

煤制氢和天然气制氢的经济性分析

王诗竣（中海油惠州石化有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：当前对清洁能源的需求不断上升，制氢技术作为实现能源转型和减少碳排放的重要途径受到广泛关注。基于此，本文对煤制氢和天然气制氢两种方式的经济性进行深入研究。此过程主要分析两种技术的工艺原理、成本构成以及在不同应用场景下的经济表现，明确其各自的优势与局限性，保证不同区域的制氢具备最大经济效益，为未来制氢产业的发展提供决策依据。

关键词：煤；天然气；制氢；经济性

0 引言

氢气是非常重要的可再生资源，在交通运输、工业生产、电力储能等领域具有广阔的应用前景。当下最常见的制氢方法有：煤制氢、天然气制氢、水电解制氢等。当然煤制氢和天然气制氢资源丰富、技术成熟，在全球范围内得到广泛应用。然而，我国对能源和环保要求比较高，对这两种制氢方式的经济性进行分析具有重要意义。

1 煤制氢技术概述

1.1 工艺原理

在煤制氢过程中，首先会发生气化反应。其中煤炭中的碳元素会在特定条件下与气化剂发生反应，转化为一氧化碳和氢气。此过程会打破煤炭原本的结构，释放出蕴含其中的能量，为后续的转化奠定基础。紧接着发生变换反应。在此期间，一氧化碳会与水蒸气等物质发生反应，转换为 CO_2 和 H_2 。此环节大幅度优化了产物的成分比例，也让整个转化过程更加高效、环保。最后需要净化工艺将混在氢气中的杂质一一剔除。这些杂质可能是未反应完全的物质，也可能是在反应过程中意外引入的其他成分。经过净化工艺的严格筛选，最终得到的便是高纯度的氢气。

常见的煤制氢工艺包括固定床气化、流化床气化、气流床气化等。这些不同的工艺各有其独特的特点和优势，适用于不同的生产需求和场景。例如，固定床气化工艺以其稳定地运行状态和相对较高的转化率而受到青睐；流化床气化则凭借其良好的传热传质性能，在大规模生产中展现出强大的竞争力；气流床气化则以其高效的反应速率和灵活的操作方式，为煤制氢技术的发展提供更多的可能性。

1.2 成本构成

1.2.1 原料

在煤制氢技术的原料成本构成中，煤炭作为核心

原料，其价格直接决定煤制氢成本。当煤炭价格上涨时，煤制氢的成本也会随之增加，反之亦然。这种价格敏感性要求煤制氢项目在选择原料供应商时必须谨慎考虑，以此保证成本控制的稳定性。此外，不同地区的煤炭价格差异也反映资源分布的不均衡性。在煤炭资源丰富的地区，由于供应充足且运输成本相对较低，煤制氢的原料成本自然更具优势。

1.2.2 设备

煤制氢需要建设一系列的设备设施，如煤气化装置、气体净化装置和氢气提纯装置等。这些设备设施的建设需要大量的资金投入，因此，投资成本较高。但随着技术的进步和设备的更新换代，投资成本会发生变化。此过程如果企业想要保持竞争力，就需要不断投资于新的技术和设备。这种情况也会使企业的投资成本增加，从而影响到其盈利能力。与此同时，设备折旧费用在总成本中占比较大。这是因为，随着时间的推移，设备的使用价值会逐渐降低，因此需要折旧反映此变化。在大部分企业中，会采用直线折旧法或加速折旧法来计算设备的折旧费用。直线折旧法是将设备的原值均匀地分摊到其使用寿命的每一年中；而加速折旧法则是在设备使用的早期阶段计提较多的折旧费用，以反映设备在使用初期的价值损失较快的特点^[1]。

1.2.3 运行维护

煤制氢在运行与维护中，对于能源消耗方面，电力和水等能源的消耗量极为庞大。此过程对于能源的需求十分庞大。而能源价格在市场中会受到诸多因素的干扰和影响，呈现出波动的状态。这种波动就如同一场无形的风暴，会直接冲击到煤制氢技术的运行成本上。当能源价格上涨时，运行成本也会随之攀升；反之，当能源价格下降时，运行成本则有可能相应降低。这种情况表明能源价格的波动时刻左右着煤制氢

技术运行成本的高低。在人工成本方面，专业的技术人员运用专业技能和丰富的经验，保证整个系统的稳定运行。但聘请这些专业技术人员需要付出相应的代价，因此出现较高的人工成本。随着大环境的改变市场竞争激烈，人工成本也可能会有所波动。例如，当市场上对煤制氢技术专业人才的需求增加时，其薪酬待遇会相应提高，从而使得人工成本上升；反之，当人才供应相对充足时，人工成本则可能会保持在相对稳定的水平。除此之外，煤制氢设备在长时间的运行过程中，难免会出现各种故障和问题。这就需要定期对设备进行维护保养，使其能够持续高效地运行。而设备的维护保养工作并非简单的日常检查和清洁，需要专业的维修人员运用先进的技术和工具，对设备进行全面的检修和修复。在维护期间，不仅需要投入大量的人力，还需要使用各种维修材料和零部件，这些都会产生相应的费用。而且，一旦设备出现较为严重的故障，维修费用可能会大幅上升，给企业带来较大的经济压力。

1.2.4 环保成本

在环保成本方面，煤制氢过程会产生大量的二氧化碳、硫化物和氮氧化物等有害气体。为了减少对环境的污染，需要采用先进的废气处理技术，如脱硫、脱硝和除尘等。这些技术会有效地去除废气中的有害物质，降低排放浓度，从而满足环保要求。但废气处理设备的建设和维护成本较高，无疑增加了煤制氢技术的环保成本。煤制氢过程还会产生一定量的废水，为保护水资源和水环境，要对废水进行处理，去除其中的污染物。而废水处理设备的建设和运营成本会增加煤制氢技术的环保成本。除了废气处理和废水处理外，煤制氢技术还需要考虑其他环保措施。例如，煤渣和废催化剂等。这些固体废物需要进行合理的处理和处置，以避免对土壤和地下水造成污染。此外，还需要加强环境监测和管理，确保煤制氢过程中的各项指标符合环保要求。此方面需要投入一定的人力和物力资源，进一步增加环保成本^[2]。

2 天然气制氢技术概述

2.1 工艺原理

天然气制氢流程较为简洁，主要涵盖蒸汽重整法、部分氧化重整法以及自热重整法等几种方式。其中，蒸汽重整法是将天然气（主要成分为甲烷）与水蒸气混合后，在催化剂的作用下发生化学反应。催化剂主要采用镍基催化剂，其具有活性高、选择性好等优点。

在高温条件下（一般为 700–1100°C），甲烷与水蒸气发生重整反应，生成一氧化碳和氢气。此反应过程需要吸收大量的热量，因此需要在反应体系中提供足够的热量来维持反应的进行。一般来说，会采用燃烧部分天然气的方式提供热量，但这种方式会对反应产生一定的影响，例如导致局部温度过高，影响催化剂的活性和寿命。为了解决这一问题，需要采用一些先进的供热技术，如热交换器等，以提高能源利用效率和反应的稳定性。而部分氧化重整法与蒸汽重整法不同，部分氧化重整法是在氧气存在的条件下进行。天然气与氧气按照一定的比例混合后，在催化剂的作用下发生部分氧化反应，生成一氧化碳和氢气。这种方法的反应速度较快，可在较短的时间内获得较高的氢气产量。在自热重整法中，天然气先与水蒸气发生蒸汽重整反应，生成一氧化碳和氢气。然后，再将一部分一氧化碳与氧气发生燃烧反应，释放出热量，用于维持蒸汽重整反应的进行。除了以上几种主要的制氢方法外，还有一些其他的辅助工艺和技术，如变换反应和净化工艺等。变换反应是将一氧化碳进一步转化为二氧化碳和氢气的过程，可有效提高氢气的纯度。净化工艺则是去除反应气体中的杂质，如硫化物、氮化物等，以获得高纯度的氢气产品。

2.2 成本构成

2.2.1 原料

相较于其他可能的制氢原料，如煤炭或生物质等，天然气因其价格的稳定性和相对低廉而脱颖而出。这种价格优势不仅为制氢项目提供了成本上的可预测性，还极大地降低了市场波动带来的风险。天然气之所以能在制氢原料中占据一席之地，主要是天然气的开采过程已经相当成熟，且在全球范围内拥有广泛的基础设施支持，包括管道网络、液化天然气（LNG）设施等，这些设施的存在显著降低了从气源到制氢工厂的物流成本。相比之下，其他原料可能需要更复杂的处理流程或更高的运输费用，从而推高了总成本^[3]。

2.2.2 设备

天然气制氢的设备相对简单，因此初始投资成本相对较低。此特点使得天然气制氢项目在资金筹措和预算规划上更具灵活性，有效降低了投资者的财务压力。同时，天然气制氢设备的可靠性和稳定性较高，表明在长期运行过程中，设备的故障率和维护需求相对较低，从而进一步降低了运营成本。除了设备投资成本较低外，天然气制氢项目的折旧成本也相对较低。

由于设备的可靠性和稳定性较高，其使用寿命相对较长，因此每年的折旧费用相对较低。这使得天然气制氢项目在长期运营过程中可保持较低的成本水平，从而提高项目营收能力。

2.2.3 运行维护

天然气制氢技术的运行维护成本中，天然气作为主要的能源来源，其自身的消耗占据了能源利用的大头。其中天然气制氢过程展现出较高的能源利用效率，这种情况表明在转化过程中，天然气的能量得到较为充分地利用。相较于其他可能的制氢技术，天然气制氢在这两方面表现出较低的水平。人工成本的降低，往往得益于技术流程的简化和自动化程度的提升，使得操作人员可更高效地完成工作，减少不必要的人力投入。同时，维修费用的稳定也是天然气制氢技术的一大优势。由于设备和技术的成熟性，以及天然气本身作为能源的相对清洁性，设备的磨损和故障率相对较低，从而有效保证维修费用的可控性和可预测性。

2.2.4 环保成本

相较于其他制氢方法，天然气制氢过程中产生的污染物很少，这无疑降低了环保成本。尽管污染物排放较少，但在二氧化碳排放方面，天然气制氢仍然面临挑战。对此，应提高能源利用效率。此方面可通过优化制氢工艺和设备，最大程度减少能源消耗，从而降低二氧化碳排放。此过程还应采用碳捕集、利用与封存（CCUS）技术，以此将制氢过程中产生的二氧化碳进行捕集、处理并封存，避免其直接排放到大气中。还可以探索利用可再生能源进行制氢，如太阳能、风能等，以实现更环保的制氢过程。为实现天然气制氢技术的可持续发展能力，天然气制氢技术需要不断创新和升级，以适应未来市场的需求。其中包括研发更高效的制氢催化剂、探索新型制氢工艺以及加强与其他清洁能源技术的融合等^[4]。

3 不同应用场景的经济性比较

3.1 大规模场景

从运输和储存成本的角度来看，氢气作为一种轻质气体，其运输和储存成本相对较高。无论是煤制氢还是天然气制氢，都需要将产生的氢气进行压缩或液化后才能进行运输和储存。在此过程中，需要消耗大量的能源和设备投入。其中，煤制氢原料是煤炭，其运输和储存过程中可能会产生更多的污染物，这也增加了其环境成本。而对于天然气制氢来说，由于其原料是天然气，其运输和储存过程中产生的污染物较少，

环境成本相对较低。因此，在考虑运输和储存成本时，天然气制氢具有一定的优势。从当下市场发展趋势来看，氢能的需求量非常大。在这种情况下，煤制氢和天然气制氢都面临着广阔的市场前景。但由于煤制氢过程中产生的污染物较多，其在市场上的认可度相对较低。而天然气制氢由于其环保性能较好，得到政府和市场的认可和支持。因此，在考虑市场需求和政策支持时，天然气制氢具有一定的优势。

3.2 特殊场景

在特殊场景中，综合考虑原料成本、转化效率、环境影响及政策因素，可以发现煤制氢与天然气制氢的经济性比较并非一成不变。对于煤炭资源丰富且环境规制相对宽松的地区，煤制氢可能在短期内展现出成本优势。然而，随着环保标准的提高和碳交易市场的完善，这种优势可能会逐渐减弱。相反，对于天然气供应稳定且价格合理的地区，天然气制氢在长期内可能更具经济性和可持续性。此外，技术进步也是影响两者经济性比较的关键因素。随着清洁能源技术的发展和成本降低，如可再生能源制氢、核能制氢等新兴技术的兴起，未来制氢领域的竞争格局将更加多元化。这些新技术的引入会改变现有制氢方式的成本结构，还可能推动整个能源体系的转型和升级^[5]。

4 结论

综上所述，从经济性角度来看，煤制氢和天然气制氢因制作过程不同，存在不同的经济影响。其中，煤制氢在原料成本方面具有优势，但设备投资较大且面临较大的环保压力；天然气制氢虽然设备投资略低且环保性能更好，但原料成本相对较高。因此，在具体选择制氢方式时，应充分结合自身的实际情况和市场需求进行考虑，以此选用最佳的制氢方式。

参考文献：

- [1] 李刚 . 煤制氢技术发展与应用 [J]. 科技创新与生产力 ,2024,45(11):54-57.
- [2] 邵乐 , 张益 , 唐燕飞 , 等 . 煤制氢、天然气制氢及绿色制氢经济性分析 [J]. 炼油与化工 ,2024,35(02):10-14.
- [3] 郭可玟 , 续永杰 , 史瑞静 .3 种制氢技术路线的经济性分析 [J]. 电工技术 ,2024(07):40-43.
- [4] 梁晓静 , 洪族芳 , 薛兴宇 , 等 . 不同制氢路线的经济性分析及比较 [J]. 能源化工 ,2024,45(01):30-37.
- [5] 常宏岗 . 天然气制氢技术及经济性分析 [J]. 石油与天然气化工 ,2021,50(04):53-57.