

# 多晶硅装置尾气回收工艺研究进展

武志强 全磊

内蒙古包头市土默特右旗 内蒙古包头 014100

**摘要:** 随着多晶硅产量的不断增加,其尾气排放量也在不断增加。一般情况下,多晶硅装置尾气中含有多种杂质气体,其中以乙烯、丙烯、氢气为主,对环境造成严重污染,因此需要对其进行回收利用。目前多晶硅生产技术中尾气回收技术主要包括精馏法、吸收法和吸附法。精馏法利用沸点差异实现尾气分离;吸收法利用不同物质的溶解度不同进行分离;吸附法主要是利用吸附剂对尾气中的杂质气体进行吸附。

**关键词:** 多晶硅;装置;回收工艺

## 1 精馏法

精馏法是利用沸点差异实现尾气分离的方法,其原理为将尾气中的杂质气体进行提纯,分离出纯度较高的气体。这种方法具有设备简单、操作方便、投资少等特点。随着技术的不断进步,目前该方法在多晶硅生产技术中得到了广泛应用。由于尾气中含有大量氢气和一氧化碳等杂质气体,因此需要通过对其进行提纯。目前多晶硅生产技术中尾气回收工艺主要分为两种:第一种是利用精馏法将杂质气体提纯到纯度较高的气体;第二种是利用吸收法将杂质气体进行提纯。

第一种方法中,由于氢气和一氧化碳具有较高的沸点差异,因此需要将氢气和一氧化碳进行精馏处理,从而实现分离,并且分离出的氢气可以应用于氢气发生器中;第二种方法中,由于氢气和一氧化碳具有较低的沸点差异,因此需要将氢气和一氧化碳进行精馏处理,从而实现提纯。

## 2 吸收法

吸收法是利用气体在不同物质中的溶解度差异,采用不同溶剂吸收尾气中的杂质气体,从而实现分离和回收。常用的有水蒸气吸收法、空气吸收法等。但由于水蒸气具有极强的挥发性,且其本身还会与其他杂质气体发生反应,因此在实际操作中存在着设备腐蚀、堵塞等问题,且无法满足大规模回收利用要求。但由于空气中氧气浓度较高,且在操作过程中会发生剧烈反应,因此实际应用中存在着安全隐患。由于吸收法在实际应用中存在较多问题,因此已经被淘汰。目前主流工艺为催化氧化工艺,将尾气中的杂质气体在催化剂作用下进行氧化分解,实现气体回收利用。

## 3 吸附法

吸附法具有投资少、工艺简单等特点,因此多晶硅尾气回收中得到了广泛的应用。吸附法的主要设备包括:吸附器、冷凝器、吸附剂、吸收塔。目前主要采用的吸附器有活性炭吸附器和硅胶吸附器。活性炭吸附器采用沸石分子筛作为吸附剂,具有良好的热稳定性和化学稳定性,可以有效去除尾气中的有机杂质和无机杂质,在吸附分离过程中对杂质气体进行有效浓缩,实现尾气的回收。硅胶吸附器具有较高的选择性和较好的操作稳定性,对气体中的甲烷和乙烯具有很好的选择性,可以在较低压力下有效地完成气体分离过程。因此,硅胶吸附器是一种性能优良的尾气分离设备。

## 4 膜分离

膜分离技术是指利用固体或液体薄膜对气体进行分离的一种方法,是现代化工生产中的关键技术之一。膜分离技术最大的优点就是能够对各种气体进行有效分离,并且可以连续地进行操作,不会受到气体流量的影响。在实际应用中,膜分离技术具有能耗低、成本低等特点,因此受到了越来越多人的关注。目前膜分离技术主要应用于天然气净化、石油化工、食品发酵等工业领域。膜分离技术主要包括渗透汽化膜分离技术、渗透汽化/吸附膜分离技术等。其中渗透汽化膜分离技术是在普通陶瓷管中添加了一层致密的膜层,利用这种膜层的物理性质对气体进行选择性分离,并且能够同时实现气体的浓缩和净化。采用该方法能够有效地降低尾气中的含氧气体含量,提高了尾气回收效率,具有良好的应用前景。采用此项技术,我们能够显著地减少尾气排放中氧气的浓度,这一进步不仅提升了整个回收过程中的能效,而且

预示着它在工业应用领域有着广阔的发展潜力。这项创新技术的应用，对于实现更加环保和高效的能源管理具有重要意义。

### 5 变压吸附

变压吸附法是目前多晶硅装置尾气回收技术中应用最广泛的工艺，其原理是利用活性炭在一定压力下吸附 $H_2$ 和 $CO_2$ 等杂质气体，在真空条件下对气体进行分离，达到净化的目的。该技术目前主要应用于多硅酸气法生产多晶硅技术中。该技术应用过程中，主要通过控制吸附压力和吸附时间等参数来实现对吸附剂孔隙结构的控制，从而实现对多晶硅尾气的有效处理。但是其存在的主要问题是所需吸附剂价格较高，并且吸附剂对杂质气体的选择性较差，因此其对尾气中的 $H_2$ 和 $CO_2$ 等杂质气体的去除效果不明显。此外，变压吸附法工艺在实际运行中会受到吸附压力和吸附时间等因素的影响，从而影响工艺的净化效果，因此需要对其进行进一步优化改进。

### 6 其他回收方法

多晶硅装置尾气中的回收方法还有许多，比如低温精馏法、膜分离法等，其中低温精馏法属于物理分离，具有操作简单、投资成本低、能耗低的特点，目前应用较为广泛。膜分离法属于化学分离，具有处理能力强、操作简单的特点。但是目前这两种技术还没有工业化应用，因此在未来的发展中将会有更多的方法应用到多晶硅装置尾气回收中。综合上述分析可以看出，多晶硅装置尾气回收技术在工艺和设备上都较为成熟，但是成本较高。未来多晶硅装置尾气回收工艺将会朝着更经济的

方向发展，并逐渐实现工业化应用。在未来的发展过程中，如何降低尾气回收成本、提高设备性能是重点研究方向，如何降低能源消耗也是需要重点解决的问题。

### 结语

多晶硅生产装置尾气的回收利用是实现资源有效利用和降低能耗的重要手段，因此需要对现有技术进行综合分析和研究，在此基础上开发出更加高效的尾气回收工艺。在多晶硅装置尾气回收技术研究中，要结合实际情况进行综合分析，从最基本的工艺入手，了解每种工艺的优势和不足。目前多晶硅生产装置尾气回收工艺主要包括精馏法、吸收法、吸附法三种，其中精馏法和吸收法应用较为广泛，而吸附法则是当前多晶硅生产技术中尾气回收的主要工艺。对多晶硅装置尾气回收技术的研究要结合实际情况进行，并根据技术要求选择合适的工艺，提高回收效率。此外，要针对不同尾气情况制定不同的处理方案。此外还要注意多晶硅生产装置尾气中含有多种杂质气体，要结合实际情况进行分析和研究，确保回收效果和质量符合要求。

### 参考文献

- [1]陈媛.多晶硅尾气回收工艺研究进展[J].科研,2022(9).
- [2]陈鹏飞.多晶硅生产过程尾气排放的回收工艺分析及研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(002):000.
- [3]袁川江,周万礼,乔云.多晶硅生产中尾气分置回收及应用[J].云南化工,2023,50(1):122-124.