

# 异丙醇生产工艺技术发展趋势及市场前景分析

丁长胜（中国石油锦州石化公司，辽宁 锦州 121001）

**摘要：**本文介绍了目前国内合成异丙醇生产技术路线，对国内丙烯水合法和丙酮加氢法两种主流异丙醇生产工艺进行了对比，分析了全球芯片半导体、生物医药等新兴产业的蓬勃发展及中美贸易摩擦引发的半导体产业的本土化进程加速给国内异丙醇市场带来的机遇和挑战，探讨了异丙醇生产工艺技术的发展趋势和市场前景，对推进行业可持续发展提出了建议。

**关键词：**异丙醇；生产工艺技术；市场前景

中图分类号：TQ223.12 文献标识码：A

文章编号：1674-5167 (2025) 025-0008-03

## Analysis of the Development Trends and Market Prospects of Isopropanol Production Process Technology

Ding Changsheng (PetroChina Jinzhou Petrochemical Company, Jinzhou Liaoning 121001, China)

**Abstract:** This article introduces the current domestic synthetic isopropanol production technology route, compares the two mainstream isopropanol production processes in China, namely propylene hydration method and acetone hydrogenation method, analyzes the opportunities and challenges brought to the domestic isopropanol market by the booming development of emerging industries such as global chip semiconductors and biomedicine, as well as the acceleration of the localization process of the semiconductor industry caused by the Sino-US trade friction. It explores the development trend and market prospects of isopropanol production technology, and puts forward suggestions for promoting sustainable development of the industry.

**Keywords:** Isopropanol; Production process technology; market prospect

异丙醇作为一种性能优良的基础化工原料主要用于油墨、涂料和制药工业；在化学中间体领域，异丙醇主要用于生产异丙胺、异丙醚以及一些酯类等；异丙醇还广泛用于电子工业清洗剂、汽车防冻液、消毒剂、洗涤用品、日用品等；异丙醇具有很强的杀菌能力，多用于皮肤以及医疗器械的消毒；在清洗剂领域，主要采用高纯度异丙醇作为半导体的清洗剂以及金属脱脂清洗剂；在高端电子制造领域，电子级异丙醇已成为芯片清洗环节不可或缺的关键材料。中美贸易摩擦引发的供应链重塑加速了半导体产业的本土化进程，为高端电子级异丙醇提供了强劲的需求动力，推动异丙醇产业链迎来新一轮发展机遇，发展潜力巨大<sup>[1-2]</sup>。

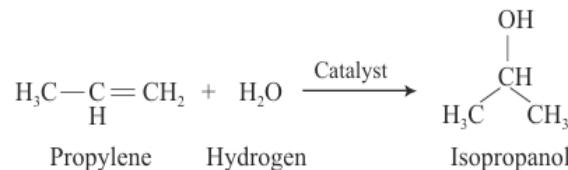
### 1 国内异丙醇生产工艺技术现状

2024年，我国异丙醇生产企业15家，总产能约111.5万t，主要有三种工艺，即丙烯水合法、丙酮加氢法及醋酸异丙酯氢化法<sup>[3-5]</sup>。

#### 1.1 丙烯水合法

丙烯水合法又分为直接水合法和间接水合法。间接水合法也称丙烯硫酸氧化法，该工艺由丙烯与硫酸发生水合反应生成硫酸一异丙酯和硫酸二异丙酯，再经水解生成粗醇，粗醇精制生产出异丙醇产品。该工艺耗硫酸量大，存在强腐蚀，高污染、高能耗，已逐渐退出异丙醇生产领域；丙烯直接水合法是丙烯在催化剂作用下直接和水反应生成异丙醇，该法根据使用

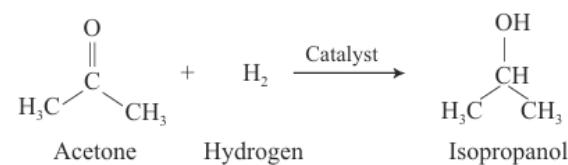
催化剂及反应物相态不同又可分为气相法、液相法和气液混相法三种，其主反应如下：



丙烯直接水合法每生产1t异丙醇理论丙烯单耗0.7t，原料单耗低，反应催化剂无金属杂质引入，反应选择性相对较高，副产物少，是生产高端电子级异丙醇和生物制药的理想原料，加之原料来源广泛，价格波动小，国外90%的异丙醇装置均采用丙烯直接水合法工艺。

#### 1.2 丙酮加氢法

丙酮加氢法生产异丙醇工艺采用铜—铬/载体催化剂，在200℃、12.0MPa条件下，丙酮加氢生成异丙醇，其丙酮主要来源于苯酚/丙酮装置，主反应如下：

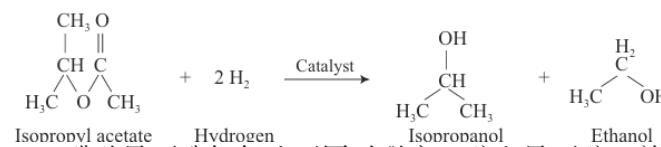


丙酮加氢法生产异丙醇工艺每生产1t异丙醇的丙酮理论最低单耗0.967t丙酮，由于原料丙酮及催化

剂价格高，且在生产成本中占比比较大，尽管目前丙酮加氢法生产异丙醇产能已占国内异丙醇行业总产能的82%，但随着近几年酚酮企业利润倒挂，致使酚酮装置副产品丙酮供应端价格居高不下，丙酮加氢法异丙醇装置多处于低负荷或停产状态，装置的总体开工率约为29%，表现出异丙醇行业空有产能而无实际产量。

### 1.3 醋酸异丙酯氢化法

醋酸异丙酯氢化法是中国科学院大连物理化学研究所开发的醋酸异丙酯加氢法制备异丙醇工艺，2015年在江苏凯凌化工实现工业化，其主要反应如下：



醋酸异丙酯加氢法可同时联产乙醇和异丙醇，并生成一些副产物，因此，其异丙醇产品质量不仅取决于加氢过程生成的副产物的数量，而且取决于后续精馏过程的分离效果。江苏凯凌化工醋酸异丙酯氢化法异丙醇装置虽能联产无水乙醇，但无水乙醇与异丙醇分离困难，加上脱水过程复杂等因素，始终处于停工状态，目前未形成实际有效产能。

## 2 不同生产工艺异丙醇装置运行情况对比

### 2.1 开工率及效益对比

随着生产异丙醇工艺多元化，各工艺潜在差异化问题也加剧了异丙醇的行业竞争。丙烯原料易得，单耗低，产品质量优异，国外以丙烯水合法工艺为主，国内2010年以前丙酮稀缺，异丙醇主要生产方式为丙烯法。随着酚酮产业链的快速发展，2010–2019年国内原料丙酮的价格持续偏低，在“酚强酮弱”背景下，丙酮作为苯酚/丙酮装置的副产物，曾一度出现丙酮法较丙烯法有优势，丙酮加氢法产能占比从0涨至76.47%，截至2024年，国内异丙醇装置除中国石油锦州石化、凯凌化工和浙江新化用丙烯水合法生产异丙醇外，其余厂家均采用丙酮加氢法，丙酮加氢法和丙烯水合法占比分别为82%和18%。

2023年开始，丙烯法和丙酮法成本出现大逆转，酚酮装置亏损，丙酮格走高，丙酮法成本上升；而丙烯法利润走高，主因丙烯产能扩张，供应过剩压力大，价格走低，成本优势明显。

表1 两种工艺生产成本对比情况

项目名称	单位	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
丙烯水合	元/t	6087	5951	5843	5257	6584
丙酮加氢	元/t	8051	7624	7025	7252	7696
差额	元/t	-1963	-708	-217	-1031	-1112

数据来源：百川盈孚（BAIINFO）

从表1可见，丙烯水合法异丙醇更具成本优势，每吨产品两种工艺生产成本相差217~1963元/t。

随着近几年酚酮企业利润倒挂，致使酚酮装置副产品丙酮原料供应端价格居高不下，丙酮加氢生产异丙醇装置多处于低负荷或停产状态，见表2。

表2 国内异丙醇装置开工率情况

序号	项目名称	单位	2021年	2022年	2023年	备注
1	国内总产能	万吨/年	112	93	111.5	
	丙酮加氢产能	万吨/年	92	73	91.5	
	丙烯水合产能	万吨/年	20	20	20	
2	国内总产量	万吨	36	42	45	
	丙酮加氢产量	万吨	19.3	26.5	27.5	
	丙烯水合产量	万吨	16.7	15.5	17.5	
3	国内总开工率	%	32.1	45.2	40.4	
	丙酮加氢开工率	%	21	36.3	30.1	
	丙烯水合开工率	%	83.5	77.5	87.5	

从表2可见，国内丙酮加氢生产异丙醇装置的开工率在降低。主要因为原料丙酮的价格上涨。通过对丙酮原料供应端分析，国内90%丙酮是由异丙苯法的酚酮装置生产苯酚的副产物，受主产品苯酚价格波动影响，酚酮企业2023年至今一直亏损，2023年酚酮企业利润均值为-365元/t，2024年上半年酚酮企业利润均值为-522元/t。酚酮企业多处于亏损的原因在于最大下游双酚A产能过剩持续亏损，而丙酮下游MMA和MIBK盈利，加之未来产业链局势改观预期不大，导致丙酮作为副产品需要背负更多的生产成本，国内丙酮价格居高不下的形势难以改变，未来丙酮加氢生产异丙醇装置的开工率仍将维持较低水平。

2024年以来国内异丙醇平均利润影响着部分成本较高企业的开工负荷，部分企业间歇停工，在利润较高时复工。利润对异丙醇生产企业影响较大，一方面产能扩大，导致供应过剩，竞争加剧；另一方面国内异丙醇生产企业的成本差距持续拉大，导致丙酮法利润差别达到600元/t附近，而丙烯法与成本较高的丙酮法利润差别达到2000~3000元/t，见表3。

表3 2025年两种异丙醇生产工艺毛利对比

月份	平均毛利，元/t	
	丙烯水合法	丙酮加氢法
1月	302	-231
2月	499	-528
3月	513	-422
4月	446	-296
5月	678	65

数据来源：卓创资讯

通过对比分析得出，当丙酮与丙烯的价格比例高于0.76时，丙烯法的竞争力会大一些，丙烯法装置开工率提高，丙酮法开工率降低；当丙酮与丙烯的价格

比例等于 0.76 的时候，丙酮法与丙烯法竞争力相当；当丙酮与丙烯的价格比例低于 0.76 的时候，丙酮法的竞争增强。2024 年丙酮与丙烯的价格比例在 0.9~1 左右，从未来五年丙酮和丙烯价格走势预测来看，2025~2030 年丙酮与丙烯的价格比例预计在 0.9 左右，所以预计未来几年丙烯法制异丙醇仍具有较强的竞争。

随着国内新建煤制烯烃 (CTO)、甲醇制烯烃 (MTO)、丙烷脱氢 (PDH) 等装置的建成投产丙烯产能将大幅扩张，过剩局面日趋严重，和丙酮法相比，丙烯法成本面更具优势，未来国内异丙醇市场中的丙烯水合法占比将不断提升。

## 2.2 产品质量对比

丙烯水合 (气相/气液相) 法采用非金属催化剂、丙酮加氢法采用金属催化剂 (主要为铜和镍)。经调研，国内外生产高端电子级 (G4、G5) 异丙醇企业均采用丙烯水合法生产的工业级异丙醇为原料，而采用丙酮加氢法生产高端电子级异丙醇目前尚无成功案例。分析其原因有以下几个：

一是丙酮加氢法存在催化剂残留金属污染。高端电子级异丙醇要求金属离子含量达到  $\text{ppt}$  ( $10^{-12}$ ) 级甚至更低，丙烯水合法采用非金属催化剂体系，反应无金属杂质引入为后续实现痕量控制创造了条件；而丙酮加氢法反应通常使用镍、钯或铜基催化剂，催化剂引入金属离子将以微量形式残留在产品中，虽然量少，但对于  $\text{ppt}$  级的痕量要求就是非常大的数量，常规工艺难以完全去除催化剂残留，后续即使采用过滤或吸附手段，也难以彻底清除纳米级金属颗粒或溶解态离子，需要依赖离子交换树脂或超纯蒸馏等更高成本技术去除，难度大，成本成倍增加。

二是丙酮加氢法有机杂质多，控制难度大。高端电子级异丙醇要求有机杂质含量达到  $\text{ppm}$  ( $10^{-6}$ ) 级甚至更低，丙烯水合法副产物少，有机杂质含量容易控制；丙酮加氢法由于加氢反应机理影响，其产物有机杂质组份复杂，传统工艺需结合分子筛吸附等工艺

表 4 国内异丙醇生产工艺对比

工艺	特点
丙烯水合法	发展较早，更具经济性。从产品质量角度看，生产的异丙醇有机杂质和金属离子浓度低，更适合生产电子级异丙醇、制药等高端产品。
醋酸异丙酯法	生产过程无需缩水，但会联产无水乙醇，而无水乙醇与异丙醇完全分离难度较大，目前没有形成实际产能
丙酮加氢法	一方面目前丙酮原料价格无优势，成本压力较大；另一方面生产的异丙醇有机杂质和金属离子浓度高，不适合生产电子级异丙醇等高端产品

数据来源：百川盈孚 (BAIINFO)

进行多次精馏分离，经济性差。

三是丙酮加氢法异丙醇异味大。原料丙酮含硫杂质 (如硫醇、硫醚)，加氢过程中生成含硫副产物产生异味且难以去除，不宜用于医药、半导体等高端领域。

## 3 异丙醇应用前景分析

随着芯片半导体、生物医药等新兴产业的蓬勃发展，异丙醇作为重要的基础化工原料和精细化学品，其市场需求持续攀升，电子工业清洗剂是全球异丙醇消费增长最快的领域之一，需求量以年均 10% 以上的速度增长。下游应用高端化是异丙醇可行的发展之路，尤其在高端电子制造领域，电子级异丙醇已成为芯片清洗环节不可或缺的关键材料。中美贸易摩擦引发的供应链重塑加速了半导体产业的本土化进程，为高端电子级异丙醇创造了强劲的需求动力，目前我国异丙醇在该领域的应用刚刚起步，发展潜力巨大。

医药方面，异丙醇含有两组甲基使它溶解脂类的能力、浸透性比乙醇强，增加了触杀能力，对某些细菌和病毒异丙醇的灭杀效果甚至超过乙醇，国外多用于皮肤以及医疗器械的消毒，还可以用于假肢的消毒。在一些国家，异丙醇是美容院等公共场所使用最多的消毒剂，但我国却很少做此类应用。

## 4 总结

由于国内丙酮加氢法生产的异丙醇目前适用于溶剂、中间体等低端领域，生产成本高，市场过剩，装置开工率低，表现出空有产能而无实际产量。

随着国内芯片半导体等行业的高速发展，国内高品质异丙醇进入电子行业，丙烯水合法异丙醇需求量持续增长，积极加大异丙醇的应用开发力度，如高端的消毒剂、高端电子级异丙醇等，逐渐扩大应用领域，形成从生产到应用的有效产业链，促进我国异丙醇产业健康有序发展势在必行。

## 参考文献：

- [1] 燕丰. 异丙醇的生产技术及国内外市场前景 [J]. 医药化工, 2007(10):12-15.
- [2] 李银彦. 异丙醇生产技术及市场展望 [J]. 精细与专用化学品, 2011, 19(12):8-11.
- [3] 刘春杰, 刘成. 异丙醇及其生产技术比较 [J]. 石油科技论坛, 2011, 30(6):56-57.
- [4] 杨恒东, 崔咪芬, 李有林, 等. 醋酸异丙酯催化加氢制双醇反应网络及动力学研究 [J]. 高校化学工程学报, 2016, 30(4):836-841.
- [5] 白文君, 李文怀, 高蕊蕊, 等. 助剂对 Ni 基催化剂上丙酮高压气相加氢制异丙醇的影响 [J]. 能源化工, 2016, 37(3):6-10.