

# 燃气轮机启动清吹策略讨论与优化

杨帆

江苏华电仪征热电有限公司，江苏省扬州市，211400；

**摘要：**结合实际情况来看，在燃气轮机启动期间，清吹工作的开展本身具有不可忽视的重要价值，其能够通过天然气进行有效吹扫的方式，避免因天然气聚集引发的安全风险问题。对此，需从实际出发，在明确燃气轮机启动清吹作用的基础上，加强清吹策略现存问题讨论及优化路径研究力度，借此在合理缩短清吹时间的同时，使燃气轮机启动速度能够获得显著提升。

**关键词：**燃气轮机；启动；清吹策略；优化

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.06.026

## 引言

通常情况下，燃气轮机启动清吹所耗时间的长短取决于燃气轮机清吹转速、热通道容积等多项因素。清吹策略的应用主要是为了针对燃气轮机内部存在的天然气进行吹扫处理，以免燃气轮机启动后，这些天然气发生聚集，从而引发相应的安全风险问题，如爆燃等等。为尽可能降低清吹给燃气轮机本身造成的冲击与影响，提升清吹效率，则需进一步深化燃气轮机启动清吹策略现存问题及优化路径的探索层次，依托缩短清吹时间等多项优化路径，切实助力机组整体经济性的提升。

## 1 燃气轮机启动清吹的作用

作用方面，在燃气轮机停止运行时，因阀门泄漏，等多种因素的影响，使燃料在燃气轮机停运后仍会经燃气供应系统进行传输，而这些阀门泄漏传输出的燃气则极易聚集在燃气轮机的热通道、锅炉烟道等区域，如若燃气轮机再次启动，则会因点火操作而引发爆燃等安全风险问题，再加上部分燃气轮机并未进行可燃气体浓度监测装置的安装，致使启动前清吹逐渐成为提升燃气轮机安全运行水平的主要方式之一<sup>[1]</sup>。若想进一步消除天然气聚集带来的安全隐患，便需在燃气轮机生产期间做好清吹逻辑程序的设置工作，以便在燃气轮机启动前，能够借助外力在拖动燃气轮机运转后，通过空气的输入，使燃气轮机内部相关区域残留的可燃气体清除出去，进而通过有效的清吹处理，为燃气轮机后续运行安全性的提升提供充分保障。

## 2 燃气轮机启动清吹策略探讨与优化

### 2.1 现有启动清吹策略存在的问题

现有启动清吹策略存在的问题主要表现在以下几个方面，其分别为对余热锅炉造成的影响、能耗与启动

时间问题等。分开来看，现有启动清吹策略极易引发余热锅炉金属管道疲劳问题，这是因为，在燃气轮机机组启停操作过程中，余热锅炉内部的金属管道通常会因机组频繁启停而产生疲劳现象，并导致金属管道本身具有的保温保压能力无法得到保障。同时，如若燃气轮机启动时间相对较少，则会给余热锅炉带来较大的参数变化，这时，金属管道则会因此遭受相应的疲劳应力。现有燃气轮机启动清吹策略下，以热启动状态为例，燃气轮机在排气时，温度下降速度较快，而余热锅炉内部蒸汽管壁温度也将因此出现迅速下降，常规清吹操作期间，蒸汽管壁温度会在清吹操作中骤降 50 到 80 ℃，长此以往，其保温保压效果自然无法得到保障，并大幅增加了金属管道裂纹等负面问题出现的概率。

能耗及启动时间问题方面，清吹操作以外部动力的输入为主，这使得清吹操作时间越长，所需耗费的能源便越多，在此过程中，燃气轮机启动时间也会因此增加。根据相关研究则可得，燃气轮机启动清吹处理过程中，如若清吹时间增加一分钟，电能消耗会增加 50 到 80 千瓦时，同时，网络对于负荷的响应也会因此出现延长，从而导致后续电力资源供应的稳定性以及及时性等均无法得到保障。现阶段，缩短清吹时间逐渐成为燃气轮机启动清吹策略优化的主要方向，但是，多数电厂在缩短燃气轮机启动清吹时间时，均以清吹容积计算为主，这使得清吹时间仍难以得到有效缩短，且无法真正契合产业高效节能发展需求<sup>[2]</sup>。

### 2.2 燃气轮机启动清吹策略优化路径

#### 2.2.1 缩短燃气轮机清吹时间的可行性

结合实际情况来看，燃气轮机启动清吹策略的运用价值在于有效清除燃气轮机停止运转后，聚集在热通道、锅炉烟道等区域的可燃气体，从而切实避免机组启动操

作时,因可燃气体聚集而引发的爆燃等安全隐患,并借此进一步提升燃气轮机运行安全水平。清吹操作中,如若监测结果表明燃气轮机内部各区域并未聚集可燃气体,则可依据监测结果,停止启动清吹程序。燃气轮机启动清吹策略优化方面,可将隔离模块合理加入燃气轮机的燃气模块中,对系统与可燃气体进行有效隔离,并依托隔离模块的增设,根据压力密封状态,科学判断是否需停止清吹操作,从而切实推动燃气轮机安全启动及稳定运行目标的实现<sup>[3]</sup>。

现阶段,三菱公司所生产的燃气轮机相对较为常见,其生产的传统燃气轮机在燃料控制方面,需以关断阀为核心在轮机停转后及时展开燃料切断处理,并通过供气压力调节阀实现对于相关压力参数有效调节,而关断阀与供气压力调节阀之间则设有放散阀。这类燃气轮机在停止运转后,需通过关闭关断阀、压力调节阀并打开放散阀的方式,确保在 90 秒左右能够将残留的可燃气体全部排出。随着现代科学技术的不断发展,这类传统设计模式极易因阀门缺乏密闭性而出现阀门泄漏,等负面问题,致使燃气轮机停运后,可燃气体经燃料模块渗漏到燃气轮机机组内部,并发生可燃气体聚集,如若未能够在机组启动前进行清吹处理,则会引发爆燃等负面问题,对此,须在燃气轮机再次启动前,有序实施清吹处理作业。

为尽可能缩短清吹时间,则需将燃料模块的优化设计重点关注起来,并通过在合理增设放散阀的同时,针对氮气置换、二氧化碳气体置换等置换操作展开深入探索,根据燃气轮机启动清吹需求,通过将置换气体管路接入到燃料模块,在确保清吹处理效果的同时,加强对于置换操作成本的把控力度,清吹处理后,则需将放散阀及时关闭,以便在燃气轮机内部,对燃气系统、燃机等有效隔离。在此期间,为进一步确保清吹策略优化中的安全性,还需在针对清吹时间进行缩短处理的同时,加强对于阀门位置的实时监控力度,通过精准监控燃气轮机各阀门位置,在监测信号出现中断后,及时进行再次清吹处理,以便切实提升燃气轮机运行安全性<sup>[4]</sup>。同时,密切关注燃气轮机压力差值,如若压力差值小于预设值,则表明潜在燃气泄漏风险,这时,则需在有效落实再次清吹作业的基础上,对燃料系统密封性进行全面检查,借此实现从源头控制燃气轮机中存在的可燃气体聚集问题,减少清吹时间,降低清吹作业成本支出。

#### 2.2.2 天然气隔离模块监控措施优化

在针对天然气隔离模块监控措施进行优化时,需将可燃气体浓度监测装置的合理安装及清吹逻辑的优化

重点关注起来。

首先,可燃气体浓度监测装置安装方面,应通过将其合理安装到燃气轮机内部热通道与余热锅炉烟道中,实现对于可燃气体浓度参数的实时动态监测。燃气轮机启动清吹策略实施期间,如若监测可燃气体浓度低于爆燃隐患的下限,则可通过适当缩短清吹时间的方式,减少能源消耗;如若监测得出浓度为零,且监测数据稳定时长在 5 分钟以上,则需经过综合评估后,科学判断是否取消清吹处理。

为进一步确保监测数据的精准性,还需从实际出发,定期开展监测装置校准、维护等工作,并制定科学的设备维护工作方案,借此保障监测装置在各类工况下的运行稳定性,以便实现可燃气体浓度的动态监测与实时反馈。

其次,清吹逻辑优化方面,需以可燃气体浓度为基础,针对燃气轮机与余热锅炉的温度、压力等多项参数进行综合考虑,进而结合多维数据参数,切实保障清吹逻辑优化的科学性、合理性。如,在余热锅炉金属壁温度相对较低且始终保持在稳定状态时,气体交换速度较慢,这时则可通过适当延长清吹处理时间的方式,提升清吹效果;若余热锅炉金属壁温度相对较高且处于上升状态时,则需在延长清吹时间的同时,加大清吹力度,以此切实保障燃气轮机停运后,余热锅炉中聚集的可燃气体能够真正得以全面清除<sup>[5]</sup>。

在此期间,还应基于多项不同数据参数,将燃气轮机启动清吹决策模型的构建工作严格落到实处,以此通过优化清吹决策模型的方式,使燃气轮机启动清吹策略更具科学性,并满足不同工况下燃气轮机启动对于清吹工作的开展需求。此外,还可借助自动化控制系统的合理引入,针对温度、压力以及可燃气体浓度等多项数据进行全面收集,并将收集来的数据信息及时传输至控制中心,依托自动化控制系统中提前设置的自动清吹参数,从实际出发,自动展开清吹处理,从而在充分确保清吹处理效率及处理安全性的基础上,节省清吹能源。

#### 2.2.3 设备改进与清吹协同优化

燃气轮机启动清吹策略优化过程中,设备改进与清吹协同优化作为一项高效优化策略,其在提升清吹效率、降低清吹能耗等多个方面均具有不可忽视的重要价值。在此期间,需着重展开阀门密封性能优化与燃气轮机内部结构改进等多项工作,以便通过设备改进与清吹策略优化的协同进行,实现良好的燃气轮机启动清吹效果。

阀门密封性能优化期间,需从燃气轮机实际运行状况角度出发,针对燃料供应系统中的阀门进行优化升级,

并合理选用新型密封材料,确保阀门在关闭状态时能够具备良好的密封性能。如,通过将阀门中原本应用的橡胶密封圈更换为金属硬密封圈,提高阀门密封效果,有效减轻阀门关闭状态下存在的可燃气体泄漏问题。阀门密封性能优化后,则需结合阀门更换等其他多项优化措施,进一步缩短燃气轮机启动清吹时间。此外,阀门优化处理中,还可将陶瓷涂层密封技术合理引入进来,以便在提高阀门耐腐蚀性能的同时,使其能够具备更为良好的密封性,最终有效规避可燃气体泄漏风险,减少清吹时的能源消耗。

燃气轮机内部结构改造期间,需重点展开燃气轮机内部流道等结构方面的改造工作,借此优化燃气轮机内部空气流动状况,以便为后续清吹效率的提升提供助力。内部流道改造中,应针对压气机叶片形状、角度等进行科学调整,确保空气在进入燃气轮机后能够实现均匀分布,进而将燃气轮机内部聚集的可燃气体快速带出。

结合实际情况来看,结构改造工作的有序实施能够在稳定清吹能耗的基础上,提高清吹处理效果,最终为燃气轮机高效、稳定运行目标的实现打下坚实的基础。为进一步提升结构改造效果,则需依托计算机模拟等新兴技术手段的综合运用,通过多次模拟计算,选择出最优的内部流道优化改造方法,如,压气机叶片前缘角度微调 $5^{\circ}$ ,减轻流道内空气存在的紊流现象,最终切实提高清吹处理效果。

#### 2.2.4 以大数据预测为基础优化清吹策略

燃气轮机启动清吹策略优化工作中,为实现良好的优化效果,并切实提升燃气轮机运行效益,则需将大数据分析平台构建工作严格落到实处,依托大数据分析平台,实现对于燃气轮机历史运行数据信息的全面收集与动态分析,如燃气轮机启动前燃料系统运行状态、运行环境温度等,并结合机器学习算法,深化历史运行数据信息分析层次,以便为后续清吹时间预测模型的构建与清吹策略的优化提供科学依据。同时,还应基于大数据预测平台,针对清吹时间预测模型进行持续优化,以便充分契合不同季节、不同环境,燃气轮机启动前对于清吹策略提出的具体要求,进而为清吹效能的提升、清吹能耗的降低等提供充分保障<sup>[6]</sup>。

#### 2.2.5 合理引入脉冲式清吹技术

脉冲式清吹等新型技术手段的引入与应用能够有效应对传统稳定气流清吹方式存在的不足之处,从而通过对清吹空气流量、压力等参数进行精准控制的方式,

使清吹空气能够以脉冲的形式进入燃气轮机热通道、余热锅炉烟道等区域,将这些区域聚集的可燃气体及时清除出去。结合实际情况来看,脉冲式清吹技术的应用能够产生强烈的扰动效果,从而确保残留的可燃气体能够从复杂的燃气轮机结构中被吹扫出来。

相对于传统清吹模式来看,脉冲式清吹这类新型清吹技术手段的合理运用,能够在相同时间内,带出更多的可燃气体,实践应用期间,需结合燃气轮机结构特征与运行环境等多项因素,科学调整脉冲频率、宽度以及强度等数据参数,以便在成功开展清除工作的基础上,缩短燃气轮机启动前清吹时长,并借此保障清吹策略能够更具安全性与有效性,进而全面推动燃气轮机健康、安全以及稳定运行目标的实现,切实提升燃气轮机运行效益。

### 3 结语

综上所述,需基于燃气轮机运行状况,在正确认识燃气轮机清吹作用的同时,明确现有启动清吹策略存在的具体问题,从安全性、经济性以及设备使用寿命等多个角度出发,加强燃气轮机启动清吹策略优化研究力度,以便在精准控制燃气轮机启动清吹过程的同时,以科学的清吹策略,推动机组整体安全、稳定运行目标的实现。

#### 参考文献

- [1] 翁继新. 大功率静止启动变频器在燃气轮机启动过程中的应用[J]. 机电信息, 2024, (03): 66-69.
- [2] 施文. PG9351FA 型燃气轮机的清吹时间优化研究[J]. 价值工程, 2024, 43 (02): 60-62.
- [3] 熊超, 王勇, 曹伟平, 等. 9FB 型与 9FA 型燃气轮机控制分析比较[J]. 燃气轮机技术, 2022, 35 (04): 42-49.
- [4] 谭湘敏, 韩博, 陈志, 等. 重型燃气轮机启动过程多模融合建模方法研究[J]. 热力透平, 2022, 51 (01): 1-7+20.
- [5] 黄文辉. M701F3 型燃气轮机清吹逻辑优化[J]. 企业技术开发, 2018, 37 (11): 66-68.
- [6] 文翌, 罗仕国, 王江. 空气压缩机燃气轮机启动超温原因分析及处理[J]. 大氮肥, 2018, 41 (05): 335-337.

作者简介: 杨帆, 出生年月: 1996.09, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 江苏省扬州市, 学历: 本科, 职称: (现目前的职称) 高级工, 研究方向: 燃气轮机、燃气蒸汽联合循环。