(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
2020 年 4 月 2 日 (02.04.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/062745 A1

(51) 国际专利分类号:
F02D 23/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/073216

(22) 国际申请日: 2019 年 1 月 25 日 (25.01.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811126346.0 2018年9月26日 (26.09.2018) CN

(71) 申请人: 广州汽车集团股份有限公司 (GUANGZHOU AUTOMOBILE GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区东风中路 448-458 号成悦大厦 23 楼, Guangdong 510030 (CN)。

(72) 发明人: 周鑫 (ZHOU, Xin); 中国广东省广州市番禺区化龙镇金山大道东路668号, Guangdong 511434 (CN)。 连学通 (LIAN, Xuetong); 中国广东省广州市番禺区化龙镇金山大道东路668号, Guangdong 511434 (CN)。 苏庆鹏 (SU, Qingpeng); 中国广东省广州市番禺区化龙镇金山大道东路668号, Guangdong 511434 (CN)。 刘巨江 (LIU, Jujiang); 中国广东省广州市番禺区化龙镇金山大道东路668号, Guangdong 511434 (CN)。

(74) 代理人: 上海波拓知识产权代理有限公司 (PSHIP FIRM, LLC); 中国上海市静安区沪太路315弄2号19F, Shanghai 200070 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, 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)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(54) **Title:** MILLER CYCLE ENGINE TORQUE CONTROL METHOD AND DEVICE

(54) **发明名称:** 一种米勒循环发动机扭矩控制方法和装置

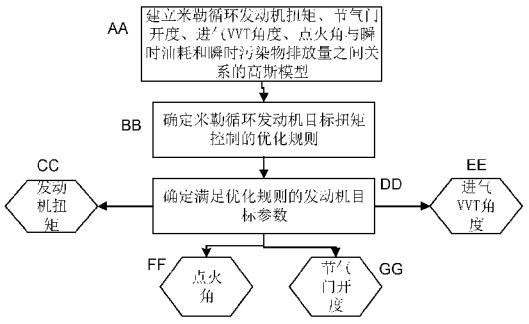


图 1

AA Establish Gaussian model for relationship between torque, throttle percentage, intake VVT angle, ignition timing, instantaneous fuel consumption, and instantaneous pollutant emissions in Miller cycle engine
BB Determine optimization rule for Miller cycle engine target torque control
CC Engine torque
DD Determine engine target parameters satisfying optimization rule
EE Intake VVT angle
FF Ignition timing
GG Throttle percentage

(57) **Abstract:** A Miller cycle engine torque control method, comprising: establishing a Gaussian model for fuel consumption and emissions; determining an optimization rule for engine target torque control; on the basis of a total required torque of the engine, the Gaussian model, and the optimization rule, determining an engine target torque and parameter control targets. A Miller cycle engine torque control device is also disclosed.

(57) **摘要:** 一种米勒循环发动机的扭矩控制方法, 包括: 建立油耗排放的高斯模型; 确定发动机目标扭矩控制的优化规则; 根据发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则, 确定发动机目标扭矩和参数控制目标。一种米勒循环发动机的扭矩控制装置也被公开。

WO 2020/062745 A1

一种米勒循环发动机扭矩控制方法和装置

[0001] 本专利申请要求2018年9月26日提交的申请号为CN 201811126346.0，申请人为广州汽车集团股份有限公司，发明名称为“一种米勒循环发动机扭矩控制方法和装置”的中国专利申请的优先权，上述申请的全文以引用的方式并入本申请中。

技术领域

[0002] 本发明涉及发动机技术领域，尤其涉及一种米勒循环发动机扭矩控制方法和装置。

背景技术

[0003] 一般来说，混合动力汽车控制策略的设计目标包括：燃油经济性好、尾气排放低、成本低以及系统安全稳定。

[0004] 早期的混合动力汽车控制策略大多基于速度控制，即利用速度大小作为控制依据，当车速较低时，关闭发动机，由电动机驱动汽车；当车速大于设定值时，由发动机单独驱动汽车；当汽车所需的驱动力大于发动机最大能提供的驱动力时，由发动机和电动机共同驱动汽车；当车速为负时，电动机收集能量，并将其储存于动力电池组中。虽然基于速度的混合动力汽车控制策略简单，且控制器的开发比较容易，但是由于其控制参数单一，动态特性差，并不能满足混合动力汽车控制器的设计要求。

[0005] 目前现有的混合动力汽车控制策略基本上都基于转矩或者功率进行控制，主要有优化算法控制策略和基于优化算法的规则控制策略。

[0006] 优化算法控制策略分为瞬时优化控制策略和全局优化控制策略两种。其中，瞬时优化控制策略是根据动力系统的动力需求，实时计算三个动力源在不同动力分配下的瞬时油耗和排放，选择最优分配组合用以控制混合动力系统进行动力输出；在某一时刻，将发电机发出的电能和电动机消耗的电能按照一定比例转化为发动机的燃油消耗，从而确定整个混合动力系统的燃油消耗。瞬时优化控制策略能达到某一时刻混合动力系统动力分配最优化。

[0007] 基于优化算法的规则控制策略是使用优化算法计算出混合动力汽车在其常规各

种工况下的动力分配方案，依据优化算法的计算结果，制定控制规则，最终利用由优化算法得出的控制规则对混合动力汽车进行控制。

[0008] 高斯过程回归是基于贝叶斯理论和统计学习理论发展起来的一种全新机器学习方法，适于处理高维数、小样本和非线性等复杂回归问题，与神经网络和支持向量机相比，该方法具有容易实现、超参数自适应获取以及输出具有概率意义等优点，方便与预测控制、自适应控制、贝叶斯滤波等相结合。

[0009] 技术方案

[0010] 有鉴于此，有必要提供一种通过高斯模型预测以对混合动力车辆的油耗排放水平进行预测、分析以及优化的米勒循环发动机扭矩控制方法和装置。

[0011] 本发明提供了一种米勒循环发动机扭矩控制方法，其包括：

[0012] 建立油耗排放高斯模型：以设定的发动机工况点采样频率，采集不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量，建立米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度以及点火角与瞬时油耗和瞬时污染物排放量之间关系的高斯模型；

[0013] 建立扭矩控制的优化规则：确定米勒循环发动机目标扭矩控制的优化规则；

[0014] 扭矩控制策略的全局寻优：根据发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则，确定发动机目标扭矩和参数控制目标。

[0015] 进一步地，建立油耗排放高斯模型包括：

[0016] 以设定的发动机工况点采样频率，采集不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

[0017] 将采集的发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及与对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量导入建模软件；

[0018] 生成米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量关系的高斯模型。

[0019] 进一步地，所述瞬时污染物排放量包括瞬时NO_x排放量、瞬时HC排放量和瞬时PM排放量。

[0020] 进一步地，所述优化规则为在满足发动机总需求扭矩的前提下，所述瞬时油耗

和所述瞬时污染物排放量的总和最小。

[0021] 进一步地，所述发动机总需求扭矩由输入整车控制器的总目标扭矩获得，所述发动机总需求扭矩包括电机目标扭矩和发动机目标扭矩。

[0022] 进一步地，扭矩控制策略的全局寻优包括：

[0023] 根据发动机总需求扭矩以及高斯模型，预测可行的发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围；

[0024] 将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围；

[0025] 改变发动机目标扭矩范围和/或节气门目标开度范围和/或进气VVT目标角度范围和/或目标点火角范围，得到每一种范围下的发动机目标扭矩、节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角组合下的发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

[0026] 确定满足优化规则的发动机扭矩和节气门开度、进气VVT角度、点火角，将其中的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将其中的节气门开度、进气VVT角度、点火角作为节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角。

[0027] 进一步地，将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围包括：

[0028] 以设定的扭矩搜索步长，将发动机目标扭矩范围分成k+1个第一可行性范围；

[0029] 以设定的节气门开度搜索步长，将节气门目标开度范围分成n+1个第二可行性范围；

[0030] 以设定的进气VVT角度搜索步长，将VVT目标角度范围分为j+1个第三可行性范围；

[0031] 以设定的点火角搜索步长，将目标点火角范围分为m+1个第四可行性范围。

[0032] 进一步地，确定满足优化规则的发动机扭矩和节气门开度、进气VVT角度、点火角，将其中的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将其中的节气门开度、进气VVT角度、点火角作为节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角包括：

[0033] 基于高斯模型，分别仿真(k+1)*(n+1)*(j+1)*(m+1)个水平下发动机的瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

[0034] 计算得到的瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和；

[0035] 将瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和最低时的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将此时的节气门开度、进气VVT角度以及点火角作为米勒循环发动机扭矩控制的节气门目标开度、进气VVT目标角度以及目标点火角。

[0036] 本发明还提供了一种米勒循环发动机扭矩控制装置，包括建模软件以及与所述建模软件信号连接的整车控制器、扭矩传感器、节气门开度传感器、进气VVT角度传感器、发动机转速传感器、点火角传感器、油耗传感器和污染物排放量传感器，所述建模软件接收在不同发动机转速和负荷下采集的发动机扭矩信息、节气门开度信息、进气VVT角度信息、点火角信息、油耗信息和排放量信息，并基于接收的信息建立发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与油耗量和排放量之间关系的高斯模型；所述整车控制器依据获取的发动机总需求扭矩和高斯模型确定发动机扭矩的可行性范围、节气门开度的可行性范围、进气VVT角度的可行性范围和点火角的可行性范围，并依据设定的发动机扭矩控制的优化规则，确定满足优化规则的发动机目标扭矩、节气门目标开度、进气VVT目标角度和目标点火角。

[0037] 进一步地，所述污染物排放量传感器包括NO_X排放量传感器、HC排放量传感器和PM排放量传感器，所述优化规则为瞬时油耗和瞬时污染物排放量的总和最小。

发明概述

技术问题

问题的解决方案

发明的有益效果

有益效果

[0038] 本发明在保证混合动力车辆动力性和驾驶性的前提下，基于发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则对米勒循环发动机扭矩控制的目标进行预测，基于预测结果对混合动力车辆米勒循环发动机扭矩控制进行优化，将发动机总需求扭矩合理分配至电机和米勒循环发动机，使得车辆的燃油消耗水平和污染物排放达

到最低水平。

对附图的简要说明

附图说明

[0039] 图1为本发明提供的米勒循环发动机扭矩控制装置的原理框图；

[0040] 图2为本发明利用米勒循环发动机扭矩控制方法确定发动机目标扭矩及控制参数的一具体实施例的原理框图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0041] 为更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效，以下结合附图及较佳实施例，对本发明详细说明如下。

[0042] 如图1所示，本发明提供的米勒循环发动机扭矩控制装置，包括建模软件以及与建模软件信号连接的整车控制器、扭矩传感器、节气门开度传感器、进气VVT角度传感器、发动机转速传感器、点火角传感器、油耗传感器和污染物排放量传感器。本发明利用扭矩传感器、节气门开度传感器、进气VVT角度传感器、发动机转速传感器、点火角传感器、油耗传感器和污染物排放量传感器，由发动机实验台架等设备中采集不同发动机转速和负荷下发动机实际运行过程中的发动机扭矩信息、节气门开度信息、进气VVT角度信息、点火角信息、油耗信息和排放量信息，并将上述信息传输至建模软件，以建立发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与油耗量和排放量之间关系的高斯模型，然后，整车控制器依据高斯模型和发动机总需求扭矩确定发动机扭矩可行性范围、节气门开度可行性范围、进气VVT角度可行性范围和点火角可行性范围，最后依据设定的优化规则，全局寻优以最终确定满足优化规则的发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度和点火角的组合，将其中的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将其中的节气门开度、进气VVT角度和点火角作为米勒循环发动机参数控制的目标。

[0043] 在本发明中，污染物排放量传感器包括NO_X排放量传感器、HC排放量传感器（碳氢化合物排放量传感器）和PM排放量传感器（微粒物排放量传感器）。

[0044] 在本发明提供的一优选实施例中，优化规则为瞬时油耗量和瞬时污染物排放量

（包括瞬时NO_x排放量、瞬时HC排放量和瞬时PM排放量）之和最小。在本发明的其它实施例中，优化规则也可以为瞬时油耗量、瞬时NO_x排放量、瞬时HC排放量和瞬时PM排放量至少其中之一最小。如此，本发明在保证混合动力车辆动力性和驾驶性的前提下，基于发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则对米勒循环发动机扭矩控制的目标进行预测，基于预测结果对混合动力车辆米勒循环发动机扭矩控制进行优化，将发动机总需求扭矩合理分配至电机和米勒循环发动机，使得车辆的燃油消耗水平和污染物排放达到最低水平。

[0045] 本发明还提供了一种米勒循环发动机扭矩控制方法，以将高斯过程回归及预测方法应用于混合动力车辆米勒循环发动机油耗排放优化领域，对车辆的油耗和排放水平进行实时的预测分析和优化，其包括：

[0046] 步骤S10（建立油耗排放高斯模型）：建立米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度以及点火角与瞬时油耗量和瞬时污染物排放量之间关系的高斯模型；

[0047] 步骤S20（建立扭矩控制的优化规则）：确定米勒循环发动机目标扭矩控制的优化规则；

[0048] 步骤S30（扭矩控制策略的全局寻优）：根据发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则，确定发动机的目标扭矩和参数控制目标；

[0049] 具体地，步骤S10（建立米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与排放量之间关系的高斯模型）包括如下步骤：

[0050] S11：以设定的发动机工况点采样频率，采集不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量（包括瞬时NO_x排放量、瞬时HC排放量和瞬时PM排放量）；

[0051] 在步骤S11中，不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量均为通过发动机实验台架等设备采集的发动机实际运行过程中的数据。

[0052] S12：将采集的不同负荷和转速下的发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的发动机瞬时油耗和污染物排放量导入高斯过程专用的建模软件（例如Matlab/ASCMO等）中；

[0053] S13：建立能够仿真模拟混合动力车辆米勒循环发动机转速、扭矩、节气门开度、进气VVT角度和对应的发动机瞬时油耗和污染物排放量之间关系的高斯数学模型。

[0054] 在步骤S20中，根据实际需要，考虑到目前日益严苛的油耗以及污染物排放法规的要求，本步骤设置的优化规则为在满足发动机总需求扭矩的前提下，瞬时油耗和瞬时污染物排放量（包括瞬时NO_X排放量、瞬时HC排放量以及瞬时PM排放量）的总和最小。

[0055] 可以理解，在其他具体实施例中，优化规则还可以设置为瞬时油耗量、瞬时NO_X排放量、瞬时HC排放量以及瞬时PM排放量中的其中一个最低，具体不做限制。

[0056] 在步骤S30中，控制参数包括节气门开度、进气VVT角度和点火角。

[0057] 米勒循环发动机扭矩控制策略的目标，一方面在于整车控制器根据输入的发动机总需求扭矩合理分配电机和米勒循环发动机的目标扭矩，另一方面在于根据米勒循环发动机目标扭矩，合理控制电子节气门的开度和发动机的进气VVT角度和点火角，以满足提前设定的优化规则。

[0058] 具体地，步骤S30（根据发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则，确定发动机的目标扭矩和参数控制目标）包括：

[0059] S31：根据发动机总需求扭矩以及高斯模型，预测可行的发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围和目标点火角范围；

[0060] S32：将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围和目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围；

[0061] S33：改变发动机目标扭矩范围和/或节气门目标开度范围和/或进气VVT目标角度范围和/或目标点火角范围，得到每一种发动机目标扭矩、节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角组合下的发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

[0062] S34：确定满足优化规则的发动机扭矩和节气门开度、进气VVT角度、点火角，将其作为发动机目标扭矩和节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角。

[0063] 更具体地，将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围的方法包括：

[0064] 以设定的扭矩搜索步长，将发动机目标扭矩范围分成若干个第一可行性范围；

[0065] 以设定的节气门开度搜索步长，将节气门目标开度范围分成若干个第二可行性范围；

[0066] 以设定的进气VVT角度搜索步长，将VVT目标角度范围分为若干个第三可行性范围；

[0067] 以设定的点火角搜索步长，将目标点火角范围分为若干个第四可行性范围。

[0068] 基于高斯模型，分别仿真每一个可行性范围（包括第一可行性范围、第二可行性范围、第三可行性范围、第四可行性范围），得到每一种扭矩、节气门开度、进气VVT角度和点火角组合下的米勒发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

[0069] 将发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和最低时的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将对应的节气门开度、进气VVT角度以及点火角作为米勒循环发动机扭矩控制的节气门目标开度、进气VVT目标角度以及目标点火角。

[0070] 结合图2，下面根据一个具体实施例对本发明提供的米勒循环发动机扭矩控制方法进行说明。

[0071] 步骤1：通过实验获取米勒循环发动机在不同转速、不同负荷、不同扭矩、不同进气VVT角度和不同点火角下的瞬时油耗和瞬时污染物排放量，并基于高斯过程，建立米勒循环发动机的转速、负荷、扭矩、进气VVT角度、以及点火角与瞬时油耗和瞬时污染物排放量（包括瞬时NO_X排放量、瞬时HC排放量以及瞬时PM排放量）之间的统计学模型。

[0072] 步骤2：在保证混合动力车辆动力性的前提下，以米勒循环发动机的瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和最低做为优化目标。

[0073] 步骤3：根据发动机总需求扭矩，预测可行的发动机目标扭矩范围[T_{emin}，T_{emax}]，并以5N*m为扭矩搜索步长，将米勒循环发动机的目标扭矩范围分为k+1个可行性水平：T_{emin}，T_{emin}+5*1，T_{emin}+5*2，……，T_{emin}+5*(k-1)，T_{emax}；

[0074] 预测可行的节气门目标开度范围[θ_{min}，θ_{max}]，以5°为节气门开度搜索步长，将目标节气门开度范围分为n+1个可行性水平：θ_{min}，θ_{min}+5°，θ_{min}+10°，……，

θ_{min}+5*(n-1)，θ_{max}；

[0075] 预测可行的进气VVT目标角度范围[ε_{min}，ε_{max}]，以5°为进气VVT角度搜索步长，将进气VVT目标角度范围分为j+1个可行性水平：ε_{min}，ε_{min}+5°，ε_{min}+10°，……，ε_{min}+5*(j-1)，ε_{max}；

[0076] 预测可行的目标点火角范围[η_{min}，η_{max}]，以5°为点火角搜索步长，将目标点火角范围分为m+1个可行性水平：η_{min}，η_{min}+5°，η_{min}+10°，……，η_{min}+5*(m-1)，η_{max}。

[0077] 步骤4：根据步骤1获得的高斯模型，分别仿真预测(n+1)*(k+1)*(j+1)*(m+1)个水平下发动机的瞬时油耗和瞬时污染物排放量，计算瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和；

[0078] 在瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和最低时，将此时的发动机扭矩T_{eopt}作为米勒循环发动机的目标扭矩，将此时的节气门开度θ_{opt}、进气VVT角度ε_{opt}和点火角η_{opt}作为米勒循环发动机扭矩控制的进气VVT目标角度、进气VVT目标角度范围和目标点火角，即将(T_{eopt}，θ_{opt}，ε_{opt}，η_{opt})作为发动机的气路火路控制参数。

[0079] 此时分配至电机的电机目标扭矩$T_{电机}$的计算方法为：$T_{电机}=T_{总需求}-T_{eopt}$，即，电机目标扭矩等于发动机总需求扭矩减去发动机目标扭矩。

[0080] 综上，本发明通过将高斯模型预测方法应用于混合动力米勒循环发动机油耗以及污染物排放领域，在保证混合动力车辆动力性和驾驶性的前提下，基于发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则对米勒循环发动机扭矩控制的目标进行预测，根据对车辆的油耗及污染物排放水平进行实时的预测分析的结果获得发动机目标扭矩，通过精确控制米勒发动机的扭矩，使车辆的油耗以及污染物排放达到最低水平。

[0081] 以上，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，当可利用上述揭示的技术内容做出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化

与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围内。

工业实用性

[0082] 本发明通过将高斯模型预测方法应用于混合动力米勒循环发动机油耗以及污染物排放领域，在保证混合动力车辆动力性和驾驶性的前提下，基于发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则对米勒循环发动机扭矩控制的目标进行预测，根据对车辆的油耗及污染物排放水平进行实时的预测分析的结果获得发动机目标扭矩，通过精确控制米勒发动机的扭矩，使车辆的油耗以及污染物排放达到最低水平。

权利要求书

[权利要求 1] 一种米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，其包括：

建立油耗排放高斯模型：以设定的发动机工况点采样频率，采集不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量，建立米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度以及点火角与瞬时油耗和瞬时污染物排放量之间关系的高斯模型；

建立扭矩控制的优化规则：确定米勒循环发动机目标扭矩控制的优化规则；

扭矩控制策略的全局寻优：根据发动机总需求扭矩、高斯模型和优化规则，确定发动机目标扭矩和参数控制目标。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，

建立油耗排放高斯模型包括：

以设定的发动机工况点采样频率，采集不同负荷和转速下的米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

将采集的发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角以及与对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量导入建模软件；

生成米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与对应的瞬时油耗和瞬时污染物排放量关系的高斯模型。

[权利要求 3] 根据权利要求1所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，

所述瞬时污染物排放量包括瞬时NO_x

排放量、瞬时HC排放量和瞬时PM排放量。

[权利要求 4] 根据权利要求1所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，

所述优化规则为在满足发动机总需求扭矩的前提下，所述瞬时油耗和所述瞬时污染物排放量的总和最小。

[权利要求 5] 根据权利要求1所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，

所述发动机总需求扭矩由输入整车控制器的总目标扭矩获得，所述发

动机总需求扭矩包括电机目标扭矩和发动机目标扭矩。

[权利要求 6] 根据权利要求1所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，扭矩控制策略的全局寻优包括：

根据发动机总需求扭矩以及高斯模型，预测可行的发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围；

将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围；

改变发动机目标扭矩范围和/或节气门目标开度范围和/或进气VVT目标角度范围和/或目标点火角范围，得到每一种范围下的发动机目标扭矩、节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角组合下的发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

确定满足优化规则的发动机扭矩和节气门开度、进气VVT角度、点火角，将其中的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将其中的节气门开度、进气VVT角度、点火角作为节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角。

[权利要求 7] 根据权利要求6所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，将发动机目标扭矩范围、节气门目标开度范围、进气VVT目标角度范围、目标点火角范围分别划分为若干个可行性范围包括：

以设定的扭矩搜索步长，将发动机目标扭矩范围分成k+1个第一可行性范围；

以设定的节气门开度搜索步长，将节气门目标开度范围分成n+1个第二可行性范围；

以设定的进气VVT角度搜索步长，将VVT目标角度范围分为j+1个第三可行性范围；

以设定的点火角搜索步长，将目标点火角范围分为m+1个第四可行性范围。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的米勒循环发动机扭矩控制方法，其特征在于，

确定满足优化规则的发动机扭矩和节气门开度、进气VVT角度、点火角，将其中的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将其中的节气门开度、进气VVT角度、点火角作为节气门目标开度、进气VVT目标角度、目标点火角包括：

基于高斯模型，分别仿真(k+1)*(n+1)*(j+1)*(m+1)个水平下发动机的瞬时油耗和瞬时污染物排放量；

计算得到的瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和；

将瞬时油耗和瞬时污染物排放量之和最低时的发动机扭矩作为发动机目标扭矩，将此时的节气门开度、进气VVT角度以及点火角作为米勒循环发动机扭矩控制的节气门目标开度、进气VVT目标角度以及目标点火角。

[权利要求 9] 一种米勒循环发动机扭矩控制装置，其特征在于，包括建模软件以及与所述建模软件信号连接的整车控制器、扭矩传感器、节气门开度传感器、进气VVT角度传感器、发动机转速传感器、点火角传感器、油耗传感器和污染物排放量传感器，所述建模软件接收在不同发动机转速和负荷下采集的发动机扭矩信息、节气门开度信息、进气VVT角度信息、点火角信息、油耗信息和排放量信息，并基于接收的信息建立发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与油耗量和排放量之间关系的高斯模型；所述整车控制器依据获取的发动机总需求扭矩和高斯模型确定发动机扭矩的可行性范围、节气门开度的可行性范围、进气VVT角度的可行性范围和点火角的可行性范围，并依据设定的发动机扭矩控制的优化规则，确定满足优化规则的发动机目标扭矩、节气门目标开度、进气VVT目标角度和目标点火角。

[权利要求 10] 根据权利要求9所述的米勒循环发动机扭矩控制装置，其特征在于，所述污染物排放量传感器包括NO_x排放量传感器、HC排放量传感器和PM排放量传感器，所述优化规则为瞬时油耗和瞬时污染物排放量的总和最小。

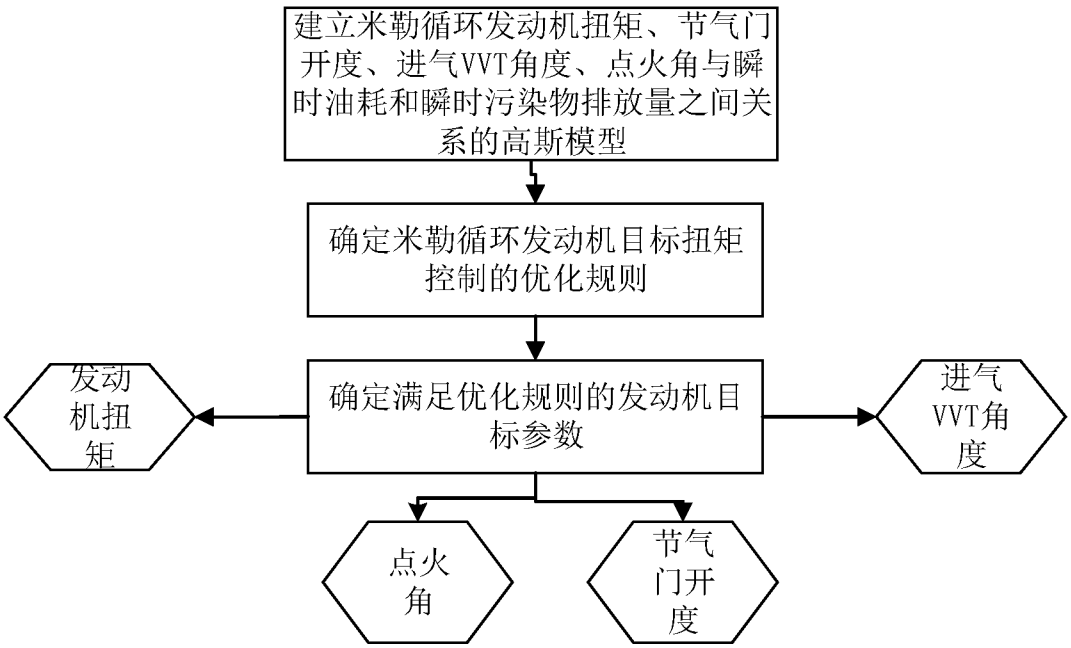

建立米勒循环发动机扭矩、节气门开度、进气VVT角度、点火角与瞬时油耗和瞬时污染物排放量之间关系的高斯模型
确定米勒循环发动机目标扭矩控制的优化规则
确定满足优化规则的发动机目标参数
发动机扭矩
进气VVT角度
点火角
节气门开度

图 1

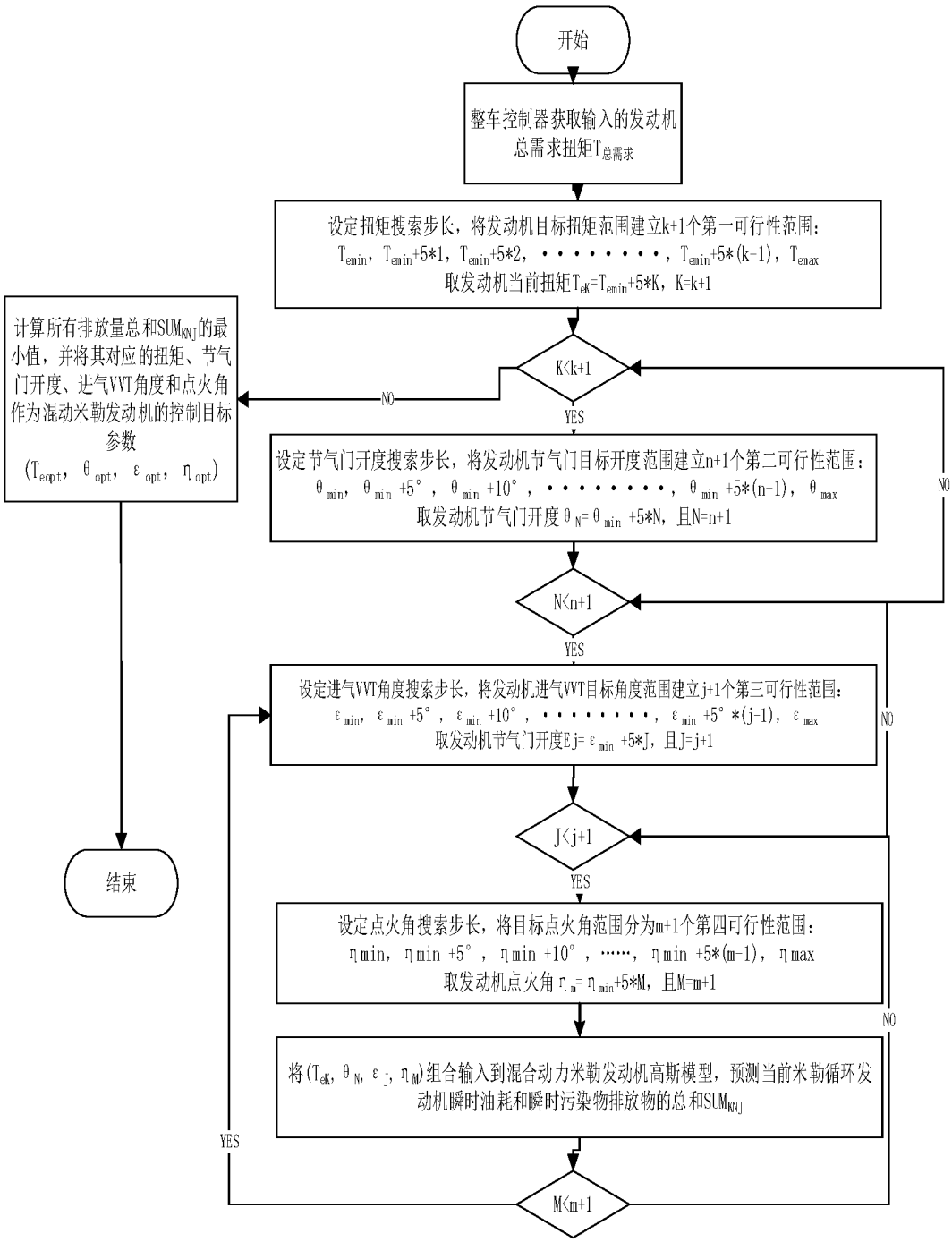

开始
整车控制器获取输入的发动机总需求扭矩$T_{总需求}$
设定扭矩搜索步长，将发动机目标扭矩范围建立k+1个第一可行性范围：
T_{emin}，T_{emin}+5*1，T_{emin}+5*2，·····，T_{emin}+5*(k-1)，T_{emax}
取发动机当前扭矩T_{eK}=T_{emin}+5*K，K=k+1
K<k+1
NO
YES
计算所有排放量总和SUM_{KNJ}的最小值，并将其对应的扭矩、节气门开度、进气VVT角度和点火角作为混动米勒发动机的控制目标参数
(T_{ecpt}，θ_{opt}，ε_{opt}，η_{opt})
设定节气门开度搜索步长，将发动机节气门目标开度范围建立n+1个第二可行性范围：
θ_{min}，θ_{min}+5°，θ_{min}+10°，·····，θ_{min}+5*(n-1)，θ_{max}
取发动机节气门开度θ_N=θ_{min}+5*N，且N=n+1
NO
N<n+1
YES
设定进气VVT角度搜索步长，将发动机进气VVT目标角度范围建立j+1个第三可行性范围：
ε_{min}，ε_{min}+5°，ε_{min}+10°，·····，ε_{min}+5°*(j-1)，ε_{max}
取发动机节气门开度Ej=ε_{min}+5*J，且J=j+1
NO
J<j+1
YES
结束
设定点火角搜索步长，将目标点火角范围分为m+1个第四可行性范围：
ηmin，ηmin+5°，ηmin+10°，……，ηmin+5*(m-1)，ηmax
取发动机点火角η_m=η_{min}+5*M，且M=m+1
NO
将(T_{eK}，θ_N，ε_J，η_M)组合输入到混合动力米勒发动机高斯模型，预测当前米勒循环发动机瞬时油耗和瞬时污染物排放物的总和SUM_{KNJ}
YES
M<m+1

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/073216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D 23/00(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)

F02D

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)

CNABS, VEN, CNKI: 发动机, 内燃机, 扭矩, 模型, 高斯, 米勒, miller, gauss, model, torque, engine

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103147847 A (HYUNDAI MOTOR COMPANY) 12 June 2013 (2013-06-12) description, paragraphs [0045]-[0063], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 104234850 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 24 December 2014 (2014-12-24) entire document	1-10
A	WO 2016060994 A1 (TULA TECHNOLOGY, INC.) 21 April 2016 (2016-04-21) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 May 2019	**28 June 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/073216

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103147847	A	12 June 2013	DE	102012104356	A1	13 June 2013
				US	2013146037	A1	13 June 2013
				CN	103147847	B	24 May 2017
				KR	101326972	B1	13 November 2013
				KR	20130063585	A	17 June 2013
CN	104234850	A	24 December 2014	CN	104234850	B	07 September 2018
				US	2014364273	A1	11 December 2014
				US	9308909	B2	12 April 2016
				DE	102014210563	A1	11 December 2014
WO	2016060994	A1	21 April 2016	US	2016109330	A1	21 April 2016
				US	9784644	B2	10 October 2017

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/073216

A. 主题的分类

F02D 23/00(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)

F02D

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））

CNABS, VEN, CNKI:发动机，内燃机，扭矩，模型，高斯，米勒，miller，gauss，model，torque，engine

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103147847 A (现代自动车株式会社) 2013年 6月 12日 (2013-06-12) 说明书0045-0063段，图1-2	1-10
A	CN 104234850 A (福特环球技术公司) 2014年 12月 24日 (2014-12-24) 全文	1-10
A	WO 2016060994 A1 (TULA TECHNOLOGY INC) 2016年 4月 21日 (2016-04-21) 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	国际检索报告邮寄日期
2019年 5月 16日	2019年 6月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	韩宇
传真号 (86-10)62019451	电话号码 62085298

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/073216

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	103147847	A	2013年 6月 12日	DE	102012104356	A1	2013年 6月 13日
				US	2013146037	A1	2013年 6月 13日
				CN	103147847	B	2017年 5月 24日
				KR	101326972	B1	2013年 11月 13日
				KR	20130063585	A	2013年 6月 17日
CN	104234850	A	2014年 12月 24日	CN	104234850	B	2018年 9月 7日
				US	2014364273	A1	2014年 12月 11日
				US	9308909	B2	2016年 4月 12日
				DE	102014210563	A1	2014年 12月 11日
WO	2016060994	A1	2016年 4月 21日	US	2016109330	A1	2016年 4月 21日
				US	9784644	B2	2017年 10月 10日