中国内燃机学会

2022内燃动力智能控制算法挑战赛预赛通知

各赛队负责人：

经赛事执行委员会讨论决定，综合考虑国内外时差，2022内燃动力智能控制算法挑战赛的预赛定于2022年11月25日19:00-21:00，以线上的形式举行。

本届比赛主题为发动机空气系统控制算法，采用模型在环仿真形式，量化评测各赛队算法的控制精度、响应速度、抗干扰能力等综合指标。在预赛中，计划评选出不超过10支优胜队伍进入决赛（决赛定于2022年11月28日在上海虹桥大华假日酒店和线上混合模式进行）。预赛的总体流程如表A所示。

表A 11月25日预赛流程

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间 | 内容 | 主持人 |
| 18:50 – 19:00 | 各赛队线上签到 | - |
| 19:00 – 19:05 | 赛事主办/承办单位领导致辞 | 宋康 |
| 19:05 – 19:10 | 宣读比赛题目和评分规则 | 李乐 |
| 19:10 – 19:15 | 发布赛题至微信群和赛队报名邮箱 | 李雁飞 |
| 19:15 – 21:00 | 各赛队开展仿真，返回比赛结果数据文件 | 章振宇 |

**\*比赛腾讯会议ID：810-473-248;会议密码：1895**

**一、预赛报名及联系方式**

1. 联系人：

1） 赛题与规则联系人：李乐 15000316840

2） 赛队报名联系人：章振宇 13810848751

3） 比赛细则联系人：李雁飞 18618142356

4） 比赛总联系人：宋康 17526958480

2. 报名方式：通过内燃动力智能技术分会邮箱进行报名，邮件主题为“2022内燃动力智能控制算法挑战赛预赛报名 – 赛队单位名称”。 1) 分会邮箱账号：[itice@tju.edu.cn](mailto:itice@tju.edu.cn)； 2) 需要提交的材料：报名表（见附件 1，需加盖单位公章；若赛队之前提交可不再重复提交） 3. License预计2022年11月22日再次更新（IDAJ公司正在协调中）。 4. 答疑：对比赛有任何疑问请加入下方的微信群，群内将进行解答。

**二、比赛题目及计分方法**

比赛题目为“增压EGR 直喷发动机空气系统智能控制算法开发”，对象模型采用GT-POWER软件，由艾迪捷信息科技(上海)有限公司提供，提供FMU模块，在Matlab/Simulink仿真条件下运行。**比赛详细模型和计分方法的详细介绍见附件一。关于模型、计分方法、预赛流程的详细解读定于2022年11月21日20:00-21:00采用线上形式展开，腾讯会议：960-802-764，请各赛队准时参加。**其他疑问可通过内燃动力智能控制算法挑战赛答疑群随时沟通。

表B 11月21日答疑会议程

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间 | 项目 | 发言人/主持人 |
| 20:00 – 20:05 | 关于预赛的总体情况介绍 | 宋康 |
| 20:05 – 20:15 | 赛题模型更新情况 | 宋波 |
| 20:15 – 20:25 | 评分规则介绍与意见征集 | 李乐 |
| 20:25 – 20:35 | 预赛和决赛组织方案 | 李雁飞 |
| 20:35 – 20:40 | 赛队线上线下注册、参赛 | 章振宇 |
| 20:40 – 21:00 | 答疑与讨论 | 全体 |

中国内燃机学会

中国自动化学会

中国内燃机学会内燃动力智能技术分会

2022内燃动力智能控制算法挑战赛执委会

2022年11月21日

**附录1**

一、**被控对象模型**

1. 发动机基本配置

赛题所用直喷发动机为当量燃烧（空燃比14.7），主要特性参数见表1，外特性曲线见表2。

表1 发动机主要特性参数

|  |  |
| --- | --- |
| 参数名称 | 参数值 |
| 基本构型 | 直列4缸 |
| 排量 | 1.5L |
| 额定功率/转速 | 120kW/6000rpm |
| 最大扭矩/转速 | 242N.m/2000rpm |

表2 发动机外特性

|  |  |
| --- | --- |
| 转速（rpm） | 扭矩（N.m） |
| 1000 | 124 |
| 1100 | 150 |
| 1200 | 182 |
| 1300 | 200 |
| 1400 | 240 |
| 1500 | 239.9194 |
| 2000 | 242.5126 |
| 2500 | 219.7712 |
| 3000 | 217.524 |
| 3500 | 208.8861 |
| 4000 | 209.2998 |
| 4500 | 210.352 |
| 5000 | 211.478 |
| 5500 | 201.897 |
| 6000 | 190.897 |

赛题发动机对象模型采用GT-POWER建模，其模型如图1所示。为减少赛队安装GT-POWER软件的不便，赛题提供方将GT-POWER模型转换为通用的FMU（Functional Mock-up Unit）格式，FUM模型详细使用方法见第三节。

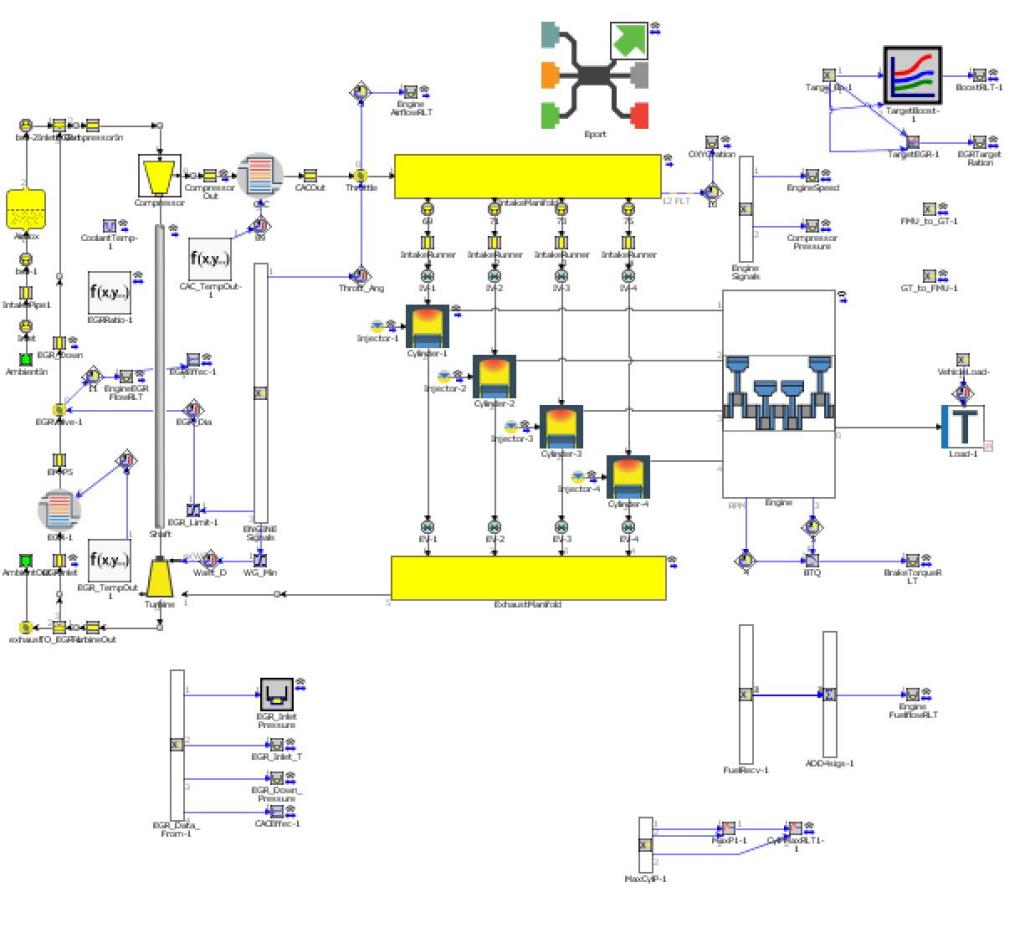


图1 被控发动机GT-POWER模型

2. 空气系统结构示意图

空气系统结构如图2所示。其中，控制输入为电子节气门开度、增压器涡轮放气阀（WG)等效流通直径及废气再循环控制阀（EGR阀）的开度，输出为进气歧管压力及EGR率（可由进气氧浓度信号计算）。



图2 发动机空气系统结构示意图

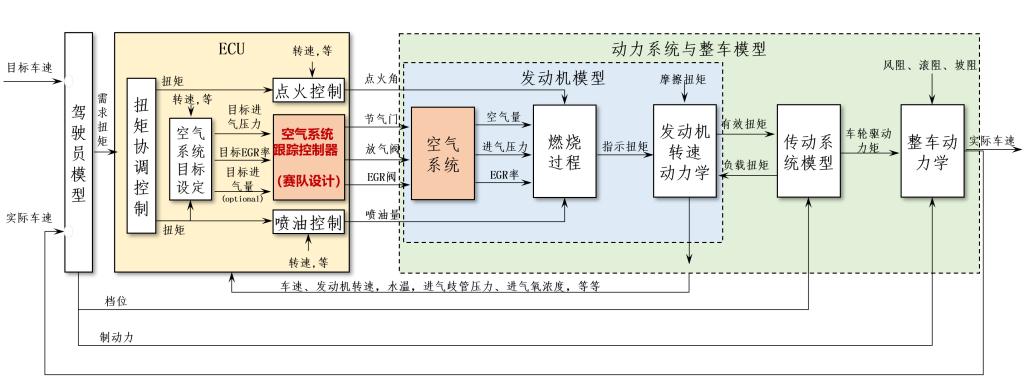
 3. 仿真平台车辆参数

表3 车辆参数

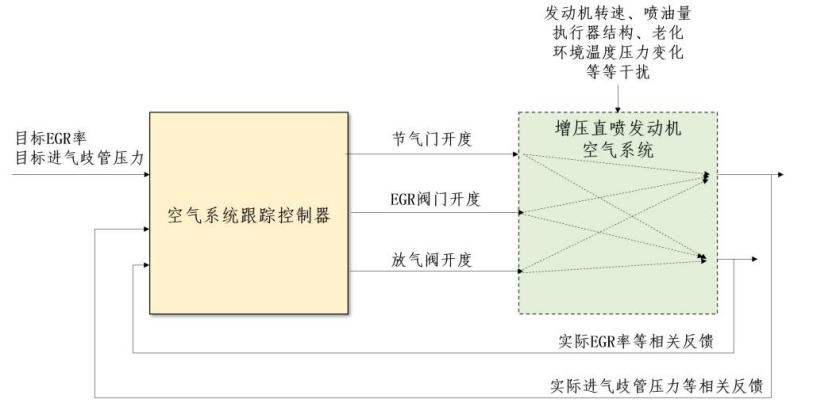
|  |  |
| --- | --- |
| 参数名称 | 参数值 |
| 车重 | 1540kg |
| 车轮滚动半径 | 334mm |
| 滚动阻力系数 | 0.01 |
| 迎风面积 | 2.3m2 |
| 风阻系数 | 0.33 |
| 主减速比 | 2.77 |
| 变速箱各挡位速比 | 1挡：4.484  2挡：2.872  3挡：1.842  4挡：1.414  5挡：1  6挡：0.742 |

**二、总体控制结构**

比赛仿真平台总体控制结构及空气系统控制器局部放大如图3所示。



（a）总体控制结构简化示意图



（b）空气系统控制器局部放大

图3 仿真系统总体架构及主要接口

参赛队伍需自主设计空气系统跟踪控制器，其他部分由赛题提供方设计并封装。控制器设计的目标为：满足车速跟随的条件下，使进气歧管压力和EGR率快速、准确、平滑地跟踪设定值；执行机构动作响应在约束范围内，无振颤、能耗低；在发动机变工况或受到干扰时，能够保持良好的控制品质。

**三、仿真环境**

1. 模型在环仿真平台

模型在环仿真基于MATLAB平台（建议使用r2022a及以上版本），对象模型封装为FMU格式，并预留输入、输出接口，参赛队伍自行搭建控制策略，通过预留接口与对象FMU模型实现模型在环仿真。

注：练习平台是理想系统，未考虑零部件散差、老化、污损、噪声等干扰，比赛时会切换为类真实系统，增加相应的干扰。

具体操作流程如下：

1）将组委会提供的比赛文件夹加入到MATLAB的路径（path）中(图中文件夹供参考)，具体如图4所示。

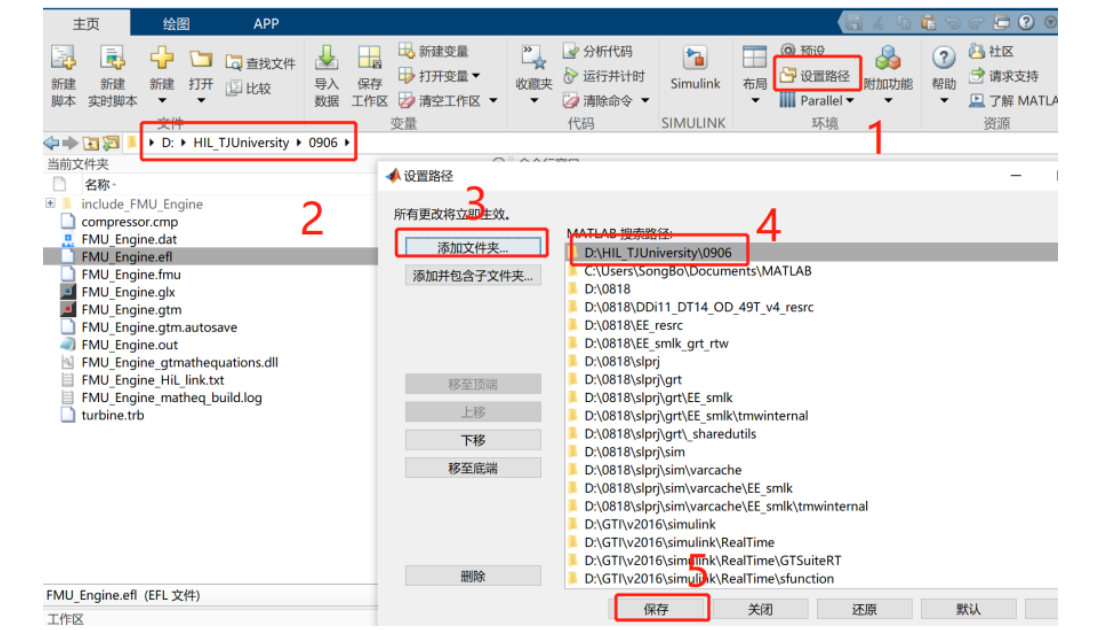


图4 仿真路径设置方法

2）将组委会提供的文件夹设定为MATLAB的当前文件夹，具体如图5所示。

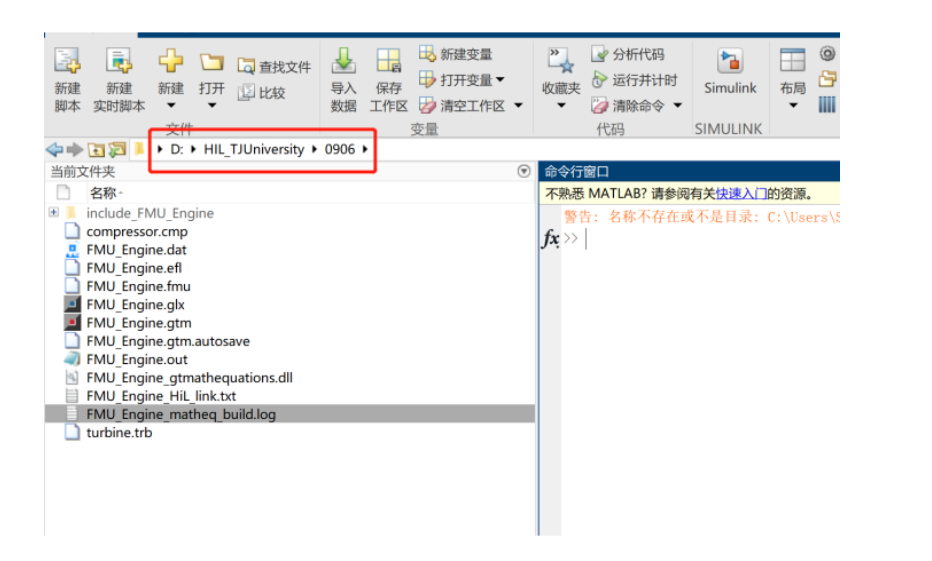


图5 当前文件夹设定方法

3）新建SIMULINK模型，从库浏览器中添加FUM模块，具体如图6所示：

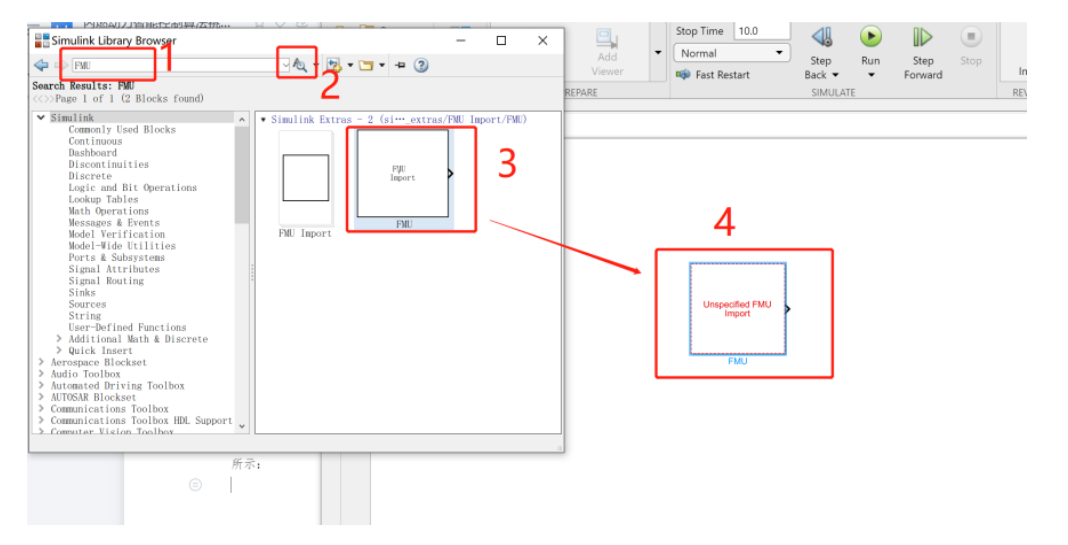


图6 新建\*.slx文件并添加FUM模块

4）双击添加的FUM模块，打开并导入给定的FMU文件，具体如图7所示：

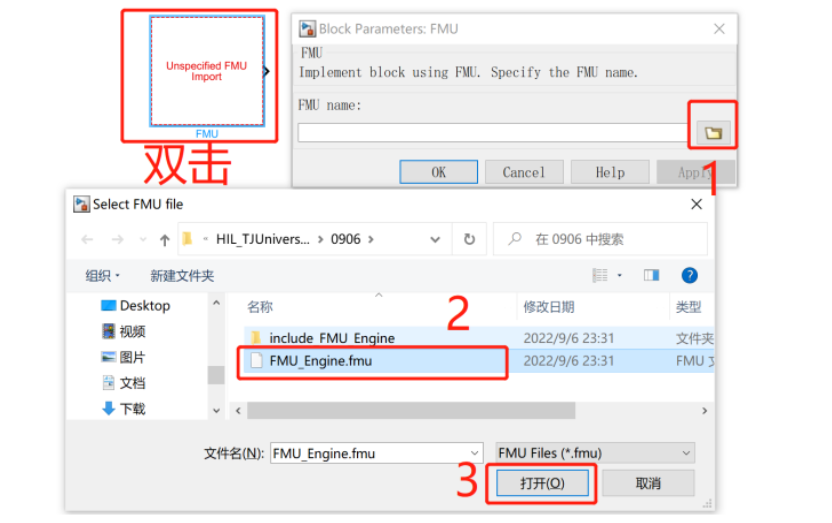


图7 导入FUM模型

5）导入后的模型如图8所示：

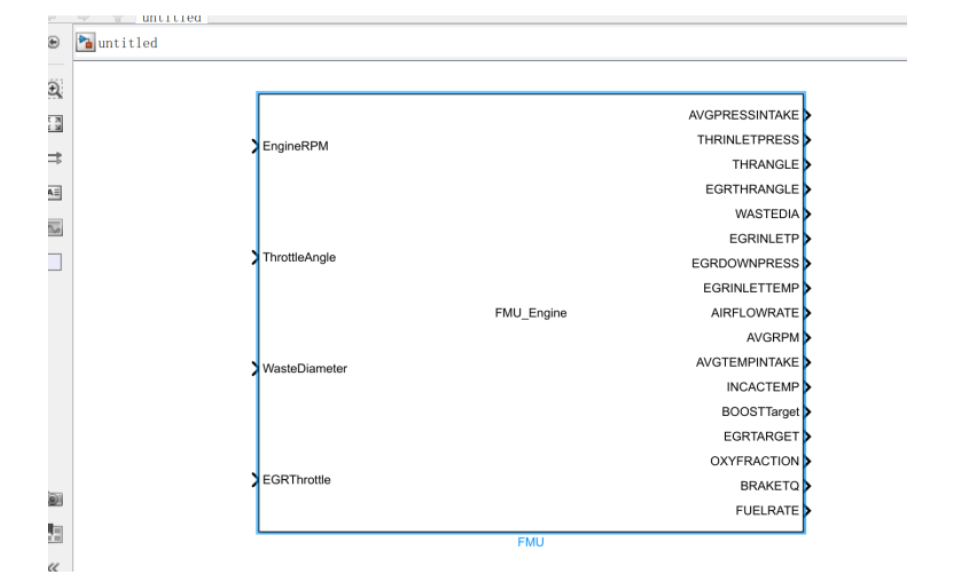


图8 导入成功，显示FMU模型名称及接口

6）FMU控制模式设置

控制模型设置只适用于FMU\_Vehicle\_Engine.fmu模型。

双击SIMULINK中导入的FMU模型，打开设置，具体如图9所示：

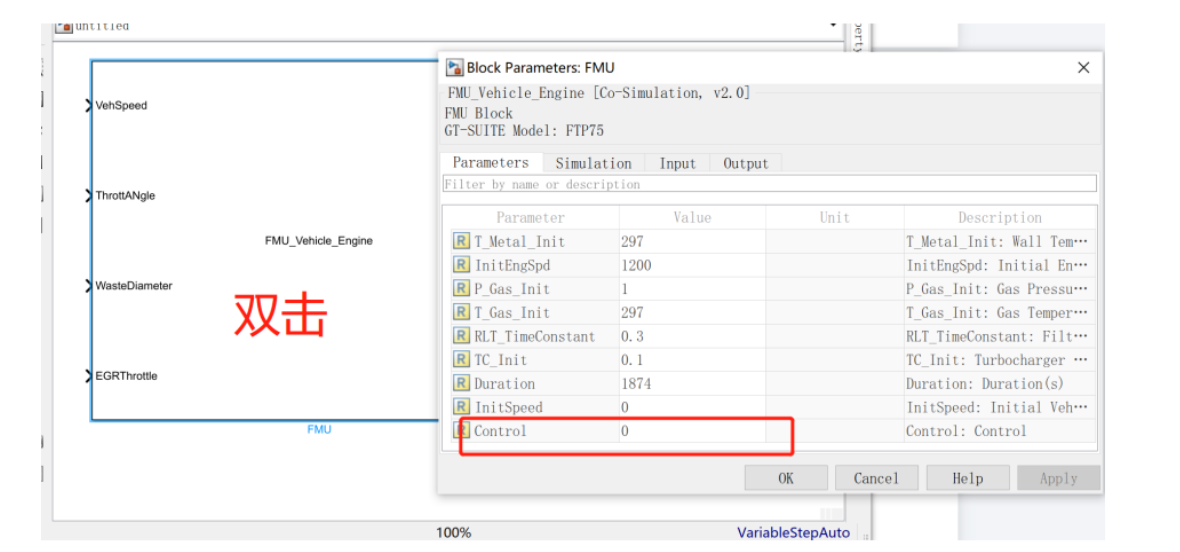


图9 FMU控制模式设置

通过“Control”参数可调整FMU模型的控制模式：当为0时，采用FMU内部示例控制，目标车速来自内部设定的循环工况，此时目标车速输入端口不起作用；当输入1时，FMU模型使用外部输入的目标车速，各赛队可自行设定目标车速。

2. 发动机模型与整车模型

赛题提供方将提供两个对象模型:

1）耦合了被控发动机、传动链和整车的对象模型（FMU\_Vehilce\_Engine），用于控制算法在实车变工况条件下的测试与验证；

2）独立的被控发动机对象模型（FMU\_Engine），提供定转速控制接口，模拟发动机台架标定的边界条件，赛队可通过该模型进行稳态实验来辨识发动机空气系统特性。

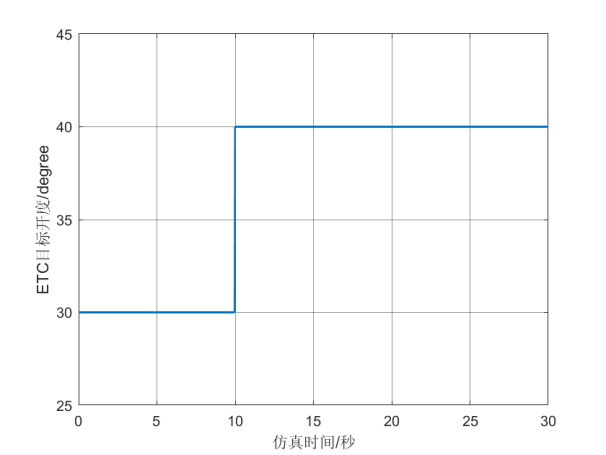
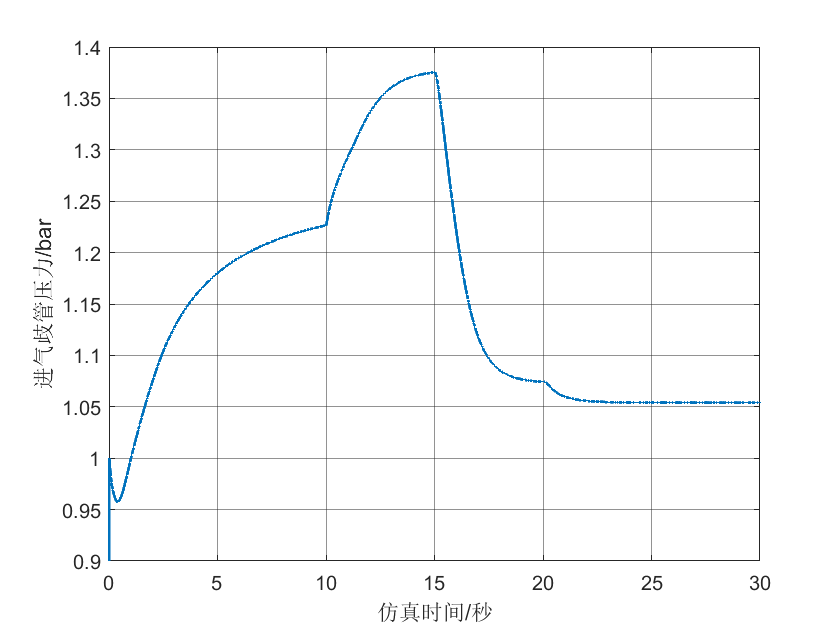
3）两个对象模型中，发动机部分的配置参数完全一致。

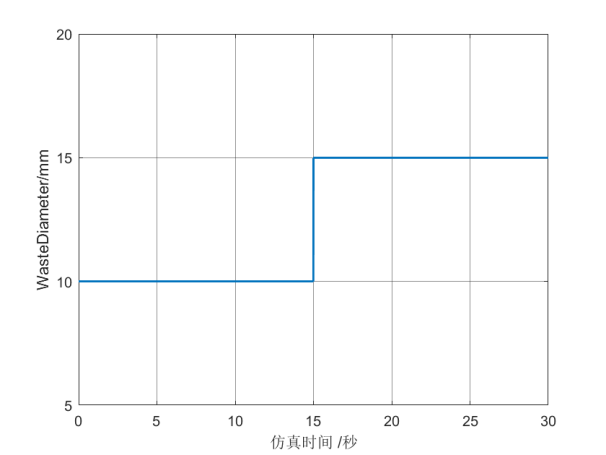
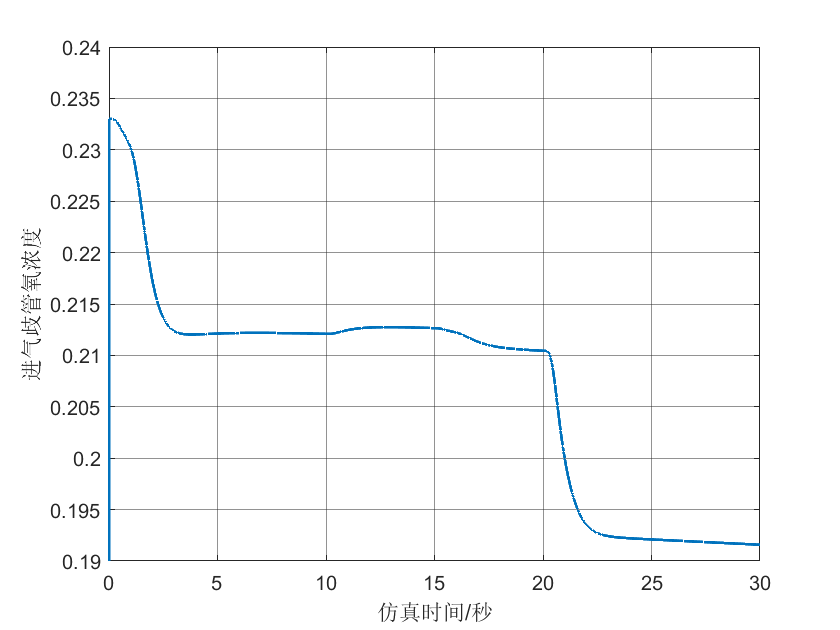
4）比赛使用整车对象模型（FMU\_Vehilce\_Engine）。

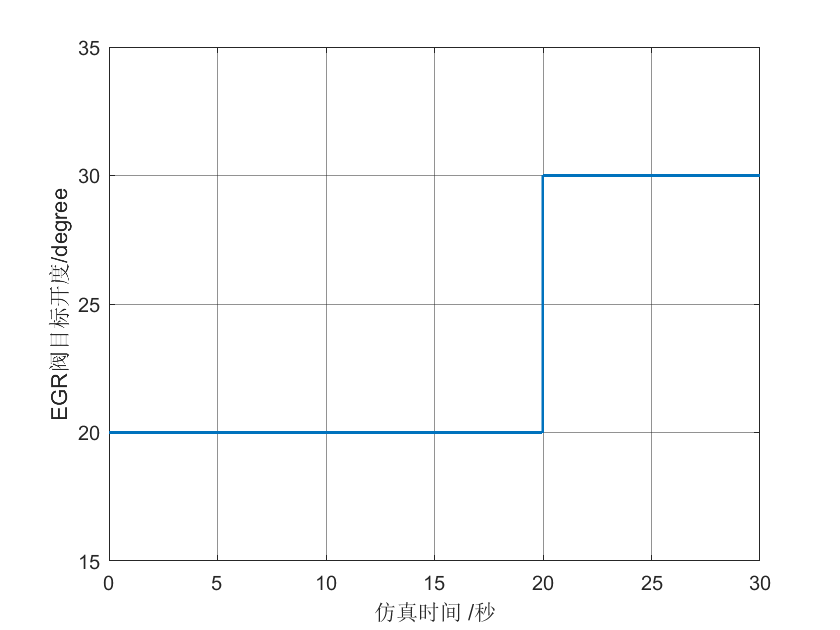
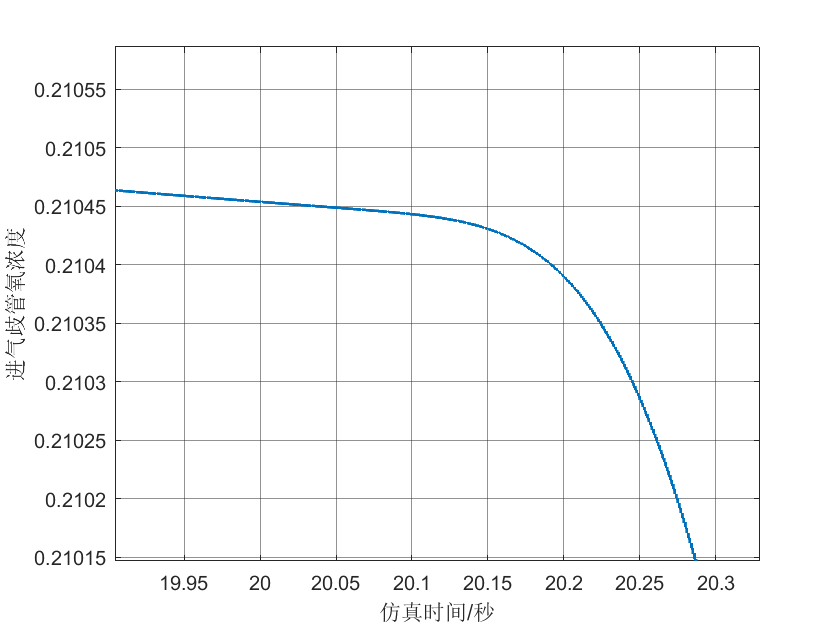
**四、响应特性**

增压-LP EGR系统是一个典型的多变量、强耦合、非线性、带有时滞的动态系统。如图3所示，3个控制输入对2个被控输出均有影响，且受到发动机转速和喷油量等工况条件、环境温度和压力等环境条件，以及执行机构结垢老化等干扰的影响。为了让赛队直观的了解被控对象的动态特征，给出一组执行机构的阶跃响应测试曲线。

如图10所示，发动机转速固定在2000rpm, 分别在10秒、15秒和20秒进行节气门、放气阀以及EGR阀门的阶跃测试。从对应的进气歧管压力和EGR率的响应曲线中，可以明显观察到耦合、时滞以及非线性特征。

(a)执行器动作          （b）输出量

图10 执行机构的阶跃响应测试曲线

**五、接口变量**

FMU模型主要接口变量解释见表5至表8。

表5 FMU\_Engine输出信号列表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 信号名称 | 单位 | 含义 | 物理范围 |
| AVGPRESSINTAKE | bar | 进气歧管压力 | [0, 2.3] |
| THRINLETPRESS | bar | 节气门前压力 | [0.5, 4] |
| THRANGLE | degree | 电子节气门开度 | [0, 90] |
| EGRTHRANGLE | degree | EGR阀开度 | [0, 90] |
| WASTEDIA | mm | 增压器放气阀等效流通直径 | [0, 25] |
| EGRINLETP | bar | EGR阀入口压力 | [1, 3] |
| EGRDOWNPRESS | bar | EGR阀出口压力 | [0.2, 1.2] |
| EGRINLETTEMP | K | EGR阀入口温度 | [300, 800] |
| AIRFLOWRATE | kg/h | 新鲜空气流量 | [0, 720] |
| AVGRPM | rpm | 发动机转速 | [0, 7500] |
| AVGTEMPINTAKE | K | 进气歧管温度 | [300, 400] |
| INCACTEMP | K | 中冷器入口温度 | [300, 400] |
| BOOSTTarget | bar | 目标增压压力 | [0.2, 2.6] |
| EGRTARGET | % | 目标EGR率 | [0, 40] |
| OXYFRACTION | fraction | 进气歧管氧浓度 | [0, 0.23] |
| BRAKETQ | N.m | 实际扭矩（FMU\_Engine Only） | [0, 242] |
| FuelRate | kg/h | 燃油消耗量 | [0, 51.5] |

表6 FMU\_Vehilce\_Engine输出信号列表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 信号名称 | 单位 | 含义 | 物理范围 |
| AVGPRESSINTAKE | bar | 进气歧管压力 | [0, 2.3] |
| THRINLETPRESS | bar | 节气门前压力 | [0.5, 4] |
| THRANGLE | degree | 电子节气门开度 | [0, 90] |
| EGRTHRANGLE | degree | EGR阀开度 | [0, 90] |
| WASTEDIA | mm | 增压器放气阀等效流通直径 | [0, 25] |
| EGRINLETP | bar | EGR阀入口压力 | [1, 3] |
| EGRDOWNPRESS | bar | EGR阀出口压力 | [0.2, 1.2] |
| EGRINLETTEMP | K | EGR阀入口温度 | [300, 800] |
| AIRFLOWRATE | kg/h | 新鲜空气流量 | [0, 720] |
| AVGRPM | rpm | 发动机转速 | [0, 7500] |
| AVGTEMPINTAKE | K | 进气歧管温度 | [300, 400] |
| INCACTEMP | K | 中冷器入口温度 | [300, 400] |
| BOOSTTarget | bar | 目标增压压力 | [0.2, 2.6] |
| EGRTARGET | % | 目标EGR率 | [0, 40] |
| OXYFRACTION | fraction | 进气歧管氧浓度 | [0, 0.23] |
| VehicleSpeed | km/h | 实际车速 | [0, 240] |
| FuelRate | kg/h | 燃油消耗率 | [0, 51.5] |

表7 FMU\_Engine输入信号列表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号名称 | 单位 | 含义 |
| EngineRPM | rpm | 目标发动机转速（FMU\_Engine Only） |
| ThrottAngle | degree | 电子节气门目标开度 |
| WasteDiameter | mm | 增压器放气阀目标等效流通直径 |
| EGRThrottle | degree | EGR阀目标开度 |

表8 FMU\_Vehile\_Engine输入信号列表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号名称 | 单位 | 含义 |
| VehSpeed | km/h | 目标车速 |
| ThrottAngle | degree | 电子节气门目标开度 |
| WasteDiameter | mm | 增压器放气阀目标等效流通直径 |
| EGRThrottle | degree | EGR阀目标开度 |

**六、评价准则**

赛题的控制目标为：在测试工况和环境下，实现1）进气歧管压力、2）EGR 率、3）车速准确、快速、稳定地跟踪目标设定值；同时尽量保持较低的执行器控制能耗，赛题中通过3个执行器的4）动作累计值较小来体现。

上述4个控制目标的评分标准如下：

* 进气歧管压力的控制效果（占比40% ）：歧管压力跟踪误差，越小越好
* EGR率的控制效果（占比40% ） ：EGR率跟踪误差，越小越好
* 车速的跟踪误差（占比10% ） ：车速跟踪误差，越小越好
* 执行器动作累计（占比10% ） ：执行器动作的累加，反映执行器能耗，越小越好

评分计算规则如下：

**总分Y = Y1（歧管压力跟踪分数）+Y2（EGR率跟踪分数）+Y3（车速跟踪分数）+Y4（执行器动作累计分数）**

其中，关于各项分数的计算：

Y1=f1（歧管压力跟踪偏差），f1查表形式（如图11），分数[0, 40]

Y2=f2（EGR率跟踪偏差），f2查表形式，分数[0, 40]

Y3=f3（车速跟踪偏差），f3查表形式，分数[0, 10]

Y4=f4（执行器动作累计），f4查表形式，分数[0, 10]

其中，关于跟踪偏差和动作累计的计算：

歧管压力跟踪偏差 = 1/T \*∫|实际歧管压力-目标歧管压力|dt

EGR率跟踪偏差 = 1/T \*∫|实际EGR率-目标EGR率|dt

车速跟踪偏差 = 1/T \*∫|实际车速-目标车速|dt

执行器动作累计 = 1/T \*∫|节气门开度变化|dt+ 1/T \*∫|废气放气阀开度变化|dt+ 1/T \*∫| EGR阀开度变化|dt

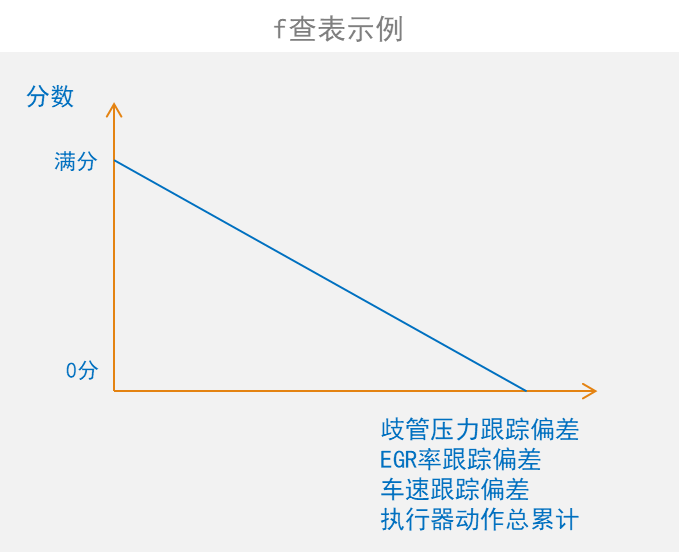


图11 评分查表f示例

其中，关于评分查表f的MAP：

针对跟踪误差f1\f2\f3评分，

当误差为0，为满分；

当误差为 控制实际值等于控制目标值的一阶惯性滤波（时间常数τ=0.25s） 时的误差，为80分；

其他误差与分数，通过线性插值得到。

针对执行器动作累计f4评分，

由模型内置控制器控制产生的执行器动作累计值为参考，为80分；

当赛队控制的执行器动作累计值为参考累计值的80%时，为满分；

其他累计值与分数，通过线性插值得到。

**七、其他**

1. 联系人：

1） 赛题与规则联系人：李乐 15000316840

2） 赛队报名联系人：章振宇 13810848761

3） 比赛细则联系人：李雁飞 18618142356

4） 比赛总联系人：宋康 17526958480

2. 报名方式：通过内燃机智能控制挑战赛分会邮箱进行报名。

1) 分会邮箱账号：itice@tju.edu.cn

2) 需要提交的材料：报名表（见附录2，需加盖单位公章）

3. License 使用方法将在报名成功后以邮件的方式发给各赛队。

4. 答疑：对比赛有任何疑问请加入下方的微信群，群内将进行解答。



内燃动力智能控制算法挑战赛答疑群

**八、鸣谢**

1. 本赛题由艾迪捷信息科技(上海)有限公司开发，并提供了比赛期间GT-POWER仿真软件的150个License。在此衷心感谢！

2. 公司官网：http://www.idaj.cn；联系邮箱：song.bo@idaj.cn

内燃动力智能控制算法挑战赛执行委员会

  2022年11月20日

**附录2：内燃动力智能控制算法挑战赛报名表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **报名单位资料** | | | |
| 单位全称： | | | |
| 负责人姓名： | | 负责人职务： | |
| 负责人移动电话： | | 负责人E-mail： | |
| **赛队资料** | | | |
| 赛队名称： | | | |
| 赛队成员1（队长）： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员2： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员3： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员4： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员5： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员6： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员7： | 电话： | | 单位： |
| 赛队成员8： | 电话： | | 单位： |
| 以上信息真实无误，如有不实，组委会有权取消赛队参赛资格。  负责人手签：  报名单位（公章）：  日期： | | | |

注： 1. 参赛单位可为高校、企业、校企联合等，不接受多人组队。高校赛队参赛需具体至院级并有指导老师。负责人需为高校指导老师或企业业务负责人。赛队至多填写2个负责人。

2. 高校赛队需盖院级及以上级别公章及手签；企业赛队需盖企业公章及手签。

4. 参加内燃动力智能控制算法挑战赛的学校、科研单位或校企联合单位上限8人，企业单位上限5人。

5. 请将签字盖章报名表于截止日期（11月25日）前扫描，并将扫描后的PDF文件及原版WORD文件一并发至邮箱：itice@tju.edu.cn，邮件主题为“2022内燃动力智能控制算法挑战赛报名表+参赛单位+赛队名”