

ICS xxxx

CCS E xxxx

# 团体标准

T/CPXXXX-202X

## 炼化企业离心压缩机 干气密封技术规范

Technical specification for dry gas seal for centrifugal compressors in  
refining and chemical enterprises

(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

引言 .....	4
前 言 .....	5
1 范 围.....	6
2 规范性引用文件.....	6
3 术语和定义.....	6
4 干气密封选型.....	7
4.1 通用要求.....	7
4.2 干气密封本体选型技术要求.....	8
4.3 干气密封主要部件选型技术要求.....	8
5 干气密封控制系统选型技术要求.....	9
5.1 通用要求 .....	9
5.2 密封气要求.....	9
5.3 干气密封控制系统辅助设备.....	9
5.4 仪表配置方案.....	11
5.5 管路配置方案.....	11
6 干气密封的安装与贮备.....	12
6.1 干气密封安装.....	12
6.2 静压测试 .....	12
6.3 开机检验 .....	12
6.4 干气密封贮备.....	13

7	干气密封操作与运行维护.....	13
8	干气密封检修与改造.....	13
8.1	干气密封检修.....	13
8.2	干气密封改造.....	14
9	干气密封状态监测.....	14
	附录 A（资料性附录）干气密封结构型式、选型及控制系统图.....	14
	附录 B（资料性附录）干气密封安装确认表.....	22
	附录 C（规范性附录）干气密封操作与运行维护.....	28
	附录 D（规范性附录）干气密封检验与试验要求.....	33
	附录 E（资料性附录）干气密封状态监测系统网络拓扑构架图与参数选择表.....	35
	参考文献.....	37

# 引言

干气密封是离心压缩机的核心部件，以操作简单、维护方便、环境清洁、可靠性高、运行周期长等优点被广泛使用。为了进一步规范炼化企业离心压缩机干气密封选型、运行、维修等工作，确保设备长周期可靠运行，保障机组及装置安全，实现干气密封管理标准化，特起草本文件。

# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1 缩机的核心《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：

# 炼化企业离心压缩机干气密封技术规范

## 1 范围

本文件规定了离心压缩机干气密封的定义、设计选型、配置、安装、贮备、操作、运行、维护、检修、改造、状态监测等技术及管理要求。

本文件适用于炼化企业离心压缩机用干气密封。

## 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 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 50770 石油化工安全仪表系统设计规范

SH/T 3059-2012 石油化工管道设计器材选用规范（附条文说明）

SH/T 3501-2011 石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范（附条文说明）

SH/T 3521-2013 石油化工仪表工程施工技术规程（附条文说明）

JB/T 11289 干气密封技术条件

HG/T 20505 过程测量与控制仪表的功能标志及图形符号

HG/T 20592~20614 钢制管法兰、垫片、紧固件（PN系列）

HG/T 20615~20635 钢制管法兰、垫片、紧固件（Class系列）

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**干气密封** *dry gas seal*

气体润滑端面密封，属于非接触式气体润滑机械密封，简称干气密封。

#### 3.1.1

**串联式干气密封** *tandem dry gas seal*

由两级密封组成，前级密封为主密封，后级密封为安全密封，前级密封承受压力高于后级密封。常见的有不带中间迷宫的串联式干气密封（参见附录A图A.1）和带中间迷宫的串联式干气密封（参见附录A图A.2）。

#### 3.1.2

**双端面干气密封** *double faces dry gas seal*

两对密封端面位于两组弹性元件之间（参见附录A图A.3）。

### 3.2

**隔离密封** *separation seal*

位于干气密封本体和离心压缩机轴承箱之间，防止润滑油污染干气密封本体。常用结构为迷宫密封或碳环密封。

### 3.2.1

#### 迷宫密封 labyrinth seal

由一系列节流齿隙和齿间空腔构成的密封，俗称梳齿密封(见附录A图A.4)。

### 3.2.2

#### 碳环密封 carbon ring seal

用碳环作浮动环、依靠环形间隙内的流体阻力效应而实现阻漏的密封(参见附录A图A.5)。

### 3.3

#### 密封气 seal gas

引入干气密封内部，在动静环端面产生动压气膜而形成密封的气体。双端面干气密封只有一路主密封气，串联式干气密封分为一级密封气和二级密封气。

#### 3.3.1

##### 一级密封气 primary seal gas

串联式干气密封中引入介质侧密封端面处的气体。

#### 3.3.2

##### 二级密封气 secondary seal gas

带中间迷宫的串联式干气密封中引入的大气侧密封端面处的气体。

### 3.4

#### 前置气 barrier gas

双端面干气密封中引入介质侧密封端面与工艺气腔室之间的气体。

### 3.5

#### 隔离气 separation gas

干气密封中引入隔离密封之间的气体。

### 3.6

#### 泄漏气 leakage gas

经密封端面泄漏至大气或密闭排放系统的气体。

### 3.7

#### 参考气 reference gas

参考气通常指被密封的气体，作为干气密封密封气差压监测参考使用，参考气原则上应取自压缩机高压侧密封腔，如设备带平衡管，可以取自压缩机平衡管但应尽量靠近高压侧密封腔的位置，确保参考气的压力更加真实有效。

### 3.8

#### 除液单元 knock-out filtern unit

除去密封气中液相介质的一种设备单元。

### 3.9

#### 增压单元 booster unit

在机组进出口没有足够差压的情况下，保证密封气供给的设备单元。

### 3.10

#### 加热单元 heater unit

为确保进入干气密封的密封气温度高于露点以上20℃而设置的气体加热单元。

## 4 干气密封选型

### 4.1 通用要求

4.1.1 干气密封由密封本体和干气密封控制系统两部分组成，干气密封本体结构一般有以下四种：单端面干气密封、双端面干气密封、不带中间迷宫密封的串联式干气密封、带中间迷宫密封的串联式干气密封。炼化企业通常使用双端面干气密封和带中间迷宫的串联式干气密封。

4.1.2 干气密封的设计应符合本文件的规定，并按批准的图样和技术文件制造。除非用户特殊规定，全部图样应符合HG/T 20505的规定。

4.1.3 干气密封所用材料性能和各项技术指标应符合技术文件及有关标准的规定。

4.1.4 干气密封应设计成集装式结构（可不包含隔离密封），将密封的旋转组件和静止组件全部组合成一个整体的密封（包括摩擦副零件、弹性元件、压盖和轴套），装配时已经预先调整好密封压缩量，便于安装和更换。

4.1.5 所有计量单位采用SI制，温度采用摄氏度。

4.1.6 干气密封控制系统所用材料性能和各项技术要求应符合相应技术标准和设计要求，并适用于流通介质环境要求。

4.1.7 干气密封本体及控制系统应符合压缩机的实际运行需要，确保密封在压缩机数据表规定的开车、停车和盘车、运行等所有工况状态下安全、可靠。

4.1.8 干气密封在压缩机数据表规定的工况下正常运行至少五年（或一个检修周期）而不需进行拆卸维护。

4.1.9 干气密封本体及其控制系统的设计使用寿命应不少于20年。控制系统中所有元器件均应满足该要求。

4.1.10 高压干气密封及其系统设计时，应考虑带液、铵盐及催化剂等影响，增设必要的辅助设施，加大分析频次，确保注入密封腔的气体洁净，符合长周期运行要求。

## 4.2 干气密封本体选型技术要求

炼化企业离心压缩机一般选用双端面或带中间迷宫密封的串联式干气密封两种密封型式，特点及典型应用见表1。

表1 炼化企业离心压缩机干气密封特点及典型应用表

密封型式	特点	典型应用	参数范围
双端面干气密封	应用于进出口压力较低、允许少量氮气进入且完全不允许介质外漏的机组	催化和焦化富气压缩机、解析气、火炬气压缩机	介质：各类气体 压力：0MPa~2.0MPa（表压） 温度：-100℃~+230℃ 轴径：30mm~350mm 线速度：≤180m/s
带中间迷宫密封的串联式干气密封	应用于中高压条件或者完全不允许氮气内漏且不允许介质外漏的机组	加氢精制、蜡油加氢、加氢裂化、渣油加氢装置的循环氢压缩机，重整装置循环氢压缩机、氢增压机、异构化循环氢压缩机、歧化循环氢压缩机和煤制氢冰机、乙烯裂解气压缩机、丙烯压缩机、乙烯压缩机、EOEG循环气压缩机	介质：各类气体 压力：0MPa~20.0MPa（表压） 温度：-130℃~+230℃ 轴径：30mm~350mm 线速度：≤180m/s

对以上机型以外的干气密封选型，可以参考附录A图A.6干气密封选型流程。

## 4.3 干气密封主要部件选型技术要求

4.3.1 动静环：动环槽型优先采用单向螺旋槽。对停车时可能出现倒转工况的离心压缩机，动环槽型宜选择双向槽型。动环材料可采用优质无压烧结碳化硅、碳化钨或氮化硅，静环材料可选用高强度浸渍石墨（中低压）或碳化硅（中高压）。

4.3.2 密封结构件：密封金属结构件应采用马氏体不锈钢2Cr13、3Cr13、12Cr13（410）。在高压条件下，旋转承压零件应采用沉淀硬化不锈钢05Cr17Ni4Cu4Nb（17-4PH）。在低温条件下应采用奥氏体不锈钢022Cr17Ni12Mo2（316L）。

4.3.3 隔离密封：隔离密封宜采用迷宫密封，对氮气消耗量有严格要求的可采用碳环密封。

4.3.4 辅助密封件：根据被密封介质的组分、温度及压力选择橡胶O形圈或者弹簧蓄能密封圈。高压及低温场合应选用弹簧蓄能密封圈。

## 5 干气密封控制系统选型技术要求

### 5.1 通用要求

5.1.1 干气密封控制系统采用整体开架式，并采用单独底板，控制系统支架底板应采用S30408不锈钢或碳钢喷漆材质，其他部分应采用S30408不锈钢材质，并靠近机组安装。

5.1.2 干气密封系统控制盘内的管线焊接应采用氩弧焊或氩弧焊打底，管线及焊缝应进行酸洗、钝化处理并吹扫干净。

5.1.3 带中间迷宫串联式干气密封控制系统参见附录A图A.7。压缩机正常运行期间，宜采用机组出口端工艺气作为一级密封气气源，根据机组工况特点，可选用差压控制、流量控制或差压与流量组合控制方案。隔离气、一级密封气、二级密封气注入量应设置流量监测，高压加氢机组一级密封气应设置温度监测，一级密封气泄漏量、泄漏气压力应设置报警及联锁；一级密封气与平衡管应设置压差报警（选用流量控制除外）。按需求配置除液单元、增压单元或加热单元。二级密封气、隔离气采用现场低压氮气，通过自力式减压阀稳压后使用。

5.1.4 双端面干气密封控制系统参见附录A图A.8。采用氮气作为干气密封的前置气、主密封气及隔离气。隔离气、主密封气、前置气应设置流量监测，主密封气与前置气应设置差压报警及停机联锁。

5.1.5 干气密封使用氮气应从装置边界直引，避免与其它用户共用。选用自力式减压阀控制主密封气压力或选用自力式差压阀控制主密封气与前置气（或平衡管）差压。

5.1.6 干气密封泄漏气管线的公称尺寸应不小于DN25或NPS1，保证在其最小排放压力下，正常泄漏量管路流速不大于20m/s，管路使用两个条件下较大的尺寸。

### 5.2 密封气要求

5.2.1 带中间迷宫的串联式干气密封，一级密封气应清洁干燥。应在一级密封气管路上设置有不小于1微米的过滤器，该过滤器宜为聚合式。

5.2.2 双端面干气密封采用现场低压氮气作为密封的工作气体，应确保氮气气源的连续、稳定、清洁和干燥。应在一级密封气管路上设置有不小于1微米的过滤器。

### 5.3 干气密封控制系统辅助设备

#### 5.3.1 除液单元（参见附录A图A.9）

5.3.1.1 没有稳定一级密封气起源的，宜在串联式干气密封控制系统的一级密封气过滤器之前设置除液单元。

5.3.1.2 除液单元处理量按照机组迷宫密封最大间隙量考虑，并且最大流量不低于正常流量3倍。

5.3.1.3 通常采用聚合式内件，并配有液位监测装置，如采用滤芯型式内件的除液罐应设置差压监测。

5.3.1.4 除液罐应设置液位监测和液位报警。

5.3.1.5 除液单元的材料宜采用S30408或S31608不锈钢。

5.3.1.6 除液单元不宜采用自动排液。

### 5.3.2 增压单元（参见附录A图A.10）

5.3.2.1 宜在串联式干气密封控制系统一级密封气的过滤器前设置增压单元。

5.3.2.2 处理量按照机组迷宫密封最大间隙确定，应保证在开停车、滞止工况下密封气通过机组迷宫的流速不低于3m/s。

5.3.2.3 增压泵要求中间带隔离腔，增压单元需具有放火炬设施。增压泵的泄漏应设置压力或流量监测。

5.3.2.4 增压泵在正常维护使用的条件下寿命应不低于1000万次循环（往返一次为一个循环），平均无故障运行次数应不低于150万次。如运行超过该次数或一个检修周期，增压泵需检修维护，更换易损件。

5.3.2.5 接触工艺气部分的材料宜采用S31608或S31603不锈钢。

5.3.2.6 增压单元启停应由一级密封气压力、流量或差压控制。

### 5.3.3 加热单元（参见附录A图A.11）

5.3.3.1 密封气在工作温度和压力下有可能出现凝液时，应对密封气管线伴热保温，伴热可采用电伴热或蒸汽伴热，高压干气密封宜选用电伴热，确保进入干气密封的密封气温度高于露点20℃。

5.3.3.2 加热单元宜设置于带中间迷宫的串联式干气密封控制系统的一级密封气的调节阀后。

5.3.3.3 加热器宜采用电加热形式。电加热单元配备单独控制箱，具有功率控制、远程设定温度、一键调节、加热管过温保护等功能。

5.3.3.4 功率计算依据：正常工况，提升温度到密封腔工作压力下露点温度30℃以上；滞止工况，按照环境温度提升到滞止压力下的露点温度20℃以上。功率按上述两者的较大值选取。

5.3.3.5 接触工艺气部分的材料宜为S30408或S31608不锈钢。

### 5.3.4 气体过滤器

5.3.4.1 过滤精度应不低于1 μm，过滤效率应不低于99.9%。

5.3.4.2 干气密封控制系统应采用气体过滤器（一开一备）对密封气过滤，可考虑使用连续切换过滤器。过滤器带有压差指示，便于检查更换。

5.3.4.3 工艺气过滤器应为S30408或S31608不锈钢外壳，氮气过滤器可为铝合金外壳。

5.3.4.4 气体过滤器的滤芯应可承受至少500kPa的压差而不会损坏。

5.3.4.5 对于差压控制系统或压差与流量组合控制系统，在流量为机组最大迷宫密封设计间隙和设计差压下计算的气体流量的2倍时，过滤器的初始压降应不大于21kPa；对于流量控制系统，在流量为正常流量的3倍时，过滤器的初始压降应不大于10kPa。

5.3.4.6 除特殊要求外，工艺气过滤器不宜采用自动排液。

### 5.3.5 一级密封气控制方式

5.3.5.1 用于带中间迷宫的串联式干气密封控制系统。

5.3.5.2 流量控制。参见图A.12，通过限流孔板或针阀与流量计实现，流量大小根据相应的迷宫内径、迷宫与轴间隙、通过间隙的流速、气体压力、温度等参数计算确定。

5.3.5.3 差压控制。参见图A.12，通常指密封气与参考气之间的差压，通过调节阀实现。

5.3.5.4 差压与流量组合控制。参见图A.12，采用流量控制与差压控制的组合形式。

5.3.5.5 低选控制。参见图A.12，压缩机入口微正压，同火炬背压相关较小，甚至低于火炬背压的工况，应采用低选控制。系统流程上选择增加前置注气或压差低选设计。

前置注气：采用控制阀向压缩机平衡管注气，取平衡管压力与火炬背压压差自动调节，提高平衡管压力，防止一级密封反压。

差压低选：一级密封气设置控制阀，控制主密封气供气压力，分别取平衡管压力与火炬背压压差、一级密封气与平衡管压差，取两者低值作为自动控制调节信号，防止一级密封反压。

## 5.4 仪表配置方案

5.4.1 干气密封控制系统应提供主要仪表的型号、规格、精度。现场仪表带不锈钢铭牌。

5.4.2 干气密封控制系统连续信号仪表应选用本安型（Exia II CT4），带HART协议，模拟量信号仪表；接点信号仪表选用隔爆型（Exd II CT4），接线箱选用隔爆型（Exd II CT4）或增安型（Exe II CT4），防护等级IP65。

5.4.3 所有仪表电源规格均为24V（DC）。

5.4.4 变送器、定位器应采用智能型，4mA~20mA（DC）叠加Hart通讯信号。所有的变送器应带LCD指示表头，指示表头应显示工程量或百分数，工艺接口采用NPT螺纹结构。

5.4.5 就地压力指示仪表，刻度盘直径选用100mm，精度等级不低于1.5。

5.4.6 从现场仪表到现场接线箱的电缆应采用铠装阻燃型屏蔽电缆。接+线箱所有进/出线口采用NPT螺纹接口或M螺纹接口，接线箱位于控制系统底板边缘，宜采用侧进下出。

5.4.7 干气密封系统控制盘上仪表，以盘站上接线箱为界，盘站上的仪表选型、设计、供货和安装由供货商负责。

5.4.8 主密封气温度、进机压力、注入量、泄漏压力、泄漏量应接入DCS（SIS、CCS）系统，并设置趋势报警。

5.4.9 仪表安装应符合SH/T 3521—2013中第4篇、第6篇、第7篇的要求。

5.4.10 干气密封报警联锁设置应满足GB/T 50770的要求。应采用“三取二”方式，参与联锁的输入/输出信号应分配在不同的输入/输出卡件上。

## 5.5 管路配置方案

5.5.1 干气密封控制系统的工艺管路应采用符合GB/T 14976或不低于同等要求B36.19规定的不锈钢管。干气密封系统控制盘内使用的管子、管件、法兰、阀门、流量计、工艺过滤器等工艺管路用元器件材料应为S30408或S31608不锈钢，外界盐雾腐蚀工况应采用S31603。

5.5.2 除非另有规定，法兰、垫片和紧固件应符合HG/T 20592~20614、HG/T 20615~20635或不低于同等要求B16.5的规定。

5.5.3 控制系统工艺管路壁厚应符合SH/T 3059—2012中7.1.4的规定。

5.5.4 控制系统管路上需要拆卸的设备宜采用法兰连接。所有与现场及压缩机连接的管路应提供配对法兰，并带螺栓、螺母、垫片。压力等级不大于Class 600或PN100的法兰密封面型式代号为RF，且法兰密封面配带内外环不锈钢缠绕垫；压力等级大于Class600或PN100的法兰密封面型式代号为RJ，且法兰密封面配金属环垫。

5.5.5 2.0MPa以下的低压干气密封系统管线可采用螺纹或卡套连接，亦可采用焊接方式连接。高压干气密封系统管线应采用对焊连接，全部焊口应进行100%射线探伤。干气密封控制系统应避免采用承插焊阀门及承插焊管件。

5.5.6 干气密封控制盘内主密封气到机体的管线可采用倒U型形式，若为正U型形式，应增设低点导淋并引至密闭放空系统。密封控制盘到机体的管线现场配管完成后，需做酸洗处理，并用洁净空气吹净后，方可与机体连接。

5.5.7 高压干气密封，一级密封气应从压缩机出口阀前的管线顶部垂直引出，应设置除液聚结器。若其温度低于露点温度20℃，应设置分液缓冲罐。除液聚结器、分液缓冲罐应设置液位报警。进出元件的阀门应采用双阀。

## 6 干气密封的安装与贮备

### 6.1 干气密封安装

6.1.1 应完成以下确认工作：轴与壳体光洁度确认；密封腔体清洁程度确认；密封管线清洁程度确认；控制盘架清洁程度确认，并确保平衡管内无存油。对于中剖式压缩机，应完成上下壳体错口与中剖面密封胶涂抹情况确认。

6.1.2 控制盘站聚结器、过滤器芯应检查确定是否更换；管线及过滤筒体进行清洗确保干净；管线N2吹扫，检查并排尽脱液罐、过滤器、缓冲罐及管路中可能残留的凝液，干净白布打靶合格；若有增压泵，完成增压泵检查确认。

6.1.3 回装宜由厂家专业技术人员完成或指导完成。

6.1.4 应制定干气密封回装确认表（详见附录B压缩机干气密封安装确认表），记录回装过程、数据及存在问题。内容应包括各回装需测量的压缩机壳体、转子及密封相关的参数、密封结构图等，供基层单位及相关方确认签字。

6.1.5 安装前，应重点检查参与干气密封定位的机组转子定位面垂直度和锁紧螺母端面垂直度，确保无高点和变形，垂直度应达到设计要求。

6.1.6 回装过程各相关数据测量要求：压缩机检修施工单位与厂家专业技术人员分别测量，数据应一致。

6.1.7 备用干气密封从包装箱取出后，应用丙酮或无水酒精清洗干净，并由有经验的工程师作随动性检查，合格后才可安装。

6.1.8 确保转子在工作位置（靠在主推力盘侧）；旋转方向要一致；确定转子提升高度，以保证密封外壳体与压缩机腔体的同心度，保持四周间隙均匀，防止密封圈（弹簧蓄能密封圈、O形圈）被剪切。

### 6.2 静压测试

6.2.1 无特殊情况，干气密封安装后，应安排静压测试，以检验安装效果。

6.2.2 双端面干气密封静试：先投用主密封气，再利用前置气对压缩机本体进行充压。投用主密封气后，泄漏量应符合静压试验标准，可低速盘车几转，确认泄漏量是否变化。

6.2.3 串联式干气密封静压测试：先投用一次气，再投用二次气，一次气泄漏气量应符合静压试验标准；可低速盘车几转，确认泄漏量是否变化。

6.2.4 在气体投用过程中，流量计前后切断阀必须缓慢开启，防止金属转子受带压气流冲击而卡死；过滤器前后切断阀必须缓慢开启，防止滤芯受带压气流冲击而损坏。

### 6.3 开机检验

6.3.1 双端面干气密封：记录开机过程中，记录初始泄漏值及其对应的转速；按本文件相关要求执行。

6.3.2 串联式干气密封：记录开机过程中相关参数变化，并按本文件相关要求执行。

#### 6.4 干气密封贮备

6.4.1 干气密封应按100%储备，拆下的干气密封经专业厂家修复后作为备件储备。乙烯三机等关键机组、高压机组，宜做到200%储备。

6.4.2 备用干气密封应在室温不低于-15℃和不高于40℃的通风、避光、干燥、无尘的室内存放。

6.4.3 密封应以完整的集装方式封存在原始包装箱中，集装板将在运输期间起到安全保护作用。密封箱要求防水、防潮和防摔，包装中的相对湿度值小于50%，推荐使用真空包装。

6.4.4 自出厂之日起，产品贮存时间为5年，包括橡胶O形圈等易损件。超过5年的产品，使用前应发回原生产厂家对密封进行检测，更换辅助易损件并重新试验。

6.4.5 其他要求：远离热源（如锅炉、换热器）；避免紫外光照射（卤光灯、荧光灯、太阳光、电焊）；远离振动源；远离有臭氧处或可能造成臭氧处（汞蒸汽灯、高压设备、电动机、激光打印机、复印机）。

### 7 干气密封操作与运行维护

7.1 干气密封的操作包括盘车、暖机、正常开机、停机及应急操作，根据每台机组结构形式的不同，存在一定差异，具体应以压缩机组详细的岗位操作法为执行依据。对于炼化企业离心压缩机组干气密封及其控制系统，结构形式主要集中在双端面与带中间迷宫的串联式两种型式，本文件提供了操作与运行维护模板以供参考，详见附录C干气密封操作与运行维护。

7.2 干气密封的设计原则为无需维护。正常运行时，应重点关注干气密封各运行参数，如流量、压力、差压、温度及其趋势变化，其中干气密封的泄漏率是衡量密封性能的最主要指标。

7.3 干气密封操作与运维的基本原则：

- a) 管路系统应始终保持清洁、干燥、无污染；
- b) 干气密封的投用、停用操作，应严禁反压；
- c) 未投用隔离气，严禁投用润滑油系统；
- d) 如配置有增压系统，应在机组开车、停车操作中进行增压单元的切换；
- e) 机组长期停用再次投入使用，应进行排放检查防止存在凝液。

7.4 由于开车工艺条件复杂不确定，且开车工况与机组正常运行工况差别较大，应对密封气压力、流量等有最低的设计要求，满足方可开机。

### 8 干气密封检修与改造

#### 8.1 干气密封检修

8.1.1 干气密封检修分为现场拆装检修与密封本体返厂检修两部分。

8.1.2 现场拆装检修由机组检修施工单位使用专用工具完成，参照第6章的要求，具体执行干气密封厂家拆装说明。

8.1.3 干气密封本体不建议在现场解体检修。拆换下来的干气密封应安排专业厂家检查修复，宜安排原厂家修复。干气密封外送专业厂家修复前，由专业厂家负责密封拆检并出具拆检报告，供双方确认并定损。。

8.1.4 对所有部件均需严格检查，更换全部辅助密封圈、弹簧及紧固件，对动、静环及转动组件上的零部件是否利旧使用需严格判定。

8.1.5 同一套干气密封累积使用周期超过20年后或者动、静环修复次数累计修复超过3次，以先到为准，对该密封不宜再进行修复。动静环修复研磨厚度一般不超过0.1mm。高压密封修理不宜超过两次，加上首次运行，运行不宜超过三个周期。

8.1.6 应检查轴端梳齿或平衡管盘梳齿间隙是否满足主机厂设计要求，否则应对梳齿密封进行更换。

8.1.7 应对修复干气密封的质量、性能做精确的综合性检验，达到出厂标准。修复密封应达到原设计要求，质量及性能指标应保持与新密封一致，并在正确安装、正常运行和维护的基础上，达到连续安全运行5年，现场存放5年（采用真空包装）的设计寿命要求。

8.1.8 干气密封检验与试验要求详见本文件附录D干气密封检验与试验要求。

## 8.2 干气密封改造

8.2.1 本文件规定的干气密封改造，仅指原离心压缩机组在役干气密封及其控制系统的不符合性改造，包括密封本体带中间迷宫改造，控制系统远传压力、温度与流量等改造，密封气相关管路设置改造等。

8.2.2 干气密封本体相关部分（机壳及转子）不宜做任何修改或者局部小改，可保证万一发生不正常运行情况时可迅速恢复原轴封状态。

8.2.3 现场公用工程条件具备，应包括连续稳定的低压氮气气源、仪表风或者其他适用的气源、火炬条件等。

8.2.4 密封腔的轴向和径向空间可以满足干气密封的设计要求。如无法满足要求，对机组的改造应保证能够恢复到原轴封状态。

8.2.5 机组原密封的接孔数量和位置应满足干气密封要求。如不能满足，需要在密封腔处钻孔或者增加外部接管。

8.2.6 应符合用户的压缩机需要，并确保密封在开车、停车和在压缩机数据表提供的所有工况下使用安全、可靠。

8.2.7 干气密封系统控制盘在机组现场有改造与安装空间。

## 9 干气密封状态监测

9.1 干气密封状态监测系统将相关监控点信号数据远程传输密封监测系统，通过远程监测干气密封运行数据及趋势，进行相应分析，达到预知性维修的目的。

9.2 高压干气密封应配置干气密封状态监测及预警系统，其他干气密封可根据实际需要选配。

9.3 状态监测数据读取及分析服务器应设置在用户本地，各服务器与客户端通过工厂内部局域网进行连接，并由企业专业技术人员对数据进行分析、判断。

9.4 状态监测应对密封气泄漏量、压差、主密封气组分、注入温度等参数波动情况进行分析，判断密封运行波动原因，指导工况调整，确保密封运行平稳，延长密封使用寿命，避免密封突然失效引起机组连锁停机、装置非计划停工等事件。

9.5 干气密封状态监测系统网络拓扑构架图与参数选择表详见附录 E 干气密封状态监测系统网络拓扑构架图与参数选择表。

附录 A  
(资料性附录)

干气密封结构型式、选型及控制系统图

A.1 串联式干气密封

串联式干气密封如图A.1所示。

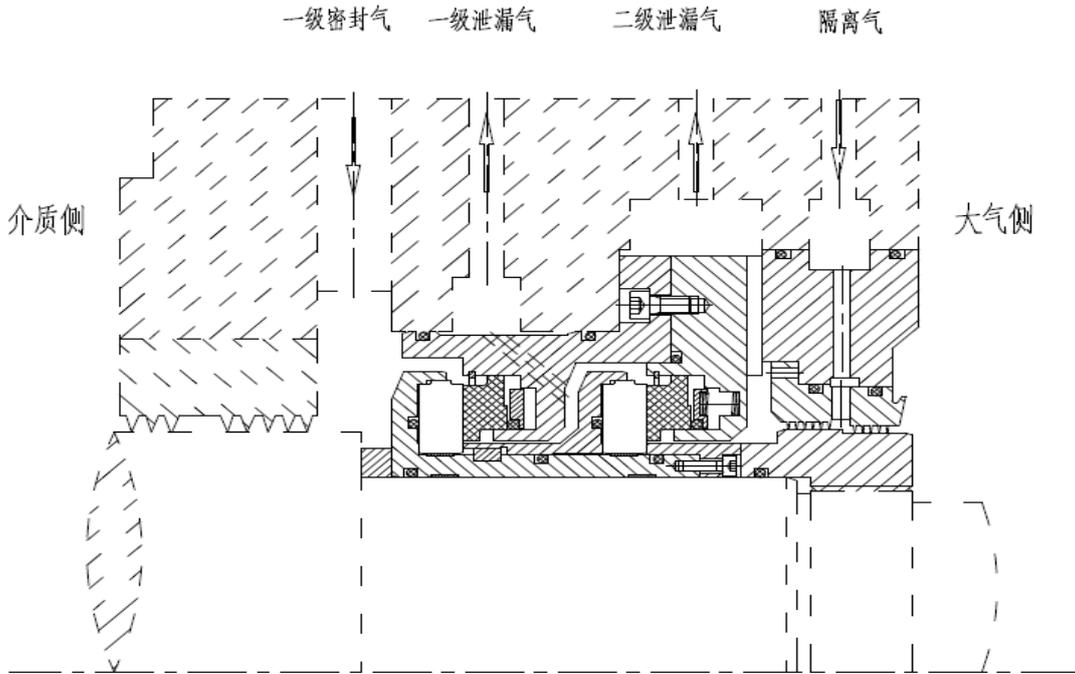


图 A.1 串联式干气密封

A.2 带中间迷宫的串联式干气密封

带中间迷宫密封的串联式干气密封如图A.2所示。

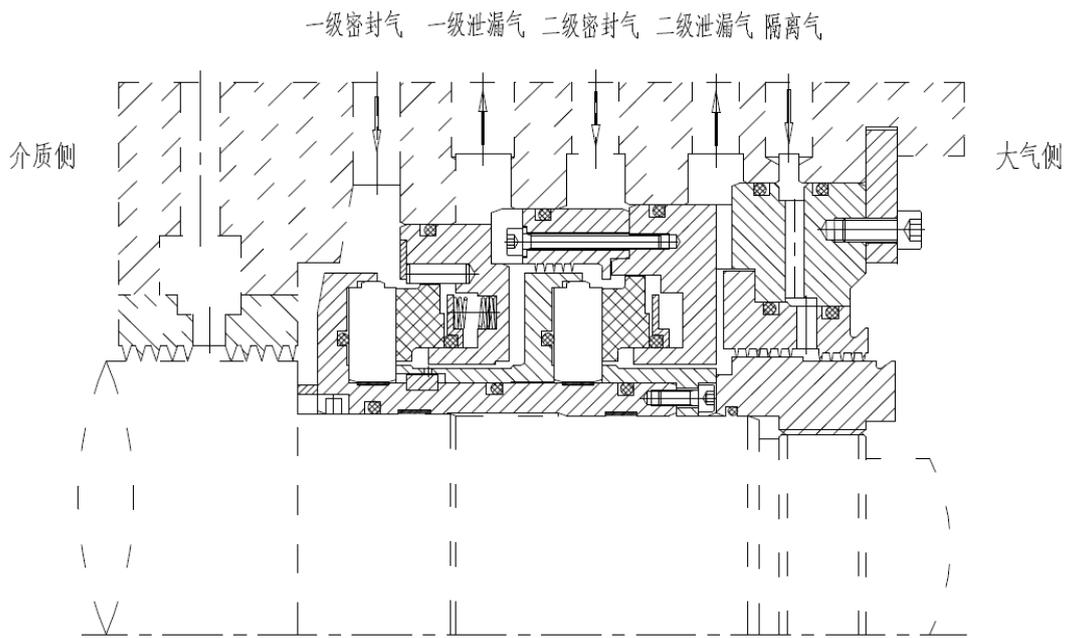


图 A.2 带中间迷宫密封的串联式干气密封

### A.3 双端面干气密封

双端面干气密封如图A.3所示。

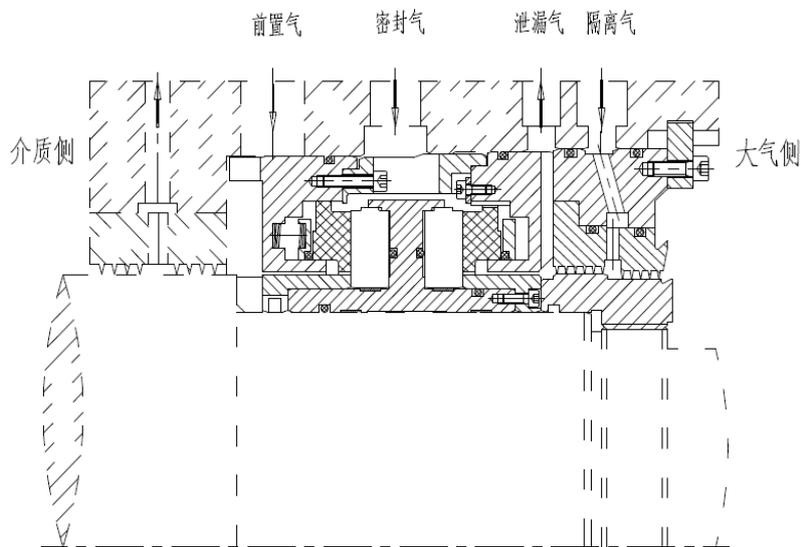


图 A.3 双端面干气密封

### A.4 迷宫密封

迷宫密封如图A.4所示。

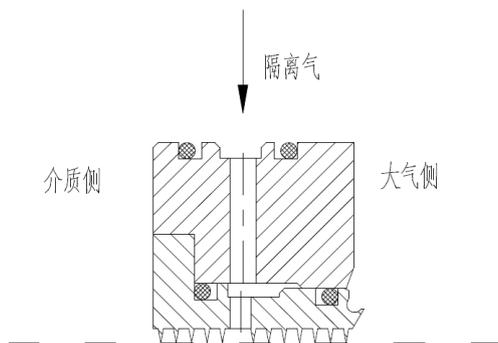


图 A. 4 迷宫密封

### A. 5 碳环密封

碳环密封如图A. 5所示。

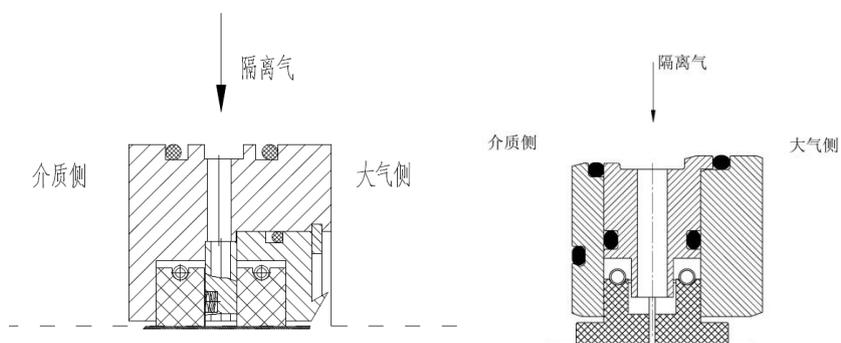


图 A. 5 碳环密封

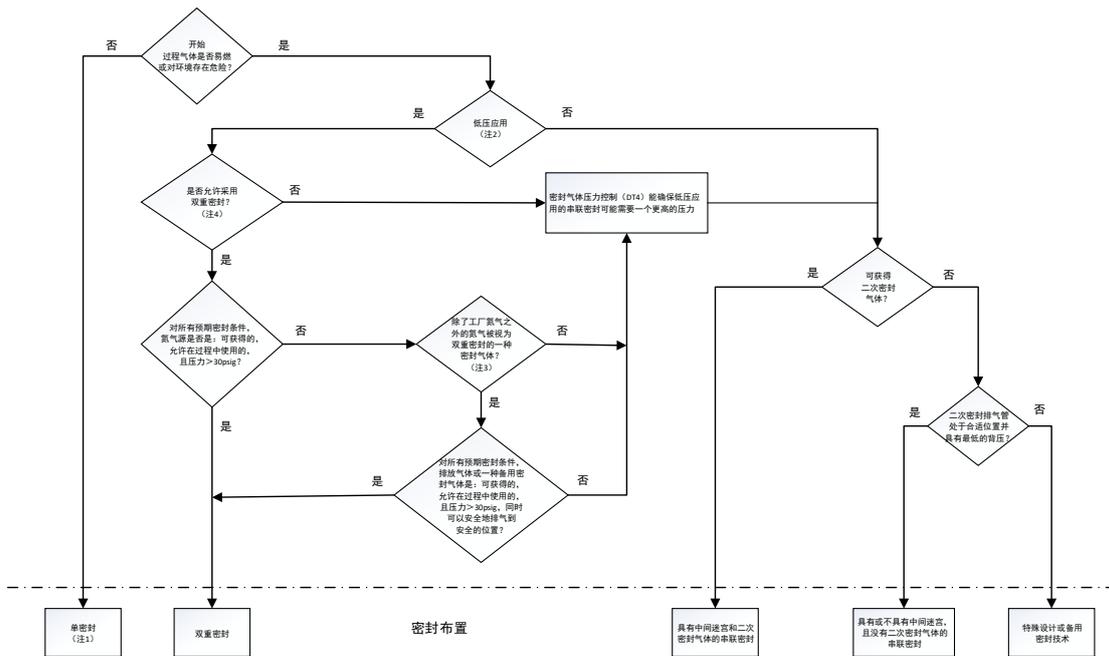


图 A.6 干气密封选型流程

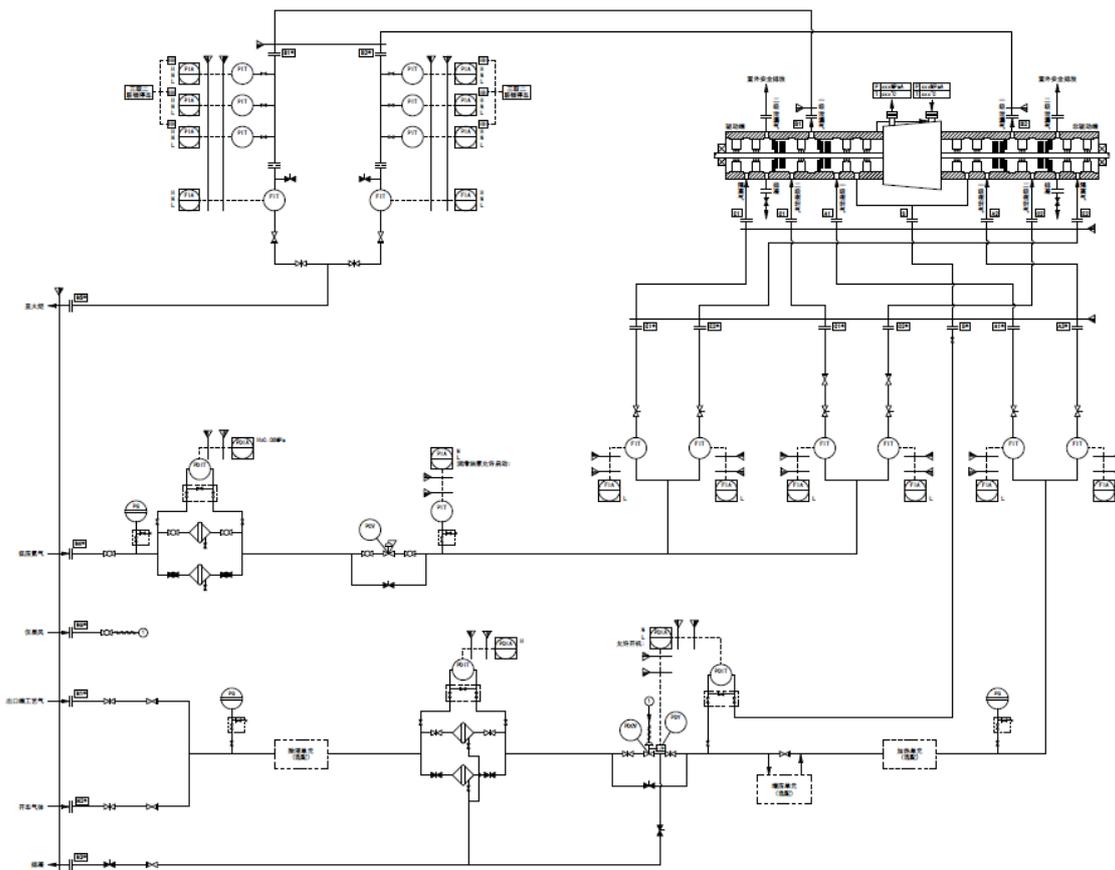


图 A.7 带中间迷宫串联式干气密封控制系统图

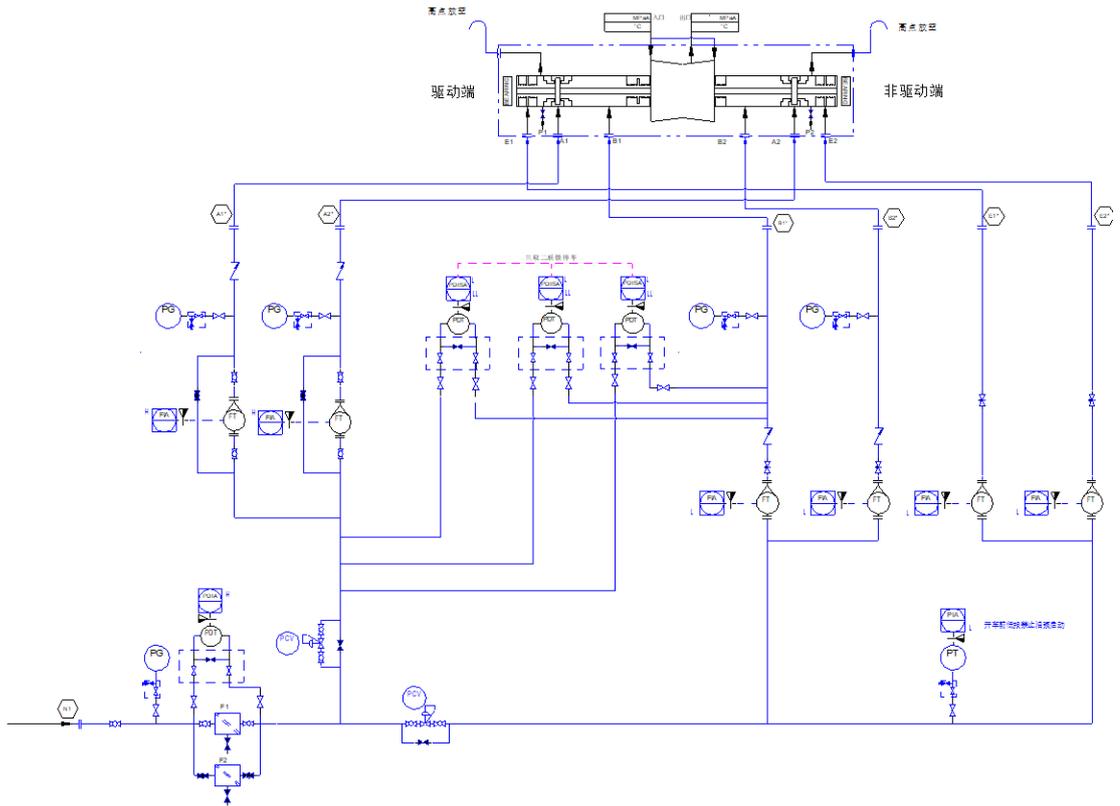
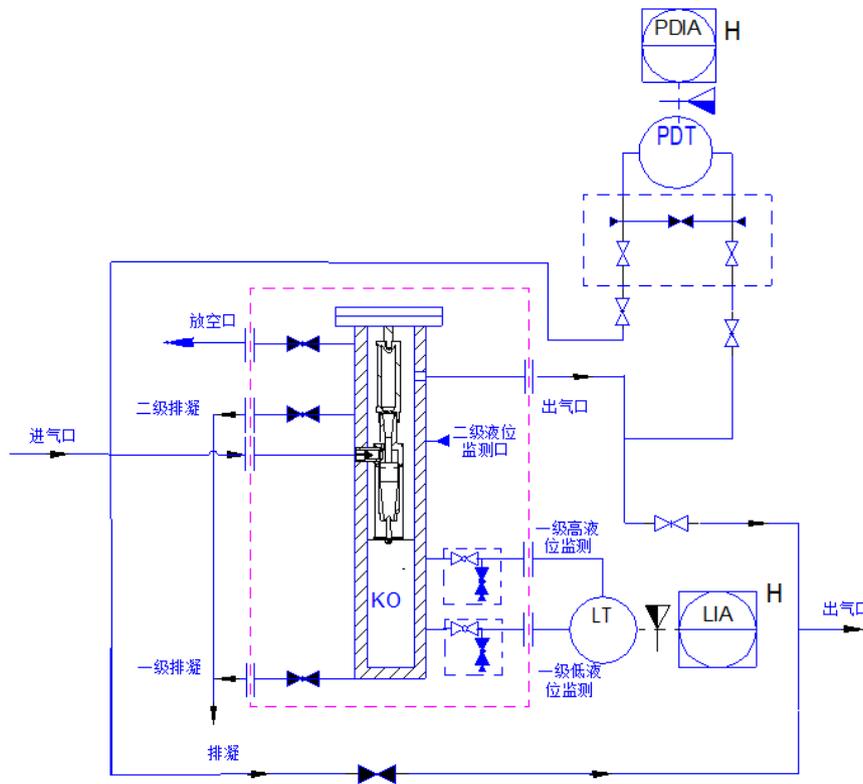
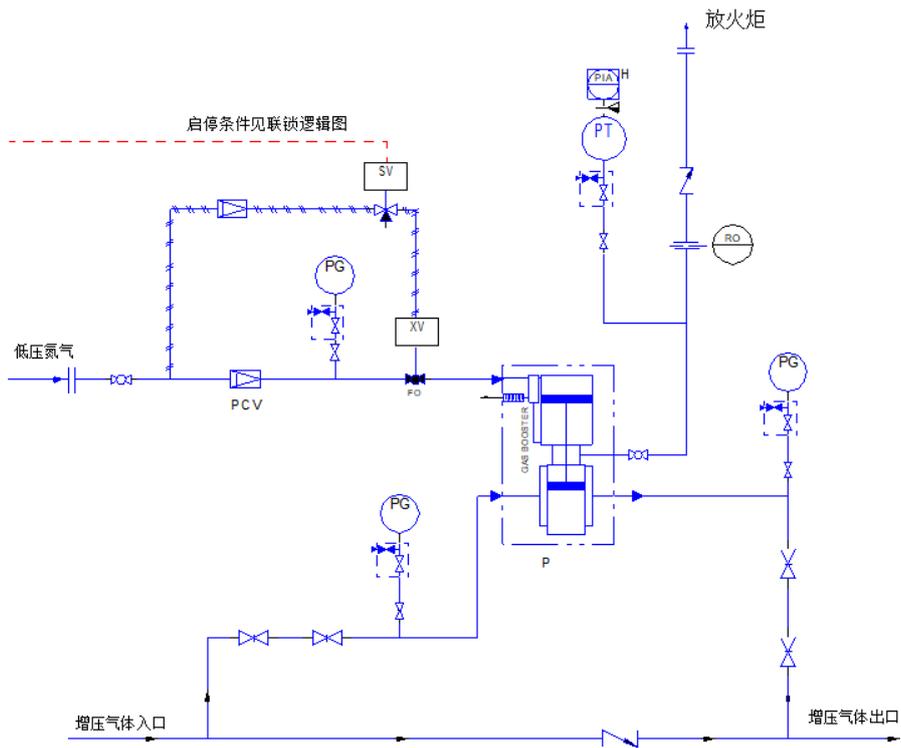


图 A.8 双端面干气密封控制系统图



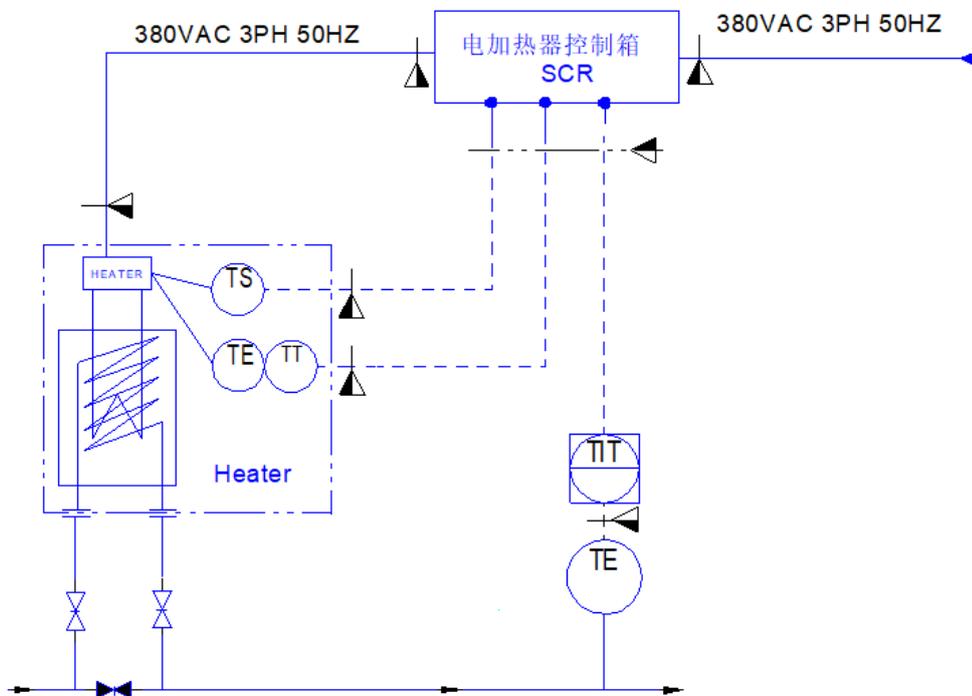
注：低压系统，基本功能宜为 CYCLONE+ 凝聚式滤芯，三阀组。

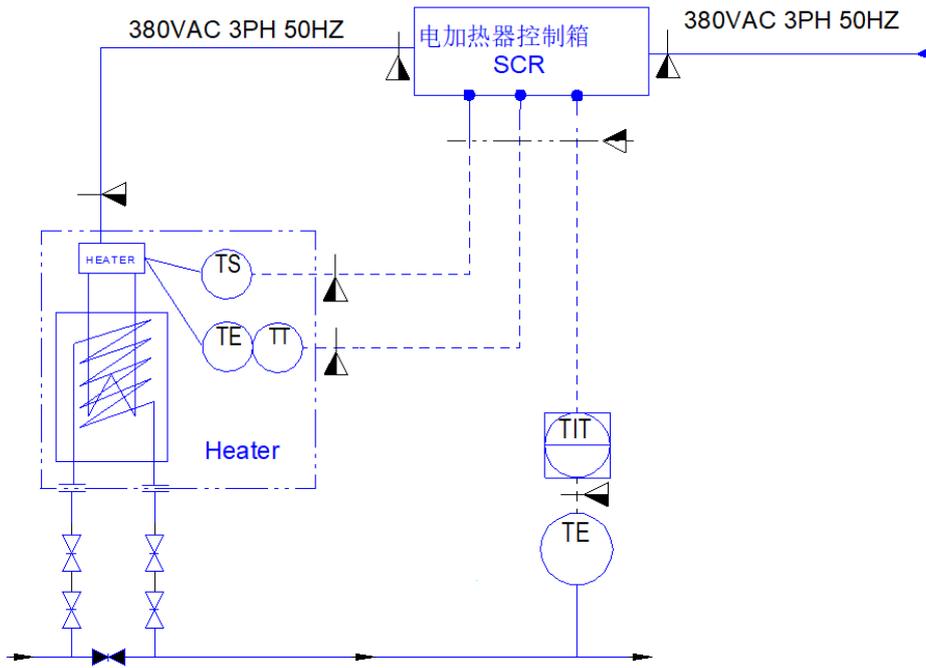




注：增压泵可选单作用、双作用等多种型式，经用户同意后，允许使用过滤加压阀。

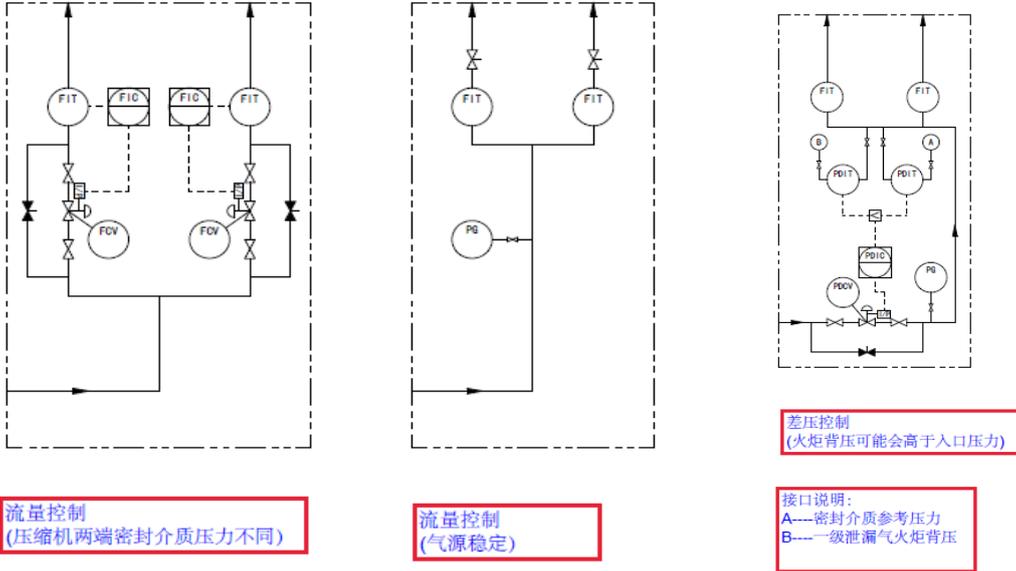
图 A. 10 增压单元图





注：当介质为H2时，应采用间接式加热器。

图 A.11 加热单元图



流量控制  
(压缩机两端密封介质压力不同)

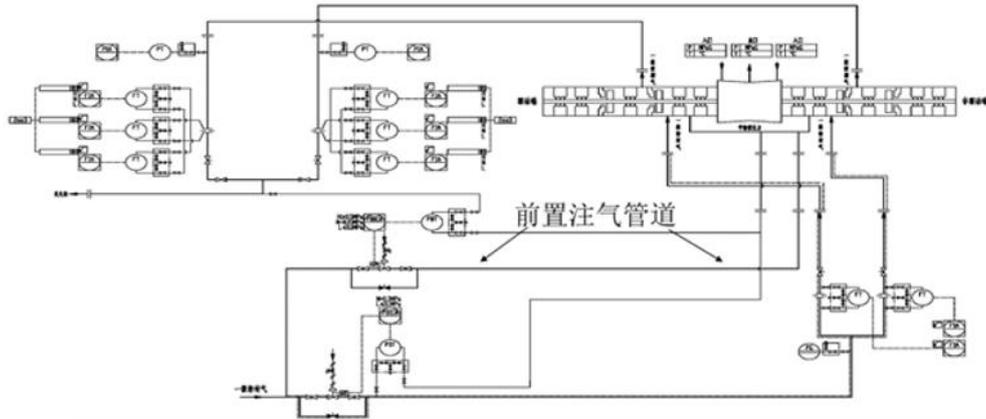
流量控制  
(气源稳定)

差压控制  
(火炬背压可能会高于入口压力)

接口说明:  
A---密封介质参考压力  
B---一级泄漏气火炬背压

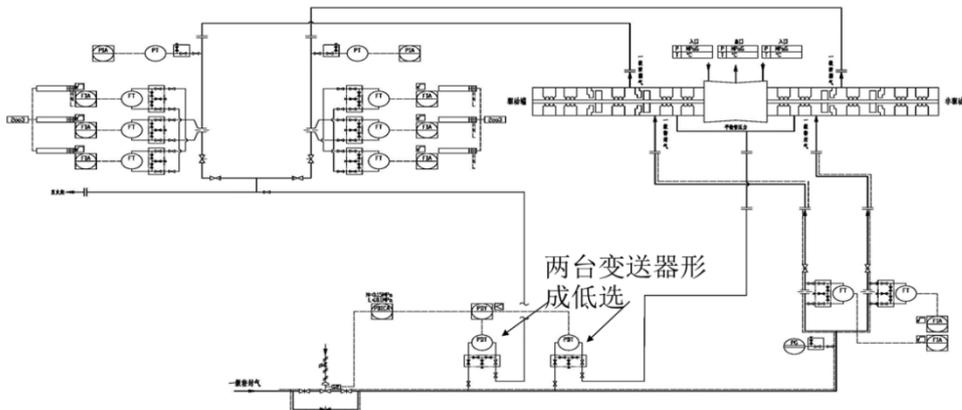
(流量控制、差压控制、流量与差压组合控制)

采用气动薄膜控制阀向压缩机平衡气管注气，取平衡气管压力与火炬背压压差自动调节，提高平衡气管压力，防止一级密封反压。



(前置注气)

一级密封气设置气动薄膜控制阀控制主密封气供气压力，分别取平衡气管压力与火炬背压、一级密封气与平衡气管压差，取两者低值作为自动调节信号。防止一级密封反压。



(低选控制)

图 A. 12 各种控制方式

**附录 B**  
**(资料性附录)**

**压缩机干气密封安装确认表**

**B.1 双端面干气密封安装确认表**

机组旋转方向（从汽轮机向压缩机看）： 顺时针  逆时针

**1、密封控制盘架及管线确认（新控制盘架）**

- 气源到干气密封系统盘以及干气密封盘架至压缩机之间新配管路，需按照酸洗钝化→蒸汽吹扫（15min）→氮气吹扫（时间 1h）→目视检查（干净白布打靶试验）合格后，封闭管口进行保护。如采用压缩空气吹干，应保证压缩空气无油，压力不低于 0.5MPa，露点温度低于-40℃，杂质粒度 $\leq 10 \mu\text{m}$ 。
- 干气密封控制盘架在出厂前严格按照 JB/T 13407 的要求进行了气密试验及管路清洁，且已加封盲板。不再对控制盘内部管道及仪表进行拆解清洗。
- 连接组装新配管路。连同系统控制盘对整个管路进行吹扫，时间不低于 6 小时。检查并确认一、二级密封入口、隔离气入口、一、二级泄漏气管路、排凝管路等，应吹扫洁净，目视检查（打靶试验）合格。
- 检查确认标准要求：管口用白绸布包扎，吹扫 5min~10min，检查无黑点、无杂物等。

**2、密封腔体确认及测量**

- 壳体、轴需光滑、无毛刺，定位台阶平整无高点。
- 密封腔体处理清洁（彻底清洗压缩机密封腔体及进、排气孔，已经用丙酮或酒精清洗，白绸布确认）。
- 按照图纸复测各配气槽的轴向位置，确保 O 形圈无短路。
- 密封腔无错口，轴向、径向错口小于 0.05mm，中分面胶无间断且在腔体内全部挤出（剖分式机组）。
- 安装前测量密封腔长度 L3：mm（要求 XXX ±XX）。
- 安装前测量密封腔外端面到卡板外端面的距离 L2'：mm。
- 检查压缩机前置迷宫外端面位置，确认与密封轴套无干涉。

**3、密封本体检查**

- 检查密封外观无（磕碰、污染）。
- 检查密封轴套内孔无毛刺。
- 检查密封应无卡滞。
- 检查密封静环止动环固定螺栓，无缺失。（视密封结构）。
- 密封的型号。
- 密封集装体号及旋转方向。

**4、压缩机与密封配合尺寸复测**

- 测量机壳与转子同心度，偏差：mm，现场测量。
- 测量压缩机径向轴瓦配合间隙：mm，现场测量。
- 确认干气密封中的梳齿密封最小间隙：mm，现场测量。
- 安装前，应确认上述间隙满足设计要求，无超差。
- 转子工作位置参考尺寸测量：mm，推力盘靠近主推侧，转子与机壳之间相对位置尺寸（通常测量驱动端轴头与机壳下壳体之间的距离）。

## 5、密封尺寸复测

- 转子放置在工作位置（靠在主推力盘侧），转子固定。
- 测量干气密封轴套椭圆度，偏差 mm。
- 安装前测量干气密封弹簧座长度 L1：mm。
- 安装前测量后置迷宫密封厚度尺寸 L2：mm。
- 安装前测量转子与机壳相对距离 L：mm（要求 XXX ±XX）。
- 安装前测量外轴肩与安装轴肩轴向尺寸 L5：mm。
- 安装前测量密封轴套尺寸 L6：mm。
- 主锁螺母长度 L7：mm。
- 测量并记录调整垫厚度：mm。

## 6、密封安装过程

- 安装密封过程中确保转子在工作位置（靠在主推力盘侧），转子固定，并记录转子定位尺寸。
- 转子提升一定高度，气封间隙一半（约 0.1mm-0.15mm），实际提升高度。
- 密封安装过程无明显卡涩，密封圈配合过紧或者过松的情况。
- 密封锁紧螺母安装后，复测主轴螺母端面至外轴肩端面距离 LA：mm。通过  $LA=L5-(L6+L7+调整垫厚度)$  比较，判断锁紧螺母是否安装到位。
- 后置迷宫密封安装后，测量后置迷宫密封端面与外壳体端面距离 LC：mm。通过  $LC=L2'-L2$  比较，判断干气密封后置隔离密封是否安装到位。
- 复核转子工作位置参考尺寸测量是否同安装前一致，mm（推力盘靠近主推侧，转子与机壳之间相对位置尺寸）。

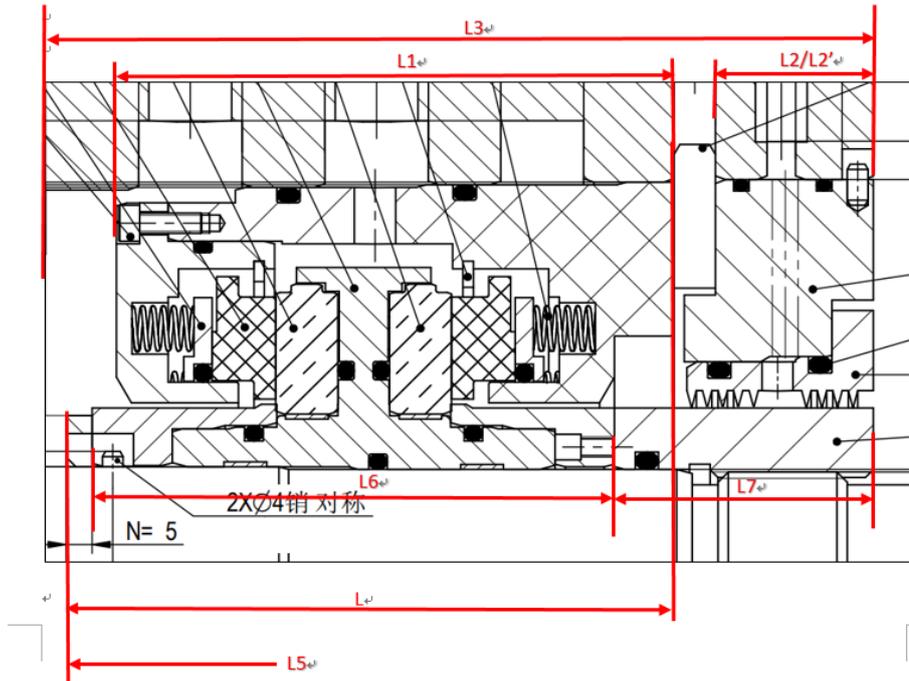
## 7、密封安装结束的检查确认

- 干气密封静态试验情况。  
注入主密封气，主密封气压力 MPa，流量  $Nm^3/h$ ，主密封气与前置气差压 MPa。  
确认推力轴承安装到位，按压缩机旋向进行盘车，确认密封安装合格，静试数据无变化。

安装确认人：

密封厂家施工单位

基层部门管理部门



## B.2 串联式干气密封安装确认表

机组旋转方向（从汽轮机向压缩机看）： 顺时针  逆时针

### 1、密封控制盘架及管线确认（新控制盘架）

- 气源到干气密封系统盘以及干气密封盘架至压缩机之间新配管路，需按照酸洗钝化→蒸汽吹扫（15min）→氮气吹扫（时间 1h）→目视检查（干净白布打靶试验）合格后，封闭管口进行保护。如采用压缩空气吹干，应保证压缩空气无油，压力不低于 0.5MPa，露点温度低于-40℃，杂质粒度 $\leq 10\ \mu\text{m}$ 。
- 干气密封控制盘架在出厂前严格按照 JB/T 13407 的要求进行了气密试验及管路清洁，且已加封盲板。不再对控制盘内部管道及仪表进行拆解清洗（由中密控股厂家确认）。
- 连接组装新配管路。连同系统控制盘对整个管路进行吹扫，时间不低于 6h。检查并确认一、二级密封入口、隔离气入口、一、二级泄漏气管路、排凝管路等，应吹扫洁净，目视检查（打靶试验）合格。
- 检查确认标准要求：管口用白绸布包扎，吹扫 5min~10min，检查无黑点、无杂物等。

### 2、密封腔体确认

- 壳体、轴需光滑、无毛刺，定位台阶平整无高点。
- 密封腔体处理清洁（彻底清洗压缩机密封腔体及进、排气孔，已经用丙酮或酒精清洗，白绸布确认）。
- 按照图纸复测各配气槽的轴向位置，确保 O 形圈无短路。
- 密封腔无错口，中分面胶无间断且在腔体内全部挤出（剖分式机组）。

### 3、密封本体检查

- 检查密封外观无（磕碰、污染）。
- 检查密封轴套内孔无毛刺。
- 检查密封应无卡滞，检查密封浮动情况。
- 检查密封静环止动环固定螺栓，无缺失（视密封结构）。
- 密封的型号。
- 密封的旋转方向。

### 4、压缩机与密封配合尺寸复测

- 测量机壳与转子同心度，偏差：mm。
- 测量压缩机径向轴瓦配合间隙：mm。
- 确认干气密封中的梳齿密封最小间隙：mm。
- 安装前，应确认上述间隙满足设计要求，无超差。
- 转子工作位置参考尺寸测量：mm，推力盘靠近主推侧，转子与机壳之间相对位置尺寸（通常测量驱动端轴头与机壳下壳体之间的距离）。

### 5、尺寸测量与计算

#### 4.1 测量（密封图纸 XXX）

转子放置在工作位置（靠在主推力盘侧），转子固定。

- 安装前测量干气密封格兰厚度 b2：mm。
- 安装前测量干气密封静止件厚度 b1：mm。

- 安装前测量卡板厚度  $b_5$  :mm。
- 安装前测量调整垫片厚度  $a_4$ :mm。
- 安装前测量干气密封转动件长度  $a_1$ : mm。
- 主锁螺母长度  $a_5$  : mm。
- 安装前测量机组腔体尺寸  $B_1$ : mm。
- 安装前测量密封安装段主轴长度  $A_1$ : mm。
- 测量密封工作尺  $c_3$ :mm
- 测量转子工作尺寸  $C_1$ :mm。

## 4.2 计算并测量

4.2.1 计算调整垫片厚度:  $a_4=C_1-c_3-b_2-b_5$ , 同测量值比对。

4.2.2 锁紧螺母到位尺寸: 测量  $a_7= A_1-(a_4+a_1 +a_5)$ 。

4.2.3 密封静止件到位尺寸: 即卡板能顺利装入。

4.2.4 密封工作检验尺寸: 测量  $c_5$ , 同计算值  $C_5'' =C_1-(a_1+a_4+a_5)$  比对,  $c_5-c_5'' \leq \pm 1\text{mm}$ 。

## 6、密封安装过程

- 安装密封过程中确保转子在工作位置 (靠在主推力盘侧), 转子固定。
- 干气密封安装固定盘安装好。
- 转子提升一定高度, 约为最小气封间隙一半(最小气封间隙 mm), 实际提升高度 mm。
- 密封安装过程无明显卡涩, 无密封圈配合过紧或者过松的情况。
- 密封锁紧螺母安装前, 确认压紧套与外腔体是否平齐, 测量与轴向相对尺寸确认安装到位 (至少测量四个点)。
- 复核转子工作位置参考尺寸测量是否同安装前一致, mm (推力盘靠近主推侧, 转子与机壳之间相对位置尺寸)。

## 7、密封安装结束的检查确认

注入一级密封气, 一级密封气: 压力 MPa, 流量  $\text{Nm}^3/\text{h}$ , 一级泄漏气: 压力 MPa, 流量  $\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

注入二级密封气, 一级密封气: 压力 MPa, 流量  $\text{Nm}^3/\text{h}$ , 二级密封气: 压力。

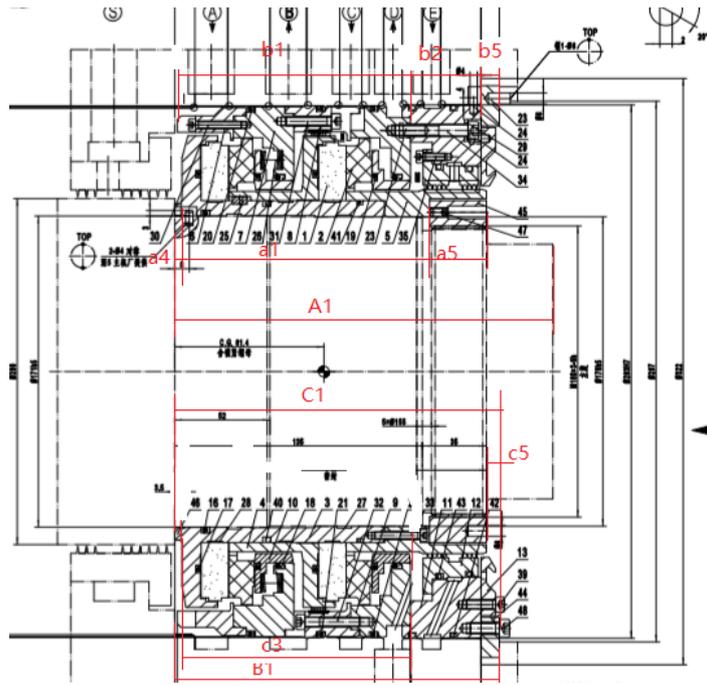
MPa, 流量  $\text{Nm}^3/\text{h}$ , 一级泄漏气: 压力 MPa, 流量  $\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

确认推力轴承安装到位, 按压缩机旋向进行盘车, 确认密封安装合格, 静试数据无变化。

**安装确认人:**

密封厂家施工单位

基层部门管理部门



**附录 C**  
**(规范性附录)**  
**干气密封操作与运行维护**

## 1 开机操作

### 1.1 盘车与暖机

盘车：主机厂使用说明书对盘车转速做了规定（不同参数的密封此转速会有差异），不应在低于说明书规定的盘车转速下连续运转。推荐盘车转速不大于10r/min或不小于250r/min。

暖机：压缩机暖机转速应不低于800r/min。

### 1.2 正常开机

#### 1.2.1 带中间迷宫的串联式干气密封

1) 开机前的油运阶段，如果机壳内不带压，一级、二级密封气都可以关闭，只需通入隔离气即可。应先投干气密封隔离气，再投机组润滑油系统，但不可进行盘车。

2) 由于开车工艺条件复杂不确定，且开车工况与机组正常运行工况差别较大。若一级密封气与二次平衡管压差达不到开机条件，则一级密封气进气流量应达到设计的最低要求，方可开机。

3) 给压缩机缸内加压时，宜通过干气密封系统向机组缸体加压，防止缸内介质携带杂质倒灌到而污染密封。如需要从压缩机管路加压，加压过程中应保证一级密封气的持续注入。

4) 如配置有增压系统，宜在机组开车前5min-10min投用增压单元。

5) 开机前投用干气密封控制系统，应先投一级密封气，再投用二级密封气（避免发生反压）。一级、二级密封气压力宜高于火炬背压0.2MPa以上，并保证各项参数达到设定值，再启动压缩机。

6) 隔离气流量达不到设计要求，应通过针形阀进行微调。

7) 机组盘车前，应保证一级密封气压力大于二级密封气压力，二级密封气压力大于二级泄漏放空管线压力。

8) 机组长期停用再次投入使用，干气密封投用时应进行排放检查防止存在凝液。

#### 1.2.2 双端面干气密封

1) 开机前的油运阶段，如果机壳内不带压，密封气可以关闭，可先将隔离气投用进行油运。但未注入主密封气时，严禁盘车操作。

2) 机组进行盘车前应先将主密封气投用，保证主密封气压力大于前置气压力，且主密封气压力大于泄漏放空管线压力。

3) 干气密封泄漏气管线不应产生背压，防止管道压力或液体窜入，造成干气密封损坏。

4) 机组进气前，应先通过干气密封控制系统投用主密封气，然后投用前置气，防止机壳内未经过滤的气体进入密封腔对干气密封造成污染。

5) 由于开车工艺条件复杂不确定，且开车工况与机组正常运行工况差别较大。若前置气与平衡管压差达不到设计条件，则前置密封气流量及主密封气压力应达到设计的最低要求，方可开机。

6) 开机后，任何情况下均应保证主密封气的压力不应低于前置气的压力，防止干气密封形成反压。

- 7) 隔离气流量达不到设计要求, 应通过针形阀进行微调。
- 8) 机组长期停用再次投入使用, 干气密封投用时应进行排放检查防止存在凝液。

## 1.3 热态开机

### 1.3.1 带中间迷宫的串联式干气密封

1) 一级、二级密封气及隔离气应一直处于投用状态, 确认各项参数达到设定值, 再启动压缩机。

2) 如配置有增压系统, 且无外部开车气源, 应确认增压泵处于正常工作状态, 并保证一级密封气进气流量高于最小设计值。流量不足时应及时将流量计后针阀全开。

3) 由于开车工艺条件复杂不确定, 且开车工况与机组正常运行工况差别较大。若一级密封气与二次平衡管压差达不到开机条件, 则一级密封气进气流量应达到设计的最低要求, 方可开机。

### 1.3.2 双端面干气密封

1) 前置气、密封气及隔离气应一直处于投用状态, 确认各项参数达到设定值, 再启动压缩机。

2) 由于开车工艺条件复杂不确定, 且开车工况与机组正常运行工况差别较大。若前置气与平衡管压差达不到设计条件, 则前置密封气流量及主密封气压力应达到设计的最低要求, 方可开机。

## 2 停机操作

### 2.1 带中间迷宫的串联式干气密封

1) 停机过程中, 应注意一级密封气气源切换的时机, 当机组转速降低, 机组出口压力低于管网氮气压力时, 应及时进行切换。

2) 机组泄压速率不宜过快, 避免橡胶密封圈爆裂。机组完全泄压后, 工艺介质完全排空30分钟后, 先停机组润滑油系统, 当机组润滑油泵停止供油30分钟、油系统回油完毕且无热油雾时, 再依次停隔离气、二级密封气、一级密封气, 以确保工艺介质不会窜入干气密封。如果机壳内带压, 则一级密封气不应关闭直至机内无压。

3) 当机组长时间停车后, 一次气改氮气并停用增压泵。

4) 压缩机停车后或再次重新开车前, 都应对外界气源(氮气、工艺气)管道进行低点排凝后, 方可送入干气密封控制系统。

### 2.2 双端面干气密封

1) 机组完全泄压, 工艺介质完全排空30min后, 再关闭前置气, 确保工艺介质不会窜入干气密封。

2) 先停机组润滑油系统, 待润滑油泵完全停止供油30分钟后, 当机组油系统回油完毕且无热油雾时, 再依次停隔离气、密封气。如果机壳内带压, 则密封气不应关闭直至机壳内无压。

3) 压缩机停车后或再次重新开车前, 应该对氮气管道进行低点排凝后, 方可送入干气密封控制系统。

## 3 应急操作



MPa (表压)							
0 < P ≤ 0.5	>1000~3000	≤0.2	≤0.3	≤0.4	≤0.6	≤0.8	≤1.0
	>3000~7000	≤0.3	≤0.4	≤0.6	≤0.8	≤1.0	≤1.4
	>7000~13000	≤0.35	≤0.45	≤0.7	≤1.0	≤1.4	≤2.0
	>13000~18000	≤0.4	≤0.5	≤0.8	≤1.2	/	/
0.5 < P ≤ 1.0	>1000~3000	≤0.45	≤0.6	≤0.9	≤1.2	≤1.5	≤2.0
	>3000~7000	≤0.5	≤0.8	≤1.2	≤1.5	≤2.5	≤3.0
	>7000~13000	≤0.7	≤1.0	≤1.4	≤2.0	≤3.0	/
	>13000~18000	≤0.8	≤1.2	≤1.6	≤2.4	/	/
1.0 < P ≤ 2.0	>1000~3000	≤0.9	≤1.3	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤5.0
	>3000~7000	≤1.1	≤1.7	≤2.6	≤3.5	≤4.5	≤5.5
	>7000~13000	≤1.3	≤2.1	≤3.0	≤4.0	≤5.0	/
	>13000~18000	≤1.5	≤2.3	≤3.4	≤4.5	/	/
2.0 < P ≤ 5.0	>1000~3000	≤2.3	≤3.0	≤4.5	≤6.5	≤9.0	≤12.0
	>3000~7000	≤2.9	≤4.0	≤5.5	≤8.0	≤12.0	≤16.0
	>7000~13000	≤3.5	≤5.0	≤7.0	≤10.0	≤14.0	/
	>13000~18000	≤4.0	≤6.5	≤8.5	≤12.0	/	/
5.0 < P ≤ 10.0	>1000~3000	≤4.0	≤7.0	≤10	≤14.0	≤16.0	≤21.0
	>3000~7000	≤5.5	≤9.0	≤12.5	≤16.0	≤20.0	≤26.0
	>7000~13000	≤7.0	≤11.0	≤15.0	≤19.0	≤24.0	/
	>13000~18000	≤8.0	≤14.0	≤20.0	≤25.0	/	/
10.0 < P ≤ 15.0	>1000~3000	≤7.0	≤9.5	≤14.5	≤17.0	≤21.0	/
	>3000~7000	≤9.5	≤11.0	≤16.0	≤20.0	≤25.0	/
	>7000~13000	≤11	≤15.0	≤22.0	≤30.0	≤38.0	/
	>13000~18000	≤13.0	≤18.0	≤25.0	/	/	/
15.0 < P ≤ 20.0	>1000~3000	≤9.0	≤14.0	≤16.0	≤18.0	/	/
	>3000~7000	≤11.0	≤16.0	≤20.0	≤26.0	/	/
	>7000~13000	≤15.0	≤20.0	≤28.0	≤35.0	/	/
	>13000~18000	≤18.0	≤28.0	≤40.0	/	/	/

#### 4.1.5 运行过程泄漏判断基本准则

密封性能通过泄漏趋势监控，泄漏量的偶然尖峰信号应设定为不会引起报警。这可能是由于工艺波动、轴的移动、压力、温度或速度变化所引起。如发现泄漏量持续增大，须重点关注并分析，并做好应急处理预案。

##### 5 定期维护

5.1 聚结器滤芯应进行寿命管理，定期更换。压差报警时，应更换滤芯。

5.2 机组正常运行期间，应至少每周排凝一次，防止积液。

5.3 过滤器滤芯应进行寿命管理，定期更换。压差报警时，应更换滤芯。

5.4 每月或装置操作调整影响主密封气组分时，应进行组分、露点检测，确保主密封气的控制温度高于露点温度20℃。温度检测点应靠近机组密封气注入点。（中石化总部指南要求）

5.5 在正常操作时，应对压缩机干气密封做好监控运行，定时（至少每天一次）对干气密封的各项运行参数进行记录。

附录 D  
(规范性附录)  
干气密封检验与试验要求

### 1 检验与试验规则

- 1.1 干气密封出厂前参照JB/T 11289及供货商企业内控标准进行台架试验。
- 1.2 干气密封旋转组件须做动平衡校验，平衡精度不低于G2.5（ISO 1940）。
- 1.3 试验用气体可采用压缩空气或氮气，温度为常温，压力及转速按设计值。
- 1.4 试验用仪器仪表应采用经三级或三级以上计量部门校验并出具合格证且在有效期内的仪器仪表。
- 1.5 试验所用仪器仪表应符合表1的规定。

表1 试验用仪器仪表

测量内容	仪表	准确度
压力	指针压力表或其他测量仪器	±1%
温度	温度表或其他温度测量仪器	±1℃
转速	机械转速表、光电测速仪或其他转速测量仪器	±1%
泄漏	玻璃转子流量计、金属浮子流量计或其他测量仪器	±2.5%

- 1.6 每套干气密封控制系统出厂前均应按本文件规定的试验方法进行检验，检验合格后方可出厂。
- 1.7 所有焊口、螺纹接口、阀门、管件及其他元器件应无损坏和泄漏。除液单元和电加热器罐体应符合GB/T 150.4和TSG 21的规定或不低于同等要求。
- 1.8 经射线检测的焊缝应达到II级；经渗透检测的焊缝应达到I级。

### 2 关于检验

- 2.1 干气密封须经专业供应商（一般为原厂家）质检部门逐套检验合格并签发合格证后方可出厂，必要时请用户单位派人共同验收见证，检验项目参照5.2和7.3的要求。
- 2.2 若泄漏量在规定值以内、且密封解体后目测密封面无明显摩擦痕迹，其它零件无异常状况则视为合格。
- 2.3 目视检查控制系统管道、仪表、阀门，无外观质量问题；各阀门操作应灵活可靠；检查仪表、阀门等的合格证、铭牌齐全。
- 2.4 无损检测，按照NB/T 47013.2与NB/T 47013.5执行。
  - 2.4.1 对于输送有毒、可燃介质管道，设计压力低于4MPa时，焊缝应按NB/T 47013.5进行渗透检测，抽检比例不小于20%；设计压力大于4MPa且不大于10MPa时，焊缝应按NB/T 47013.5进行100%渗透检测；设计压力大于10MPa时，焊缝应按照NB/T 47013.2进行100%射线检测；
  - 2.4.2 对于输送一般气体管道，设计压力大于10MPa时，按GB 150.4上对焊缝进行分类，A、B类焊缝应按NB/T 47013.2进行100%射线检验，射线透照质量不低于AB级；C、D类焊缝按照NB/T 47013.5进行100%渗透检测；
  - 2.4.3 除液单元和电加热器罐体的无损检测应符合GB 150.4和TSG R0004的规定或不低于同等要求。

### 3 关于试验

3.1 压缩机用干气密封及控制系统应包括以下试验：

项目	见证试验	非见证试验	试验报告
动环超速试验	—	√	√
旋转组件动平衡试验	—	√	√
密封静态试验	√	—	√
密封运转试验	√	—	√
密封超速试验	√	—	√
密封启停试验	√	—	√
试验之后的解体检查和记录	√	—	√
密封系统控制盘气密试验	—	√	√
密封控制系统强度试验	—	√	√
清洁度检验	—	√	√

3.2 干气密封试验程序按照JB/T 11289《干气密封技术条件》中6.2条规定执行。（注：此试验规程适用于串联式干气密封。对其它结构的干气密封，可参照此规程的试验方法做出相应的调整。）

3.3 干气密封控制系统设计压力不大于10MPa的管路，采用气压试验，试验压力为设计压力的1.15倍，试验方法按SH/T 3501-2011中的8.1.13~8.1.15执行。

3.4 当密封系统介质气相对分子质量(MW)≤12时，气压试验气体宜为氦气；(MW) > 12时，气压试验气体宜为空气或氮气。

3.5 干气密封控制系统设计压力大于10MPa的管路，采用液压试验，试验介质采用纯净水，水中氯离子含量不大于25mg/L，且水温不低于15℃，试验压力为设计压力的1.5倍，在做液压试验前要摘除全部过滤器的滤芯，试验方法按SH/T 3501-2011中8.1.12执行。液压试验合格后，应使用洁净的压缩空气将管线吹扫干净，再安装滤芯；当不具备液压测试条件时，征得用户同意后，可按7.3.3进行气压试验。

### 3.6 气密性试验

3.6.1 经气压试验合格的产品，可不再进行气密性试验。

3.6.2 液压试验合格的产品，须进行气密性试验，试验压力为设计压力，试验方法按SH/T 3501-2011中8.3的规定执行。

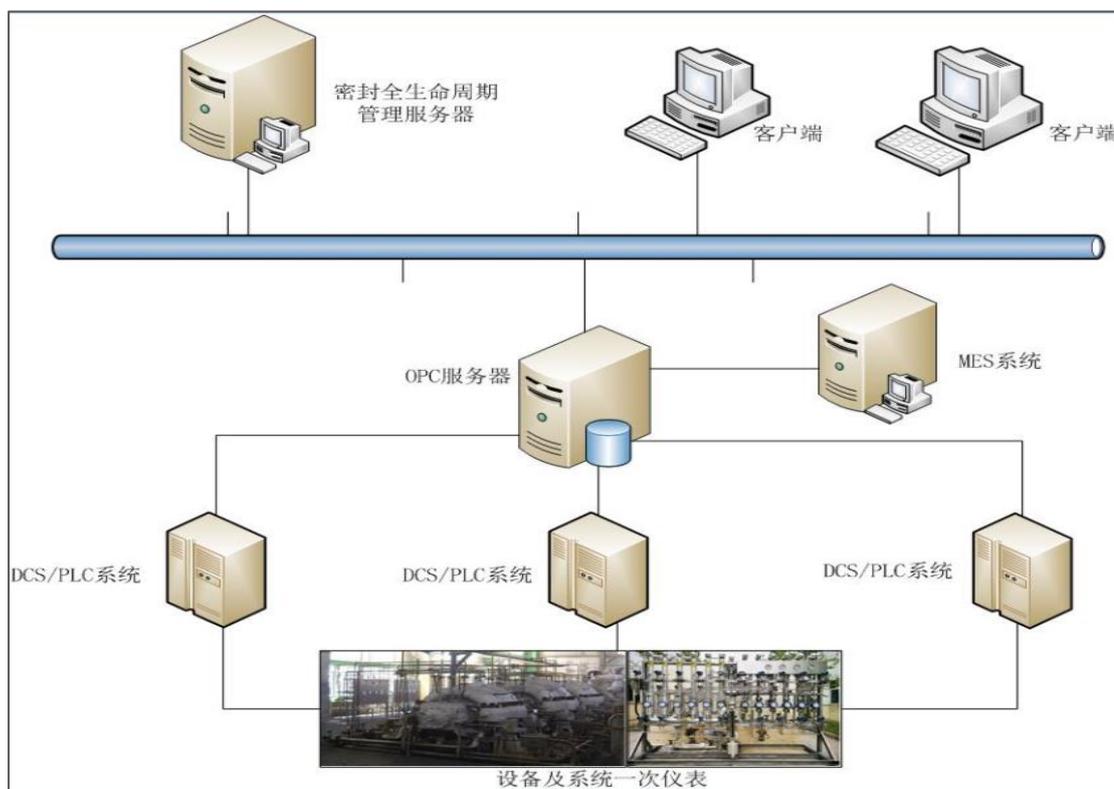
### 3.7 清洁度检查：

控制系统压力及气密性试验合格后，要进行空气吹扫，吹扫气体压力不低于0.7MPa（表压）。吹扫时管道内的空气流速不低于20m/s，吹扫时间不低于5min。在吹扫过程中，在排出口用白布或涂白油漆的靶板检查，无铁锈或其他杂质。

附录 E  
(资料性附录)

干气密封状态监测系统网络拓扑构架图与参数选择表

1) 干气密封状态监测系统整体网络拓扑构架图如下:



2) 干气密封状态监测参数选择包括关键参数和一般参数，其中部分参数选择推荐如下（可列入附件）:

关键参数表

序号	测点名称	参数类型
1	一次气露点温度	关键参数
2	驱动端一级密封气温度	关键参数
3	非驱动端一级密封气温度	关键参数
4	驱动端一级密封气流量	关键参数
5	非驱动端一级密封气流量	关键参数
6	聚结器前后压差	关键参数
7	聚结器液位	关键参数
8	一级密封气与平衡管压差	关键参数
9	一级密封气过滤器前后差压	关键参数
10	驱动端一级泄漏气温度	关键参数
11	非驱动端一级泄漏气温度	关键参数
12	驱动端一级泄漏气流量	关键参数

13	非驱动端一级泄漏气流量	关键参数
14	非驱动端一级泄漏气压力	关键参数
15	驱动端一级泄漏气压力	关键参数
16	干气密封控制盘工艺气源压力	一般参数
17	干气密封控制盘工艺气源温度	一般参数
18	一级密封气调节阀开度	一般参数
19	二级密封气过滤器前后压差	一般参数
20	驱动端二级密封气流量	一般参数
21	非驱动端二级密封气流量	一般参数
22	隔离密封孔板前压力	一般参数
23	增压泵驱动气压力	一般参数
24	增压泵放空压力	一般参数
25	火炬管线压力	一般参数
26	可增加……	

一般参数表

序号	测点名称	参数类型
1	压缩机主轴轴位移 1	机组参数
2	压缩机主轴轴位移 2	机组参数
3	驱动端径向 X 震动信号	机组参数
4	驱动端径向 Y 震动信号	机组参数
5	非驱动端径向 X 震动信号	机组参数
6	非驱动端径向 Y 震动信号	机组参数
7	机组吸入口工艺气体压力	机组参数
8	机组吸入口工艺气体温度	机组参数
9	机组排气口工艺气体压力	机组参数
10	机组排气口工艺气体温度	机组参数
11	机组转速	机组参数
12	润滑油管压力信号	机组参数
	……	
	……	

## 参考文献

- [1] GB/T 3452.1-2005 液压气动用O形橡胶密封圈 第1部分:尺寸系列及公差
  - [2] GB/T 20801.5 压力管道规范工业管道 第5部分:检验与试验
  - [3] SH/T 3406 石油化工钢制管法兰
  - [4] JB/T 6374-2020 机械密封用碳化硅密封环技术条件
  - [5] JB/T 7757.2 机械密封用O形橡胶圈
  - [6] JB/T 8872-2016 机械密封用碳石墨密封环技术条件
  - [7] JB/T 11107 机械密封用圆柱螺旋弹簧
  - [8] JB/T 11959-2014 机械密封用硬质合金密封环
  - [9] JB/T 13407 透平机械干气密封控制系统
  - [10] DEP-T-RE2002 干气密封系统技术规定
-