ICS 71.100.20
CCS G 86

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

半导体用超高纯氮气制备系统技术规范

Technical specification for ultra-high purity nitrogen preparation systems for semiconductor industrye

（草案）

2026-X-XX 发布 2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

目　　次

1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 2
4 总体要求 2
4.1 系统构成 2
4.2 设计总则 2
4.3 验证方法 3
5 原料气预处理 3
5.1 空气压缩机 3
5.2 预处理链 3
5.3 验证方法 3
6 制备与纯化 3
6.1 工艺路线 3
6.2 氮气分离单元 3
6.3 氮气纯化单元 4
6.4 验证方法 4
7 产品质量要求 4
7.1 等级划分 4
7.2 技术指标 4
7.3 稳定性 5
7.4 试验方法 5
8 输送与终端净化 5
8.1 管道、阀门与连接件 5
8.2 气密性 5
8.3 终端净化 5
8.4 验证方法 5
9 控制与在线监测 5
9.1 在线监测 5
9.2 控制功能 6

9.3 预测性维护 6
9.4 验证方法 6
10 安全与环保 6
10.1 缺氧与富氧防护 6
10.2 防爆与接地 6
10.3 压力设备 6
10.4 环保与职业健康 6
10.5 验证方法 6
11 安装与验收 7
11.1 安装环境 7
11.2 焊接与连接 7
11.3 吹扫与气密性试验 7
11.4 联动调试 7
11.5 验收 7
12 运维与质量管理 7
12.1 质量管理体系 7
12.2 质保与服务 7
12.3 日常运行维护 7
12.4 变更管理 7
12.5 培训 8

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。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次编制。

半导体用超高纯氮气制备系统技术规范

1 范围

本文件规定了半导体用超高纯氮气制备系统的系统总体要求、原料气预处理、制备与纯化、产品质量要求、输送与终端净化、控制与在线监测、安全与环保、安装与验收以及运维与质量管理。

本文件适用于以大气为原料，采用变压吸附+催化纯化、深冷精馏+精制或膜分离+纯化等工艺路线，额定产氮量（以标准状态计）5 Nm^3/h～5000 Nm^3/h、纯度（体积分数）不低于 99.9995%，用于半导体晶圆制造、封装测试、化合物半导体及平板显示等领域集中供氮系统（BSGS/N_2 主站）的设计、制造、安装、调试、验收、运行维护与质量管理。

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 150（所有部分） 压力容器

GB/T 3723 工业用化学产品采样安全通则

GB/T 5274（所有部分） 气体分析 校准用混合气体的制备

GB/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分：电解法

GB/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第2部分：露点法

GB/T 5832.3 气体分析 微量水分的测定 第3部分：光腔衰荡光谱法

GB/T 6285 气体中微量氧的测定 电化学法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 8979 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 8984 气体分析 气体中微量一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物含量的测定 火焰离子化气相色谱法

GB 16912 深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程

GB/T 19001 质量管理体系要求

GB/T 19903 气体分析 词汇

GB/T 43306 气体分析 采样导则

GB 50029 压缩空气站设计规范

GB 50030 氧气站设计规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB 50316 工业金属管道设计规范

GB 50646 特种气体系统工程技术标准

GB 50724 大宗气体纯化及输送系统工程技术规范

TSG 21— 固定式压力容器安全技术监察规程（Supervision Regulation on Safety

Technology for Stationary Pressure Vessel）

ISO 8573-1— 压缩空气 第 1 部分：污染物纯净度等级（Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes）

ISO 14644-1— 洁净室及相关受控环境 第 1 部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级（Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration）

3 术语和定义

GB/T 19903 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半导体用超高纯氮气 ultra-high purity nitrogen for semiconductor industry

以大气为原料制备、纯度（体积分数）不低于 99.9995%、水分露点不高于-70 ℃、颗粒物洁净度满足规定等级，可直接用于半导体晶圆制造、清洗、退火、封装等工艺环节的氮气。

3.2

半导体用超高纯氮气制备系统 ultra-high purity nitrogen preparation system for semiconductor industry

由原料空气压缩与预处理、氮气分离、氮气纯化、输送分配、终端净化、在线监测与控制及辅助安全设施组成的、可连续稳定输出符合本文件规定质量指标氮气的成套装置。

3.3

变压吸附 pressure swing adsorption；PSA

利用固体吸附剂在不同压力下对气体组分选择性吸附的差异，通过加压吸附、减压解吸的循环过程实现气体分离的工艺。

3.4

催化脱氧 catalytic deoxidation

在金属催化剂作用下，使氮气中的残氧与加入的氢气（或与碳）发生化学反应生成水（或二氧化碳）并予以脱除的工艺。

3.5

用气点终端净化 point-of-use purification；POU

在用气设备接口上游设置的、用于脱除输送管网中引入的痕量杂质与颗粒的最终净化环节。

3.6

氮气回收率 nitrogen recovery rate

单位时间内产品氮气中氮组分的物质的量与原料空气中氮组分的物质的量之比。

4 总体要求

4.1 系统构成

系统应由下列单元构成：原料空气压缩与预处理单元、氮气分离单元、氮气纯化单元、输送分配单元、终端净化单元、在线监测与控制单元以及辅助与安全设施。各单元宜采用撬装化、模块化设计，单元间通过法兰或 VCR 接头连接。

4.2 设计总则

4.2.1 系统应能在额定工况下连续稳定运行，年累计运行时间不少于 8000 h，大修周期不

低于24个月。
4.2.2 系统应设置备用供气通道，任意单点故障不应导致供气中断；关键部件（吸附塔、催化剂床、控制器、电源）应按 N+1 或热备配置。
4.2.3 系统设计应符合 GB 50029、GB 50030、GB 50316 与 GB 50724 的规定；采用深冷工艺时还应符合 GB 16912 的安全要求。
4.2.4 单位产氮综合电耗（额定工况）：变压吸附工艺不高于 0.35 kWh/Nm³，深冷精馏工艺不高于 0.30 kWh/Nm³，膜分离工艺不高于 0.40 kWh/Nm³；氮气回收率分别不低于 55%、80%、40%。
4.2.5 系统应预留 10%～20% 的扩容接口，便于后续技改。

4.3 验证方法

通过审查设计文件、铭牌参数、能耗实测报告与运行记录，验证是否符合 4.1～4.2 的规定。

5 原料气预处理

5.1 空气压缩机

5.1.1 应选用无油螺杆或离心式机型，排气含油量不高于 0.01 mg/m³，符合 ISO 8573-1 Class 1 的要求。
5.1.2 空压机出口至氮气分离单元入口之间的压降应不大于 0.05 MPa。

5.2 预处理链

5.2.1 预处理链应依次包括气液分离、冷干机或吸干机、多级精密过滤器及活性炭吸附器。
5.2.2 经预处理的压缩空气质量应不低于 ISO 8573-1 Class 2.4.1 的规定，进入吸附塔或精馏塔的加工空气应不含油雾与游离水。
5.2.3 预处理单元应设置压差、露点在线监测；滤芯更换周期不应超过制造商规定的使用寿命。

5.3 验证方法

使用经校准的光散射式残余油分检测仪与露点仪，在预处理单元出口连续采样 8 h，按 ISO 8573-1 判定压缩空气质量等级；测量单元进出口压差并核查压差趋势记录。

6 制备与纯化

6.1 工艺路线

系统工艺路线可选用变压吸附+催化纯化、深冷精馏+精制或膜分离+纯化；工艺选择应综合产气规模、纯度等级、用气连续性及经济性确定。

6.2 氮气分离单元

6.2.1 变压吸附工艺应采用双塔（或多塔）交替运行，单塔吸附时间与切换周期由 PLC 自动控制；碳分子筛装填应密实均匀，正常工况下使用寿命不低于8年。
6.2.2 深冷精馏工艺应采用上、下塔双级精馏结构，主换热器宜采用板翅式或绕管式；系统应具备液氮/气氮双工况切换能力；关键设备应符合 GB 16912 的安全要求。
6.2.3 膜分离工艺膜组件应采用聚酰亚胺或同等性能中空纤维膜；进膜空气应经预加热与深

度除水处理；单套膜组件使用寿命不低于5年。

6.3 氮气纯化单元

6.3.1 催化脱氧催化剂应选用钯系或铜系，残氧脱除深度应不大于 0.1×10^{-6}（体积分数）；采用加氢脱氧时，反应器出口应设置水冷+冷干两级脱水；采用碳载脱氧时，出口应设置 CO_2 吸附塔；反应器进出口压差应不大于 0.02 MPa。

6.3.2 脱水吸附干燥器应采用双塔自动切换结构，再生期间系统不得出现供气中断或杂质超标事件。

6.3.3 催化剂与吸附剂应设置失效预警机制，在达到设计寿命 90% 时给出更换提示。

6.4 验证方法

按 GB/T 6285 测定反应器出口残氧；测量反应器进出口压差；按 3.6 定义测算氮气回收率；模拟单塔失效工况，验证自动切换与联锁保护功能。

7 产品质量要求

7.1 等级划分

产品氮气按纯度与杂质控制水平分为两级：

a) UN5.5 级：纯度（体积分数）≥99.9995%，适用于封装测试、LED/平板显示、一般清洗吹扫；

b) UN6.0 级：纯度（体积分数）≥99.9999%，适用于晶圆制造、光刻、刻蚀、扩散、CVD 等先进制程。

7.2 技术指标

产品氮气纯度与杂质含量应符合表1的规定。数值修约按 GB/T 8170 执行。

表 1 产品氮气技术指标

序号	项目	UN5.5 级	UN6.0 级
1	氮气纯度（体积分数）/10^{-2}	≥99.9995	≥99.9999
2	氧（O_2）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
3	氢（H_2）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
4	一氧化碳（CO）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
5	二氧化碳（CO_2）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
6	甲烷（CH_4）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
7	总烃（以甲烷计）含量（体积分数）/10^{-6}	≤0.5	≤0.1
8	水分（H_2O）含量（体积分数）/10^{-6}	≤1.0	≤0.1
9	水分露点/℃	≤-70	≤-80
10	氩（Ar）含量（体积分数）	供需双方协商	供需双方协商
11	颗粒物（≥0.1 μm）	ISO 14644-1 规定的 ISO Class 4 级	ISO 14644-1 规定的 ISO Class 3 级

注 1：水分含量与露点两项指标满足其一即可判定合格。

注 2：UN6.0 级单组分杂质限值严于 GB/T 8979 超纯氮等级，以适应≤14 nm 先进制程对

痕量杂质的控制需求。

7.3 稳定性

额定工况下，24 h 内系统出口压力波动不超过±0.01 MPa，流量波动不超过±2%，杂质含量不应出现超出表1限值的瞬态超标事件。

7.4 试验方法

按 GB/T 43306 与 GB/T 3723 采样；按 GB/T 8984 测定 H_2 、CO、CO_2 、CH_4 及总烃；按 GB/T 6285 测定O_2 （仲裁采用氦离子化气相色谱法）；按 GB/T 5832.2 测定水分露点（仲裁按 GB/T 5832.3 光腔衰荡光谱法）；颗粒物按 ISO 14644-1 采用离散式光散射粒子计数器在产品气出口采样点测定。

8 输送与终端净化

8.1 管道、阀门与连接件

8.1.1 与产品氮气接触的管道、阀门、连接件及储罐内壁应采用 SS316L 或同等及以上等级不锈钢材料，并附材质证明书与炉批号追溯记录。

8.1.2 管道内壁应采用 BA（光亮退火）或 EP（电解抛光）处理：UN5.5 级系统可采用 BA 级，内壁粗糙度 Ra≤0.4 μm；UN6.0 级系统应采用EP级，内壁粗糙度Ra≤0.15 μm，并经高纯水清洗、氮气充填包装。

8.1.3 管道连接应采用自动轨道氩弧焊，焊缝内壁成型光滑、无氧化色；关键接口可采用 VCR 接头，垫片应采用金属密封或全氟醚橡胶（FFKM）；焊接工艺应符合 GB 50236 的规定。

8.1.4 产品气切断阀应选用波纹管阀或隔膜阀；不得使用球阀、闸阀等存在死腔的阀型。

8.2 气密性

系统安装完成后应进行氦质谱检漏，漏率应不大于 1×10^{-9} Pa·m³/s；不得使用含油压缩空气吹扫，应采用高纯氮气分级吹扫并经颗粒物检测合格后方可投运。

8.3 终端净化

8.3.1 在氮气主站出口应设置终末精密过滤器，过滤精度不大于 0.003 μm，过滤效率不低于 99.9999999 %（9N 级）。

8.3.2 在用气点接口上游应设置 POU 终端净化器，进一步脱除输送管网中引入的痕量 O_2 、H_2 O、CO、CO_2 、总烃及颗粒；UN6.0 级系统 POU 净化器出口杂质应控制在 10^{-9}（ppb）量级。

8.3.3 应设置缓冲罐或稳压罐，容积按系统额定产气量的 30 s～60 s 用气量选取；产品气出口应设置不合格气自动放空联锁回路，当任一关键指标超出表 1 限值时，PLC应在 5 s 内完成阀门切换并将不合格气排入安全放空系统。

8.4 验证方法

核查材质证明与焊缝内窥镜记录；使用内壁粗糙度仪检测Ra值；氦质谱检漏仪逐点扫描；在 POU 净化器上下游同步采样比较杂质含量与颗粒物，验证净化效率。

9 控制与在线监测

9.1 在线监测

9.1.1 应在氮气主站出口与关键用气支路连续在线监测氮气纯度、O_2 、H_2 O、H_2 、CO、CO_2 、总烃含量及颗粒物，监测频次不低于每 30 s 一次，数据保存周期不少于2个月。
9.1.2 在线分析仪表应至少每6个月按 GB/T 5274 用有证标准物质校准一次，校准结果应可追溯至国家计量基准；颗粒物计数器应符合 ISO 14644-1 的相关要求。

9.2 控制功能

控制系统应具备：
a) 全自动启停、切换与联锁保护；
b) 关键参数实时采集、趋势分析与阈值报警；
c) 双路冗余供电与关键仪表双配置；
d) 远程监控接口，支持 OPC UA、Modbus TCP 等标准通信协议；
e) 运行数据、报警记录、维护记录的完整追溯。

9.3 预测性维护

系统宜配备基于大数据或人工智能的预测性维护模块，对催化剂、吸附剂、滤芯、压缩机等关键部件的剩余寿命进行在线评估，提前 14 d 以上给出预警。

9.4 验证方法

使用可溯源标准气体对在线分析仪进行示值误差校准；人为模拟故障工况，验证自动切换、联锁保护、双路电源切换及远程通信功能。

10 安全与环保

10.1 缺氧与富氧防护

制氮机房应通风良好，设置缺氧（O_2＜19.5%）与富氧（O_2＞23.5%）报警装置；报警信号应就地声光显示并同步至中控系统。

10.2 防爆与接地

系统及管线应可靠接地，接地电阻不大于 4 Ω；爆炸危险区域内电气设备应符合 GB 50058 的防爆要求。

10.3 压力设备

压力容器、压力管道的设计、制造、安装与检验应符合 TSG 21 及 GB/T 150 的规定。

10.4 环保与职业健康

10.4.1 变压吸附工艺产生的富氧解吸气和深冷工艺产生的污氮应集中收集后安全排放，排放口应远离人员密集区与进气口。
10.4.2 废催化剂、废吸附剂应交由有资质单位处置，不得随意丢弃。
10.4.3 操作人员应配备便携式氧含量检测仪与相应个人防护装备；进入受限空间作业应执行许可制度。

10.5 验证方法

核查报警装置的标定证书与动作试验记录；使用接地电阻测试仪实测接地电阻；核查压力容器、安全阀的检验合格证明；核查危险废物转移联单。

11 安装与验收

11.1 安装环境

管路预制与焊接应在洁净棚或同等受控环境下进行；管材、阀件、密封件应保持原厂真空密封包装直至安装，端口的临时封堵应随时恢复。

11.2 焊接与连接

焊接应采用自动轨道氩弧焊，管内通入高纯氩气背保护；每条焊缝应设置唯一编号，UN6.0 级系统关键焊缝应进行 100% 内窥镜内壁检测。

11.3 吹扫与气密性试验

系统安装完成后应执行：

a) 分段高纯氮气吹扫至末端水汽、颗粒物合格；

b) 强度试验及 24h 静态保压试验；

c) 氦质谱精密检漏，漏率符合8.2的规定。

11.4 联动调试

应模拟泄漏、超压、电源丢失、单塔失效等故障工况，验证报警、切断、切换、排风联动的整套保护逻辑；调试完成后连续运行 72h，期间所有指标均应符合本文件的规定。

11.5 验收

11.5.1 验收检验项目包括：外观与文件核查、管道阀门材质证明核查、焊缝内壁成型检查、氦质谱检漏、颗粒物洁净度测试、产品氮气全项杂质分析、系统性能试验（产气量、压力稳定性、回收率、单位综合电耗）及自动联锁功能验证。

11.5.2 任一项不符合要求，供应商应整改后重新进行验收检验。

12 运维与质量管理

12.1 质量管理体系

制造商与运营方应建立覆盖设计、采购、制造、检验、调试、运行及维护的全过程质量管理体系，并通过 GB/T 19001 认证。

12.2 质保与服务

整机质保期自验收合格之日起不少于24个月；碳分子筛、催化剂、膜组件等核心耗材质保期不少于36个月。运营方应建立 7×24h 响应机制，2h 内远程响应，48h 内到达现场处理。

12.3 日常运行维护

12.3.1 应制定日检、周检、月检、年检清单；在线分析仪每6个月校准一次；滤芯、催化剂、吸附剂按设计寿命或预测性维护提示更换，并建立耗材更换台账。

12.3.2 报警、检漏、维护、变更记录应统一归档，保存周期不少于12个月，用于趋势分析与异常归因。

12.4 变更管理

新增用气点、变更用气量或更换核心耗材前应进行变更评审；改动涉及的管路、监测点位与联动逻辑应重新验证，验证范围与改动范围一致。

12.5 培训

运营方应为操作与维护人员提供不少于2人次的免费培训，并提供完整培训资料；特种作业人员应持证上岗。

T/CEATEC XXX—2026

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
半导体用超高纯氮气制备系统技术规范
T/CEATEC XXXX－2026
*
中国欧洲经济技术合作协会
网址
https://www.ceatec.org.cn/
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 XXX 千字
2026 年 X 月第一版 2026 年 X 月第一次印刷
*
如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会
调换
版权专有 侵权必究
举报电话：010-64516951



T/CEATEC XXX—2026