

多晶硅化工节能生产技术分析

侯哈达 王佳祺 孔庆佳

内蒙古新特硅材料有限公司

[摘要]当前,多晶硅的生产技术面临着降低能耗、保护环境和减少污染的问题。要在此基础上提高生产质量和产量,所以还是需要中方人员的努力和配合,还有很长的路要走。现阶段国内一些太阳能硅材料多为进口,说明多晶硅的生产技术需要创新,不能受制于人。最广泛使用的多晶硅材料是太阳能光伏产业。太阳能光伏产业链包括硅原料、硅棒和硅片的生产,包括太阳能电池组件、组件和光伏产品生产以及发电系统。其中,硅原料的生产是最重要的环节。例如,世界上最大的太阳能光伏电池90%以上是由多晶硅或单晶硅制成的。多晶硅生产中有主要问题需要解决。解决能耗问题,减少污染,提高质量和产量。此外,应引进先进技术,并根据中国的实际情况进行创新。

[关键词]多晶硅;化工节能;生产技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.1184

现阶段人们的环境保护意识逐渐增强,为了使我国的生态环境得到改善,需要对相关企业的生产环节进行控制。在多晶硅的生产过程中,利用多种节能技术,不仅可以使多晶硅生产流程创造更多的经济价值,还能够为我国生态环境的保护工作做出相应的贡献,要从节能技术方面进行分析,确保通过提高节能技术的先进性,改善多晶硅生产中的能源浪费和环境污染问题。

一、多晶硅化工生产技术现状

1. 技术尚有欠缺。在世界的太阳能产业中,对硅的生产要求较高,要求多晶硅具有较高的纯度,纯度需要达到7~9,并且其中硼和磷的含量也要控制在较小的范围之内,它是光伏企业中太阳能电池所用的最核心原料,所以,具有高纯度硅原料的企业就具有了较大的市场竞争力。在企业中,都追求高纯度硅料生产的合成、精制以及提纯等,现阶段,我国的多晶硅储量比较大,占全世界总储量的1/4,但是我国的太阳能企业的多晶硅原料大多依赖国外企业,从外国进口,这是因为太阳能企业中所用的硅原料需要从不同的提炼方式中提取出来,提取成功后,生产出多晶硅或单晶硅,但是这些硅的原料纯度与西方发达国家相比,还具有一定距离,产量和能耗都难以达到要求,这样一来,不仅仅会加大企业的生产成本,还会阻碍我国光伏企业向上发展,使我国出很低的价格购买高污染的多晶硅原料,再用极高的价格回收高纯度的硅原料。我国的硅原料工业的发展起步较早,但是生产规模较小,工艺技术较为落后,环境污染较大,消耗能源较多,所花费的成本较高,一些企业甚至因为生产有亏损而停产。近几年,我国的硅原料生产企业屈指可数,每年的生产量为几十万吨,并不能满足每年的需求量,因为能满足太阳能生产所需要的硅原料总共有80吨,据估计,迄今为止,我国使用的太阳能硅材料的需求量将达到4500吨,2015年达到1.6万吨,如果不以设立自主知识产权的方式改变此现状,那么我国的硅料生产工业将很难在国际市场上立足,这也将威胁我国的光伏产业的进一步发展。

2. 精馏节能技术降低能耗,减少污染。人员可以通过一些计算和分析资料、实例验证,通过加大压力,将高温三氯

氢硅的提纯工艺运用到原料提纯系统中,在加热配套塔中,将二塔的高温气体用于进料,从而降低塔顶的水循环以及蒸汽的能耗,可以减少将近一半的消耗。还可以利用反应精馏技术,精馏方法的使用主要在于将一些金属物质排除出去,还包括一些非金属物质,只有将杂质清除干净,才能降低能耗,因为杂质含量越低,能耗就越低,目前清除杂质的方法有湿氮除硼技术和硅胶除硼法,都是将一些物质加入到精馏反应中,其中,采用湿氮除硼技术是将含有水分的氮气和氢气加入其中,而硅胶除硼法是在其中添加硅胶,除此之外,还能够采用多效精馏和热精馏的方法有效利用塔顶蒸馏系统,已达到节约能耗的效果。

3. 提高光电转换效率,降低生产成本。在多晶硅的生产当中,需要提高光伏材料的转换效率,另外还需要降低太阳能电池的制造成本,这是我国光伏企业一直以来追求的两个目标,在太阳能装置中,多晶硅硅片是其中的核心部分,硅片也能够将太阳能转化为电能,硅片的质量也对太阳能转化的质量起着至关重要的作用。

4. 多晶硅材料是整个光伏发电成本中最高的。部分在一些光伏企业中,多晶硅的材料成本费用达到了太阳能生产总成本的一半以上,占据了网光伏发电系统成本的30%。所以,进一步减少多晶硅材料的生产成本,可以加大硅企业的市场竞争力,也能够推动整个光伏产业链的发展,针对该问题,合理的应对措施有引入先进的生产硅材料的设备,比如分离传质设备,一些设备能够实现筛选与精馏过程一体化,并能够促进有效清洁,然后需要引进先进的蒸馏设备,需要是精馏装置,这样可以提高多晶硅的生产产量,实现多晶硅的大型化。引进和使用大型的合成炉和还原炉,帮助更好地进行还原反应,现阶段,一些太阳能电池的原材料多数为多晶硅片制成的,而且在未来也会使用很长一段时间,都不会被代替,多晶硅产品的生产工艺要求较严格,行业技术进步较快,投入的科研经费较多。在生产中,涉及到的副产物与三废处理技术投入较大,可以很好地起到保护环境的作用,并形成了产业链,初具规模。在将来,也会有多家企业意识到人才、生产成本以及产品质量的重要性。

二、多晶硅生产中的节能生产技术

1. 制备氢气的节能技术。在多晶硅生产技术中，可以利用天然气和轻质石油的方法来制氢，使天然气、石油以及水在催化的作用下产生氢气、一氧化碳以及甲烷，再将其分离，分离后获得高纯度氢气，虽然该工艺操作复杂，但是具有一定的节能效果；将工业生产中的氢气进行回收利用也能起到节能的效果。

2. 氢化的节能技术。氢化的节能技术可以分为好几种，第一种是采用冷氢化的方法，冷氢化的耗电量比较低，它一般会受到多晶硅化工转化率的影响，也会受到生产周期的影响，当生产周期越长，氢化反应就越平稳，转化率也就越高，所以生产的多晶硅量就大，通过的循环步骤就少，耗电量就较低，为了产生较低能耗的多晶硅，需要人员在生产过程中保持较长的生产周期，平稳的产能以及高转化率。还可以利用可活化和氢化氢气回收的技术，以加压的方式吸附尾气氢气，并使其参与到循环利用之中。最后是可以采用余热的技术，利用氢化产生的高温进行加热，采用这种方法，可以减少大约30%的能耗，达到有效节能的目的。

3. 还原的节能技术。首先还原技术需要优化，因为目前我国大部分企业采用的还原技术依然是钟罩式还原炉，这种还原炉的耗电量比较高，与国际上规定的标准相比，还存在一定距离。所以我们有必要对其进行整改，改进和完善技术，比如说使用硫化床反应器，因为它是一种节能性能较优越的多晶硅反应器，能够降低耗电量，而且还会产生较大面积的沉淀，生产效率极高，改进还原炉节能，是未来多晶硅生产的发展趋势。使用这种节能还原炉不仅可以提高生产效率，还能够减少用电能耗，使用这种设备能够改进硅芯热启动技术，最终能够减小硅芯的温度和电压，从而能够达到降低能耗的目的。具体的操作步骤为见一些元素融入进硅芯中，通过减小电导率降低硅芯启动的温度和电压，使用等离子预热启动硅芯技术，可以加热等离子，达到降低温度的目的。

三、多晶硅化工节能生产技术工艺的应用

1. 实现对还原工艺的优化处理，降低还原电耗。（1）开发多对棒还原炉。在技术的快速发展支持下，以往的还原炉从九对棒、十二对棒、十八对棒发展到当前的二十四对棒、三十六对棒甚至更大的炉型。多对棒还原炉的持续开发使用有效提升了多晶硅产品的单炉产量，并在最大限度上降低了整个系统的能耗。（2）改进硅芯热启动技术。等离子预热启动硅芯技术。通过对等离子体的加热来降低硅芯炉的电压和温度，从而在一定程度上节省能源消耗。第二，实现对硅芯掺杂工艺的使用。通过在硅芯上掺杂B和P等元素来有效减少电导率，降低硅芯的启动电压和温度，从而达到节约能耗的发展目的。

2. 优化电控系统。（1）实现对TCS提纯操作流程的优化。TCS提纯操作能够有效去除B、P、C等金属和非金属杂质。常用的技术形式是多级精馏技术。为了能够减少精馏操作对能耗的需求，需要结合时代发展需要不断优化精馏技术形式。（2）加强对吸附技术的应用。这种吸附技术会在精馏操作的特定环节中增加吸附塔，让微量的B、P杂质和金属杂质被吸附剂吸附，由此提高产品氯硅烷的纯度。通过吸附技术，可以减少精馏塔的数量、降低精馏塔的高度，从而达到理想的提纯效果并且节约了投资和生产能耗。（3）加强对高效节能耦合技术的应用。在多级精馏操作中，利用第一个塔的再沸器和第二个塔的冷凝器进行耦合，可以降低蒸汽及循环水的用量；精馏塔的数量较多时，可以进行两两耦合，能显著降低精馏能耗，达到节能目的。（4）借助先进的技术形式优化精馏系统。通过采用科学合理的导向浮阀塔和高性能的填料来代替低效率的筛板塔；应用动静结合的模拟软件来优化蒸馏过程，从而达到理想的节能效果。

3. 提升氢气的综合利用率。改良西门子法生产多晶硅工艺中，有部分H₂会随着尾气或废气排出系统，造成H₂浪费，如氢压机保护气、还原炉启炉时的置换气、吸附柱的再生气等，可以利用变压吸附技术将其排放的H₂进行分离回收，降低多晶硅生产H₂单耗，达到节能减排的发展目的。

4. 提升四氯化硅的综合利用率。实现对氢化技术的优化。以往热氢化技术反应温度高，一般在1200℃左右，能耗较高，转化率较低。目前普遍使用冷氢化技术，应用流化床反应炉，降低反应温度，控制在500-530℃之间；提升反应压力，控制在2.5MPa到3MPa之间，SiCl₄的转化率会提升到25%左右，节能效果显著。

5. 实现对废弃物和废热的综合利用。多晶硅在生产的时候会产生大量的废气，这些废气严重污染了环境。为了减少环境污染的发生，可以应用一些先进的技术形式来优化对废弃物的处理。比如通过废气焚烧的方式不仅能够有效回收二氧化碳、浓硫酸，而且还会利用产生的热量来进行结晶蒸发处理。

总之，面对着多晶硅市场日益激烈的竞争环境，我国的多晶硅要想在国际市场中立足，就必须要从技术、质量、成本等方面进行优化和创新。节能降耗是降低我国多晶硅生产成本的有效途径之一，也是提升我国多晶硅产业核心竞争力的有效方式，实现多晶硅生产中的节能降耗对于促进我国多晶硅产业的发展有着十分重要的意义。

参考文献

[1]涂志文.多晶硅生产的节能减排措施[J].江西化工,2018(5):195-196.
[2]张茜楠.多晶硅化工节能生产技术的研究探讨[J].中国化工贸易,2018,10(36):165.