



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3106—2009

代替 SYJ 1017—82

石油化工企业氮氧系统设计规范

Specification for design of nitrogen and oxygen system
in petrochemical industry



2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言..... II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 空分装置的布置.....1

4 空分装置的规模、产品规格和设备的确定.....3

5 氮气和氧气的储存及输送.....4

6 工艺管道设计.....6

7 冷箱基础技术要求.....8

8 自控系统设计原则.....8

附录 A（资料性附录）饱和液体性质.....10

用词说明.....11

附：条文说明.....13

前 言

本规范是根据原国家经贸委“《2002 年石化行业标准制修订项目计划》”(国经贸厅行业[2002]36 号),由中国石油化工集团公司组织中国石化工程建设公司对原 SYJ 1017—82《炼油厂氮气系统设计技术规定》进行修订而成。

本规范共分 8 章和 1 个附录,附录 A 为资料性附录。

本规范与 SYJ 1017—82《炼油厂氮气系统设计技术规定》相比,主要变化如下:

- 增加了氧气的有关内容;
- 对原《规定》第 1 章至第 4 章的内容进行了修订并重新划分了章节;
- 增加了空分装置工艺管道设计、冷箱基础技术要求和自控系统设计原则;
- 规定的封面、扉页及编写格式做了部分修改;
- 改正了原《规定》中某些错漏之处。

本规范由中国石油化工集团公司工艺系统设计技术中心站管理,由中国石化工程建设公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石油化工集团公司工艺系统设计技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮政编码:100101

电 话:010—84877092

传 真:010—84878842

主编单位:中国石化工程建设公司

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮政编码:100101

主要起草人:王诗庆 李俊儒

主要审查人:李晓黎 蒋荣兴 吴绍平 李宁 雷云周 庄剑 孙宏 屈文杰 周鹏 李汝阁
陈殿刚

本规定于 1982 年首次发布,本次为第 1 次修订。

石油化工企业氮氧系统设计规范

1 范围

本规范规定了空分装置的布置、规模、产品规格和设备的确定、工艺管道的设计、自控系统的设计原则以及氮气和氧气的储存及输送等要求。

本规范适用于石油化工企业新建的、采用深冷法空气分离成套设备（以下简称“空分设备”）制取氮气和氧气的大、中型空分装置的氮氧系统设计。现有氮气、氧气系统的改建和扩建工程设计可参照执行。

本规范不适用于采用变压吸附或膜分离技术制取氮气和氧气的装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规定的引用而成为本规定的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规定，然而，鼓励根据本规定达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规定。

- GB 50030 氧气站设计规范
- GB 50160 石油化工企业设计防火规范
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GBJ 87 工业企业噪声控制设计规范
- JB 5902 空气分离设备用氧气管道
- SH 3020 石油化工企业仪表供气设计规范
- GB 16912 氧气及相关气体安全技术规程

3 空分装置的布置

3.1 空分装置的布置，应符合下列规定：

- a) 布置在空气洁净，并靠近氮气、氧气最大用户处；
- b) 与全厂的布置统一协调，并留有扩建的可能；
- c) 避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体以及粉尘等有害物场所，并应考虑周围企业（或装置）改建或扩建时对空分装置安全带来的影响；
- d) 对空分装置的压缩机、消声器等设备产生的噪声、振动有防护要求的场所，采取必要的防护措施，使其符合 GB 50187 和 GBJ 87 的有关规定。

3.2 空分装置原料空气预净化采用分子筛吸附净化流程时，空分装置吸风口处空气中烃类等杂质的含量应符合表 1 和表 2 的规定。

表 1 吸风口处空气中烃类等杂质的正常含量

杂质名称	杂质含量(体) ppm	杂质名称	杂质含量(体) ppm
CH ₄	<3.0	C ₄	<0.1
C ₂ H ₆	<0.1	总烃	<8.0

表 1（续） 吸风口处空气中烃类等杂质的正常含量

杂质名称	杂质含量(体) ppm	杂质名称	杂质含量(体) ppm
C ₂ H ₄	<0.1	氮氧化物	<1.0
C ₂ H ₂	<0.5	CO ₂	<350
C ₃ H ₈	<0.1	机械杂质	<30mg/m ³
C ₃ H ₆	<0.1	—	—

表 2 吸风口处空气中烃类等杂质的允许极限含量

烃类等杂质名称	允许极限碳含量 mg/m ³	
	空分装置内具有 液空吸附净化装置	空分装置前具有分子 筛吸附净化装置
乙炔	0.5	5
炔衍生物	0.01	0.5
C ₅ 、C ₆ 饱和和不饱和烃类杂质总计	0.05	2
C ₄ 、C ₅ 饱和和不饱和烃类杂质总计	0.3	2
C ₂ 饱和和不饱和烃类杂质及丙烷总计	10	10
二硫化碳 (CS ₂)		0.03
氮氧化物 (NO _x)		1.25
臭氧 (O ₃)		0.215

注：空分装置采用引进空分设备时，应根据现场的空气质量设计。

3.3 空分装置吸风口的设置，应符合下列规定：

- a) 吸风口应位于空气洁净场所，并位于乙炔站、电石渣场、散发其它烃类化合物以及其它危险物释放源的全年最小频率风向的下风侧；
- b) 原料空气预净化采用分子筛吸附净化流程时，吸风口与乙炔、甲烷等烃类化合物及其它危险物释放源的水平间距应符合表 3 的规定，当不能满足表 3 的要求时，应符合表 1 和表 2 的要求；

表 3 空分设备吸风口与乙炔站（厂）、电石渣堆等之间最小水平间距

乙炔站（厂）及电石渣堆等杂质释放源		最小水平间距 m	
乙炔发生器 型式	乙炔站（厂）安装容量 m ³ /h	空分装置内具有 液空吸附净化装置	空分装置前具有 分子筛吸附净化装置
水入电石式	≤10	100	50
	>10~<30	200	
	≥30	300	
电石入水式	≤30	100	50
	>30~<90	200	
	≥90	300	
电石、炼焦、炼油、液化石油气生产		500	100
合成氨、硝酸、硫化物生产		300	300
炼铁、炼钢（平炉、电炉、转炉）、轧钢、铸钢生产		200	50
大批量金属切割、焊接场所（如金属结构车间）		200	50
注：水平间距应按吸风口与乙炔站（厂）、电石渣堆等相邻面外壁或边缘的最近距离计算。			

- c) 吸风口的高度应根据原料空气质量要求设置，且不应低于距离最近的危险物连续释放源；
- d) 吸风口旁应设置风向标。
- 3.4 空分装置应采用下列安全生产措施，防止液氧中乙炔和碳氢化合物的积聚：
- a) 为防止全低压空分装置液氧中的乙炔积聚，宜连续从空分装置中抽取部分液氧，其数量不低于氧产量的 1%；
- b) 应定期化验液氧中的乙炔、碳氢化合物和油脂等有害杂质的含量。乙炔含量不超过 1ppm、总烃含量不超过 250ppm。
- 4 空分装置的规模、产品规格和设备的确定
- 4.1 氮气和氧气的用量、纯度及压力
- 4.1.1 只生产氮气的空分装置，其规模宜按下列氮气用量之和确定：
- a) 全厂各生产装置及辅助设施的正常用量（连续用量）；
- b) 1 个或 2 个氮气主要用户的最大用量（间断用量）与其正常用量的差值。
- 4.1.2 同时生产氧气和氮气的空分装置，其规模宜按下列要求确定：
- a) 全厂各使用氧气的生产装置和辅助设施的最大用量；
- b) 氮气用量的统计同 4.1.1；
- c) 为满足用户要求，对氮气、氧气用量比例失调的空分装置，应和空分设备生产商协商解决。
- 4.1.3 产品氮气（液氮）的纯度及压力，应符合下列规定：
- a) 空分装置生产氮气（液氮）的纯度应符合用户要求。采用空气分离制取的氮气分为三级，工业用气态氮：其氮含量（体积比）大于或等于 98.5%；纯氮：其氮含量（体积比）大于或等于 99.99%；

- 高纯氮：其氮含量（体积比）大于或等于 99.999%。用户对氮气纯度要求不宜高于 99.999%（体积），O₂ 体积含量不大于 10ppm；
- b) 氮气出空分装置界区的压力，应根据用户的要求经过系统水力计算后分别确定各压力等级下氮气出界区压力；
 - c) 液氮的储存压力宜按本规范 5.1.6 条确定。
- 4.1.4 产品氧气（液氧）的纯度及压力，应符合下列规定：
- a) 空分装置生产氧气（液氧）的纯度应符合用户要求。采用空气分离制取的氧气分为三级，工业用工艺氧：氧含量（体积比）一般小于 98%；工业用气态氧：氧含量（体积比）大于或等于 99.2%；高纯氧：氧含量（体积比）大于或等于 99.995%；
 - b) 氧气出空分装置界区的压力应经过系统水力计算后分别确定各压力等级下氧气出界区压力；
 - c) 液氧的储存压力宜按本规范 5.2.4 条确定。
- 4.2 空分设备及配套空气压缩机的选择
- 4.2.1 空分设备能力的确定，应符合下列要求：
- a) 只生产氮气的空分装置，空分设备能力应根据全厂用氮量确定。但当连续用氮量与间断用氮量相差较大时，应通过设置储存设施解决。根据用氮特点，通过技术经济比较合理选择空分设备的氮气产量和储存量，不宜按最大用氮量确定空分设备能力；
 - b) 同时生产氧气和氮气的空分装置，空分设备能力应按同时满足全厂氧气和氮气用量确定。
- 4.2.2 空分装置不应设置备用空分设备，其配套设备（如压缩机、低温泵等部分转动设备）可考虑备用。
- 4.2.3 空分设备型号的确定按下列规定：
- a) 只生产氮气的空分装置，应采用全低压流程的 KDN 型空分设备；
 - b) 同时生产氧气和氮气的空分装置，当主要用户的氧气/氮气使用量小于 10 000Nm³/h 时，可采用全低压外压缩流程的 KDON 型空分设备。当主要用户的氧气/氮气使用量大于或等于 10 000Nm³/h 时，宜采用全低压液氧内压缩流程空分设备；
 - c) 当采用多套空分设备时，空分设备型号应一致。
- 4.2.4 空气压缩机的选择按下列规定：
- a) 当排气压力 (G) 在 0.6MPa 左右，加工空气量小于 6 000Nm³/h 时，宜选用往复式（无油润滑）压缩机或无油螺杆压缩机；加工空气量大于或等于 6 000Nm³/h 时，应选用离心式压缩机；
 - b) 往复式压缩机应设置备用机，且应采用相同型号；离心式压缩机不宜设置备用机。

5 氮气和氧气的储存及输送

5.1 氮气的储存和输送

5.1.1 全厂各生产装置及辅助设施连续用氮量与间断用氮量（开、停工用氮量及正常生产间断用氮量）相差较大时，为满足间断用户的用氮量的要求，宜设置一定储量的氮气储存设施，空分设备的设计容量应与氮气储罐容量统一考虑，并应符合下列两式要求：

$$Q\tau_1 + V_1 \geq V_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q\tau_2 \geq V_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Q —— 单位时间可供储存的产氮量，即空分设备单位时间内的产氮量减去空分设备自耗氮量与全厂连续用氮量之和，Nm³/h；

V₁ —— 按开工用量的需要计算的储罐容量，m³；

V_2 —— 一次开工用氮量最大的装置的开工用氮量, Nm^3 ;

τ_1 —— 一次开工用氮量最大的装置的开工用氮时间, h;

τ_2 —— 间断用户之间最短的用氮间隔时间, h。

5.1.2 氮气储罐的容量除应满足 5.1.1 要求外, 还应保证空分设备小修及空分设备故障时用户用氮的需要。设计选定的储罐容量应取按 5.1.1 和 5.1.2 分别计算储罐容量的较大值。

5.1.3 氮气的储存采用低温液氮贮槽或者中压气体储罐, 应在技术经济比较的基础上合理选择。

5.1.4 当选择中压气体储存时, 储罐宜选择球罐, 其容积可按式计算:

$$V = \frac{Q \times \tau \times P_0}{P_1 - P_2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V —— 储罐容积, m^3 ;

Q —— 氮气用量, Nm^3/min ;

P_0 —— 大气压 (绝压), kPa;

P_1 —— 气体入储罐压力 (绝压), kPa;

P_2 —— 使用压力 (绝压), kPa;

τ —— 非正常用量的用气时间, min。

5.1.5 当选择低温液氮贮槽时, 贮槽容积应按式计算:

$$V_{N_2} = \frac{Q \times \tau}{V_n \times K} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

V_{N_2} —— 氮气贮槽容积, m^3 ;

Q —— 氮气用量, Nm^3/h ;

τ —— 非正常用量的持续时间, h;

K —— 贮槽充满率;

V_n —— 在操作条件下, 1m^3 液氮汽化为标准状态下气氮的体积 (见附录 A), Nm^3/m^3 。

注: 当采用外购液氮作为储存时, 氮气用量 (Q) 应考虑根据运输周期计算储存过程中的贮槽自蒸发量。

5.1.6 液氮的储存压力 (即贮槽的型式) 应根据储量确定。贮槽小于或等于 300m^3 时, 宜采用压力贮槽, 大于 300m^3 应采用常压贮槽。低压液氮贮槽宜由空温式自增压器保持液氮贮槽压力; 中压液氮贮槽宜由水浴式自增压器保持液氮贮槽压力。

5.1.7 当液氮采用常压储存时应设置液氮升压泵, 泵出口压力应大于或等于用户的使用压力与管网压力降之和。宜设置带压液氮罐在液氮升压泵启动时向用户供氮, 带压液氮罐容量应按液氮泵启动所需的时间及非正常用气量确定。

5.1.8 液氮汽化器的设置按下列规定:

a) 汽化能力宜按 4.1.1 确定;

b) 宜采用蒸汽加热的水浴式汽化器, 当汽化量小于或等于 $2\,500\text{Nm}^3/\text{h}$ 时, 也可选择空温式汽化器。

5.1.9 氮气管网应根据全厂各用户的用量、压力和用气特点分别设置, 用气压力低于管网压力的用户应通过在支线上降压获得。

5.1.10 设置氮气压缩机, 其型号和台数应根据用户的压力、用氮量和用氮特点进行选择, 宜按下列规

定:

- a) 排气压力(G)为 0.8MPa~3.0MPa 的氮压机,当排气量大于或等于 6 000Nm³/h 时,应选用离心式压缩机;当排气量小于 6 000Nm³/h 时,宜选用往复式(无油润滑)压缩机或无油螺杆式压缩机;
- b) 应根据全厂用氮量确定压缩机台数,但相同压力等级不宜超过 2 台,且单台排气量不应低于全厂该压力等级氮气的正常用量;设置多台压缩机时,相同压力等级者应采用相同型号。

5.1.11 空分装置界区处,宜设置氮气缓冲罐。

5.2 氧气的储存和输送

5.2.1 生产氧气的空分装置可设置氧气储存设施,以保证用户在空分设备小修及故障时正常生产。

5.2.2 氧气储存量可根据空分设备小修及故障排除时间合理确定。

5.2.3 氧气储存宜采用低温液体贮槽,容积可按式计算:

$$V_{O_2} = \frac{Q' \times \tau}{V_n \times K} \quad (5)$$

式中

V_{O_2} ——氧气贮槽容积, m³;

Q' ——氧气用量, Nm³/h;

τ ——非正常用量的持续时间, h;

K ——贮槽充满率;

V_n ——在操作条件下, 1m³ 液氧汽化为标准状态下气氧的体积(见附录 A), Nm³/m³。

5.2.4 液氧的储存压力(即贮槽的型式)应根据储量和用户的使用压力确定。当液氧储量小于或等于 300m³, 且使用压力(G)不大于 1.2MPa 时, 宜采用压力贮槽。当液氧储量大于 300m³ 或使用压力(G)大于 1.2MPa 时, 应采用常压贮槽。

5.2.5 当液氧采用常压储存时, 需相应设置液氧升压泵, 泵出口压力应根据系统的压力降和用户的使用压力确定。宜设置带压液氧罐在液氧升压泵启动时向用户供气, 带压液氧罐容量应按液氧升压泵启动所需的时间及非正常用量气量确定。

5.2.6 液氧汽化器的设置应符合下列要求:

- a) 汽化能力应按全厂氧气最大用量确定;
- b) 汽化器宜采用蒸汽加热的水浴式汽化器; 当汽化量小于或等于 500Nm³/h 时, 也可选择空温式汽化器。

5.2.7 根据用户的使用压力, 宜分别设置相应的氧气压缩机和输送管道。用户不应在支线上再设置升压或减压措施。

5.2.8 设置氧气压缩机, 应符合下列规定:

- a) 排气压力(G)0.8MPa~3.5MPa 的氧气压缩机, 当排气量小于或等于 10 000Nm³/h 时, 宜选用往复式(无油润滑)或往复式迷宫密封压缩机; 当排气量大于或等于 6 000Nm³/h 时, 宜选用离心式或往复式迷宫密封压缩机;
- b) 往复式(无油润滑)压缩机应设置备用机, 且型号应相同; 离心式和往复式迷宫密封压缩机不宜设置备用机。

5.2.9 空分装置界区处, 宜设置氧气缓冲罐。

6 工艺管道设计

6.1 压缩机管道设计

6.1.1 离心式压缩机吸入管道的设计，应符合下列规定：

- a) 离心式压缩机吸入管道的管径，应按气相管道标准确定；
- b) 离心式空气压缩机吸入管道的流速宜为 10m/s~40m/s，离心式氮气压缩机吸入管道的流速宜为 10m/s~20m/s；
- c) 离心式压缩机吸入管道的最大压力降，应符合表 4 的规定；

表 4 吸入管道最大压力降

操作压力（绝压） kPa	100m 管长压力降 kPa
101~111	1.96
>111	4.50

- d) 离心式压缩机吸入管道上宜设置临时过滤器；
- e) 大型离心式压缩机吸入管道产生噪声时，应有隔声措施；
- f) 当离心式压缩机吸入管道采用碳钢材质，且处于潮湿大气环境时，宜在管道入口设置切断阀或盲板或其它防止生锈的措施；
- g) 氧气和氮气压缩机吸入管道上宜设置切断阀。

6.1.2 离心式压缩机排出管道设计，宜符合下列规定：

- a) 空气和氮气压缩机排出管道的流速可按表 5 确定；

表 5 离心式压缩机排出管道流速（空气和氮气）

操作压力（绝压） kPa	流速 m/s
<981	10~20
981~2 000	8~20

- b) 离心式压缩机排出管道最大压力降可按表 6 确定；

表 6 离心式压缩机排出管道最大压力降（空气和氮气）

操作压力（绝压） MPa	100m 管长压力降
$P_1 \leq 0.45$	4.50kPa
$P_1 > 0.45$	$0.01 P_1$

- c) 排出管道上应设置止回阀和安全阀；
- d) 压缩机的各级排出管道应设置温度、压力指示和温度、压力高报警及联锁停车；
- e) 离心式空气压缩机出口管道上宜设置放空设施；
- f) 离心式压缩机应设防喘振设施。

6.1.3 往复式压缩机吸入管道的设计符合下列要求：

- a) 往复式压缩机吸入管道应设置缓冲罐（从大气中直接吸入的空气压缩机不设入口缓冲罐）。除互为备用的压缩机外，缓冲罐不宜共用；
- b) 往复式压缩机的缓冲罐应尽量靠近压缩机吸气缸，且管道上应少用或不用弯头；

- c) 往复式压缩机吸入管道流速宜为 10m/s~20 m/s;
- d) 往复式压缩机吸入管道压力降应符合表 4 的规定。

6.1.4 往复式压缩机排出管道的设计符合下列要求:

- a) 往复式压缩机排出管道的流速可按表 5 规定;
- b) 往复式压缩机排出管道压力降应符合表 6 规定;
- c) 往复式压缩机排出管道应设止回阀和安全阀;
- d) 往复式压缩机排出管道应设温度、压力指示和过高报警及联锁停车;
- e) 往复式空气压缩机排出管道上应设置放空管道;
- f) 往复式氧气和氮气压机的排出管道上应设置 1 条回流管道。

6.2 氧气管道设计

氧气管道设计应符合 GB 50030、JB 5902 和 GB 16912 的有关规定。

6.3 氮气放空和废液氮排放管道设计

6.3.1 氮气放空管道应引至室外无人的场所, 放空高度应高出地面或附近操作面 3m 以上。

6.3.2 氮气放空管口, 不应设在压缩机厂房窗子的下部。

6.3.3 放空噪声超过规定时应安装消声器。

6.3.4 冷箱内的废液宜排放至地下排液槽。排液槽应采用不锈钢等耐低温材料制造。排液槽内严禁有积水和积油。

7 冷箱基础技术要求

7.1 冷箱基础设计应符合制造厂的防冻和通风要求。

7.2 空分装置室外冷箱基础设计, 应根据空分装置规模、不同地区的气候、地质条件及地下水深度等因素采取防冻措施。

7.3 冷箱基础宜建在非冻胀性土层或土层含水量较少的冻胀性土层。不应建在低洼积水和地下水位较高的地点。

7.4 空分装置室外冷箱基础, 可根据具体情况分别采用以下几种型式:

- a) 建在非冻胀性土层上时, 应采用大块实体式;
- b) 建在冻胀性土层上时, 应采用高台式或柱墩架空式;
- c) 建在冻胀性土层上的小型冷箱, 可采用型钢架空式。

7.5 大、中型空分装置室外冷箱基础设计应符合下列要求:

- a) 空分装置的冷箱基础应设珠光砂混凝土基础隔冷层及通风设施(通风通道等);
- b) 空分装置的冷箱基础在低压塔和主换热器下方及低温液体泵处的基础顶面应设测温点;
- c) 地下基础部分应采取隔绝地下水措施;
- d) 冷箱基础周围应有良好的排水措施;
- e) 冷箱应有静电接地设施, 并与静电接地网连接。

8 自控系统设计原则

8.1 自控系统应有效地监控空分装置的生产过程, 确保运行可靠、操作维护方便。宜采用中央集中监测控制与就地监测控制相结合的方式。

8.2 独立设置且只生产氮气的小型空分装置可采用 DCS; 同时生产氧气和氮气的小型空分装置或设有 2 套纯氮空分设备的空分装置宜采用 DCS; 大型空分装置控制系统宜与全厂控制系统统一设置。

8.3 空分装置可单独设置控制室或与全厂控制室集中设置, 生产操作、紧急停车和设备运行时的监测、控制以及重要参数的记录、报警、打印等应在控制室进行。压缩机不宜再设置单独的操作间。

- 8.4 大型压缩机、透平、膨胀机等关键设备的控制和联锁宜使用 ESD/ITCC 等实现，操作功能由 DCS 实现。
- 8.5 压缩机宜设置就地控制盘，包括紧急停车按钮、主要工艺参数显示和必要的操作信号。
- 8.6 在控制室内可设置辅助操作台，用于各机组的事故报警和紧急停车。
- 8.7 独立设置控制室的空分装置控制系统应设置 UPS 不间断电源，与全厂控制系统统一设置的空分装置控制系统由统一的 UPS 系统供电，供电满足相关规定和规范要求。
- 8.8 空分装置开、停车时，仪表空气应由系统管网供给。正常生产时宜使用自产仪表空气，气源质量应符合 SH 3020。
- 8.9 空分装置的分析化验和仪表维修间宜与全厂统一设置。
- 8.10 空分装置的在线分析室应单独设置。
- 8.11 除上述规定外，还应符合 GB 50160 和仪表设计的有关规定。

附录 A
(资料性附录)
饱和液体性质
表 A.1 液氮

温度 T K	饱和压力或蒸汽压力 P_{sat} kPa	密度 ρ_l kg/m^3	定压比热容 C_p $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	黏度 μ $\mu\text{Pa}\cdot\text{s} (=10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{s})$	热导率 K $\text{mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$ $(=10^{-3}\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K}))$	蒸发潜热 h_{fg} kJ/kg	标准状态下气体的体积 V_n Nm^3/m^3
65	17.4	860.9	2.008	278	158.7	214.0	688.7
70	38.5	840.0	2.024	220	149.9	208.3	672
75	76.0	818.1	2.042	173	143.9	202.3	654.5
77.3	101.3	807.3	2.051	158	139.6	199.3	645.8
80	136.7	795.1	2.063	141	136.2	195.8	636.1
85	228.4	771.0	2.088	119	129.3	188.7	616.8
90	359.8	745.6	2.122	104	122.4	180.9	596.5
95	539.8	718.6	2.170	93	115.5	172.0	574.9
100	777.8	689.6	2.240	85	108.5	161.6	551.7
105	1083.6	657.7	2.350	78	101.1	149.4	526.2
110	1467.2	621.7	2.533	73	93.6	135.0	497.4
115	1939.4	579.3	2.723	68	84.7	117.3	463.4
120	2512.9	524.9	2.920	65	74.6	94.3	419.9
125	3204.4	436.8	3.124	62	61.5	54.9	349.4

注1: V_n 为操作条件下, 1m^3 液体汽化为标准状态下气体的体积 Nm^3/m^3 。
注2: 引自《低温系统》, 王如竹、汪荣顺编著, 上海交通大学出版社, 2000。

表 A.2 液氧

温度 T K	饱和压力或蒸汽压力 P_{sat} kPa	密度 ρ_l kg/m^3	定压比热容 C_p $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	黏度 μ $\mu\text{Pa}\cdot\text{s} (=10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{s})$	热导率 K $\text{mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$ $(=10^{-3}\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K}))$	蒸发潜热 h_{fg} kJ/kg	标准状态下气体的体积 V_n Nm^3/m^3
60	0.73	1281.7	1.660	580	187.2	238	897.2
70	6.22	1236.7	1.666	358	176.4	231	865.7
80	30.09	1190.3	1.680	248	164.5	223	833.2
90.18	101.3	1141.0	1.695	190	151.4	213	798.7
100	254.2	1090.7	1.720	152	138.0	203	763.5
110	543.4	1035.4	1.749	127	124.2	190.3	724.8
120	1021.6	974.0	1.810	113	110.0	174.4	681.8
130	1747.8	902.8	1.932	106	95.4	152.8	632
140	2786.5	813.1	2.170	101	80.0	126.4	569.2
150	4219.0	675.4		95	63.8	79.8	472.8

注1: V_n 为操作条件下, 1m^3 液体汽化为标准状态下气体的体积 Nm^3/m^3 。
注2: 引自《低温系统》, 王如竹、汪荣顺编著, 上海交通大学出版社, 2000。

用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词,说明如下:

(一) 表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时,用的助动词为“必须”(must)。

(二) 表示要准确地符合规范而应严格遵守时,用的助动词为:

正面词采用“应”(shall);

反面词采用“不应”或“不得”(shall not)。

(三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种,不提及也不排除其他可能性,或表示是首选的但未必是所要求的,或表示不赞成但也不禁止某种可能性时,用的助动词为:

正面词采用“宜”(should);

反面词采用“不宜”(should not)。

(四) 表示在规范的界限内所允许的行动步骤时,用的助动词为:

正面词采用“可”(may);

反面词采用“不必”(need not)。

中华人民共和国石油化工有限公司标准

石油化工企业氮氧系统设计规范

SH/T 3106—2009

条 文 说 明

2009 北 京

目 次

1 范围.....17

3 空分装置的布置.....17

4 空分装置的规模、产品规格和设备的确定.....19

5 氮气和氧气的储存和输送.....19

6 工艺管道设计.....20

7 冷箱基础技术要求.....21

8 自控系统设计原则.....21

石油化工企业氮氧系统设计规范

1 范围

按 GB 10606.1—89《空气分离设备术语 基本术语》的规定，小型空气分离设备指氧气产量小于 1 000Nm³/h，中型空气分离设备指氧气产量大于或等于 1 000Nm³/h 至 10 000Nm³/h，大型空气分离设备指氧气产量大于 10 000Nm³/h。对于石化企业中只生产氮气的空分装置，本规范也按此产量划分其规模。

变压吸附与膜分离制氮和制氧是新技术，其特点是流程简单、工艺设备少，但产品的纯度较低。石化生产装置多需要较高纯度的气体，因此很少采用，故本规范不适用。

3 空分装置的布置

3.1 空分装置的全厂总平面布置是根据现行国家标准 GB 50187—93《工业企业总平面设计规范》和 GB 50160—92《石油化工企业设计防火规范》的有关规定并结合石化企业工程设计的特点制定的。

目前石化装置向一体化、世界级规模发展，空分装置的规模也有大型化的趋势。全厂氮、氧系统的空分设备应统一设置，生产的氮气、氧气应集中储存和输送，用集中布置的空分装置为全厂各生产装置统一提供氮气和氧气。

3.2 空分装置原料空气质量

本规范基于空分设备已经普遍采用分子筛吸附空气预净化流程。表 1 规定的吸风口处空气中烃类等杂质的正常含量是容易达到的。生产企业保证吸风口处空气中 C₂H₂ 含量 0.5ppm（体积）~1ppm（体积）和 CO₂ 含量 400ppm（体积）~500ppm（体积）都能正常生产，本标准取严格值。

国外空分设备制造厂标准，以美国 APCI 和德国 LINDE 的原料空气杂质含量为例，见明表 1、明表 2（条文说明中的表格编号前加“明”字与标准正文中的表格编号相区分）。

明表 1 APCI 公司原料空气质量

杂质名称	杂质含量 ppm（体积）
H ₂	10
CO	35
CO ₂	400
C ₂ H ₂	1.0
C ₂ H ₆	0.1
C ₂ H ₄	5.0
C ₃ H ₆	0.2
C ₃ H ₈	—
C ₄ 和重烃	0.1
SO ₂	0.1
H ₂ S	0.05
硫醇	0.1
NH ₃	1.0
杂质名称	杂质含量 ppm（体积）
总氮	—
氮氧化物	0.5
氧化亚氮	0.2
颗粒杂质	2.5mg/m ³

明表 2 LINDE 公司原料空气质量

杂质名称	杂质含量 ppm(体积)
CO ₂	<400
CH ₄	<5
C ₂ H ₂	<0.1
C ₂ H ₆	<0.2
C ₃ H ₈	<0.1
C ₃ H ₆	<0.05
C ₄ 十烃类	<0.1
CO	<1(1.25mg/m ³)
H ₂	<1(0.09mg/m ³)
NH ₃	<1(0.75mg/m ³)
NO	<0.1
N ₂ O	<0.6
H ₂ S	<0.1(0.15mg/m ³)
Cl ₂	<0.1(0.32mg/m ³)
SO ₂ +SO ₃	<1(3.2mg/m ³)
HCl	<1(1.6mg/m ³)
NO ₂	<1(3.4mg/m ³)

3.3 本条是根据中石化[1997]安字 351 号《关于颁发空分装置安全运行管理规定的通知》和中石化[1997]安监字 33 号《关于印发“空分装置安全运行技术研讨会会议纪要”的通知》中的有关要求，经细化后制定的。

- a) 空分装置要求吸入的空气应洁净，若吸入空气中含有的乙炔、碳氢类化合物太高，有可能引起空分设备的爆炸事故，因此吸风口应位于空气洁净场所，并位于乙炔站和电石渣场及散发其它碳氢化合物（烃类）以及其它危险物释放源的全年最小频率风向的下风侧。

3.4 空分装置的安全措施详见 GB 16912—1997《氧气及相关气体安全技术规程》和“中石化（1989）生字 56 号”，本规范只对乙炔和烃类等杂质在液氧中的允许极限含量作了规定。

乙炔和烃类等杂质在液氧中积聚是空分设备安全生产的最大危险，必须控制在允许范围内。本规范给出了乙炔和总烃在空分设备液氧中的控制指标，而烃类等杂质在空分设备液氧中的控制指标可参照供货商的规定。乙炔和烃类等杂质在液氧中的允许极限含量各国规定如明表 3。

明表 3 乙炔和烃类等杂质在液氧中的允许极限含量表

项 目	美 国	法 国	日 本	苏 联
乙炔在液氧中的允许极限含量, ppm	2	2	2	0.2
烃类在液氧中的允许极限含量	350ppm	1 170ppm	100mg/L	430mg/L

当空分装置采用外压缩流程，液氧中乙炔及碳氢化合物超过允许范围时，排放液氧可使溶解在其中的碳氢化合物排除。主冷凝蒸发器液氧可采用连续或间断排放，间断排放时要求每班排液氧一次，排放量等于或大于 1%气氧产量。

当空分装置采用内压缩流程时，主冷凝蒸发器中的液氧用液氧泵直接排出，排放量为气氧产量，因此液氧中乙炔及碳氢化合物很难积累到允许值。

4 空分装置的规模、产品规格和设备的确定

4.1 氮气和氧气的用量、纯度及压力

4.1.1 只生产氮气的空分装置，适用于没有使用氧气的工艺装置或辅助设施的石化企业。氮气只作为公用物料，主要用于设备和管道的吹扫置换、催化剂再生、储罐密封和消防等。

b) 可选择1个~2个氮气用量最大或最重要的生产装置，取其最大用量与正常用量差值作为确定空分装置规模的依据，以保证极端情况下的氮气用量。

4.1.2 同时生产氧气和氮气的空分装置，适用于有以氧气作为原料或燃料的生产装置和辅助设施的石化企业，氮气仍作为公用物料，用途同4.1.1。

c) 用改变空分设备的工艺和设备及增加储存设施等来满足用户的要求。

4.1.3

a) 石化企业要求的氮气纯度一般在99.99% N_2 (体积)~99.999% N_2 (体积)、 O_2 不大于10ppm;

b) 各种压力等级的氮气出空分装置界区压力大于和等于用户使用压力与系统阻力降的和。

4.1.4

b) 各种压力等级的氧气出空分装置界区压力大于和等于用户使用压力与系统阻力降的和。

4.2 空分设备及配套空气压缩机的选择

4.2.1

a) 石化企业的某些炼油生产装置，其开工用氮量是正常用量的几倍甚至十几倍，且使用时间短、间隔时间长，若按最大量确定空分设备的能力则设备长期低负荷运行、利用率较低，在技术经济上是不合理的。

“最大用氮量”为连续生产用量和间断用量的叠加。

4.2.2 根据目前空分设备的工艺水平，气体产量的调节范围可达到75%~105%，当全厂用量在此范围内波动时，可相应进行调节。空分设备从停车状态启动到生产出合格产品需24h~72h，从操作状态解冻复热至常温需12h~36h。因此采用多套空分设备间断运行、频繁启停是不合理的。

目前国外和国内空分设备的制造和操作水平，可以保证连续运行2年以上。采用低温液氧、液氮储存后，空分设备的小检修或临时停车也不影响向全厂正常供气。在没有特殊原因时，设置备用空分设备是不合理的。

4.2.3

b) 液氧内压缩流程空分设备的主要特点是在冷箱内由低温泵将液氧升压后再复热成气态，使氧气出冷箱时的压力即达到用户的要求，不需再使用氧气压缩机增压。液氧内压缩流程空分设备运行安全，但由于低温液氧泵制造的限制，当氧气/氮气产量 $\geq 10\,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 时，采用液氧内压缩流程较合理。当氧气/氮气产量 $< 10\,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 时，宜采用外压缩流程空分设备。

4.2.4

a) 往复压缩机用于中、小流量的场合；离心式压缩机用于大流量的场合。

5 氮气和氧气的储存和输送

5.1 氮气的储存和输送

5.1.1 石化装置氮气用户有连续用户和间断用户，用氮情况各不相同，因此空分设备的产氮量必须大于连续用户的用量，多余部分应予储存，以供间断用户之用。确定储罐总容量有两种计算方法。

从满足开工用氮需要的角度来计算空分设备产氮量和储罐容量。计算时，全厂一次用氮量最大的装置的开工用氮量(V_2)是已知的，在采用(1)式时，可初步设定空分设备的产氮量，从而可得出 V_1 ，此 V_1 是满足开工用氮需要定出的储罐总容量，代入(2)式，进行验证，通过调节 Q 和 V_1 值可同时满足二式的要求。

5.1.2 空分设备不留备用，除保证连续用户和间断用户用氮外，还应保证空分设备小修及空分设备故障时用户用氮的需要。因此宜用空分设备能力配置、氮气的储存、外购氮气和选用一套以上空分设备等措施统一规划，以满足供氮要求。

小修及空分设备故障时连续用户所需的氮气由储罐供给。按 5.1.1 和 5.1.2 计算出的总容量进行比较，取较大值作为最后确定的储罐总容量。

5.1.5 1m^3 液氮在 760mmHg 压力下达到饱和状态时的温度为 -196°C ，在该温度下 1m^3 液氮可汽化为 647Nm^3 气态氮。

5.1.6 目前国内制造的低温液体贮槽的种类和主要参数见下表：

明表 4 低温液体贮槽的种类和主要参数

贮槽型式	贮槽有效容积, $\text{m}^3/\text{台}$	工作压力
立式或卧式真空粉末绝热	≤ 100	$\leq 1.57\text{MPa (A)}$
平底拱顶圆柱形珠光砂充氮普通绝热	$\geq 200 \sim 2\,000$	常压

如上表所示，采用真空粉末绝热的贮槽单台有效容积可达到 100m^3 ，当液氮总储量大于 300m^3 后，需设置至少 3 台贮槽。虽然其工作压力可满足用户要求，不需设置增压泵，但因设备数量的增加使购置费和占地面积都大于使用常压贮槽。

5.1.7~5.1.8 当液氮采用常压储存时而用户需要使用压力氮气时，需设置液氮升压泵向液氮汽化器供应压力液氮。低温泵的启动通常需要一定时间，带压液氮罐在液氮升压泵启动时向用户供氮。在液氮泵出口管道上应设置 1 台并联操作、出口压力高于用户使用压力和系统阻力降之和的液氮罐，在需要时立刻汽化成所需压力的氮气，使液氮泵的启动过程不影响液氮汽化。

空温式汽化器不需设置水池、蒸汽和补充水管道以及相应的仪表、阀门等，但换热面积较大，因此只适用于汽化量较小的情况。

5.1.11 该条规定是基于工程经验。

5.2 氧气的储存和输送

5.2.1 空分设备不留备用，除保证连续用户和间断用户用氧外，还应保证空分设备小修及空分设备故障时用户用氧的需要，故宜设置氧气的储存设施满足用户供氧要求。

5.2.3 氧气储存宜采用低温液体储存，是因氧气采用中压气态储存的危险性大，且高压氧气压缩机费用较高，因此氧气采用中压气态储存是不合理的。

1m^3 液氧在 760mmHg 压力下达到饱和状态时的温度为 -183°C ，在该温度下 1m^3 液氧可汽化为 800Nm^3 气态氧。

5.2.4 液氧贮槽型式的选择与储量和使用的压力都有关系。根据液氧储量选择采用常压贮槽或压力贮槽的原则与液氮贮槽基本相同。但当用户的使用压力高于 1.2MPa (G) 时，已经没有相应操作压力的贮槽，液氧汽化后还需由氧气压缩机升压。因此采用常压贮槽加液氧泵升压，直接汽化成所需压力的气态氧是比较合理的。

5.2.6~5.2.7 同 5.1.7~5.1.8。

5.2.7 氧气升压或减压设施有很高的危险性，由用户设置氧气升压或减压设施等于增加危险因素、扩大危险范围，因此在空分装置界区内统一设置后再供给用户所需压力的氧气是较合理的。

6 工艺管道设计

6.1 压缩机管道的设计

6.1.1 离心式压缩机吸入管道的设计规定的理由如下：

- a) 离心式压缩机吸入管道没有脉冲现象, 故管径按气相管道正常标准确定即可;
- e) 吸声材料可选用玻璃棉毡或矿渣棉毡 80mm~100mm, 外加抹 10mm~15mm 石棉水泥砂浆;
- f) 离心式压缩机在工作时, 叶轮处于高速旋转状态。固体颗粒的撞击会造成叶轮表面受损, 进而导致工作效率下降, 当累积到严重程度时压缩机将不能正常运转。离心式空气压缩机的吸入管道是直接和大气相通的, 在潮湿环境中处于停车状态时水气有可能凝结成液态水。采用不锈钢材质可避免管道锈蚀产生异物, 当采用碳钢材质时, 关闭设置的切断阀或盲板可将管道与大气隔绝, 在必要时还可充氮密封。但切断阀会增加管道阻力, 影响压缩机效率, 应尽量避免使用。

6.1.2

- f) 离心式压缩机有固定的喘振流量, 当流量低于喘振流量时便发生喘振, 因此离心式压缩机都应设置防喘振设施。

6.1.4

- f) 当用户的氧气和氮气用量降低时, 为避免压缩机放空损失, 故在压缩机出口管道至第一级进口管道设置带有调节阀组的回流管道。

7 冷箱基础技术要求

7.1 冷箱基础设计的依据是空分设备制造厂商提供建议的冷箱基础设计条件图, 故应符合其要求。

7.3 非冻胀性土层是指基岩或无地下水的砂卵石等土壤, 其余土层为冻胀性土层。

7.4 空分装置室外冷箱基础, 根据具体情况分别采用以下几种型式。

- a) 例如建在基岩或无地下水的砂卵石等土层上时, 冷箱基础顶面高出地坪 200mm~300mm 即可。
- b) 高台式冷箱基础高出地面 900mm~1200mm, 根据制造厂要求在基础内埋设 $\phi 200\text{mm}$ ~ $\phi 150\text{mm}$ 、有 3%~5% 坡度的通风管若干根; 柱墩架空式即用若干根高度 1500mm~2000mm 的混凝土墩将冷箱架空, 使冷箱与地面部分的实体基础间形成空气层。此基础的冷箱位置较高, 空气层容易积水且不易清理。
- c) 型钢架空式: 即在地面部分的实体基础上用槽钢将封闭的冷箱架起, 使冷箱底部与基础面形成空间, 用钢板将冷箱底部与基础面形成空间焊死, 使冷箱封闭。并在槽钢上开通风孔, 形成通风通道, 用空气作为隔冷层。该法的优点是工程量小, 造价低。

8 自控系统设计原则

8.3 重要工艺参数包括全部工艺设备及管道上的温度、压力、流量、分析和公用物料管道上的主要参数。

8.8 空分装置的压缩机在开车和运转时需要密封气及自动仪表气源, 正常生产时可由本装置预净化后的原料空气供给。

中 华 人 民 共 和 国
石 油 化 工 行 业 标 准
石油化工企业氮氧系统设计规范
SH/T 3106—2009

*

中国石化出版社出版
中国石化集团公司工程标准发行总站发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 84271850
石化标准编辑部电话：(010) 84289937
读者服务部电话：(010) 84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com.cn
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 48 千字
2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

*

书号：155114·0126
(购买时请认明封面防伪标识)