

2025 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：光学自由曲面光束调控关键技术及应用

获奖类别：技术发明奖

获奖等级：二等奖

主要完成单位：浙江大学、常州星宇车灯股份有限公司、杭州华普永明光电股份有限公司、广东烨嘉光电科技股份有限公司

主要完成人：吴仍茂、郑臻荣、徐悦佳、黄建明、余俊、李海峰、郑贤良、陈凯

学科分类：光学工程

推荐单位：浙江大学

项目简介：

本项目立足现代光电设备向高性能、多功能及轻量化发展的产业趋势，以光学系统革新为技术突破口，采用自由曲面光束调控技术作为核心解决方案，提出了控光准、光效高、易加工、易推广、易集成的自由曲面光束调控技术，推动了我国自由曲面光学领域的快速发展，主要创新内容有：

1. 易加工：针对现有自由曲面控光方法受傍轴制约且易造成曲面不连续的问题，建立了表征连续自由曲面光束强度调控的椭圆型蒙日-安培方程数学模型及相应的求解方法和自由曲面高保真重构方法，克服了傍轴制约及曲面不连续难加工的问题，获得了便于加工的光滑连续自由曲面；针对如何同步灵活高效调控光束强度与波前的问题，提出了连续自由曲面光束强度与波前同步调控技术，实现了光束强度分布与波前相位的高精度高自由度调控，为复杂光场的高效灵活调控提供了新的技术途径。

2. 易推广：针对垂轴光路布局严重制约自由曲面光束调控广泛应用的瓶颈问题，提出了基于倾斜光学布局的连续自由曲面光束调控技术。通过建立倾斜布局条件下双自由曲面光束强度调控的蒙日-安培方程数学模型，成功突破了传统垂轴布局对光学系统设计的刚性约束，实现了超过 50° 的离轴倾斜角度，使光学系统布局自由度获得了显著提升，特别在实现大数值孔径光束的高效传输调控方面取得显著成效，光束收集效率提高了一倍。

3. 易集成：针对小尺寸光束调控系统中扩展光源在空间分布与角度特性双重耦合条件下的光束调控技术难题，建立了表征自由曲面扩展光源光束调控的椭圆型蒙日-安培方程组数学模型，提出了连续自由曲面扩展光源光束调控技术，解决了传统光束调控系统中系统体积与光学性能相互制约的技术难题，实现了光束调控系统的高性能与轻小型化。

相关学术成果在光学领域一流国际学术期刊上发表 SCI 论文 41 篇，取得了成体系的知识产权，授权发明专利 30 项，取得软件著作权 3 项，形成了我国在自由曲面光束调控技术与系统方面的专利池。相关成果已经应用于国内多家科研及企事业单位，近三年已取得 56.5 亿元的经济效益。本项目提出的自由曲面光束调控技术已达到国际先进水平，提升了我国在自由曲面光学领域的国际竞争力，建成了我国自主知识产权的光学自由曲面光束调控体系，对我国国民经济、科技进步及国防军事的发展具有重要意义。