

# 陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

## 一、项目基本情况

项目名称	积分几何与凸几何分析中的对偶 Orlicz 理论
主要完成人	朱保成，徐文学，方牛发，李妮
主要完成单位	陕西师范大学, 西南大学

二、提名意见（适用于提各单位）

提 名 者	陕西省教育厅
<p>提名意见（不超过 600 字）：</p> <p>“积分几何与凸几何分析中的对偶 Orlicz 理论”项目由朱保成领衔，该团队将凸几何分析中的 Brunn-Minkowski 理论推广到对偶 Orlicz 空间，开创了函数集上的 Brunn-Minkowski 理论研究并取得重大进展与突破。</p> <p>积分几何与凸几何分析是具有浓浓中国特色的几何分支，早期世界数学大师陈省身-Weil 创建了齐性空间积分几何学，任德麟在中国开启积分几何研究，周家足-张高勇继续并扩展了积分几何与凸几何分析研究，项目完成人朱保成等开创了对偶 Orlicz 理论。</p> <p>项目组基于积分几何与凸几何分析的理论框架，创新性地结合偏微分方程、变分方法等技术，系统研究了对偶 Orlicz 空间中的等周问题、Minkowski 问题等核心课题。相关成果在国际一流期刊发表，被国际同行专家认为在推动积分几何与凸几何分析的深入发展起着重要作用，影响巨大。鉴于上述突出贡献，项目完成人朱保成、徐文学和李妮于 2024 年共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖“特等奖”。</p> <p>经审查，项目主要完成人政治立场坚定，师德学风严谨，教学成果突出，项目完成人朱保成于 2024 年获陕西省数学类专业课堂教学竞赛“特等奖”、陕西师范大学“课程思政示范课程”等多项教学荣誉。</p> <p>该项目申报材料齐全、规范，已公示无异议，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖的提名条件。</p> <p>提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。</p>	
<p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。项目组与提各单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目提交后，提名等级建议不得变更。</p>	

### 三、项目简介

积分几何的起源可追溯至 18 世纪 Buffon 的投针实验，该实验将几何问题与概率论结合，为积分几何的诞生奠定了基础。1934-1939 年，Blaschke 在德国汉堡组织积分几何讨论班，陈省身、吴大任、Santaló 等皆为讨论班成员，他们利用概率思想揭示关于凸体和整体几何方面的结论，并取得许多奠基性的成果，标志着积分几何作为独立的微分几何分支而广为人知。凸几何起源于 20 世纪初 Minkowski 的开创性工作，后来经过 Aleksandrov、Blaschke、Lutwak 等人的不断发展与完善，现已与积分几何一道成为当代几何学中不可或缺的重要组成部分。

本项目则聚焦于积分几何与凸几何中的众多核心问题，例如：等周问题及其等周型不等式、Minkowski 问题与 Monge-Ampère 型方程、对偶 Minkowski 问题、对数凹函数的几何理论等，取得的部分相关成果发表在“Adv. Math.”、“Math. Ann.”、“Int. Math. Res. Not.”、“J. Differ. Equ.”、“J. Geom. Anal.”、“中国科学”等国际顶级期刊上，并受到了国内外同行专家的广泛认可，且引用次数达 558 次。具体地，本项目所取得的主要研究成果如下：

① 2014 年，朱保成、周家足与徐文学合作，将积分几何与凸几何中关于凸体的 Brunn-Minkowski 理论推广至 Orlicz 函数空间中的对偶理论，首次创立了关于星体的对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论，为后续相关领域的研究工作奠定了坚实的基础。在此基础上，项目第一完成人朱保成及其团队在后续的对偶 Orlicz-Minkowski 问题、容量与扭转刚度的 Orlicz-Minkowski 问题等问题中取得了一系列重要的研究成果。除此之外，近年来该团队还在无界闭凸集的 Brunn-Minkowski 理论及其对偶 Brunn-Minkowski 理论的研究中取得了一些列原创性的突破成果，再一次极大拓展了 Brunn-Minkowski 理论，实现了其从有界到无界的过渡，极大增强了 Brunn-Minkowski 理论的应用范围。其相关研究结果受到国际凸几何领域权威学者 Gardner、Zhang、Haberl 等的高度评价。

② 著名数学家 Gelfand 创建了另一积分几何分支，即研究微分流形上函数集的积分变换，如 Radon 变换、Fourier 变换等。基于此，项目完成人方牛发与周家足合作发展了 Gelfand 的理论，提出了“函数集上的 Brunn-Minkowski 理论”，并在对数凹函数集上的 Busemann-Petty 问题、等周问题及 Minkowski 问题等领域取得了一些列重要的进展。相关的研究结果极大的丰富了对数凹函数的 Brunn-Minkowski 理论，并对后续对数凹函数的对偶 Orlicz-Minkowski 问题等研究工作产生了重要而深远的影响。

依托这些研究成果，项目团队共获批国家自然科学基金项目 11 项。项目第一完

成人朱保成获批陕西省人才计划特聘教授，与项目完成人徐文学、李妮共同获 2024 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果“特等奖”。朱保成团队的一系列创新性研究不仅推动了凸几何与积分几何的学科发展，而且也提升了中国数学研究的影响力。未来，该团队将继续致力于积分几何与凸几何等领域的前沿研究，为中国数学事业作出更大的贡献。

## 四、客观评价

该项目团队长期聚焦积分几何与凸几何的前沿问题，在对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论、Minkowski 问题、几何测度分解、 $L_p$ -极小几何表面积及几何不等式等领域开展系统研究，取得了一系列具有国际影响力的原创成果。部分代表性论文发表于“**Adv. Math.**”、“**Math. Ann.**”、“**Int. Math. Res. Not.**”、“**Indiana Univ. Math. J.**”、“**J. Geom Anal.**”以及“**中国科学**”等国际权威期刊。项目第一完成人朱保成主持国家自然科学基金面上项目 2 项、青年项目 1 项，以及加拿大 AARMS 博士后项目、省部级科研项目等 5 项，成果被“**Bull. Amer. Math. Soc.**”、“**Adv. Math.**”、“**Trans. Amer. Math. Soc.**”等国际顶尖期刊广泛引用，显示出显著的学术影响力。其本人受邀在加拿大、意大利、奥地利、巴西等重要国际会议作学术报告，并在 2014 年世界数学家大会(ICM, 首尔)卫星会议作 30 分钟特邀报告，学术地位与贡献获得国际同行认可。

### 1. 科学发现点的原创性与科学价值 (相关证明见附件)

该项目的代表性成果有 2 篇论文发表于“**Adv. Math.**”，在理论创新性和学术影响力方面具有国际领先地位。

#### (1) 对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论的建立(2014 年)

该项目的代表性论文《Dual Orlicz-Brunn-Minkowski Theory》于 2014 年发表在“**Adv. Math.**”。该文首次建立了对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论，将经典 Brunn-Minkowski 理论及其  $L_p$  理论推广拓展至 Orlicz 框架，系统研究对偶 Brunn-Minkowski 不等式及相关问题。这一理论突破了 Orlicz 空间几何量非齐次性带来的难题，标志着凸几何研究范式的重要转变。该成果与 Lutwak、Yang、Zhang 等人提出的 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论相互补充，共同奠定了 Orlicz 空间的凸几何基础，推动了对偶 Orlicz-Minkowski 问题、Orlicz 仿射等周不等式、Orlicz 截面体等研究方向的发展。该论文已被引用逾 100 次(见检索报告)，引用文献涵盖“**Bull. Amer. Math. Soc.**”、“**Adv. Math.**”、“**Trans. Amer. Math. Soc.**”、“**J. Funct. Anal.**”等国际顶级期刊，并被多部专著引用，国际权威学者 Gardner、Zhang、Haberl 均给予高度评价，充分证明其科学价值与广泛公认度。

#### (2) 函数几何理论的开创 (2018 年)

该项目的代表性论文《LYZ ellipsoid and Petty projection body for log-concave functions》于 2018 年发表在“**Adv. Math.**”。该文首次将对数凹函数的几何理论系统引入 Brunn-Minkowski 框架，开创了函数几何学的研究范式，揭示了非紧支撑、非齐性条件下的新型几何现象，显著拓展了经典凸体理论。基于此，衍生出函数型仿射等周不等式、对数凹函数的  $L_p$ -Minkowski 问题及其对偶形式、弦 Minkowski 问题等重要课题，并在非交换几何、信息几何等交叉领域展现应用潜力。该理论体系相关论文被

“J. Funct. Anal.”、“Calc. Var. PDE”、“Int. Math. Res. Not.”等权威期刊近三十篇论文正面引用，充分体现了其学术影响力。

此外，该项目还系统研究了关于扭转刚度的 Orlicz-Minkowski 问题，并创新性地提出了对偶 Orlicz 曲率测度，成功解决了相应的 Orlicz-Minkowski 型问题。这些开创性研究不仅极大地拓展了 Orlicz 空间中凸几何分析的研究内容，更为后续研究奠定了基础。项目第一完成人朱保成不但取得了上述研究成果，而且还在关于极小几何表面积的仿射等周不等式，关于无界凸曲面的 Minkowski 问题等方面取得了丰硕的研究成果，相关结论发表在 “Adv. Math.”、“Math. Ann.”、“Int. Math. Res. Not.”、“J. Differ Equ.”、“Adv. Appl. Math.”等国际一流数学期刊上。

## 2. 国际认可度与学术影响 (相关证明见附件)

项目成果已在国际顶级数学期刊广泛引用，共被引用 **177 次**，其中核心代表作单篇被引用**逾 100 次**，也被多部相关专著收录；项目第一完成人朱保成受邀在世界数学家大会(ICM)卫星会议及多国学术会议作特邀报告，显示出其国际学术地位。国际权威专家 Gardner、Haberl、张高勇在学术评论和论文中高度评价本项目成果，认为其理论创新“极具原创性，影响深远”。此外，成果多次入选国内外学术综述，成为该领域的重要理论支撑。

## 五、代表性论文专著目录

(不超过 8 条。其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部，应公开发表 2 年以上，即 2023 年 8 月 1 日前)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月 日)	通讯作 者 (含 共同)	第一作者 (含共 同)	国内作 者	他 引 总 次 数	检索数 据库	知识产权 是否归国 内所有
1	Dual Orlicz-Brunn-Minkowski theory	Advances in Mathematics	Baocheng Zhu, Jiazou Zhou, Wenxue Xu	2014 年, 264 卷, 700-725.	2014-08-02	Jiazou Zhou	Baocheng Zhu	朱保成、周家足、徐文学	100	SCI-EXPANDED	是
2	LYZ ellipsoid and Petty projection body for logconcave functions	Advances in Mathematics	Niufa Fang, Jiazou Zhou	2018 年, 340 卷, 914-959.	2018-10-24	Jiazou Zhou	Niufa Fang	方牛发、周家足	24	SCI-EXPANDED	是
3	The Orlicz-Minkowski problem for torsional rigidity	Journal of Differential Equations	Ni Li, Baocheng Zhu	2020 年, 269 卷, 8549-8572.	2020-06-16	Baocheng Zhu	Ni Li,	李妮、朱保成	16	SCI-EXPANDED	是

4	The mixed $L_p$ geominimal surface areas for multiple convex bodies	Indiana University Mathematics Journal	Deping Ye, Baocheng Zhu, Jiazou Zhou	2015 年, 64 卷, 1513–1552.	2015-08-21	Deping Ye	Deping Ye	朱保成、周家足	21	SCI-EXPANDED	是
5	The sharp convex mixed Lorentz-Sobolev inequality	Advances in Applied Mathematics	Niufa Fang, Wenxue Xu, Jiazou Zhou, Baocheng Zhu	2019 年, 111 卷, 101936.	2019-10-01	Jiazou Zhou	Niufa Fang	方牛发、徐文学、周家足、朱保成	9	SCI-EXPANDED	是
6											
7											
8											
合 计									170		

补充说明（视情填写）：

**承诺：**①本项目所列知识产权符合提名要求且无争议；②所列代表性论文（专著）未获得或正在申报省部级及以上科学技术奖励；③已明确告知上述论文（专著）所有作者：所列论文（专著）用于提名 2025 年陕西省自然科学奖，未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。④如因上



述事项引发争议，将积极配合调查处理并承担相应责任。

## 六、主要完成人情况表

姓 名	朱保成	排 名	1
行政职务		技术职称	教授
工作单位	陕西师范大学	完成单位	陕西师范大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>该完成人在本项目的总体研究思路与研究方法方面起到了决定性作用，并作出了最主要的贡献。作为对偶 Orlicz Brunn-Minkowski 理论的核心贡献者，该完成人引入了 Orlicz 截面体的概念，并在 Orlicz Busemann-Petty 问题的求解方面开展了深入研究。此外，该完成人是 Orlicz 对偶 Minkowski 问题及扭转刚度的 Orlicz Minkowski 问题的主要解决者。在研究过程中，该完成人运用变分法、偏微分方程等多种数学工具，推动了凸几何及相关数学领域的研究，拓展了研究方法思路。这些工作具体对应于代表性论文 1、3-5。</p>			

姓 名	徐文学	排 名	2
行政职务		技术职称	副教授
工作单位	西南大学	完成单位	西南大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>该完成人对于项目中的对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论也做出了重要的贡献，具体对应于代表性论文 1、5。</p>			

姓 名	方牛发	排 名	3
行政职务		技术职称	副教授
工作单位	湖南大学	完成单位	西南大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>该完成人对于对数凹函数的 LYZ 椭球及其 Petty 投影不等式等函数集的 Brunn-Minkowski 理论做出了决定性的贡献，具体对应于代表性论文 2、5。</p>			

姓 名	李妮	排 名	4
行政职务		技术职称	讲师
工作单位	陕西师范大学	完成单位	陕西师范大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>该该完成人对于项目中的扭转刚度的 Brunn-Minkowski 理论及对应的 Orlicz Minkowski 问题做出了重要的贡献，具体对应于代表性论文 3。</p>			

## 七、主要完成单位情况表

单位名称	陕西师范大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为本项目的依托单位，陕西师范大学为项目的顺利实施和取得优异成绩做出了重大贡献，主要表现为：</p> <p>(1)精心组织并高效完成了项目的策划与实施工作，确保项目按计划有序推进；</p> <p>(2)为项目提供了丰富的人力资源与优质的工作环境与场所，同时配备了本项目所需的图书资料、数据库等重要资源。陕西师范大学高度重视科技创新教育，将其作为学校工作的重要组成部分。学校购置了大量高质量的数据库资源，并创建了“陕西师范大学文献互助群”，有效满足了广大师生在科研学习中的需求。</p> <p>(3)科学技术处对学校的科研工作提供了有力支持，为广大研究学者搭建了良好的科研平台，为研究学者创造了优越的科研条件。</p> <p>(4)凸几何分析是数学与统计学院基础数学领域的一个重要研究方向，依托学院基础数学研究中心的科研平台，组建了一支思想活跃、潜心科研的青年学术团队。该团队与国内外多位几何分析领域的知名专家开展了多次学术交流与深度合作，显著提升了团队的科研水平。此外，通过举办和参加多次学术交流会议，团队成员获得了宝贵的学习机会，为凸几何分析的进一步发展奠定了坚实基础。</p>	

单位名称	西南大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为本项目的合作单位，西南大学为项目的顺利实施和取得优异成绩做出了重要贡献，主要表现为：</p> <p>(1)积极参与项目的策划和实施工作，为项目的顺利推进提供了有力的组织保障；</p> <p>(2)为项目的顺利实施提供了丰富的资源支持，包括人力、物力和学术资源等，为项目研究创造了良好的条件。作为教育部直属的全国重点综合大学和首批“双一流”建设高校，西南大学始终将科技创新教育作为学校发展的核心任务之一，致力于推动学科建设与科研创新。作为教育部直属的六所师范院校之一，西南大学也把科技创新教育作为学校工作的重心。</p> <p>(3)西南大学数学与统计学院大力支持科研创新工作，设立了“数学研究所”，为凸几何分析团队的学术研究提供了坚实的平台。学院通过举办学术会议、暑期研讨班（如积分几何与凸几何分析研讨班）等活动，为相关领域的学生和青年教师提供了宝贵的学习和交流机会，有力推动了国内凸几何分析领域的发展。西南大学与陕西师范大学在学术研究方面建立了长期的学习交流与共享机制。这种深度合作不仅促进了双方在凸几何分析领域的共同发展，也为本项目的科技创新工作提供了重要的支持与帮助。</p>	

## 八、完成人合作关系说明

本项目的完成人有朱保成、徐文学、方牛发和李妮，他们长期致力于该项目的合作研究，具有良好的长期合作关系，为项目的成果均做出了不可或缺的贡献。完成人 1 朱保成是项目成果的主要完成人，负责项目成果的整体研究。具体而言，完成人 1 朱保成与完成人 2 徐文学在西南大学合作完成了代表性论文【1】，构建了对偶 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论；完成人 1 朱保成与完成人 2 徐文学、完成人 3 方牛发于西南大学合作完成了代表性论文【5】，建立了凸的混合 Lorentz-Sobolev 不等式；完成人 4 李妮与完成人 1 朱保成在陕西师范大学合作完成了代表性论文【4】，提出并解决了扭转刚度的 Orlicz-Minkowski 问题。

本项目的完成人 1 朱保成、完成人 2 徐文学与完成人 4 李妮因项目成果《凸几何分析中的 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论研究》而荣获陕西高等学校科学技术研究优秀成果“特等奖”。另外，完成人 1 朱保成与完成人 2 徐文学在西南大学合作完成了国家自然科学基金面上项目“积分几何与凸几何分析不等式(No.11271302)”；完成人 2 徐文学与完成人 3 方牛发在西南大学合作完成了国家自然科学基金面上项目“等周问题与 Bonnesen 型 Alexandrov-Fenchel 不等式研究(No.11671325)”。

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	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	朱保成 1; 徐文学 2;	2014 年	Dual Orlicz Brunn-Minkowski theory	代表性论文 1
2	论文合著	朱保成 1; 徐文学 2; 方牛发 3;	2019 年	The sharp convex mixed Lorentz-Sobolev inequality	代表性论文 5
3	论文合著	朱保成 1; 李 妮 4;	2020 年	The Orlicz-Minkowski problem for torsional rigidity	代表性论文 3
4	共同获奖	朱保成 1; 徐文学 2; 李妮 4;	2023 年	凸几何分析中的 Orlicz-Brunn-Minkowski 理论研究	陕西高等学校科学技术研究优秀成果“特等奖”
5	共同立项	朱保成 1; 徐文学 2;	2016 年	积分几何与凸几何分析不等式	国家自然科学基金面上项目 (No.11271302)
6	共同立项	徐文学 2; 方牛发 3;	2020 年	等周问题与 Bonnesen 型 Alexandrov-Fenchel 不等式研究	国家自然科学基金面上项目 (No.11671325)