



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 8693—1998 代替 ZB J76 010.1—88、ZB J76 010.2—88

大中型空气分离设备

Large and medium scale air separation plants

机械工业部 1998 - 03 - 19 批准 1998 - 07 - 01 实施

前言

本标准是对 ZB J76 010.1—88《大中型空气分离设备技术条件》和 ZB J76 010.2—88《大中型空气分离设备性能试验方法》的修订。

本标准在以下主要技术内容上有所改变：

——本标准更体现了技术合同（或技术协议）在空气分离设备交货中的重要性；

——标准中的产品流程由两类增加到四类，并调整和补充了其性能指标；

——增加了关系到产品质量而又非供方所为的工程设计和安装要求；

——根据近几年的生产实践和相关标准要求，对其它部分技术要求也作了修改；

——标准中去掉了 ZB J76 010.1—88 中的三个附录。

本标准自生效之日起，同时代替 ZB J76 010.1—88 和 ZB J76 010.2—88。

本标准由机械工业部气体分离与液化设备标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：杭州制氧机集团有限公司。

本标准主要起草人：杨光富、张传力、徐谦先、薄达。

1 范围

本标准规定了大中型空气分离设备的定义、产品分类和型号、技术要求、性能试验和检验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于氧气产量大于或等于 1000m³/h，以低温法分离空气制取氧、氮气体及氩的空气分离设备（以下简称空分设备）。

注：

1. 本标准中氧、氮产量均为标准状态的气体量，即 0℃，101.325kPa（绝）状态下的气体量，单位为 m³/h。

2. 本标准中的压力未注明者为表压，加上（绝）为绝压。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 150—89 钢制压力容器

GB151—89 钢制管壳式换热器

GB/T 2624—93 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量

GB/T 2888—91 风机和罗茨风机噪声测量方法

GB/T 3863—1995 工业用氧

GB 4208—93 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 5831—86 气体中微量氧的测定 比色法

GB/T 7820—87 细孔球形硅胶

GB/T 9007—88 粗孔球形硅胶

GB/T 10606.1—89 空气分离设备术语 基本术语

GB/T 10606.2—89 空气分离设备术语 单元设备

GB/T 10606.5—89 空气分离设备术语 透平膨胀机

GB/T 10606.6—89 空气分离设备术语 低温液体泵

GB/T 10607—89 空气分离设备产品型号编制方法

- GB/T 13306—91 标牌
- GB/T 13384—93 机电产品包装通用技术条件
- GBJ 16—87 建筑设计防火规范
- GBJ 87—85 工业企业噪声控制设计规范
- JB 2536—80 压力容器油漆、包装、运输
- JB/T 5902—92 空气分离设备用氧气管道
技术条件
- JB/T 6896—93 空气分离设备 表面清洁度
- JB/T 7263—94 空气分离设备用 13X 分子筛
验收技术条件
- JB/T 8058—96 空气分离设备用活性氧化铝
验收技术条件
- JBJ 29—96 压缩机、风机、泵安装工程施工
及验收规范
- JBJ 30—96 制冷设备、空气分离设备安装工
程施工及验收规范

3 定义

本标准采用 GB/T 10606.1、GB/T 10606.2、GB/T 10606.5 和 GB/T 10606.6 的定义。

4 产品分类和型号

- 4.1 产品按流程分为四类：
- 切换式换热器低压流程（简称流程Ⅰ）；
- 分子筛净化低压流程（简称流程Ⅱ）；
- 分子筛净化增压流程（简称流程Ⅲ）；
- 分子筛净化增压填料精馏流程（简称流程Ⅳ）。

注：非本标准流程（例如生产液态氧、氮产品和内压缩式流程等）的大中型空分设备可参照执行。

4.2 产品型号按 GB/T 10607 的规定。

5 技术要求

5.1 工程条件

5.1.1 原料空气见表 1。

表 1

项目名称	单 位	要 求
机械杂质	mg/m ³	< 30
CO ₂	10 ⁻⁶	≤ 400
CH ₄		≤ 50
C ₂ H ₂		≤ 1
C ₂ H ₄		≤ 30

5.1.2 环境条件见表 2。

表 2

项目名称	单 位	要 求
海拔高度	m	≤ 350
温 度	℃	≤ 33
相对湿度	%	≤ 80

5.1.3 冷却水见表 3。

表 3

项目名称	单 位	要 求
进口最大压力	MPa	按合同规定
进口最小压力		
最大压降		
回水压力		
最高温度	℃	≤ 32
酸碱度	pH 值	7 ~ 8
悬浮物含量	mg/L	≤ 100
总硬度	mmol/L	≤ 3.2
水垢系数	m ² ·K/W	0.00026 ~ 0.00043

5.1.4 蒸汽的压力和饱和温度应在合同中规定。

5.1.5 无油无尘仪表空气气源见表 4。

表 4

项目名称	单 位	要 求
露 点	℃	≤ - 40
气源压力	MPa	> 0.5
仪表前最小压力		> 0.45

5.1.6 雨量：用户提供平均值和 24h 最高降雨量。

5.1.7 风速：用户提供离地面 10m 处最大风速。

5.1.8 雪：用户提供当地雪的最大厚度或最大荷重。

5.1.9 地震烈度应在合同中规定。

5.1.10 电源为交流电，并应符合有关标准规定，电源的电压、相位及频率见表 5。

表 5

电 压			相位	频 率		
电压	单位	偏差		频率	单位	偏差
6000 或 10000	V	± 5%	3	50	Hz	± 1%
380						
220			1			

5.1.11 在进行工程设计时，中央控制室的噪声应符合 GBJ 87 规定，不高于 60 dB (A)。

5.1.12 环境条件与上述要求不符或需要另行增加项目，如地下水位、地耐力、冷冻剂要求等，由用户提出，经双方协商在合同中规定。

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 除合同另有规定，空分设备的供方须保证各配套部机满足整体要求，符合成套空分设备供需双方合同规定。

5.3 产品性能要求

5.3.1 基本性能参数见表 6。

表 6

项目名称		单位	性 能 参 数							
氧产量		m ³ /h	1000	1500	3200	4500	6000	10000	15000	30000
氧纯度		%	≥99.6							
氮纯度		10 ⁻⁶ O ₂	≤100				≤10			
氮氧比	I	N ₂ :O ₂	(1~1.1):1							
	II		(1~2):1							
	III									
	IV									
单位制氧能耗	I	kW·h/ m ³ O ₂	0.680	0.620	0.600	0.580	0.530	0.510	—	—
	II		0.720	0.655	0.625	0.600	0.540	0.520	—	0.454
	III		—	—	0.550	0.530	0.510	0.480	0.450	0.440
	IV		—	—	0.530	0.505	0.470	0.450	0.430	0.420
运转周期	I	年	≥1							
	II		≥2							
	III									
	IV									

注:

1. 运转周期指两次大加温之间的间隔期, 运转率不小于 98%。非设备原因造成的大加温可按运转周期计算。
2. 表中性能参数以合同的第一工况为考核工况。
3. I、II、III、IV 的含义见产品分类。
4. 氮纯度和氮氧比值不符合表中规定时可按合同规定。
5. 本标准以生产气态产品为主, 包括因素考虑设备安全而排放少量液氧。
6. 单位制氧能耗是以入塔空气量的设计值为依据。

5.3.2 空分设备宜采用针对性设计，其产品系列按照氧产量（m³/h）推荐采用 1000，1500，3200，4500，6000，10000，15000 和 30000，供需双方应签订技术合同（或技术协议），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技术合同（或技术协议）要求。

5.3.3 空分设备的单位制氧能耗应不大于合同规

定值的 104%，如果设计参数与表 6 相同，则应不大于表 6 规定值的 104%。

5.3.4 空分设备的起动时间即从膨胀机启动开始至达到合同规定的氧气纯度的时间，一般不应超过 48h。

5.3.5 空分设备的解冻时间一般为 36h。

5.3.6 透平压缩机的轴振动值按式（1）计算：单轴压缩机为式（1）计算值；齿轮压缩机为式（1）计算值的 1.5 倍。但经证明存在着电的或机械的径向跳动时，所测得的振动值可以矢量地减去式（1）计算值的 25%或 6.4μm，取两者的较大值。氧气产量大于或等于 10000m³/h 的空分设备的透平压缩机应配置轴振动测量装置或按合同规定。

$$A = 25.4 \sqrt{\frac{12000}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：A——全振幅，μm；
n——最高连续转速，r/min。

5.3.7 噪声超过环境保护标准规定时，应采取隔音或消声措施，并应达到国家有关标准规定。

5.3.8 投表率应不低于 95%。

5.4 其它技术要求

5.4.1 配套的压力容器应符合劳动部《压力容器安全技术监察规程》、GB 150、GB 151 和有色金属压力容器等有关标准的规定。

5.4.2 氧气管道应符合 JB/T 5902 的规定。

5.4.3 与氧气接触的零件忌用可燃性材料，并应安全脱脂，其表面清洁度应符合 JB/T 6896 的规定。

5.4.4 细孔球形硅胶应符合 GB/T 7820 的规定，粗孔球形硅胶应符合 GB/T 9007 的规定，分子筛应符合 JB/T 7263 的规定，活性氧化铝应符合 JB/T 8058 的规定。

5.4.5 室外安装的电机及机器设备均应具有防锈防护要求。电机应符合 GB 4208 的规定，并选用湿热带型的电机。

5.4.6 室外安装的设备及易于导致静电效应的电器以及室内有关设备（如冷凝蒸发器等）均应接地，成套设备应设避雷装置。

5.4.7 空分设备的工程设计和安装应符合产品设计要求 and GBJ 16、JBj 29、JBj 30 等标准及有关法规的规定。

5.4.8 供方应提供 1 年（或按合同规定）的备件。

5.4.9 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。

5.4.10 空分设备的操作应按制造厂提供的使用说明书的有关规定，每班必须对液氧、液空中的乙炔、碳氢化合物含量进行一次检测。

5.4.11 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。

5.4.12 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。

5.4.13 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。

6 性能试验和检验方法

检验分为出厂检验和成套性能检验。

6.1 出厂检验

6.1.1 配套的压力容器必须按《压力容器安全技术监察规程》规定进行检验，并提供相应的质量证明文件。

6.1.2 各单元部机必须按相应部机的产品标准或技术文件在厂内试车合格（如受条件限制必须在现场检验时，应在合同中注明）。

6.1.3 所有外购、外配件如电机、压缩机、电控设备、泵、阀门、仪表及其它部机等均须有制造厂合格证明书。

6.1.4 硅胶、分子筛、活性氧化铝和焊丝应进厂复验合格。

6.2 成套空分设备现场性能检验

6.2.1 成套空分设备性能检验条件

6.2.1.1 性能检验必须在工况稳定后进行。连续测定时间为 72 h 或按合同规定，每小时测定一次，取其平均值。

6.2.1.2 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%、转速在 97% ~ 103%、电压在 95% ~ 105%、频率在 99% ~ 101% 范围内。

6.2.1.3 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，测试结果应予换算。

6.2.1.4 测试用的仪器仪表，如因条件限制等无法应用表 7 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。

6.2.2 测量仪表及精度

测量仪表及精度要求见表 7。

表 7

测量项目	仪表名称	精 度
温 度	玻璃温度计 铂电阻温度计 Pt100	±0.5℃,分度值不大于 0.5℃ 经 校 验 和 补 偿 (± 0.15 + 0.0024t)
压 力	压力计 U 形压差计 气压计 流量差压变送器	1.5 级 满度值的 ±1.5%,最小分度值 10 ~ 40Pa,连接管内径不小于 6mm 真空处连接管内径不小于 10mm ±66.6Pa 经 ±0.5% U 形差压计校验
功 率	电流表 电压表 瓦特表 电流互感器	0.5 级 0.5 级 1.0 级 0.5 级
纯 度	氧分析仪 氮分析仪	最小分度 0.05% O ₂ 最小分度 10 ⁻⁶ O ₂
振动、 噪声	测振仪 声级仪	±5% 最小分度 1dB(A)

6.2.3 产品氧、氮流量测定

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。

6.2.3.1 流量测量装置的安装使用按 GB/T 2624 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。

6.2.3.2 干燥产品氧、氮的流量可按式(2)加以修正:

$$V = V_i \sqrt{\frac{pT_i}{p_iT}} \dots\dots\dots (2)$$

式中: V——修正后的气体流量, m³/h;
V_i——测试时二次仪表的流量读数, m³/h;
p、p_i——工作状态下和设计工况下孔板前气体压力, MPa(绝);
T、T_i——工作状态下和设计工况下孔板前气体温度, K。

6.2.3.3 流量如经过仪表(温度、压力)自动修正, 则流量无需经式(2)进行修正。

6.2.4 空气流量测定

6.2.4.1 进分馏塔空气流量应在空气冷却塔或分子筛吸附器后的空气管道上测定。

6.2.4.2 空气的干燥部分流量测定按 GB/T 2624

的规定。

6.2.4.3 空气流量按式(3)修正:

$$V = \frac{V_1 (p - \varphi p_s) T_1}{(p_1 - \varphi_1 p_{s1}) T} \sqrt{\frac{p_1}{p}} \quad \text{..... (3)}$$

式中: V 、 V_1 ——修正后实际流量和仪表读数, m^3/h ;

p 、 p_1 ——饱和分压的实际值和设计计算值, $\text{MPa}(\text{绝})$;

φ 、 φ_1 ——相对湿度的实际值和设计计算值, %;

p 、 p_1 ——工作状态下和设计工况下的压力, $\text{MPa}(\text{绝})$;

T 、 T_1 ——工作状态下和设计工况下气体在孔板前的温度, K ;

ρ 、 ρ_1 ——空气密度的实际值和设计计算值, kg/m^3 。

6.2.5 产品氧纯度测定

6.2.5.1 分析氧气纯度的取样点在出冷箱的氧气总管处。

6.2.5.2 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。

6.2.6 产品氮纯度测定

6.2.6.1 分析氮纯度的取样点在出分馏塔排气管处。

6.2.6.2 氮气中氧含量的分析采用经标准气校验过的分析仪表测定, 或按 GB/T 5831 的规定进行。发生争议时, 按 GB/T 5831 规定的测定结果仲裁。

6.2.7 压缩功耗测定

功率消耗根据电动机输入功率和电机效率进行计算。

6.2.7.1 电动机输入功率按式(4)计算:

$$N = \sqrt{3}IU \cos \varphi / 1000 \quad \text{..... (4)}$$

式中: N ——输入电动机端子的功率, kW ;

I ——输入电流, A ;

U ——输入电压, V ;

$\cos \varphi$ ——功率因数。

6.2.7.2 压缩功率按式(5)计算:

$$N_k = N \eta_e \quad \text{..... (5)}$$

式中: N_k ——空压机功率, kW ;

η_e ——电机效率(由电动机生产厂提供), %。

6.2.8 单位制氧电耗按式(6)计算:

$$N_{O_2} = \frac{\sum N}{\sum V_{O_2}} \quad \text{..... (6)}$$

式中: N_{O_2} ——单位制氧电耗, $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$;

$\sum N$ ——成套设备总电耗, kW ;

$\sum V_{O_2}$ ——每小时生产的产品氧总和, m^3/h 。

6.2.8.1 成套设备总电耗, 一般按式(7)计算:

$$\sum N = N_k + N_f + N_p \quad \text{..... (7)}$$

式中: $\sum N$ ——成套设备总电耗, kW ;

N_k ——空压机电耗, kW ;

N_f ——辅机电耗, kW ;

N_p ——膨胀机电耗, kW 。

6.2.8.2 N_f 一般不包括氧、氮产品的压缩功耗和照明用能耗, 具体计算因流程不同而异。分子筛再生能耗可按计算平均值或测定平均值。

a) 流程 I 按式(8)计算:

$$N_f = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 \quad \text{..... (8)}$$

式中: N_f ——辅机电耗, kW ;

N_1 ——压缩机主油泵电耗, kW ;

N_2 ——压缩机润滑系统抽风机电耗, kW ;

N_3 ——膨胀机油泵电耗, kW ;

N_4 ——空冷塔水泵电耗, kW ;

N_5 ——水冷塔水泵电耗, kW ;

N_6 ——液氧泵电耗, kW ;

N_7 ——水冷塔抽风机电耗, kW 。

b) 流程 I、III、IV 按式(9)计算:

$$N_f = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 + N_9 \quad \text{..... (9)}$$

式中: N_8 ——冷冻机电耗, kW ;

N_9 ——分子筛再生电耗。采用蒸汽加热再生时, 按进出蒸气焓差, 计算出加热周期的总热量, 然后换算成电耗, kW 。

6.2.8.3 氧气量包括液体氧在内, 按式(10)计算:

$$\sum V_{O_2} = V_1 + 3V_2 \quad \text{..... (10)}$$

式中: $\sum V_{O_2}$ ——氧气总量, m^3/h ;

V_1 ——气氧产量, m^3/h ;

V_2 ——液体产量(包括液氧、液氮、液氩等)换算至标准状态的气氧量(如果液氧并入管网, 则 V_2 不另外计算), m^3/h 。

6.2.9 噪声测定

6.2.9.1 透平压缩机噪声测定方法按 GB/T 2888 的规定。

6.2.9.2 放空消声的噪声测定方法可参照 GB/T 2888 的规定。

6.2.9.3 测定的噪声包括辅机噪声。

6.2.10 透平压缩机的轴振动在靠近径向轴承处测定。

6.2.11 仪表投表率计算

6.2.11.1 仪表投表率按式(11)计算:

仪表投表率 = $\frac{\text{在运转的仪表只数}}{\text{仪表总数}} \times 100\%$...
..... (11)

6.2.11.2 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,但不包括因用户原因而无法投运的仪表。

7 检验规则

7.1 成套空分设备各单元部机一般应在制造厂检验合格,受条件限制不能在制造厂进行试验时,允许在成套设备性能试验前,在用户处进行试验,但所有的部机均须检验合格才允许投入成套空分设备的性能试验。

7.2 成套空分设备须经 72h 的连续试验或按合同规定,各项指标应符合表 6 或合同要求。

8 标志、包装、运输及贮存

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) 主要性能;
- d) 出厂日期;
- e) 制造厂名。

8.3 成套空分设备(含配套机组在内)的出厂技术文件应包括下列内容:

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

8.4 包装运输参照 GB/T 13384 和 JB 2536 的规定。

8.5 产品安装前应安放在排水畅通的场地上,离地 300mm,妥善保管,并符合单机说明书有关规定,超过规定的油封期时应重新油封。

8.6 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。