

## 经验交流

## 电子特气充装管理与应急处置

马福圈<sup>1,2</sup> 王磊<sup>1,2</sup> 刘见华<sup>1,2,3</sup> 常欣<sup>1,2</sup> 万焱<sup>1,2,3</sup>

(1. 洛阳中硅高科技有限公司, 河南 洛阳 471023;

2. 硅基材料制备技术国家工程研究中心, 河南 洛阳 471023;

3. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 电子特气具有高压、腐蚀性、毒性、易燃易爆、使人窒息等危险特性, 充装过程中的安全事故屡见不鲜, 危及人员安全。本文简要介绍特气充装的一般流程, 分析充装前检查、充装过程和充装后气瓶管理的注意事项以及充装过程的应急措施, 旨在提高特气生产企业充装能力和安全管理水平。

**[关键词]** 电子特气; 气瓶; 充装管理; 应急处置

**[中图分类号]** TQ117 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-5122(2022)04-0088-04

**DOI:** 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.04.019

## 0 前言

当前, 随着芯片与集成电路产业的高速发展, 高纯度电子特气的需求量日益增加。高纯电子特气广泛应用于离子注入、刻蚀、气相沉积、掺杂等半导体产品工艺制程, 被称为芯片制造的“血液”。电子特气具有高压、腐蚀性、毒性、易燃易爆、使人窒息等危险特性, 许多国家、地区、工业组织对其危害性进行了详细的等级划分。对于电子特气生产和使用企业来说, 任何生产运行中存在的安全隐患都可能会对企业、人员和生态环境带来不可挽回的严重后果。因此做好电子特气生产过程中的安全管控意义重大。

## 1 电子特气充装

电子特气的应用大都以气瓶为载体, 需要利用充装系统对其进行罐装。特气充装就是将特气产品装入满足客户现场需求的包装物当中, 保证特气产

品的高纯属性无差异地传递。充装过程大致可分为充装前的准备与检查、管线连接、吹扫保压、充装、充装后吹扫保压、气瓶拆除(图1)。

为保证充装过程中人员和设备的安全, 应严格按照安全生产制度和操作规程进行操作, 重点做好以下工作:

## 1.1 充装前检查

气瓶充装前的安全检查是气瓶充装单位安全管理的重点, 也是气瓶充装和使用安全的基本保障。充装前待检查的气瓶一般分为三种: 1) 新采购未使用过的新气瓶; 2) 从下游客户处返回的已使用过的气瓶; 3) 经过检修维护(如更换瓶阀), 检测合格后重新投入使用的气瓶。根据《液化气体气瓶充装规定》(GB 14193—2009), 气瓶充装前的检查应安排专人负责, 逐个进行。如果严格按照标准中列出的11项内容去逐一检查, 多数气瓶隐患就能发现, 从而防止问题气瓶流入下一工序, 避免发生气瓶混装、错装、误用报废或者超期气瓶等情况导致的充装事故。

为保证电子特气的高纯属性要求, 对于新采购未使用过的气瓶和经过检修维护后重新投入使用的气瓶, 充装前应按规定分别进行保压检漏、瓶内置换和物料钝化三个步骤, 确保气瓶密封性完好, 除去瓶内的空气和水分<sup>[1]</sup>。经过微氧含量和露点检测分

**[收稿日期]** 2022-01-23

**[作者简介]** 马福圈(1988—), 男, 河南洛阳人, 本科, 注册安全工程师, 主要从事特气充装和安全管理。

**[引用格式]** 马福圈, 王磊, 刘见华, 等. 电子特气充装管理与应急处置[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(4): 88-91.

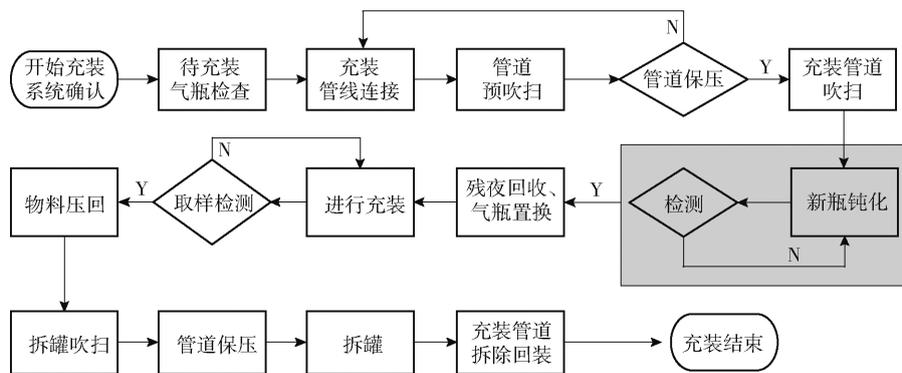


图1 电子特气充装流程图(图中阴影部分针对新瓶)

析均合格后,可对钢瓶充装对应的物料介质,进行瓶内钝化处理,并对钝化的物料取样分析检测。完成以上三个操作,且检测结果都达到充装使用标准,即可按流程对钢瓶进行正常充装。

对高纯充装管道检查确认后,将待充装气瓶接入相应的充装系统工位,对充装管道分别进行正压与负压保压。如保压失败,应用高纯捡漏液检漏,找出泄漏点,采取适当的方法处理。保压通过后,需进行充装管道吹扫置换。根据经验,管道吹扫置换次数应不少于35次。管道吹扫完成,缓慢打开瓶阀,确认气瓶内压力,回收瓶内剩余气体,并用高纯氮气(或其他高纯惰性气体)进行至少3次气瓶置换,以保证充装产品质量。

需指出的是,大流量高洁净度特气输送充装管道的连接,原则上要求全部采用管材熔融的全自动轨道焊接方式施焊,同时要求施焊人员经过专门培训且具有丰富的现场施工安装经验,从而保证管道的焊接质量和洁净度。管道的材质应依据充装特气的纯度需求选择。若为制程用的反应气体,可选择高等级的316L-EP管道。经电解抛光处理,316L-EP管道耐腐蚀,表面粗糙度为 $0.08 \sim 0.375 \mu\text{m}$ ,有利于污染粒子带出,最大限度保证特气的高纯属性,几乎能满足所有关键工艺的特气输送。若不参与制程反应的辅助气体,可采用经过光亮退火处理的316L-BA管,其表面粗糙度一般为 $0.15 \sim 1 \mu\text{m}$ ,可以满足大多数气体的输送要求<sup>[2]</sup>。

## 1.2 充装过程管理

随着科学技术的不断进步,充装系统的集成化、智能化、自动化程度越来越高,但充装过程不可能实现全部无人操作,总是存在一定的危险性和不确定性,且多数电子特气具有危险化学品属性,一旦出现意外泄漏,往往造成不可挽回的恶果。

根据《气瓶充装站安全技术条件》(GB 27550—2011)要求——“有毒可燃气体的充装站和氧气及可窒息性气体的充装站,应设置相应的气体危险浓度检测报警装置”,在充装站设计阶段,通常要根据充装气体的性质,在充装站内设置相应的气体浓度报警仪和视频监控系统,并接入安全控制室的DCS系统,使充装安全时刻处于可控范围内。若发生泄漏,现场的气体浓度报警仪将启动声光报警,提醒现场操作人员及时排查漏点,有效缩短应急时间<sup>[3]</sup>。同时安全控制室值班人员可通过现场报警仪回传的信息和视频监控,判断充装站的现场泄露情况,为有效开展应急处置提供依据。

针对易燃易爆介质的充装场所,现场设备设施需满足相应的防爆等级标准,并设置用于消防灭火和泄漏介质稀释吸收的消防喷淋系统。当出现较大泄漏时,可远程控制,打开自动喷淋控制阀,在泄漏现场形成喷淋水雾,有效稀释泄露危险介质和灭火,避免突发情况下事故的进一步扩大。

气瓶充装站上游的物料储罐,一般容积较大,压力较高,除了要对储罐压力、液位、温度等参数监控外,在安全设计阶段,应在产品储罐上安装远程操作的紧急切断装置,一旦充装过程中出现突发情况,可采用手动控制或自动控制等方式远程关闭紧急切断阀,降低物料的储存和充装风险。

事故的发生往往是多种因素共同作用的结果,而充装现场操作人员起关键作用,避免人的不安全行为至关重要。特气充装人员应通过企业三级安全教育培训,熟悉所充装介质的理化特性及其与气瓶材料附件等的相容性、安全防护措施,并按要求取得气瓶充装(P证)或移动式压力容器操作(R2证)等相关特种作业资质后,方可上岗,严格按照充装操作规程进行操作,履行岗位安全生产职责。

### 1.3 充装后管理

气瓶充装完成,根据具体情况及生产要求,对每一批充装气瓶进行抽样检测或全部检测,验证充装产品质量,保证产品满足客户使用要求。若产品检测合格,需对充装管线彻底置换,防止拆除气瓶时管道内残余气体物料逸出,对人员造成伤害。拆下完成充装气瓶后,张贴警示标识和满瓶标识,并将其逐一过磅,核定重量,分类登记入库。充装单位应有专人负责填写气瓶充装记录,并整理归档,记录内容至少应包括:钢瓶瓶号、充装日期、充装批次、室温、充装压力、充装起止时间、充装人等。充装记录要妥善保管,保存时间不少于两年<sup>[4]</sup>。

在当前电子特气需求迅猛增长的条件下,气瓶的管理难度也在增加,对气瓶制造、注册登记、产品充装、客户使用、气瓶检验、报废等全寿命周期进行有效监管尤为重要。企业应建立气瓶管理信息化系统,利用成熟的二维码技术,在每个气瓶上粘贴一个二维码,赋予每个气瓶唯一的“电子身份证”,录入气瓶的原始信息,以及从气瓶采购到货开始的每一次充装、入库、出货等环节的实时记录,实现气瓶的一瓶一证、一瓶一档案的动态跟踪管理,以便于随时掌握气瓶的充装流程、使用状态、产品库存、出货情况等,形成一套科学、合理的气瓶流转管理体系,做到产品来源可查询、去向可追溯、责任可追究,对企业提高生产效率,提升安全管理能力具有积极作用。

## 2 气瓶充装过程的应急处置

在充装过程中,有毒、有害、易燃、易爆的特气产品通常存储在压力容器中,通过管道输送充装,而气瓶又是移动式压力容器,使用条件较复杂且流动范围广,往往会因为管理不慎、人员操作不当、设备设施老化等因素而出现充装事故。因此做好充装过程

安全管控,提升应急处置能力,对企业有重要意义。

在气瓶充装站周边,应根据充装站规模,设置一处或多处应急处置柜,在柜内配备与充装物料相适应的应急装备和物资,并定期对应急装备和物资进行检查维护,确保其状态良好。具体装备物资可参考下列清单:

- 1) 通讯工具,如无线电防爆对讲机。
- 2) 消防装备,如干粉或二氧化碳灭火器、消防水炮、防爆照明设备、干砂、消防锹。
- 3) 防护用品,如正压式空气呼吸器、隔离式防毒面具、全封闭防化服、阻燃防火服、加长橡胶手套。
- 4) 堵漏工具,如不同规格的堵漏卡具、夹具、高压注胶枪、扳手。
- 5) 其他,如救护药品、可燃气体报警仪、酸碱中和化学品<sup>[5-6]</sup>。

气瓶充装现场应成立事故应急处置队,按照指挥通信、工艺处置、警戒保障、医疗救护等职能,划分好各应急队伍职责;队员要平均分配到每一个生产横班中,确保任何时间出现紧急情况,都有足够的应急处置人员快速响应,正确果断处置,将事故扼杀在萌芽状态,减少人员伤亡和设备损失等恶性后果。此外,要定期和不定期地组织成员进行充装过程的事故应急处置培训和演练。

气瓶充装现场应制定针对每种特气产品泄漏的应急响应流程和响应级别,具体流程如图 2 所示。通常情况下,出现充装突发紧急事件后,现场人员要第一时间向充装车间负责人报告,车间负责人根据现场情况向企业负责人汇报,并按照企业的应急响应程序,做出以下几个主要响应步骤:

- 1) 启动应急预案,成立临时指挥部,各应急分队集结到位,紧急疏散周边无关人员往上风向撤离,拉警戒带。

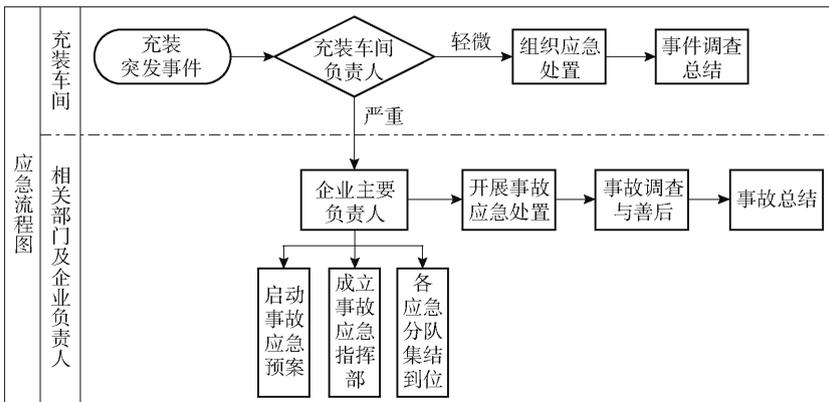


图 2 电子特气泄漏应急流程

2) 穿戴好防护用品,在确保应急处置人员安全的情况下,进入泄漏区域,查明泄漏点位置和泄漏量大小,堵漏或尽可能切断泄漏源并将充装管道泄压,开启强制排风。

3) 依据泄漏情况分析,确定应急响应级别是否下降或上升。

4) 制定后续处置方案,将泄漏物料倒入事故残液罐或中和处理。

5) 泄漏区域洗消,无害化处理。

6) 现场清理和恢复。

需要注意的是,在应急处置救援行动中,要注意风向和风速,服从统一指挥,任何人不得擅自行动,以免造成二次伤害。同时为避免对环境造成二次危害,应做好泄漏现场下水道、沟渠、通风系统与外界的隔离措施,如果出现腐蚀性、有毒有害、易燃易爆的特气泄漏情况,泄漏区域需要净化处理。

泄漏事故处理完毕后,还需要调查整个泄漏过程的细节及污染程度,同时按照“四不放过”原则,分析特气充装过程发生泄漏事故的根本原因,找出对策和防范措施,举一反三,进一步完善应急处置预案,有针对性地对岗位员工进行培训,提高应急处置能力。

### 3 结束语

随着半导体集成电路等行业的产能扩张和技术

进步,电子特气生产企业正迎来前所未有的发展机遇。电子特气种类越来越多,质量要求越来越高,逐渐替代进口,充装量迎来较大增长的同时也对企业安全生产工作提出更高要求。充装作业应贯彻落实“安全第一,预防为主”的方针,建立健全安全生产规章制度,完善双重预防体系,把安全风险管控挺在隐患前面,把隐患排查治理挺在事故前面<sup>[7]</sup>,加强安全生产投入和技术创新,把安全生产职责落实到人,把企业日常的安全管控持之以恒地做好。

#### [参考文献]

- [1] 刘光文,李国政. 气体充装培训教程[M]. 郑州:大象出版社,2015.
- [2] 刘见华,万焯,赵雄,等. 高纯气体管路系统颗粒物产生原因分析及防治[J]. 有色冶金节能,2020,36(6): 25-29.
- [3] 陈伟,彭启兵,徐元梅. 气瓶充装系统中安全预警、安全控制系统的设计[J]. 上海化工,2018,43(12):32-34.
- [4] 国家标准化管理委员会. 液化气体气瓶充装规定:GB 14193—2009 [S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [5] 王成银. 移动式压力容器安全性分析与事故应急处置[J]. 中国特种设备安全,2012,28(7):11-13,18.
- [6] 李建辉,张宁,李爽,等. 浅谈特气的安全运行与管理[J]. 中国新技术新产品,2017(6):145-147.
- [7] 范天庆,丁彩凤. 全员参与在双重预防机制中的重要性及应用[J]. 安全,2020,41(5):73-76.

## Electronic Specific Gas Filling Management and Emergency Handling

MA Fu-quan, WANG Lei, LIU Jian-hua, CHANG Xin, WAN Ye

**Abstract:** Electronic special gases (ESG) have dangerous characteristics such as high pressure, corrosiveness, toxicity, flammability, explosion, suffocation, etc. Because of these, accidents have occurred frequently in the filling process, endangering personnel safety. This article briefly introduced the general process of special gas filling and analyzed precautions for prefilling inspection, filling process and post filling cylinder management, as well as emergency measures during filling to improve the filling capability and safety management of electronic gas manufacturing enterprises.

**Key words:** electronic special gas; gas cylinders; filling management; emergency handling