

# 多晶硅生产过程中的节能降耗技术分析

沈亮

(新特能源股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 由于全球对环境的污染和能源的消耗日益加剧,各国都对新型能源进行了大力研发,利用太阳能作为一种新型的能源技术已成为全球瞩目的焦点,而多晶硅工业也得到了快速发展。太阳能是一种可以在全球范围内有效解决资源与环保问题的新兴可持续发展的新能源。本文通过对多晶硅发展现状分析,并针对多晶硅生产过程中的节能降耗技术展开了论述。对目前我国普遍应用并发展成熟的工艺进行了分析,以降低多晶硅的生产制造成本。

**关键词:** 多晶硅; 生产过程; 节能降耗技术

## 0 引言

在太阳能应用中,多晶硅是一种非常关键的原料,它将是制造太阳能的关键原料。目前,国内在多晶硅工艺方面的技术研发相对滞后,尽管引进了先进技术,但总体技术与世界先进技术仍存在一定的距离;因此,必须加大对我国多晶硅行业的节能降耗工作的力度。为了在竞争日益加剧的竞争中取得优势,多晶硅生产厂商要具备竞争优势,就需要在技术上不断创新,而在技术上,如冶金、流化床等技术的发展,已经是推动太阳能光电行业发展的一个重要因素。目前,国内外的多晶硅产业均都面临着技术与价格的激烈角逐,所以,多晶硅生产厂商要想提高生产效率,就需要加大生产费用,并同时有效通过节能降耗技术减少多晶硅的生产费用。

## 1 我国多晶硅的发展现状

我国政府以保护环境和节约能源的基本方针为指导,大力发展可再生能源和绿色能源,特别是随着全球变暖的加剧,发展绿色能源和可再生能源已是大势所趋。近年来,随着国内有关多晶硅的建设工程不断增多,出现了一批多晶硅工业。然而,受国际金融风暴冲击,我国的多晶硅生产出现了大量的过剩,国际和国内的多晶硅市场的竞争日趋加剧;国际和国内的多晶硅行业将迎来一场大变革。国内对于生产多晶硅的技术研发相对滞后,生产工艺、质量和成本控制相对滞后,虽然从国外引入了许多先进的生产技术,但在技术上与世界先进的生产技术还有很大的距离。目前,国内的多晶硅工业发展状况,原材料、使用者等因素都是制约着国内生产的,90%的高纯多晶硅是靠国外生

产的,90%的生产是外销的,这极大地制约了国内的发展。

## 2 多晶硅生产中的节能降耗措施

### 2.1 大型还原炉节能技术

国内目前的多晶硅还原炉已由9对棒发展到24对棒,目前已逐步降低了对多晶硅的能耗,但与国外相比仍存在着较大的差距,因此对其进行了全面的研究;采用36对棒、48对棒的还原炉,可以大幅度地提高单炉生产量,并使其工作效能得到进一步的提升,达到节约能源的目的。

### 2.2 硅芯热启动技术

采用硅芯热启动技术可有效地减少多晶硅的消耗,其方法有两种:一是采用电浆预热启动技术,利用电浆的方式,减少熔化过程中的熔化和熔化,达到节能减排的目的。另外,利用硅核心的掺杂技术,在制造中添加B、P等元素,从而减少了硅的导电性,同时在使用时,硅的温度、电压都会相应地降低;达到节能减排的目的。

### 2.3 电控系统优化

由于多晶硅在生产中耗费了大量的电力,这对实施节能和减少排放有一定的不利影响。通过对电子控制的最优控制方法,达到了节能减排的目的。首先,通过对多晶硅的工艺参数的分析,对其在制造中的电压、电流进行了最优设计,以保证其电流和电压之间的平衡。其次,尽量降低EMI对多晶硅制品的影响,并对电子控制系统进行了改进,从而降低了熔炼过程中的电磁波辐射;节能减排的目的,也得到了进一步的落实。

### 2.4 反应精馏技术

本文介绍了采用反映蒸馏法制备多晶硅的新工艺,

它可以在一定程度上达到节约能源和降低能耗的目的。例如,在反应蒸馏技术中,通过添加适量的氮、氢,使蒸馏中的水分子与氯化硅发生化学反应,得到了一种能吸收的高分子;在蒸馏中,高分子可以吸收水中的B和P,达到净化的目的。采用此方法可以有效地降低多晶硅中的B和P,从而缩短了后面的蒸馏工序,达到了节约能源的目的。

### 3 针对多晶硅生产的节能方案设计以及生产步骤分析

#### 3.1 分析多晶硅的具体生产工艺流程

改进西门子工艺采用氯气和氢气制取氯化氢(或从国外购买),在特定的高温下与工业硅粉制备三氯氢硅,再将三氯氢硅进行分离、蒸馏、纯化,经CVD工艺处理,得到高纯度的三氯氢硅。其技术内容包括:大口径对棒节流还原技术,热油循环制冷,烟气密闭干燥工艺,氢化生产 $\text{SiHCl}_3$ 工艺。该工艺的缺点是能耗高、综合成本低、质量好,并通过综合技术,达到了材料的封闭循环,减少了对环保的影响,在市场上的竞争力非常显著。

#### 3.2 多晶硅生产精馏环节的节能设计

在多晶硅的制造过程中,蒸馏过程中能量损失最为惨重。由于在制造多晶硅的工序中涉及了氯化硅的蒸馏工序,因此这一工序要求高水平和高标准的处理技术。在进行工艺过程中,必须严格按照工艺要求,确保氯化物的回流比例和沸点。因此,在蒸馏过程中,冷却介质和加热介质的品质与其他工序的要求都是不一样的,这就导致了蒸馏工序中能耗最高的工序。

目前,由于科技水平的迅速提高,在国内的多晶硅制造中逐步采用了多塔串联蒸馏等高科技设备。这种技术能充分地吸收来自外部高温度的介质,例如饱和蒸汽等,从而使塔内的汽箱达到对整个塔的汽化。另外,将在塔罐顶部放置一种低温介质,以使蒸馏过程中的气体发生凝结。利用先进的蒸馏设备和工艺,可以减少能耗,实现能量回收。同时,通过先进的蒸馏技术和技术,在多晶硅的应用上,不仅节约了大量的能源,而且在整个工序过程中,都易于掌握;并将这项技术应用于全行业。从而可以有效地减少多晶硅工艺的投资,从而达到节约能源和减少排放的目的。

#### 3.3 多晶硅生产流程在还原热能的设计方案

目前,在多晶硅的制造工艺中,采用了改进后的西门子工艺,利用这种工艺来制造多晶硅,使得多晶硅的还原工序成为一个关键工序。通过降低能耗和降低能耗,可以为提高多晶硅产能和降低生产费用等方面提供

科学的参考。在还原热能生产中,最重要的是使用设备为还原炉。在还原炉中所使用的工艺是把三氯化硅分解为棒状硅片。同时,利用西门子技术和冷加氢技术相结合,实现了多晶硅的制程,从实际生产的结果来看,能耗可以从1kg的单晶能耗下降到60°F;多晶硅的制造使能量损失大为减少。

### 4 针对多晶硅生产的节能减排研究策略

#### 4.1 采用大型还原炉节能技术的开发研究

鉴于以上所述,对多晶硅的生产过程进行了详细的剖析,因此,减少设备在该过程中的应用占有很大比重。为了达到节约能源和减少排放的根本需求,减少了生产过程中产生的副产品。因此,可以开展一项关于还原炉的节能技术的开发和研发工作。例如,在大量使用多对杆的还原炉中,可以最大限度地发挥热资源的作用。各种还原炉装置消耗的电力也不尽相同,具体的还原炉型消耗的能源见下表。

表 还原炉类型耗能量

还原炉类型	电量损耗/kW·h
18对棒的还原炉	60
48对棒的还原炉	45

另外,从2005年起,在多晶硅工业发展的早期阶段,就已经在实施多晶硅技术的工艺提升。由于国内的技术水平和科技水平的提高,目前国内的多晶硅工艺水平正在逐步提高,例如,从18对棒还原炉开始,逐步扩大到72对棒还原炉,逐步达到质量上的跨越,并达到了很好的效果。在大规模的减少工业装置方面,我国的技术进步非常显著,可以有效地减少工业设备的投资,这是国家的节能和减少排放的根本政策。下一步,国内在大规模地还原技术方面,必须加强对新材料、新工艺、新技术的研发,使其技术达到国际领先地位,从而使多晶硅的产量和品质得到极大的提升。

#### 4.2 对硅芯热启动技术进行优化和处理

目前,应用于多晶硅的热起效技术有两大类:第一类是等离子预加热启动技术;第二类是利用硅芯进行掺杂工艺技术。这两项技术有着各自的特征。而硅芯的热启动技术是一种重点在节能降耗上的技术,可以在节能的设计中得到广泛地运用。从等离子体的起热技术的角度来看,这种技术主要是通过减小击穿的电压和温度来达到的。而这一工艺也是目前国内应用最广泛的一种技术。在采用硅核心掺杂技术制造硅核心时,可以添加B、P等元素,使其导电性下降,这样既能保持加热的温度,又能减少电流损失。

### 4.3 设计和优化电控系统装置

TCS还原过程中,电力的需求很大,因此,TCS还原过程中,能耗占总能耗的70%。为了减少电能消耗,可以对电气设备进行优化和设计。从改善和设计两个角度着手:一是改善生产工艺;二是降低对环境的伤害,根据反应器内的压力和环境的改变,及时调节电流和电压的设置,确保正常工作,防止产生不必要的损失。因此,对电子控制系统进行合理的设计与优化,可以大大降低放射性材料对多晶硅的伤害,从而大大地降低了电力消耗,改善了制品的品质,达到了显著的节约效果。

### 4.4 优化和减少生产阶段的废水

在多晶硅的制造过程中,将会有大量的含氟、酸性污水等问题。在处理酸性污水时,可用石灰奶和沉淀法。在沉降过程中,根据酸液的浓度和酸值,可以调整药剂的用量,确保水的质量。在处理含氟量高的污水时,应先利用生石灰来中和其酸性。这种工艺可以将氟化氢的含氟污水转化为氟化钙,经过沉淀。然后将硫酸铁盐添加到污水中,以使氟离子得到更多的清除。经过加工的污水与中和的酸性污水混合,添加了许多的絮凝剂,使其进入沉降作业。将沉淀好的上部倒入,即可实现污水的净化。

因此,在我国的光伏、半导体行业中,应用太阳能是一种很好的解决方案。尽管目前的多晶硅产能不断地扩张,能够更好地适应人类的生产和生活,但同时也存在着对生产过程中的成本和环保问题进行深入的研究与分析。这就要求既要改善光电公司的经济利益,又要兼顾环保。另外,还要在多晶硅产业园区内,建立完整的信息化管理体系,使多晶硅产业的生产过程达到一个完整的过程。以期为国内有关部门的科研工作者提供参考,推动国内多晶硅行业快速发展。

## 5 多晶硅生产过程副产物循环综合利用

在多晶硅的生产工艺中,原材料的成本在整个多晶硅的生产中占据了30%~40%的比例。采用改进的西门子流程和采用氯化硅作为原料的硅烷流化床制备颗粒多晶硅,产生了大量的副产品;为了减少多晶硅的制造费用,需要对其进行回收和回收。如何将四氯化硅氢化

成三氯化硅,这是一个关键问题。三氯化氢是制造多晶硅的主要原材料之一,从市面上采购它的原材料成本相对较高,其变动的频率也很高。通过加氢技术将四氯化硅转化为三氯化硅,既可以解决多晶硅的副产品回收问题,又可以节约原材料的采购成本,降低了生产的成本。目前,四氯化硅工艺中利用加氢工艺进行电浆加氢的技术发展尚不成熟。不过,现在的热加氢技术和氯化氢技术都发展得很好,有了完整的产业链,比起四氯化硅的加氢技术,热加氢的成功率要高得多。其副产品的处理也具有一定的规模,且无需与废气再生设备等相匹配的优点,因而降低了多晶硅的制造费用也具有很大的优越性。

## 6 结语

由此可以看到,在多晶硅的制备工艺中,通过对其进行生产过程的节能降耗技术进行持续创新研究,将对我国太阳能光电行业的技术革新与提升起到一定的促进作用。当前,随着市场的日趋激烈,中国的多晶硅工业要在技术、质量和管理上取得优势,才能赢得国际市场的一席之地,为此,持续提升我国多晶硅生产过程的节能降耗技术努力降低生产成本才能持续提升我国的多晶硅行业的核心竞争能力。

### 参考文献:

- [1] 谢岩,张然,王永亮.多晶硅生产节能技术研究[J].化工设计通讯,2020,46(12):45-46.
- [2] 曹军.多晶硅生产的节能减排措施[J].化工设计通讯,2020,46(01):189-190.
- [3] 何惠民.多晶硅生产的节能降耗研究[J].化工管理,2019(17):74-75.
- [4] 李万存,刘兴平.多晶硅生产过程中的节能降耗技术分析[J].海峡科技与产业,2017(03):142-143.
- [5] 陈其国,钟真武,高建,等.多晶硅制备中节能降耗技术的研究[J].氯碱工业,2012,48(09):28-30.

**作者简介:**沈亮(1987.11-),男,汉族,新疆乌鲁木齐人,本科,研究方向:光伏行业。