



# **CFEDR\_Conventional\_H\_mode V1 20240522 (SAT1 baseline 1)**

樊皓尘 陈佳乐  
2024.5.21



# 文件

ASIPP

edm 地址: <http://edm.ipp.ac.cn/#eid=GMSUHY>

<http://edm.ipp.ac.cn/#eid=56V2CU>

Eid	56V2CU		
Title*	CFEDR_Conventional_H_mode_V1_20240522		
名称	类型	压缩大小	
toray_inputs	文件夹		
afile_efit	文件	1 KB	
EPED			
CFETR_PROFILES.mat	剖面分布matlab格式	MAT 文件	94 KB
gfile_efit	平衡文件 G-EQDSK 文本格式	文件	104 KB
HCD_profiles_from_statefile.mat	Matlab格式		10 KB
HCD_profiles_from_statefile.nml	Fortran namelist格式	外部加热与电流驱动分布与 值 (分布需再归一化)	12 KB
notes.txt	TXT 文件	1 KB	
profiles_CFETR.namelist	剖面分布Fortran namelist格式	NAMELIST 文件	103 KB
summary	文件	2 KB	
wall_in_gfile	第一壁	文件	1 KB



# 集成模拟关键设置的说明

ASIPP

- 对于模拟Conventional H-mode，我们在芯部湍流运输模型TGLF里选择SAT1湍流饱和模型。
  - TGLF公开发布过SAT0, SAT1, SAT2, SAT3
    - SAT0是最早的，用早期做的大量GYRO回旋动理学模拟（2007年之前）做了校准。
    - SAT1在SAT0的基础上，主要新包含了multiscale coupling，即多尺度湍流之间耦合机制模型，由此修正得到。
    - SAT2，是在大约2021年前后发布的，包含了大形变（包括大拉长比和大Shafranov位移）情况下的geometric factor correction等效应。这些形变效应模型采用了大约仅10个CGYRO的回旋动理学模拟算例做校准——这些回旋动理学算例数目虽然比校准SAT0时的GYRO算例少，但是格点精度高，物理更全面。过去几年欧洲和美国的装置设计主要使用这个版本。但是TGYRO在应用SAT2计算能量流、粒子流平衡剖面时遇到收敛性困难，因此我们退而采用SAT1。
    - 据我们所知，SAT3目前主要是基于JET的模拟来校准，目前还不是装置设计中的主流选择。
    - 除此之外，TGLF程序允许用户在SAT1的基础上启用geometric factor correction模型，但是这种做法只是一种尝试（ad hoc），所以未有论文研究去验证。
  - 我们根据物理成熟度和实际使用的收敛难度，选择使用SAT1，并比较了是否启用geometric factor correction模型（标记为SAT1-CGYRO）的差别，也比较少数SAT2的集成模拟结果——**但未有时间做单一控制变量的评估。对Q值影响大概如下：**
    - 假设SAT1的Q为15，SAT1-CGYRO比SAT1约低5，SAT2比SAT1低约1.5。
- 用少量功率的轴反向电子回旋电流驱动控制芯部q，以获得 $q_{min} > 1$ :
  - 15MA情况下，Conventional H-mode容易导致在 $\rho \leq \sim 0.2$ 的范围内， $q < 1$ 。
  - 以及MHD组初步评估，建议提高 $q_{min}$ 。
  - 从**中平面窗口**（而非顶部或向低场侧倾斜的位置）注入的190GHz电子回旋波可以高效实现EC在轴驱动。
- 台基密度假设到了Greenwald 密度极限
  - 降低台基密度，需要以提高芯部弹丸或紧凑环的有效加料量来补偿，以维持聚变增益。



# SAT1 15MA fuel5

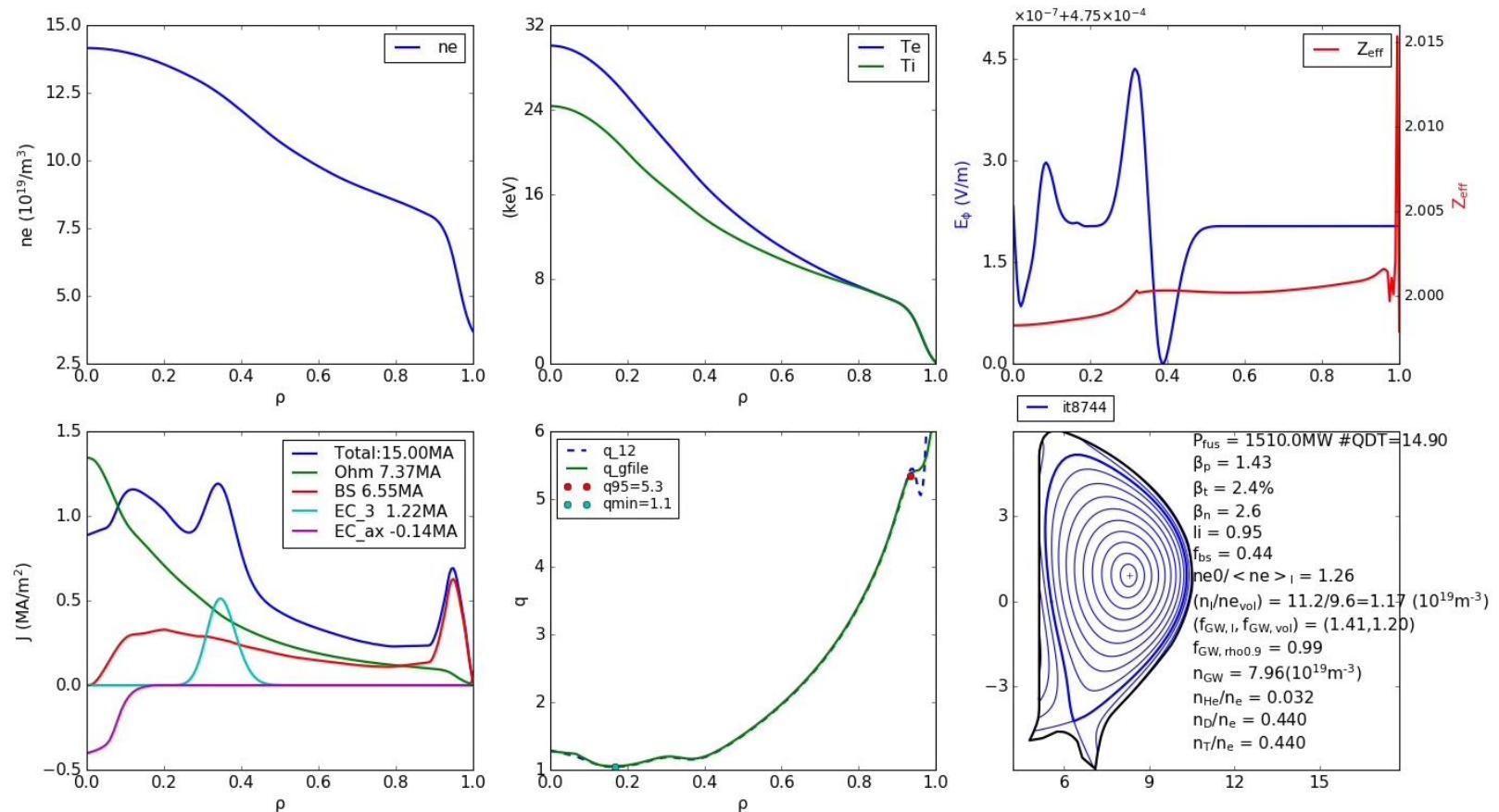
ASIPP

- Fuel~5e21,  $Q_{DT} = 14.9$ ,  $P_{fus} = 1510.0MW$ .  $\beta_n = 2.56$ .  $n_{eped} = 7.4$ .
- $q > 1$ 可以比较稳定的维持。

## 假设

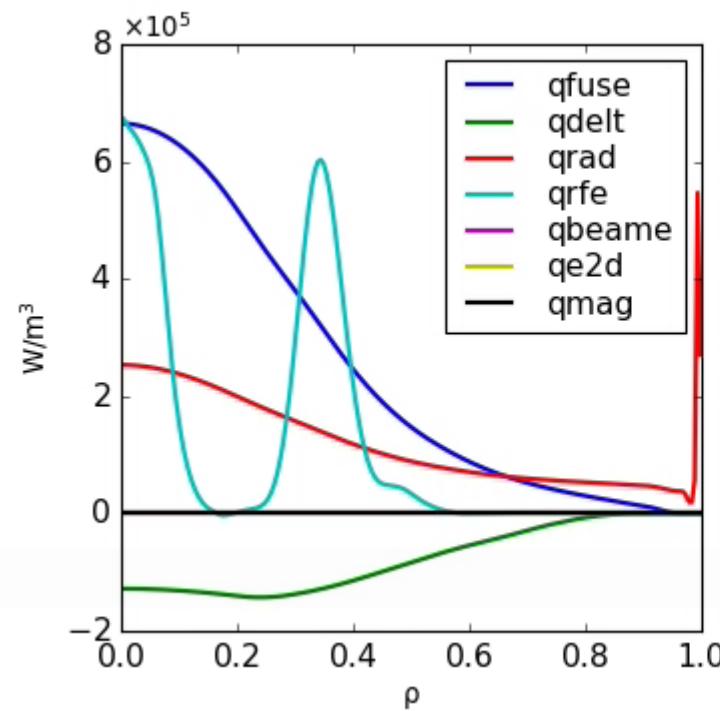
$P_{EC}$ (MW)	72+10
$P_{IC}$ (MW)	20
$Z_{eff}$	2

Ion species D:T=1:1,  
He4 ( $T=Ti$ ,  $n \approx ne * 0.03$ ),  
Argon (匹配 $Z_{eff}$ )

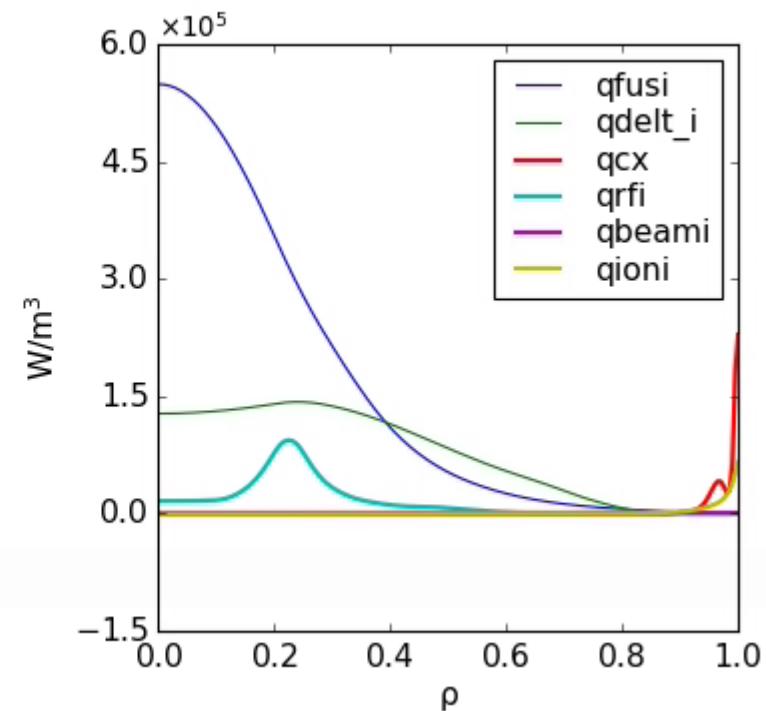


符号	来源物理过程
qfuse	聚变产生的加热
qfusi	
qdelt	电子-离子碰撞交换
qdelt_i	$qdelt_i = -qdelt$
qrad	总电磁辐射
qrfe	RF产生的加热
qrfi	
qcx	电荷交换
qioni	电离

- 电子能量源与损失的功率密度径向分布



- 离子能量源与损失的功率密度径向分布



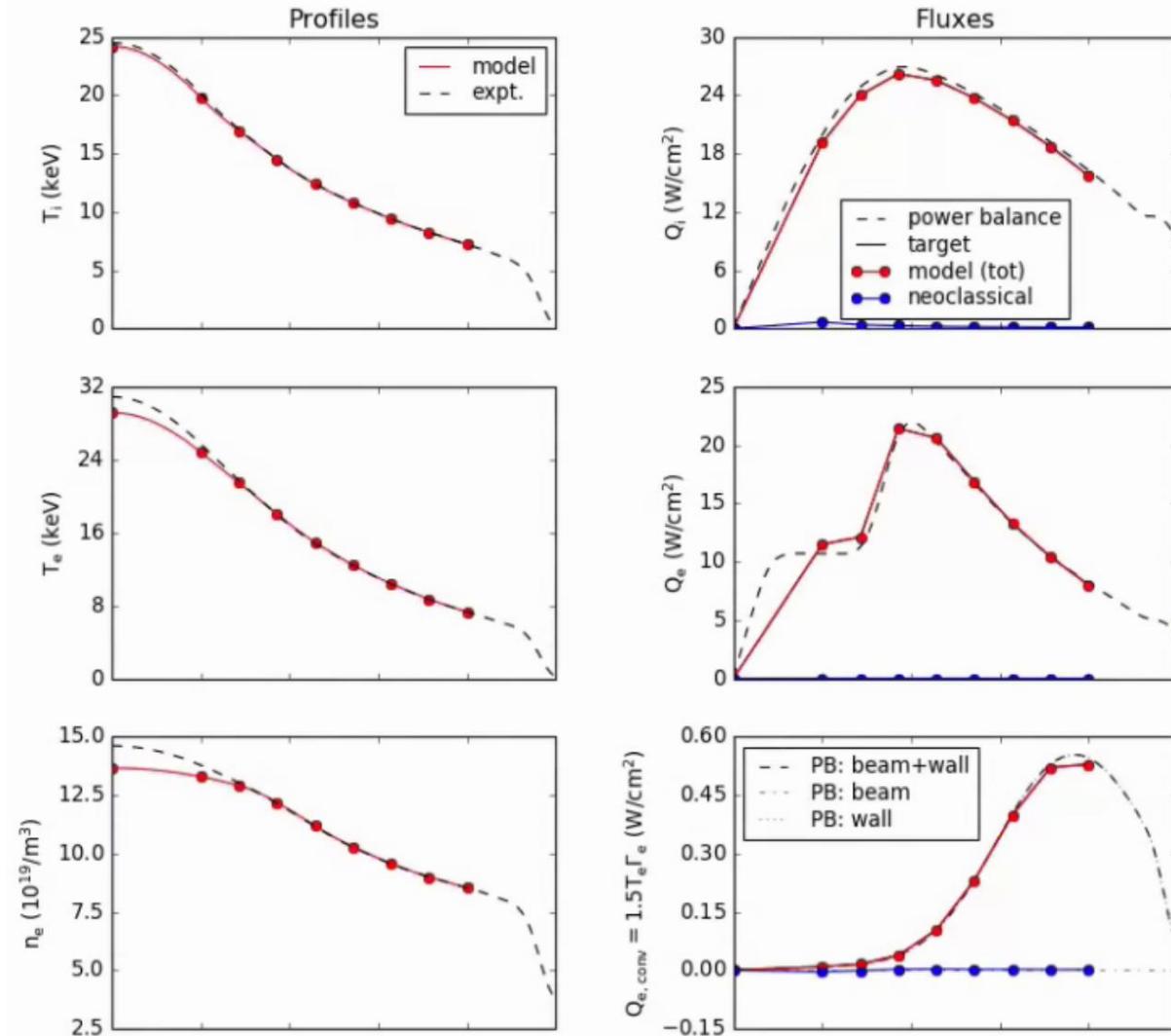


# SAT1 15MA fuel5

ASIPP

- TGYRO收敛情况

CFETR 1 20000 ms iteration 44 (max iterations 44) for Loop it: 8744  
in rundb name: SAT0newNBD\_reNeitm1\_reNeitm1





# SAT1 15MA fuel5

ASIPP

- 集成模拟迭代收敛情况

