ICS 71.100.20
CCS G 86

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

大宗电子气体现场制气系统设计建造与运维规范

Specification for design, construction, operation and maintenance of on-site generation systems for electronic bulk gases

（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 1
4 总体要求 2
4.1 一般要求 2
4.2 气体质量分级 2
5 工艺系统设计 3
5.1 制气工艺路线 3
5.2 纯化系统 3
5.3 储存与缓冲 3
5.4 输送与管网 4
6 总平面布置与站房设计 4
7 设备与材料 4
8 施工与验收 4
9 运行维护 5
9.1 运行管理 5
9.2 维护保养 5
9.3 备件与应急 5
10 安全管理 5
11 智能化运维 5
12 节能低碳 6
附　录　A （规范性） 大宗电子气体典型质量指标 7

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。

大宗电子气体现场制气系统设计建造与运维规范

1 范围

本文件规定了以现场制气方式向电子生产制造企业供应氮气、氧气、氩气、氢气、氦气及压缩干燥空气等大宗电子气体时，系统的总体要求、工艺设计、总平面布置与站房设计、设备与管道材料、施工与验收、运行维护、安全管理、智能化运维等方面的技术要求。

本文件适用于新建、改建、扩建的电子级大宗气体现场制气系统（含制气站、纯化站、供气站及配套输送管网）的设计、建造与运维。

本文件不适用于液氢的制备与储存，不适用于瓶装、杜瓦罐、液体槽车等零售供气方式，也不适用于电子特种气体（含硅烷、磷烷、腐蚀性气体等）的生产与输送。

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 2894 安全色和安全标志

GB 16912 深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程

GB/T 16942 电子气体 大宗气体

GB 18218 危险化学品重大危险源辨识

GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求

GB/T 20801.1 压力管道规范 第 1 部分：工业管道

GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB/T 29729 氢系统安全的基本要求

GB 30871 危险化学品企业特殊作业安全规范

GB/T 37243 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50030 氧气站设计规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50177 氢气站设计规范

GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

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）

TSG 31 工业管道安全技术规程（Safety Technology Regulation for Industrial Pressure Pipe）

3 术语和定义

GB 50030、GB 50177、GB 50724 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大宗电子气体 electronic bulk gas

用气企业生产过程中使用量较大（一般单点日均用量 ≥ 1000 Nm³）且纯度要求达到电子级（≥ 5N）的气体统称，包括氮气、氧气、氩气、氢气、氦气及压缩干燥空气（CDA）。

3.2

现场制气 on-site gas generation

在用户厂区或厂区紧邻区域建设制气、纯化与供气装置，通过工业管道直接向用气点连续供应符合电子级质量要求气体的供应模式。

3.3

制气系统 gas generation system

由原料预处理单元、气体分离/合成单元、纯化单元、储存缓冲单元、压缩与输送单元、分析检测单元及自动控制与安全联锁单元组成的整体。

3.4

连续可用率 continuous availability

在统计周期内系统向用气点连续、稳定供应符合规格气体的时间占比，以百分数表示。

3.5

无人值守 unattended operation

场站内不设固定运行值班岗位，依靠远程监控、自动控制、预测性维护与应急联动实现生产和安全管理的运行模式。

3.6

痕量杂质 trace impurities

气体中氧、水分、一氧化碳、二氧化碳、总烃、颗粒物、金属离子等影响电子工艺良率的微量组分。

3.7

全生命周期成本 life-cycle cost, LCC

系统在规划、设计、建造、运行、维护直至退役全过程中的费用总和，含能耗、耗材、人工与停线损失。

4 总体要求

4.1 一般要求

4.1.1 系统设计、建造与运维应遵循安全可靠、技术先进、节能低碳、经济合理、智慧运维的原则，满足用户对气体质量、连续性、可追溯性与成本的要求。

4.1.2 系统在设计寿命期内向用气点供应的气体质量应稳定满足供需双方约定的等级，供应压力与流量波动范围应满足用户工艺设备允许的偏差。

4.1.3 关键用气点的连续可用率不应低于 99.99%，一般用气点的连续可用率不应低于 99.9%。系统冗余设计应保证任一单一故障不导致供气中断。

4.1.4 系统的选址、总平面布置、建构筑物防火防爆、电气防雷防静电、消防及应急救援应符合 GB 50016、GB 50030、GB 50177、GB 50057、GB 50058 及 GB/T 37243 的规定。

4.1.5 承压设备与压力管道的设计、制造、安装、改造、维修、使用与检验检测应符合 TSG 21、TSG 31 的规定。

4.1.6 安全仪表功能的安全完整性等级应通过定量评估确定；氢气等可燃气体制气装置的关键安全仪表回路的安全完整性等级不应低于 SIL 2。

4.2 气体质量分级

4.2.1　气体产品纯度等级应按 GB/T 16942及用户工艺要求确定；同一系统宜按用气点需求分级供应，不应过度提纯。

4.2.2　直接接触半导体工艺的高等级气体（纯度不低于 6N）应同时控制颗粒物与金属离子杂质，控制限值见表 1。

表 1　高等级气体颗粒物与金属离子控制限值

项目	限值
颗粒物（粒径≥0.1μm）	≤1 个/Nm³
单个金属离子元素	≤10ppbw

4.2.3　供应系统应建立完整的质量追溯记录，包括原料气来源、设备状态、在线分析数据、维护保养及异常事件，记录保存期限不应少于 5 年。

5　工艺系统设计

5.1　制气工艺路线

5.1.1　应根据气体品种、目标纯度、用量规模、负荷曲线及厂区能源条件，经全生命周期成本与碳足迹对比，在深冷空分、变压吸附、膜分离、电解水制氢、重整制氢等技术路线中择优选取，宜采用多技术耦合方案。

5.1.2　氮气系统应符合下列规定：

a）用量不小于 3000 Nm³/h 且纯度不低于 5N 时，宜采用深冷空分加后级催化脱氧、深度干燥的耦合工艺；

b）用量为 500 Nm³/h～3000 Nm³/h 时，可采用深冷空分或变压吸附制氮加后级纯化；

c）用量不大于 500 Nm³/h 且纯度不高于 4N 时，可采用变压吸附或膜分离制氮。

5.1.3　氧气系统用量不小于 500 Nm³/h 时宜采用深冷空分；用量较小且纯度为90%～99.5%时可采用真空变压吸附。

5.1.4　氩气应作为深冷空分的联产产品，经二次精馏、脱氢除氧及深度干燥制取；纯度要求不低于 6N 时，宜增设金属吸气剂或低温吸附终端纯化器。

5.1.5　氢气系统大规模制氢宜采用重整加变压吸附提纯工艺；园区具备绿电条件时，宜优先采用电解水制氢，并配套后级提纯；纯度不低于 6N 时，宜增加钯膜或低温吸附终端纯化。变压吸附提纯氢系统应符合 GB/T 19773 的规定。

5.1.6　压缩干燥空气宜采用无油空压机供气，配套冷冻干燥、吸附干燥及多级过滤，露点不应高于-70 ℃，含油量不应大于0.01 mg/m³。

5.1.7　制气装置宜采用模块化、撬装化、预制化设计，减少现场安装工作量。

5.2　纯化系统

5.2.1　纯化单元应根据目标杂质种类配置催化脱氧、吸附、低温精馏、钯膜渗透、金属吸气剂、精密过滤等单元技术，并采用串级与并联冗余配置。

5.2.2　关键吸附塔与反应器应设置备用，再生切换应采用无扰切换逻辑，不应因切换导致纯度跌落超出允许偏差。

5.2.3　纯化系统应配置在线分析仪，对氧、水分、总烃、一氧化碳、二氧化碳及颗粒物进行连续监测，并具备超限报警、自动切换与数据上传功能。在线分析仪应采用可溯源标准气体定期校准，校准周期不应大于3个月。

5.2.4　再生尾气应安全处置：含氢尾气宜经催化氧化或火炬处理；含氧富集尾气排放口应远离可燃物，并满足环保要求。

5.3　储存与缓冲

5.3.1　应根据用气负荷曲线设置缓冲储罐或液化储槽，缓冲容量应满足设备切换及后备支撑需求，且不应小于 15 min 最大用量。
5.3.2　液氧、液氮、液氩储槽应符合 GB 16912 及 TSG 21 的规定。
5.3.3　系统应设置液态后备储槽及汽化器，后备支撑能力不应低于8 h。

5.4　输送与管网

5.4.1　管道设计压力与设计温度应涵盖运行、试验及异常工况；管道分级应符合GB/T 20801.1 的规定。
5.4.2　输送高纯气体的管道应采用内表面粗糙度 Ra不大于0.3μm的316L不锈钢管；阀门应选用隔膜阀或波纹管阀；连接应采用自动轨道焊，辅以径向面密封接头，不应采用螺纹连接。
5.4.3　高纯气体管道安装后应进行氦质谱检漏，泄漏率不应大于 1×10^{-9}mbar·L/s。
5.4.4　管道识别色与标识应符合 GB 2894 的规定；可燃、助燃气体管道应设静电接地，接地电阻不应大于 10 Ω；氧气管道的流速、材质及脱脂要求应符合 GB 50030 与 GB 16912 的规定。
5.4.5　管网宜采用环形供气加分区阀门布置；关键用户端应设双路供气与自动切换装置。

6　总平面布置与站房设计

6.1　站址选择应符合用气企业总体规划，位于明火或散发火花地点全年最小频率风向的下风侧；与周边居住区及公共设施的外部安全防护距离应按 GB/T 37243 确定。
6.2　氢气站、氧气站与建筑物、构筑物之间的防火间距应符合 GB 50016、GB 50030、GB 50177 的规定。
6.3　制气装置宜露天或半露天布置；厂房泄爆面积、通风换气次数及爆炸危险区域划分应符合 GB 50058 的规定。
6.4　控制室、配电室宜独立设置；毗邻布置时应采用防爆墙隔开，门应朝向安全方向开启。
6.5　站内消防车道、围堰及事故收集设施的设置应符合 GB 50016 的规定。
6.6　爆炸危险环境电气设备防爆等级不应低于 Ex d ⅡB T4；氢气区域不应低于 ⅡC 级。
6.7　站内安全标志应符合 GB 2894 的规定，并在显著位置设置风险告知牌。

7　设备与材料

7.1　关键动设备应配置在线状态监测装置，监测参数宜包括振动、温度及电流。
7.2　低温储槽与换热器应采用高效绝热结构，日蒸发率不应大于设计值的 1.05 倍。
7.3　吸附剂与催化剂应选用寿命长、再生能耗低的产品；与氧气接触的材料不应含油，密封材料应与介质相容。
7.4　安全阀起跳压力不应大于设计压力的 1.1 倍，并应具备在线校验接口。
7.5　材料代用应履行设计变更程序并经原设计单位确认。

8　施工与验收

8.1　施工单位应具备相应级别的压力管道安装资质；焊工及无损检测人员应持证上岗。
8.2　高纯管道施工应执行洁净施工管理：管件预制应在洁净环境中完成并封口运输；现场焊接应采用自动轨道焊，焊接参数与焊缝编号应可追溯。
8.3　系统安装完成后，应依次完成强度试验、气密性试验、吹扫置换、脱脂（氧气系统）及颗粒吹扫。

8.4　气体质量验收应连续 72 h 在线监测各项杂质指标，并由具备资质的第三方检测机构出具检测报告，结果应符合表 A.1 的要求。
8.5　竣工验收资料应包括设计文件审查记录、隐蔽工程记录、压力试验记录、焊接记录、分析仪表校验记录、联锁保护试验记录、试车报告及培训记录。
8.6　系统性能考核应包括纯度、连续可用率及单位产品综合能耗，考核结果未达到设计保证值时应整改并重新考核。

9　运行维护

9.1　运行管理

9.1.1　应制定覆盖开机、停机、切换、再生、应急等全过程的作业指导书，关键操作应实行双人确认。
9.1.2　应实行24 h 集中监控加现场巡检的运行模式；采用无人值守模式时，远程控制中心应具备远程操作与安全联锁能力。
9.1.3　巡检内容应包括设备运行参数、泄漏检查、管道支撑、安全附件、接地跨接、消防设施及气体检测报警装置，巡检频次不应低于每班一次。
9.1.4　操作人员应经培训合格并取得相应资格证书后方可上岗。

9.2　维护保养

9.2.1　应建立设备台账与预防性维护计划；关键设备宜实施状态维修与预测性维护。
9.2.2　吸附剂与催化剂应按设计寿命及实际性能衰减趋势更换，更换前后应进行性能验证。
9.2.3　安全阀应每年至少校验一次；爆破片应按制造商规定周期更换；计量器具应按国家规定周期检定。

9.3　备件与应急

9.3.1　备件应分类管理，关键长交期备件应保有必要安全库存。
9.3.2　应编制停电、设备故障、气体质量异常、泄漏、火灾爆炸等专项应急预案；应急预案的编制应符合 GB/T 29639 的规定，每年至少组织一次综合演练。

10　安全管理

10.1　应建立安全管理体系，开展危险与可操作性分析（HAZOP）及保护层分析（LOPA）；构成重大危险源的应按 GB 18218 辨识并备案。
10.2　可燃气体和有毒气体检测报警装置的设置应符合 GB/T 50493 的规定；可燃气体一级报警值不应大于 25% LEL，二级报警值不应大于 50% LEL。
10.3　动火、受限空间、高处作业等特殊作业应符合 GB 30871 的规定。
10.4　应建立变更管理制度；设备、工艺、人员的变更实施前应进行风险评估并履行审批程序。
10.5　氢系统安全应符合 GB/T 29729 的规定；安全仪表系统应独立于基本过程控制系统，并定期开展功能验证测试。

11　智能化运维

11.1　系统应建立集过程控制、安全仪表、气体检测、设备状态监测、能耗计量及视频监控于一体的数字化运维平台，并宜与用户厂级管理系统实现数据贯通。

11.2　平台应具备实时监控与报警管理、气体质量追溯、预测性维护、能耗与碳排分析及电子作业许可功能。
11.3　数据采集周期不应大于1 s；一般历史数据保存不应少于3年，安全相关数据保存不应少于5年。
11.4　工业控制网络与信息网络应逻辑隔离，关键控制回路应具备断网本地运行能力。
11.5　宜采用优化算法对吸附切换周期、精馏负荷及压缩机运行工况进行寻优，降低系统综合能耗。

12　节能低碳

12.1　系统应设置分项能耗计量装置，建立单位产品综合能耗定额，并开展年度对标考核。
12.2　宜采用空压机余热回收、再生废气余压回收等技术；蒸发气体应回收利用或安全处置，不应直接放空。
12.3　制氢系统宜优先采用绿电电解或工业副产氢回收路线，并宜开展产品碳足迹核算。

附 录 A
（规范性）
大宗电子气体典型质量指标

常见大宗电子气体典型质量指标应符合表 A.1 的规定；用户有更高要求时，按供需双方合同约定执行。

表 A.1 大宗电子气体典型质量指标

气体	纯度等级	主要杂质限值	典型用途
氮气	≥ 5N	O_2≤1 ppmv，H_2O ≤1 ppmv，THC≤0.5ppmv	吹扫、保护气氛、载气
氮气（高等级）	≥ 6N	O_2 ≤0.1 ppmv，H_2O≤ 0.1 ppmv	先进制程保护气氛
氧气	≥ 5N	N_2 ≤ 5 ppmv，H_2O≤1 ppmv	氧化、外延
氩气	≥ 6N	O_2 ≤ 0.1 ppmv，H_2O≤0.1 ppmv	溅射、晶体生长
氢气	≥ 6N	N_2≤0.5 ppmv，O_2≤0.2ppmv，H_2O≤0.2 ppmv	外延载气、退火
压缩干燥空气	露点≤-70℃	含油 ≤ 0.01 mg/m³	气动、吹扫

注：纯度等级中 5N 表示 99.999%，6N 表示 99.9999%。

T/CEATEC XXX—2026

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
大宗电子气体现场制气系统设计建造与运维规范
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