

基于氯碱厂氢源利用与氢气处理的技术研究

张佩如

江苏南通江山农药化工股份有限公司 江苏南通 226017

摘要: 氢气作为一种清洁能源,在当今世界的能源结构转型中扮演着越来越重要的角色。随着全球对减少温室气体排放和应对气候变化的紧迫需求,氢能提供了一个既环保又高效的能源解决方案。在氯碱工业中,氢气是电解盐水过程的一个副产品,有效利用和处理这些氢气不仅对提高能源效率具有重要意义,而且对推动清洁能源的发展和具有深远的影响。

关键词: 氯碱; 氢; 燃料电池; 储存; 离子交换膜法

一、引言

1、背景介绍

氯碱工业是一种重要的化工生产过程,主要用于生产氯气(Cl_2)和苛性钠(NaOH),同时也会产生氢气(H_2)作为副产品。这个过程涉及到电解食盐(氯化钠, NaCl)溶液,通常称为盐水。以下是氯碱工业的基本过程及电解盐水产生氯气和氢气的详细介绍:

氯碱工业的原料是食盐(氯化钠),首先需要将其溶解在水中形成饱和盐水溶液,然后通过净化过程去除杂质,以防止电解过程中的电极和膜受损。电解是氯碱工业的核心步骤,通常采用三种主要的电解技术:汞法、隔膜法和离子交换膜法。

汞法:在汞法电解中,汞作为阴极,碳或石墨作为阳极。当电流通过电解槽时,氯离子(Cl^-)在阳极发生氧化反应,生成氯气并释放出来。同时,钠(Na^+)在汞阴极上还原,形成汞齐。汞齐随后与水反应产生苛性钠和氢气。由于环境污染问题,汞法正在逐步被淘汰。

隔膜法:隔膜法使用不透氢的隔膜将阳极和阴极分开。阳极区生成氯气,而在阴极区,钠离子通过隔膜并与水反应生成苛性钠和氢气。隔膜可以减少钠离子和氯气的重新结合,但是由于隔膜的透性不是完全选择性的,所得的苛性钠纯度较低。^[1]

离子交换膜法:离子交换膜法使用特殊的全氟化聚合物膜,这种膜只允许正离子(如钠离子)通过,不允许负离子(如氯离子)或水通过。因此,这种方法可以生产出高纯度的苛性钠,同时在阳极区生成氯气,在阴极区生成氢气。

生成气体的收集,在阳极产生的氯气会被收集并冷凝,通过液化或压缩的方式进行储存和运输。在阴极产生的氢气也会被收集。由于氢气具有潜在的爆炸风险,因此在收集、储存和运输过程中需要特别注意安全。

总之,氯碱工业是一个涉及复杂化学反应和工程技术的过程,它不仅生产了重要的化工原料,还带来了环境和安全方面的挑战。随着技术的发展,现代氯碱工业正朝着更加高效、环保的方向发展。

2、研究意义

在氯碱工业中有效利用和处理氢气的科学和实际意义:

第一,提高能源效率:将氯碱工业中产生的氢气作为能源回收利用,可以显著提高整个工业过程的能源效率,减少能源浪费。

第二,减少环境影响:通过有效收集和利用氯碱工业中产生的氢气,可以减少对环境的影响,避免氢气的无控制排放可能对大气层造成的潜在影响。^[2]

第三,经济价值:氢气作为一种有价值的副产品,其有效利用可以为氯碱企业带来额外的经济收益,同时减少对外部能源的需求和依赖。

总之,氢气作为一种清洁能源,在氯碱工业中的有效利用和处理不仅具有科学意义和实际应用价值,而且对于促进能源的可持续发展、实现环境保护和推动经济转型具有重要作用。随着技术的进步和政策的支持,氢气的利用将在全球能源和工业领域扮演越来越重要的角色。

二、氢气的当前利用方式

1、能源利用

氢气作为一种清洁能源,其作为燃料的使用情况在近年来得到了显著增长,特别是在工业炉中的燃烧应用和作为燃料电池的能源方面。

作者简介: 张佩如,1983年9月,男,汉族,江苏,如皋,本科,中级南通江山农药化工股份有限公司。

氢气在燃烧时产生的能量密度高于传统的化石燃料，如天然气和煤炭。这意味着在相同的燃料量下，氢气可以产生更多的热能，从而提高工业炉的热效率。氢气的燃烧产物主要是水蒸气，几乎不产生二氧化碳、二氧化硫或氮氧化物等有害气体，这对于减少温室气体排放和改善空气质量具有重要意义。氢气在工业炉中的应用包括钢铁生产、化工过程、食品加工、玻璃和陶瓷制造等多个领域。在这些领域中，氢气不仅可以作为热能源使用，还可以在某些化学反应中作为还原剂。尽管氢气作为工业炉燃料具有明显优势，但其在储存和运输上的挑战、燃烧系统的改造需求以及成本问题仍然是推广使用的障碍。^[3]

在燃料电池中，氢气与氧气发生电化学反应，直接转化为电能，过程中的能量转化效率高于传统的燃烧发电方式。燃料电池的唯一排放物是水，没有二氧化碳或其他有害气体的排放，非常适合用于追求零排放目标的应用场景，如电动汽车、无人机、便携式电源等。氢燃料电池不仅可以用于固定电源站，为建筑物或远程地区提供清洁能源，也越来越多地被应用于交通运输领域，包括汽车、公交车、火车甚至船舶。随着氢能基础设施的建设和技术的进步，氢燃料电池的成本正在逐步降低，其在能源系统中的比重有望持续增长。尽管氢燃料电池具有巨大的潜力，但氢气的生产（特别是绿色氢气）、储存、运输和分发仍然面临技术和经济上的挑战。此外，氢燃料电池的成本和耐用性也是当前研究的重点。

总之，氢气作为燃料在工业炉燃烧和燃料电池领域的应用展现出了清洁、高效的特点，对于推动能源转型和实现碳中和目标具有重要意义。随着技术进步和成本下降，预计氢气在这些领域的应用将得到更广泛的推广和应用。^[4]

2、储存与运输

氢气的储存和运输是氢能技术发展中的关键环节，因为氢气具有低密度和高反应性的特点，所以需要特殊的方法来安全有效地储存和运输。以下是目前氢气储存技术和运输方式的描述：

氢气储存技术：

(1) 压缩氢气储存：氢气可以被压缩至高压（通常在200至700巴）储存在特制的高压气瓶中。这些气瓶由钢或复合材料（如碳纤维）制成，以承受高压而不发生变形。压缩氢气是目前最常见的储存形式，尤其适用于氢燃料电池汽车和小规模氢气储存。

(2) 液化氢气储存：氢气可以通过冷却至极低温度（约-253℃）转变为液态，这种形式称为液氢。液态氢的密度高于气态氢，因此可以在较小的空间内储存更多

的氢气。液化需要大量的能量，因此成本相对较高，但适用于需要大量运输和储存的场合。

(3) 金属氢化物储存：氢气可以与某些金属或合金反应，形成金属氢化物，从而以固态形式储存。这种方法的优点是可以在较低的压力下储存氢气，且释放氢气时相对容易控制。金属氢化物储存的缺点是重量较重，储存密度相对较低。

氢气运输方式：

(1) 管道运输：氢气可以通过专门建造的管道进行运输，这是一种成本较低的运输方式。管道运输适用于大规模氢气输送，特别是在工业区域内部。然而，建设新的氢气管道需要较大的初始投资，并且现有的天然气管道可能需要改造才能用于氢气。

(2) 高压气瓶运输：压缩氢气可以通过特制的高压气瓶在道路或铁路上运输。这种方式适用于短距离或小规模的氢气运输。

(3) 液态氢运输：液态氢可以在保温的罐式集装箱中运输，适用于长距离和大量的氢气运输。由于液态氢需要保持极低温度，因此运输过程中的能耗和成本较高。

总体来说，氢气的储存和运输技术正在不断发展中，随着氢能基础设施的完善和技术的进步，未来氢气的储存和运输将更加高效和经济。

三、氢气利用的技术挑战与发展方向

1、技术挑战

氢气作为一种清洁能源，尽管具有许多潜在优势，但在实际利用过程中仍然面临着一系列技术挑战。以下是几个主要的挑战：

(1) 储存挑战

高压储存：为了提高氢气的储存密度，氢气通常需要压缩至高压。这要求使用特殊材料制造储存容器以承受高压，从而增加了储存成本和系统的复杂性。

液态储存：液化氢气需要在极低温度下储存，这不仅需要昂贵的冷冻技术，还有蒸发损失的问题，即使在最佳的保温条件下，也会有一部分液氢逐渐蒸发。

材料相容性：氢气对储存和输送材料的选择有特殊要求，因为它可能导致某些材料的脆化或疲劳，从而影响系统的长期稳定性和安全性。^[5]

(2) 运输挑战

成本：由于氢气的低密度，不论是以气态还是液态形式，运输氢气的成本都相对较高。

基础设施：当前的运输基础设施主要是为传统燃料设计的，氢气的运输需要建立专门的管道或改造现有的管道和运输工具。

运输安全：高压或低温运输氢气存在安全风险，必

须确保严格的安全措施和应急准备。

(3) 安全风险

易燃性和爆炸性：氢气是一种高度易燃的气体，在一定的浓度范围内与空气混合会形成爆炸性混合物。

检测难度：氢气无色无味，泄漏时难以察觉，需要依赖于特定的检测设备。

扩散性：氢气的分子非常小，能够迅速扩散，这既是一种安全优势（可以迅速稀释），也是一种挑战（可能透过微小的裂缝泄漏）。

(4) 经济性问题

高初始投资：氢气的生产、储存和运输设施需要高额的初始投资，这对于氢能技术的商业化推广构成了障碍。

生产成本：尽管电解水是一种清洁的氢气生产方式，但在电力成本较高的地区，这种方式的氢气成本仍然较高。

(5) 技术成熟度

储存技术研发：目前，对于高密度、低成本的氢气储存技术仍在研发中，如固态储存、金属有机骨架（MOFs）等。

系统集成：氢气的生产、储存、运输和最终应用之间需要有效的系统集成，以确保整个氢能链的高效运作。

解决这些挑战需要跨学科的合作、技术创新和政策支持。随着技术进步和规模经济的实现，预计氢能的成本将降低，储存和运输的安全性和经济性将得到提高，氢能的应用前景将更加广阔。

2、发展方向

为了克服目前氢气利用面临的挑战，未来的发展方向将集中在以下几个关键领域：

(1) 高效安全的氢气储存技术

固态储存材料的开发：研究和开发新的固态储存材料，如金属有机骨架（MOFs）、合金材料等，这些材料能够以较低的压力储存更多的氢气，同时提高安全性。

先进复合材料的应用：利用轻质、高强度的复合材料制造储氢容器，以减少储存系统的重量并提高其耐压性能。

智能监控系统：开发集成传感器和控制系统，实时监测储存条件，确保氢气储存的安全性和有效性。

(2) 成本效益高的氢气运输方法

管道运输技术改进：优化和改造现有的天然气管道，使其适用于氢气运输，或建设新的氢气专用管道网络。

模块化运输解决方案：开发模块化的氢气运输容器，便于在不同的运输方式之间切换，如从铁路到道路，从海运到内陆运输。

液态氢运输技术：改进液态氢的保温容器设计，减少蒸发损失，并提高运输过程中的能效。

(3) 氢能源应用的市场拓展和政策支持

市场激励机制：通过补贴、税收优惠等政策激励氢能源的研究、开发和商业化应用。

标准和规范制定：建立统一的氢能源标准和安全规范，以促进技术的推广和市场的接受。

公众意识提升：加强对氢能源优势和应用的宣传教育，提高公众对氢能源的认知和接受度。

通过这些发展方向上的努力，未来氢能源将有望成为一个经济实用、安全可靠的清洁能源解决方案，为实现全球能源转型和减少温室气体排放做出重要贡献。

结论

氯碱工业是通过电解食盐水（盐酸或氯化钠溶液）生产氯气和烧碱（氢氧化钠）的过程，同时产生副产品氢气。这一过程被称为电解盐水过程，是化工领域中最重要基础工艺之一。氢气的产生在这一过程中是不可避免的，因此，氢气的有效利用对于提高氯碱工业的整体经济性和环境友好性至关重要。氢气作为一种清洁能源，具有高热值、零碳排放等特点，随着对氢能源重要性的认识不断提高，氯碱工业中氢气的处理技术也在持续进步。未来开发更高效的电解技术，如固体氧化物电解技术（SOEC），以降低氢气生产成本。结合可再生能源，如风能、太阳能等，实现氢气的低碳或零碳生产。构建氢气能源网络，实现氢气的大规模储存、运输和分配，以满足工业和交通领域的需求。将氢气生产、储存、运输和利用的技术进行系统化集成，提高整体效率，降低成本。制定相关政策和市场机制，推动氢气在氯碱工业及其他行业的应用，促进氢能市场的发展。总之，氢气在氯碱工业中不仅是一种副产品，更是一种具有重要经济和环境价值的清洁能源。通过技术创新和政策支持，氢气的高效利用和处理有望在未来成为推动氯碱工业和氢能产业发展的重要力量。^[6]

参考文献

- [1] 吕友余. 氢气的综合利用 [J]. 氯碱工业, 1987
- [2] 张希哲. 亚洲首台卧式氢气锅炉运行总结 [J]. 山东化工, 2020
- [3] 耿双燕. 浮筒式氢气槽压自控装置 [J]. 氯碱工业, 1988
- [4] 杨振声. 氢气阻火器 [J]. 氯碱工业, 2001
- [5] 欧阳玉霞, 何冠平, 郭春辉. 氯碱联产品——压缩氢气的开发和应用 [J]. 中国氯碱, 2017
- [6] 李丛宝, 徐华, 薛亮, 王玉宝. 浅谈企业氢气综合利用现状与发展规划 [J]. 中国氯碱, 1998