

T/JSREA

江苏省可再生能源行业协会团体标准

T/JSREA 1001—2024

F 级燃气轮机燃烧器热反吹作业操作规程

Manipulation specification for hot back-flushing of burners in F-class gas turbine

2024 - 12 - 04 发布

2025 - 01 - 04 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	1
5 安全要求	1
6 作业方案	2
7 事故应急处理	3
附录 A（规范性） 燃烧器热反吹作业安全隔离措施	5
附录 B（规范性） 燃烧器热反吹作业操作步骤	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省可再生能源行业协会提出并归口。

本文件起草单位：华能江阴燃机热电有限责任公司、江阴热电有限公司、湖北清江水电开发有限责任公司、中国能源建设集团广东火电工程有限公司、南京工业职业技术大学、江苏省可再生能源行业协会。

本文件主要起草人：邵睿、邓洪刚、汪平、周永春、张锦、白彬、彭旭阳、王驰、毕天盛、张凯、张树巍、朱天啸、刘智、高莉亚、陈杰、于海泉、严慧。

F 级燃气轮机燃烧器热反吹作业操作规程

1 范围

本文件规定了F级燃气轮机燃烧器热反吹作业的安全要求、作业方案和事故应急处理。
本文件适用于F级燃气轮机的燃烧器热反吹作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15135 燃气轮机词汇

GB 26164.1 电业安全工作规程 第1部分：热力和机械

GB/T 26863 火电站监控系统术语

3 术语和定义

GB/T 15135、GB/T 26863界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃烧器热反吹 hot back-flushing of burners

是指在燃气轮机运行或启动过程中，为清除燃烧器及其配套系统中可能存在的杂质（如灰尘、颗粒、积炭），利用高温燃气通过燃烧器进行吹扫的操作过程。

4 符号和缩略语

DCS	Distributed Control System	分散控制系统
ESV	Emergency Stop Valve	紧急关断阀
GCB	Generator Circuit-Breaker	发电机断路器
HCO	Hydraulic Clearance Optimization	液压间隙优化系统
IGV	Inlet Guide Vane	入口可调导叶
SFC	Static Frequency Converter	静态变频器
TCS	Turbine Control System	透平控制系统

5 安全要求

燃气轮机燃烧器热反吹作业的安全要求包括但不限于以下内容：

- 作业人员应熟练掌握燃气轮机燃烧器热反吹作业方案及流程，经过相关培训并通过考核后方可承担作业任务；
- 作业人员应遵守GB 26164.1中的相关规定，严格按照方案和流程要求执行作业；
- 应严格执行工作票、操作票制度，以及工作许可、工作监护、工作终结制度；
- 作业前应确保系统可靠隔离，安全隔离措施见附录A；
- 运行专项操作应按规定的步骤进行操作，见附录B；
- 安装临时摄像头过程应注意高空坠落、人员触电危险；
- 法兰拆装过程应注意机械伤害、高空坠落、高温烫伤危险；
- 热反吹运行过程应注意火灾风险、燃气泄漏、误入伤害、设备损坏危险；
- 作业人员在执行高处作业时，应正确穿戴防护装备；
- 高处作业搭设的脚手架在使用前应完成验收、签证；
- 脚手架应挂牌使用，施工工作负责人每日应检查所使用的脚手架和脚手板的完好情况；

- l) 高处作业进行时，不准在工作地点下面通行或逗留，且应在工作地点下面设置围栏，防止高空落物伤人；
- m) 作业人员在执行可能接触高温物体的工作时，应正确佩戴手套和穿着专用的防护工作服；
- n) 应在作业区域设置安全围栏，挂好警示牌，禁止无关人员进入作业区域；
- o) 应在燃气轮机罩壳底层和中间层入口处增设移动灭火器材；
- p) 天然气调压站的设计及安装工艺、质量应满足消防专业要求，应确保天然气系统无泄漏；
- q) 应确保燃气轮机罩壳通风系统、气体消防系统可靠备用。

6 作业方案

6.1 准备工作

6.1.1 准备的专用工器具应包括但不限于以下项：

- a) 内窥镜；
- b) 力矩扳手。

6.1.2 准备的材料应满足表 1 中的条目和数量要求。

表1 燃气轮机燃烧器热反吹作业的准备材料要求

序号	名称	材质	用途及数量要求
1	1, 1/2"法兰盲板	304 不锈钢	用于预混天然气环管侧法兰封板，各燃烧器 1 只，另备 2 只作冗余
2	1, 1/2"法兰孔板	304 不锈钢，中孔及接头短管	用于燃烧器预混入口反吹释放口，各燃烧器 1 只，另备 2 只作冗余
3	棉质收集器	100%纯棉	用于反吹杂质收集和统计，不少于 50 只
4	1, 1/2"法兰垫片	不锈钢缠绕垫	用于热反吹后预混支管法兰恢复，不少于 50 只

6.1.3 机务检修准备工作

机务检修准备工作应按如下流程执行：

- a) 将各燃烧器前预混天然气管道入口第一道法兰拆除；
- b) 按照燃烧器序号对拆除的法兰及相应软管做出标识；
- c) 在拆除的法兰靠环管一侧加装法兰盲板；
- d) 将法兰靠燃烧器一侧支管固定，将活法兰片移开，在管口绑扎双层棉袜作为反吹杂物收集器，其中特别注意部分反吹软管需松开固定支架调整角度，避免损坏设备或探头，并重新固定牢固。

6.1.4 热控检修准备工作

热控检修准备工作应按如下流程执行：

- a) 将燃气轮机TCS逻辑备份；
- b) 解除给泵全停及汽包水位跳闸保护；
- c) 将燃气轮机加速度保护由8G调整为5G；
- d) 解除预混阀先导电磁阀接线，并解除启动闭锁，其中执行器因液压油失去，靠弹簧作用保持阀门关闭；
- e) 罩壳内临时增加2只防爆摄像头。

6.1.5 运行准备工作

运行准备工作应按如下流程执行：

- a) 热反吹作业前一天测试集控室操作台和燃气轮机罩壳消防门口的“燃气轮机跳闸”按钮，确保按钮动作可靠；
- b) 热反吹作业前一天对发电机测绝缘，确保发电机绝缘正常；
- c) 热反吹作业前一天启动润滑油系统、顶轴油系统，确认密封油系统运行正常后投入燃气轮机盘车，根据润滑油温投用闭冷水系统，用生水换热器冷却闭冷水；

- d) 停止制氮系统（如有）运行，隔离措施暂不恢复；
- e) 打开余热锅炉各系统排空电动门，余热锅炉侧各系统主汽门关闭、挂“禁止操作”标示牌；
- f) 燃气轮机点火前确认余热锅炉高、中、低旁路关闭；
- g) 将燃气轮机罩壳CO₂消防切到锁定不排放方式，控制盘无异常报警，当检测到天然气泄漏到达跳闸值时，跳闸燃气轮机，但CO₂不自动喷放，必要时可通过手动释放按钮进行CO₂喷放；
- h) 检查现场正压呼吸器完好备用，并放置在厂房门外备用；
- i) 启动燃气轮机罩壳风机，可根据情况手动增加启动燃气轮机罩壳风机台数；
- j) 确认厂房内无人员逗留，厂房大门关闭，保留一处通道开启，并安排专人值守，无关人员禁止入内。

6.2 实施工作

实施工作应按如下流程执行：

- a) 按正常启机流程启动燃气轮机；
- b) 利用新增加的摄像头监视反吹情况，确保燃气轮机罩壳内无异常，并加强燃气轮机温度、振动等参数监视，若发现异常应及时处理或直接停机；
- c) 做好燃气轮机罩壳内温度监视，若发现温度异常升高或者烟气泄漏则立即打闸燃气轮机，如有必要可投入燃气轮机消防系统，并通知检修人员进行检查；
- d) 加强余热锅炉高、中、低压汽包压力监视，确保汽包不起压，做好高、中、低压旁路阀门后温度监视，确保各处温度不上升；
- e) 持续跟踪观察燃气轮机转速，在燃气轮机转速达到40Hz时手动打闸燃气轮机；
- f) 若上述过程无异常，则重复以上步骤，进行第二次热反吹操作，并在第二次热反吹操作后，进入燃气轮机罩壳检查反吹杂质收集情况；
- g) 检修人员进入燃气轮机罩壳检查前应确认燃气轮机周边区域无烟气、无火情隐患、燃气轮机罩壳内无风险后，方可进入燃气轮机罩壳内进行全面检查，必要时可佩戴正压呼吸器；
- h) 对棉质收集器逐个编号，并按燃烧器顺序检查燃烧器预混支管反吹杂质收集情况，将发现的杂物逐一统计并拍照记录；
- i) 将各只预混支管法兰口重新绑扎棉质收集器，进行第三次热反吹操作，并在第三次热反吹操作后，进入燃气轮机罩壳检查反吹杂质收集情况；
- j) 待冷却后用内窥镜对燃烧器预混流道内部进行内窥检查，若未发现明显异物，则标志燃烧器预混流道基本吹扫干净。

6.3 恢复工作

恢复工作应包括但不限于以下内容：

- a) 热反吹作业完毕后，应检查罩壳内火情隐患；
- b) 恢复预混支管法兰，更换法兰垫片，按要求力矩紧固法兰；
- c) 根据燃气轮机转速及时投入燃气轮机盘车，并保持燃气轮机盘车运行至少24小时；
- d) 恢复给泵全停及汽包水位跳闸保护，将燃气轮机加速度保护定值恢复为8G；
- e) 恢复预混阀先导电磁阀接线，启动闭锁恢复；
- f) 燃气轮机高盘进行拆除法兰泡沫水查漏，确保无漏点。

7 事故应急处理

燃气轮机燃烧器热反吹作业的应急处理包括但不限于以下内容：

- a) 事故发生初期，事故现场人员应积极采取应急自救措施，并高呼周边人员进行抢救工作，同时根据事故类型启动相应的施工现场应急救援预案，实施现场抢险，防止事故扩大；
- b) 安全事故应急救援预案启动后，应急救援小组应立即投入运作，组长及各成员应迅速到位履行职责，按照应急处置预案及时组织实施救援，并随时将事故抢险情况上报；
- c) 当出现重伤人员时，救援小组应及时提供救护所需药品，利用现有医疗设施抢救伤员，同时应拨打急救电话120呼叫医疗援助；

- d) 重大安全事故发生后，单位或当事人应将事故情况上报相关监管部门，上报内容包括但不限于以下项目：
- 1) 事故发生时间、地点、位置；
 - 2) 事故类型（例如火灾、爆炸、机械伤害）；
 - 3) 人员伤亡情况及事故直接经济损失的初步评估；
 - 4) 事故涉及的危险材料性质、数量；
 - 5) 事故发展趋势，可能影响的范围，现场人员和附近人口分布；
 - 6) 事故原因的初步判断；
 - 7) 采取的应急抢救措施；
 - 8) 需要有关部门和单位协助救援抢险的事宜；
 - 9) 事故报告时间、报告单位、报告人及电话联络方式。
- e) 重特大安全事故发生后，事故发生地和施工负责人应严格保护事故现场，并迅速采取必要措施抢救人员和财产，因抢救伤员、防止事故扩大以及疏通交通等原因需要移动现场物件时，应做出标识、拍照、详细记录和绘制事故现场图，并妥善保存现场重要痕迹、物证等。

附录 A
(规范性)
燃烧器热反吹作业安全隔离措施

序号	工作内容
1	机组停运。
2	停止燃气轮机盘车运行。
3	停止燃气轮机液压油泵A运行。
4	拉开燃气轮机液压油泵A电源开关，将燃气轮机液压油泵A电源开关拉至“隔离”位置。
5	在燃气轮机液压油泵A电源开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
6	关闭燃气轮机液压油泵A出口滤网后手动门，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
7	停止燃气轮机液压油泵B运行。
8	拉开燃气轮机液压油泵B电源开关，将燃气轮机液压油泵B电源开关拉至“隔离”位置。
9	在燃气轮机液压油泵B电源开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
10	关闭燃气轮机液压油泵B出口滤网后手动门，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
11	关闭燃气轮机CO ₂ 火灾保护初始排放出口隔离门，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
12	关闭燃气轮机CO ₂ 火灾保护延续排放出口隔离门，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
13	拉开燃气轮机SFC隔离开关，并在SFC隔离开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
14	拉开SFC隔离开关控制柜电源小开关，并在该控制电源小开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
15	关闭燃气轮机前置模块过滤器出口电动门。
16	拉开燃气轮机前置模块精滤出口电动门电源开关，将燃气轮机前置模块精滤出口电动门电源开关拉至“隔离”位。
17	在燃气轮机前置模块精滤出口电动门电源开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
18	拉开燃气轮机6kV励磁变电源开关，将燃气轮机6kV励磁变电源开关拉至“隔离”位置。
19	在燃气轮机6kV励磁变电源开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
20	拉开燃气轮机点火变压器电源开关。
21	在燃气轮机点火变压器电源开关处悬挂“禁止合闸，有人工作”标示牌。
22	关闭燃气轮机ESV阀。
23	关闭燃气轮机盘车马达供油隔离门，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
24	开启燃气轮机ESV阀后放散阀，并在该阀门处悬挂“禁止操作”标示牌。
25	将燃气轮机灭火系统手/自动转换开关切到手动状态，并在该操作盒处悬挂“禁止操作”标示牌。
26	在燃气轮机罩壳东侧5.5m入口处悬挂“在此工作”标示牌。

附录 B
(规范性)
燃烧器热反吹作业操作步骤

序号	操作步骤
1	得值长令：燃气轮机热反吹。
2	确认影响燃气轮机热反吹的检修工作已结束，工作票已终结，安措已复役。
3	确认燃气轮机热反吹前的准备工作已完成，相关工作票已押回，安措已复役。
4	确认机组所有热工仪表、信号、联锁保护静态试验均正常，确认各控制系统保护、信号均正常投入。
5	确认调压站、燃气轮机前置模块天然气系统运行正常。
6	确认燃气轮机罩壳通风系统运行正常。
7	确认燃气轮机压缩空气系统运行正常。
8	确认机组闭冷水系统运行正常。
9	确认机组润滑油、顶轴油系统运行正常。
10	确认机组密封油、氢气系统运行正常。
11	确认燃气轮机液压油系统运行正常。
12	确认燃气轮机转子计算温度大于下限。
13	确认燃气轮机压气机入口温度及环境温度大于-35℃
14	确认燃气轮机HCO在副推状态，HCO副推腔室压力、轴位移满足要求，确认无正推、副推腔室冲洗请求，否则进行相应腔室冲洗。
15	确认余热锅炉高、中、低压主汽电动门及旁路电动门均已关闭。
16	确认汽轮机侧高、中、低压旁路门均已关闭且在“手动”状态。
17	确认主厂房消防水系统、燃气轮机火灾保护CO ₂ 系统、可燃气体检测系统、特殊消防系统均运行正常。
18	确认燃气轮机“消防控制柜”面板无异常报警。
19	确认余热锅炉烟囱挡板已打开。
20	确认燃气轮机压气机进气系统各门已关闭。
21	确认燃气轮机罩壳内人员已全部撤出，罩壳门已关闭。
22	确认发电机励磁小室空调已投运。
23	联系热工专业强制余热锅炉“已备妥”信号，确认余热锅炉主保护不在触发状态，否则联系热工专业强制锅炉主保护信号。
24	联系热工专业确认燃气轮机预混阀的先导电磁阀线圈接线已解除，确保预混阀不会动作。
25	确认燃气轮机监控画面主保护已复位、火灾报警已复位。
26	确认发电机保护已复位。
27	确认机组SFC装置报警已复归。
28	确认发电机励磁装置报警已复归，励磁/SFC画面无励磁装置报警信号。
29	确认燃气轮机盘车运行不少于3小时。
30	确认燃气轮机燃气轮机监控画面中启机未满足条件仅剩SFC模式选择。
31	确认机组监控系统画面中无影响机组启动的报警。
32	联系检修机务专业确认现场已准备就绪，可以开始热反吹作业。
33	得值长令：燃气轮机启动。
34	检查燃气轮机励磁/SFC画面中“激活”模式在OFF，“辅助”模式在RESET。
35	在燃气轮机励磁/SFC画面中操作，若SFC模式在“NO SEL”，则将SFC选至“NORMAL”，若SFC模式在“NORMAL”，则将SFC选择至“NO SEL”后再选至“NORMAL”，检查励磁变6kV开关合闸，闸刀合闸。
36	在燃气轮机监控画面中投入“燃气轮机启动程序”，记录启动时间。
37	燃气轮机启动顺控第1步，检查SFC启动模式已设定。
38	燃气轮机启动顺控第2步，检查润滑油系统投自动、润滑油泵投运行、压气机进气干燥装置退出、压气机进气挡板正在开、IGV位置控制器投入、天然气投自动、HCO系统投自动、燃气轮机液压油系统投自动。

39	燃气轮机启动顺控第3步，检查燃气轮机液压油泵任一台启动，GCB处于“NO SEL”状态，除冰阀控制投入自动。
40	燃气轮机启动顺控第4步，检查HCO在副推位置，压气机第5级底部及顶部、第9级底部防喘放气阀打开，压气机进气挡板已打开，润滑油系统运行正常，SFC已合闸
41	燃气轮机启动顺控第5步，检查SFC清吹程序已启动。
42	燃气轮机启动顺控第6步，检查燃气轮机盘车已退出，检查SFC 6kV开关已合闸。检查清吹转速曲线正常，范围在11.42-13.48Hz之间，清吹时间360秒。清吹结束后SFC退出，燃气轮机转速下降。检查燃气轮机冷却风阀（四个）已开至100%。
43	燃气轮机启动顺控第7步，燃气轮机转速降至点火转速3.5Hz，SFC准备启动。
44	燃气轮机启动顺控第8步，检查天然气已运行，燃气轮机转速降至3.0Hz，SFC重新启动，燃气轮机升速至3.5Hz，值班阀开启20%，点火变压器投入，ESV阀开启，燃气轮机点火，检查火焰信号指示为红色，火焰探测器指示均为满格且无波动，记录燃气轮机点火时间。
45	持续关注燃气轮机各排烟温度测点及排气扩散段各温度测点数值变化情况。
46	持续关注燃气轮机各轴承温度、轴振、瓦振、推力轴承温度、轴向位移变化情况。
47	燃气轮机启动顺控第9步，检查燃气轮机升速至35Hz，SFC退出。
48	燃气轮机启动顺控第10步，值班员确认燃气轮机转速40Hz，立即通过盘面硬手操“燃气轮机跳闸按钮”手动打闸燃气轮机。
49	确认燃气轮机已跳闸熄火，ESV阀、值班阀已关闭，燃气轮机转速下降，降速至3Hz，检查燃气轮机盘车自动投运。
50	确认燃气轮机盘车运行正常。
51	若需要再次进行热反吹，则重复34-50步操作。
52	热反吹结束，联系热工专业释放相关强制、改动信号，并确认无误。
53	解除DCS画面中余热锅炉高、中、低压主汽电动门及旁路电动门的“禁操”。
54	汇报值长，操作完毕。