



凝固技术是以凝固原理为基础，进行凝固过程控制的工程技术领域，其目标是根据材料或产品使用性能的需求，获得期望的微观组织和无凝固缺陷的铸件或铸锭。研究凝固技术对控制材料和铸件的质量、研制和开发新材料具有极其重要的意义。

军民两用关键技术对发展 凝固控制技术有重大需求



凝固技术进展专题由魏炳波院士（右一）和李元元院士（右二）主持。西北工业大学介万奇教授（中）、中南大学粉末冶金国家重点实验室杜勇教授（左二）和奥地利莱奥本大学先进凝固及熔化过程数值仿真实验室吴孟怀教授（左一）分别作了题为“多组元合金铸造过程的凝固基础研究”、“热力学、热物理性能及凝固过程微结构表征”和“铸锭宏观组织和偏析的数值仿真”的报告。



凝固控制技术是应用型学科 航空航天大型铝合金结构件、大型铝合金型材用铸锭连铸、大型水电核电用铸件、航空发动机及地面燃机工作叶片（单晶及多晶）等的铸造对凝固控制技术有重大需求，但我国凝固控制技术的不发达限制了众多领域设备及技术的进步。介万奇教授在报告中指出了多组元合金凝固的4个前沿问题：①多元多相合金非平衡凝固行为的热力学与动力学耦合理论；②多元多相合金凝固过程的多层次表征及跨层次耦合理论；③多元合金非平衡凝固过程中熔体—界面—传输的协同调控原理；④电磁场和高能束作用下多元多相合金的凝固行为及其控制原理。报告展示了有效解决大型铸件冶金质量控制的反重力铸造技术、解决铸件力学性能和尺寸精度的大型结构件石膏型无冒口精密铸造技术、以及II-VI族化合物材料单晶制备技术等多项成果。

材料制备过程力学性能动态演变的定量描述 材料微结构的表征及其所需的数据库、计算工具及实验工具是材料基因的核心。第一性原理（分子动力学）、晶体相场法和有限元方法可以分别模拟微观纳米尺度、细观界面和宏观尺度的组织性能变化，是材料基因计算最重要的3种方法。杜勇教授在报告中介绍了其团队在Al合金相图热力学数据库、Al合金的扩散系数数据库、Al合金热物性参数数据库建立、Al合金凝固过程微结构表征方面的突出成果。介绍了其团队及柳百成院士课题组近年来在探索Al合金和Mg合金时效强化过程微结构与性能的定量关系方面的研究成果。指出，材料基因计算的另一重要内容是建立微结构与力学性能的本构方程，实现材料制备过程力学性能动态演变的定量描述。

多相计算流体动力学的发展为铸锭内铸态组织和宏观偏析形成过程的定量描述带来契机 自20世纪60年代Flemings时代起，人们经过半个世纪的努力已对铸锭内铸态组织和宏观偏析形成的物理机理有了定性的认识，但还是难以对其进行定量预测，主要原因是其与各种多相流现象有关，例如凝固糊状区枝晶间的对流、等轴晶区晶粒沉积等。近两年，我国“973”项目、欧盟冶金协会等仍通过组织专题研究及系列会议持续探索钢铸锭的铸态组织和缺陷研究，钢锭的制备和质量控制仍是大型装备制造的核心技术。奥地利莱奥本大学吴孟怀教授在报告中详细介绍了多相流—体平均凝固过程数值仿真模型，通过具体事例重点展示了多相计算流体动力学在铸锭铸态组织和宏观偏析形成过程动态数值仿真及定量描述方面的应用前景。

