目录

[文件说明 2](#_Toc81580215)

[环境准备 3](#_Toc81580216)

[推荐的环境 3](#_Toc81580217)

[名词解释 3](#_Toc81580218)

[变量声明 4](#_Toc81580219)

[动作空间 4](#_Toc81580220)

[观测空间 4](#_Toc81580221)

[静态参数 5](#_Toc81580222)

[运行规则 8](#_Toc81580223)

[奖励和得分 9](#_Toc81580224)

[回合结束条件 12](#_Toc81580225)

# 

# 文件说明

**/Agent** 智能体相关代码。

**/Agent/BaseAgent.py** 智能体基类。用户提交的智能体类必须继承该基类。

**/Agent/DoNothingAgent.py** 空动作智能体类。每次调用返回一个不做任何操作的空动作。

**/Agent/RandomAgent.py** 随机动作智能体类。每次调用返回一个属于合法动作空间中的随机动作。

**/Environment** 环境相关代码。

**/Environment/base\_env.py** 定义本次比赛使用的电网运行仿真环境类。

**/Observation** 观测值相关代码。

**/Observation/observation.py** 定义本次比赛使用的电网运行仿真环境观测类。

**/Reward** 奖励值相关代码。

**/Reward/rewards.py** 定义本次比赛使用的各项奖励值方法。

**/utilize** 辅助功能相关代码。

**/utilize/exceptions** 定义不同种类非法动作的异常类。

**/utilize/parameters** 参数配置相关代码。

**/utilize/parameters/static.yml** 记录静态参数

**/utilize/parameters/dynamic.yml** 记录动态参数

**/utilize/parameters/main.yml** 记录所有参数包括静态和动态。

**/utilize/parameters/yml\_creator.py** 参数配置主程序，生成上述三个yml文件

**/utilize/form\_action.py** 将多个动作封装成一个字典类变量。

**/utilize/line\_cutting.py** 获得电流过载和随机故障导致断开的线路名称。

**/utilize/read\_forecast\_value.py** 获得机组有功出力和负荷的未来预测值。

**/utilize/action\_space.py** 合法动作空间类变量

**/main.py** 实现仿真器环境和智能体交互的主程序。

**/example.so** 电网模型文件。禁止用户操作。

**/model\_jm/SG126.db** 电网模型文件。禁止用户操作。

**/lib64.zip** 文件依赖的第三方库。禁止用户操作。

# 

# 环境准备

代码运行需要linux主机，python3.6和gcc 4.8以上版本。

## 推荐环境

CentOS 3.10.0

python3.6.9

gcc 4.8.5

环境配置

# 启动程序

命令行中执行以下命令：

python main.py

# 名词解释

（1）有功出力注入值：等于上一时间步观测量给出的有功出力实际值加上当前动作中的有功出力调整值，也等于计算潮流前的机组有功出力。

（2）有功最大出力：不同于有功出力上限，新能源机组的最大出力值会随着时间步发生变化，通过调用obs.curstep\_renewable\_gen\_p\_max获取。

# 变量声明

## 动作空间

| 变量命名 | 数据类型 | 含义 |
| --- | --- | --- |
| adjust\_gen\_p | np.ndarray | 机组有功出力调整值 |
| adjust\_gen\_v | np.ndarray | 机组电压调整值 |
| adjust\_adjld\_p | np.ndarray | 可调负荷有功调整值 |
| adjust\_stoenergy\_p | np.ndarray | 储能有功调整值 |

说明：

机组有功出力和机组电压是在当前时刻实际值的基础上进行调整。

可调负荷是在下一时刻预测值的基础上进行调整。

储能是始终在零的基础上进行调整，调整值即为下一时刻的充放电实际功率。

## 

## 观测空间

| 变量命名 | 数据类型 | 含义 |
| --- | --- | --- |
| timestep | int | 当前时间步数 |
| vTime | string | 当前时刻 |
| gen\_p | list[float] | 机组有功出力 |
| gen\_q | list[float] | 机组无功出力 |
| gen\_v | list[float] | 发电机电压幅值 |
| target\_dispatch | list[float] | 计算潮流前机组有功出力 |
| actual\_dispatch | list[float] | 计算潮流后机组有功出力 |
| ld\_p | list[float] | 负荷/储能有功 |
| adjld\_p | list[float] | 可调负荷有功 |
| stoenergy\_p | list[float] | 储能有功 |
| ld\_q | list[float] | 负荷/储能无功 |
| ld\_v | list[float] | 负荷/储能所在节点电压幅值 |
| p\_or | list[float] | 支路起始端有功 |
| q\_or | list[float] | 支路起始端无功 |
| v\_or | list[float] | 支路起始端电压 |
| a\_or | list[float] | 支路起始端电流 |
| p\_ex | list[float] | 支路末端有功 |
| q\_ex | list[float] | 支路末端无功 |
| v\_ex | list[float] | 支路末端电压 |
| a\_ex | list[float] | 支路末端电流 |
| line\_status | list[bool] | 线路状态 |
| grid\_loss | list[float] | 电网损耗（网损值） |
| flag | list[int] | 各线路潮流收敛情况，1表示不收敛，0表示收敛 |
| unnameindex | dict | 机组名称和prodp等的对应关系 |
| action\_space |  | 下一时间步的合法动作空间 |
| steps\_to\_reconnect\_line | np.ndarray | 已断开支路恢复连接的剩余时间步数 |
| count\_soft\_overflow\_steps | np.ndarray | 支路已连续软过载的时间步数 |
| rho | list[float] | 支路电流负载率 |
| gen\_status | np.ndarray | 机组开关机状态，1表示开机，0表示关机 |
| steps\_to\_recover\_gen | np.ndarray | 关机机组允许重启的剩余时间步数，0表示机组是开启状态 |
| steps\_to\_close\_gen | np.ndarray | 重启机组允许关机的剩余时间步数 |
| bus\_gen | dict | 各节点相连的机组名称 |
| bus\_load | dict | 各节点相连的负荷名称 |
| bus\_branch | dict | 各节点相连的支路名称 |
| curstep\_renewable\_gen\_p\_max | list[float] | 当前时间步新能源机组的最大有功出力 |
| nextstep\_renewable\_gen\_p\_max | list[float] | 下一时间步新能源机组的最大有功出力 |
| nextstep\_load\_p | list[float] | 下一时间步的负荷预测 |
| total\_adjld | list[float] | 各可调负荷的负荷调整值累加（近288时间步内） |
| total\_stoenergy | list[float] | 各储能设备剩余电量（各储能设备的充放电实际值累加） |

## 静态参数

| 参数命名 | 数据类型 | 含义 |
| --- | --- | --- |
| 机组相关 |  |  |
| gen\_num | int | 机组数 |
| n\_steps\_to\_recover\_gen | list[int] | 关机机组允许重启所需的最小时间步数 |
| n\_steps\_to\_close\_gen | list[int] | 重启机组允许关机所需的最小时间步数 |
| gen\_type | list[int] | 机组类型，5表示新能源机组，1表示火电机组，2表示平衡机 |
| gen\_p\_max | list[float] | 机组有功出力上限 |
| gen\_p\_min | list[float] | 机组有功出力下限 |
| max\_gen\_q\_max | list[float] | 机组无功出力上限 |
| gen\_q\_min | list[float] | 机组无功出力下限 |
| gen\_v\_max | list[float] | 机组电压上限 |
| gen\_v\_min | list[float] | 机组电压下限 |
| ramp\_rate | float | 机组爬坡率 |
| thermal\_ids | list[int] | 火电机组编号 |
| renewable\_ids | list[int] | 新能源机组编号 |
| balanced\_ids | list[int] | 平衡机组编号 |
| 负荷相关 |  |  |
| ld\_name | list[string] | 负荷名称 |
| ld\_type | list[int] | 负荷类型，0表示普通负荷，1表示可调负荷，2表示储能设备 |
| adjld\_ids | list[int] | 可调负荷编号 |
| adjld\_num | int | 可调负荷数量 |
| adjld\_name | list[string] | 可调负荷名称 |
| adjld\_capacity | list[float] | 可调负荷调节能力（正负） |
| adjld\_uprate | list[float] | 可调负荷上调节速率 |
| adjld\_dnrate | list[float] | 可调负荷下调节速率 |
| stoenergy\_ids | list[int] | 储能编号 |
| stoenergy\_num | int | 储能数量 |
| stoenergy\_name | list[string] | 储能名称 |
| stoenergy\_capacity | list[float] | 储能容量 |
| stoenergy\_chargerate\_max | list[float] | 储能充电上限 |
| stoenergy\_dischargerate\_max | list[float] | 储能放电上限 |
| 支路相关 |  |  |
| ln\_name | List[string] | 支路名称 |
| ln\_num | int | 支路数 |
| soft\_overflow\_bound | int | 支路发生软过载前的支路电流负载率上限 |
| hard\_overflow\_bound | int | 支路发生硬过载前的支路电流负载率上限 |
| max\_steps\_to\_reconnect\_line | int | 已断开支路重连所需的最大时间步数 |
| prob\_disconnection | float | 随机断线故障发生概率 |
| max\_steps\_soft\_overflow | int | 支路连续软过载的最大允许时间步数 |
| disconnection\_name | string | 断线线路名称 |
| 节点相关 |  |  |
| bus\_name | list[str] | 各节点名称 |
| bus\_v\_max | list[float] | 节点电压上限 |
| bus\_v\_min | list[float] | 节点电压下限 |
| 奖励值计算相关 |  |  |
| coeff\_factor\_renewable\_consumption | float | 新能源消纳占比项系数 |
| coeff\_factor\_overflow | float | 线路越限项系数 |
| coeff\_factor\_running\_cost | float | 机组运行费用项系数 |
| coeff\_balanced\_gen | float | 新能源机组消纳项系数 |
| coeff\_gen\_reactive\_power | float | 无功出力项系数 |
| coeff\_sub\_voltage | float | 节点电压项系数 |
| coeff\_adjld | float | 可调负荷调节费用项系数 |
| coeff\_stoenergy | float | 储能调节费用项系数 |
| gen\_name\_list | string | 机组费用计算：name\_list参数 |
| gen\_p\_a | list[float | 机组费用计算：二阶系数 |
| gen\_p\_b | list[float] | 机组费用计算：一阶系数 |
| gen\_p\_c | list[float] | 机组费用计算：常数项 |
| gen\_p\_d | list[float] | 机组费用计算：开机费用 |
| 其他 |  |  |
| sample\_num | int | 断面数 |
| white\_list\_random\_disconnection | List[str] | 随机断线白名单 |

# 

# 运行规则

（1）**机组有功出力上下限约束**：任一机组（除了平衡机）的有功出力注入值不能大于有功出力上限，也不能小于有功出力下限。如果违反，仿真器提示“动作非法”，强制结束该回合。

（2）**新能源机组最大出力约束**：在任一时间步中，新能源机组的有功出力注入值不能大于最大出力值。如果违反，仿真器提示“动作非法”，强制结束该回合。

（3）**机组爬坡约束**：任一火电机组的有功出力调整值必须小于爬坡速率。如果违反，仿真器提示“动作非法”，强制结束该回合。

（4）**机组启停约束**：火电机组停运规则为机组停运前机组有功出力必须调整至出力下限，再调整至0。机组停机后连续40个时间步内不允许重新启动。火电机组启动规则为机组开启前有功出力必须调整至出力下限。机组重新启动后连续40个时间步内不允许停机。

（5）**支路越限约束**：若任一支路的电流值超过其热稳限值，表示该支路电流越限。若支路电流越限但未超热稳限值的135%，表示支路“软过载”。若支路电流超热稳限值的135%，表示支路“硬过载”。任意支路连续4个时间步发生“软过载”，则该支路停运。发生“硬过载”则支路立即停运。支路停运16个时间步之后，重新投运。

（6）**随机故障**：每个时间步中，会有1%联络线支路停运概率，停运16个时间步之后，重新投运。

（7）**机组无功出力上下限约束**：当智能体调整机端电压时，机组的无功出力值超过其上下限则获得负奖励。

（8）**电压上下限约束**：节点电压超过其上下限则获得负奖励。

（9）**平衡机上下限约束**：系统设置一台平衡机，用于分担控制策略不合理导致的系统不平衡功率。潮流计算后，平衡机有功出力大于上限但小于上限的110%，或者，小于下限但大于下限的90%，则获得负奖励。出力大于上限的110%或者小于下限的90%，则回合终止。

（10）**可调负荷上下调节能力约束**：在连续288个时间步中，任一可调负荷的调节量累加值不能大于正可调负荷调节能力，也不能小于负可调负荷调节能力。如果违反，仿真器提示“动作非法”，强制结束该回合。

（11）**可调负荷爬坡约束**：在任一时间步中，任一可调负荷的有功上调整值不能大于可调负荷上调节速率，有功下调整值不能大于可调负荷下调节速率。如果违反，仿真器提示“动作非法”，强制结束该回合。

（12）**储能容量约束**：在任一时间步中，任一储能的剩余电量（充/放电功率在历史时间步上的累加值，90%充电+100%放电）不能大于储能容量，也不能小于零。

（13）**储能充放电约束**：在任一时间步中，若储能功率为正，表示设备在充电，充电功率不能大于储能充电上限；若储能功率为负，表示设备在放电，放电功率不大能于储能放电上限。

（14）**储能充电损耗：**储能充电的损耗为10%。

# 

# 奖励和得分

**奖励（reward）**作为智能体算法的优化目标，具体形式可由用户自行定义。仿真器提供了几种奖励值的具体形式供参赛者选择：

（1）线路越限情况（正奖励）

其中表示电网支路个数，和表示支路的电流和热极限，为一常数取值为0.1，避免出现分母为零的情况。

（2）新能源机组消纳量（正奖励）

其中表示新能源机组个数，表示新能源机组的实际有功出力，表示新能源机组在当前时间步的最大出力。

（3）平衡机功率越限（负奖励）

其中表示平衡机个数，表示平衡机的实际有功出力，表示平衡机的出力上限。

（4）无功出力越限（负奖励）

其中表示机组总个数，表示机组的实际无功出力，表示机组的无功出力上限，表示机组的无功出力下限。

（5）节点电压越限（负奖励）

其中表示电网节点个数，表示节点的电压值，表示节点的电压上限，表示节点的电压下限。

（6）电网运行费用（负奖励）

其中表示火电机组个数，表示机组的有功实际值。表示可调负荷个数，表示可调负荷的有功调整绝对值。表示储能个数，表示储能的充放电功率绝对值。表示负荷个数，表示负荷的有功实际值。表示系数，。

对奖励项、进行归一化，公式如下：

综上所述，奖励项、的域值为，奖励项、、的域值为。

仿真器默认使用的奖励，公式如下：

其中表示归一化后的各奖励项，表示各奖励项系数。目前取值如下：

**得分（score）**作为比赛测试阶段评价智能体算法优劣的唯一依据。公式定义如下：

其中表示第回合的得分，表示回合数，表示智能体在时刻获得的奖励值大小，表示回合结束的最后时刻。

# 

# 回合结束条件

（1） 潮流不收敛，由环境实例obs的done属性返回当前时刻潮流的收敛情况；

（2） 训练达到最大时间步数；

（3） 读取到.csv文件中的最后一个断面。