聚氨酯泡沫行业鞋底子行业替代发泡技术研究项目

工作大纲

**一、背景**

2016年12月，第77次多边基金执委会批准了PU泡沫行业第二阶段HCFC-141b淘汰行业计划。2019年12月，第84次执委会决定对我国第二阶段生产和消费行业HCFCs淘汰行业计划及资金分配进行调整，PU泡沫行业总体淘汰目标不变，规定在2026年前禁止所有PU泡沫行业HCFC-141b的消费。

2024年，生态环境部对外合作与交流中心组织了中国PU泡沫行业禁止使用HCFC-141b作为发泡剂的政策影响研究。研究发现，PU泡沫行业中的鞋底子行业替代HCFC-141b存在一定困难。中国是最大的聚氨酯鞋底生产商，尽管HCFC-141b履约淘汰推动该子行业向合成材料（如EVA）转换，但据估计PU泡沫鞋底去年仍消耗50万吨多元醇，折合消费约2000吨HCFC-141b。

用于鞋底的发泡材料其技术和市场迥异于传统的聚氨酯硬泡，一般采用己二酸类聚酯多元醇，配合扩链剂、催化剂、发泡剂等助剂，与多元醇改性的二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）采用双组份发泡方式加工成型。单一原液的粘度明显超过硬质泡沫配方，需要使用低压发泡设备，而发泡过程有施加最小的模具压力要求（只有0.14-0.20MPa）。鞋底按密度进行分类：高/中密度（>300kg/m³）：主要使用水作为发泡剂，多数企业已转向水发泡。低/中密度（<300kg/m³）：要求HCFC-141b作为辅助物理吹气剂，以满足性能和加工要求。

目前，PU泡沫鞋底双组分基溶液由国内几家大型聚氨酯企业生产，然后供应给鞋底加工企业生产PU泡沫鞋底。在PU泡沫鞋底的HCFC-141b的替代技术中，水发泡技术、HFCs发泡技术和HFOs发泡技术都是可用的选择。然而，每一种替代技术都有其局限性。在鞋底采用水发泡显著降低了鞋底表面密度，这种表皮层的紧致度降低使得溶剂在表面整理过程中穿透涂层剂，导致溶剂诱导的表面微观结构的侵蚀，形成多孔缺陷，导致产量降低。除性能差异外，低/中密度水发泡鞋底机械性能（如弹性、压缩组）存在不足，导致市场接受度不佳。此外，单独使用替代发泡剂HFCs或HFOs由于成本较高也给市场推广带来挑战性。随着HCFC-141b在PU泡沫行业的彻底淘汰，泡沫密度260±20kg/m³的鞋底子行业发泡剂替代技术的完善、评估和示范推广具有重要意义。

**二、任务目标**

该项目将选择一个合格的实施机构，比较和分析用水、HFCs、HFOs三种替代技术或其中两种的复合技术，并评估以这些替代技术生产的鞋底产品的性能。综合考虑技术、成本、经济、产品性能、环境影响等因素，以及优化配方是否满足HCFC-141b替代品的市场需求，提出替代技术优化建议，并对最适合中国市场的技术进行试点论证。

**三、工作内容**

1.信息收集。包括：

* 收集有关中国PU泡沫行业鞋底子行业的国际环境管理要求、HCFC-141b替代技术发展情况、可用的主要替代工艺和相关成本等信息。
* 收集中国及其他国家与PU泡沫鞋底相关的行业标准，分析中国PU泡沫行业鞋底子行业产品性能和技术要求，分析该子行业发泡剂替代过程中出现的问题。
* 收集和分析国内PU泡沫行业鞋底子行业企业的基本信息（规模、应用领域、HCFC消费量、替代技术的初步研究方案）。

研究开发不同成分的泡沫体系与不同的替代技术对鞋底泡沫性能的影响。泡沫性能包括但不限于多元醇和改性异氰酸酯的粘度、质量特性、密度、硬度、抗拉强度、撕裂强度和抗压变形等。配方将根据以下替代发泡剂体系开展研究低密度（260±20kg/m³）鞋底配方：

* 水发泡体系
* HFC-245fa发泡体系
* HFO发泡体系

2.技术和成本/经济评估：

* 开发/优化几种（至少3）泡沫配方，解决单一替代发泡剂的局限性（包括成本、环境影响、性能等）。
* 根据上述PU鞋类的相关国家或行业标准筛选优化/复合优化配方（水/HFC/HFO），然后进行价格分析。
* 配方优化完成后，对候选配方进行生产线试验，对优化后的复合发泡体系的生产工艺可行性进行评估。将6个样品送至合格的检测机构进行性能测试。
* 根据上述研究成果，提出PU泡沫鞋底替代发泡配方体系的技术建议。

3.组织第一次关于上述研究成果的行业专家研讨会，参与者不少于20人，均需来自鞋底和泡沫行业。

4.根据分析结果和专家的建议，最终确定在PU泡沫行业鞋底子行业逐步淘汰HCFC-141b的优化配方建议，并撰写研究报告。

5.试点示范：在2-4家鞋底制造商对选定的配方/技术进行量产试验，将样品送至合格的测试机构进行性能测试，并总结优化替代技术配方。

6.组织第二次研讨会，邀请相关政府部门、研究机构和专家，以及相关行业企业，参加人数应不少于30名，向鞋底子行业宣传研究成果并讨论。

**四、项目产出**

项目产出包括：

1.中国PU泡沫行业鞋底子行业现状和子行业HCFC-141b替代技术现状研究报告；

2.PU泡沫行业鞋底子行业HCFC-141b替代技术比较、优化研究及技术建议报告；

3.两次会议纪要。

**五、咨询服务单位资质**

采用世界银行基于咨询服务单位资历的选择（CQS）采购方式。被选择的咨询服务单位将提交咨询服务建议书（包括技术建议书及财务建议书），审核确认后签订合同。

咨询服务单位需符合以下资质：

1.至少10年的PU泡沫鞋底子行业背景知识、HCFC-141b替代技术和PU泡沫产品在鞋底子行业的要求的经验和知识，包括性能标准和测试方法等；

2.至少10年泡沫生产配方开发和研究的经验；

3.具有一个设备齐全的研究或实验部门，具备必要的测试设备和工具；

4.具有满足上述研究需求的产品生产线，并可对试生产产品进行测试（可与符合资质要求的其他实验室或单位合作）；\*

\*投标单位应在投标文件中明确列出为满足上述研究需求所进行实验、检测和试生产所需的硬件和软件设施，并阐述如何利用这些设施条件满足研究需求。

鉴于该项目涉及研究内容较为复杂，需要项目承担单位具有书面研究、实验室试验、放大试验测试、产品检测等综合研究能力，因此可由联合体进行投标。

**六、项目进度计划**

本项目将签订总价合同，合同有效期预计8个月。工作量预计250人.日。关键专家的资质要求如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **职位** | **资质要求** | **预计工时(人.日)** |
| 项目负责人 | 1. 具有较强的组织协调能力；
2. 了解中国及海外PU鞋底子行业HCFC-141b的替代技术及相关技术标准；
3. 了解中国PU鞋底子行业的现状及其对泡沫产品的要求。
4. 具有化学工程或相关专业的学位，并至少有10年的PU泡沫鞋底配方的开发经验。
 | 50 |
| 项目成员 | 1. 具有团队合作能力；
2. 其中一人至少有2年PU泡沫鞋底配方研发经验；
3. 其中一人至少有2年以上PU泡沫鞋底领域应用经验，了解我国PU泡沫鞋底的性能要求；
4. 能够接受国内出差。
 | 200 |

主要任务的日程安排如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **任务** | **1月** | **2月** | **3月** | **4月** | **5月** | **6月** | **7月** | **8月** |
| 签订合同 | √ |  |  |  |  |  |  |  |
| 国内外替代技术及行业情况的研究 | √ | √ |  |  |  |  |  |  |
| 发泡体系配方的比较与优化研究 |  | √ | √ | √ |  |  |  |  |
| 泡沫产品小样性能测试 |  |  |  | √ | √ |  |  |  |
| 第一次研讨会，技术建议报告初稿 |  |  |  |  | √ |  |  |  |
| 优化配方生产线应用试点 |  |  |  |  |  | √ | √ | √ |
| 第二次研讨会，报告终稿 |  |  |  |  |  |  |  | √ |

**八、支付进度**

总价合同将分四笔进行支付。具体支付条件及比例如下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 笔数 | **支付条件** | **支付比例** | **预计支付时间** |
| 1 | 合同签署 | 10% | 合同签署后15天内 |
| 2 | 提交《PU泡沫行业鞋底子行业现状及国内外HCFC-141b替代技术现状研究报告》 | 40% | 合同签署后2个月内 |
| 3 | 提交《PU泡沫行业鞋底子行业HCFC-141b替代技术比较、优化研究及技术建议报告》初稿，第一次会议纪要 | 30% | 合同签署后5个月内 |
| 4 | 提交《PU泡沫行业鞋底子行业HCFC-141b替代技术比较、优化研究及技术建议报告》终稿，第二次会议纪要 | 20% | 合同签署后8个月内 |

注：如果合同与本工作大纲支付进度有任何不一致，以合同为准。