

烟机透平机组“降损延寿、增效减排”技术升级改造

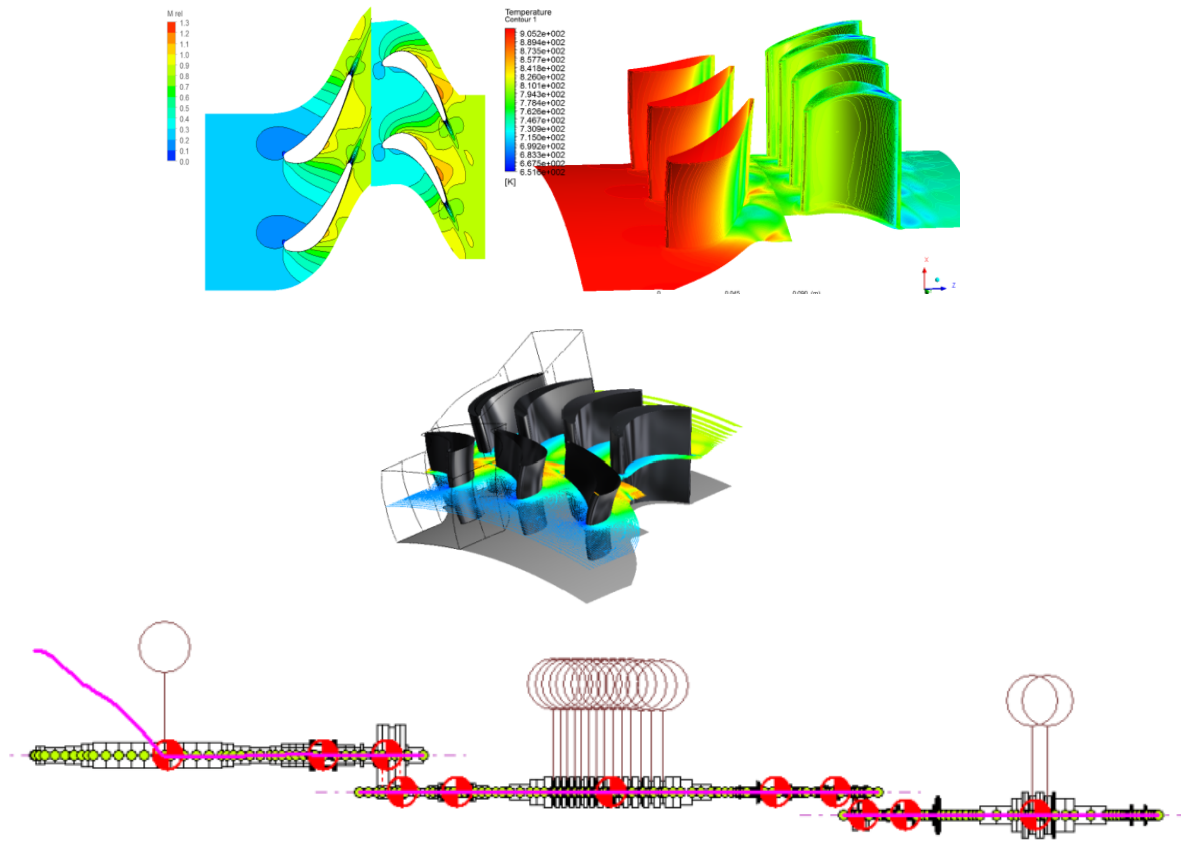
1 背景及意义

《中华人民共和国节约能源法》立法推动钢铁冶金、石油化工等高耗能行业的节能技术改造。烟机透平机组（三机组）由烟机、风机和电机组成，是一种典型的节能装备，它以催化再生器烧焦所产生的烟气为工质，通过烟机把工质的热能和压力转变为机械能直接驱动风机或电机发电，从而达到回收烟气余能的目的，烟机透平机组运行情况直接关系到炼油设备的安全生产、运行周期和能耗水平。由于工质包含高温、高压的水蒸气、 N_2 、 CO_2 等多种组分，以及氧化铝和氧化硅等硬质催化剂粒子，温度高达 1000K，烟机高速工作时叶片和轮盘极易造成磨损和热伤害，因此烟机的叶型及流道研制难度极大，已有机组中叶片寿命普遍不高，容易出现叶片断裂等事故，造成停机停产。烟机的核心技术主要来源于美国 DR 公司、日本三菱公司和德国的 GHH 公司，我国的 SEI 经过消化吸收国外技术已经掌握了烟机研制的部分核心技术，但在机组可靠性和寿命上还有很大提升空间。机组中风机主要由德国的 MAN 透平提供，陕股引进 MAN 透平的技术后成为我国石油化工用风机的主要厂家。北京石油化工学院和成都成发科能动力工程有限公司联合研制的烟机透平机组近 10 年在冶金和石化行业广泛成功应用，对提升我国高温尾气余能回收的核心技术水平，保证炼油设备可靠性、平稳运行和石化行业节能降耗具有重要意义。

2 核心技术

“降损延寿、增效减排”技术升级改造是对已有的烟机、风机进行升级改造，可以在基础和流道不变的情况下采用新布局和新叶型，优化气动性能，提高机组安全性、可靠性和效率，主要包括：

- ✓ 新烟机叶片：根据现场实测参数，结合已有的经验和实际工况环境，考虑成本、气动、强度、冲刷等因素，采用自行编写的涡轮气动设计程序和三维 CFD 仿真技术研制出抗冲刷的加厚减弯的高性能单级和双级涡轮三维叶型，最高效率可达 90%，可靠性大力提升；
- ✓ 新风机叶片：根据现场运行参数，优化设计工况。基于 S1、S2 准三维气动设计方法和快速二维多级透平气动评估程序对风机进行多级级间气动重新分配、旋转失速和喘振的特性分析、叶型设计，以及流道改进，使整机运行更加平稳，安全裕度更高，根本上根除叶片断裂和机组振动事故；
- ✓ 新轴系：叶片、轮盘及旋转部件三维有限元强度计算分析和轴系转子动力学优化设计与烟机和风机气动设计形成闭合循环的设计回路，根据叶片动静强度计算结果和轴系转子动力学特性调整烟机和风机的气动布局，优化叶片叶型、转轴大小、其它旋转部件几何形状和质量及转动惯量的分配，使烟机透平机组安全、稳定和高效运行。



3 推广应用

烟机透平机组“降损延寿、增效减排”技术可以推广应用于冶金钢铁和石油化工等行业中产生的高温或高压工业尾气余能回收和已有机组的升级改造。





典型工程应用案例列表

| 序号 | 年度 | 用户 | 型号 |
|-----------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 2013 | 安徽省贵航特钢有限公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 2 | 2013 | 福建省日出节能环保有限公司 | GT91. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 3 | 2013 | 河北普阳钢铁有限公司 | CTC56-60 三机组 |
| 4 | 2013 | 大连浩德石化有限公司 | GFT89 烟气轮机 |
| 5 | 2013 | 玉田正益实业有限公司 | GT60. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 6 | 2013 | 武汉重冶机械成套设备集团有限公司 | ACL40-13 轴流压缩机机组 |
| 7 | 2013 | 云南玉溪玉昆钢铁集团有限公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 8 | 2013 | 连云港华乐合金有限公司 | GT60. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 9 | 2013 | 乌海市包钢万腾钢铁有限责任公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 10 | 2013 | 溧阳建新制铁有限公司 | GT60. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 11 | 2014 | 西安华新新能源股份有限公司 | GT60x2 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 12 | 2014 | 湖南华菱涟源钢铁有限公司 | GT120 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 13 | 2014 | 淄博玺天利管道设备有限公司 | GFT82 烟气轮机 |
| 14 | 2014 | 铜陵市旋力特殊钢有限公司 | GT60. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 15 | 2014 | 襄汾县星原钢铁集团有限公司 | GTP076 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 16 | 2014 | 辽宁缘泰石油化工有限公司 | GFT82 烟气轮机 |
| 17 | 2014 | 日照旭日发电有限公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 18 | 2015 | 山东寿光鲁清有限公司 | GFT89 烟气轮机 |
| 19 | 2015 | 山西立恒钢铁集团股份有限公司 | GT60. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 20 | 2015 | 五矿营口中板有限责任公司 | GT60x2 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 21 | 2015 | 天津市华鑫源钢铁有限责任公司 | ACL45-13 轴流压缩机机组 |
| 22 | 2015 | 中冶京诚工程技术有限公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 23 | 2016 | 山东寿光鲁清石化有限公司 | ACL56-14 轴流压缩机机组 |
| 24 | 2016 | 攀钢集团攀枝花钢铁有限公司 | GT90 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 25 | 2016 | 天津鑫天圣机械设备租赁有限公司 | CTC63-90 三机组 |
| 26 | 2016 | 河北鑫达钢铁有限公司 | CTC63-90 三机组 |
| 27 | 2016 | 云南泛亚能源科技有限公司 | GT90. D 型高炉煤气余压回收透平发电装置 |
| 28 | 2016 | 江苏瑞帆节能科技服务有限公司 | GT60、GT60x2 |
| 29 | 2016 | 宁夏宝瑞隆石化有限公司 | CTC50-F82 三机组 |
| 30 | 2016 | 江苏瑞帆节能科技服务有限公司 | GT60、GT60x2 |
| 31 | 2016 | 江苏瑞帆节能科技服务有限公司 | GT60、GT60x2 |

4 对接联系

联系人：肖云峰（机械工程学院能源与动力工程专业副教授）

邮 箱：xiaoyunfeng@bipt.edu.cn