

2022 年湖南省自然科学奖提名公示

项目名称：具有特殊传递性的区组设计与图的拓扑指数研究

主要完成人：陈暑波，刘伟俊

主要完成单位：湖南城市学院，中南大学



提名单位：益阳市科学技术局

提名等级：三等

一、项目名称

具有特殊传递性的区组设计与图的拓扑指数研究

二、提名意见

组合设计理论是现代组合论的一个重要分支，与数学的其他各分支都存在着密切的联系，尤以与群论的关联最为密切。自同构群具备了传递性的组合设计受到广泛的研究，有限单群和本原置换群对于这类组合设计的研究起着至关重要的作用。项目的主要科学发现和创新点：该项目研究了区传递 $2-(v, k, 1)$ 设计，给出了当自同构群李秩较小时设计的分类，由此发现了对合的稳定点数目和稳定区数目之间的关系，这个关系在处理李秩较小的情形非常有用。深入研究了 Doyen-Delandtsheer 猜想。利用方-李参数，讨论了当线空间的自同构群的李秩较小时的 Doyen-Delandtsheer 猜想，并且对这些情形进行了分类。一些结论被国内外同行广泛引用。引入几种有关图的拓扑指数的“移接变形”技巧，统一地处理了图的关于 Zagreb 指数、苏尔茨指数、修正苏尔茨指数、零阶广义 Randic 指数等的极值问题。

该项目共获得 6 项国家自然科学基金、2 项湖南省自然科学基金资助。项目成果突出，产生了重要的学术影响，得到国内外同行的广泛关注和高度评价。5 篇代表性论文发表在 J. Combin.Theory, (Series A) (IF1.1)、Europ. J. Combin(IF0.85)、MATCH Commun. Math. Comput. Chem (IF2.2)、《Graphs and Combinatorics》(IF0.7)、《Journal of Mathematical Chemistry》(IF1.7) 等国际知名杂志上，被同行广泛引用，其中 SCI 总引 121 次，他引 89 次。研究成果得到了北京大学徐明曜教授、方新贵教授，西澳大利亚大学 C.E.Praeger 院士，南方科技大学李才恒教授，塞尔维亚伊凡·古特曼(Ivan Gutman)院士等人的高度评价。该项目的申报材料属实。

提名该项目为湖南省自然科学奖三等奖。

三、项目简介

代数组合学是现代数学的核心领域，与数论、几何学、理论计算机科学和信息论等学科有着密切的关联，在现实生活中也有着越来越广泛和重要的应用，比如互联网、5G 网络和人工智能。图论已经广泛应用于网络、人工智能等领域。本项目研究的内容是具有特殊传递性的区组设计与图的拓扑指数研究，用群论方法研究组合结构，将群论与组合有机结合起来。项目的研究领域也是被国家自然科学基金委列入优先发展的重要研究领域（群与代数的结构）。

本项目主要由 6 项国家自然科学基金，2 项湖南省自然科学基金资助，项目组与北京大学、浙江大学、华南理工大学、湖南师范大学等高校和研究机构的专家学者开展了广泛的合作，取得了系列的理论与应用研究成果，产生了广泛的影响。重要科学发现主要有：

科学发现一：Doyen-Delandtsheer 猜想

利用方-李参数研究 Doyen-Delandtsheer 猜想，通过计算点稳定子群的轨道长度，发现了区传递点非本原设计的一些重要性质，为解决上述猜想提供了有益的工具。首次将李型单群运用到研究 Doyen-Delandtsheer 猜想，从而发现了区传递设计的一些重要结论。

科学发现二：区传递 $2-(v, k, 1)$ 设计研究

研究了自同构群的基柱是李秩较小的区传递 $2-(v, k, 1)$ 设计，发现了对合的稳定点的数目和稳定区的数目之间的关系，为分类工作做出了重要贡献。构造了几类新的设计，回答了 A.R. Camina 和 J. Siemons 在 1989 年提出的设计的存在性问题。

科学发现三：图的拓扑指数研究

极值图理论一直是图论研究的重点，比勒·鲍隆巴斯(Bela Bollobas)就此编著了一本极值图论的书。寻找某些特殊图类的极值图结构，特别是研究能刻画出最大或最小的某个特定拓扑指数的极值图结构问题越来越受到关注。运用图的变换、函数极值理论等方法刻画了图的关于 Hosoya 指数、Merrifield-Simmons 指数、Zagreb 指数、

苏尔茨指数、修正苏尔茨指数在相关参数条件下的极值问题。

通过十余年的努力,在群与区组设计及图论方面取得了丰富的研究成果,在组合数学的国际知名杂志《European Journal of combinatorics》(代表作[1]),《Journal of Combinatorial Theory, Series A》(代表作[2]),数学化学交叉的国际权威刊物《MATCH Commun. Math. Comput. Chem》(代表作[3])、《Journal of Mathematics Chemistry》(代表作[5])。

四、客观评价

本项目的研究属于代数组合的范畴,项目组成员在群与区组设计及图论方面做了深入研究。项目组提交的5篇代表性论文已被《Acta Mathematica Sinica-English series》(IF: 0.5)、《Discrete Applied Mathematics》(IF: 1.1)、《Linear algebra and its applications》(IF: 1.1)、《Journal Of Combinatorial Theory Series A》(IF: 1.1)、《Computers & Mathematics With Applications》(IF: 2.9)、《Applied Mathematics Letters》(IF: 3.7)等代数组合顶级期刊广泛引用,SCI他引89次。关于群与区组设计研究方面发表的系列论文中被剑桥大学博士 N. Gill 在他的博士论文中引用,也有被收录到组合设计的工具书《Handbook of Combinatorial Designs》中。

1、关于科学发现一的评价

代表作[1]是一篇与李型单群有关的区组设计的论文。在论文中,我们发现了设计的自同构群 G 的西罗 P 子群的正规化子属于 G 的点稳定子群中。这是本文中的引理 2.8。在他引代表论文[1]中,作者批出: “We refer to such that a prime as a significant prime. A very useful point, which has been discovered and used also by others (see, for example, the thesis of Weijun Liu [21]), is proved in the following lemma. LEMMA 6.1...” (见他引代表作[1])。这篇文章中的引理 6.1 就是我们

这篇代表作中的引理 2.8。后来 LEMMA 6.1 被广泛引用。

2、关于科学发现二的评价

代表作[2]是第一篇重点研究方-李参数的文章，文中的命题 3.3 和推论 3.2 被他引代表作[2]引用。他引代表作[2]中说：“We note that part of this result can be found in [15, Proposition 3.3 and Corollary 3.2]”。这句话中的“this result”指的是文中的“Proposition 2.6”，文献[15]就是我们的代表作[2]。

3、关于科学发现三的评价

Kinkar Ch. Das, Guifu Su, Liming Xiong 在文[Relation between Degree Distance and Gutman Index of Graphs, MATCH Commun. Math. Comput. Chem. 76(2016): 221–232]中引用了代表作[3]，“The Gutman index of graphs attracts attention just recently. Some properties of Gutman index can be found in [2, 3, 19]”其中[2]就是代表作[3]。L.Feng 在文[The Maximal Gutman Index of Bicyclic Graphs, MATCH Commun. Math. Comput. Chem. 66(2011): 699–708]中，“受到代表作[3]的启发”，提出了类似于代表作[3]的“移接变形”技巧，将双圈图关于修正苏尔茨指数的极小情形推广到极大情形。H.Hua 在文[On the degree distance of some composite graphs, Bulletin of The Australian Mathematical Society. 85(2012): 164-171]提到了代表作[3]的工作。Hua Wang(MR3143862)对代表作[4]进行了评价。XF.Pan; HQ.Liu; MM.Liu 在文[Sharp bounds on the zeroth-order general Randić index of unicyclic graphs with given diameter, Applied Mathematics Letters. 24(2011): 687-691]提到了代表作[5]的工作。

五、代表作（含论文、专著）目录

[illegible]

六、主要完成人情况

姓名	排名	职务	职务 职称	工作 单位	主要完 成单位	对本项目的贡献
陈暑波	1		教授	湖南 城市 学院	湖南城 市学院	作为项目主持人，提出了项目总体设计思路与方案。对若干图的结构进行分析，然后运用图的移接变换、函数极值理论等方法对图的 Hosoya 指数、Merrifield-Simmons 指数、零阶广义 Randic 指数、Zaagreb 指数、苏尔茨指数、修正苏尔茨指数、电阻距离指数等做了研究，刻画极图。对重要科学发现 3 做出了创造性的贡献，是代表性论文 3、4、5 的第一作者和通讯作者。在该项研究中的工作量占本人工作量的 90%。
刘伟俊	2	无	教授	中南 大学	中南大 学	作为项目参与人，对项目中的具有良好传递性的区组设计进行了充分的研究，首次用单群分类定理研究 Doyen-Delandtsheer 猜想，发现了区组设计中的参数的一个重要素数因子，对区组设计的自同构群李秩较小的区组设计做了研究，证明了此时 Doyen-Delandtsheer 猜想成立。对重要科学发现 1、2 做出了创造性的贡献，是代表性论文 1、2 的第一作者和通讯作者。在该项研究中的工作量占本人工作量的 80%。

七、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位 1：湖南城市学院，对本项目科学发现的贡献：本单位作为该项目的主持单位，全面负责项目的研究工作，本单位对该项目从人力和物力上进行了大力的支持，包括科研项目的论证、培育和申请，科研经费的配套，人员的合理配置。校图书馆拥有丰富的图书资料和电子数据库，便于文献查阅。本单位高度重视数学学科的发展，该学科依托数字化城乡空间规划关键技术湖南省重点实验室等平台，为开展本项目的研究提供了很好的科研平台。

完成单位 2：中南大学，对本项目科学发现的贡献：本单位作为该项目的主要完成单位，在研究过程中，给予了人力、物力、科学仪器设备和技术资料等方面的大力支持。数学与统计学院现有数学和统计学 2 个一级学科博士学位授权点、数学和统计学两个博士后科研流动站。

“概率论与数理统计”学科于 2001 年被列为全国首批国家重点学科、且为“十五”和“十一五”国家重点学科。数学是湖南省重点建设学科，并于 2017 年 9 月入选国家“双一流”建设学科。“分析数学及其应用”获批为湖南省重点实验室；“大数据与区块链技术”和“随机性数学及其应用”获批湖南省高校重点实验室。学院学科方向涉及马氏过程及其相关领域、泛函分析及应用、常微分方程与动力系统、科学计算、偏微分方程及其应用、群论及数理逻辑、优化与控制理论、应用统计学和数量经济学等。群论及数理逻辑研究团队给本项目智力支持。

八、主要完成人合作关系说明

陈暑波与刘伟俊于 2009 年开始合作，合作完成了本项目的图的修正苏尔茨指数、Zagreb 指数等拓扑指数的研究。共同完成了代表着[3]、[4]以及其他重要论文，陈暑波为通讯作者和第一作者。

主要完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	合著	刘伟俊/2	2009.9-2016.12	①Extremal Modified Schultz Index of Bicyclic Graphs/MATCH Commun. Math. Comput. Chem/2010 年 64 卷 767-782 ②Extremal Zagreb Indices of Graphs with a Given Number of Cut Edges/Graphs and Combinatorics/2014 年 30 卷 109-118	代表作[3] 代表作[4]	