

ICS 23.140

CCS E 97

团体标准

T/CPI XXXX-202X

炼油与化工装置烟气轮机 长周期运行管理规范

Long period operation specification for gas expander
for oil refining and chemical process

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国石油和石油化工设备工业协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 选型与设计要求.....	1
4 制造与监造验收.....	3
5 安装	3
6 试运	3
7 检修及修复.....	5
8 机组运行、操作与维护.....	6
9 技术管理.....	7
10 安全要求.....	8
附录 A（规范性） 烟气轮机常见故障及处理方案	10

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。

本文件由中国石油和石油化工设备工业协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

炼油与化工装置烟气轮机长周期运行管理规范

1 范围

本文件规定了烟气轮机设计、选型、制造、安装、调试、操作、工艺技术条件、维护、检修等多个环节的基本要求。

本文件适用于与炼油与化工装置及类似的装置如煤化工装置、硝酸装置、合成气膨胀装置等所用的烟气轮机或其他高温透平。

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。

HG / T 3650 烟气轮机技术条件；
SH/T 3516 催化裂化轴流压缩机 烟气轮机机组施工技术规范
GB 50093 自动化仪表工程施工及验收规范
GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
API 614 润滑、轴密封和控制系统
API 617 轴流、离心压缩机及膨胀机-压缩机
CSEI/JX 0005-2018 石化过程装备检维修技术规范
特种设备安全监察条例

3 选型与设计要求

3.1 烟气轮机的设计选型以优先考虑长周期运行可靠性、兼顾机组效率为原则。烟气轮机优先采用单级结构；在额定工况下单级烟气轮机的绝热效率应不低于 78%，双级烟气轮机的效率应不低于 84%。

3.2 在设计使用条件下，转子（不含动叶片）的使用寿命应不小于 100000h；转子无故障连续工作时间应不低于 24000h；动叶片设计寿命应不低于 24000h。

3.3 进入烟气轮机烟气中催化剂浓度不大于 $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，其中直径大于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒不超过 3%（质量分数）。

3.4 转子及动叶片

3.4.1 转子动力学设计与动平衡应符合 API 617 的要求。转子应采用分体动平衡后再进行整体动平衡，必须带半联轴器进行动平衡试验。

3.4.2 转子的结构设计应采取防止催化剂在转动件上堆积的措施。动叶片锁紧机构的结构形式在设计上应考虑烟气轮机在正常运行时的轴向窜量，入口蝶阀突然紧急关闭时，保证动叶片沿烟气流动方向逆向窜量在标准要求范围内。

3.4.3 动叶片耐磨涂层分“长城 1 号”及“长城 33 号”两种，两种涂层均能满足烟机使用要求。在叶片有冲蚀现象或催化剂结垢较严重的情况下推荐采用“长城 33 号”及爆炸喷涂工艺或满足叶片冲刷要求的其他耐磨涂层。

3.4.4 轮盘及动叶片设计条件应符合 HG/T 3650 的规定，明确合金组分、杂质含量、金相粒度、终锻后机械性能等要求。

3.5 烟气入口管线

3.5.1 一般情况下烟气入口蝶阀至烟气轮机进气锥水平直管段的长度不小于六倍管径。特殊情况下应采取措施，避免烟气扰动影响烟气轮机运行。

3.5.2 烟机壳体出入口法兰受力要严格符合设计要求，管道固定点不允许设在烟机本体上。出入口管线在设计上、检维修上应采取必要措施，保证烟气轮机出入口管线的热膨胀不对烟气轮机的运行造成影响。在烟气轮机壳体及入口管线上应设置标尺，便于检验记录烟气轮机及入口管线的受热膨胀状况。

3.5.3 末级旋风分离器出口至烟气轮机入口的管道，不允许采用各类衬里。

3.5.4 所有法兰连接用垫片不允许使用金属缠绕垫。

3.5.5 烟气轮机入口蝶阀必须具备速关功能，全行程关闭时间应小于 1s，90%关闭时间应小于 0.5s。控制蝶阀和切断阀门的执行机构各自单独配置，禁止共用。

3.6 烟气轮机正常运行时测得的噪声，应不大于 85dB(A 声级)。

3.7 烟气轮机机壳的外露表面应安装绝热层。绝热层材料、厚度、结构形式、安装方法、技术要求由制造厂设计。在正常工作温度下，绝热层表面温度应不大于 75℃；排气机壳内锥体绝热层表面温度应不大于 100℃。

3.8 机壳、底座和轴承箱的结构与冷却设计应保证烟气轮机在运行状态时，转子与机壳各部位的间隙不会因热膨胀或热变形而发生改变。

3.9 轴端气封采用可更换的迷宫密封、蜂窝密封或刷式密封。

3.10 烟气轮机与被驱动设备的联轴器应采用挠性膜片联轴器，联轴器应配备具有密封作用的可拆式防护罩。

3.11 烟气轮机的润滑油系统应符合 API 614 要求。进入烟气轮机的每路润滑油支线压力应不低于 0.8bar(表压)，润滑油支线上禁止设置截止阀，但应配置带限流孔的流量调节阀。

3.12 轮盘冷却蒸汽采用不大于 1.3MPa、温度为 270℃过热蒸汽，严禁带水。轮盘冷却蒸汽管线应进行保温，使得进入烟机的蒸汽温度应不低于 220℃。密封蒸汽管线，密封空气管线、抽气管线也应保温，防止蒸汽冷凝阻塞。

3.13 烟气轮机测量仪表及保护系统

3.13.1 烟气轮机应设置轴位移、轴振动、轴相位、轴承轴瓦温度、轴转速测量装置，在温度较高的部位应选取高温型探头，并对延长电缆采取保护措施。

3.13.2 烟气轮机应设置转速控制和转速超限联锁保护及轴位移超限联锁保护。用于联锁的转速信号应采用电磁信号，不能使用电涡流信号。用于联锁保护的测量元件，执行机构（电磁阀）应考虑冗余配置。联锁保护系统应具有毫秒级事件记录（SOE）功能。

3.13.3 为便于机组正常运行时对仪表进行检查，联锁逻辑程序设计时应应对每个回路设置投用/切除开关，并有切除报警显示提示，投用/切除操作应有权限限制。

3.13.4 烟气轮机轴承腔体内应设置固定测量温度线缆的卡子，避免线缆与轴接触造成信号线断裂的现象。轴瓦温度测量，热阻线应采用耐油耐冲刷材质，且导线槽的各转弯和终结处应为圆角过渡，避免油的冲刷在锐角处切断热阻线，铂热电阻应采取防漏油措施。

3.13.5 烟气轮机入口温度、压力测点应安装在固定的管线上，测点位置应尽量置于管线侧面，减少管线高温对正上方线缆的烘焙造成的线缆老化，也便于检查。

3.13.6 烟气轮机出口压力、温度测点应设至烟气轮机两侧，便于烟气轮机转子的吊装及检修。

4 制造与监造验收

4.1 烟气轮机的制造和验收应符合 HG / T 3650 的要求，及经规定程序批准的产品图样和技术文件的规定。

4.2 烟气轮机的制造过程，使用单位应委托有资质单位进行监造。

a) 监造工作应委托有监造资质的第三方执行。

b) 监造单位应根据设计和业主要求提出监造大纲。

c) 使用单位和制造厂家在签订烟气轮机订货合同时，应明确监造要求。

d) 监造的主要部件包括：轮盘、动叶片、静叶片、主轴、拉杆螺栓。主要工序包括：冶炼、锻造、热处理、机加工、各项理化性能检验、金相组织检验、转子动平衡、组装、试车。

4.3 制造厂应对每台烟气轮机的每个部件编制唯一编号，并在部件恰当位置标注钢印编号。

4.4 制造厂应建立保存动叶片、轮盘、主轴、拉杆螺栓等部件的制造档案。档案中应记录各部件每道加工工序的加工过程、质量检验结果。轮盘和每批动叶片除保存各项理化指标检验结果外，还应保存金相检查结果，保存金相照片。烟气轮机出厂前，各振动监测部位进行磁通量检查。

4.5 烟气轮机在出厂试验和工业运行试验期间，在最高连续转速或其它规定运行转速下以及允许的操作范围内，测得的轴振动的双振幅值应不超过规定值。在最高连续转速至跳闸转速之间任一转速，其双振幅值应不大于最高连续转速下记录的最大双振幅值的 150%。

4.6 以上要求同样适用于在用烟气轮机配件制造和修复。

5 安装

5.1 除本规程要求外，烟气轮机安装施工还应遵照 SH/T 3516 的规定执行，烟气轮机测量仪表及保护系统的安装执行 GB 50093 的规定执行，机器基础中间交接应按 GB 50231 的规定执行。

5.2 烟气轮机安装应根据烟气轮机设计、制造文件要求，编制施工方案，按照施工方案组织施工。

5.3 烟气轮机使用单位应委托有资质的监理公司对烟气轮机安装全过程进行监理。

5.4 二次灌浆达到设计强度（二次灌浆前对机组进行预对中且合格），土建工程全部结束。

6 试运

6.1 试运转具备的条件

6.1.1 烟气轮机不宜做单机试运，而应与被驱动设备或机组一起进行试运。

6.1.2 烟气轮机试运前，使用单位应组织一个由使用、建设、施工、设计、制造、监理等有关单位人员参加的试运行领导小组，负责审查安装记录，审定试运转方案，检查试运转现场，组织及指挥试运转的全面工作。安装单位根据烟气轮机设计、制造文件编制试运行方案。试运行方案须经使用、设计、制造单位认可，并由试运行领导小组审定批准。

6.1.3 机组安装找正完毕，机组相关的阀门、润滑油系统、动力油系统、与机组相关的工艺管道、电气、仪表控制系统及水、电、汽、气等公用工程安装完毕经检验合格，具备使用条件，并有齐全准确的校验记录和有关安装记录。

6.1.4 烟气轮机入口切断阀和控制阀经试验合格并处于关闭位置。

6.1.5 风机出口处的防喘振阀、止回阀经试验合格，防喘振阀开，止回阀关。

6.1.6 机组自保联锁调试、试验完毕并全部处于完好投用状态，各相关部门共同对联锁保护回路进行联锁试验及确认，并验收签字。

6.1.7 参加试运转工作的操作人员，必须熟悉本机组结构与特性、掌握机组操作规程与试运方案、有处理事故能力、经考试合格。

6.2 油系统的冲洗

6.2.1 油系统及控制油系统的过滤器精度应不大于 $10\mu\text{m}$ 且符合机组设计要求。油系统必须经过长时间反复的冲洗，油冲洗合格标准如下：

a) 通油 4h 后，临时滤网上无金属颗粒、锈皮及砂粒等杂质，每平方厘米可见软质颗粒不多于 2 点及少量纤维体；

b) 在油箱(泵吸入口管下缘 100mm 处)和冷油器最低放油点取样分析合格；

c) 通油 20h 后油过滤器的前后差压增加值不超过 $0.01\text{MPa}\sim 0.015\text{MPa}$ 。

6.2.2 冲洗合格后，全部放掉油箱、油冷却器、油过滤器内的脏油，重新装油。

6.2.3 油循环累计 24h 后，进行油质分析，并符合油品质量规定，各项自保试验准确无误可视为油系统试运转合格。油系统全部复原并封闭等待机组试运转。

6.3 机组试运行

6.3.1 烟气轮机启动前，应对入口管线和烟气轮机壳体进行升温。升温速率不大于 $80^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，烟气轮机暖机时间不小于 5h。暖机时应先通入轮盘冷却蒸汽，待排凝口排出气体不含水后，再直接用烟气暖机。暖机过程中，应保证烟气轮机轮盘冷却蒸汽量；对于有轮盘温度指示的烟气轮机可通过及时调节轮盘冷却蒸汽量控制轮盘温度，轮盘温度应维持在 $320\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。暖机时，打开烟气轮机壳体下面的排凝阀排凝。如烟气轮机出口温度大于 500°C 应增加轮盘冷却蒸汽量。仔细观察烟气轮机进出口管线及壳体升温及膨胀情况。

6.3.2 在出入口烟气管线和机组安装完毕后，在各支点、膨胀点做位置标识，机组在升温过程中以及正常运行时，要观察各标识变化，并做好新的位置标识，并判断是否存在异常状况。并在每次开停机时都要进行位置标识观察和判断。

6.3.3 除常规检查外，应着重检查轴承、汽封、油封，有无漏油、气、水现象。

6.3.4 当烟气轮机入口温度达到 400°C 以上，可使烟气轮机缓慢升速。

6.3.5 缓慢打开入口控制蝶阀进行升速，升速至 $1000\text{r}/\text{min}$ 停留，对机组运行状况全面检查，一切运行正常 20min 后，继续开大控制蝶阀以每次升速 $500\text{r}/\text{min}$ ，停留 20min 检查的方法升速，将转速升至低于额定转速 $500\text{r}/\text{min}\sim 1000\text{r}/\text{min}$ 的速度，检查运行状况正常后，准备投用电机。在机组升速过程中要注意机组各单机的临界转速，升速时要迅速跨过临界转速。

6.3.6 烟气轮机升速升温过程中，按照设计要求的热紧程序，对烟气轮机、烟气管线法兰进行热紧。

6.3.7 烟气轮机升速过程是对机组继续加热的过程，所以升速过程应均匀，防止烟气轮机热膨胀、热变形及热应力超出允许值。应每隔半小时监测各轴承振动、位移及热膨胀量，对在升速过程中产生的异常振动情况应特别注意，必须消除后再进行升速，必要时应将当时转速降低后重新升速。

- 6.3.8 烟气轮机达到额定转速后对烟气轮机进行全面检查。检查正常后才可以带负荷。
- 6.3.9 试运行结束后，安装单位应填写试运报告。

6.4 标定

- 6.4.1 新安装烟气轮机、改造后的烟气轮机在投用后应组织对烟气轮机进行标定，考核烟气轮机功率、效率。
- 6.4.2 烟气轮机的标定按绝热效率进行标定。

6.5 烟气轮机检修后试运

- 6.5.1 烟气轮机检修完成后，应对烟气轮机进行润滑油冲洗，油冲洗分析合格后，烟气轮机才能开机。
- 6.5.2 烟气轮机检修后开机参照操作规程正常开机程序进行，严格控制升温、升速的速度，仔细检查烟气轮机及管线膨胀情况，监测轴位移、轴振动情况。

7 检修及修复

7.1 烟气轮机检修应该遵照 CSEI/JX 0005-2018 中烟气轮机检修规程执行。必须制定《烟气轮机检修作业规程》，并按照检修作业规程规范烟机的检修作业，确保检修质量及施工安全。

7.2 烟气轮机停机检修前，应做好烟气轮机运行状态检测；根据状态检测结果和烟气轮机运行状况，烟气轮机使用部门、管理部门、维修部门共同讨论确定烟气轮机检修内容和检修方案，并准备好相应的配件、材料和机具。

7.3 烟气轮机解体后，根据烟气轮机检查情况，补充检修内容和检修方案。

7.4 主要部件检查与更换

- 7.4.1 所有部件使用时间达到设计寿命，必须更换。有条件时，对未到更换时间的部件要做寿命评估。
- 7.4.2 基体检测发现裂纹的动叶片必须报废，严禁修复使用。
- 7.4.3 动、静叶片耐磨涂层局部冲刷磨损，需要清除全部涂层，重新喷涂。
- 7.4.4 叶片锁紧片及锁紧销只能一次性使用。
- 7.4.5 轮盘受冲刷磨损，厚度减薄 5%或减薄 3mm 以上时，应该更换。
- 7.4.6 冷紧的拉杆螺栓拆开后不能重复使用。采用电加热热紧的拉杆螺栓拆开后，在检查确认螺纹牙型及材料理化性能符合设计要求的，可以重复使用。
- 7.4.7 每运行一个周期，应对动叶片、轮盘做以下检查：金相检查并拍照存档、着色检查、硬度检查。

7.5 主要部件修复

- 7.5.1 烟气轮机过流部件的修复，应执行安全第一的原则，在充分论证，确保修复后能安全使用的情况下，采用无缺陷的修复技术进行修复。
- 7.5.2 部件修复前，使用单位和修复单位共同讨论确定修复方案，验收质量标准。在确定修复方案和验收标准时，应参考烟气轮机原设计、制造单位的意见。
- 7.5.3 激光熔敷技术用于修复涡轮盘和动叶片时，应遵守十分谨慎的原则。

7.5.4 动、静叶片，轮盘，主轴及轴承补焊及熔敷部位除进行常规质量检验外，必须进行 X 光检查，确认内部没有任何缺陷（空洞、分层、不融合）。

7.6 检修质量验收

7.6.1 烟气轮机检修单位、使用单位、管理部门应对检修过程进行质量监督，对主要部件检修质量、装配尺寸间隙、最终对中需要三方检查验收，并保留记录。

7.6.2 烟气轮机检修最终验收在烟气轮机运行后进行，主要考察烟气轮机运行机械性能：轴振动、轴位移、轴承温度、泄漏情况。有关单位通过对烟气轮机运行情况分析，对烟气轮机检修质量最终评判。

7.7 修复部件有下列情况之一者应判废

7.7.1 动叶片：

- a) 同期服役的叶片，经检测，5%以上动叶片的榫齿及叶身部位发现裂纹；
- b) 动叶片在正常工况下累计运转时间超过 50000h；
- c) 动叶片冲蚀严重，喉部面积增大 10%以上；
- d) 烟气轮机超速 120%以上时。

7.7.2 轮盘：

- a) 轮盘经检测发现有影响强度的裂纹；
- b) 轮盘榫槽端面冲刷磨损严重，深度超过 4mm 时；
- c) 轮盘榫槽外圆面冲蚀磨损严重，深度超过 3mm 时；
- d) 烟气轮机超速 120%以上时。

7.7.3 主轴：

- a) 气封对应或油封部位磨损严重，深度超过 3mm 时；
- b) 主轴转子弯曲变形，影响转子正常使用各部径向及端面跳动值超标；
- c) 前、后轴颈磨损严重，影响转子正常使用。

7.7.4 拉杆螺栓：

- a) 采用冷拉伸工艺装配的拉杆螺栓松动后；
- b) 采用加热工艺装配的拉杆螺栓松动后，经检查牙型变形严重的。

7.7.5 静叶片：经无损检测有影响强度的裂纹。

7.7.6 气封环：

- a) 气封环与主轴间隙比原设计值增大 50%；
- b) 密封局部脱落或损坏。

7.7.7 轴瓦：

- a) 轴瓦合金层有裂纹、空洞和脱壳现象；
- b) 轴瓦合金层产生熔融现象。

8 机组运行、操作与维护

8.1 烟气轮机的运行及操作

8.1.1 烟气轮机的操作必须严格执行操作规程。烟气轮机操作规程的编制，应参照设计、制造的要求，包括以下内容：结构、性能介绍，正常运行参数，开机、停机、操作程序，各项报警、联锁及报警联锁值，日常操作维护内容，仪表控制系统管理，事故、故障处理，风险评价及安全预案。常见故障及处理方案参见附录 A。

8.1.2 在操作中，应严格遵守操作规程中烟气轮机主要工艺操作参数要求，控制烟气轮机的进排气温度、烟气粉尘含量、开停机升温降温和升速降速速率、轮盘冷却蒸汽温度，严禁超参数运行。

8.1.3 烟气轮机严禁长时间超过入口设计的温度运行。每个运行周期内，烟气轮机入口温度出现超 800℃运行情况应不超过 4 次，且每次持续超温时间应不大于 15min；当烟气轮机入口超温时，应及时处理并记录温度和超温时间。当烟气轮机入口温度超过设计值且不能立即恢复时应立即将烟气轮机切除。

8.1.4 严格控制和监视烟气轮机入口烟气的催化剂浓度和粒度，每周一次采样分析烟气中催化剂浓度和粒度，烟气轮机入口烟气的催化剂浓度和粒度应符合设计要求。当装置的催化剂跑损严重时，应切除烟气轮机。

8.1.5 应经常监视烟气轮机的轴振动以及振动变化趋势，正常运行时轴振动应低于报警设定值，当轴振动达到报警值时，应分析原因并采取措施降低轴振动；当轴振动达到或超过停机设定值时，应停机处理。

8.1.6 烟气轮机正常运行且当轴承处进油温度达 40℃时，径向轴瓦的工作温度不超过 80℃；推力轴承瓦块的工作温度不超过 90℃。轴承温度过高时应分析原因并采取措施，当达到停机设定值时应停机处理。

8.1.7 当烟气轮机出现异常的声响、振动、烟气温度骤升或大量泄油等现象，应立即停机。

8.2 烟气轮机运行的正常维护

8.2.1 参加烟气轮机操作、维护、管理的人员必须熟悉烟气轮机的结构、性能及操作。

8.2.2 严格遵守操作规程，并严格控制各操作参数在正常操作范围内，定时检查操作参数。

8.2.3 烟气轮机应列入各企业特护机组范围进行管理，严格执行岗位责任制和巡回检查制，做到及时发现运行问题并妥善处理。

8.2.4 搞好操作室及机组卫生，备好日常所用工具和消防器材。

8.2.5 定时检查油压、轴承温度及轴振动和位移。

8.2.6 定时检查润滑油过滤器差压，当差压超过设计值时，应立即切换并更换滤芯。

8.2.7 每周一次，人工手动小幅调节烟气轮机入口调节蝶阀阀位，检查阀门有无卡涩现象。

8.2.8 定时巡检油箱液位，每班进行一次润滑油的切水，每月对润滑油采样分析一次，每年一次全分析。

8.2.9 定时检查蒸汽压力和温度，保证烟气轮机冷却蒸汽、密封蒸汽的正常供给。

8.2.10 定时检查烟气轮机的密封系统，保证密封蒸汽和隔离风供给正常。

8.3 烟气轮机连续运行时间达到 15000h~20000h（或操作过程中出现超温现象）后，原则上应择机停机，更换备用转子，并对换下转子的动叶片、轮盘及主轴例行一次全面检查。应考虑通过着色、X 光射线、金相分析等手段检查动叶片的榫齿、轮盘榫槽等关键部位，检查动叶片耐磨层的磨损情况，根据检查情况确定修复方案，需修复转子应及时修复并尽快处于完好备用状态。

8.4 烟气轮机长期停机应采取以下措施

- 8.4.1 拆下烟气轮机入口短节并在烟气管线上加装盲板, 出口水封罐加满水并保持水位。
- 8.4.2 定期开启润滑油系统循环, 每周一次, 每次 1h。
- 8.4.3 定期进行机组、机泵盘车。

9 技术管理

- 9.1 烟气轮机组应建立和落实关键机组特护制度, 配置在线或离线状态监测系统, 定期进行烟气轮机运行状态检测分析。
- 9.2 严格控制烟气轮机入口催化剂浓度和粒度, 每周一次采样分析烟气中催化剂浓度和粒度, 对分析结果进行存档并分析催化剂浓度变化趋势, 判断旋风分离器的效率, 保证旋风分离器分离效率在高效范围内。
- 9.3 催化装置工艺操作应保持平稳, 每次调整幅度应有控制。催化剂加剂应该控制加剂速度, 加剂应均匀缓慢, 加剂必须采用小型自动加料器。
- 9.4 催化装置应该有可靠的工艺措施控制烟气温度, 需要采用在烟气管道设置喷水或蒸汽设施, 通过喷入蒸汽或水来降温。
- 9.5 在装置备机运行时, 为防止少量泄漏烟气对烟气轮机造成的低温腐蚀, 应保证烟气轮机入口阀门密封良好, 若有烟气泄漏, 应及时拆除入口短节并加盲板密封。
- 9.6 烟气轮机入口温度超温或烟气粉尘浓度粒度超标, 短时间内烟气轮机可以维持运行, 超温幅度和持续时间应在要求之内。长时间的超温和粉尘超标, 烟气轮机必须停机或空负荷运转。烟气轮机由正常运行状态转为空负荷运转时, 负荷应该分步缓慢降低, 控制降温速度小于 100℃/h。

9.7 控制系统及仪表管理

- 9.7.1 机组正常运行时联锁保护回路应 100%投用。
- 9.7.2 机组正常运行时, 因某种原因需切除联锁, 应按程序申报后方可实施。
- 9.7.3 处理仪表故障时严格按照有关程序, 进行风险评价, 制定消减措施和安全预案, 办理相关作业票方能进行。
- 9.7.4 仪表及系统的维护执行《石油化工设备维护检修规程》。
- 9.7.5 建立仪表运行检查日志, 确定日常检查内容并及时检查记录。
- 9.7.6 烟气轮机测量仪表及保护系统随机组检修周期进行定期全面检查、校验, 并做好记录。

9.8 建立烟气轮机技术档案

技术档案应包括以下内容: 出厂资料、安装交工资料、试运行记录、运行记录、状态监测报告、润滑油及烟气粉尘分析报告、自保联锁试验记录、检修方案、检查检修记录、故障分析及处理记录、主要部件修复记录、零部件更换记录、改造记录、主要辅助设备档案等。

9.9 建立烟气轮机运行评价体系

评价指标应包括但不限于以下内容:

- a) 烟机最长连续运行时间; b) 烟机累计运行时间;
- c) 烟机平均运行时间;
- d) 烟机输出功率;
- e) 烟机绝热效率;

- f) 烟机负荷率;
- g) 烟机振动值;
- h) 烟机平均检修时间;
- i) 烟机运行同步率。

10 安全要求

- 10.1 烟气轮机操作规程应对烟气轮机运行、操作、维护进行风险评价，制定相应的安全预案。
- 10.2 烟气轮机试运行方案中，应对试运行进行风险评价，并有安全预案。
- 10.3 烟气轮机安装检修应根据每次不同作业内容和作业环境做好风险评价和安全预案。
- 10.4 烟气轮机安装检修使用的吊装设备必须符合《特种设备安全监察条例》要求。

10.5 运行装置烟气轮机检修安全要求：

- 10.5.1 入口阀门操作方式设定在现场就地人工操作状态，切断阀门执行机构动力源，并在现场设置明显标识防止误操作。
- 10.5.2 出口管线水封罐加满水，并保持补水阀开度。
- 10.5.3 入口阀门不严时，拆除入口短节后加装盲板，设置有害气体报警仪，同时保证现场良好通风。

附 录 A

（资料性） 烟气轮机常见故障及处理方案

烟气轮机常见故障及处理方案见表 A. 1。

表A. 1 烟气轮机常见故障及处理方案

No	故障名称	现象及表征	频谱分析法特征分析	故障原因及处理
1	大量催化剂进入烟机	叶片磨损严重、转子平衡破坏、振动加大、回收功率下降	振动频率为 1X	a) 装置操作不正常； b) 一、二旋损坏； c) 三旋损坏； d) 应及时停机，开备机。 同时打开烟气旁路阀
2	催化剂在转子及流道中堆积和烧结	转子平衡破坏，振动逐步加大、回收功率逐渐降低	振动频率为 1X	催化剂在流道中烧结成块。应及时停机，将催化剂吹扫干净，并对存在问题进行改进
3	叶片涂层剥落	转子动平衡破坏，振动突然增大，有时过一段时间振动幅值又降了下来，但较正常值要大	振动频率为 1X	a) 叶片涂层质量不好； b) 反复开停机、升温、降温过快； c) 烟机长时间停机时，入口阀门关闭不严，泄漏的烟气对叶片造成低温硫或氯腐蚀
4	转子动静接触时引起的摩擦	振动大、有动静接触的摩擦声	a) 主频为 1X，也可能出现少量的分频、倍频和高频成分 b) 相位：磨擦开始会引起严重的相位跳动（约 10°），磨擦严重时，相位不再波动，振幅急剧加大。 c) 正反进动交替出现	a) 动、静间隙过小； b) 转子弯曲； c) 出口管道的膨胀节损坏或安装不正确，造成壳体变形 d) 动叶围带催化剂结焦造成叶顶动静摩擦
5	轴不对中	振动大	a) 振动频率为 1X、2X，不对中越严重，2X 越大； b) 时域曲线类似正弦曲线 c) 轴心轨迹为香蕉型或八字型 d) 联轴器两侧转子产生相位差，平衡不对中时，径向振动相位差 180° 偏角不对中时，轴向振动相位差 180°	a) 找正偏差大； b) 联轴器不对中； c) 轴承不对中； d) 冷、热态转子中心变化
6	油膜震荡和	径向振动大	a) 油膜振荡的涡动频率 ≈	a) 设计上，工作转速应在

No	故障名称	现象及表征	频谱分析法特征分析	故障原因及处理
	油膜涡动		0.43~0.48×在一阶临界转数的2倍和2倍以上时发生。一旦发生,将在较宽的转速范围内持续存在,提高转速一般不能越过 b) 在工作转速下产生的油膜涡动,其涡动频率近似为1/2X; c) 油膜失稳	一阶临界转速2倍下,一阶临界转速以上。裕度应符合API617的要求; b) 改变轴承结构; c) 调整油压、油温
7	烟气长时间超温	降低轮盘及动叶寿命-叶片断裂		喷蒸汽;关闭烟气入口闸阀
8	轴端密封泄漏	气封组装发生热变形等情况下,气封环I、II与主轴易产生动静摩擦,密封间隙变大。引起烟机轴振动变大、气封环I、II密封失效、主轴磨损、烟气泄漏、前侧探头或电缆高温失效		a) 泄漏轻微烟气时,检查并疏通抽气管,可以设置抽风装置,适当提高密封蒸汽压差至15kPa~18kPa,适当提高密封空气压差至20kPa~25kPa,注意管线保温; b) 泄漏大量烟气时,在监控振动瓦温变化的同时,逐步切出烟机,并按防火预案执行维保要求; c) 清理催化剂,检查气封,如有必要更换备件

No	故障名称	现象及表征	频谱分析法特征分析	故障原因及处理
9	高温变形	壳体变形引起叶顶间隙、气封间隙不均匀。轴承箱体热变形会引起转子对中数据偏差,引起轴振动增大		a) 壳体内涡壳出厂前预制衬里保温,降低热辐射温度; b) 在底座锚爪对应两侧、轴承箱体两侧、轴承箱体前侧分别设置循环冷却水套,吸收热辐射缓解烟机变形问题; c) 采用两端支承静叶结构,解决静叶片在高温下轴向变形的问題; d) 采用双壳体挠性过渡衬环,解决过渡衬环热变形问题; e) 严格开停机时升降温速度