

## 一、项目名称

复杂三维形状的高效生成、分析与制造

## 二、申报奖种

山东省自然科学奖

## 三、提名单位

山东大学

## 四、提名单位意见

我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合山东省科学技术奖励规定的提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。

该项目在国家自然科学基金重点项目的支持下，面向复杂三维形状的创意设计与智能制造等领域，围绕复杂三维形状“高效生成、分析与制造”这一科学问题，攻克了形状生成多样性差；结构设计与仿真分析、智能制造之间隔离等经典难题，实现了三维复杂形状的高效表达、分析与三维打印算法。研究成果具有重要的理论和实际意义。主要科学发现包括：基于进化理论和人机协作智能的复杂形状多样性生成；结构解析、优化与仿真模拟的统一框架；基于仿生多孔、费马螺旋线等经典知识和方法的高效个性化智能制造。该项目共发表 SCI/EI 论文 50 余篇，所提供的 8 篇代表性论文均发表在计算机领域国际顶级期刊 800 余次。

项目第一完成人承担 973、863、科技冬奥等国家重大科研项目，承担国家自然科学基金重点项目和国际合作项目，多次在国际国内学术会议上做特邀报告，获得国内外同行的高度认可。第二完成人曾于 2002 年获国家科技进步二等奖（排名第 2）、2013 年获山东省科技进步二等奖（排名第 3），现主持国家重点研发计划课题、国家自然科学基金面上项目等多项。

对照山东省科学技术奖授奖条件，提名该项目山东省自然科学奖一等奖。

## 五、项目简介

“复杂三维形状的高效生成、分析与制造”项目属于计算机科学与技术领域。复杂三维形状的高效生成、分析与制造理论和技术一直是计算机图形学、计算机辅助设计与制造、科学计算可视化等领域的研究热点，在创意设计、智能加工制造等行业有非常广泛的应用。本项目面向复杂三维形状表达、分析、物理仿真与制造，围绕解决复杂三维形状的“高效生成、分析与制造”这一科学问题，基于实二次曲面交线、费马螺旋线、重心 Voronoi 划分 (CVT)、模型进化等一系列代数几何、计算几何理论，提出复杂三维形状的高效表达与优化模型，解决了 CVT 全局优化等一系列代数几何和计算几何的经典难题。相比传统的生成、分析和制造方法，项目提出的三维形状表示、分析和制造方法大大提高和扩展了处理具有高度细节和复杂拓扑（复杂）形状的能力。如用蜂窝状多孔结构表达既轻且坚固的物体、用高度精密几何纹理表示三维人体皮肤等。项目的研究成果获得国际同行的高度关注，具有非常重要的理论和实际意义。

### 主要科学发现：

1) 基于形状演变和人机协作智能的复杂形状多样性生成。首次提出将形状演变、草图技术等用于复杂形状的多样性生成，将低层次的几何属性度量与分析转向高层次的面向语义的结构分析与处理上来，通过语义信息合成新的三维模型。

2) 结构解析、优化与仿真模拟的统一框架。通过智能分析和学习等手段从三维模型中自动提取形状语义知识，提出主动式协作结构解析、优化方法，解决了优化结构设计、保证制造精度、降低制造成本、提高制造效率等多个极为迫切的应用需求。

3) 基于新型仿生多孔、费马螺旋线等的高效智能制造方法。针对高度复杂拓扑结构、体积大的三维物体，设计利用 CVT 优化理论、金字塔分解等方法，对高度复杂拓扑和几何形状进行智能加工制造；基于费马螺旋线设计了新型的增材制

造打印头运动规划，在保证三维打印精度的同时显著提高了加工效率。

## 六、客观评价

该项目共发表 SCI/EI 论文 50 余篇，8 篇代表性论文均发表在计算机领域顶级国际期刊或会议上，产生了重要的国际影响，被 ACM Transactions on Graphics、IEEE TVCG 等国际顶级期刊多次引用和正面评价，累计 Google 学术引用 800 余次，SCI 引用 400 余次（检索证明见附件）。相关研究得到了德国亚琛工业大学 Leif Kobbelt 教授（欧洲科学院院士、欧洲图形学杰出技术贡献奖获得者），斯坦福大学 Maneesh Agrawala 教授（SIGGRAPH 新锐研究员奖获得者、艾伦杰出研究员奖获得者），美国麻省理工学院 Wojciech Matusik 教授（SIGGRAPH 新锐研究员奖获得者），丹麦技术大学 Ole Sigmund 教授（丹麦技术科学院院士、丹麦皇家科学和文学院士），德国康斯坦茨大学 Oliver Deussen 教授（欧洲图形协会主席），普林斯顿大学 Szymon Rusinkiewicz 教授，卡内基梅隆大学 Jessica Zhang 教授，东京大学 Takeo Igarashi 教授（SIGGRAPH 新锐研究员奖获得者），香港中文大学 Tien-Tsin Wong 教授和 Chi-Wing Fu 教授，英国伦敦大学学院 Niloy Mitra 教授（欧洲图形学杰出技术贡献奖获得者）的引用与肯定。

## 七、代表性论文专著目录

1、Lu Lin, Andrei Sharf, Haisen Zhao, Yuan Wei, Qingnan Fan, Xuelin Chen, Yann Savoye, Changhe Tu, Daniel Cohen-Or, Baoquan Chen. Build-to-last: strength to weight 3D printed objects. ACM Transactions on Graphics (TOG) 33 (4), 2014.

2、Kai Xu, Hao Zhang, Daniel Cohen-Or, Baoquan Chen. Fit and diverse: set evolution for inspiring 3D shape galleries. ACM Transactions on Graphics (TOG) 31 (4), 2012.

3、Yunhai Wang, Shumlik Asafi, Oliver Van Kaick, Hao Zhang, Daniel Cohen-Or, Baoquan Chen. Active co-analysis of a set of shapes. ACM Transactions on Graphics (TOG) 31 (6), 2012.



工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：项目骨干成员，提出基于代数几何和计算几何理论几何分析、结构优化等方法。对于重要科学发现 2, 3 均做出了重要贡献。支撑材料见代表论文 1, 7, 8。

3、姓名：吕琳 排名：3

行政职务：无 技术职称：副教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：项目骨干成员，完成了 CVT 全局优化几何理论、三维模型几何加固等算法，对重要科学发现 3 做出了重要贡献，为代表性论文 1 的第一作者，代表论文 4 的合作者。

4、姓名：汪云海 排名：4

行政职务：无 技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：中国科学院深圳先进技术研究院

对本项目贡献：项目骨干成员，完成了于理论和应用的研究，对重要科学发现 2 做出了实质性贡献，为代表性论文 3, 6 的第一作者。

5、姓名：赵海森 排名：5

行政职务：无 技术职称：博士后

工作单位：华盛顿大学（美国）

完成单位：山东大学

对本项目贡献：项目骨干成员，完成了三维形状表示模型和获取方法中相关算法的研究，对重要科学发现 2, 3 做出了实质性贡献，为代表性论文 7 的第一作者，论文 1 的合作者。

## 九、完成人合作关系说明

项目完成人之间有多年的合作研究经历，项目负责人和所有项目成员在山东大学工作期间均为山东大学交叉研究中心团队成员，项目负责人为该中心主任。项目负责人和第 2、3 完成人合作承担 973 项目；第 4 完成人为项目负责人任职中科院深圳先进院期间的同事，合作开展相关研究工作；第 5 完成人为项目负责人指导的博士，相关研究成果是其博士期间项目负责人指导下完成的。项目第 2、3 完成人合作承担国家自然科学基金重点项目，共同开展研究工作。