

ICS 71.100.20

J 76

备案号: 51510—2015

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 8693—2015

代替 JB/T 8693—1998

大中型空气分离设备

Large and medium scale air separation plants

2015-10-10 发布

2016-03-01 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 术语和定义.....	2
4 产品分类和型号.....	2
5 技术要求.....	3
5.1 工程条件.....	3
5.2 基本要求.....	5
5.3 产品性能要求.....	5
5.4 空分设备的组成.....	6
5.5 其他技术要求.....	10
6 空分设备出厂检验.....	10
7 成套空分现场检验.....	11
7.1 成套空分设备性能检验条件.....	11
7.2 测量仪表及精度或精密度.....	11
7.3 产品氧气、氮气、液体（液氧、液氮、液氩）流量测定.....	11
7.4 空气流量测定.....	12
7.5 产品氧纯度测定.....	12
7.6 产品氮纯度测定.....	12
7.7 产品氩纯度测定.....	12
7.8 压缩能耗测定.....	12
7.9 能耗计算.....	12
7.10 噪声测定.....	13
7.11 透平压缩机的轴振动测定.....	13
7.12 仪表投表率.....	13
8 标志、包装、运输和贮存.....	13
附录 A（资料性附录） 通过贮槽体积测定液体产量流量的计量方法.....	15
A.1 通过贮槽体积测定液体产量流量的计量方法.....	15
A.2 ΔV 值的确定.....	15
A.3 V_v 值的确定.....	16
A.4 V_F 值的确定.....	16
A.5 V_h 值的确定.....	16
附录 B（资料性附录） 氧气当量和综合液体产品量的计算方法.....	18
B.1 流程 I 中氧气当量的计算.....	18
B.2 流程 II、流程 III 中氧气当量的计算.....	18
B.3 流程 IV 中综合液体产品量的计算.....	19

JB/T 8693—2015

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替JB/T 8693—1998《大中型空气分离设备》，与JB/T 8693—1998相比主要技术变化如下：

- 本标准更体现了合同技术在空气分离设备订货合同中的重要性；
- 标准中的产品流程仍分为四类，但流程形式有了较大调整；
- 增加了“A产品当量”“当量单位制氧能耗”“综合液体产品”“综合液体产品量”“单位综合液体产品能耗”五项术语的定义；
- 将原料空气条件改为吸风口空气中有害杂质允许极限含量（见表1），相关数据参考GB 16912的规定；
- 补充了蒸汽条件（见表4）和密封气条件（见表6）；
- 完善了基本性能参数（见表8），空分氧产量增加到60000等级（不包括60000），重新计算了外压缩流程当量单位制氧能耗，增加了3.0 MPa（G）等级氧内压缩流程空分设备当量单位制氧能耗；
- 增加了大中型空气分离设备的组成相关内容（见5.4）；
- 本标准提出了外压缩和内压缩流程的当量单位制氧能耗以及液体流程的单位综合液体产品能耗的计算方法（见7.9）；
- 根据近几年的生产实践和相关标准要求，对其他部分技术要求也做了修改。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国气体分离与液化设备标准化技术委员会（SAC/TC504）归口。

本标准起草单位：杭州杭氧股份有限公司、开封空分集团有限公司、四川空分设备（集团）有限责任公司。

本标准主要起草人：周智勇、韩一松、王定伟、赵问银、谭德远、徐星、夏鸿雁、周芬芳。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- ZB J 76010.1—1988、ZB J 76010.2—1988；
- JB/T 8693—1998。

大中型空气分离设备

1 范围

本标准规定了大中型空气分离设备（以下简称空分设备）的术语和定义、产品分类和型号、技术要求、出厂检验、现场检验、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于氧气产量大于或等于 1 000 m³/h 且小于 60 000 m³/h，以低温法分离空气制取氧、氮及氩产品的空分设备。

特大型空气分离设备可参照本标准执行。

注 1：本标准中未注明的压力为表压，加上“(A)”为绝压。

注 2：本标准中氧、氮和氩产量均为标准状态下的气体量，即 0℃、101.325 kPa (A) 状态下的气体量，单位为立方米每小时 (m³/h)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 150（所有部分） 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB/T 2624（所有部分） 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量

GB/T 2888 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法

GB 3096 声环境质量标准

GB/T 3863 工业氧

GB 4053.2 固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯

GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台

GB/T 4842 氩

GB/T 5831 气体中微量氧的测定 比色法

GB/T 10606 空气分离设备术语

GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB 14194 永久气体气瓶充装规定

GB/T 14295 空气过滤器

GB 16912 深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程

GB/T 18442（所有部分） 固定式真空绝热深冷压力容器

GB/T 20801（所有部分） 压力管道规范 工业管道

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50017 钢结构设计规范

GB 50030 氧气站设计规范

JB/T 8693—2015

- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范
- GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB/T 50441—2007 石油化工设计能耗计算标准
- HG/T 2690 13X 分子筛
- JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装
- JB/T 4734 铝制焊接容器
- JB/T 5902 空气分离设备用氧气管道 技术条件
- JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度
- JB/T 8058 空气分离设备用活性氧化铝 验收技术条件
- JB/T 9077 粉末普通绝热贮槽
- JB/T 11006 空气分离设备 产品型号编制方法
- JC/T 1020 低温装置绝热用膨胀珍珠岩
- SH 3043 石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定
- TSG D0001 压力管道安全技术监察规程—工业管道
- TSG D7002—2006 压力管道元件型式试验规则
- TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

GB/T 10606 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

A 产品当量 the equivalent product A

通过选取空分设备生产的某一规格的 A 产品为基准产品，其他产品利用能量消耗相当的原则折算成该基准产品的流量（质量流量或体积流量）后，所得出的单位时间内 A 产品的流量和单位时间内其他产品折算成基准产品后的流量的总和。

3.2

当量单位制氧能耗 energy consumption per unit of the equivalent oxygen

通过选取某一规格的氧气产品为基准产品，其他产品，如液氧、液氮、液氩、氮气等，利用能量消耗相当的原则折算成单位时间内该规格氧气产品的体积流量，所得出的总能耗和该规格氧气当量的比值。

3.3

综合液体产品 comprehensive liquid product

对于以生产液体产品为主的液体空分设备，将液氧、液氮和液氩产品归为一类产品的总称。

3.4

综合液体产品量 comprehensive liquid product yield

对于以生产液体产品为主的液体空分设备，其单位时间内液氧、液氮和液氩产品的质量流量总和。

3.5

单位综合液体产品能耗 energy consumption per unit of the comprehensive liquid product

对于以生产液体产品为主的液体空分设备，其总能耗和综合液体产品量的比值。

4 产品分类和型号

4.1 产品按基本流程分为四类：

- 外压缩流程：空气过滤压缩，压缩空气预冷纯化，增压空气膨胀，进规整填料上塔，气体产品出冷箱经压缩机加压到用户所需压力，简称流程 I；
- 中低压氧内压缩流程：产品氧气压力 ≤ 3.0 MPa，空气过滤压缩，压缩空气预冷纯化，空气增压，空气中压膨胀，进规整填料上塔，液氧内压缩并复热出冷箱，简称流程 II；
- 高压氧内压缩流程： 3.0 MPa $<$ 产品氧气压力 ≤ 10.0 MPa，空气过滤压缩，压缩空气预冷纯化，空气增压（或氮气循环增压），空气（氮气）中压膨胀，进规整填料上塔，液氧内压缩并复热出冷箱，简称流程 III；
- 全液体空分流程：空气过滤压缩，压缩空气预冷纯化，空气（氮气）循环增压，经高低温透平膨胀机膨胀，进规整填料上塔，液态产品出冷箱，简称流程 IV。

本标准定义了四类常见的流程，每类流程均可根据需要确定是否带全精馏无氢制氮系统，对于非本标准定义的流程（例如液氧自增压流程、低纯氧流程、纯氮设备、独立的氮提取设备、氮氩提取设备、氩氮提取设备、液化设备等）的空分设备可参照执行。

4.2 产品型号按 JB/T 11006 的规定。

5 技术要求

5.1 工程条件

5.1.1 总则：

本标准规定了空分设备设计中需要的常规工程条件，当表 1~表 7 数值与合同技术协议不符时，按合同技术协议的规定，如合同技术协议无明确规定，以本标准为准。

5.1.2 原料空气条件：

空分装置的吸风口与散发碳氢化合物（特别是乙炔）等有害气体发生源应有一定的安全距离。吸风口空气中有害物质含量应通过实际检测，并满足表 1 的要求，其中二氧化碳含量应定期监测。当吸风口空气中有害杂质含量超标且无法避免时，应采取针对性的分子筛吸附措施或其他有效措施。

5.1.3 环境条件按表 2 的规定。

表 1

项目名称	标准值
机械杂质 mg/m^3	30
二氧化碳 CO_2 含量（体积分数） 10^{-6}	400
甲烷 CH_4 含量（体积分数） 10^{-6}	5
乙烷 C_2H_6 含量（体积分数） 10^{-6}	0.1
乙烯 C_2H_4 含量（体积分数） 10^{-6}	0.1
乙炔 C_2H_2 含量（体积分数） 10^{-6}	0.5
丙烷 C_3H_8 含量（体积分数） 10^{-6}	0.05
总烃 C_nH_m 含量（体积分数） 10^{-6}	8
氧化亚氮 N_2O 含量（体积分数） 10^{-6}	0.35

表 2

项目名称	标准要求
大气压力 MPa	0.101 325
温度 $^{\circ}\text{C}$	32
相对湿度 %	80

JB/T 8693—2015

5.1.4 冷却水按表 3 的规定。

5.1.5 拖动汽轮机组蒸汽参数系列按表 4 的规定。

5.1.6 工业仪表气源按表 5 的规定。

5.1.7 透平膨胀机开车密封气、低温液体泵密封气气源按表 6 的规定。

表 3

项目名称	标准要求
进水压力 MPa	0.4
回水压力 MPa	0.25
最高温度 °C	32
酸碱度 (pH 值)	7~8
悬浮物含量 mg/L	20
总硬度 mmol/L	3.2
污垢系数 $m^2 \cdot K/W$	$1.72 \times 10^{-4} \sim 3.44 \times 10^{-4}$
Cl ⁻ mg/L	300
Ca ²⁺ mg/L	30~200
石油类 mg/L	5

表 4

机组压力类别	压力 MPa		温度 °C	
	锅炉出口	汽轮机进口	锅炉出口	汽轮机进口
中压蒸汽	3.8	3.43	440	435
次高压蒸汽	5.3	4.9	440	435
			475	470
高压蒸汽	9.8	8.8	540	535
超高压蒸汽	13.7	12.7	540	535

表 5

项目名称	标准要求
常压露点	比环境温度值下限值至少低 10°C
气源压力 MPa	≥0.5
仪表前最小压力 MPa	≥0.45
含油量 mg/m ³	≤10
含尘粒径 μm	≤3

注：露点温度不得高于空分设备所在地极端最低温度。

表 6

项目名称	标准要求
常压露点 °C	-65
气源压力 MPa	0.8
密封气进气 MPa	0.7

- 5.1.8 雨量：用户提供最大降雨月的月平均值和 24 h 最高降雨量。
- 5.1.9 风速：用户提供当地完整的风向和风压资料。
- 5.1.10 雪：用户提供当地雪的最大厚度或最大荷重。
- 5.1.11 气温：用户提供当地的极端最高/最低气温及历年月平均最高/最低气温。
- 5.1.12 地震设防烈度应在协议中规定。
- 5.1.13 电源为交流电，电源的电压、相位及频率应符合表 7 的规定，其余相关技术条件应符合 GB/T 12325 的规定。690 V 交流电源适用于大功率液体泵电动机。事故电源如采用 DC 220 V，须在合同技术协议中另行规定。

表 7

电 压		相 位	频 率	
电压 V	允许偏差		频率 Hz	允许偏差
6 000 或 10 000	±7%	3	50	±1%
690				
380				
220	+7%, -10%	1		

5.2 基本要求

- 5.2.1 空分设备的设计、制造、安装及调试应符合国家现行有关法律、法规和强制性标准的规定。
- 5.2.2 空分设备的供方须保证各配套部机符合空分设备供需双方合同技术协议的规定。
- 5.2.3 空分设备制造商应对其出厂的设备、零部件的质量与安全负责，应出具产品合格证及安装、操作、维修等完整的技术文件，对于容器、管道还应出具质量证明书。
- 5.2.4 空分设备配套机器制造商应对整套机组工作性能、可靠性、安全使用寿命、现场性能测试负责，确保机组可靠、安全运行。
- 5.2.5 空分设备宜选择在大气环境清洁地区，宜布置在有害气体及固体尘埃散发源的全年最小频率风向的下风侧，并考虑周围企业扩建时可能对本厂安全带来的影响。
- 5.2.6 空分设备距离居民区要考虑噪声影响，应符合 GB 12348、GB 3096 的规定。
- 5.2.7 在进行工程设计时，中央控制室的噪声应符合 GB/T 50087 的规定。

5.3 产品性能要求

- 5.3.1 基本性能参数按表 8 的规定。
- 5.3.2 空分设备宜采用针对性设计，其产品系列按照氧气产量 (m^3/h) 推荐采用 1 000、1 500、3 200、4 500、6 000、10 000、15 000、20 000、25 000、30 000、35 000、40 000、45 000、50 000、55 000，供需双方应签订合同技术协议，规定产品使用的工程条件、使用性能及试验方法等，供方应保证产品符合合同技术协议的要求。
- 5.3.3 空分设备的能耗应不大于合同技术协议规定值的 104%。
- 5.3.4 空分设备的起动时间即从膨胀机起动开始至达到合同规定的氧气纯度的时间，一般为 48 h。
- 5.3.5 空分设备的解冻时间不少于 36 h，不包括排液时间。
- 5.3.6 噪声超过环境保护标准的规定时，应采取隔音或消声措施，并应达到 GB 12348 的规定。
- 5.3.7 仪表投表率应不低于 95%。

表 8

项目名称	单位	性能参数															
		1 000	1 500	3 200	4 500	6 000	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	35 000	40 000	45 000	50 000	55 000	
氧气产量	m ³ /h																
氧气纯度	%	≥99.6															
氮气纯度	10 ⁻⁶	1~100															
氮氧比	—	≤2:1															
当量单位 I	kW·h/m ³	0.58	0.56	0.53	0.50	0.46	0.44	0.43	0.425	0.42	0.414	0.412	0.41	0.406	0.404	0.400	
制氧能耗 II	kW·h/m ³	—	—	—	—	—	0.650	0.635	0.625	0.621	0.615	0.612	0.608	0.603	0.600	0.599	
运行周期	年	≥2															
<p>注 1: 本表中的当量单位制氧能耗可作为参考指标, 实际设备的考核能耗指标以合同技术协议的要求为准。</p> <p>注 2: 表中的数据基于大气压为 0.101 325 MPa (A), 原料空气透平压缩机吸入口空气温度为 20℃ 的状态。</p> <p>注 3: 运行周期指两次大加温之间的间隔期, 运行率不小于 98%。非空分设备故障原因造成的大加温可按运行周期计算。</p> <p>注 4: 流程 I~IV 的含义见 4.1 的规定。</p> <p>注 5: 氧气纯度、氮气纯度和氮氧比不符合表中规定时可按技术协议的规定。</p> <p>注 6: 表中流程 I、流程 II 的当量单位制氧能耗以原料空压机空气流量扣除空分用仪表空气流量及其他非空分用空气流量后的设计值为准, 总能耗组成仅考虑空分压缩机机组 (流程 I 包括原料空气透平压缩机, 流程 II 包括原料空气透平压缩机和增压机)、空气预冷系统、空气纯化系统、工艺流程液体泵四部分的能耗, 不计气体产品外部压缩、仪控系统、循环水系统、空冷器系统及其他公用工程辅助系统的能耗:</p> <p>1) 表中当量单位制氧能耗的计算方法详见 7.9 的规定;</p> <p>2) 对流程 I 考虑生产 ≤8% 氧气产量的液体作为产品, 包括考虑安全因素而排放少量液氧量;</p> <p>3) 对流程 II 考虑生产 ≤15% 氧气产量的液体作为产品, 以液氧增压至 3.0 MPa 等压复热至常温的产品规格作为参考。</p> <p>注 7: 因流程 III、IV 流程组织变化多, 能耗难以统计, 本表未将流程 III、IV 能耗数据列出。</p>																	

5.4 空分设备的组成

5.4.1 总则

空分设备通常由原料空气过滤器、原料空气透平压缩机、空气预冷系统、空气纯化系统、空气 (氮气) 增压机、增压透平膨胀机 (制冷)、分馏塔系统、液体贮存汽化系统、氧气压缩机、氮气压缩机、仪表控制系统、电气控制系统等组成。

5.4.2 原料空气过滤器

原料空气过滤器主要作用是除去原料空气中的灰尘及其他机械杂质, 其应满足以下要求:

- 原料空气过滤器处理能力应为加工空气量的 2 倍;
- 过滤器的效率、阻力应符合 GB/T 14295 的规定;
- 过滤器应具备自动反吹功能, 滤芯能在线更换;
- 对于沙尘暴多发地区应有完善的防范措施。

5.4.3 原料空气透平压缩机

原料空气透平压缩机的作用是为装置提供带压空气, 使流体有能力沿工艺路线流动。机器一般由电动机或蒸汽轮机拖动。原料空气透平压缩机应满足以下要求:

- 空压机应设置振动、轴位移、油压、油温、水压、轴承温度及排气温度等报警联锁装置, 开车

前应做好模拟联锁试验；

- b) 空压机应带有完善的防喘振系统；
- c) 空压机应带有全量放空系统；
- d) 空压机应带有入口导叶调节系统。

5.4.4 空气预冷系统

空气预冷系统的作用是冷却和洗涤原料空气，其应满足以下要求：

- a) 空冷塔空气出口应设压力低值报警、联锁，以防止空气出空冷塔带水；
- b) 水路系统用水须清洁，避免起泡沫；
- c) 对于冬季气温较低的地区，空冷塔上段、水冷塔整体、空气出空冷塔管道、冷冻水管道、纯（污）氮气进水冷塔管道应由工程设计加保冷措施，空气进空冷塔管道应加防烫措施，空冷塔、水冷塔底部液面计、液位变送器及相应取压管道应有蒸汽或电加热伴热保温措施；
- d) 对于历年来月平均最低气温在零度以下的地区，空冷塔下段、水冷塔下段、水泵宜布置于室内。

5.4.5 空气纯化系统

空气纯化系统的作用是脱除空气中的水分、乙炔、二氧化碳、氧化亚氮（部分吸附）等，应满足以下要求：

- a) 活性氧化铝应符合 JB/T 8058 的规定；
- b) 分子筛的验收应符合 HG/T 2690 的规定；
- c) 经分子筛吸附器处理后，空气中二氧化碳含量（体积分数）应不大于 1×10^{-6} ；
- d) 分子筛吸附器单台吸附时间一般不少于 3.5 h；
- e) 蒸汽加热器污氮气出口应设置微量水分析仪，其露点不高于 -65°C ；
- f) 分子筛吸附器进出管道、加热器及其管道应分别包扎绝热层。

5.4.6 空气（氮气）增压机

空气（氮气）增压机一般用在内压缩空分或液体空分流程，主要作用是提供中压膨胀气源、中高压液氧（氮）汽化气源。增压机应满足以下要求：

- a) 增压机入口应设置临时过滤器；
- b) 增压机各段入口应设有流量调节装置；
- c) 增压机应满足 5.4.3 a)、b) 的要求。

5.4.7 增压透平膨胀机

增压透平膨胀机主要作用是提供冷量。膨胀机应满足以下要求：

- a) 增压端、膨胀端入口应分别设置过滤器，并定期清洗；
- b) 宜具有密封气压力与油压的差压联锁保护装置，密封气压力调至规定值方能启动油泵；
- c) 临时停机或加温过程中仍须供油和密封气。

5.4.8 分馏塔系统

分馏塔系统是空分设备的核心部分，其作用是利用低温精馏来分离空气中的氧、氮、氩。分馏塔系统应满足以下要求：

- a) 主冷凝蒸发器、液氧蒸发器一般采用浴式结构，浴式主冷凝蒸发器、液氧蒸发器液氧中乙炔及其他碳氢化合物含量符合表 9 的规定。
- b) 浴式主冷凝蒸发器液氧液位全浸操作。

表 9

控制指标	报警值 (体积分数) 10^{-6}	最大允许值 (体积分数) 10^{-6}
甲烷 (CH ₄)	250	500
乙炔 (C ₂ H ₂)	0.05	0.1
乙烯 (C ₂ H ₄)	100	200
乙烷 (C ₂ H ₆)	125	250
丙烯 (C ₃ H ₆)	17.5	35
丙烷 (C ₃ H ₈)	50	100
碳四烃	2.5	5
总碳 (折合甲烷计)	250	500
氧化亚氮 (N ₂ O)	40	60

- c) 浴式主冷凝蒸发器、液氧蒸发器底部应连续抽取部分液氧, 其抽取量不低于氧气产量的 1%。
- d) 分馏塔系统的操作应按制造厂提供的使用说明书的有关规定, 每天必须对液氧、液空中的碳氢化合物含量进行一次检测, 并记录存档。
- e) 分馏塔系统基础应有必要的防水、防冻措施。
- f) 分馏塔系统冷箱设计应考虑风载荷、雪载荷、地震载荷影响, 并符合 GB 50017 的规定。
- g) 分馏塔系统冷箱内支架应采用不锈钢材质。
- h) 分馏塔系统冷箱平台梯子宜采用斜梯结构, 并符合 GB 4053.2~4053.3 的规定。
- i) 分馏塔系统冷箱内管道设计应符合 GB/T 20801 (所有部分) 的规定。
- j) 分馏塔系统应充分考虑热胀冷缩对管路及设备的影响, 确保管系具有足够自补偿能力。
- k) 排放液氧、液氮、液空或液氩时, 应向空气中气化排放, 并排放在安全区域。
- l) 分馏塔冷箱正常运行时应充入干燥氮气保持正压 (50 Pa~300 Pa), 并经常检查, 冷箱应分层设有压力表、冷箱安全阀、分析取样点等。
- m) 冷箱保冷珠光砂应符合 JC/T 1020 的规定。

5.4.9 液体贮存汽化系统

液体贮存汽化系统主要作用是贮存空分设备产出的液氧、液氮、液氩产品, 并通过低温液体泵、自增压器、汽化器等设备提供备用的氧气、氮气、氩气。液体贮存汽化系统应满足以下要求:

- a) 低温液体贮槽的设计应符合 GB/T 18442 (所有部分) 的规定;
- b) 低温液体应汇集排放至安全区域;
- c) 液氧贮存汽化系统布置应满足 GB 50016 的规定;
- d) 氧、氮、氩气瓶充装应满足 GB 14194 的规定;
- e) 氧、氮、氩灌装台的设计应符合 GB 50030 的规定;
- f) 液体贮存汽化系统应设置必要的安全泄放装置, 如安全阀、爆破片等;
- g) 液体贮存汽化系统区域应考虑必要的通风, 特别是大型常压贮槽区域。

5.4.10 氧气压缩机

氧气压缩机是为空分设备生产的产品氧气提高压力所设置的机器, 氧气产量小于 6 000 m³/h 的空分设备, 一般采用无油活塞式压缩机, 大于或等于 6 000 m³/h 的空分设备一般采用单轴型的离心压缩机。

压缩机通常由异步电动机或汽轮机驱动，一般不允许采用同步电动机驱动。透平氧气压缩机应满足以下要求：

- a) 严格控制氧气在压缩过程和流动过程中的温度、流速，并符合 GB 16912 的规定；
- b) 叶轮、主轴等转子零件必须采用纯氧中燃点较高的不锈钢材料，氧气管道及管件材料应符合 GB 16912 的规定；
- c) 氧气压缩机内部除叶轮外的部件若采用碳钢或铸铁，与氧气接触表面必须进行表面镀铜或与之相当的表面安全处理；
- d) 所有与氧气接触的表面在投运前必须经过严格清理和脱脂处理，并经严格检查，确保流道表面干净，无焊渣、焊瘤、翻边、尖角和油脂存在，尤其禁止有固体颗粒存在；
- e) 氧气压缩机一般需要设置用比较耐火的材料制作的无顶棚防火墙加以保护；
- f) 氧气压缩机必须配备在线的足量灭火氮气，能快速置换压缩机及相应部件内的氧气容积；
- g) 氧气压缩机和相关部件必须有可靠的接地措施，以防止静电积聚，并设置有可靠的防雷、避雷设施；
- h) 氧气压缩机必须设置有可靠的仪表控制和保护系统，以对压缩机的轴振动、轴位移、轴承和壳体的温度，氧气的温度等进行严格的在线监控保护，以及对压缩机的运行工况进行在线监控调节，自动实现压缩机的防喘保护和安全保护连锁；
- i) 氧气压缩机的入口管道和出口管道上应有可靠的隔断措施；
- j) 氧气压缩机附近应通风良好，防止氧气积聚；
- k) 对氧气压缩机及相关部件维修时，应对维修环境的氧气浓度进行监控。

5.4.11 氮气压缩机

氮气压缩机是为空分装置生产的产品氮气提高压力所设置的机器，氮气流量小于 $6\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 时一般采用容积式压缩机，大于 $6\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 时一般采用离心压缩机，压缩机通常由电动机或汽轮机驱动。由于氮气为窒息性气体，氮气压缩机还须满足以下要求：

- a) 氮气压缩机的入口管道和出口管道上应有可靠的隔断措施；
- b) 氮气压缩机附近应通风良好，防止氮气积聚；
- c) 对氮气压缩机及相关部件维修时，应对维修环境的氮气浓度进行监控。

5.4.12 仪表控制系统

仪表控制系统的主要作用是完成空分设备的检测、监视、操作、自动调节和连锁保护，以保证成套设备的长期、稳定安全运行。仪表控制系统应满足以下要求：

- a) 中控室宜设置集散控制系统（或机组综合控制系统）。
- b) 中控室应设置紧急停车按钮；
- c) 转动设备应就地设置停车按钮；
- d) 仪表控制系统投产前应根据工艺要求进行模拟试验，确保各种连锁控制达到要求；
- e) 仪表信号电缆应采用屏蔽电缆，电缆布设距离动力电缆较近时，应采取隔离措施；
- f) 集散控制系统的设备及带微机处理的分析仪表，其工作环境温度应为 $18\text{℃}\sim 30\text{℃}$ ，机柜温度为 $18\text{℃}\sim 30\text{℃}$ ；
- g) 集散控制系统所需的不间断电源设备（UPS），应时刻处于正常状态；
- h) 分析仪表的标准气瓶间，宜与分析仪表室隔开。

5.4.13 电气控制系统

电气控制系统的主要作用是通过优化供配电方案和对用电设备的控制、保护、计量、通信等功能合

理配置，在满足工艺要求的条件下，确保空分设备能安全、可靠、经济运行。电气控制系统应满足以下要求：

- a) 电机等用电设备应满足现场条件（海拔、湿热带、室内室外等）的相应要求。
- b) 电气设备（高低压开关柜、变压器、变频器等）必须确保安全可靠、操作维护方便。电气控制、保护、信号和计量装置的设置应符合国家相关标准或规范的规定。
- c) 电气设备的防护等级应满足现场使用条件和国家相关规范的要求。
- d) 为保证供电的可靠性，高、低压电源宜采用双回路供电，主接线采用单母线分段设母联的方式。如润滑油系统设有事故油泵，还须有一路事故电源。
- e) 为减少电机起动时对电网及机械的冲击，在母线短路容量不满足起动时母线电压不低于 85%（特殊情况不低于 80%）要求时，需采用降压起动或软起动。
- f) 电气设备外壳和因静电存在而危及安全运行的设备（如冷凝蒸发器等）均应设置接地端子（接地极）。
- g) 为保证供电质量，根据要求及实际情况在高压或低压母线上设置电容无功补偿装置。

5.5 其他技术要求

5.5.1 配套的压力容器应符合 TSG R0004、GB 150（所有部分）、GB/T 151 和 JB/T 4734 等有关法规、标准的规定。

5.5.2 氧气管道应符合 GB 16912、JB/T 5902 的规定，高压氧气阀门设计应符合 GB 16912 的规定。

5.5.3 氧气调节阀组宜设置独立阀门室或防护墙（氧气厂、站的氧气调节阀组应设在主厂房外），其防火间距可根据工艺要求确定，但与氧气贮罐的防火间距不应小于 3.5 m。

5.5.4 与氧气接触的零件须采用在氧气中惰性较强的材料，并应完全脱脂，其表面清洁度应符合 JB/T 6896 的规定。

5.5.5 空分设备的工程设计和安装应符合产品设计要求和 GB 50016、GB 50274、GB 50275 等标准及有关法规的规定。

5.5.6 机器设备的操作工、机修工和仪表工必须熟悉机器和设备的结构和操作，须经培训考试合格，才能上岗位操作。

5.5.7 用户应根据生产工艺要求制定安全操作规程、定期检查保养和巡视制度、备件管理制度，并严格执行。

5.5.8 当机械或设备出现故障时，应及时报告和处理。对于严重故障，应向制造厂提出反馈意见。制造厂应对反馈意见及时处理，应定期访问用户，了解产品使用运转情况，以改进设计，提高产品质量。

5.5.9 应用于化工及石化项目的空分装置的设备、管道及钢结构的表面色和标志应参照 SH 3043 的规定执行。

6 空分设备出厂检验

6.1 配套的压力容器须按 TSG R0004 的规定进行检验，并提供相应的质量证明文件。

6.2 压力管道管线须按 TSG D0001 的规定进行检验，并提供相应的质量证明文件。

6.3 各配套机器须按相应部机的产品标准或技术文件和图样在厂内检验合格，新设计机器须厂内试验合格后才能出厂，若受条件限制须在现场检验时，应在合同技术协议中注明。

6.4 所有外购、外配件，如电动机、压缩机、电控设备、泵、阀门、仪表及其他部机等，均须有制造厂合格证明书以及流程图、总图、基础图、安装说明书和使用说明书。

6.5 分子筛、活性氧化铝和焊丝经制造厂检验合格后，提供合格证明书。空分设备供应商可抽检，送具有国家检测资质的第三方复验，达到技术协议要求为合格。

7 成套空分现场检验

7.1 成套空分设备性能检验条件

成套空分设备性能检验条件如下：

- a) 性能检验必须在工况稳定后进行。连续测定时间为 48 h 或者按技术协议规定，每小时记录一次，取其平均值。
- b) 性能检验期内所测数据在下列波动范围内可不进行修正：压力和温度在 95%~105%、压差在 98%~102%、电压在 95%~105%、频率在 99%~101% 范围内。
- c) 由于客观条件限制，测试工况偏离本标准规定或偏离设计工况时，测试结果应换算。
- d) 测试用的仪器仪表，如因条件限制等无法应用表 10 所列精度的仪表时，可以使用制造厂提供的工业用仪表，其精度应经计量部门校准合格。

7.2 测量仪表及精度或精密度

测量仪表及精度或精密度按表 10 的规定。

表 10

测量项目	仪表名称	精度或精密度
温度	铂电阻温度计 Pt100	分度值不大于 0.5℃ (±0.15+0.002 4 t)
压力	压力计	1.6 级
	U 形压差计	示值范围的±1.5%，分度值 10 Pa~40 Pa，连接管内径不小于 6 mm
	气压计	真空处连接管内径不小于 10 mm，±66.6 Pa (±0.5 mmHg)
	流量差压变送器	0.1%
电量	电流表	0.5 级
	电压表	0.5 级
	瓦特表	1.0 级
纯度	氧分析仪	分度值 0.05%O ₂
	微量氧分析仪	分度值 0.2×10 ⁻⁶ O ₂
振动、噪声	测振仪	±5%
	声级仪	分度值 1 dB(A)

注：t 为感温元件实测温度绝对值。

7.3 产品氧气、氮气、液体（液氧、液氮、液氩）流量测定

7.3.1 测定流量应与测定纯度同步进行。测前应检查所有管接头不得有任何泄漏或堵塞。

7.3.2 流量测量装置的安装使用按 GB/T 2624（所有部分）的规定。节流装置的孔板一般采用标准孔板，安装在产品出分馏塔管道上。

7.3.3 产品气体的流量可按公式（1）加以修正：

$$V = V_1 \sqrt{\frac{p_1 T_1}{p T}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

V——修正后的气体流量，单位为立方米每小时（m³/h）；

V₁——测试时二次仪表的流量读数，单位为立方米每小时（m³/h）；

- p ——工作状态下孔板前气体压力，单位为兆帕 (MPa)；
- T_1 ——设计工况下孔板前气体温度，单位为开 (K)；
- p_1 ——设计工况下孔板前气体压力，单位为兆帕 (MPa)；
- T ——工作状态下孔板前气体温度，单位为开 (K)。

7.3.4 液体产量流量测定一般有两种方法，一是通过贮槽体积的计量方法，另一种采用低温液体流量计测量。通过贮槽体积的计量方法参考附录 A。

7.4 空气流量测定

- 7.4.1 进分馏塔空气流量宜在分子筛吸附器后、进冷箱前的空气管道总管上测定。
- 7.4.2 当大气条件与设计条件不符时，流量按公式 (1) 换算。

7.5 产品氧纯度测定

- 7.5.1 分析氧气纯度的取样点在出冷箱的产品氧气总管处。
- 7.5.2 氧气纯度分析按 GB/T 3863 的规定进行，或采用经标准气校验过的分析仪表测定纯度。

7.6 产品氮纯度测定

- 7.6.1 分析氮纯度的取样点在出冷箱的产品氮气总管处。
- 7.6.2 氮气中氧含量采用经标准气校验过的分析仪表测定，或按 GB/T 5831 的规定测定。发生争议时，按 GB/T 5831 规定的测定结果仲裁。

7.7 产品氩纯度测定

- 7.7.1 分析氩纯度的取样点在精氩塔纯液氩引出管处。
- 7.7.2 分析氩纯度通过测量氩中微量氧和氩中微量氮的方法进行。采用经标准气校验过的分析仪表测定纯度，或按 GB/T 4842 的规定进行测定。

7.8 压缩能耗测定

7.8.1 电动机拖动压缩机压缩能耗测定

电动机输入有功功率按公式 (2) 计算。

$$N = \sqrt{3}IU \cos \varphi / 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- N ——电动机输入有功功率，单位为千瓦 (kW)；
- I ——输入电流，单位为安 (A)；
- U ——输入电压，单位为伏 (V)；
- $\cos \varphi$ ——功率因数。

7.8.2 蒸汽轮机拖动压缩机压缩能耗测定

蒸汽能耗折算参见 GB/T 50441—2007 中表 3.0.8 的规定。

7.9 能耗计算

7.9.1 流程 I、II、III 的当量单位制氧能耗按公式 (3) 计算。

$$N_{O_2} = \frac{\sum N}{\sum V_{O_2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

N_{O_2} ——当量单位制氧能耗,单位为千瓦时每立方米($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$);

ΣN ——总能耗:由空压机能耗、增压机能耗(如有)、空气预冷系统能耗、空气纯化系统能耗、工艺流程液体泵能耗组成,单位为千瓦(kW);

ΣV_{O_2} ——氧气当量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

注1:空气预冷系统能耗包括水泵的能耗和冷冻机组的能耗。

注2:空气纯化系统的能耗应折算到每小时的平均能耗。

注3: ΣV_{O_2} 的计算方法可参考附录B。

7.9.2 流程IV的单位综合液体产品能耗按公式(4)计算。

$$N_L = \frac{\Sigma N}{\Sigma Q_L} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

N_L ——单位综合液体产品能耗,单位为千瓦时每千克($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{kg}$);

ΣN ——总能耗:由空压机能耗、增压机能耗、空气预冷系统能耗、空气纯化系统能耗组成,单位为千瓦(kW);

ΣQ_L ——综合液体产品量,单位为千克每小时(kg/h)。

注1:空气预冷系统能耗包括水泵的能耗和冷冻机组的能耗。

注2:空气纯化系统能耗应折算到每小时的平均能耗。

注3: ΣQ_L 的计算方法可参考附录B。

7.10 噪声测定

7.10.1 透平压缩机噪声测定方法按GB/T 2888的规定。

7.10.2 放空消声的噪声测定方法可参照GB/T 2888的规定。

7.10.3 测定的噪声包括辅机噪声。

7.11 透平压缩机的轴振动测定

透平压缩机的轴振动在靠近径向轴承处测定。

7.12 仪表投表率

7.12.1 仪表投表率按公式(5)计算。

$$A = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

A ——仪表投表率;

n ——在运转的仪表只数;

N ——仪表总数。

7.12.2 仪表总数为控制室表盘上和(或)计算机控制的测点数、就地的仪表数和分析室分析用仪表数的总和。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 成套空分设备应在明显位置设置标牌,其尺寸应符合GB/T 13306的规定。

8.2 成套空分设备的铭牌内容至少应包括:

- a) 产品型号;
- b) 产品名称;
- c) 出厂日期;
- d) 制造厂名称。

8.3 成套空分设备（含配套机组）的出厂技术文件应包括下列内容：

- a) 出厂合格证;
- b) 压力容器质量证明书、竣工图;
- c) 装箱清单;
- d) 成套交货范围;
- e) 安装技术要求;
- f) 使用说明书;
- g) 随机技术文件及图样清单（按合同规定的清单提供）。

8.4 包装运输参照 GB/T 13384 和 JB/T 4711 的规定。

8.5 空分设备的保管规定如下：

- a) 产品安装前最好安放在库房内，垫高离地 300 mm。因条件限制可以安放在排水畅通的场地上。但是为了避免风雨侵湿，太阳暴晒造成对产品的影响，必须用油布、塑料遮盖。有条件的搭建简易的彩钢房，加以保护。
- b) 妥善保管，并符合单机说明书的有关规定，超过规定的油封期应重新油封。
- c) 对于分子筛、活性氧化铝等吸附干燥剂，最好安放在库房内，垫高离地 300 mm。如需尽快填装的，因条件限制可以安放在排水畅通的场地上，但需垫高离地 300 mm，并必须用油布、塑料遮盖严实，严防受潮，受潮严重时不能使用。
- d) 空分设备到货后 18 个月或出厂后 24 个月内应安装运转。在此期间除易损件外的所有零、部件如因制造厂的质量问题影响正常运转，制造厂应无偿地予以及时修理或更换。

附录 A

(资料性附录)

通过贮槽体积测定液体产量流量的计量方法

A.1 通过贮槽体积测定液体产量流量的计量方法

单位时间内生产的产品液体折算成的标准状态下的气体量按公式 (A.1) 计算。

$$V = \Delta V + V_V + V_F + V_h \dots \dots \dots (A.1)$$

式中:

V ——单位时间内生产的产品液体折算成的标准状态下的气体量, 单位为立方米每小时 (m^3/h);

ΔV ——单位时间内, 通过直接测量的贮槽液体体积变化而折算成的标准状态下的气体量, 单位为立方米每小时 (m^3/h);

V_V ——贮槽静日蒸发率折算成单位时间内的液体蒸发损失量, 单位为立方米每小时 (m^3/h);

V_F ——单位时间内, 出冷箱液体经低温液体管道进入贮槽过程中, 因压降和闪蒸后的汽化损失量, 单位为立方米每小时 (m^3/h);

V_h ——单位时间内, 出冷箱液体经低温液体管道时, 因冷损导致的汽化损失量, 单位为立方米每小时 (m^3/h)。

A.2 ΔV 值的确定

A.2.1 立式贮槽的 ΔV 按公式 (A.2) 计算。

$$\Delta V = \frac{\rho S \Delta H}{\rho_0} \dots \dots \dots (A.2)$$

式中:

ρ ——贮槽内液体工作状态下的密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);

S ——贮槽的横截面积, 单位为平方米 (m^2);

ΔH ——单位时间内贮槽液位变化值, 单位为米 (m);

ρ_0 ——标准状态下的气体密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3)。

A.2.2 卧式贮槽的 ΔV 按公式 (A.3) 计算。

$$\Delta V = \frac{\rho \int_H^{H+\Delta H} S dH}{\rho_0} \dots \dots \dots (A.3)$$

式中:

ρ ——贮槽内液体的实际密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);

S —— $H+dH$ 高度贮槽的横截面积, 单位为平方米 (m^2);

H ——测试开始时液体升至的高度, 单位为米 (m);

$H+\Delta H$ ——单位时间后液体升至的高度, 单位为米 (m);

ρ_0 ——标准状态下的气体密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3)。

A.3 V_V 值的确定

粉末普通绝热贮槽的 V_V 值可以根据 JB/T 9077 规定的贮槽日蒸发率计算得到。固立式真空绝热深冷压力容器的 V_V 值可以根据 GB/T 18442（所有部分）规定的贮槽日蒸发率计算得到。

A.4 V_F 值的确定

V_F 值可根据冷箱出口温度和压力以及贮槽内的压力，由物性计算得到。 V_F 值也可由空分设备供应商在设备供应时提供。

A.5 V_h 值的确定

V_h 按公式 (A.4) 计算。

$$V_h = \frac{Q_{hp} + Q_{hj}}{r} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

Q_{hp} ——真空绝热低温管漏热损失，单位为瓦 (W)；

Q_{hj} ——真空绝热低温管低温接头漏热损失，单位为瓦 (W)；

r ——液体的汽化潜热，单位为瓦每立方米 (W/m^3)。

其中， Q_{hp} 按表 A.1 的规定、 Q_{hj} 按表 A.2 的规定， r 按表 A.3 的规定。

表 A.1

公称直径	每米漏热损失 W/m
DN25	0.63
DN32	0.76
DN40	0.90
DN50	1.01
DN65	1.30
DN80	1.59
DN100	1.93

注：漏热损失指液氮温度下真空绝热低温管直管的漏热损失。

表 A.2

公称直径	接头长度 ^a mm	接头漏热损失		
		阴接头 W	阳接头 W	总漏热损失 W
DN25	600	0.67	0.61	1.28
	875	0.46	0.41	0.87
DN32	600	0.99	0.92	1.91
	875	0.67	0.63	1.30
DN40	600	1.83	1.63	3.46

表 A.2 (续)

公称直径	接头长度 ^a mm	接头漏热损失		
		阴接头 W	阳接头 W	总漏热损失 W
DN40	875	1.25	1.13	2.38
DN50	600	2.69	2.45	5.14
	875	1.85	1.68	3.53

注：接头漏热损失指液氮温度下真空绝热低温管低温接头的漏热损失。

^a 当接头为其他长度时，其漏热损失应符合 TSG D7002—2006 中 B.4.4.2.4.2 的规定。

表 A.3

压力 MPa	潜热 W/m ³			压力 MPa	潜热 W/m ³			压力 MPa	潜热 W/m ³		
	氧	氮	氩		氧	氮	氩		氧	氮	氩
0.1	84.4	68.9	80.3	0.27	79.5	64.4	75.5	0.44	76.4	61.1	72.5
0.11	84.0	68.6	79.9	0.28	79.3	64.1	75.3	0.45	76.3	60.9	72.4
0.12	83.6	68.2	79.5	0.29	79.1	63.9	75.1	0.46	76.1	60.7	72.2
0.13	83.3	67.9	79.1	0.30	78.9	63.7	74.9	0.47	75.9	60.5	72.1
0.14	82.9	67.6	78.8	0.31	78.8	63.5	74.7	0.48	75.8	60.4	71.9
0.15	82.6	67.3	78.4	0.32	78.6	63.3	74.5	0.49	75.6	60.2	71.8
0.16	82.3	67.0	78.2	0.33	78.3	63.1	74.3	0.50	75.5	60.0	71.6
0.17	82.0	66.7	77.9	0.34	78.2	62.9	74.2	0.51	75.3	59.9	71.5
0.18	81.7	66.4	77.6	0.35	78.0	62.7	74.0	0.52	75.2	59.7	71.3
0.19	81.4	66.2	77.3	0.36	77.8	62.5	73.8	0.53	75.0	59.6	71.2
0.20	81.2	65.9	77.1	0.37	77.6	62.3	73.6	0.54	74.8	59.4	71.0
0.21	80.9	65.7	76.8	0.38	77.5	62.2	73.5	0.55	74.7	59.3	70.9
0.22	80.7	65.5	76.6	0.39	77.3	62.0	73.3	0.56	74.6	59.1	70.8
0.23	80.5	65.2	76.4	0.40	77.1	61.8	73.1	0.57	74.5	58.9	70.6
0.24	80.2	65.0	76.2	0.41	76.9	61.6	73.0	0.58	74.3	58.7	70.5
0.25	80.0	64.8	75.9	0.42	76.8	61.4	72.8	0.59	74.2	58.6	70.4
0.26	79.8	64.6	75.7	0.43	76.6	61.3	72.7	0.60	74.0	58.4	70.2

注：潜热指不同压力下的液体折算成标准状态下的气体量所对应的值。

附录 B
(资料性附录)

氧气当量和综合液体产品量的计算方法

B.1 流程 I 中氧气当量的计算

对于以生产氧气为主同时生产一定量的液体，且液体折成气态标准流量后小于氧气标准流量 8% 的流程 I，氧气当量 $\sum V_{O_2}$ 按公式 (B.1) 计算。

$$\sum V_{O_2} = V_{GO_2} + 3V_L \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

V_{GO_2} ——空分设备单位时间内生产的氧气标准流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

V_L ——空分设备单位时间内生产的液氧、液氮和液氩折算成标准状态后的流量总和，单位为立方米每小时 (m^3/h)。

B.2 流程 II、流程 III 中氧气当量的计算

对于除生产压力氧气外，还兼备生产压力氮气、部分的液氧、液氮和液氩的内压缩流程， $\sum V_{O_2}$ 按公式 (B.2) 计算。

$$\sum V_{O_2} = V_{GO_2} + \frac{e_{LO_2}}{e_{GO_2}} V_{LO_2} + \frac{e_{LN_2}}{e_{GO_2}} V_{LN_2} + \frac{e_{LAR}}{e_{GO_2}} V_{LAR} + \sum \left(\frac{e_{PGN_i}}{e_{GO_2}} V_{PGN_i} \right) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

V_{GO_2} ——单位时间内生产的氧气标准流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

e_{LO_2} ——单位时间内生产液氧折算成的气氧的单耗，单位为千瓦时每立方米 ($kW \cdot h/m^3$)；

e_{GO_2} ——单位当量制氧能耗，单位为千瓦时每立方米 ($kW \cdot h/m^3$)；

V_{LO_2} ——单位时间内生产的液氧折算成的气氧的流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

e_{LN_2} ——单位时间内生产液氮折算成的气氮的单耗，单位为千瓦时每立方米 ($kW \cdot h/m^3$)；

V_{LN_2} ——单位时间内生产的液氮折算成的气氮的流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

e_{LAR} ——单位时间内生产液氩折算成的气氩的单耗，单位为千瓦时每立方米 ($kW \cdot h/m^3$)；

V_{LAR} ——单位时间内生产的液氩折算成的气氩的流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)；

e_{PGN_i} ——单位时间内生产第 i 股压力氮气折算成的气氮的单耗，单位为千瓦时每立方米 ($kW \cdot h/m^3$)；

V_{PGN_i} ——单位时间内生产的第 i 股压力氮折算成的气氮的流量，单位为立方米每小时 (m^3/h)。

注： e_{LO_2} 、 e_{LN_2} 、 e_{LAR} 、 e_{PGN_i} 可以采用表 B.1 中的经验参数或经验式估算。

e_{GO_2} 可以通过公式 (3) 和公式 (B.2) 采用迭代法计算。每次通过公式 (3) 计算后得到的 N_{O_2} 值可作为下一次计算的 e_{GO_2} 值，其迭代计算的初始值可采用表 B.2 数值。

表 B.1

e_{LO_2}	1.05
e_{LN_2}	0.65
e_{LAr}	0.9
e_{PGN_i}	$e_{PGN_i} = \frac{1.0313 \times 10^{-4} T}{\eta} \ln \left(\frac{p_{PGN_i}}{p_{atm} + 0.005} \right)$
<p>注 1: p_{PGN_i}——第 i 股产品压力氮气的压力, 单位为兆帕 (MPa) (绝)。 注 2: p_{atm}——当地大气压力, 单位为兆帕 (MPa) (绝)。 注 3: T 推荐采用氮气产品温度。 注 4: η——对能耗估算时推荐取 0.68, 对工程能耗评估时可按机组的效率取值。</p>	

表 B.2

产品氧气压力	参 数				
	1.2 MPa	3.0 MPa	5.2 MPa	8.5 MPa	10 MPa
$e_{GO_2} / (kW \cdot h/m^3GO_2)$	0.55	0.6	0.625	0.645	0.67
<p>注: 液体量小于 15%, 压力氮产量—氧气产量比例不大于 10% 的条件下, 推荐采用此法, 其中不同氧气压力的 e_{GO_2} 值可以采用内插法估算。</p>					

B.3 流程IV中综合液体产品量的计算

综合液体产品量按公式 (B.3) 计算。

$$\sum Q_L = Q_{LO_2} + Q_{LN_2} + Q_{LAr} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

Q_{LO_2} ——单位时间内生产的液氧质量流量, 单位为千克每小时 (kg/h);

Q_{LN_2} ——单位时间内生产的液氮质量流量, 单位为千克每小时 (kg/h);

Q_{LAr} ——单位时间内生产的液氩质量流量, 单位为千克每小时 (kg/h)。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
大 中 型 空 气 分 离 设 备
JB/T 8693—2015

*

机 械 工 业 出 版 社 出 版 发 行
北 京 市 百 万 庄 大 街 22 号
邮 政 编 码：100037

*

210mm×297mm·1.5 印 张·44 千 字
2016 年 6 月 第 1 版 第 1 次 印 刷
定 价：24.00 元

*

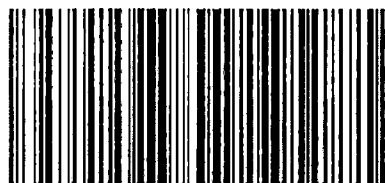
书 号：15111·13134

网 址：<http://www.cmpbook.com>

编 辑 部 电 话：(010) 88379399

直 销 中 心 电 话：(010) 88379693

封 面 无 防 伪 标 均 为 盗 版



JB/T 8693-2015

版 权 专 有 侵 权 必 究