

低等规聚丙烯的生产及市场前景展望

中国石油广西石化有限公司筹建组 胡于中

中国石油工程设计有限公司 王春燕

随着国内多套大型连续式聚丙烯生产装置的相继投产，近几年众多生产普通高等规聚丙烯的间歇式小本体聚丙烯装置面临越来越严峻的市场压力。改造小型间歇式小本体聚丙烯装置，转型生产低等规聚丙烯，是间歇式小本体聚丙烯装置的一个发展方向。

1 产品概述

低等规聚丙烯（LIPP）是一种新型的聚丙烯系列产品，系指除了高规聚丙烯（IPP）和高间规聚丙烯（SPP）以外的所有类型的聚丙烯产品，包括传统的副产无规聚丙烯（APP）产品。

在以常规催化剂生产聚丙烯工艺过程中，必须将无规聚丙烯作为副产品从主产品中分离出来。通过对无规聚丙烯长期的开发利用，使其在建筑、交通、纺织、印刷、塑料加工、电子、电缆等领域得到广泛应用。随着高效催化剂广泛用于聚丙烯生产，使副产无规聚丙烯的资源日趋减少。原来以无规聚丙烯为原料的行业面临着停产或转产。国外从 20 世纪 80 年代以来，相继开发出直接合成低等规聚丙烯工艺技术。

与高等规聚丙烯相比，低等规聚丙烯具有密度小、韧性好、低温柔软、热封温度低、加工容易等特点；与传统无规聚丙烯相比，低等规聚丙烯具有适当的等规度和一定的结晶度，较高的相对分子质量，较低的表面粘度，较好的耐热性能，是副产的无规聚丙烯的升级换代产品。

2 国内外市场情况

2.1 国外市场概况

国外聚丙烯生产初期采用浆液法生产工艺，由于采用常规催化剂体系，产品等规度低，在产品生产过程中，所生成的无规聚丙烯溶解于溶剂己烷中，经脱除溶剂后，得到副产物无规聚丙烯。在采用常规催化剂的情况下，无规聚丙烯的生成量约占聚丙烯产量的6%~8%，按全世界浆液法聚丙烯总生产5Mt/a计，无规聚丙烯资源约0.30~0.40Mt/a。随着聚丙烯高效催化剂的开发成功及广泛地用于聚丙烯生产中，原先使用常规催化剂的浆液法聚丙烯装置采用高效催化剂以后，可去掉催化剂分解，聚合物水洗和甲醇回收工序，工艺流程大为简化，无规聚丙烯的生成量降为聚丙烯产量的2%左右。高效催化剂的开发成功，引起聚丙烯生产工艺的巨大变化，新建的聚丙烯装置普遍采用液相本体法和气相本体法生产工艺，使浆液法聚丙烯所占比例由原先的接近70%降至目前不足20%，致使副产无规聚丙烯的年产量降至80~100kt。

由于副产品无规聚丙烯资源日益萎缩，国外于20世纪80年代初开始研究开发低等规聚丙烯的工艺技术，以便专门生产低等规聚丙烯，主要有美国的Eastman Kodak公司、Standoil公司；德国的Hoechst公司；日本的出光石油化学公司、东洋制碱公司、宇部工业公司、三菱石化公司等。

美国Eastman Chemical公司建有60kt/a低等规聚丙烯生产装置，该公司现属Huntsman聚丙烯公司，此外，其他公司也建了一些低等规聚丙烯装置。目前，国外低等规聚丙烯生产能力约几十万吨。

沥青是重要的建筑材料，广泛地用作建筑防水材料、公路路面材料及机场跑道铺设材料等。由于沥青对温度特别敏感，通常纯沥青制品作为建筑材料，其使用性能不够理想，尤其是用作防水材料时使用寿命短，在一定程度上制约其应用及发展。将高分子聚合物作为改性剂掺入沥青中制成改性沥青，能提高软化点，改进强度（韧性及延展性），使其具备较好的耐流动性；同时改进了低温脆性和曲挠破裂，使制品坚韧耐穿刺，尤其是冬天不脆不裂，夏天不易变形。低等规聚丙烯改性沥青卷材，是传统的纸胎氧化沥青卷材的更新换代产品，其性能虽不如高档的乙丙橡胶防水卷材，但其价格相对较低，作为中档价位产品，用作屋面防水材料，具有较强的竞争力；在道路沥青中添加5%~8%低等规聚丙烯或苯乙烯-丁二烯-苯乙烯（SBS），用于铺设高等级公路及机场跑道，使用性能明显提高，可延长使用寿命，减少维修工程量；此外，在印刷油墨、电线电缆和塑料加工领域也具有一定的应用前景。

国外在改性沥青卷材和道路沥青改性剂应用领域，低等规聚丙烯（含无规聚丙烯）的年消费量约150~180kt，在其他领域尚有较广阔的发展前景，预计市场容量超过200kt。

2.2 国内市场概况

长期以来,我国建筑防水材料尤其是建筑屋面防水材料主要采用纸胎氧化沥青油毡,施工工艺繁琐,对环境污染严重,而且使用寿命短,翻修工程量大。目前已从单一的纸胎氧化沥青卷材过渡到包括普通纸胎氧化沥青卷材、改性沥青卷材、高分子防水卷材、建筑防水涂料、建筑胶粘剂和密封胶等,包括低、中、高档等门类和功能比较齐全的防水材料体系。我国先后引进 13 条改性沥青卷材生产线,生产能力总计 $6.5 \times 10^7 \text{m}^2/\text{a}$ 。加上国内已有的采用国产化技术及设备建设的近 50 条改性沥青卷材生产线,全国改性沥青卷材总生产能力约达 $1.2 \times 10^8 \text{m}^2/\text{a}$ 。引进的改性沥青卷材主要用无规聚丙烯和 SBS 作改性剂,而国产化生产线多以聚氯乙烯改性煤焦油作改性剂,因增塑剂迁移可能造成防水层脆裂,产品质量较差,使用寿命较短。根据我国化学建材行业发展规划,改性沥青卷材重点发展以 SBS 和无规聚丙烯为改性剂的改性沥青卷材,逐渐降低聚氯乙烯改性煤焦油及普通氧化沥青卷材的比例。

在我国现有聚丙烯生产装置中,仅辽阳石油化纤公司和燕山石化公司拥有浆液法聚丙烯生产装置,生产能力共计 150kt/a,改用高效催化剂后,副产无规聚丙烯资源量仅 1.5~2kt/a。

由于高分子改性剂无规聚丙烯及 SBS 供应不足等方面原因,目前引进的改性沥青卷材生产线开工负荷仅 50%左右,产量约 $3 \times 10^7 \sim 3.5 \times 10^7 \text{m}^2/\text{a}$,无规聚丙烯和 SBS 年耗用量约 11~13kt,其中无规聚丙烯用量仅 2kt 左右。

预计到 2010 年,全国改性沥青卷材的消费量将达到 $1.2 \times 10^8 \text{m}^2/\text{a}$,高分子改性剂的需求量约为 45kt。

随着交通运输及城市基础设施的发展,对改性沥青的需求呈明显增长趋势。1999 年我国高速公路的总里程已达 $1.1 \times 10^4 \text{km}$,居世界第四位,今后,新建高公路及高等级公路对改性沥青年需求量约 480~550kt;我国将逐步实施对现有机场跑道进行改造,预计改性沥青年需求量约 10~20kt。北京首都国际机场及平安大街、四环路改扩建工程已开始采用高分子聚合物改性沥青铺设路面,效果很好。

预计 2010 年用高分子聚合物改性的道路沥青将占 45%,高分子改性道路沥青约为 1.2Mt,通常高分子聚合物改性剂添加量为 5%~8%,因此,2010 年道路沥青用高分子聚合物改性剂的需求量约为 60~96kt。

低等规聚丙烯(含无规聚丙烯)的耐热性能优于 SBS,更适用于炎热及温带地区,而目前国内的 SBS 资源相对比较充足,根据我国具体情况,低等规聚丙烯与 SBS 两种沥青改性剂的使用比例以 1:1 为比较合适。据此,可估算 2010 年国内沥青改性用低等规聚丙烯需求量为 52~70kt,其中改性沥青卷材约 22kt,高等级道路沥青用 30~48kt。

低等规聚丙烯除用作沥青改性剂外,在印刷油墨、塑料加工和电缆等领域也具有潜在的

发展空间，若能顺利实现低等规聚丙烯产业化，并抓紧非沥青应用领域的市场开发工作，估计可开拓 5~10kt 的市场容量。

低等规聚丙烯的主要目标市场是用作沥青改性剂，包括改性沥青卷材和高等级道路沥青添加剂，其主要竞争材料是 SBS 热塑性弹性体。低等规聚丙烯密度相对较小，且耐热性能好，具有明显的性能优势；同时生产低等规聚丙烯的主要原料丙烯要比 SBS 的主要原料丁二烯和苯乙烯便宜，因而低等规聚丙烯的生产成本比 SBS 低，具有价格方面的优势，因此，作为沥青改性剂，低等规聚丙烯具有较强的竞争力。

3 产品价格分析

据了解，目前国内仅有少量进口低等规聚丙烯产品，到厂价约 10000~11000 元/t，而其竞争材料 SBS 目前市场价格约 11000~12000 元/t，为便于拓展市场，本项目所产低等规聚丙烯价格按 9500 元/t 计。

4 产品方案及生产规模

考虑在 10kt/a 间歇式液相本体法聚丙烯装置的基础上进行改造，生产规模按 10kt/a 考虑，由生产高等规聚丙烯改为生产低等规聚丙烯。年操作时间按 7200h 计，平均小时产量为 1.39t。

5 工艺技术

5.1 工艺发展概况

国外开发的低等规聚丙烯生产工艺技术，普遍采用传统的溶液聚合工艺，反应所生成的聚合物溶于烃类溶剂中，经脱除溶剂后得到低等规聚丙烯产品。产品具有橡胶特性、结晶度小、低温性能优良等优点，但工艺流程较大，能耗较高，产品生产成本较高。

国内多家科研单位先后开展低等规聚丙烯的技术开发工作，其中以燕山石化公司研究院与中国科学院化学研究所合作的研究工作进展较快，该研究工作采用 Ziegler-Natta 载体型高效催化剂，5L 模型试验催化活性大于 30kg/g，等规度小于 25%；500L 中试催化剂活性达到 50kt/g，聚合采用间歇式液相法工艺，除使用主催化剂外，添加三异丁基铝，但不使用第三

组分，用氢气调节相对分子质量。在模试及中试成果的基础上，现正在某地对已有的间歇式液相本体法聚丙烯装置进行技术改造，使之成为 10kt 级低等规聚丙烯工业试生产装置。

采用间歇式液相本体法工艺生产低等规聚丙烯，有利于简化工艺过程，降低投资费用，降低原材料及能源消耗，以便降低生产成本，提高竞争能力；同时又在国内现有的间歇式液相本体法聚丙烯生产装置的基础上适当加以改造，转产低等规聚丙烯产品，以便调整产品结构，实现产品更新换代，拓展应用领域。

5.2 工艺过程简述

液态丙烯在聚合釜中，在催化剂作用下进行聚合反应，并加入氢气调节相对分子质量。聚合反应完成后，聚合产物进入闪蒸器，脱除未反应的丙烯后进入挤出机，挤出造粒，称量、包装、送产品仓库。回收的丙烯，经冷凝后循环使用。

5.3 主要材料及公用工程用量

主要原材料及公用工程和消耗见表 1~2。

表 1 主要原材料消耗 (10kt/a)

名称	单耗	年用量
丙烯/t	1.08	10800
催化剂、化学品/元	800	8000000
包装袋/个	41	410000

表 2 公用工程消耗

项目	单耗	每小时消耗量	每年消耗量
蒸汽/t	4	5.6	40000
循环水/t	700	973	7000000
电/kW·h	780	1084	7800000
氮气/m ³ (标准)	70	97	700000

6 投资及静态经济效益分析

由现有 10kt/a 聚丙烯装置改建为低等规聚丙烯生产装置，投资费用约 4000 万元，投资利润率 32.9%，投资回收期 3.5 年。具体见表 3。

表 3 静态经济效益分析

项 目	数 量	备 注
装置能力/ $\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$	10	
装置投资/万元	4000	
年总成本/万元	7636	
年销售收入/万元	9500	
投资利税率, %	46.6	
投资利润率 (税后), %	32.9	
投资回收期/a	3.5	(含建设期 1 年)

7 结论

- a. 低等规聚丙烯产品具有广阔的市场前景。
- b. 以间歇式小本体聚丙烯装置改造生产低等规聚丙烯, 投资成本较低, 经济效益良好, 产品具有较强竞争力, 是间歇式小本体聚丙烯装置的一个较好的发展方向。

原载:《石油化工技术经济》2006 年第 2 期