



附表 1

完成人合作关系说明

本项目技术难度大，创新性强。项目组成员以高度的协作精神和专业素养，共同攻克了多个技术难关，实现了项目的成功研制与批量生产。以下是各完成人之间的合作关系详细说明：

程皓作为项目第 1 完成人，不仅设计了项目整体技术方案和研制工作流程，确保了各项工作的顺利推进，还参与了多个创新点的技术路线设计，如新型碳纤维缠绕针刺预制体成型技术、双元炭基体优化组合快速低成本致密技术等，并成功授权多项专利。

项目第 1 完成人程皓、第 2 完成人张灵玉、第 3 完成人张永辉、第 9 完成人赵松共同参与了新型碳纤维缠绕针刺预制体成型技术的开发。通过不断试验与工艺优化，成功解决了单晶硅直拉炉用坩埚的环向力学性能不高、纵向开裂等问题，显著降低了炭/炭复合材料的孔隙率，提高了产品的致密性和使用寿命，并共同授权发明专利《一种提高缠绕成型炭/炭复合材料层间结合强度的方法》。

项目第 2 完成人张灵玉、第 4 完成人邢如鹏、第 5 完成人侯卫权、第 6 完成人孟凡才、第 9 完成人赵松、第 10 完成人康文杰具体实施了天然气相沉积和树脂液相浸渍/炭化相结合技术路线的开发与验证工作。对双元炭基体致密工艺进行了优化，完成了不同比例双元炭基体产品的使用寿命验证，并与项目第 1 完成人共同授权发明专利《一种炭/炭坩埚及其制造方法》。

项目第 7 完成人赵大明、第 8 完成人谢乔在项目管理和市场推广方面做出了重要贡献。他们严格把控产品生产任务节点，确保产品保质保量完成交付；同时，他们还参与了市场推广工作，为项目产品的商业化应用奠定了坚实基础，并与项目第 1 完成人程皓、第 2 完成人张灵玉、第 4 完成人邢如鹏、第 5 完成人侯卫权、第 6 完成人孟凡才、第 9 完成人赵松、第 10 完成人康文杰共同完成了《单晶硅拉制炉用炭/炭复合材料坩埚》企业标准的编制。

项目第 1 完成人程皓、第 2 完成人张灵玉、第 4 完成人邢如鹏、第 5 完成人侯卫权、第 6 完成人孟凡才、第 7 完成人赵大明、第 9 完成人赵松、第 10 完成人康文杰共同完成了《单晶硅拉制炉用炭/炭复合材料保温筒》企业标准的编制。

综上所述，本项目各完成人之间形成了紧密合作、相互支持的良好关系。他们凭借各自的专业素养和团队精神，共同攻克了技术难关，实现了项目的成功研制。

第一完成人签名：程皓



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	程皓/1 张灵玉/2 张永辉/3 赵松/9	20170701	20211231	专利：一种提高缠绕成型炭/炭复合材料层间结合强度的方法；	附件 1：第 1 项发明专利
2	共同知识产权	程皓/1 张灵玉/2 邢如鹏/4 侯卫权/5 孟凡才/6 赵松/9 康文杰/10	20170701	20211231	专利：一种炭/炭坩埚及其制造方法	附件 1：第 2 项发明专利
3	共同知识产权	程皓/1 张灵玉/2 邢如鹏/4 侯卫权/5 孟凡才/6 赵大明/7 谢乔/8 赵松/9 康文杰/10	20170701	20211231	标准：单晶硅拉制炉用炭/炭复合材料坩埚	其他附件
4	共同知识产权	程皓/1 张灵玉/2 邢如鹏/4 侯卫权/5 孟凡才/6 赵大明/7 赵松/9 康文杰/10	20170701	20211231	标准：单晶硅拉制炉用炭/炭复合材料保温筒	其他附件

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：程皓