

ICS 71.100.20

CCS G 86

团体标准

T/CAQI XXX—2025

液氩生产技术要求

Technical requirements for liquid argon production

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国质量检验协会 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 1

4 生产系统 1

 4.1 系统组成 1

 4.2 系统功能 2

5 技术要求 2

 5.1 原料气源 2

 5.2 气体分离 2

 5.3 精馏 2

 5.4 冷却与液化 2

 5.5 储存与运输 3

 5.6 安全监测与环保要求 3

6 试验方法 3

 6.1 气体纯度测试 3

 6.2 温度测试 3

 6.3 压力测试 3

 6.4 气体泄漏测试 4

 6.5 液氩体积测试方法 4

7 检验与判定规则 4

 7.1 定期检验 4

 7.2 检验抽样 4

 7.3 判定规则 4

 7.4 合格证书与出厂检验报告 4

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。

本文件由北京通标国信技术服务有限公司提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件主要起草单位：云南铜业股份有限公司西南铜业分公司、金宏气体股份有限公司、上海联风气体有限公司、北京通标国信技术服务有限公司。

本文件主要起草人：左维强、杨开乔、郭桂彬、王利荣、李艳燕、何光波、乐志斌、夏卫彬。

液氩生产技术要求

1 范围

本文件规定了液氩生产系统、技术要求、试验方法、检验与判定规则等内容。
本文件适用于液氩的生产活动。

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 4842 氩

GB/T 16945 电子工业用气体 氩

JB/T 8942 氩提取设备

3 术语和定义

GB/T 4842界定的术语和定义适用于本文件。

4 生产系统

4.1 系统组成

4.1.1 液氩生产系统组成

液氩生产系统组成由下列设备组成。

- 原料气源：为液氩生产提供气态氩气，常见的气源为压缩空气。
- 空气分离装置（ASU）：利用低温分离技术将空气中的氮、氧、氩等气体分离，产出高纯度氩气。
- 冷却系统：使用制冷机组通过压缩、冷凝等物理过程降低气体温度，液化气体。
- 精馏塔：通过多次蒸馏分离氩气与其他气体（包括氧、氮）混合物，实现高纯度液氩的分离。
- 气液分离器：高效分离空气中的各类气体。
- 储罐：通过低温储罐存储液氩，保证液氩产品的质量与数量。

4.1.2 空分全精馏

空分全精馏是液氩生产系统中的关键环节，其主要功能是通过低温精馏技术，将空气中的氮、氧、氩等气体进行高效分离，提取高纯度的氩气。该过程通常采用多级精馏塔，利用不同气体在低温下的沸点差异，实现氩气的高纯度提取。空分全精馏系统应具备以下特点。

- 高分离效率：能够有效分离氮、氧、氩等气体，确保氩气纯度不低于99.95%。
- 低温操作：操作温度通常低于-180℃。
- 自动化控制：配备先进的自动化控制系统，实时监控精馏塔的操作参数（如温度、压力、流量等）。

4.1.3 氩回收

氩回收是液氩生产系统中的一个重要环节，其目的是从生产过程中产生的废气或废液中回收氩气，以提高氩气的利用率，降低生产成本。氩回收系统通常包括以下组成部分。

T/CAQI XXX—2025

- a) 废气收集装置：用于收集生产过程中产生的含氩废气。
- b) 预处理设备：对收集的废气进行预处理，去除其中的杂质（如水分、二氧化碳、固体颗粒物等），以提高回收效率。
- c) 回收塔：通过精馏或其他分离技术，从废气中提取氩气。回收塔的设计应根据废气中氩气的浓度和回收要求进行优化。
- d) 后处理设备：对回收的氩气进行进一步提纯和处理，确保其纯度符合生产要求。
- e) 控制系统：配备自动化控制系统，实时监控回收过程中的各项参数，确保回收效率和产品质量。

4.2 系统功能

液氩生产系统功能如下：

- a) 气体分离功能：高效分离空气中的各类气体，确保氩气的纯度符合GB/T 4842的要求。
- b) 液化功能：通过冷却与压缩，将气态氩转化为液态，满足不同场景使用需求。
- c) 罐装功能：液氩生产系统应具备罐装功能，确保液氩能够安全、高效地充装至专用容器中。
- d) 储存与运输功能：通过液氩储罐及运输车，确保液氩的安全存储与运输。

5 技术要求

5.1 原料气源

生产液氩的空气应满足GB/T 4842的规定及下列要求。

- a) 含水量： $\leq 0.02 \text{ g/m}^3$ 。
- b) 氧气含量： $\leq 21\%$ 。
- c) 固体颗粒物： $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$ 。
- d) 二氧化碳含量： $\leq 400 \text{ vol}$ 。

5.2 气体分离

空气分离装置（ASU）应满足下列要求。

- a) 确保所分离的氩气的纯度不低于99.95%，其他组分的含量符合GB/T 4842要求。
- b) 根据生产规模进行选型，通常处理能力为 $500\text{Nm}^3/\text{h} \sim 10000\text{Nm}^3/\text{h}$ 。
- c) 分离过程中采用低温冷却，空气冷却温度低于 -180°C 。

5.3 精馏

5.3.1 精馏过程

精馏塔应具备足够的分离能力，能够实现高纯度氩气与氧、氮的分离。

5.3.2 塔盘数量

塔盘数应满足精馏效果，通常塔盘数为30层~50层，具体依据气体纯度要求和装置规模确定。

5.3.3 塔内压力

精馏塔内部压力应保持在 $0.3\text{MPa} \sim 0.6\text{MPa}$ ，保证分离效果并避免设备过载。

5.4 冷却与液化

5.4.1 冷却介质

冷却系统采用氮气或空气作为冷却介质，其冷却温度应保持在 -180°C 以下，以保证气体液化。

5.4.2 冷却设备

冷却设备应具备高效能，能够持续维持生产过程中所需的低温状态。

5.4.3 液化效率

液化效率应达到90%以上，确保最大限度地将气态氩转化为液态氩。

5.5 储存与运输

5.5.1 液氩储罐应采用高强度低温耐压材料，具有良好的绝热性能。储罐内温度应保持在 -183°C ，压力应不超过1.5MPa。

5.5.2 液氩的瓶装储存，储存容器应为专用低温瓶，材质需符合高强度、耐低温的特性；储存环境应保持通风良好，避免阳光直射和高温；瓶装液氩的储存温度应不高于 -183°C ，压力不超过1.5MPa，储存区域应设置安全警示标识，并配备泄漏监测设备。

5.5.3 液氩的瓶装运输车辆应为专用低温运输车，具备良好的绝热和抗震性能；运输过程中应避免剧烈震动和碰撞，确保容器密封性；运输车辆应配备实时温度监控设备，确保液氩温度符合要求；运输人员应接受专业培训，熟悉应急处理措施。

5.5.4 液氩的运输应使用专用的低温液化气体运输车，确保运输过程中气体温度不超过 -183°C ，并且避免震动及泄漏。

5.6 安全监测与环保要求

5.6.1 安全监测

5.6.1.1 液氩生产装置应配备气体泄漏监测、压力监控和温度监控系统，实时监测系统运行状态；应对所有管道及关键部件进行泄漏检测，特别是储罐、冷却系统及精馏塔等。

5.6.1.2 液氩生产系统应配备高灵敏度气体泄漏监测设备，监测数据指标包括下列要求。

- a) 氩气泄漏浓度： ≤ 50 ppm（体积分数）。
- b) 氧气浓度： $\geq 19.5\%$ （体积分数），避免缺氧环境。
- c) 可燃气体浓度： $\leq 10\%$ LEL（爆炸下限）。
- d) 监测数据应实时记录，并保存至少一年。

5.6.2 环境保护

生产过程中应采取有效措施防止气体排放对环境的污染，排放气体的氮、氧含量应符合GB/T 16945的规定。

6 试验方法

6.1 气体纯度测试

气体纯度测试是通过气相色谱法对氩气中的成分进行分析，操作步骤如下。

- a) 从液氩储罐或生产线上取样。
- b) 将气体样品通过气相色谱仪进行分离，氩气成分在分离后进入检测器。
- c) 计算各气体成分的百分比，判断氩气的纯度是否符合GB/T 4842的要求。

6.2 温度测试

液氩储罐内的温度应通过温度传感器进行实时监控，测试步骤如下。

- a) 将温度传感器安装于液氩储罐的底部及顶部，以确保能够获得液体温度的代表性数据。
- b) 每天至少进行3次温度测量，测量时间分别为生产高峰期、正常生产期、生产结束期，具体要求如下。
 - 1) 生产高峰期：温度波动范围应控制在 $-183^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
 - 2) 正常生产期：温度波动范围应控制在 $-183^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。
 - 3) 生产结束期：温度波动范围应控制在 $-183^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 温度数据应实时记录，并定期分析趋势，确保储罐绝热性能稳定。

6.3 压力测试

生产过程中，精馏塔、储罐、冷却系统的压力应通过压力传感器进行实时监控，按JB/T 8942的规定执行，操作步骤如下。

- a) 分别在各关键设备的进口、出口、储罐顶部和底部安装压力传感器。

- b) 定期进行压力测试，确保所有设备压力不超过设计标准。

6.4 气体泄漏测试

采用气体泄漏检测仪器进行泄漏检测，操作步骤如下。

- a) 在管道连接处、设备接头和其他潜在泄漏区域安装泄漏检测仪器。
- b) 在生产过程中，定期检查所有设备，尤其是在设备启停和维护后。

6.5 液氩体积测试方法

通过计量储罐中的液氩体积，确保生产过程中每个批次的液氩量满足客户需求，操作步骤如下。

- a) 使用体积计量器（包括液位计或体积计）定期测量储罐中的液氩体积。
- b) 计算生产周期内的液氩生产总量，确保生产与订单匹配。
- c) 液氩体积的测量按GB/T 4842的规定进行。

7 检验与判定规则

7.1 定期检验

定期检验控制要求如下。

- a) 液氩生产企业应确保每批次产品都经过严格的质量检验。
- b) 氩气纯度、氧气含量、氮气含量等关键指标应符合GB/T 4842的规定。
- c) 生产过程中应采用自动化质量监测系统，以实时监控生产过程中的任何异常。

7.2 检验抽样

检验抽样要求如下。

- a) 应在每生产100t液氩后，随机抽取样品进行气体成分检测。
- b) 对于每次生产设备更换、工艺调整或大规模停机后，应增加检验频次。
- c) 应从生产线的不同阶段抽取样品，包括进气口、精馏塔出口、储罐出口等。
- d) 应使用专用抽样管或取样瓶，确保样品代表性。

7.3 判定规则

7.3.1 不合格产品的判定

不合格产品的判定规则如下。

- a) 液氩产品的纯度未达到GB/T 4842要求，或其他指标超标，判定为产品不合格，应立即停止生产，并对不合格产品进行隔离处理。
- b) 不合格产品应退回生产线，重新调整生产工艺或设备，并在重新生产后进行检验。

7.3.2 整改与复检

生产过程中出现不合格品时，应进行详细调查，查明原因，调整生产工艺，并进行复检确认。

7.4 合格证书与出厂检验报告

每批液氩产品在出厂时，均应附上合格证书及检验报告。报告内容应包括气体成分分析、温度、压力等检测结果，确保产品质量符合GB/T 4842的规定。