制模块第5驱动口4k均与2缸的气门驱动模块相连,第2控制模块第3驱动口4i和第2控制模块第6驱动口4m均与3缸的气门驱动模块相连。

对于连续可变式气门驱动系统,输油模块7包括输油泵10、输油泵安全阀11、第1输油单向阀12和第2输油单向阀13,输油泵进油口10a与输油模块进油口7d相连,输油泵安全阀出油口11a与输油模块泄油口7b相连,第1输油单向阀出油口12b与输油模块第1输油口7c相连,第2输油单向阀出油口13b与输油模块第2输油口7a相连,输油泵出油口10b、输油泵安全阀进油口11b、第1输油单向阀进油口12a与第2输油单向阀进油口13a四者相连;对于全可变式气门驱动系统,输油模块7包括输油泵10、输油泵安全阀11、输油单向阀16和系统安全阀17,输油泵进油口10a与输油模块进油口7d相连,输油泵出油口10b、输油泵安全阀进油口11b与输油单向阀进油口16a三者相连,输油泵安全阀出油口11a、系统安全阀出油口17a与输油模块泄油口7b三者相连,输油单向阀出油口16b、系统安全阀进油口17b、输油模块第2输油口7a与输油模块第1输油口7c四者相连。

对于供油侧控制的连续可变式气门驱动系统,第1控制模块3包括第1两位两通阀14;第1两位两通阀出油口14a与第1控制模块泄油口3b相连;第1

两位两通阀进油口 14b、第 1 控制模块第 1 供油口 3a、第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 与第 1 控制模块输油口 3d 三者相连；对于气门侧控制的连续可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 包括第 1-1 两位两通阀 141 和第 1-2 两位两通阀 142，第 1 控制模块第 1 供油口 3a、第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 与第 1 控制模块输油口 3d 三者相连，第 1-1 两位两通阀出油口 141a、第 1-2 两位两通阀出油口 142a 与第 1 控制模块泄油口 3b 三者相连，第 1-1 两位两通阀进油口 141b 与第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 相连，第 1-2 两位两通阀进油口 142b 与第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 相连；对于供油侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 包括第 1 单向阀 18 和第 1 两位三通阀 19，第 1 单向阀进油口 18a 与第 1 控制模块泄油口 3b 相连，第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 控制模块第 1 供油口 3a 相连，第 1 两位三通阀输油口 19b 与第 1 控制模块输油口 3d 相连，第 1 两位三通阀驱动口 19c 与第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 相连，第 1 单向阀出油口 18b 与第 1 两位三通阀供油口 19a 或者第 1 两位三通阀驱动口 19c 相连；对于气门侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 包括第 1 单向阀 18、第 1-1 两位三通阀 191 和第 1-2 两位三通阀 192，第 1 单向阀进油口 18a 与第 1 控制模块泄油口 3b 相连，第 1 单向阀出油口 18b、第 1 控制模块第 1 供油口 3a 与第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 三者相连，第 1-1 两位三通阀输油口 191b、第 1-2 两位三通阀输油口 192b 与第 1 控制模块输油口 3d 三者相连，第 1-1 两位三通阀供油口 191a 与第 1 控制模块第 2 供油口 3e 相连，第 1-2 两位三通阀供油口 192a 与第 1 控制模块第 3 供油口 3f 相连，第 1-1 两位三通阀驱动口 191c 与第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 相连，第 1-2 两位三通阀驱动口 192c 与第 1 控制模块第 3 驱动口 3i 相连；对于供油侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 3 包括第 1 单向阀 18、第 1 两位三通阀 19、第 1 泄油阀 91 和第 2 泄油阀 92，第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 控制模块第 1 供油口 3a 相连，第 1 两位三通阀输油口 19b 与第 1 控制模块输油口 3d 相连，第 1 两位三通阀驱动口 19c 与第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 相连，第 1 泄油阀出油口 91a、第 2 泄油阀出油口 92a、第 1 单向阀进油口 18a 与第 1 控制模块泄油口 3b 四者相连，第 1 泄油阀进油口 91b 与第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 相连，第 2 泄油阀进油口 92b 与第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 相连，第 1 单向阀出油口 18b 与第 1 两位三通阀供油口 19a 或者第 1 两位三通阀驱动口 19c 相连；对于气门侧控制+

独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第1控制模块3包括第1单向阀18、第1-1两位三通阀191、第1-2两位三通阀192、第1泄油阀91和第2泄油阀92,第1单向阀出油口18b、第1控制模块第1供油口3a与第1控制模块第1驱动口3c三者相连,第1-1两位三通阀输油口191b、第1-2两位三通阀输油口192b与第1控制模块输油口3d三者相连,第1-1两位三通阀供油口191a与第1控制模块第2供油口3e相连,第1-2两位三通阀供油口192a与第1控制模块第3供油口3f相连,第1-1两位三通阀驱动口191c与第1控制模块第2驱动口3h相连,第1-2两位三通阀驱动口192c与第1控制模块第3驱动口3i相连,第1泄油阀出油口91a、第2泄油阀出油口92a、第1单向阀进油口18a与第1控制模块泄油口3b四者相连,第1泄油阀进油口91b与第1控制模块第5驱动口3k相连,第2泄油阀进油口92b与第1控制模块第6驱动口3m相连。

对于供油侧控制的连续可变式气门驱动系统,第2控制模块4包括第2两位两通阀15,第2两位两通阀出油口15a与第2控制模块泄油口4b相连,第2两位两通阀进油口15b、第2控制模块第1供油口4a、第2控制模块第1驱动口4c与第2控制模块输油口4d四者相连;对于气门侧控制的连续可变式气门驱动系统,第2控制模块4包括第2-1两位两通阀151和第2-2两位两通阀152,第2控制模块第1供油口4a、第2控制模块第1驱动口4c与第2控制模块输油口4d三者相连,第2-1两位两通阀出油口151a、第2-2两位两通阀出油口152a与第2控制模块泄油口4b三者相连,第2-1两位两通阀进油口151b与第2控制模块第5驱动口4k相连,第2-2两位两通阀进油口152b与第2控制模块第6驱动口4m相连;对于供油侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第2控制模块4包括第2单向阀20和第2两位三通阀21,第2单向阀进油口20a与第2控制模块泄油口4b相连,第2两位三通阀供油口21a与第2控制模块第1供油口4a相连,第2两位三通阀输油口21b与第2控制模块输油口4d相连,第2两位三通阀驱动口21c与第2控制模块第1驱动口4c相连,第2单向阀出油口20b与第2两位三通阀供油口21a或者第2两位三通阀驱动口21c相连;对于气门侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第2控制模块4包括第2单向阀20、第2-1两位三通阀211和第2-2两位三通阀212,第2单向阀进油口20a与第2控制模块泄油口4b相连,第2单向阀出油口20b、第2控制模块第1供油口4a与第2控制模块第1驱动口4c三者相连,第2-1两位三通阀输油

口 211b、第 2-2 两位三通阀输油口 212b 与第 2 控制模块输油口 4d 三者相连，第 2-1 两位三通阀供油口 211a 与第 2 控制模块第 2 供油口 4e 相连，第 2-2 两位三通阀供油口 212a 与第 2 控制模块第 3 供油口 4f 相连，第 2-1 两位三通阀驱动口 211c 与第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 相连，第 2-2 两位三通阀驱动口 212c 与第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 相连；对于供油侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20、第 2 两位三通阀 21、第 4 泄油阀 94 和第 5 泄油阀 95，第 2 两位三通阀供油口 21a 与第 2 控制模块第 1 供油口 4a 相连，第 2 两位三通阀输油口 21b 与第 2 控制模块输油口 4d 相连，第 2 两位三通阀驱动口 21c 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 相连，第 4 泄油阀出油口 94a、第 5 泄油阀出油口 95a、第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 四者相连，第 4 泄油阀进油口 94b 与第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 相连，第 5 泄油阀进油口 95b 与第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 相连，第 2 单向阀出油口 20b 与第 2 两位三通阀供油口 21a 或者第 2 两位三通阀驱动口 21c 相连；对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20、第 2-1 两位三通阀 211、第 2-2 两位三通阀 212、第 4 泄油阀 94 和第 5 泄油阀 95，第 2 单向阀出油口 20b、第 2 控制模块第 1 供油口 4a 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 三者相连，第 2-1 两位三通阀输油口 211b、第 2-2 两位三通阀输油口 212b 与第 2 控制模块输油口 4d 三者相连，第 2-1 两位三通阀供油口 211a 与第 2 控制模块第 2 供油口 4e 相连，第 2-2 两位三通阀供油口 212a 与第 2 控制模块第 3 供油口 4f 相连，第 2-1 两位三通阀驱动口 211c 与第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 相连，第 2-2 两位三通阀驱动口 212c 与第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 相连，第 4 泄油阀出油口 94a、第 5 泄油阀出油口 95a、第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 四者相连，第 4 泄油阀进油口 94b 与第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 相连，第 5 泄油阀进油口 95b 与第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 相连。

阶段限定模块 2 采用三层嵌套式结构，从外到内依次为开有油口的阶段限定模块外壳 2k、轴向开槽与开孔的阶段限定模块轴套 2m 以及径向开槽的阶段限定模块轴芯 2n，其中，阶段限定模块轴芯 2n 通过齿轮或者链轮传动机构由内燃机曲轴驱动，每 720 度曲轴转角旋转 1 周，阶段限定模块轴套 2m 固定嵌套在阶段限定模块外壳 2k 内部，将依照内燃机发火顺序，随着阶段限定模块轴芯 2n 的不断旋转，对于连续可变式气门驱动系统，阶段限定模块第 1 驱动口 2e 和阶

段限定模块第2驱动口2f均间隔性地分别与阶段限定模块第1供油口2b或者阶段限定模块第2泄油口2d相连,阶段限定模块第3驱动口2g和阶段限定模块第4驱动口2h均间隔性地分别与阶段限定模块第2供油口2a或者阶段限定模块第2泄油口2d相连;对于全可变式气门驱动系统,阶段限定模块第1驱动口2e和阶段限定模块第2驱动口2f均间隔性地分别与阶段限定模块第1供油口2b、阶段限定模块第1泄油口2c或者阶段限定模块第2泄油口2d相连,阶段限定模块第3驱动口2g和阶段限定模块第4驱动口2h均间隔性地分别与阶段限定模块第2供油口2a、阶段限定模块第1泄油口2c或者阶段限定模块第2泄油口2d相连。

模式选择模块22可采用双层嵌套式结构,包括开有油口的模式选择模块外壳22n与开槽的模式选择模块轴芯22q,模式选择模块轴芯22q通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动在模式选择模块外壳22n内进行旋转或者沿轴向移动,具有两个位置;当内燃机作为动力源的驱动模式时,不驱动模式选择模块轴芯22q,此时,模式选择模块控制进油口22r与模式选择模块控制出油口22s相连,模式选择模块第1供油口22a与模式选择模块第1驱动口22g相连,模式选择模块第2供油口22b与模式选择模块第2驱动口22h相连,模式选择模块第3供油口22c与模式选择模块第3驱动口22i相连,模式选择模块第4供油口22d与模式选择模块第4驱动口22j相连;当内燃机作为消耗源的制动模式时,驱动模式选择模块轴芯22q旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离,模式选择模块控制进油口22r与模式选择模块控制出油口22s断开,采用以进为排-以排为进制动模式时,模式选择模块第1供油口22a、模式选择模块第2供油口22b、模式选择模块第1驱动口22g与模式选择模块第2驱动口22h四者相连,模式选择模块第3供油口22c、模式选择模块第4供油口22d、模式选择模块第3驱动口22i与模式选择模块第4驱动口22j四者相连,采用以进为进-以排为排制动模式时,模式选择模块第1供油口22a、模式选择模块第2供油口22b、模式选择模块第3驱动口22i与模式选择模块第4驱动口22j四者相连,模式选择模块第3供油口22c、模式选择模块第4供油口22d、模式选择模块第1驱动口22g与模式选择模块第2驱动口22h四者相连。

对于采用以进为排-以排为进制动模式的气门驱动系统,模式转换模块22

还可采用开关阀组件式结构, 开关阀组件 27 可采用双层嵌套式结构, 包括开有油口的开关阀组件外壳 27n 与开槽的开关阀组件轴芯 27q, 开关阀组件轴芯 27q 通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动在开关阀组件外壳 27n 内进行旋转或者沿轴向移动, 具有两个位置; 开关阀组件 27 设置有开关阀组件第 1 油口 27a、开关阀组件第 2 油口 27b、开关阀组件第 4 油口 27d、开关阀组件第 5 油口 27e、开关阀组件第 6 油口 27f 和开关阀组件第 8 油口 27h, 模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 1 驱动口 22g 与开关阀组件第 1 油口 27a 三者相连, 模式选择模块第 2 供油口 22b、模式选择模块第 2 驱动口 22h 与开关阀组件第 5 油口 27e 三者相连, 模式选择模块第 3 供油口 22c、模式选择模块第 3 驱动口 22i 与开关阀组件第 2 油口 27b 三者相连, 模式选择模块第 4 供油口 22d、模式选择模块第 4 驱动口 22j 与开关阀组件第 6 油口 27f 三者相连, 模式选择模块控制进油口 22r 与开关阀组件第 4 油口 27d 相连, 模式选择模块控制出油口 22s 与开关阀组件第 8 油口 27h 相连; 在驱动模式下, 不驱动开关阀组件轴芯 27q, 此时, 开关阀组件第 1 油口 27a 与开关阀组件第 5 油口 27e 断开, 开关阀组件第 2 油口 27b 与开关阀组件第 6 油口 27f 断开, 开关阀组件第 4 油口 27d 与开关阀组件第 8 油口 27h 相连, 在制动模式下, 开关阀组件轴芯 27q 旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离, 开关阀组件第 1 油口 27a 与开关阀组件第 5 油口 27e 相连, 开关阀组件第 2 油口 27b 与开关阀组件第 6 油口 27f 相连, 开关阀组件第 4 油口 27d 与开关阀组件第 8 油口 27h 断开; 开关阀组件 27 还可采用独立开关阀的结构, 包括第 1 开关阀 23、第 2 开关阀 24 和第 4 开关阀 26; 开关阀组件第 5 油口 27e 与第 1 开关阀第 1 油口 23a 相连, 开关阀组件第 1 油口 27a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 相连, 开关阀组件第 6 油口 27f 与第 2 开关阀第 1 油口 24a 相连, 开关阀组件第 2 油口 27b 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 相连, 开关阀组件第 8 油口 27h 与第 4 开关阀第 1 油口 26a 相连, 开关阀组件第 4 油口 27d 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 相连; 在驱动模式下, 第 4 开关阀第 1 油口 26a 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 相连, 第 1 开关阀第 1 油口 23a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 断开, 第 2 开关阀第 1 油口 24a 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 断开; 在制动模式下, 驱动第 4 开关阀第 1 油口 26a 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 断开, 第 1 开关阀第 1 油口 23a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 相连, 第 2 开关阀第 1 油口 24a 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 相连。

本发明的有益效果是：(a) 这种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统在实现仅采用 2 个供油模块为内燃机所有进（排）气门的气门驱动模块提供液压油的同时，只需要两个供油模块和两个两位两通阀即可实现连续可变气门事件，以及只需要两个供油模块、两个两位三通阀和一个两位两通阀即可实现全可变气门事件，供油模块和电磁阀数量的大幅度减少，以及电磁阀所需结构的简化，极大地降低了系统的成本，提高了市场的接受程度；(b) 削弱了气门运行过程受供油模块运行阶段的限制，尤其是气门关闭过程完全不受供油模块运行阶段的限制，可达到通过提前关闭进气门进一步改善内燃机怠速及中低工况性能来改善车辆实际运行时的油耗和排放情况的目的，从而拓展系统的应用效果；(c) 极大地简化了阶段限定模块的结构，减少了外接油管的数量，增强了系统的工艺性和实用性，并且将阶段限定模块与模式选择模块的功能独立，有利于匹配有无制动模式及不同制动模式的内燃机；(d) 通过采用模块化设计方法，系统各部件间功能独立，根据实际应用要求来选取部件，而对系统其他部件没有影响，对机型的适应性好，应用范围广：根据是否有制动模式，选择是否设置模式选择模块；根据制动模式及模式选择模块的驱动方式，选取模式选择模块的结构；根据气门可变灵活程度、内燃机转速范围、空间布置等要求，选取相应的控制模块与输油模块；根据内燃机点火顺序，调节阶段限定模块轴芯各油口截面的开口角度，或者对于有制动模式的内燃机，改变阶段限定模块与模式选择模块之间油路的连接对象，对于无制动模式的内燃机，改变阶段限定模块与各缸气门驱动模块之间油路的连接对象即可；(e) 模式选择模块将内燃机可变气门技术和辅助制动技术合二为一，减少了汽车附件，极大地降低了成本，增强了系统的功能；(e) 系统各部件间采用油管连接，这对系统在实际应用车型上布置极为有利。

附图说明

下面结合附图与实施例对本发明进一步说明。

图 1 是模块化多功能可变气门驱动系统示意图。

图 2 是连续可变系统输油模块示意图。

图 3 是全可变系统输油模块示意图。

图 4 是供油侧控制的连续可变气门系统第 1 控制模块示意图。

图 5 是气门侧控制的连续可变气门系统第 1 控制模块示意图。

图 6 是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块第 1 种结构示意图。

图 7 是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块第 2 种结构示意图。

图 8 是气门侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块示意图。

图 9 是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块第 1 种结构示意图。

图 10 是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块第 2 种结构示意图。

图 11 是气门侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块示意图。

图 12 是供油侧控制的连续可变气门系统第 2 控制模块示意图。

图 13 是气门侧控制的连续可变气门系统第 2 控制模块示意图。

图 14 是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 1 种结构示意图。

图 15 是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 2 种结构示意图。

图 16 是气门侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块示意图。

图 17 是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 1 种结构示意图。

图 18 是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 2 种结构示意图。

图 19 是气门侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块示意图。

图 20 是阶段限定模块主视图。

图 21 是阶段限定模块左视图。

图 22 是阶段限定模块俯视图。

图 23 是阶段限定模块 A-A 横截面图。

图 24 是阶段限定模块 B-B 横截面图。

图 25 是阶段限定模块 C-C 横截面图。

图 26 是阶段限定模块 D-D 横截面图。

图 27 是阶段限定模块 E-E 横截面图。

图 28 是阶段限定模块 F-F 横截面图。

图 29 是阶段限定模块 G-G 横截面图。

图 30 是阶段限定模块 H-H 横截面图。

图 31 是阶段限定模块 I-I 横截面图。

图 32 是阶段限定模块 J-J 横截面图。

图 33 是阶段限定模块 K-K 横截面图。

图 34 是阶段限定模块 L-L 横截面图。

图 35 是阶段限定模块 M-M 横截面图。

图 36 是阶段限定模块 N-N 横截面图。

图 37 是用于以进为进-以排为排制动模式的旋转式模式选择模块主视图。

图 38 是用于以进为进-以排为排制动模式的旋转式模式选择模块左视图。

图 39 是用于以进为进-以排为排制动模式的旋转式模式选择模块后视图。

图 40 是用于以进为进-以排为排制动模式的旋转式模式选择模块俯视图。

图 41 是用于以进为进-以排为排制动模式的直动式模式选择模块主视图。

图 42 是用于以进为进-以排为排制动模式的直动式模式选择模块左视图。

图 43 是用于以进为进-以排为排制动模式的直动式模式选择模块后视图。

图 44 是用于以进为进-以排为排制动模式的直动式模式选择模块俯视图。

图 45 是用于以进为排-以排为进制动模式的旋转式模式选择模块主视图。

图 46 是用于以进为排-以排为进制动模式的旋转式模式选择模块左视图。

图 47 是用于以进为排-以排为进制动模式的旋转式模式选择模块俯视图。

图 48 是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块主视图。

图 49 是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块左视图。

图 50 是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块第 1、3、5 横截面图。

图 51 是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块第 2、4、6 横截面图。

图 52 是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块第 7 横截面图。

图 53 是用于以进为排-以排为进制动模式的开关阀组件式模式选择模块示意图。

图 54 是旋转式开关阀组件主视图。

图 55 是旋转式开关阀组件左视图。

图 56 是旋转式开关阀组件俯视图。

图 57 是直动式开关阀组件主视图。

图 58 是直动式开关阀组件左视图。

图 59 是直动式开关阀组件俯视图。

图 60 是独立开关阀式开关阀组件示意图。

图 61 是采用供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门以及以进为排-以排为进制动模式的单气门模块化多功能可变气门驱动系统示意图。

图中：1、气门驱动模块；2、阶段限定模块；2a、阶段限定模块第 2 供油口；2b、阶段限定模块第 1 供油口；2c、阶段限定模块第 1 泄油口；2d、阶段限定模块第 2 泄油口；2e、阶段限定模块第 1 驱动口；2f、阶段限定模块第 2 驱动口；2g、阶段限定模块第 3 驱动口；2h、阶段限定模块第 4 驱动口；2k、阶段限定模块外壳；2m、阶段限定模块轴套；2n、阶段限定模块轴芯；3、第 1 控制模块；3a、第 1 控制模块第 1 供油口；3b、第 1 控制模块泄油口；3c、第 1 控制模块第 1 驱动口；3d、第 1 控制模块输油口；3e、第 1 控制模块第 2 供油口；3f、第 1 控制模块第 3 供油口；3h、第 1 控制模块第 2 驱动口；3i、第 1 控制模块第 3 驱动口；3k、第 1 控制模块第 5 驱动口；3m、第 1 控制模块第 6 驱动口；4、第 2 控制模块；4a、第 2 控制模块第 1 供油口；4b、第 2 控制模块泄油口；4c、第 2 控制模块第 1 驱动口；4d、第 2 控制模块输油口；4e、第 2 控制模块第 2 供油口；4f、第 2 控制模块第 3 供油口；4h、第 2 控制模块第 2 驱动口；4i、第 2 控制模块第 3 驱动口；4k、第 2 控制模块第 5 驱动口；4m、第 2 控制模块第 6 驱动口；5、第 2 供油模块；6、第 1 供油模块；7、输油模块；7a、输油模块第 2 输油口；7b、输油模块泄油口；7c、输油模块第 1 输油口；7d、输油模块进油口；8、油箱；9、泄油阀；9a、泄油阀出油口；9b、泄油阀进油口；10、输油泵；10a、输油泵进油口；10b、输油泵出油口；11、输油泵安全阀；11a、输油泵安全阀出油口；11b、输油泵安全阀进油口；12、第 1 输油单向阀；12a、

第 1 输油单向阀进油口；12b、第 1 输油单向阀出油口；13、第 2 输油单向阀；13a、第 2 输油单向阀进油口；13b、第 2 输油单向阀出油口；14、第 1 两位两通阀；14a、第 1 两位两通阀出油口；14b、第 1 两位两通阀进油口；15、第 2 两位两通阀；15a、第 2 两位两通阀出油口；15b、第 2 两位两通阀进油口；16、输油单向阀；16a、输油单向阀进油口；16b、输油单向阀出油口；17、系统安全阀；17a、系统安全阀出油口；17b、系统安全阀进油口；18、第 1 单向阀；18a、第 1 单向阀进油口；18b、第 1 单向阀出油口；19、第 1 两位三通阀；19a、第 1 两位三通阀供油口；19b、第 1 两位三通阀输油口；19c、第 1 两位三通阀驱动口；20、第 2 单向阀；20a、第 2 单向阀进油口；20b、第 2 单向阀出油口；21、第 2 两位三通阀；21a、第 2 两位三通阀供油口；21b、第 2 两位三通阀输油口；21c、第 2 两位三通阀驱动口；22、模式选择模块；22a、模式选择模块第 1 供油口；22b、模式选择模块第 2 供油口；22c、模式选择模块第 3 供油口；22d、模式选择模块第 4 供油口；22g、模式选择模块第 1 驱动口；22h、模式选择模块第 2 驱动口；22i、模式选择模块第 3 驱动口；22j、模式选择模块第 4 驱动口；22n、模式选择模块外壳；22q、模式选择模块轴芯；22r、模式选择模块控制进油口；22s、模式选择模块控制出油口；23、第 1 开关阀、23a、第 1 开关阀第 1 油口；23b、第 1 开关阀第 2 油口；24、第 2 开关阀；24a、第 2 开关阀第 1 油口；24b、第 2 开关阀第 2 油口；26、第 4 开关阀；26a、第 4 开关阀第 1 油口；26b、第 4 开关阀第 2 油口；27、开关阀组件；27a、开关阀组件第 1 油口；27b、开关阀组件第 2 油口；27d、开关阀组件第 4 油口；27e、开关阀组件第 5 油口；27f、开关阀组件第 6 油口；27h、开关阀组件第 8 油口；27n、开关阀组件外壳；27q、开关阀组件轴芯；91、第 1 泄油阀；91a、第 1 泄油阀出油口；91b、第 1 泄油阀进油口；92、第 2 泄油阀；92a、第 2 泄油阀出油口；92b、第 2 泄油阀进油口；94、第 4 泄油阀；94a、第 4 泄油阀出油口；94b、第 4 泄油阀进油口；95、第 5 泄油阀；95a、第 5 泄油阀出油口；95b、第 5 泄油阀进油口；141、第 1-1 两位两通阀；141a、第 1-1 两位两通阀出油口；141b、第 1-1 两位两通阀进油口；142、第 1-2 两位两通阀；142a、第 1-2 两位两通阀出油口；142b、第 1-2 两位两通阀进油口；151、第 2-1 两位两通阀；151a、第 2-1 两位两通阀出油口；151b、第 2-1 两位两通阀进油口；152、第 2-2 两位两通阀；152a、第 2-2 两位两通阀出油口；152b、第 2-2 两位两通阀进油口；191、第 1-1 两位三通阀；191a、

第 1-1 两位三通阀供油口；191b、第 1-1 两位三通阀输油口；191c、第 1-1 两位三通阀驱动口；192、第 1-2 两位三通阀；192a、第 1-2 两位三通阀供油口；192b、第 1-2 两位三通阀输油口；192c、第 1-2 两位三通阀驱动口；211、第 2-1 两位三通阀；211a、第 2-1 两位三通阀供油口；211b、第 2-1 两位三通阀输油口；211c、第 2-1 两位三通阀驱动口；212、第 2-2 两位三通阀；212a、第 2-2 两位三通阀供油口；212b、第 2-2 两位三通阀输油口；212c、第 2-2 两位三通阀驱动口。

具体实施方式

图 1 示出了模块化多功能可变气门驱动系统示意图。该系统主要包括气门驱动模块 1、第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、输油模块 7、油箱 8、泄油阀 9 以及油管；它还包括阶段限定模块 2、模式选择模块 22、第 1 控制模块 3、第 2 控制模块 4；所述第 1 供油模块 6 与第 2 供油模块 5 为相位相差 180 度凸轮轴转角的凸轮-柱塞式供油模块，其旋转周期为内燃机点火间隔角的 2 倍，即 360 度曲轴转角；第 1 控制模块 3 设置有第 1 控制模块第 1 供油口 3a、第 1 控制模块泄油口 3b、第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 和第 1 控制模块输油口 3d；第 2 控制模块 4 设置有第 2 控制模块第 1 供油口 4a、第 2 控制模块泄油口 4b、第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 和第 2 控制模块输油口 4d；输油模块 7 设置有输油模块第 2 输油口 7a、输油模块泄油口 7b、输油模块第 1 输油口 7c 和输油模块进油口 7d；阶段限定模块 2 设置有阶段限定模块第 2 供油口 2a、阶段限定模块第 1 供油口 2b、阶段限定模块第 2 泄油口 2d、阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h；输油模块泄油口 7b、输油模块进油口 7d、第 1 控制模块泄油口 3b、第 2 控制模块泄油口 4b 均与油箱 8 相连，输油模块第 2 输油口 7a 与第 2 控制模块输油口 4d 相连，输油模块第 1 输油口 7c 与第 1 控制模块输油口 3d 相连，第 1 控制模块第 1 供油口 3a 与第 1 供油模块 6 相连，第 2 控制模块第 1 供油口 4a 与第 2 供油模块 5 相连，第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 与阶段限定模块第 1 供油口 2b 相连，第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 与阶段限定模块第 2 供油口 2a 相连；无制动模式时，阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h 分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门

驱动模块, 阶段限定模块第 2 泄油口 2d 与油箱 8 相连, 有制动模式时, 增设模式选择模块 22, 模式选择模块 22 设置有模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 2 供油口 22b、模式选择模块第 3 供油口 22c 和模式选择模块第 4 供油口 22d, 这四者分别与阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 驱动口 2f、阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和阶段限定模块第 4 驱动口 2h 相连, 模式选择模块 22 还设置有模式选择模块第 1 驱动口 22g、模式选择模块第 2 驱动口 22h、模式选择模块第 3 驱动口 22i 和模式选择模块第 4 驱动口 22j, 这四者分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块相连, 模式选择模块 22 还设置有模式选择模块控制进油口 22r 和模式选择模块控制出油口 22s, 二者分别与阶段限定模块第 2 泄油口 2d 和油箱 8 相连; 对于缸数为 4 的整数倍的内燃机的气门驱动系统, 按照点火顺序相隔 180 度曲轴转角分组, 每 4 缸一组, 每组采用一套上述可变气门驱动系统。

对于气门侧控制连续可变式或者独立泄油阀的全可变式气门驱动系统, 第 1 控制模块 3 增设第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 和第 1 控制模块第 6 驱动口 3m, 第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 连接到阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与模式选择模块第 1 供油口 22a 之间的油路或者模式选择模块第 1 驱动口 22g 与 1 缸的气门驱动模块之间的油路上, 第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 连接到阶段限定模块第 2 驱动口 2f 与模式选择模块第 2 供油口 22b 或者模式选择模块第 2 驱动口 22h 与 4 缸的气门驱动模块之间的油路上, 第 2 控制模块 4 增设第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 和第 2 控制模块第 6 驱动口 4m, 第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 连接到阶段限定模块第 3 驱动口 2g 与模式选择模块第 3 供油口 22c 之间的油路或者模式选择模块第 3 驱动口 22i 与 2 缸的气门驱动模块之间的油路上, 第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 连接到阶段限定模块第 4 驱动口 2h 与模式选择模块第 4 供油口 22d 或者模式选择模块第 4 驱动口 22j 与 3 缸的气门驱动模块之间的油路上。

对于气门侧控制的全可变式气门驱动系统, 第 1 控制模块 3 增设第 1 控制模块第 2 供油口 3e、第 1 控制模块第 3 供油口 3f、第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 和第 1 控制模块第 3 驱动口 3i, 第 1 控制模块第 2 供油口 3e 和第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 分别与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 和模式选择模块第 1 供油口 22a 或者模块第 1 驱动口 22g 和 1 缸的气门驱动模块相连, 第 1 控制模块第 3 供油

口 3f 和第 1 控制模块第 3 驱动口 3i 分别与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 和模式选择模块第 2 供油口 22b 或者模式选择模块第 2 驱动口 22h 和 4 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块 4 还需要增设第 2 控制模块第 2 供油口 4e、第 2 控制模块第 3 供油口 4f、第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 和第 2 控制模块第 3 驱动口 4i, 第 2 控制模块第 2 供油口 4e 和第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 分别与阶段限定模块第 3 驱动口 2g 和模式选择模块第 3 供油口 22c 或者模式选择模块第 3 驱动口 22i 和 2 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 3 供油口 4f 和第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 分别与阶段限定模块第 4 驱动口 2h 和模式选择模块第 4 供油口 22d 或者模式选择模块第 4 驱动口 22j 和 3 缸的气门驱动模块相连。

对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统, 还可以取消阶段限定模块 2 和模式选择模块 22, 第 1 控制模块第 1 供油口 3a、第 1 控制模块第 1 驱动口 3c、第 1 控制模块第 2 供油口 3e 和第 1 控制模块第 3 供油口 3f 均与第 1 供油模块 6 相连, 第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 和第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 均与 1 缸的气门驱动模块相连, 第 1 控制模块第 3 驱动口 3i 和第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 均与 4 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 1 供油口 4a、第 2 控制模块第 1 驱动口 4c、第 2 控制模块第 2 供油口 4e 和第 2 控制模块第 3 供油口 4f 均与第 2 供油模块 5 相连, 第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 和第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 均与 2 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 和第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 均与 3 缸的气门驱动模块相连。

对于非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统, 增设泄油阀 9, 阶段限定模块 2 还设置有阶段限定模块第 1 泄油口 2c, 阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与泄油阀进油口 9b 相连, 泄油阀出油口 9a 与油箱 8 相连。

输油模块 7 为第 1 供油模块 6 与第 2 供油模块 5 输送液压油。对于供油侧控制的气门驱动系统, 第 1 控制模块 3 控制第 1 供油模块 6 内液压油的连通对象, 第 2 控制模块 4 控制第 2 供油模块 5 内液压油的连通对象。对于用于 6 缸内燃机的气门侧控制的气门驱动系统, 第 1 控制模块 3 控制 1 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块内液压油的连通对象, 气门侧控制的第 2 控制模块 4 控制 4 缸、5 缸和 6 缸的气门驱动模块内液压油的连通对象。对于用于 4 缸内燃机的气门侧控制的气门驱动系统, 第 1 控制模块 3 控制 1 缸和 4 缸的气门驱动模块内液压

油的连通对象，气门侧控制的第 2 控制模块 4 控制 2 缸和 3 缸的气门驱动模块内液压油的连通对象。阶段限定模块 2 决定各缸气门驱动模块与第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、直接或者间接与油箱 8 相连的阶段来达到对气门驱动阶段限定的目的。模式选择模块 22 则根据内燃机运行情况，选择气门驱动系统当前的运行模式，即驱动模式或者制动模式。气门驱动模块 1 采用液压驱动，弹簧复位的方式来完成气门的启闭运行。

在驱动模式下，阶段限定模块 2 使得第 1 供油模块 6 间隔性地为 1 缸和 4 缸的气门驱动模块供油，第 1 控制模块 3 单独或者和泄油阀 9 相配合，间隔性地控制 1 缸和 4 缸的气门驱动模块的具体启闭参数；第 2 供油模块 5 间隔性地为 2 缸和 3 缸的气门驱动模块供油，第 2 控制模块 4 单独或者和泄油阀 9 相配合，间隔性地控制 2 缸和 3 缸的气门驱动模块的具体启闭参数。在 720 度曲轴转角，即一个阶段限定模块 2 运行周期内，按照 1 缸-2 缸-4 缸-3 缸或者 1 缸-3 缸-4 缸-2 缸的顺序启闭气门，满足驱动模式的要求。在制动模式下，模式选择模块 22 使得将内燃机的气门驱动模块分为 2 组：1 缸和 4 缸，2 缸和 3 缸。第 1 供油模块 6 或者第 2 供油模块 5 间隔性地为这两组气门驱动模块供油，第 1 控制模块 3 单独或者和泄油阀 9 相配合或者第 2 控制模块 4 单独或者和泄油阀 9 相配合，间隔性地控制这两组气门驱动模块的具体启闭参数。在 720 度曲轴转角，即一个阶段限定模块 2 运行周期内，按照 1 缸+4 缸-2 缸+3 缸-1 缸+4 缸-2 缸+3 缸的顺序启闭气门，满足制动模式的要求。

图 2 是连续可变系统输油模块示意图。输油模块 7 包括输油泵 10、输油泵安全阀 11、第 1 输油单向阀 12 和第 2 输油单向阀 13，输油泵进油口 10a 与输油模块进油口 7d 相连，输油泵安全阀出油口 11a 与输油模块泄油口 7b 相连，第 1 输油单向阀出油口 12b 与输油模块第 1 输油口 7c 相连，第 2 输油单向阀出油口 13b 与输油模块第 2 输油口 7a 相连，输油泵出油口 10b、输油泵安全阀进油口 11b、第 1 输油单向阀进油口 12a 与第 2 输油单向阀进油口 13a 四者相连。

图 3 是全可变系统输油模块示意图。输油模块 7 包括输油泵 10、输油泵安全阀 11、输油单向阀 16 和系统安全阀 17，输油泵进油口 10a 与输油模块进油口 7d 相连，输油泵出油口 10b、输油泵安全阀进油口 11b 与输油单向阀进油口 16a 三者相连，输油泵安全阀出油口 11a、系统安全阀出油口 17a 与输油模块泄油口

7b三者相连,输油单向阀出油口16b、系统安全阀进油口17b、输油模块第2输油口7a与输油模块第1输油口7c四者相连。

图4是供油侧控制的连续可变气门系统第1控制模块示意图。第1控制模块3包括第1两位两通阀14;第1两位两通阀出油口14a与第1控制模块泄油口3b相连;第1两位两通阀进油口14b、第1控制模块第1供油口3a、第1控制模块第1驱动口3c与第1控制模块输油口3d四者相连。

图5是气门侧控制的连续可变气门系统第1控制模块示意图。第1控制模块3包括第1-1两位两通阀141和第1-2两位两通阀142,第1控制模块第1供油口3a、第1控制模块第1驱动口3c与第1控制模块输油口3d三者相连,第1-1两位两通阀出油口141a、第1-2两位两通阀出油口142a与第1控制模块泄油口3b三者相连,第1-1两位两通阀进油口141b与第1控制模块第5驱动口3k相连,第1-2两位两通阀进油口142b与第1控制模块第6驱动口3m相连。

图6和图7分别是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第1控制模块第1种和第2种结构示意图。第1控制模块3包括第1单向阀18和第1两位三通阀19,第1单向阀进油口18a与第1控制模块泄油口3b相连,第1两位三通阀供油口19a与第1控制模块第1供油口3a相连,第1两位三通阀输油口19b与第1控制模块输油口3d相连,第1两位三通阀驱动口19c与第1控制模块第1驱动口3c相连,第1单向阀出油口18b与第1两位三通阀供油口19a或者第1两位三通阀驱动口19c相连。

图8是气门侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第1控制模块示意图。第1控制模块3包括第1单向阀18、第1-1两位三通阀191和第1-2两位三通阀192,第1单向阀进油口18a与第1控制模块泄油口3b相连,第1单向阀出油口18b、第1控制模块第1供油口3a与第1控制模块第1驱动口3c三者相连,第1-1两位三通阀输油口191b、第1-2两位三通阀输油口192b与第1控制模块输油口3d三者相连,第1-1两位三通阀供油口191a与第1控制模块第2供油口3e相连,第1-2两位三通阀供油口192a与第1控制模块第3供油口3f相连,第1-1两位三通阀驱动口191c与第1控制模块第2驱动口3h相连,第1-2两位三通阀驱动口192c与第1控制模块第3驱动口3i相连。

图9和图10分别是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第1控制模块第1种和第2种结构示意图。第1控制模块3包括第1单向阀18、第1两位

三通阀 19、第 1 泄油阀 91 和第 2 泄油阀 92，第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 控制模块第 1 供油口 3a 相连，第 1 两位三通阀输油口 19b 与第 1 控制模块输油口 3d 相连，第 1 两位三通阀驱动口 19c 与第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 相连，第 1 泄油阀出油口 91a、第 2 泄油阀出油口 92a、第 1 单向阀进油口 18a 与第 1 控制模块泄油口 3b 四者相连，第 1 泄油阀进油口 91b 与第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 相连，第 2 泄油阀进油口 92b 与第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 相连，第 1 单向阀出油口 18b 与第 1 两位三通阀供油口 19a 或者第 1 两位三通阀驱动口 19c 相连。

图 11 是气门侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 1 控制模块示意图。第 1 控制模块 3 包括第 1 单向阀 18、第 1-1 两位三通阀 191、第 1-2 两位三通阀 192、第 1 泄油阀 91 和第 2 泄油阀 92，第 1 单向阀出油口 18b、第 1 控制模块第 1 供油口 3a 与第 1 控制模块第 1 驱动口 3c 三者相连，第 1-1 两位三通阀输油口 191b、第 1-2 两位三通阀输油口 192b 与第 1 控制模块输油口 3d 三者相连，第 1-1 两位三通阀供油口 191a 与第 1 控制模块第 2 供油口 3e 相连，第 1-2 两位三通阀供油口 192a 与第 1 控制模块第 3 供油口 3f 相连，第 1-1 两位三通阀驱动口 191c 与第 1 控制模块第 2 驱动口 3h 相连，第 1-2 两位三通阀驱动口 192c 与第 1 控制模块第 3 驱动口 3i 相连，第 1 泄油阀出油口 91a、第 2 泄油阀出油口 92a、第 1 单向阀进油口 18a 与第 1 控制模块泄油口 3b 四者相连，第 1 泄油阀进油口 91b 与第 1 控制模块第 5 驱动口 3k 相连，第 2 泄油阀进油口 92b 与第 1 控制模块第 6 驱动口 3m 相连。

图 12 是供油侧控制的连续可变气门系统第 2 控制模块示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2 两位两通阀 15，第 2 两位两通阀出油口 15a 与第 2 控制模块泄油口 4b 相连，第 2 两位两通阀进油口 15b、第 2 控制模块第 1 供油口 4a、第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 与第 2 控制模块输油口 4d 四者相连。

图 13 是气门侧控制的连续可变气门系统第 2 控制模块示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2-1 两位两通阀 151 和第 2-2 两位两通阀 152，第 2 控制模块第 1 供油口 4a、第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 与第 2 控制模块输油口 4d 三者相连，第 2-1 两位两通阀出油口 151a、第 2-2 两位两通阀出油口 152a 与第 2 控制模块泄油口 4b 三者相连，第 2-1 两位两通阀进油口 151b 与第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 相连，第 2-2 两位两通阀进油口 152b 与第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 相连。

图 14 和图 15 分别是供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 1 种和第 2 种结构示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20 和第 2 两位三通阀 21，第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 相连，第 2 两位三通阀供油口 21a 与第 2 控制模块第 1 供油口 4a 相连，第 2 两位三通阀输油口 21b 与第 2 控制模块输油口 4d 相连，第 2 两位三通阀驱动口 21c 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 相连，第 2 单向阀出油口 20b 与第 2 两位三通阀供油口 21a 或者第 2 两位三通阀驱动口 21c 相连。

图 16 是气门侧控制+非独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20、第 2-1 两位三通阀 211 和第 2-2 两位三通阀 212，第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 相连，第 2 单向阀出油口 20b、第 2 控制模块第 1 供油口 4a 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 三者相连，第 2-1 两位三通阀输油口 211b、第 2-2 两位三通阀输油口 212b 与第 2 控制模块输油口 4d 三者相连，第 2-1 两位三通阀供油口 211a 与第 2 控制模块第 2 供油口 4e 相连，第 2-2 两位三通阀供油口 212a 与第 2 控制模块第 3 供油口 4f 相连，第 2-1 两位三通阀驱动口 211c 与第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 相连，第 2-2 两位三通阀驱动口 212c 与第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 相连。

图 17 和图 18 分别是供油侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块第 1 种和第 2 种结构示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20、第 2 两位三通阀 21、第 4 泄油阀 94 和第 5 泄油阀 95，第 2 两位三通阀供油口 21a 与第 2 控制模块第 1 供油口 4a 相连，第 2 两位三通阀输油口 21b 与第 2 控制模块输油口 4d 相连，第 2 两位三通阀驱动口 21c 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 相连，第 4 泄油阀出油口 94a、第 5 泄油阀出油口 95a、第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 四者相连，第 4 泄油阀进油口 94b 与第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 相连，第 5 泄油阀进油口 95b 与第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 相连，第 2 单向阀出油口 20b 与第 2 两位三通阀供油口 21a 或者第 2 两位三通阀驱动口 21c 相连。

图 19 是气门侧控制+独立泄油阀的全可变气门系统第 2 控制模块示意图。第 2 控制模块 4 包括第 2 单向阀 20、第 2-1 两位三通阀 211、第 2-2 两位三通阀 212、第 4 泄油阀 94 和第 5 泄油阀 95，第 2 单向阀出油口 20b、第 2 控制模块第 1 供油口 4a 与第 2 控制模块第 1 驱动口 4c 三者相连，第 2-1 两位三通阀输油

口 211b、第 2-2 两位三通阀输油口 212b 与第 2 控制模块输油口 4d 三者相连，第 2-1 两位三通阀供油口 211a 与第 2 控制模块第 2 供油口 4e 相连，第 2-2 两位三通阀供油口 212a 与第 2 控制模块第 3 供油口 4f 相连，第 2-1 两位三通阀驱动口 211c 与第 2 控制模块第 2 驱动口 4h 相连，第 2-2 两位三通阀驱动口 212c 与第 2 控制模块第 3 驱动口 4i 相连，第 4 泄油阀出油口 94a、第 5 泄油阀出油口 95a、第 2 单向阀进油口 20a 与第 2 控制模块泄油口 4b 四者相连，第 4 泄油阀进油口 94b 与第 2 控制模块第 5 驱动口 4k 相连，第 5 泄油阀进油口 95b 与第 2 控制模块第 6 驱动口 4m 相连。

本具体实施方式以 1-2-4-3 类 4 缸内燃机为例，设计阶段限定模块 2 和模式选择模块 22。对于 1-3-4-2 类 4 缸内燃机的阶段限定模块 2 只需要在对应的阶段限定模块 2 的基础上，调节阶段限定模块轴芯 2n 各油口截面的开口角度，或者对于有制动模式的内燃机，改变阶段限定模块 2 与模式选择模块 22 之间油路的连接对象，对于无制动模式的内燃机，改变阶段限定模块 2 与各缸气门驱动模块之间油路的连接对象即可，不再重复。

图 20-图 22 分别是阶段限定模块主视图、左视图与俯视图。图 23-图 36 分别是阶段限定模块上各油口的横截面图。对于连续可变气门事件的内燃机，取消阶段限定模块第 1 泄油口 2c 及其相关截面，即取消图 25-图 27 以及图 32-图 34。

根据驱动模式下的 4 缸内燃机对气门启闭事件的要求，可得出第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、各缸的气门驱动模块、油箱 8 相对曲轴转角的连通关系，见表 1。值得注意到是表 1 为未考虑具体内燃机实际运行情况的粗略的连通关系，在实际应用中，应当根据内燃机的实际要求对表中数据加以修正。对于连续可变气门事件的内燃机，取消间接与油箱 8 相连行。

表 1 驱动模式下第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、各缸的气门驱动
模块、油箱 8 相对曲轴转角的连通关系

连通范围	1 缸气门 驱动模块	2 缸气门 驱动模块	3 缸气门 驱动模块	4 缸气门 驱动模块
第 1 供油模块 6	0°-360°			360°-720°
第 2 供油模块 5		180°-540°	-180°-180°	
油箱 8 (直接)	360°-720°	-180°-180°	180°-540°	0°-360°
油箱 8 (间接)	0°-180°	180°-360°	540°-720°	360°-540°

根据表 1 中各部件的连通关系, 阶段限定模块 2 采用三层嵌套式结构, 从外到内依次为开有油口的阶段限定模块外壳 2k、轴向开槽与开孔的阶段限定模块轴套 2m 以及径向开槽的阶段限定模块轴芯 2n, 其中, 阶段限定模块轴芯 2n 通过齿轮或者链轮传动机构由内燃机曲轴驱动, 每 720 度曲轴转角旋转 1 周, 阶段限定模块轴套 2m 固定嵌套在阶段限定模块外壳 2k 内部, 将依照内燃机发火顺序, 随着阶段限定模块轴芯 2n 的不断旋转, 利用阶段限定模块轴芯 2n 径向开的槽与阶段限定模块轴套 2m 轴向开的槽与孔来将阶段限定模块外壳 2k 上的各个油口按照表 1 的要求进行连通或者断开。阶段限定模块 2 上的各个油口相对曲轴转角的连通关系如表 2 所示, 相对阶段限定模块转角的连通关系如表 3 所示。对于连续可变气门事件的内燃机, 取消阶段限定模块第 1 泄油口 2c 行。

表 2 阶段限定模块 2 上的各油口相对曲轴转角的连通关系

连通范围	第 1 驱动 □ 2e	第 3 驱动 □ 2g	第 4 驱动 □ 2h	第 2 驱动 □ 2f
第 1 供油口 2b	0°-360°			360°-720°
第 2 供油口 2a		180°-540°	-180°-180°	
第 2 泄油口 2d	360°-720°	-180°-180°	180°-540°	0°-360°
第 1 泄油口 2c	0°-180°	180°-360°	540°-720°	360°-540°

表 3 阶段限定模块 2 上的各油口相对阶段限定模块转角的连通关系

连通范围	第 1 驱动 □ 2e	第 3 驱动 □ 2g	第 4 驱动 □ 2h	第 2 驱动 □ 2f
第 1 供油口 2b	0°-180°			180°-360°
第 2 供油口 2a		90°-270°	-90°-90°	
第 2 泄油口 2d	180°-360°	-90°-90°	90°-270°	0°-360°
第 1 泄油口 2c	0°-90°	90°-180°	270°-360°	180°-270°

根据制动模式下内燃机对气门启闭的要求，采用以进为排-以排为进制动模式的自然吸气式内燃机在需要制动的情况下，气门驱动系统在上止点附近打开进气门，将缸内的压缩气体沿着进气道排出，以减少活塞下行时压缩气体对活塞做功；在下止点附近打开排气门，将空气从排气道吸入气缸，以增加活塞上行时活塞压缩气体的负功。采用以进为进-以排为排制动模式的涡轮增压式或者自然吸气式内燃机在需要制动的情况下，气门驱动系统在上止点附近打开排气门，将缸内的压缩气体沿着排气道排出，以减少活塞下行时压缩气体对活塞做功；在下止点附近打开进气门，将空气从进气道吸入气缸，以增加活塞上行时活塞压缩气体的负功。

根据制动模式下的 4 缸内燃机对气门启闭事件的要求，可得出第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、各缸的气门驱动模块、油箱 8 相对曲轴转角的连通关系，见表 4。值得注意到是表 4 为未考虑具体内燃机实际运行情况的粗略的连通关系，在实际应用中，应当根据内燃机的实际要求对表中数据加以修正。对于连续可变气门事件的内燃机，无间接与油箱 8 相连的行。

表 4 制动模式下第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、各缸的气门驱动模块、油箱 8 相对曲轴转角的连通关系。

连通范围	1 缸气门 驱动模块	2 缸气门 驱动模块	3 缸气门 驱动模块	4 缸气门 驱动模块
以进为排-以排为进制动模式				
第 1 供油模块 6	0°-720°	°	°	0°-720°
第 2 供油模块 5	°	0°-720°	0°-720°	°
油箱 8 (间接)	0°-180°	180°-360°	0°-180°	180°-360°
	360°-540°	540°-720°	360°-540°	540°-720°
以进为进-以排为排制动模式				
第 1 供油模块 6	°	0°-720°	0°-720°	°
第 2 供油模块 5	0°-720°	°	°	0°-720°
油箱 8 (间接)	180°-360°	0°-180°	180°-360°	0°-180°
	540°-720°	360°-540°	540°-720°	360°-540°

根据不同缸数与不同模式下，第 1 供油模块 6、第 2 供油模块 5、各缸的气门驱动模块、油箱 8 相对曲轴转角的连通关系，以及阶段限定模块 2 的运行特点，设计了模式选择模块 22。表 5 为模式选择模块 22 上的各个油口的连通关系。

表 5 模式选择模块 22 的各油口连通关系

驱动模式	控制进油口 22r 与控制出油口 22s 相连
	第 1 供油口 22a 与第 1 驱动口 22g 相连
	第 2 供油口 22b 与第 2 驱动口 22h 相连
	第 3 供油口 22c 与第 3 驱动口 22i 相连
	第 4 供油口 22d 与第 4 驱动口 22j 相连
以进为排- 以排为进 制动模式	控制进油口 22r 与控制出油口 22s 断开
	第 1 供油口 22a、第 2 供油口 22b、第 1 驱动口 22g 与第 2 驱动口 22h 相连
	第 3 供油口 22c、第 4 供油口 22d、第 3 驱动口 22i 与第 4 驱动口 22j 相连
以进为进- 以排为排 制动模式	控制进油口 22r 与控制出油口 22s 断开
	第 1 供油口 22a、第 2 供油口 22b、第 3 驱动口 22i 与第 4 驱动口 22j 相连
	第 3 供油口 22c、第 4 供油口 22d、第 1 驱动口 22g 与第 2 驱动口 22h 相连

图 37-图 40 分别是用于以进为进-以排为排制动模式的旋转式模式选择模块主视图、左视图、后视图与俯视图。图 41-图 44 分别是用于以进为进-以排为排制动模式的直动式模式选择模块主视图、左视图、后视图与俯视图。图 45-图 47 是用于以进为排-以排为进制动模式的旋转式模式选择模块主视图、左视图与俯视图。图 48-图 52 分别是用于以进为排-以排为进制动模式的直动式模式选择模块主视图、左视图、第 1、3、5 横截面图、第 2、4、6 横截面图和第 7 横截面图。这几类模式选择模块 22 均采用开有油口的模式选择模块外壳 22n 与开槽的模式选择模块轴芯 22q，模式选择模块轴芯 22q 通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动，具有两个位置。当内燃机作为动力源的驱动模式时，不驱动模式选择模块轴芯 22q。当内燃机作为消耗源的制动模式时，驱动模式选择模块轴芯 22q 旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离。

图 53 是用于以进为排-以排为进制动模式的开关阀组件式模式选择模块示意图。图 54-图 56 分别是旋转式开关阀组件主视图、左视图与俯视图。图 57-图 59 分别是直动式开关阀组件主视图、左视图与俯视图。图 60 是独立开关阀式开关阀组件示意图。这是由于对于以进为排-以排为进制动模式，在驱动模式

与制动模式下，模式选择模块第 1 供油口 22a 与模式选择模块第 1 驱动口 22g 相连，模式选择模块第 2 供油口 22b 与模式选择模块第 2 驱动口 22h 相连，模式选择模块第 3 供油口 22c 与模式选择模块第 3 驱动口 22i 相连，模式选择模块第 4 供油口 22d 与模式选择模块第 4 驱动口 22j 相连。

开关阀组件 27 可采用双层嵌套式结构，包括开有油口的开关阀组件外壳 27n 与开槽的开关阀组件轴芯 27q，开关阀组件轴芯 27q 通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动在开关阀组件外壳 27n 内进行旋转或者沿轴向移动，具有两个位置；开关阀组件 27 设置有开关阀组件第 1 油口 27a、开关阀组件第 2 油口 27b、开关阀组件第 4 油口 27d、开关阀组件第 5 油口 27e、开关阀组件第 6 油口 27f 和开关阀组件第 8 油口 27h，模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 1 驱动口 22g 与开关阀组件第 1 油口 27a 三者相连，模式选择模块第 2 供油口 22b、模式选择模块第 2 驱动口 22h 与开关阀组件第 5 油口 27e 三者相连，模式选择模块第 3 供油口 22c、模式选择模块第 3 驱动口 22i 与开关阀组件第 2 油口 27b 三者相连，模式选择模块第 4 供油口 22d、模式选择模块第 4 驱动口 22j 与开关阀组件第 6 油口 27f 三者相连，模式选择模块控制进油口 22r 与开关阀组件第 4 油口 27d 相连，模式选择模块控制出油口 22s 与开关阀组件第 8 油口 27h 相连；在驱动模式下，不驱动开关阀组件轴芯 27q，此时，开关阀组件第 1 油口 27a 与开关阀组件第 5 油口 27e 断开，开关阀组件第 2 油口 27b 与开关阀组件第 6 油口 27f 断开，开关阀组件第 4 油口 27d 与开关阀组件第 8 油口 27h 相连，在制动模式下，开关阀组件轴芯 27q 旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离，开关阀组件第 1 油口 27a 与开关阀组件第 5 油口 27e 相连，开关阀组件第 2 油口 27b 与开关阀组件第 6 油口 27f 相连，开关阀组件第 4 油口 27d 与开关阀组件第 8 油口 27h 断开。

开关阀组件 27 还可采用独立开关阀的结构，包括第 1 开关阀 23、第 2 开关阀 24 和第 4 开关阀 26；开关阀组件第 5 油口 27e 与第 1 开关阀第 1 油口 23a 相连，开关阀组件第 1 油口 27a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 相连，开关阀组件第 6 油口 27f 与第 2 开关阀第 1 油口 24a 相连，开关阀组件第 2 油口 27b 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 相连，开关阀组件第 8 油口 27h 与第 4 开关阀第 1 油口 26a 相连，开关阀组件第 4 油口 27d 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 相连；在驱动模式下，

第 4 开关阀第 1 油口 26a 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 相连, 第 1 开关阀第 1 油口 23a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 断开, 第 2 开关阀第 1 油口 24a 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 断开; 在制动模式下, 驱动第 4 开关阀第 1 油口 26a 与第 4 开关阀第 2 油口 26b 断开, 第 1 开关阀第 1 油口 23a 与第 1 开关阀第 2 油口 23b 相连, 第 2 开关阀第 1 油口 24a 与第 2 开关阀第 2 油口 24b 相连。

应该注意到本例中阶段限定模块 2 与模式选择模块 22 的功能独立, 根据实际应用中是否有制动模式来选择是否设置模式选择模块 22, 而对阶段限定模块 2 及系统其它部件没有影响。对于根据制动模式及模式选择模块 22 的驱动方式的不同, 选取模式选择模块 22 的结构。对于不同缸数的内燃机, 只需要增减阶段限定模块 2 与模式选择模块 22 上的特定的油口截面即可, 无需对其他油口截面以及系统其它部件进行改变。对于气门可变灵活程度、内燃机转速、系统整体布置等要求不同, 只需改变控制模块与输油模块的元件即可, 对系统其他部分没有影响。对于不同的内燃机点火顺序, 只需要调节阶段限定模块轴芯 2n 各油口截面的开口角度, 或者对于有制动模式的内燃机, 改变阶段限定模块 2 与模式选择模块 22 之间油路的连接对象, 对于无制动模式的为内燃机, 改变阶段限定模块 2 与各缸气门驱动模块之间油路的连接对象即可。因此, 只需要简单调整即可适应不同的机型, 系统具有广阔的应用范围。与此同时, 阶段限定模块 2 与模式选择模块 22 的结构与油口位置等具体结构均根据实际安装要求进行调整, 并且系统各部件间采用油管连接, 可以很好地满足系统在实际车型上的布置要求。

以采用以进为排-以排为进制动模式的 1-2-4-3 式自然吸气式内燃机的供油侧控制+非独立泄油阀的全可变气门驱动系统为例加以说明。以泄油阀 9 为常闭阀; 第 1 两位三通阀 19 不通电时, 第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 两位三通阀输油口 19b 相连, 第 1 两位三通阀驱动口 19c 堵塞; 第 2 两位三通阀 21 不通电时, 第 2 两位三通阀供油口 21a 与第 2 两位三通阀输油口 21b 相连, 第 2 两位三通阀驱动口 21c 堵塞为例。图 61 是该情况下单气门的模块化多功能可变气门驱动系统示意图。

由于该情况下系统的设计特点, 气门驱动模块 1 的运行情况由第 1 供油模块 6 与阶段限定模块 2 的运动规律、以及模式选择模块 22、第 1 两位三通阀 19

与泄油阀 9 的工作状态共同决定。按照模式选择模块 22 的工作状态, 可将气门驱动模块 1 的工作过程分成驱动模式与制动模式, 其工作过程为:

(一) 驱动模式

当内燃机处于作为动力源的驱动模式时, 不驱动模式选择模块 22, 保持模式选择模块第 1 驱动供油口 22a 与模式选择模块第 1 驱动口 22g 连通, 模式选择模块控制进油口 22r 与模式选择模块控制出油口 22s 相连。阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 2 供油口 2a 始终不相连, 因此, 气门驱动模块 1 只能在由第 1 供油模块 6 与阶段限定模块 2 的运动规律限制的范围内工作, 并且在此范围内由第 1 两位三通阀 19 与泄油阀 9 的工作状态调节具体的气门运行参数, 其工作过程为:

(1) 气门可被驱动阶段: 0° CA- 360° CA

在此阶段内, 阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 1 供油口 2b 相连, 阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 2 泄油口 2d 断开。驱动模式下的气门驱动油路, 即阶段限定模块第 1 供油口 2b、阶段限定模块第 1 驱动口 2e、模式选择模块第 1 驱动供油口 22a 与模式选择模块第 1 驱动口 22g 完全连通。

(a) 第 1 供油模块 6 供油阶段: 0° CA- 180° CA

此时, 阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 1 泄油口 2c 相连。驱动模式下的第 1 泄油油路, 即模式选择模块第 1 驱动口 22g、模式选择模块第 1 驱动供油口 22a、阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 1 泄油口 2c 被完全连通。可实现:

a) 气门开启过程: 当第 1 供油模块 6 进入供油阶段时, 当气门驱动开启正时信号未达到时, 第 1 两位三通阀 19 与泄油阀 9 均不被激励, 即第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 两位三通阀输油口 19b 相连, 第 1 两位三通阀驱动口 19c 堵塞; 泄油阀进油口 9b 与泄油阀出油口 9a 断开。第 1 供油模块 6 内的液压油通过第 1 两位三通阀 19、输油模块 7 回到油箱 8。当气门驱动开启正时信号到达时, 第 1 两位三通阀 19 被激励, 即第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 两位三通阀驱动口 19c 相连, 第 1 两位三通阀输油口 19b 堵塞。第 1 供油模块 6 内的液压油通过第 1 两位三通阀 19 后, 再通过驱动模式下的气门驱动油路, 进入气

门驱动模块 1 中, 克服气门驱动模块 1 弹簧的作用力, 驱动气门开启。

b) 气门开启保持: 当气门驱动停止正时信号达到时, 第 1 两位三通阀 19 不被激励, 即第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 两位三通阀输油口 19b 相连, 第 1 两位三通阀驱动口 19c 堵塞。气门驱动模块 1 内的液压油被阻塞, 气门保持在最大升程位置。此时第 1 供油模块 6 仍处于供油阶段时, 第 1 供油模块 6 内的液压油通过第 1 两位三通阀 19、输油模块 7 被推回到油箱 8 中。

c) 气门泄油关闭: 当气门驱动泄油关闭正时信号达到时, 泄油阀 9 被激励, 泄油阀进油口 9b 与泄油阀出油口 9a 相连。在气门驱动模块 1 弹簧的作用下, 气门驱动模块 1 内的液压油通过驱动模式下的第 1 泄油油路, 泄油阀 9 回到油箱 8 中, 实现了气门的泄油关闭过程。此时第 1 供油模块 6 仍处于供油阶段时, 第 1 供油模块 6 内的液压油通过第 1 两位三通阀 19、输油模块 7 被推回到油箱 8 中。

(b) 第 1 供油模块 6 吸油阶段: $180^{\circ}\text{CA}-360^{\circ}\text{CA}$

此时, 阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 1 泄油口 2c 断开。可实现:

a) 气门开启保持: 当第 1 两位三通阀 19 不被激励时, 气门驱动模块 1 内的液压油被阻塞, 气门保持在最大升程位置。此时第 1 供油模块 6 仍处于吸油阶段时, 油箱 8 内的液压油通过输油模块 7、第 1 两位三通阀 19 进入第 1 供油模块 6 中。

b) 气门吸油关闭: 当气门吸油关闭正时信号达到时, 第 1 两位三通阀 19 被激励, 即第 1 两位三通阀供油口 19a 与第 1 两位三通阀驱动口 19c 相连, 第 1 两位三通阀输油口 19b 堵塞。在气门驱动模块 1 弹簧与第 1 供油模块 6 吸油的作用下, 气门驱动模块 1 内的液压油通过驱动模式下的驱动油路、第 1 两位三通阀 19 回到第 1 供油模块 6 中, 实现了气门的吸油关闭过程。

(2) 气门关闭保持阶段: $360^{\circ}\text{CA}-720^{\circ}\text{CA}$

此阶段内, 阶段限定模块 2 将阶段限定模块第 1 供油口 2b 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 断开, 将阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 断开, 将阶段限定模块第 2 泄油口 2d 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 连通。驱动模式下的第 2 泄油油路, 即模式选择模块第 1 驱动口 22g、模式选择模块第

1 驱动供油口 22a、阶段限定模块第 1 驱动口 2e、阶段限定模块第 2 泄油口 2d、模式选择模块控制进油口 22r 与模式选择模块控制出油口 22s 被完全连通。气门驱动模块 1 通过驱动模式下的第 2 泄油油路与油箱 8 相连，可实现气门的关闭以及关闭保持，可取代气门间隙调节模块。

（二）制动模式

当内燃机处于作为消耗源的制动模式时，驱动模式选择模块 22 运动，将模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 2 供油口 22b、模式选择模块第 1 驱动口 22g 与模式选择模块第 2 驱动口 22h 四者相连，模式选择模块控制进油口 22r 与模式选择模块控制出油口 22s 断开。此时，气门驱动模块 1 的工作范围受到第 1 供油模块 6 或者第 2 供油模块 5 与阶段限定模块 2 的运动规律限制，并且在此范围内由第 1 两位三通阀 19 或者第 2 两位三通阀 21 与泄油阀 9 工作状态调节具体的气门运行参数，其工作过程为：

此阶段是第 1 供油模块 6 从供油起始点开始的一个供油+吸油的运行周期。同时，阶段限定模块 2 将阶段限定模块第 1 供油口 2b 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 相连，阶段限定模块第 2 供油口 2a 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 断开，阶段限定模块第 2 泄油口 2d 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 断开，阶段限定模块第 1 供油口 2b 与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 断开，阶段限定模块第 2 供油口 2a 与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 断开，阶段限定模块第 2 泄油口 2d 与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 相连，阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与阶段限定模块第 2 驱动口 2f 断开。制动模式下的第 1 气门制动油路，即阶段限定模块第 1 供油口 2b、阶段限定模块第 1 驱动口 2e、模式选择模块第 1 供油口 22a、模式选择模块第 1 驱动口 22g 以及模式选择模块第 2 驱动口 22h 被完全连通。

（1）第 1 供油模块 6 供油阶段：0° CA-180° CA

阶段限定模块 2 将阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 连通。制动模式下的第 1 泄油油路，即模式选择模块第 1 驱动口 22g 以及模式选择模块第 2 驱动口 22h、模式选择模块第 1 供油口 22a、阶段限定模块第 1 驱动口 2e 与阶段限定模块第 1 泄油口 2c 被完全连通。除了驱动油路不同外，在此阶段内可实现的气门运行过程与驱动模式下气门可被驱动阶段的第 1 供油模块 6 供油阶段内气门运行过程一样，此处不再重复。

(2) 第 1 供油模块 6 吸油阶段: 180°CA - 360°CA

阶段限定模块 2 将阶段限定模块第 1 泄油口 2c 与阶段限定模块第 1 驱动口 2e 断开。除了驱动油路不同外,在此阶段内可实现的气门运行过程与驱动模式下气门可被驱动阶段的第 1 供油模块 6 吸油阶段内气门运行过程一样,此处不再重复。

由于在一个阶段限定模块运行周期内,驱动模式具有 1 个气门可被驱动阶段,而制动模式具有 2 个气门可被驱动阶段,因此,可实现 360°CA /循环的压气机的制动模式所要求的可变气门事件等。

不同缸数、气门可变灵活程度、有/无制动模式、不同制动模式、不同控制位置下的气门驱动系统的运行情况,该过程随着具体情况下系统各部件的运行特点的不同略有差别,以表格的形式对此进行介绍,不单独进行详细说明。表 6-表 8 分别是驱动模式、以进为排-以排为进制动模式和以进为进-以排为排制动模式下 4 缸内燃机气门驱动系统运行情况。其中,从 1-6 的编号的系统类型分别为供油侧控制的连续可变式、气门侧控制的连续可变式、气门侧控制+非独立泄油阀的全可变式、供油侧控制+独立泄油阀的全可变式和气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统。+代表控制阀布置在模式选择模块供油口侧,-代表控制阀布置在模式选择模块驱动口侧。

表 6 驱动模式下各缸气门驱动模块的供油和控制部件

	1 缸	4 缸	2 缸	3 缸
供油	第 1 供油模块 6: 0°-180°	第 1 供油模块 6: 360°-480°	第 2 供油模块 5: 180°-360°	第 2 供油模块 5: 480°-600°
1	第 1 两位两通阀 14		第 2 两位两通阀 15	
2	第 1-1 两位两通阀 141	第 1-2 两位两通阀 142	第 2-1 两位两通阀 151	第 2-2 两位两通阀 152
3	第 1 两位三通阀 19 和泄油阀 9		第 2 两位三通阀 21 和泄油阀 9	
4	第 1-1 两位三通阀 191 和泄油阀 9	第 1-2 两位三通阀 192 和泄油阀 9	第 2-1 两位三通阀 211 和泄油阀 9	第 2-2 两位三通阀 212 和泄油阀 9
5	第 1 两位三通阀 19 和第 1 泄油阀 91	第 1 两位三通阀 19 和第 2 泄油阀 92	第 2 两位三通阀 21 和第 4 泄油阀 94	第 2 两位三通阀 21 和第 5 泄油阀 95
6	第 1-1 两位三通阀 191 和第 1 泄油阀 91	第 1-2 两位三通阀 192 和第 2 泄油阀 92	第 2-1 两位三通阀 211 和第 4 泄油阀 94	第 2-2 两位三通阀 212 和第 5 泄油阀 95

表 7 以进为排-以排为进制动模式下
各缸气门驱动模块的供油和控制部件

	1 缸+4 缸	2 缸+3 缸
供油	第 1 供油模块 6: 0°-180°及 360°-480°	第 2 供油模块 5: 180°-360°及 480°-600°
1	第 1 两位两通阀 14	第 2 两位两通阀 15
2	第 1-1 两位两通阀 141 或者第 1-2 两位两通阀 142	第 2-1 两位两通阀 151 或者第 2-2 两位两通阀 152
3	第 1 两位三通阀 19 和泄油阀 9	第 2 两位三通阀 21 和泄油阀 9
4	第 1-1 两位三通阀 191 和泄油阀 9 或者第 1-2 两位三通阀 192 和 泄油阀 9	第 2-1 两位三通阀 211 和泄油阀 9 或者第 2-2 两位三通阀 212 和 泄油阀 9
5	第 1 两位三通阀 19 和第 1 泄油 阀 91 或者第 1 两位三通阀 19 和第 2 泄油阀 92	第 2 两位三通阀 21 和第 4 泄油 阀 94 或者第 2 两位三通阀 21 和第 5 泄油阀 95
6	第 1-1 两位三通阀 191 和第 1 泄油阀 91 或者第 1-2 两位三通 阀 192 和第 2 泄油阀 92	第 2-1 两位三通阀 211 和第 4 泄油阀 94 或者第 2-2 两位三通 阀 212 和第 5 泄油阀 95

表 8 以进为进-以排为排制动模式下
各缸气门驱动模块的供油和控制部件

	1 缸+4 缸	2 缸+3 缸
供油	第 2 供油模块 5: 180°-360°及 480°-600°	第 1 供油模块 6: 0°-180°及 360°-480°
1	第 2 两位两通阀 15	第 1 两位两通阀 14
2+	第 2-1 两位两通阀 151 或者第 2-2 两位两通阀 152	第 1-1 两位两通阀 141 或者第 1-2 两位两通阀 142
2+	第 1-1 两位两通阀 141 或者第 1-2 两位两通阀 142	第 2-1 两位两通阀 151 或者第 2-2 两位两通阀 152
3	第 2 两位三通阀 21 和泄油阀 9	第 1 两位三通阀 19 和泄油阀 9
4+	第 2-1 两位三通阀 211 和泄油阀 9 或者第 2-2 两位三通阀 212 和 泄油阀 9	第 1-1 两位三通阀 191 和泄油阀 9 或者第 1-2 两位三通阀 192 和 泄油阀 9
4+	第 1-1 两位三通阀 191 和泄油阀 9 或者第 1-2 两位三通阀 192 和 泄油阀 9	第 2-1 两位三通阀 211 和泄油阀 9 或者第 2-2 两位三通阀 212 和 泄油阀 9
5+	第 2 两位三通阀 21 和第 4 泄油 阀 94 或者第 2 两位三通阀 21 和第 5 泄油阀 95	第 1 两位三通阀 19 和第 1 泄油 阀 91 或者第 1 两位三通阀 19 和第 2 泄油阀 92
5+	第 1 两位三通阀 19 和第 1 泄油 阀 91 或者第 1 两位三通阀 19 和第 2 泄油阀 92	第 2 两位三通阀 21 和第 4 泄油 阀 94 或者第 2 两位三通阀 21 和第 5 泄油阀 95
6+	第 2-1 两位三通阀 211 和第 4 泄油阀 94 或者第 2-2 两位三通 阀 212 和第 5 泄油阀 95	第 1-1 两位三通阀 191 和第 1 泄油阀 91 或者第 1-2 两位三通 阀 192 和第 2 泄油阀 92
6+	第 1-1 两位三通阀 191 和第 1 泄油阀 91 或者第 1-2 两位三通 阀 192 和第 2 泄油阀 92	第 2-1 两位三通阀 211 和第 4 泄油阀 94 或者第 2-2 两位三通 阀 212 和第 5 泄油阀 95

权 利 要 求 书

1. 一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统，它主要包括气门驱动模块（1）、第 1 供油模块（6）、第 2 供油模块（5）、输油模块（7）、油箱（8）、泄油阀（9）以及油管；其特征是：它还包括阶段限定模块（2）、模式选择模块（22）、第 1 控制模块（3）、第 2 控制模块（4）；所述第 1 供油模块（6）与第 2 供油模块（5）为相位相差 180 度凸轮轴转角的凸轮-柱塞式供油模块，其旋转周期为内燃机点火间隔角的 2 倍，即 360 度曲轴转角；第 1 控制模块（3）设置有第 1 控制模块第 1 供油口（3a）、第 1 控制模块泄油口（3b）、第 1 控制模块第 1 驱动口（3c）和第 1 控制模块输油口（3d）；第 2 控制模块（4）设置有第 2 控制模块第 1 供油口（4a）、第 2 控制模块泄油口（4b）、第 2 控制模块第 1 驱动口（4c）和第 2 控制模块输油口（4d）；输油模块（7）设置有输油模块第 2 输油口（7a）、输油模块泄油口（7b）、输油模块第 1 输油口（7c）和输油模块进油口（7d）；阶段限定模块（2）设置有阶段限定模块第 2 供油口（2a）、阶段限定模块第 1 供油口（2b）、阶段限定模块第 2 泄油口（2d）、阶段限定模块第 1 驱动口（2e）、阶段限定模块第 2 驱动口（2f）、阶段限定模块第 3 驱动口（2g）和阶段限定模块第 4 驱动口（2h）；输油模块泄油口（7b）、输油模块进油口（7d）、第 1 控制模块泄油口（3b）、第 2 控制模块泄油口（4b）均与油箱（8）相连，输油模块第 2 输油口（7a）与第 2 控制模块输油口（4d）相连，输油模块第 1 输油口（7c）与第 1 控制模块输油口（3d）相连，第 1 控制模块第 1 供油口（3a）与第 1 供油模块（6）相连，第 2 控制模块第 1 供油口（4a）与第 2 供油模块（5）相连，第 1 控制模块第 1 驱动口（3c）与阶段限定模块第 1 供油口（2b）相连，第 2 控制模块第 1 驱动口（4c）与阶段限定模块第 2 供油口（2a）相连；对于非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，增设泄油阀（9），阶段限定模块（2）还设置有阶段限定模块第 1 泄油口（2c），阶段限定模块第 1 泄油口（2c）与泄油阀进油口（9b）相连，泄油阀出油口（9a）与油箱（8）相连；无制动模式时，阶段限定模块第 1 驱动口（2e）、阶段限定模块第 2 驱动口（2f）、阶段限定模块第 3 驱动口（2g）和阶段限定模块第 4 驱动口（2h）分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块，阶段限定模块第 2 泄油口（2d）与油箱（8）相连，有制动模式时，增设模式选择模块（22），模式选择模块（22）

设置有模式选择模块第 1 供油口 (22a)、模式选择模块第 2 供油口 (22b)、模式选择模块第 3 供油口 (22c) 和模式选择模块第 4 供油口 (22d)，这四者分别与阶段限定模块第 1 驱动口 (2e)、阶段限定模块第 2 驱动口 (2f)、阶段限定模块第 3 驱动口 (2g) 和阶段限定模块第 4 驱动口 (2h) 相连，模式选择模块 (22) 还设置有模式选择模块第 1 驱动口 (22g)、模式选择模块第 2 驱动口 (22h)、模式选择模块第 3 驱动口 (22i) 和模式选择模块第 4 驱动口 (22j)，这四者分别与 1 缸、4 缸、2 缸和 3 缸的气门驱动模块相连，模式选择模块 (22) 还设置有模式选择模块控制进油口 (22r) 和模式选择模块控制出油口 (22s)，二者分别与阶段限定模块第 2 泄油口 (2d) 和油箱 (8) 相连；对于缸数为 4 的整数倍的内燃机的气门驱动系统，按照点火顺序相隔 180 度曲轴转角分组，每 4 缸一组，每组采用一套上述可变气门驱动系统。

2. 根据权利要求 1 所述的一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统，其特征是：对于气门侧控制连续可变式或者独立泄油阀的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 (3) 增设第 1 控制模块第 5 驱动口 (3k) 和第 1 控制模块第 6 驱动口 (3m)，第 1 控制模块第 5 驱动口 (3k) 连接到阶段限定模块第 1 驱动口 (2e) 与模式选择模块第 1 供油口 (22a) 之间的油路或者模式选择模块第 1 驱动口 (22g) 与 1 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 1 控制模块第 6 驱动口 (3m) 连接到阶段限定模块第 2 驱动口 (2f) 与模式选择模块第 2 供油口 (22b) 或者模式选择模块第 2 驱动口 (22h) 与 4 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 2 控制模块 (4) 增设第 2 控制模块第 5 驱动口 (4k) 和第 2 控制模块第 6 驱动口 (4m)，第 2 控制模块第 5 驱动口 (4k) 连接到阶段限定模块第 3 驱动口 (2g) 与模式选择模块第 3 供油口 (22c) 之间的油路或者模式选择模块第 3 驱动口 (22i) 与 2 缸的气门驱动模块之间的油路上，第 2 控制模块第 6 驱动口 (4m) 连接到阶段限定模块第 4 驱动口 (2h) 与模式选择模块第 4 供油口 (22d) 或者模式选择模块第 4 驱动口 (22j) 与 3 缸的气门驱动模块之间的油路上。

3. 根据权利要求 1 所述的一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统，其特征是：对于气门侧控制的全可变式气门驱动系统，第 1 控制模块 (3) 增设第 1 控制模块第 2 供油口 (3e)、第 1 控制模块第 3 供油口 (3f)、第

1 控制模块第 2 驱动口 (3h) 和第 1 控制模块第 3 驱动口 (3i), 第 1 控制模块第 2 供油口 (3e) 和第 1 控制模块第 2 驱动口 (3h) 分别与阶段限定模块第 1 驱动口 (2e) 和模式选择模块第 1 供油口 (22a) 或者模块第 1 驱动口 (22g) 和 1 缸的气门驱动模块相连, 第 1 控制模块第 3 供油口 (3f) 和第 1 控制模块第 3 驱动口 (3i) 分别与阶段限定模块第 2 驱动口 (2f) 和模式选择模块第 2 供油口 (22b) 或者模式选择模块第 2 驱动口 (22h) 和 4 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块 (4) 还需要增设第 2 控制模块第 2 供油口 (4e)、第 2 控制模块第 3 供油口 (4f)、第 2 控制模块第 2 驱动口 (4h) 和第 2 控制模块第 3 驱动口 (4i), 第 2 控制模块第 2 供油口 (4e) 和第 2 控制模块第 2 驱动口 (4h) 分别与阶段限定模块第 3 驱动口 (2g) 和模式选择模块第 3 供油口 (22c) 或者模式选择模块第 3 驱动口 (22i) 和 2 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 3 供油口 (4f) 和第 2 控制模块第 3 驱动口 (4i) 分别与阶段限定模块第 4 驱动口 (2h) 和模式选择模块第 4 供油口 (22d) 或者模式选择模块第 4 驱动口 (22j) 和 3 缸的气门驱动模块相连。

4. 根据权利要求 1 所述的一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统, 其特征是: 对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统, 取消阶段限定模块 (2) 和模式选择模块 (22), 第 1 控制模块第 1 供油口 (3a)、第 1 控制模块第 1 驱动口 (3c)、第 1 控制模块第 2 供油口 (3e) 和第 1 控制模块第 3 供油口 (3f) 均与第 1 供油模块 (6) 相连, 第 1 控制模块第 2 驱动口 (3h) 和第 1 控制模块第 5 驱动口 (3k) 均与 1 缸的气门驱动模块相连, 第 1 控制模块第 3 驱动口 (3i) 和第 1 控制模块第 6 驱动口 (3m) 均与 4 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 1 供油口 (4a)、第 2 控制模块第 1 驱动口 (4c)、第 2 控制模块第 2 供油口 (4e) 和第 2 控制模块第 3 供油口 (4f) 均与第 2 供油模块 (5) 相连, 第 2 控制模块第 2 驱动口 (4h) 和第 2 控制模块第 5 驱动口 (4k) 均与 2 缸的气门驱动模块相连, 第 2 控制模块第 3 驱动口 (4i) 和第 2 控制模块第 6 驱动口 (4m) 均与 3 缸的气门驱动模块相连。

5. 根据权利要求 1 所述的一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统, 其特征是: 对于连续可变式气门驱动系统, 输油模块 (7) 包括输油泵 (10)、输油泵安全阀 (11)、第 1 输油单向阀 (12) 和第 2 输油单向阀 (13),

输油泵进油口(10a)与输油模块进油口(7d)相连,输油泵安全阀出油口(11a)与输油模块泄油口(7b)相连,第1输油单向阀出油口(12b)与输油模块第1输油口(7c)相连,第2输油单向阀出油口(13b)与输油模块第2输油口(7a)相连,输油泵出油口(10b)、输油泵安全阀进油口(11b)、第1输油单向阀进油口(12a)与第2输油单向阀进油口(13a)四者相连;对于全可变式气门驱动系统,输油模块(7)包括输油泵(10)、输油泵安全阀(11)、输油单向阀(16)和系统安全阀(17),输油泵进油口(10a)与输油模块进油口(7d)相连,输油泵出油口(10b)、输油泵安全阀进油口(11b)与输油单向阀进油口(16a)三者相连,输油泵安全阀出油口(11a)、系统安全阀出油口(17a)与输油模块泄油口(7b)三者相连,输油单向阀出油口(16b)、系统安全阀进油口(17b)、输油模块第2输油口(7a)与输油模块第1输油口(7c)四者相连。

6. 根据权利要求1所述的一种用于4缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统,其特征是:对于供油侧控制的连续可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1两位两通阀(14);第1两位两通阀出油口(14a)与第1控制模块泄油口(3b)相连;第1两位两通阀进油口(14b)、第1控制模块第1供油口(3a)、第1控制模块第1驱动口(3c)与第1控制模块输油口(3d)四者相连;对于气门侧控制的连续可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1-1两位两通阀(141)和第1-2两位两通阀(142),第1控制模块第1供油口(3a)、第1控制模块第1驱动口(3c)与第1控制模块输油口(3d)三者相连,第1-1两位两通阀出油口(141a)、第1-2两位两通阀出油口(142a)与第1控制模块泄油口(3b)三者相连,第1-1两位两通阀进油口(141b)与第1控制模块第5驱动口(3k)相连,第1-2两位两通阀进油口(142b)与第1控制模块第6驱动口(3m)相连;对于供油侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1单向阀(18)和第1两位三通阀(19),第1单向阀进油口(18a)与第1控制模块泄油口(3b)相连,第1两位三通阀供油口(19a)与第1控制模块第1供油口(3a)相连,第1两位三通阀输油口(19b)与第1控制模块输油口(3d)相连,第1两位三通阀驱动口(19c)与第1控制模块第1驱动口(3c)相连,第1单向阀出油口(18b)与第1两位三通阀供油口(19a)或者第1两位三通阀驱动口(19c)相连;对于气门侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1单向阀(18)、第1-1两位三

通阀(191)和第1-2两位三通阀(192),第1单向阀进油口(18a)与第1控制模块泄油口(3b)相连,第1单向阀出油口(18b)、第1控制模块第1供油口(3a)与第1控制模块第1驱动口(3c)三者相连,第1-1两位三通阀输油口(191b)、第1-2两位三通阀输油口(192b)与第1控制模块输油口(3d)三者相连,第1-1两位三通阀供油口(191a)与第1控制模块第2供油口(3e)相连,第1-2两位三通阀供油口(192a)与第1控制模块第3供油口(3f)相连,第1-1两位三通阀驱动口(191c)与第1控制模块第2驱动口(3h)相连,第1-2两位三通阀驱动口(192c)与第1控制模块第3驱动口(3i)相连;对于供油侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1单向阀(18)、第1两位三通阀(19)、第1泄油阀(91)和第2泄油阀(92),第1两位三通阀供油口(19a)与第1控制模块第1供油口(3a)相连,第1两位三通阀输油口(19b)与第1控制模块输油口(3d)相连,第1两位三通阀驱动口(19c)与第1控制模块第1驱动口(3c)相连,第1泄油阀出油口(91a)、第2泄油阀出油口(92a)、第1单向阀进油口(18a)与第1控制模块泄油口(3b)四者相连,第1泄油阀进油口(91b)与第1控制模块第5驱动口(3k)相连,第2泄油阀进油口(92b)与第1控制模块第6驱动口(3m)相连,第1单向阀出油口(18b)与第1两位三通阀供油口(19a)或者第1两位三通阀驱动口(19c)相连;对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第1控制模块(3)包括第1单向阀(18)、第1-1两位三通阀(191)、第1-2两位三通阀(192)、第1泄油阀(91)和第2泄油阀(92),第1单向阀出油口(18b)、第1控制模块第1供油口(3a)与第1控制模块第1驱动口(3c)三者相连,第1-1两位三通阀输油口(191b)、第1-2两位三通阀输油口(192b)与第1控制模块输油口(3d)三者相连,第1-1两位三通阀供油口(191a)与第1控制模块第2供油口(3e)相连,第1-2两位三通阀供油口(192a)与第1控制模块第3供油口(3f)相连,第1-1两位三通阀驱动口(191c)与第1控制模块第2驱动口(3h)相连,第1-2两位三通阀驱动口(192c)与第1控制模块第3驱动口(3i)相连,第1泄油阀出油口(91a)、第2泄油阀出油口(92a)、第1单向阀进油口(18a)与第1控制模块泄油口(3b)四者相连,第1泄油阀进油口(91b)与第1控制模块第5驱动口(3k)相连,第2泄油阀进油口(92b)与第1控制模块第6驱动口(3m)相连。

7. 根据权利要求 1 所述的一种用于 4 缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统,其特征是:对于供油侧控制的连续可变式气门驱动系统,第 2 控制模块(4)包括第 2 两位两通阀(15),第 2 两位两通阀出油口(15a)与第 2 控制模块泄油口(4b)相连,第 2 两位两通阀进油口(15b)、第 2 控制模块第 1 供油口(4a)、第 2 控制模块第 1 驱动口(4c)与第 2 控制模块输油口(4d)四者相连;对于气门侧控制的连续可变式气门驱动系统,第 2 控制模块(4)包括第 2-1 两位两通阀(151)和第 2-2 两位两通阀(152),第 2 控制模块第 1 供油口(4a)、第 2 控制模块第 1 驱动口(4c)与第 2 控制模块输油口(4d)三者相连,第 2-1 两位两通阀出油口(151a)、第 2-2 两位两通阀出油口(152a)与第 2 控制模块泄油口(4b)三者相连,第 2-1 两位两通阀进油口(151b)与第 2 控制模块第 5 驱动口(4k)相连,第 2-2 两位两通阀进油口(152b)与第 2 控制模块第 6 驱动口(4m)相连;对于供油侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第 2 控制模块(4)包括第 2 单向阀(20)和第 2 两位三通阀(21),第 2 单向阀进油口(20a)与第 2 控制模块泄油口(4b)相连,第 2 两位三通阀供油口(21a)与第 2 控制模块第 1 供油口(4a)相连,第 2 两位三通阀输油口(21b)与第 2 控制模块输油口(4d)相连,第 2 两位三通阀驱动口(21c)与第 2 控制模块第 1 驱动口(4c)相连,第 2 单向阀出油口(20b)与第 2 两位三通阀供油口(21a)或者第 2 两位三通阀驱动口(21c)相连;对于气门侧控制+非独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第 2 控制模块(4)包括第 2 单向阀(20)、第 2-1 两位三通阀(211)和第 2-2 两位三通阀(212),第 2 单向阀进油口(20a)与第 2 控制模块泄油口(4b)相连,第 2 单向阀出油口(20b)、第 2 控制模块第 1 供油口(4a)与第 2 控制模块第 1 驱动口(4c)三者相连,第 2-1 两位三通阀输油口(211b)、第 2-2 两位三通阀输油口(212b)与第 2 控制模块输油口(4d)三者相连,第 2-1 两位三通阀供油口(211a)与第 2 控制模块第 2 供油口(4e)相连,第 2-2 两位三通阀供油口(212a)与第 2 控制模块第 3 供油口(4f)相连,第 2-1 两位三通阀驱动口(211c)与第 2 控制模块第 2 驱动口(4h)相连,第 2-2 两位三通阀驱动口(212c)与第 2 控制模块第 3 驱动口(4i)相连;对于供油侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第 2 控制模块(4)包括第 2 单向阀(20)、第 2 两位三通阀(21)、第 4 泄油阀(94)和第 5 泄油阀(95),第 2 两位三通阀供油口(21a)与第 2 控制模块第 1 供油口(4a)相连,第 2 两位三通阀输油

口(21b)与第2控制模块输油口(4d)相连,第2两位三通阀驱动口(21c)与第2控制模块第1驱动口(4c)相连,第4泄油阀出油口(94a)、第5泄油阀出油口(95a)、第2单向阀进油口(20a)与第2控制模块泄油口(4b)四者相连,第4泄油阀进油口(94b)与第2控制模块第5驱动口(4k)相连,第5泄油阀进油口(95b)与第2控制模块第6驱动口(4m)相连,第2单向阀出油口(20b)与第2两位三通阀供油口(21a)或者第2两位三通阀驱动口(21c)相连;对于气门侧控制+独立泄油阀的全可变式气门驱动系统,第2控制模块(4)包括第2单向阀(20)、第2-1两位三通阀(211)、第2-2两位三通阀(212)、第4泄油阀(94)和第5泄油阀(95),第2单向阀出油口(20b)、第2控制模块第1供油口(4a)与第2控制模块第1驱动口(4c)三者相连,第2-1两位三通阀输油口(211b)、第2-2两位三通阀输油口(212b)与第2控制模块输油口(4d)三者相连,第2-1两位三通阀供油口(211a)与第2控制模块第2供油口(4e)相连,第2-2两位三通阀供油口(212a)与第2控制模块第3供油口(4f)相连,第2-1两位三通阀驱动口(211c)与第2控制模块第2驱动口(4h)相连,第2-2两位三通阀驱动口(212c)与第2控制模块第3驱动口(4i)相连,第4泄油阀出油口(94a)、第5泄油阀出油口(95a)、第2单向阀进油口(20a)与第2控制模块泄油口(4b)四者相连,第4泄油阀进油口(94b)与第2控制模块第5驱动口(4k)相连,第5泄油阀进油口(95b)与第2控制模块第6驱动口(4m)相连。

8. 根据权利要求1所述的一种用于4缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统,其特征是:所述阶段限定模块(2)采用三层嵌套式结构,从外到内依次为开有油口的阶段限定模块外壳(2k)、轴向开槽与开孔的阶段限定模块轴套(2m)以及径向开槽的阶段限定模块轴芯(2n),其中,阶段限定模块轴芯(2n)通过齿轮或者链轮传动机构由内燃机曲轴驱动,每720度曲轴转角旋转1周,阶段限定模块轴套(2m)固定嵌套在阶段限定模块外壳(2k)内部,将依照内燃机发火顺序,随着阶段限定模块轴芯(2n)的不断旋转,对于连续可变式气门驱动系统,阶段限定模块第1驱动口(2e)和阶段限定模块第2驱动口(2f)均间隔性地分别与阶段限定模块第1供油口(2b)或者阶段限定模块第2泄油口(2d)相连,阶段限定模块第3驱动口(2g)和阶段限定模块第4驱动口(2h)均间隔性地分别与阶段限定模块第2供油口(2a)或者阶段限定模块第2泄油

口(2d)相连;对于全可变式气门驱动系统,阶段限定模块第1驱动口(2e)和阶段限定模块第2驱动口(2f)均间隔性地分别与阶段限定模块第1供油口(2b)、阶段限定模块第1泄油口(2c)或者阶段限定模块第2泄油口(2d)相连,阶段限定模块第3驱动口(2g)和阶段限定模块第4驱动口(2h)均间隔性地分别与阶段限定模块第2供油口(2a)、阶段限定模块第1泄油口(2c)或者阶段限定模块第2泄油口(2d)相连。

9. 根据权利要求1所述的一种用于4缸内燃机的模块化多功能可变气门驱动系统,其特征是:所述模式选择模块(22)采用双层嵌套式结构,包括开有油口的模式选择模块外壳(22n)与开槽的模式选择模块轴芯(22q),模式选择模块轴芯(22q)通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动在模式选择模块外壳(22n)内进行旋转或者沿轴向移动,具有两个位置;当内燃机作为动力源的驱动模式时,不驱动模式选择模块轴芯(22q),此时,模式选择模块控制进油口(22r)与模式选择模块控制出油口(22s)相连,模式选择模块第1供油口(22a)与模式选择模块第1驱动口(22g)相连,模式选择模块第2供油口(22b)与模式选择模块第2驱动口(22h)相连,模式选择模块第3供油口(22c)与模式选择模块第3驱动口(22i)相连,模式选择模块第4供油口(22d)与模式选择模块第4驱动口(22j)相连;当内燃机作为消耗源的制动模式时,驱动模式选择模块轴芯(22q)旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离,模式选择模块控制进油口(22r)与模式选择模块控制出油口(22s)断开,采用以进为排-以排为进制动模式时,模式选择模块第1供油口(22a)、模式选择模块第2供油口(22b)、模式选择模块第1驱动口(22g)与模式选择模块第2驱动口(22h)四者相连,模式选择模块第3供油口(22c)、模式选择模块第4供油口(22d)、模式选择模块第3驱动口(22i)与模式选择模块第4驱动口(22j)四者相连,采用以进为进-以排为排制动模式时,模式选择模块第1供油口(22a)、模式选择模块第2供油口(22b)、模式选择模块第3驱动口(22i)与模式选择模块第4驱动口(22j)四者相连,模式选择模块第3供油口(22c)、模式选择模块第4供油口(22d)、模式选择模块第1驱动口(22g)与模式选择模块第2驱动口(22h)四者相连。

10. 根据权利要求1所述的一种用于4缸内燃机的模块化多功能可变气门驱

动系统，其特征是：对于采用以进为排-以排为进制动模式的气门驱动系统，模式转换模块（22）采用开关阀组件式结构，开关阀组件（27）采用双层嵌套式结构，包括开有油口的开关阀组件外壳（27n）与开槽的开关阀组件轴芯（27q），开关阀组件轴芯（27q）通过电磁、液压、机械或者气动机构驱动在开关阀组件外壳（27n）内进行旋转或者沿轴向移动，具有两个位置；开关阀组件（27）设置有开关阀组件第1油口（27a）、开关阀组件第2油口（27b）、开关阀组件第4油口（27d）、开关阀组件第5油口（27e）、开关阀组件第6油口（27f）和开关阀组件第8油口（27h），模式选择模块第1供油口（22a）、模式选择模块第1驱动口（22g）与开关阀组件第1油口（27a）三者相连，模式选择模块第2供油口（22b）、模式选择模块第2驱动口（22h）与开关阀组件第5油口（27e）三者相连，模式选择模块第3供油口（22c）、模式选择模块第3驱动口（22i）与开关阀组件第2油口（27b）三者相连，模式选择模块第4供油口（22d）、模式选择模块第4驱动口（22j）与开关阀组件第6油口（27f）三者相连，模式选择模块控制进油口（22r）与开关阀组件第4油口（27d）相连，模式选择模块控制出油口（22s）与开关阀组件第8油口（27h）相连；在驱动模式下，不驱动开关阀组件轴芯（27q），此时，开关阀组件第1油口（27a）与开关阀组件第5油口（27e）断开，开关阀组件第2油口（27b）与开关阀组件第6油口（27f）断开，开关阀组件第4油口（27d）与开关阀组件第8油口（27h）相连，在制动模式下，开关阀组件轴芯（27q）旋转过一定角度或者沿轴向移动一定距离，开关阀组件第1油口（27a）与开关阀组件第5油口（27e）相连，开关阀组件第2油口（27b）与开关阀组件第6油口（27f）相连，开关阀组件第4油口（27d）与开关阀组件第8油口（27h）断开；开关阀组件（27）采用独立开关阀的结构，包括第1开关阀（23）、第2开关阀（24）和第4开关阀（26）；开关阀组件第5油口（27e）与第1开关阀第1油口（23a）相连，开关阀组件第1油口（27a）与第1开关阀第2油口（23b）相连，开关阀组件第6油口（27f）与第2开关阀第1油口（24a）相连，开关阀组件第2油口（27b）与第2开关阀第2油口（24b）相连，开关阀组件第8油口（27h）与第4开关阀第1油口（26a）相连，开关阀组件第4油口（27d）与第4开关阀第2油口（26b）相连；在驱动模式下，第4开关阀第1油口（26a）与第4开关阀第2油口（26b）相连，第1开关阀第1油口（23a）与第1开关阀第2油口（23b）断开，第2开关阀第1油口（24a）

与第 2 开关阀第 2 油口 (24b) 断开; 在制动模式下, 驱动第 4 开关阀第 1 油口 (26a) 与第 4 开关阀第 2 油口 (26b) 断开, 第 1 开关阀第 1 油口 (23a) 与第 1 开关阀第 2 油口 (23b) 相连, 第 2 开关阀第 1 油口 (24a) 与第 2 开关阀第 2 油口 (24b) 相连。

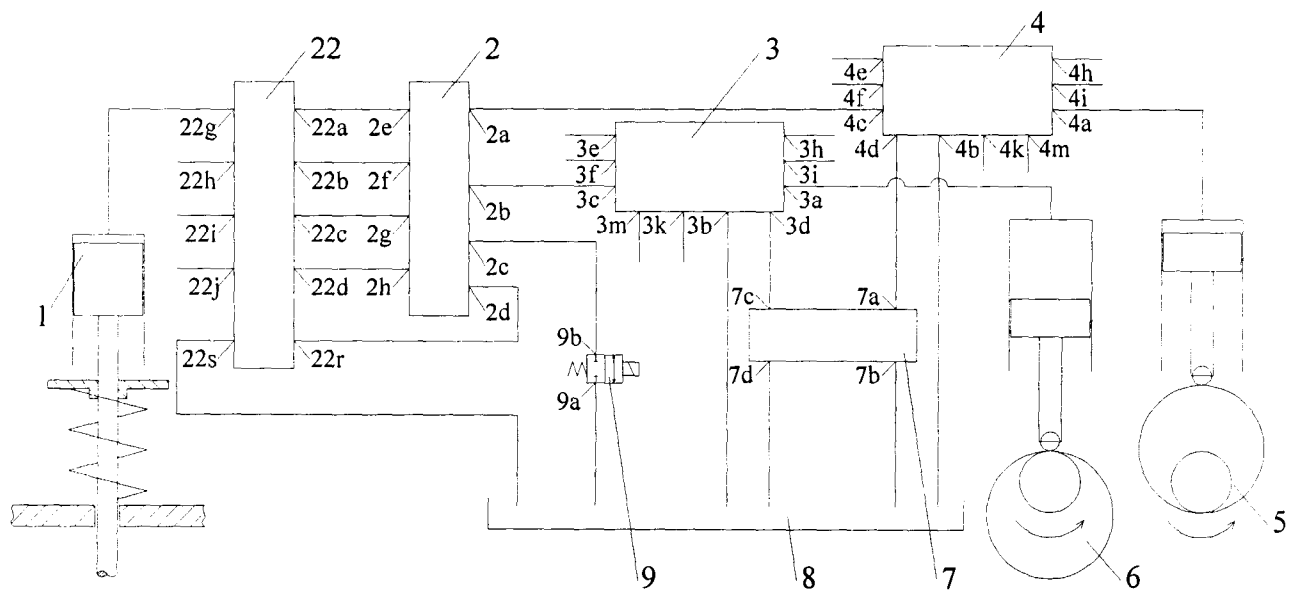


图 1

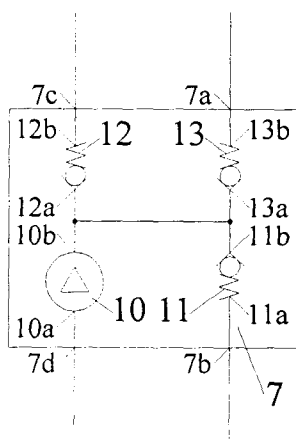


图 2

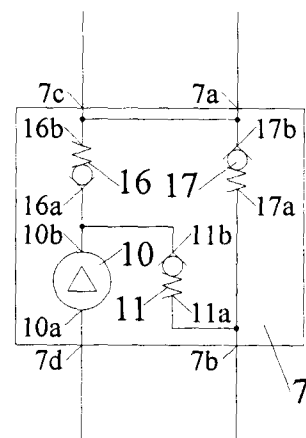


图 3

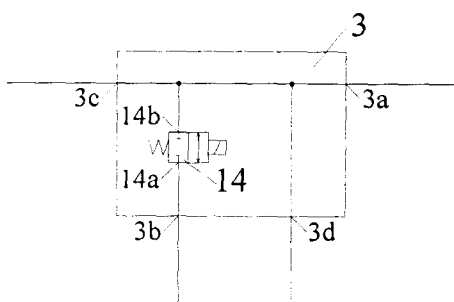


图 4

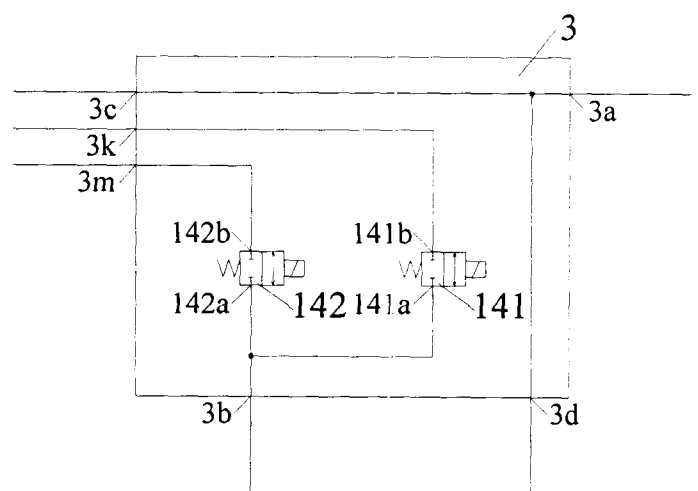


图 5

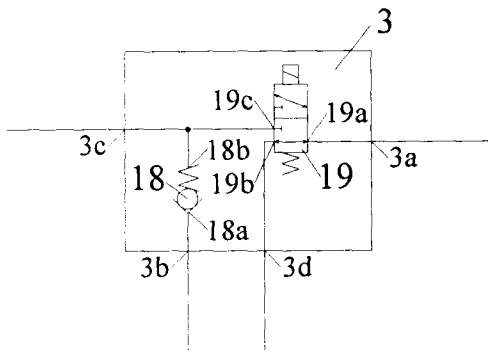


图 6

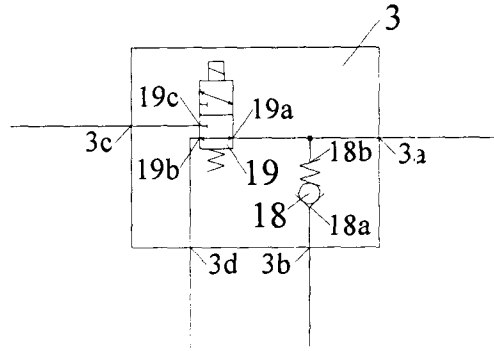


图 7

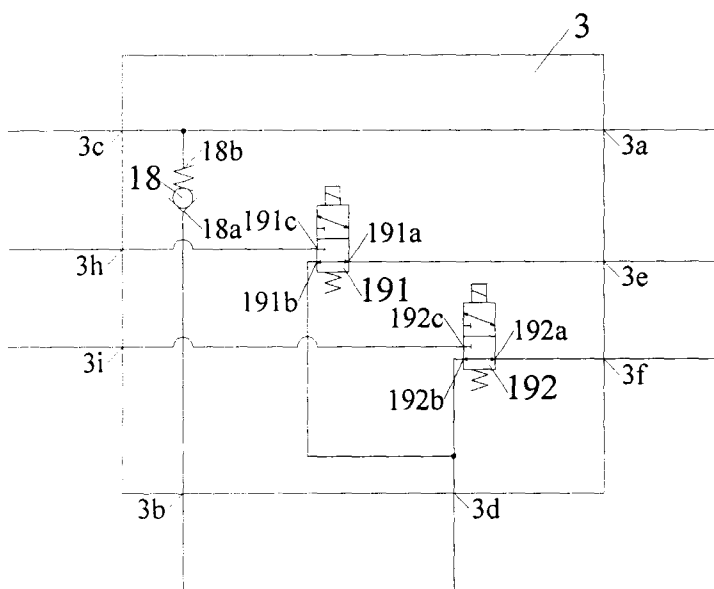


图 8

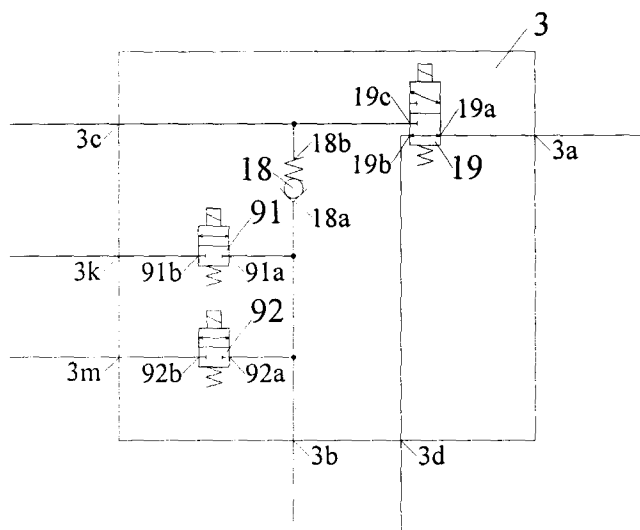


图 9

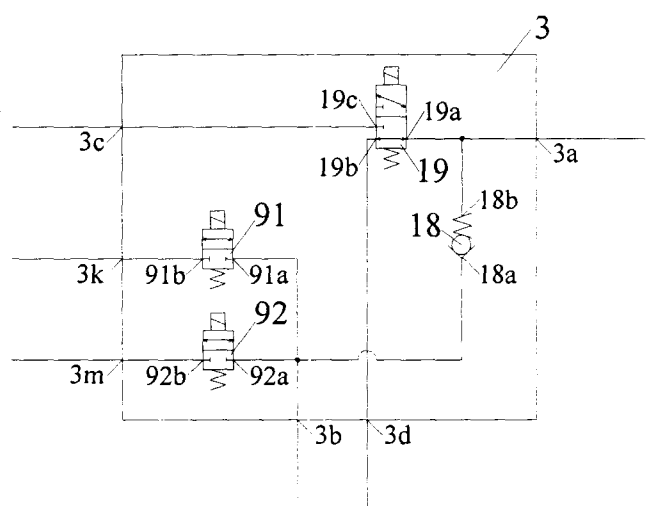


图 10

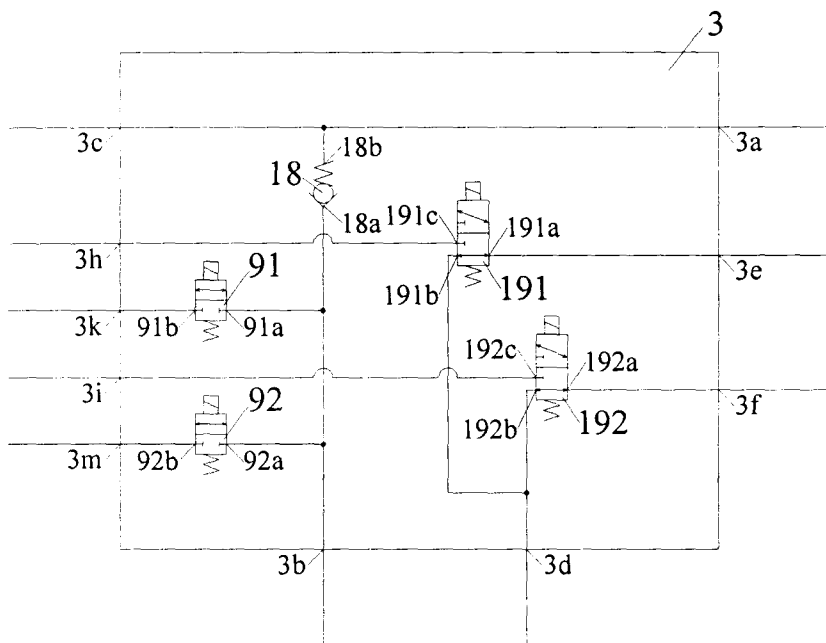


图 11

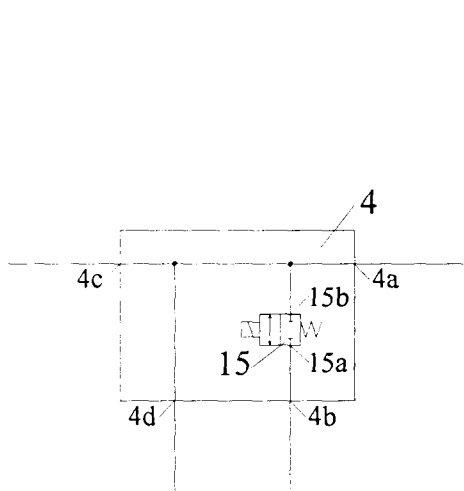


图 12

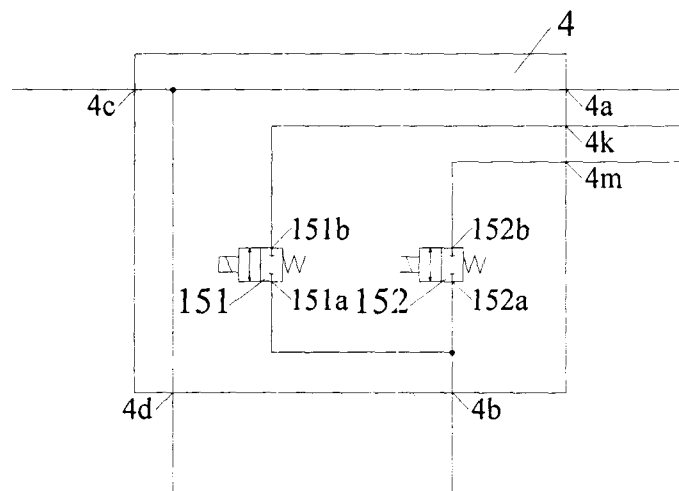


图 13

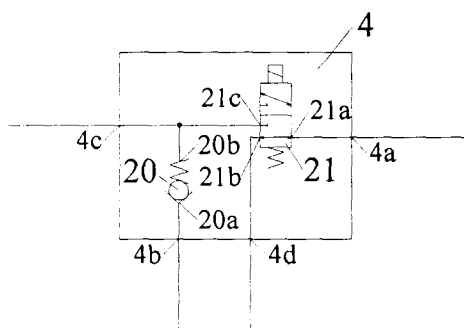


图 14

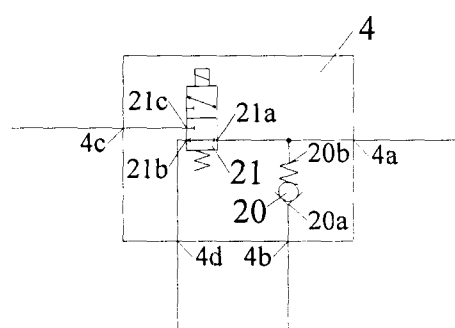


图 15

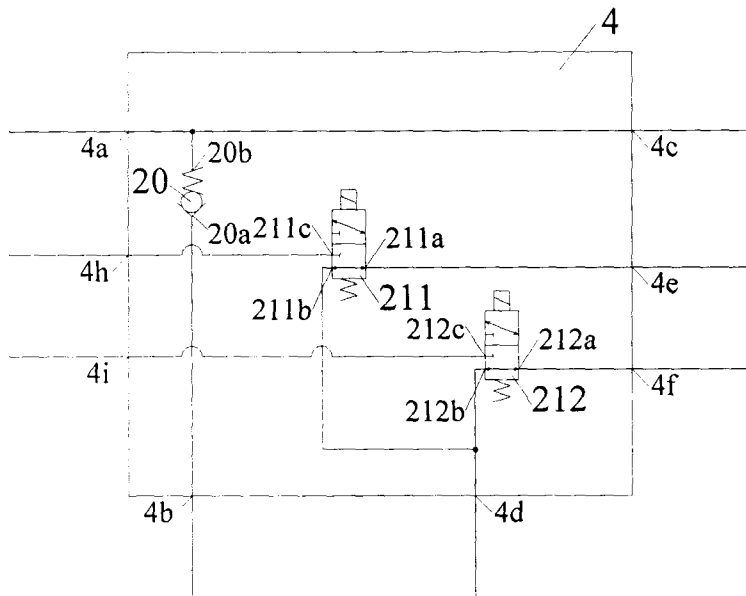


图 16

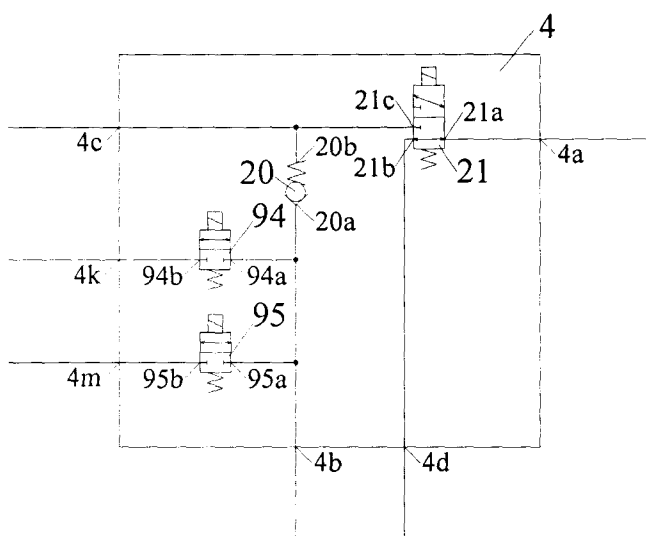


图 17

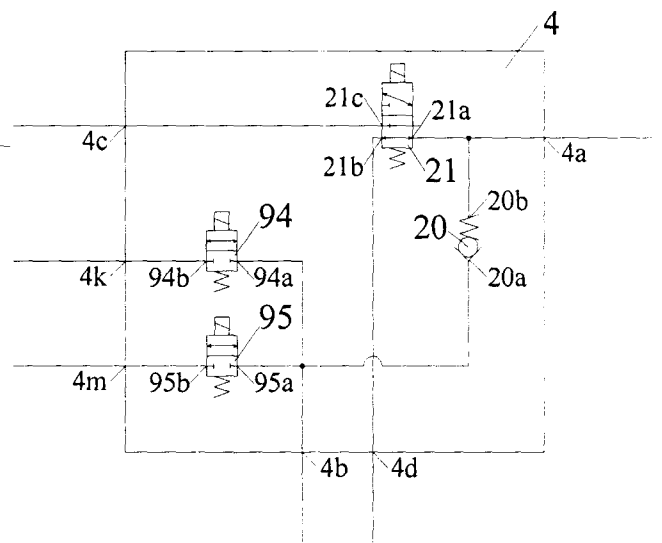


图 18

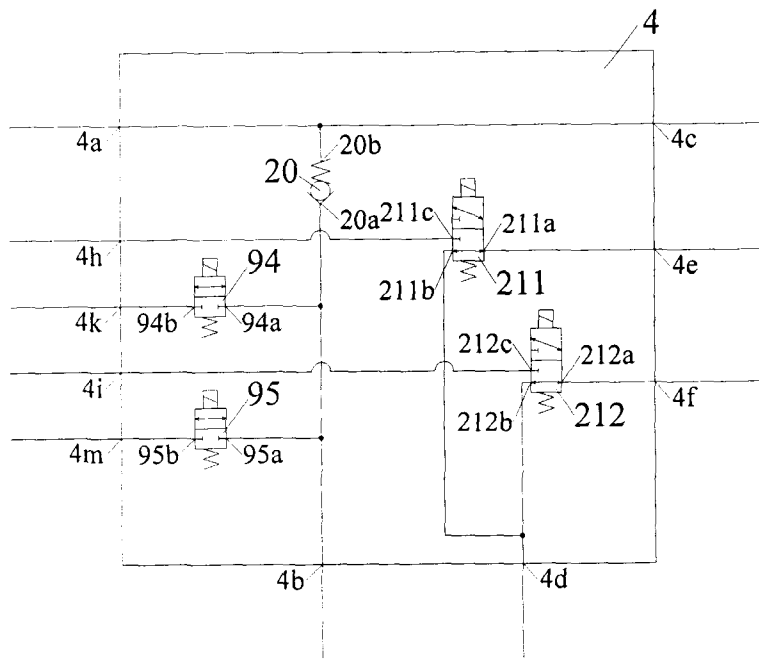


图 19

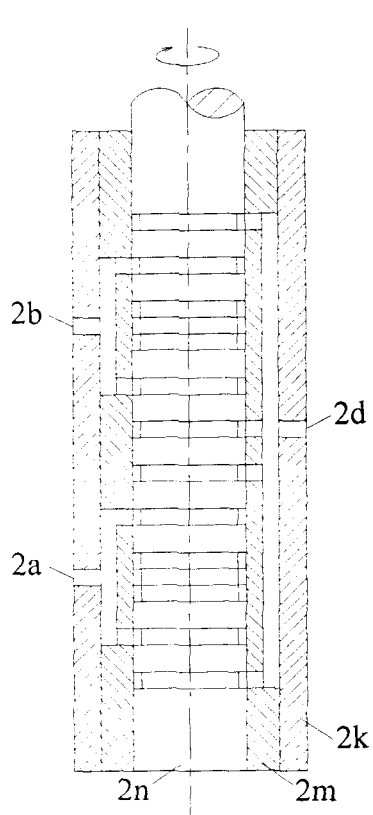


图 20

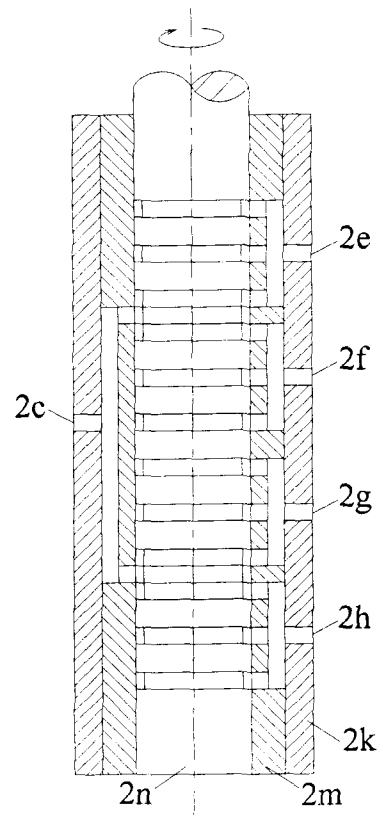


图 21

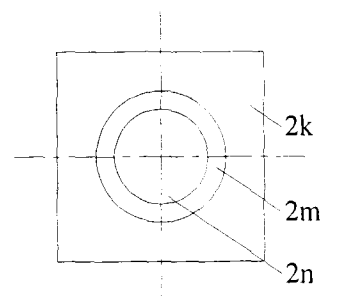


图 22

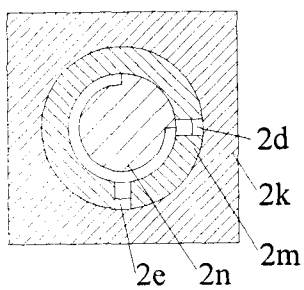


图 23

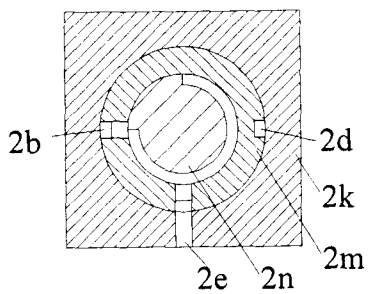


图 24

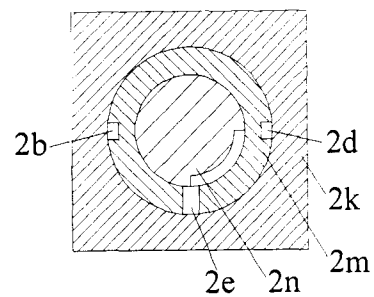


图 25

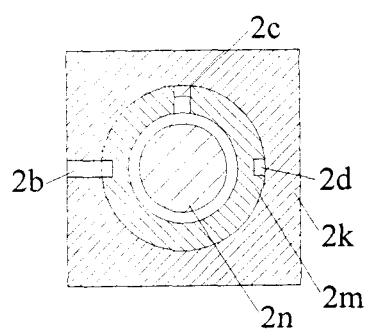


图 26

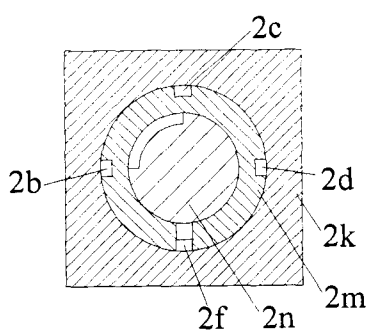


图 27

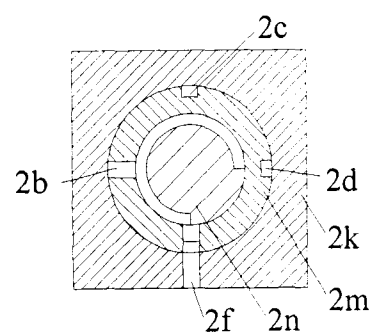


图 28

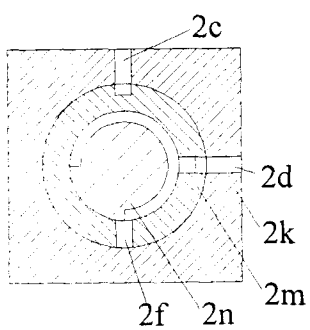


图 29

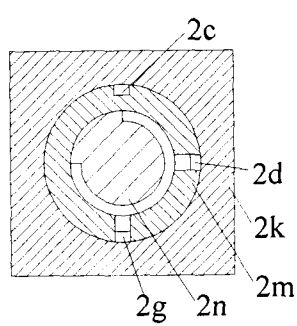


图 30

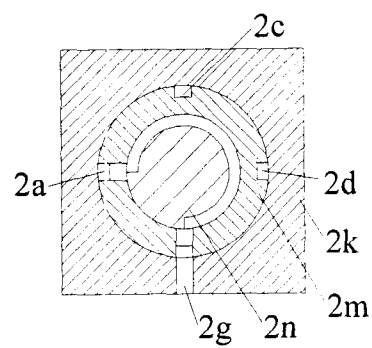


图 31

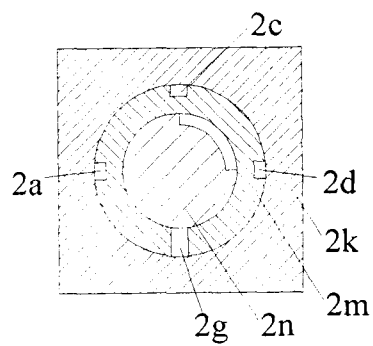


图 32

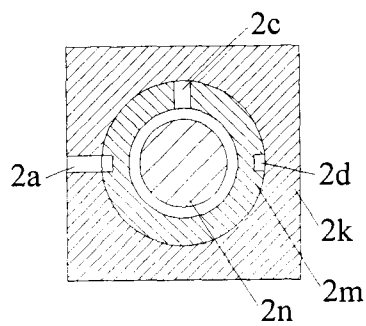


图 33

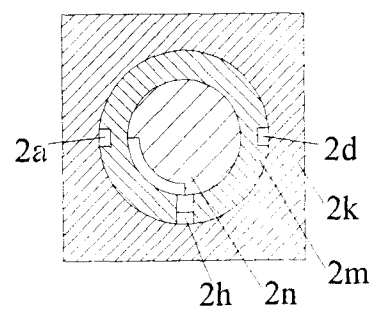


图 34

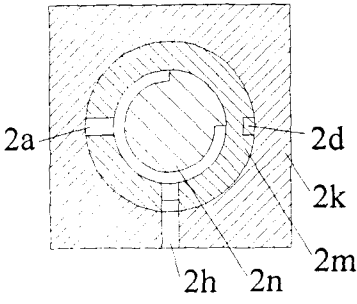


图 35

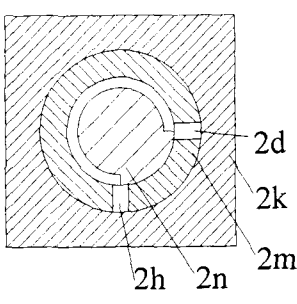


图 36

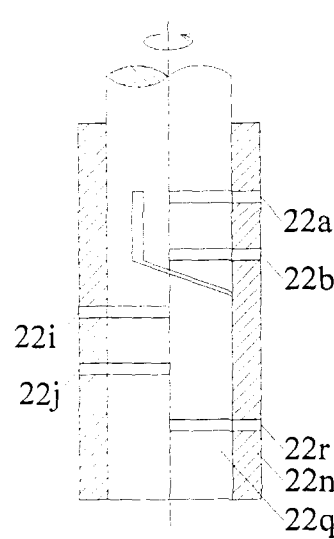


图 37

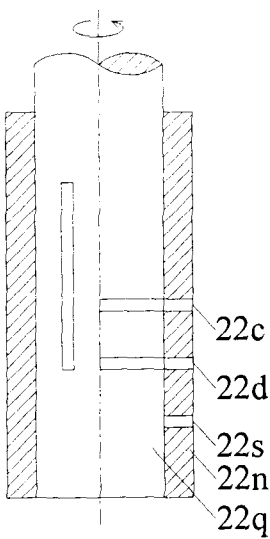


图 38

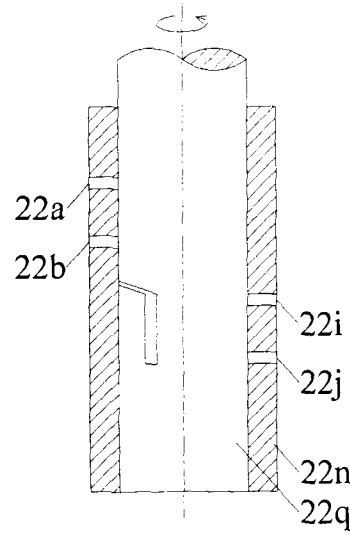


图 39

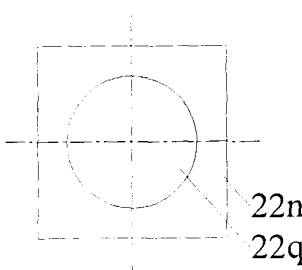


图 40

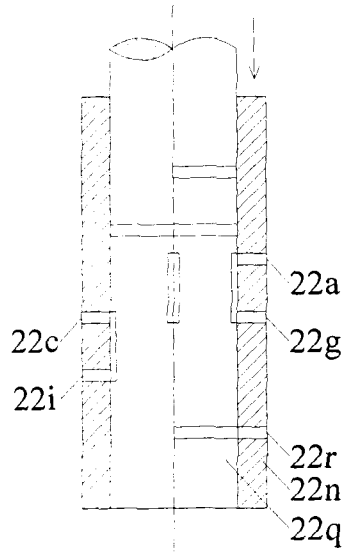


图 41

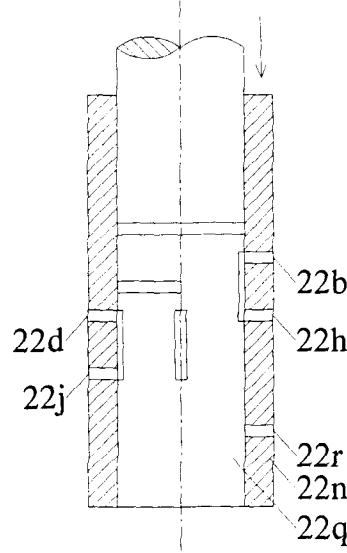


图 42

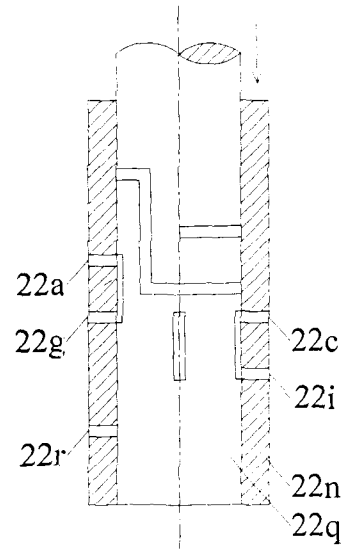


图 43

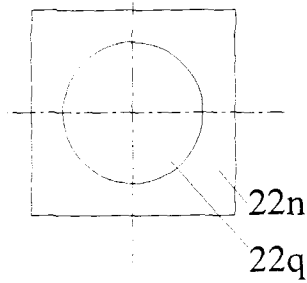


图 44

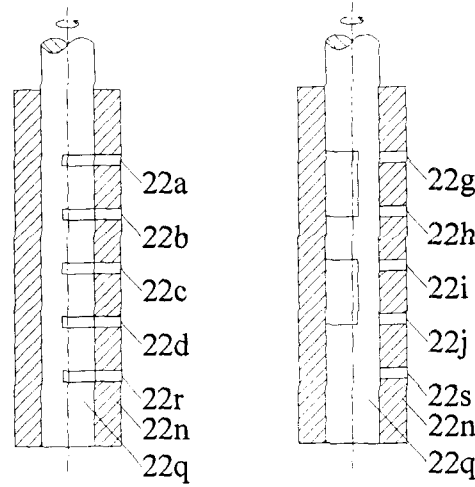


图 45

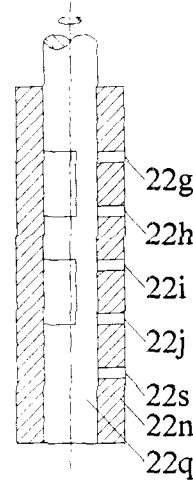


图 46

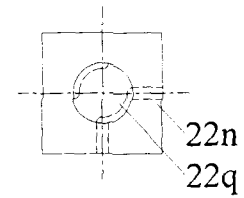


图 47

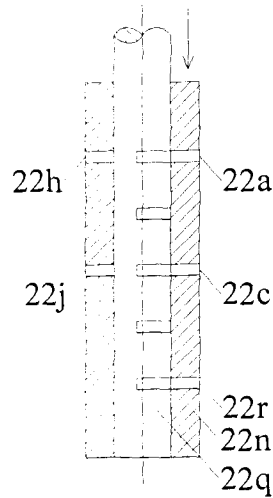


图 48

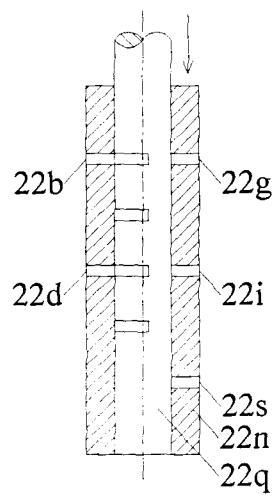


图 49

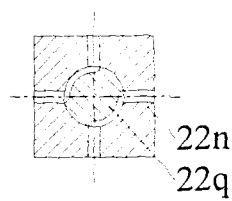


图 50

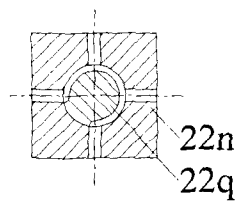


图 51

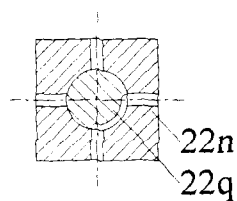


图 52

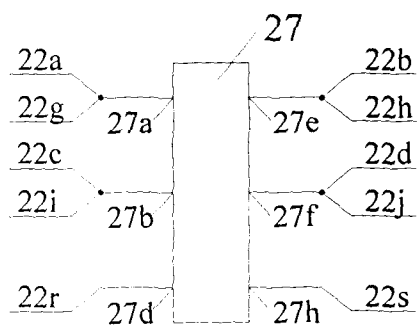


图 53

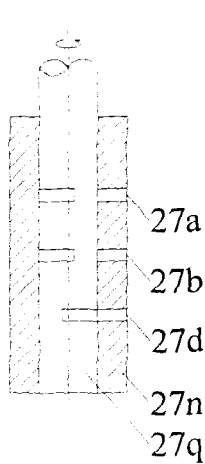


图 54

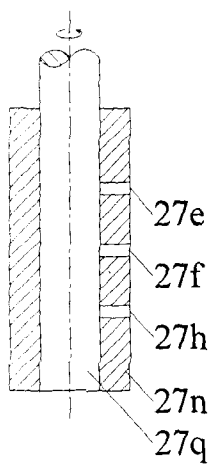


图 55

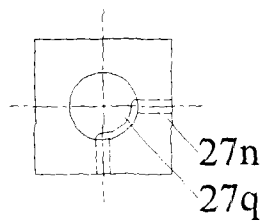


图 56

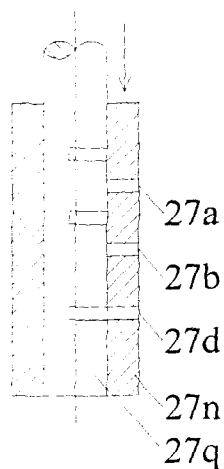


图 57

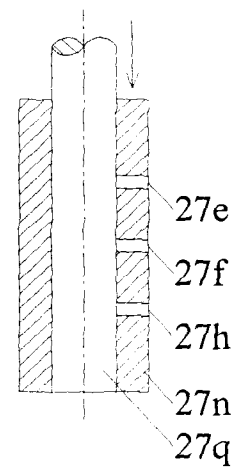


图 58

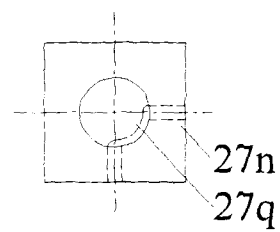


图 59

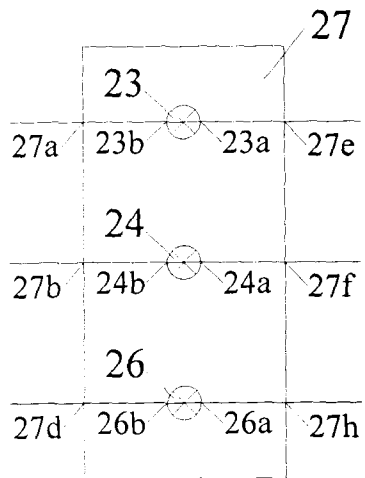


图 60

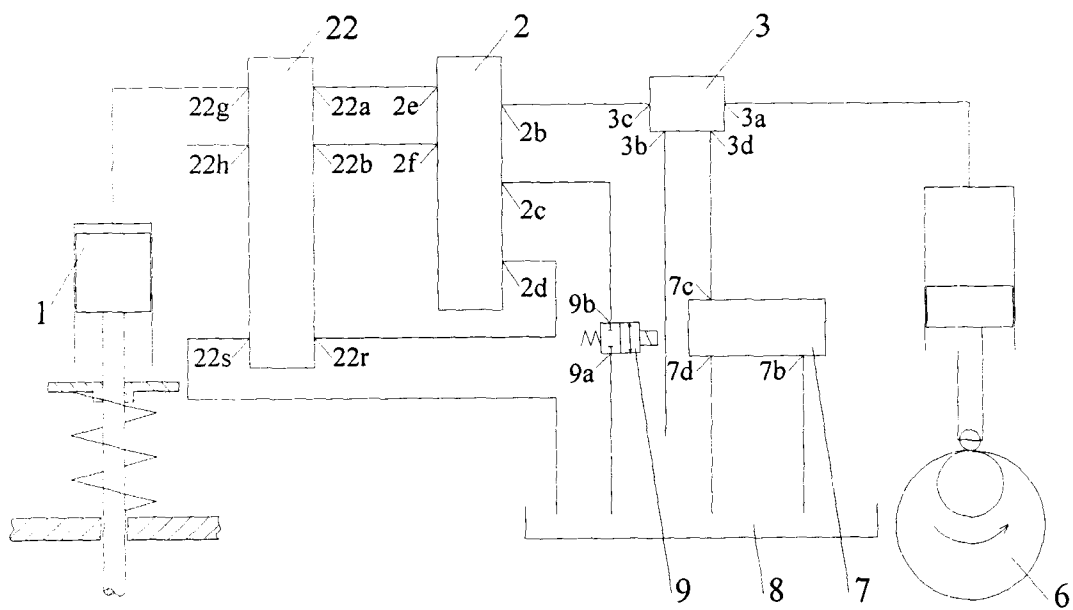


图 61

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/000224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01L 9/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01L 9/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: variable valve actuation system, cylinder, module, drive, oil supply, oil transportation, tank, gate gurgle valve, stage resriciton, model select, control, cam, plunger, turn angle, port, connect, independent, brake, stage restriction

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102444440 A (YIXING DALONG POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 May 2012 (09.05.2012) the whole document	1-10
A	CN 101936198 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 05 January 2011 (05.01.2011) the whole document	1-10
A	CN 102444441 A (YIXING DALONG POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 May 2012 (09.05.2012) the whole document	1-10
A	CN 202194695 U (TIANJIN UNIVERSITY) 08 April 2012 (08.04.2012) the whole document	1-10
A	WO 2013/159120 A1 (EATON CORPORATION) 24 October 2013 (24.10.2013) the whole document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 September 2014	Date of mailing of the international search report 26 November 2014
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HE, Chu Telephone No. (86-10) 61648546

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2014/000224

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/0144356 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES INC.) 06 July 2006 (06.07.2006) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/000224

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102444440 A	09 May 2012	CN 102444440 B	10 April 2013
CN 101936198 A	05 January 2011	CN 101936198 B	28 December 2011
CN 102444441 A	09 May 2012	CN 102444441 B	10 April 2013
CN 202194695 U	18 April 2012	None	
WO 2013/159120 A1	24 October 2013	None	
US 2006/0144356 A1	06 July 2006	US 7308872 B2	18 December 2007

A. 主题的分类 F01L 9/02 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) F01L 9/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI; EPDOC; CNPAT, CNKI; 可变气门驱动系统, 气缸, 模块, 供油, 输油, 油箱, 泄油阀, 阶段限定, 模式选择, 控制, 凸轮-柱塞式, 转角, 端口, 连接, 非独立, 制动, variable valve actuation system, cylinder, module, drive, oil supply, oil transportation, tank, gate gurgle valve, stage resriciton, model select, control, cam, plunger, turn angle, port, connect, independent, brake																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 102444440 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101936198 A (大连理工大学) 2011年 1月 05日 (2011 - 01 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102444441 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202194695 U (天津大学) 2012年 4月 18日 (2012 - 04 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013/159120 A1 (EATON CORPORATION) 2013年 10月 24日 (2013 - 10 - 24) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2006/0144356 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES INC.) 2006年 7月 06日 (2006 - 07 - 06) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 102444440 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-10	A	CN 101936198 A (大连理工大学) 2011年 1月 05日 (2011 - 01 - 05) 全文	1-10	A	CN 102444441 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-10	A	CN 202194695 U (天津大学) 2012年 4月 18日 (2012 - 04 - 18) 全文	1-10	A	WO 2013/159120 A1 (EATON CORPORATION) 2013年 10月 24日 (2013 - 10 - 24) 全文	1-10	A	US 2006/0144356 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES INC.) 2006年 7月 06日 (2006 - 07 - 06) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
A	CN 102444440 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-10																					
A	CN 101936198 A (大连理工大学) 2011年 1月 05日 (2011 - 01 - 05) 全文	1-10																					
A	CN 102444441 A (宜兴大隆动力科技有限公司) 2012年 5月 09日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-10																					
A	CN 202194695 U (天津大学) 2012年 4月 18日 (2012 - 04 - 18) 全文	1-10																					
A	WO 2013/159120 A1 (EATON CORPORATION) 2013年 10月 24日 (2013 - 10 - 24) 全文	1-10																					
A	US 2006/0144356 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES INC.) 2006年 7月 06日 (2006 - 07 - 06) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2014年 9月 15日		国际检索报告邮寄日期 2014年 11月 26日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		授权官员 何楚 电话号码 (86-10)61648546																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/000224

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	102444440	A	2012年 5月 09日	CN 102444440 B	2013年 4月 10日
CN	101936198	A	2011年 1月 05日	CN 101936198 B	2011年 12月 28日
CN	102444441	A	2012年 5月 09日	CN 102444441 B	2013年 4月 10日
CN	202194695	U	2012年 4月 18日	无	
WO	2013/159120	A1	2013年 10月 24日	无	
US	2006/0144356	A1	2006年 7月 06日	US 7308872 B2	2007年 12月 18日