

ICS 75.180.20

CCS E J74

团体标准

T/CPI XXXX—202X

超低负荷生产条件下炼油装置 防腐蚀导则

Anti-corrosion guideline for oil-refining units
on ultra-low load production condition

(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

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 超低负荷生产条件下的一般防腐措施	1
4.1 原则	1
4.2 一般防腐措施	2
5 典型炼油设备的防腐蚀措施	3
5.1 泵	3
5.2 压缩机	3
5.3 塔器	4
5.4 加热炉	4
5.5 空冷器风机和驱动电机	4
附录 A（规范性） 典型装置	5
A.1 原油蒸馏装置	5
A.2 催化裂化装置	5
A.3 延迟焦化装置	7
A.4 重整装置	8
A.5 渣油加氢装置	9
A.6 加氢裂化装置	11
A.7 S Zorb 装置	11
A.8 硫黄装置	12

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：

超低负荷生产条件下炼油装置防腐蚀导则

1 范围

本文件规定了超低负荷生产条件下炼油装置设备和管道的腐蚀防护要求。

本文件适用于由于装置生产负荷低于一定程度后导致设备和管道在运行期间的局部腐蚀环境改变、腐蚀风险升高而需要采取的防腐措施。

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/T30579 承压设备损伤模式识别

GB/T 35013 承压设备合于使用评价

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超低负荷 ultra-low load

炼油装置的加工负荷低于装置设计操作弹性下限的加工负荷。

3.2

露点腐蚀 dew point corrosion

含有腐蚀性介质的气相物料在温度降低到露点温度以下时，在设备和管道局部表面凝结出含有腐蚀性介质的液体，造成局部严重腐蚀。

3.3

结晶 crystallization

气相物料中某些组分在温度低于一定值时反应生成固体颗粒，或液相物料中溶质在温度低于一定值时因溶液过饱和而析出固体物质。

4 超低负荷生产条件下的一般防腐措施

4.1 原则

炼油装置在超低负荷生产条件的腐蚀防护应考虑装置运行中的流速降低、露点漂移和结垢结晶等因素的影响，在超低负荷运行期间，工艺操作应达到工艺防腐技术指标，不能随意调整，需要调整时应经过相应风险评估。

炼油装置超低负荷运行期间，应做好设备和管道的腐蚀失效模式和安全分析（失效模式和安全分析按GB/T30579、GB/T 35013）、腐蚀风险排查，定期分析装置腐蚀风险状况，制订腐蚀防护措施。

对于炼油装置在超低负荷生产条件下导致的工艺介质偏流、露点腐蚀、结盐和水冷器垢下腐蚀等情况应进行技术分析和风险评估，从工艺调整、工艺防腐和设备检测等方面采取措施，控制腐蚀风险。各类炼油装置的防腐蚀超低负荷工况下的防腐蚀措施详见附录A。

4.2 一般防腐措施

4.2.1 介质偏流工况

装置超低负荷工况下，应采取措施防止因工艺介质流量降低引起设备和管道产生偏流甚至局部滞流导致的异常腐蚀。对多台并联的换热器、水冷器或空冷器应对称调整负荷分配，包括对称停运设备，对称调整空冷器风机或百叶窗。通过测量设备进出口温差（压差）、工艺相关参数或红外热成像检测确定流动状况，发现偏流或异常相变、结盐结垢等情况时，可采取对称停运部分空冷器或换热器、调整注水等措施。对填料塔、反应器、加热炉等设备，应关注因物料分配不均、设备局部工况变化导致的腐蚀环境变化，严格工艺指标管控、加强设备检测。

4.2.2 结晶工况

装置低负荷工况下，工艺操作条件（温度、压力、流量、注水、注汽等）发生变化，氯化铵/胺盐结晶温度也发生变化，结盐位置发生偏移。同时由于流速降低，设备内壁结盐结垢风险提高，尤其在换热器、水冷器等设备的流动不良区域以及接管、盲管等流动死区。应重新核算确定结盐部位（如：原油蒸馏装置蒸馏塔顶系统、加氢装置（含重整预加氢）反应流出物系统、催化裂化装置分馏塔顶系统、延迟焦化装置分馏塔顶系统及含酸性气的火炬放空系统等）。通过工艺调整（包括调节温度、压力、流量、注水等）控制氯化铵等结盐结垢腐蚀风险；密切关注含硫污水pH值、铁离子、氯离子浓度变化，增加塔顶酸性水氨氮含量的分析化验；增加对流动不良区域的日常检查频次，对于设备小接管及安全阀根部短节等部位，可采取增加伴热、保温、冲洗或反冲洗等措施；定期采用脉冲涡流检测+超声波测厚等技术手段进行设备腐蚀情况检测。

4.2.3 露点工况

装置低负荷工况下，工艺操作条件（温度、压力、流量、注水、注汽等）发生变化，塔顶露点温度也发生变化，初凝区位置发生偏移。需重新核算分馏塔顶（如：常减压三顶、催化分馏塔顶、焦化分馏塔顶、重整预加氢分馏塔及脱戊烷塔顶等）的露点温度。调整塔顶的操作温度高于露点温度14℃以上，同时尽量避免冷回流；密切关注塔顶pH值、铁离子、氯离子含量变化；利用在线腐蚀探针等各类技术手段加强腐蚀速率监控；采用脉冲涡流扫查+超声波测厚等技术手段对腐蚀重点部位进行检测。

针对由于加热炉热负荷的降低，排烟温度和烟气露点均发生变化，引起相应的加热炉排放（烟囱）及烟气余热回收系统的露点腐蚀部位偏移的情况，应增加对烟气成分或烟气露点的检测频次，严格控制排烟温度，确保壁温高于烟气露点温度8℃以上。

4.2.4 水冷器垢下腐蚀工况

装置低负荷工况下，水冷器取热负荷降低，应进行相应的操作调整。宜优先通过空冷器调节热负荷，不应单纯依靠调整循环水侧阀门来调整换热操作参数，调整水冷器取热负荷时应适度，并联流程水冷器减量或停用需要对称、均匀，水冷器水侧节流要保证水流速不能低

于1.0m/s（循环水走管程）或0.3m/s（循环水走壳程）；可根据换热器出入口温度变化及传热效率计算判断换热器内结垢、堵塞情况，并采取反冲洗等措施；宜增加循环水微生物和粘泥的化验分析频次，对现场监测换热器腐蚀速率、粘附速度及介质泄漏等进行监控，增加循环水中微生物和粘泥的化验分析，一旦发现超标，及时进行查漏、杀菌、消漏工作，尽快恢复正常水质。

5 典型炼油设备的防腐蚀措施

5.1 泵

5.1.1 原料进料泵

进料负荷降低时，为防止进料泵因抽空引起的叶轮腐蚀、密封泄漏和泵体振动，以及回流量增大引起的腐蚀风险，应采取下面的措施：

- a) 参照泵性能曲线进行流量调整，通过增加回流的方法来保持入口流量不低于设计许可流量。
- b) 监控泵出口压力、检测泵振动值，进行泵出入口管线现场振动检查。
- c) 关注封油泵运行，确保机械密封端面冲洗油正常供给。
- d) 适当开大备用泵的预热线，以减小最小流量控制阀的回流量。
- e) 对泵最小流量线的增加测厚检测频次。
- f) 如果超低负荷运行持续时间达到3个月以上，可通过计算后进行叶轮更换或叶轮切削。

5.1.2 塔侧线泵

低负荷工况下，为防止各塔侧线油抽出泵、回流泵、塔底泵等产生抽空、振动，以及阀门和管道发生腐蚀，应采取下面的防腐措施：

- a) 关注泵入口流量、温度、压力变化，必要时可通过加大回流量保证操作稳定，防止过滤器堵塞以及机泵抽空导致机泵损坏。
- b) 进行泵出口压力和振动值检测，以及泵出口管线的检查。
- c) 保持塔顶压力和塔釜液位稳定。
- d) 保证泵出口压力稳定，防止后路换热器泄漏。
- e) 对泵最小流量线增加测厚检测频次。

5.2 压缩机

5.2.1 往复压缩机

往复式压缩机采用无级调量时要考虑反向角问题，对反向角与流量的关系进行计算，保持必要的反向角，防止造成十字头滑道和连杆大头轴衬的磨损。回流量大时应注意调整出口冷却器，控制回流温度保持平稳。

5.2.2 离心压缩机

离心压缩机要保证气体最小流量，防止流量偏低造成压缩机喘振及进出口管线振动。注意轴承和密封的检查，防止压缩机进气带液。应对干气密封主密封气保温、蒸汽伴热等设施进行检查，保证密封气流量稳定、不带液。宜进行低负荷工况下离心压缩机的状态检测和运行趋势预测，做好机组调整和预防性维修。

5.3 塔器

低负荷工况下，为防止因偏流、露点漂移和结垢结盐等引起的腐蚀，应采取下面的防腐措施：

- a) 应关注工艺参数变化情况，长期低负荷运行时要重新进行工艺核算，有针对性地调整腐蚀监测部位和频次。
- b) 对塔顶露点温度进行核算，控制塔顶操作温度高于露点14℃以上，并尽量避免冷回流操作方式。
- c) 增加对塔顶含硫污水中腐蚀性杂质分析频次，对塔顶氯化铵等结盐结晶温度进行核算，评估结晶风险。

5.4 加热炉

低负荷工况下，为防止由于各路进料量、燃烧器火嘴调整引起的炉管受力状态变化，以及局部结焦、过热，和排烟温度和烟气露点发生变化等引起的腐蚀，应采取下面的防腐措施：

- a) 应均匀调节各路进料量，偏差不应超过10%，防止产生偏流。
- b) 低负荷工况下，操作上会降低燃烧器负荷或熄灭部分燃烧器，应做好各项操作运行参数监控，增加现场巡检频次，注意燃烧器燃烧状况，防止出现火嘴被抽灭，或燃烧器未点燃、配风不足等造成不完全燃烧，进而发生二次燃烧或闪爆。
- c) 密切关注各路炉管出口温度，应对炉管支撑、吊挂进行检查，防止炉管发生变形、开裂。
- d) 应用红外成像仪来检查炉管，检测表面温度及是否存在超温、偏流。
- e) 加热炉烟气露点腐蚀控制见4.2.3。

5.5 空冷器风机和驱动电机

为防止部分变频驱动的塔顶空冷风机采用普通电动机时，在低频率运行的情况下，其散热风扇转速慢，影响散热效果，应增加巡检频次，注意电机温度变化情况，及时清理风扇、导流槽，检查电气设备机柜散热情况。

附录 A

(规范性)

典型装置超低负荷生产条件下的防腐蚀措施

A.1 原油蒸馏装置

A.1.1 电脱盐

装置低负荷运行工况下，电脱盐工艺条件发生变化，应注意监控脱后原油含水、含盐及排水含油情况，保证混合强度、进电脱盐罐温度和压力在工艺卡片范围内，控制切水、保持油水界位稳定。注破乳剂量、注水量宜按加工负荷等比例降低并监控相应的分析化验指标。

A.1.2 脱后原油注碱

采取了注碱措施的原油蒸馏装置应注意控制注碱量（不超过 6mgNaOH/L 原油），宜按加工负荷等比例降低注碱量，防止换热器结垢、加热炉管结焦或二次加工装置催化剂中毒。有停工热循环的装置应严禁注碱，防止碱液浓缩导致碱脆。

A.1.3 塔顶系统设备和管线

应关注塔顶工艺条件变化，避免塔顶冷回流操作。塔顶系统的工艺防腐操作应根据腐蚀监测情况适当进行调整，塔顶注水量不应简单按加工负荷等比例降低，需要核算理论注水量，保证足量注水。中和剂、缓蚀剂的注入量应在保证塔顶含硫污水 pH 值、铁离子和腐蚀速率等监测数据满足装置工艺防腐蚀管理规定中有关控制指标要求的前提下，根据塔顶馏出量降低情况适当降低，防止因注剂过量带来的副作用。同时，对腐蚀监测的部位和监测频次进行相应调整。

如果塔顶回流管线中出现气液两相，则流量计显示与实际流量偏差极大，调节阀开度与实际物料流量也无对应关系，此时必须将自动控制改为手动控制。

A.1.4 换热器、阀门及管线

应通过调整换热流程、加大回流等措施保证流量不低于正常值的 60%，尽量不通过截止阀控制流量。宜增加高温阀体及阀后管线腐蚀检测频次，如采取脉冲涡流或超声厚度检测等技术措施，注意检查高温静密封点泄漏情况。

水冷器腐蚀控制见 4.2.4，对于原油蒸馏装置塔顶系统应优先通过空冷器调节热负荷，保证循环水流速。

A.2 催化裂化装置

A.2.1 反应再生系统、能量回收系统

反应再生系统和能量回收系统应采取下述措施：

a) 在降低反应各喷嘴的进料量时，宜适当提高各喷嘴雾化蒸汽量，保证喷嘴线速在要求范围之内，确保雾化效果正常。

b) 降低反应进料时，应相应降低反应压力，使 VQS 线速及沉降器旋分入口线速在设计范围之内；为防止催化剂循环量降低引起的串气风险，应关注旋分差压波动情况，监控好油浆固含量变化，防止沉降器大量跑剂；随着反应生焦的减少以及反应压力的降低，宜降低再生主风量和再生压力，调整时应先降压再降风量，注意主风机防喘振情况；做好再生器旋风分离器入口线速控制，关注旋风分离器差压以及烟机入口催化剂浓度，防止再生器大量跑剂；

主风量降低时，为防止再生器的塌床风险，可适当卸除部分催化剂，保持低藏量运行。

c) 应控制好两器差压，保证催化剂的正常循环，维持各段料位平稳，监控反应器和再生器各段藏量、密度变化情况，关注再生滑阀、待生滑阀差压以及滑阀前蓄压，确保催化剂的正常流化与循环。

d) 应根据情况适当降低外取热器负荷，控制烧焦温度及再生温度在工艺指标范围之内；如果外取热器长时间低负荷运行，需要定期对外取热器下滑阀开大，防止外取热器内催化剂死床；如果再生温度过低难以维持，可喷部分燃油进烧焦罐，喷燃油后应关注催化剂细粉含量变化情况，加强系统催化剂筛分的化验与跟踪。

e) 对于再生器、外取热器及烟道系统（尤其是富氧燃烧的重油催化裂化）应定期核算或测量烟气露点温度，并定期测量壁温，确保壁温高于露点温度 8℃ 以上；对于壁温不能满足要求的部位，可采取外表面涂保温涂料或增加保温层的方法，如长期处于低负荷工况时宜通过设计核算后，在大修时减薄内部衬里的厚度。

f) 应定期检查烟道及膨胀节的受力变形、位移情况，特别关注三旋出口大三通的受力变化情况，检查其是否发生扭曲、变形、开裂；同时为防止露点腐蚀，烟道系统的膨胀节应采取保温措施，保温前应在膨胀节两侧焊接保温挡板。

g) 应做好烟道系统支撑件（弹簧支座、弹簧吊架等支撑件）的检查，防止因卡阻导致烟道发生翘曲和扭转变形。

h) 定期对催化剂、再生剂的提升输送管线进行检测，可采用红外热成像检查和超声波测厚组合检测方法。

i) 低负荷生产运行时，催化再生负荷下降，主风量降低，应密切关注内取热器取热盘管所在床层密度、温度变化，防止主风偏流对内取热盘管造成的磨蚀和冲蚀；应通过盘管出入口蒸汽温度、流量的监测调整进入每组盘管的蒸汽量，防止部分盘管由于进入内取热盘管的蒸汽量减少而出现过热。

j) 应密切关注外取热器各部位温度分布，避免由于主风量降低导致偏流，对管束造成冲蚀或局部过热。

k) 应防止因降低负荷导致再生器风量过低，引发主风分布管或分布板压差低而导致的局部催化剂返混对分布管或分布板的损坏。

l) 应避免因加工负荷降低导致的再生器床温过低，进而导致再生器尾燃的情况引起再生器内件、三旋甚至烟机的损坏。

A. 2. 2 分馏塔顶和顶循系统

低负荷运行时，为防止露点腐蚀位置发生偏移和偏流造成的腐蚀，应采取以下措施：

a) 对分馏塔冷却系统工艺的操作，要核算露点温度，保证塔顶的工艺运行温度高于露点（经验值高出 14℃ 以上）。

b) 应增加塔顶冷却系统空冷器后、冷却器后温度的检查频次，发现温度偏低时及时调整；根据实际需要，可进行单台设备传热系数核算，判断是否出现异常的相变、结盐结垢等情况。对于并联空冷器和换热器组，可通过出口温度检测，分析并联的空冷器和换热器组负荷分配情况及单台管束的负荷，同时应增加红外成像检查频次，以指导工艺操作调整，确保各设备流量均匀。

c) 低负荷生产时分馏塔不宜采取塔顶冷回流控制顶温，顶循返塔温度应控制 $>90^{\circ}\text{C}$ 。顶循系统在产品控制合格条件下，应保持高循环量运行，避免因循环量降低，氯化铵结晶产生垢下腐蚀；对于备用泵、冷热路副线等易结盐部位要增加切换频次，防止结盐产生腐蚀。对于有顶循除盐设施的装置适当增加顶循油、注水循环量，加强监测除盐效果；对于没有除盐设施的装置，可定期进行水洗除盐；

d) 增加预提升用干气量或气压机反飞动量；尽可能提高反应深度；调整分馏塔顶取热器负荷，提高空冷器前油气温度的，以保证气压机的正常工作；适当降低空冷器取热量。

e) 应加强冷凝冷却系统管线、容器设备的腐蚀监测，有监测探针的可以参考其监测的腐蚀速率，并用测厚数据进行校正；也可采用脉冲涡流检测+超声波测厚的方法进行检测。

f) 针对露点腐蚀位置发生偏移的情况，宜调整腐蚀监测的部位和频次以掌握腐蚀状况变化。

A. 2. 3 分馏塔油浆系统

应关注好油浆密度以及固含量，保证注油浆系统的安全运行。对于掺渣比高且原料补入分馏塔底的装置，应注意在油浆密度 $>1100\text{kg/m}^3$ 时塔底温度控制在 $310^\circ\text{C}\sim 330^\circ\text{C}$ ；油浆系统管道中流速和换热器管程内的控制在 $1.1\text{m/s}\sim 2.0\text{m/s}$ ，还可采取如下控制措施：

a) 油浆系统换热器由并联操作改为串联操作，增大换热器管束的流速。

b) 维持油浆系统循环量，降低分馏塔底温度。

c) 适当降低柴油 95%点，降低油浆密度。

d) 每日关注油浆泵及油浆换热器的运行参数，每周组织油浆泵双泵运行一次，短时增加循环量。

e) 稳定反应系统操作，关注旋风分离器压降变化，保证分离效率，避免反应油气携带催化剂量异常波动。

f) 进行换热器油浆侧出口温度变化的监控，如发现上升要及时降低分馏塔底温度，同时将部分柴油压入油浆，加大循环量进行冲洗。

g) 发现油浆系统存在结焦倾向时，可适当降低反应温度（对油浆中胶质沥青质含量高的装置需特别注意）。

A. 2. 4 吸收稳定系统

为防止低负荷下引起的吸收稳定系统腐蚀，应采取以下措施：

a) 稳定塔及解吸塔适当降压操作，用足塔进料换热器能力，根据干气质量控制情况适当降低吸收操作苛刻度，优化降低补充吸收剂量。

b) 提高气压机出口的注水量，通过强化水洗降低腐蚀性介质的含量。

c) 增加换热器壳程保温，降低壳程的温降，减少明水的析出。

d) 增加对设备及管道的小接管、安全阀接管等死区部位的检查频次。

A. 2. 5 其他

低负荷条件下，应关注低流量联锁回路、机泵、流量阀等设备的运行安全，检查进料流量、主风流量等低流量联锁回路是否完备好用、触发条件、逻辑设置是否合理，防止因低流量触发联锁导致切断进料；检查机泵的运行状况，防止流量降低出现抽空现象引起操作波动；检查流量调节阀是否震动，防止因震动大造成管线震裂或连接法兰泄漏。

A. 3 延迟焦化装置

A. 3. 1 原料控制

在低负荷下运行时，掺炼催化油浆的装置应控制油浆掺炼比例及油浆中的固含量，防止因掺炼量过大而造成管线、设备内的固体沉积。

A. 3. 2 焦炭塔系统

低负荷工况下焦炭塔系统的应采取的防腐蚀措施如下：

a) 加工负荷降低时, 可考虑延长生焦周期, 适当增加焦炭塔预热时间, 降低高温部位泄漏风险。

b) 低负荷下, 焦炭塔顶大油气线气相负荷随之降低, 可适当调整塔顶大油气线急冷油注入量, 保证焦炭塔顶大油气线不超温; 宜密切关注塔顶压力变化, 在压力变化较大时可拆除大油气线保温后采用红外热成像检测判断结焦情况, 结焦严重时可利用在线清焦技术对大油气线定期进行清焦、清洗。

c) 应增加焦炭塔顶开工线、安全阀前管道的检测频次, 包括开工线弯头、安全阀前管道三通等重点部位的厚度检测。

d) 宜增加对设备及管道的小接管、安全阀接管等死区部位的检查频次。

A. 3. 3 分馏塔顶和顶循系统

为防止低负荷下焦化装置分馏塔顶和顶循系统的腐蚀, 应采取以下措施:

a) 应核算塔顶水露点温度, 控制塔顶操作温度高于露点 14℃ 以上, 避免冷回流操作方式。

b) 宜及时调整分馏塔的取热比例, 防止顶部液相负荷不足, 引起产品不合格或腐蚀。

c) 宜控制原料中的氯离子含量, 增加对塔顶含硫污水中氯离子和氨氮含量的分析化验频次; 核算塔顶氯化铵等结盐结晶温度, 根据压差或温差评估结盐情况, 控制结晶风险; 增加对塔顶流动不良区域的日常检查, 发生顶循泵抽空情况应立即对顶循系统采取洗盐措施; 有顶循除盐设施的装置, 应保证除盐设施良好运行。

d) 多列并联的冷换设备或空冷出现偏流或局部滞流的风险提高。应对称调整负荷分配, 例如对称停运空冷风机; 增加红外热成像检测频次, 以指导工艺操作调整, 确保各设备流量均匀。

e) 塔顶系统的工艺防腐操作应根据腐蚀监测情况适当进行调整。塔顶注水量不应简单按加工负荷等比例降低, 应核算理论注水量, 保证足量注水; 中和剂、缓蚀剂的注入量可根据塔顶馏出量降低情况适当降低, 以免因注剂过量带来副作用。

A. 3. 4 分馏塔各侧线

为防止低负荷下焦化装置分馏塔各侧线的腐蚀, 应采取以下措施:

a) 应加大对各侧线流量的监控, 把流量控制在设计最低值之上, 同时增加对侧线回流机泵过滤器的清洗, 防止造成塔盘及塔抽出口的堵塞。

b) 必要时可考虑在中段回流加注缓蚀剂, 以控制腐蚀。

A. 3. 5 吸收稳定系统

为防止低负荷下引起的吸收稳定系统腐蚀, 应采取以下措施:

a) 应控制好取热比例, 确保稳定汽油蒸汽压合格。

b) 应提高富气压缩机出口的水洗量, 通过加大水洗的方法提前除去富气中的腐蚀性杂质; 提高塔底温度, 增加重沸器壳程保温, 降低温降, 减少液态水析出; 加强对富气压缩机级间排水、出口排水中腐蚀介质的监控。

c) 增加对设备及管道的小接管、安全阀接管等死区部位的检查频次。

A. 4 重整装置

A. 4. 1 预加氢系统

应关注预加氢反应器床层温度及压降变化, 预加氢反应冷却器是否有防冲板/防冲杆掉

落情况，防止防冲板/防冲杆掉落导致系统压力（预加氢高分压力）快速增加导致安全阀超压起跳。

A. 4. 2 重整反应系统

低负荷工况下重整反应系统应采取的防腐蚀措施如下：

- a) 应关注缠绕管换热器/板式换热器/立式换热器压降及温降、反应器温降，通过提高氢油比来缓和分配不均情况。
- b) 为防止循环氢纯度降低，应关注循环氢压缩机、再接触压缩机机组运行状况，保证循环氢压缩机转速，适当提高氢油比，避免反应加热炉偏流。
- c) 应关注反应产物至反应空冷器管线、循环氢压缩机及再接触压缩机出入口管线振动情况；重点关注高温管线弹簧支吊架限位板附近加强板焊接部位；检查各高温设备和管线的支撑、弹簧情况并做标记和记录进行对比。
- d) 根据全厂或装置产品情况降低重整反应温度，最低可按照加权反应温度 480℃控制；
- e) 宜适当提高原料干点，降低原料初馏点，来弥补装置加工量降低情况。

A. 4. 3 分馏系统

低负荷可能会导致各分馏塔、空冷器操作条件有较大变化，应及时调整塔顶温度和回流比，采用“大回流比”操作，保证各分馏塔分离效果；增加塔顶系统（预加氢产物空冷器、蒸发塔塔顶空冷器、重整反应空冷器、脱戊烷塔顶空冷器）的检查监测，对各回流罐排出的污水 pH 值、铁离子进行重点关注。塔顶系统偏流、铵盐结晶与腐蚀以及露点腐蚀控制参见 4. 2。

A. 4. 4 再生系统

为防止低负荷下引起的再生系统腐蚀，应采取以下措施：

- a) 应关注催化剂循环情况及闭锁料斗工作状态，降低催化剂循环速率至 50%~60%；可适当提高重整进料干点，停止再生系统注氯，投用反应注氯。如果催化剂炭含量过低，再生系统不能维持可考虑保持催化剂循环，再生可间歇操作。
- b) 关注再生器大法兰，再生膨胀节以及高温管线的位移和变形。

A. 4. 5 其他

低负荷下重整装置应采取的其他防腐蚀措施如下：

- a) 应蒸汽加热换热器管束振动情况，防止后部管路水击。
- b) 宜增加高温法兰检查频次，防止温度、压力波动造成法兰泄漏。

A. 5 渣油加氢装置

A. 5. 1 进料管线及缓冲罐、进料换热器

低负荷工况下，进料管线及缓冲罐、进料换热器应采取的防腐蚀措施如下：

- a) 宜做好混合原料中不同物料的调配，稳定混合原料性质。
- b) 应增加混合原料中氯、硫、氮等腐蚀性介质的检测频次，控制原料的酸值在装置设防值内，检测频次可 2 次/周。
- c) 宜增加原料系统中小接管、支线盲区的检查及测厚检测频次，可采用红外热成像等辅助方法进行检测。
- d) 调整平衡换热流程，确保换热系统各部位的温度在设计指标内。

A. 5. 2 反应器

为防止低负荷下反应器进料分布易出现不均和偏流，催化剂床层出现局部热点、结焦，床层差压升高，应采取下面的防腐措施：

- a) 增加加氢常渣部分循环量，维持反应进料流量不变。
- b) 适当降低反应加热炉出口温度。
- c) 调整冷氢流量，平稳各床层温度。
- d) 稳定床层差压，调整抑制剂加注量，减缓结焦趋势。
- e) 增加反应产物中腐蚀性介质的分析频次，重点分析总硫及总铁含量。

A. 5. 3 反应产物换热器

为防止低负荷下引起的反应产物换热器的腐蚀，应采取以下措施：

- a) 应根据原料性质和操作参数定期（如每天）计算氯化铵盐结晶温度，找出易结晶区域；
- b) 宜关注反应产物换热器温度及出入口的压差变化；
- c) 应根据铵盐结晶点变化，调整高压换热器的注水方式、注水量；
- c) 应保证注水水质满足相关规范的要求；
- d) 应保证注水点前高换出口温度高于核算的氯化铵盐结晶温度；
- e) 宜进行注水点管段的脉冲涡流检测或超声波厚度检测。

A. 5. 4 反应产物分液罐及空冷器

为防止低负荷下引起的反应产物分液罐及空冷器的腐蚀，应采取以下措施：

- a) 应进行气相线小接管、支线盲区的厚度检测或其他检测；
- b) 应利用红外热成像检测空冷器出入口的温度变化和单台空冷器管束的偏流现象；
- c) 宜增加冷高压分离器和冷低压分离器含硫污水的分析频次（推荐不少于 1 次/周），重点关注硫离子、氯离子、总铁、氨氮、pH 值含量及变化情况；
- d) 加强对空冷器变频风机及空冷百叶窗的调整控制，避免空冷器出现偏流；
- e) 应对高压空冷器和低压空冷器出入口管线及短节进行脉冲涡流检测或测厚检测；
- f) 应注水段管段的脉冲涡流检测或测厚检测。

A. 5. 5 循环氢系统

为防止低负荷下引起的循环氢系统的腐蚀，应采取以下措施：

- a) 应增加小接管、支线盲区的测厚检测频次。
- b) 宜增加循环氢中硫化氢、水分的分析频次(推荐不少于 2 次/月)。
- c) 宜增加胺液中硫化氢的分析频次(推荐不少于 1 次/周)。
- d) 应保持脱硫胺液流量不变，稳定循环氢脱硫系统运行。

A. 5. 6 分馏塔及柴油汽提塔系统

低负荷工况下分馏塔及柴油汽提塔系统应采取的防腐蚀措施如下：

- a) 宜增加分馏塔回流罐含硫污水的分析频次；
- b) 宜增加各侧线油中腐蚀性介质分析；
- c) 应利用红外热成像检测常顶空冷器入口的偏流现象；
- d) 应对空冷器全部的出入口管线进行测厚检测；
- e) 应增加汽提塔底部及抽出管线的测厚检测频次；
- f) 宜调整顶回流和中段回流流量，稳定分馏塔操作；

g) 必要情况下可改柴油和石脑油轻烃循环, 稳定管线和设备流速。

A. 6 加氢裂化装置

A. 6. 1 原料油进料系统

应做好原料中腐蚀性杂质(硫、氮、氯等)的分析和控制, 通过部分循环方式保证进料泵流量在稳定流量范围内。应对反应流出物系统换热设备由于流速降低和物料循环造成的结垢趋势增加, 可在反应进料泵入口部位适当增加阻垢剂的加注。

A. 6. 2 反应器

低负荷工况下反应器空速下降, 应适当加大氢油比, 增加反应器床层径向和轴向温差监控, 保证在工艺操作卡片允许范围内。

A. 6. 3 反应换热系统

为防止低负荷下引起的反应换热系统的腐蚀, 应采取以下措施:

a) 应通过调整反应流出物冷却系统换热器取热分配, 使氯化铵结晶点处在高压换热器前的注水点之后, 做好高压换热器的进出口温度和压差监控, 根据压差变化情况及时进行注水冲洗。

b) 应关注高压空冷器的出口温度, 控制不能低于 30℃; 宜定期进行高压空冷器红外线成像检查, 检查空冷器内介质有无偏流、结盐的情况, 指导工艺调整; 应核算物流的腐蚀因子 K_p 值和流速, 根据核算结果、酸性水化验分析数据中硫氢化铵和铁离子浓度适当降量调整高压空冷器的注水量, 做到每路注水与分支流量均衡, 对于逐台空冷分支注水注意检查每个分支注水量的均匀性; 应对空冷入口温度进行控制, 一般 150℃~160℃; 注意高压空冷器风机启动的均匀和对称性, 保证散热均匀性和每路出口温度均匀性; 应关注空冷器入口管线三通、弯头的冲刷腐蚀问题, 加大测厚频率。

A. 6. 4 新氢和循环氢压缩机系统

工艺操作调整应保证循环氢流量, 保证硫化氢吸收塔贫液量足够, 降低循环气中硫化氢的含量, 减少循环氢压缩机叶轮的结垢、腐蚀。

A. 6. 5 分馏系统

为防止低负荷下引起的分馏系统的腐蚀, 应采取以下措施:

a) 为防止分馏部分各塔塔顶温度过低, 造成腐蚀环境和腐蚀部位发生变化, 可适当提高进料温度和塔底温度, 维持塔顶系统正常温度; 应密切关注缓蚀剂注入量、酸性水铁离子含量, 根据实际情况进行适时调整, 做好塔顶回流线等重点部位的腐蚀检测。

b) 应保证脱硫化氢汽提塔足够的汽提蒸汽量, 以及脱丁烷塔底重沸炉足够热量, 保证塔底物料中硫化氢的脱除效果, 防止因脱除效果变差导致下游分馏塔顶系统设备管道腐蚀加重。

A. 7 S Zorb 装置

A. 7. 1 原料油进料系统

a) 应将部分稳定塔底精制汽油打回流至原料罐, 维持进料量不低于设计值的 60%, 适当提高反应氢油比, 降低反应系统压力。

b) 为防止原料/产品换热器结焦结垢, 应采取下面的措施: 通过产品循环返回原料罐等

措施避免装置长时间低负荷（60%）生产，提高原料/产品换热器管程线速，防止胶质在管束内结焦；在原料中注入防结焦剂等措施，延缓原料/产品换热器结焦速率。

A. 7. 2 过滤器

为防止低负荷下引起的装置过滤器的腐蚀，应采取以下措施：

a) 应对用于气固分离的十余台过滤器的分离效果密切关注，正确调整操作，防止发生不可逆转的堵塞。

b) 为保证反应器顶部过滤器的运行周期，应采取下面的措施：平稳进料，稳定线速；在保证吸附剂脱硫效果的条件下，通过降低加热炉出口温度减少吸附剂破碎成细粉比例；关注反吹阀的维护和反吹操作的优化调整。

A. 7. 3 再生系统

为防止低负荷下引起的再生系统的腐蚀，应采取以下措施：

a) 为防止取热盘管因取热负荷频繁调整引发的焊缝疲劳开裂，应采取下列措施：平稳调整再生器盘管热量，调整再生器取热盘管热量时，要密切关注水量的变化，防止发生大幅度提高或降低水量的情况；也可把取热流程优化成集合管模式，集合管内有 1.0MPa 蒸汽、3.5MPa 蒸汽、0.8MPa 氮气、0.6MPa 工业风，根据再生器取热负荷调整取热介质流程，由于氮气、工业风变化幅度缓慢，保护盘管，同时兼顾工艺调整。

b) 为防止气相、固相转剂线速变化大引发的再生系统转剂泄漏故障，应采取下列措施：

1) 适当降低提升气量，在满足闭锁料斗转剂速率，满足吸附剂输送的前提下尽量减小转剂线的提升气量，降低转剂线内气固两相流的流速；

2) 增大转剂线壁厚；

3) 定期进行重点部位的超声波厚度检测，泄漏点主要分布于转剂线混合区的水平段，转剂线由垂直方向向水平方向改变的弯管外侧，对这些部位进行重点监测，增加测厚频率，增加布点范围，其他弯管、弯管的内侧、直管段测厚也要适当考虑；

4) 使用耐磨管件，在卸剂线上使用内衬陶瓷管的管件，内衬层莫氏硬度大于 9 级；

5) 转剂线设计改进，优化转剂线设计，尽量减少弯管数量，尤其是垂直方向变水平方向的弯管数量，必要时采取一些特殊的弯管形式，包括 T 行弯头、夹层弯头等，避免吸附剂管道在进入容器前采用弯管的形式。优化汽提氮气与吸附剂在管道内的混合形式，避免吸附剂冲刷直管段。

A. 7. 4 静设备

应防止操作温度高于 200℃ 设备局部超温，防止临氢铬钼钢设备的高温氢损伤、高温蠕变损伤。

A. 8 硫黄装置

A. 8. 1 酸性气管线和分液罐

应增加酸性气管线和原料分液罐检测部位和频次，重点检测原料系统中管线变径及变向的管件（包括弯头、三通等）、小接管（包括设备及管道接管）、支管盲区、分液罐界位区域及设备底部，若腐蚀速率超过控制指标，必须扩大检测范围，增加检测频次，并对设备的运行可靠性进行评价；宜增加分液罐含硫污水分析频次，分析污水中硫离子、氯离子、铵离子、pH 值、总铁等，必要时可对设备进行伴热，以减缓腐蚀。

A. 8. 2 反应炉和尾气加热炉

为防止低负荷下引起的反应炉和尾气加热炉的腐蚀，应采取以下措施：

a) 应通急冷蒸汽进行降温，加大鼓风机风量防止通入蒸汽降温后因炉子压力会上升顶住风量。反应炉需要瓦斯气伴烧时，必须对制硫炉配风比及克劳斯反应器温度、硫封中液硫流动情况等关键部位进行严密监控。

b) 为防止因反应炉所需风量大幅减少，制硫风机出现振动，应在保证出口风量的情况下，适量减小风机出口压力，但不可低于酸性气压力。

c) 为防止反应炉内燃烧火焰及气体流动变化，可能会引起炉体出现较大幅度振动损伤炉体，应对炉体各向位移及振动进行检查；利用红外热成像进行反应炉温度检测，防止衬里损伤引起超温现象；增加过程气管线的测厚检测频次。

d) 为防止燃烧器火嘴超温，应关小末级硫冷凝器出口调节阀，把反应炉燃烧器前后压差稳定在设备运行参数范围内，但阀位开度不能小于 30%；增加炉火焰情况的检查频次；增加炉膛烟气分析的监测点，了解炉膛内各位置的燃烧状态。

e) 为控制过程气流量的减少，尾气加热炉燃烧器燃烧火焰位置前移引起的火嘴超温风险，应增加火焰燃烧情况的检查频次；条件允许时可对配风比做适当调整；也可提高炉出口温度，保障加热炉的稳定运行。

A. 8. 3 反应炉废热锅炉

低负荷运行时，废热锅炉蒸发量下降，应防止蒸汽管线发生水击现象，增加现场检查频次，同时增加过热蒸汽发生器上下管的脉冲涡流测厚检测和其他检测。

A. 8. 4 克劳斯反应器

为防止克劳斯反应器内可能发生偏流和局部露点腐蚀，应把进入克劳斯反应器的过程气温度提高 8℃~10℃，检测过程气中水含量的变化，通过在线腐蚀监测数据变化规律，对相关工艺参数进行适当调整。

A. 8. 5 末级硫冷凝器

为防止过程气进入冷凝器管束偏流，导致冷凝器管束与管板接头、捕集网发生腐蚀和开裂引起泄漏，应对冷凝器出口过程气温度进行监控，当出现异常波动时及时进行原因分析，增加末级硫冷凝器硫封检查频次，可依据在线腐蚀监测数据变化规律，对相关参数进行适当调整；对冷凝器管程接管加强脉冲涡流测厚检测或其他检测。

A. 8. 6 加氢反应器

为防止低负荷下引起的加氢反应器的腐蚀，应采取以下措施：

a) 为防止反应器飞温，保护催化剂及加氢反应器本体，宜通入氮气降温保护。为防止充氮管线结硫堵塞，应对充氮管线进行检查，防止紧急情况下不能投用；

b) 为防止在反应器内出现偏流导致反应不完全，影响生产操作，应增加过程气的取样分析频次，同时根据在线腐蚀监测数据变化规律，适当调整相关工艺参数；

c) 应对反应产物管线定期进行测厚检测，加强管程接管的脉冲涡流测厚检测和其他检测。

A. 8. 7 尾气急冷塔

为防止加氢反应器内反应不完全时，多余的 SO₂ 进入急冷塔，以及尾气急冷塔中塔盘的分配效果变差引起的塔盘和急冷塔底部及抽出线的局部腐蚀，应增加进入急冷塔的过程气和

急冷水取样分析频次，制定急冷水 pH 值调整方案；定期分析急冷水中腐蚀性介质含量，重点关注 pH 值、二氧化硫的含量；定期对塔顶管线、塔底封头、塔底抽出线及急冷水循环线进行测厚检测。

A. 8. 8 尾气吸收塔

为防止尾气吸收塔塔盘、底部及抽出线的局部腐蚀，应定期对尾气吸收塔塔顶挥发线进行测厚检测；增加胺液中硫化氢和热稳态盐含量的分析频次；进行胺液抽出管线的测厚检测和其它检测。

A. 8. 9 胺液再生塔及冷却系统

应把塔顶出口的酸性气温度控制在 60℃ 以上，在保证再生合格的同时尽可能减少再生蒸汽用量，并采取以下措施：

- a) 加强气相线小接管、支线盲区的测厚或其他检测；
- b) 利用红外热成像检测空冷入口的温度变化和管束的偏流现象；
- c) 增加回流罐含硫污水的分析，重点关注硫离子、氯离子、总铁和氨氮的含量，及 pH 值变化情况；
- d) 对所有空冷器进出口管线及短节、泵最小流量线进行脉冲涡流或测厚检测；
- e) 加强胺液中硫化氢和热稳态盐的分析；
- f) 加强胺液抽出管线的测厚检测和其他检测。

A. 8. 10 尾气焚烧炉

应通过调整瓦斯量，使尾气焚烧炉炉膛温度控制在 650℃~700℃；并及时控制锅炉液位，尾气排放采用高温控制，后路的蒸汽发生器等设备操作温度均应超过露点温度 8℃ 以上，防止露点腐蚀。

A. 8. 11 烟囱

应对衬里缺陷进行修复，防止钢烟囱因衬里缺陷发生露点腐蚀以及混凝土烟囱的钢构件出现露点腐蚀。

A. 8. 12 液硫脱气系统

为防止低负荷下引起的液硫脱气系统的腐蚀，应采取以下措施：

- a) 应及时对液硫池脱气，减少废气中的氧含量，保持液硫池微负压操作，避免有害气体逸出污染环境、积攒发生中毒；采取措施防止气相空间在含氧量高时发生硫化亚铁自燃。
- b) 应保持伴热畅通并定期检查疏水器状况，避免发生水击。