**附件：**

**2022年度云南省科学技术奖拟提名项目公示内容**

**成果一：泛函微分方程分析与设计中几类关键问题的研究**

**完成单位：**云南民族大学

**完成人：**熊良林、张海洋、吴涛、树金龙

**提名者**：云南省教育厅

**提名等级：**云南省自然科学奖二等奖

**成果简介：**泛函微分方程是现代控制理论的数学基础，能准确刻画各类复杂的实际系统及其动态演化规律，在自然科学和工程技术等领域有着举足轻重的地位，因此泛函微分方程的理论与应用一直是国内外学者研究的热点领域。然而，目前关于泛函微分方程的性能分析与控制设计的研究尚未发展完善，依然存在许多亟待解决的问题，尤其是参数依赖型矩阵系数多项式的定性问题、高阶采样时刻依赖型李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函的构造问题、积分二次项以及互凸二次项界值的估计问题等，已成为制约泛函微分方程理论与应用发展的瓶颈。本成果针对上述几类关键问题，基于泛函微分方程理论、随机过程理论、矩阵分析理论和凸优化理论，建立了参数依赖型矩阵系数多项式的定性判别方法、建立了高阶采样时刻依赖型李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函的构造方法、建立了基于非正交多项式的自由矩阵积分不等式以及建立了参数依赖型广义互凸组合不等式。本成果对进一步完善泛函微分方程的理论体系，拓展泛函微分方程的应用领域，具有极其重要的理论价值和现实意义。

**主要发现及创新点**

本成果突破了现有技术方法具有的局限性，为泛函微分方程性能分析与控制设计提供了新的理论方法和技术支撑。本成果的主要创新点如下：

**（1）建立了参数依赖型矩阵系数多项式的定性判别方法。**

在泛函微分方程的分析与设计过程中，参数依赖型矩阵系数多项式的出现不可避免，对它的定性判据（包含正定性判据或负定性判据）是泛函微分方程分析与设计策略的重要组成部分。而已有的一些方法和技巧难以获得参数依赖型矩阵系数多项式的定性判据，导致难以获得理想的分析与设计结论。因此，本成果针对这一关键问题，基于矩阵分析理论和凸优化理论，结合参数依赖型矩阵系数多项式的结构特点，提出非负非凸参数的凸性构造方法，利用凸组合定性原理，建立了参数依赖型矩阵系数多项式的定性判别方法。

**（2）建立了高阶采样时刻依赖型李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函的构造方法。**

在泛函微分方程的分析与设计过程中，构造的李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函是否蕴含较多的采样时刻信息会直接影响所得分析和设计结果的保守性。然而，现有的李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函仅蕴含一阶的采样时刻信息，导致所得分析与设计结果具有较强的局限性和较大的保守性。因此，本成果针对这一关键问题，基于前期建立的参数依赖型矩阵系数多项式的定性理论，利用自由矩阵依赖型零等式技术和输入时滞方法，结合输入时滞的结构特性和演化规律，建立了高阶采样时刻依赖型李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函的构造方法。

**（3）建立了基于非正交多项式的自由矩阵积分不等式。**

在泛函微分方程的分析与设计过程中，采用何种方法对构造的李雅普诺夫-克拉索夫斯基泛函及其导数中出现的积分二次项进行放缩处理会直接影响所得分析与设计结果的保守性。目前，基于正交多项式的积分不等式已被广泛用于处理泛函导数中出现的积分二次项，但正交多项式本身具有的局限性导致所得结果存在较大的保守性。因此，本成果针对这一关键问题，基于泛函分析理论和矩阵分析理论，结合非正交多项式的积分特点，借助自由矩阵思想，建立了基于非正交多项式的自由矩阵积分不等式。

**（4）建立了参数依赖型广义互凸不等式。**

在泛函微分方程的分析与设计过程中，由积分不等式导出的互凸二次项是一类非线性非凸的二次多项式，其界值的估计直接影响所得分析与设计结果的保守性。目前，现有的互凸不等式已被广泛用于估计二阶互凸二次项的界值，但是难以估计*n*阶互凸二次项的界值，从而导致蕴含异质时滞因素的泛函微分方程的分析与设计受到极大的阻碍。因此，本成果针对这一关键问题，基于矩阵分析理论和凸优化理论，结合互凸参数的结构特点，利用参数变换方法和矩阵分析技巧，建立了用于估计*n*阶互凸二次项界值的参数依赖型广义互凸不等式。

**成果应用推广情况**

获得的代表性成果包括：发表SCI学术论文20篇，其中ESI论文4篇。本成果提出的方法和技术已被广泛应用于研究加性时滞系统、中立型时滞神经网络、半马尔可夫跳变混沌系统、中立型马尔可夫跳变神经网络的均方稳定和镇定、几乎必然稳定、鲁棒有限时间有界、随机有限时间有界、事件触发控制、模糊采样控制、状态反馈控制、H∞性能、无源性能等问题。截至2022年4月，所发表论文被国内外学者共引用441次。

**候选人对项目的贡献情况**

1、第一完成人：熊良林（云南民族大学）

本项目的项目负责人，提出项目研究的总体思路、方案和技术路线，负责项目的组织、协调、管理和实施。

2、第二完成人：张海洋（云南民族大学）

负责项目研究方案的制定；负责技术路线的实施；负责重大技术问题的协调解决；负责项目研究报告的撰写工作。

3、第三完成人：吴涛（云南民族大学）

负责项目研究内容的研发执行和研究成果的应用推广工作；负责稳定性与控制器分析的主要研究内容；负责项目研究报告的撰写工作。

4、第四完成人：树金龙（云南民族大学）

负责项目研究内容的研发执行和研究成果的应用推广工作；负责稳定性与控制器分析的主要研究内容；负责项目研究报告文献查阅与整理工作。

**成果二：**云南几种藏药植物化学成分的研究与应用

**完成单位：**云南民族大学、云南中烟工业有限责任公司技术中心

**完成人：**李干鹏，胡秋芬，吴海燕，周 敏，刘欣，高雪梅，赵杨

**提名者**：云南省教育厅

**提名等级：**云南省科学技术进步奖三等奖

**成果简介：**本成果对云南产的藏族特色药材开展了系统的化学成分、生物活性及综合应用研究。研究对象包括龙胆科喉毛花属植物（Comastoma）、獐牙菜属（Swertia），以及唇形科糙苏属（Phlomis ）、青兰属（Dracocephalum）等18种特色药用植物，从中鉴定了500余个单体化学成分，其中包括80余个新化合物，并对这些化合物开展了抗烟草花叶病毒、抗肿瘤、抑制5α-还原酶等多种生物活性研究，对部分活性显著的化合物还进行了初步的药理机制研究。以药理作用研究成果为导向，结合民族民间药食功效的应用实际，发掘天然功能化学成分的用途，研发了部分活性成分中试及产业化生产工艺。

本成果共发表研究论文38篇，有26篇论文被SCI-Expanded收录，其中14篇论文Web of Science总被引101次，8篇中文核心论文在Web of Science中被他引42次。已授权发明专利8件，部分专利的关键技术得到了推广应用，已在8家生物农药和日化业领域的企业中取得了较好的初步应用成效，产生了一定的经济价值和社会效益。

**主要发现及创新点**

1、在云南藏族药化学成分研究领域创新显著

本项目对18种云南少数民族地区特色藏药植物开展了系统研究，从中分离鉴定了500多个化合物 (其中新化合物80多个)，200多个化合物为所研究的民族药资源植物中首次发现。这些研究成果在国内外首次弄清了一些藏药资源植物的化学成分组成，填补了上述植物化学成分研究不充分的空白。研究成果为有针对性的制定民族药质量标准、按现代医药的标准对民族药资源植物进行开发利用提供了重要科学依据。

2、在云南藏族药化学结构发现方面创新显著

项目组首次对云南迪庆地区藏族特色植物唇形科青兰属（Dracocephalum）、龙胆科喉毛花属植物（Comastoma）、龙胆科獐牙菜属（Swertia）和 木兰科五味子属（Schisandra）等云南用的藏药资源植物开展了系统深入的研究，从中分离到80多个新化合物，包括12种骨架类型的化合物：首次从藏族特色药用植物龙胆科喉毛花属长梗喉毛花的地上部分发现了3个少见的二氧戊酰化的口山酮 comastomaxanthones A–C；从藏药特色植物木兰科五味子属植物滇藏五味子中发现了7个结构新颖的具有抗HIV-1病毒和细胞毒活性的双苯并环辛二烯木脂素neglignans A-G；从采自丽江的藏药特色植物木兰科五味子属植物滇藏五味子的叶和茎中发现了2个新的7，8位裂环木脂素 neglectahenol E 和 neglectahenol F；同时从采自大理的同种植物滇味五味子的茎中分到了一个新的五味子属植物特有的双苯并环辛二烯类木脂素neglignan H，并从它的果实部分也发现两个新的双苯并环辛二烯类木脂素schinegllignans A和 B；首次对唇形科青兰属松叶青兰进行了化学成分的研究，并首次从其地上部分分离得到单萜类化合物，此外还分离得到了一系列乌苏烷型三萜成分；首次对獐牙菜属植物进行了多个种（川西獐牙菜、高獐牙菜、獐牙菜、西南獐牙菜、黑紫獐牙菜、大籽獐牙菜、紫红獐牙菜、印度獐牙菜）的系统化学成分研究，从中分离得到新化合物包括口山酮、口山酮苷、环烯醚萜、裂环烯醚萜苷、苯丙醇、獐牙菜內酯等一系列结构类型，涵盖面广，填补了多种獐牙菜属植物化学成分研究的空白。以上创新成果发表SCI论文18篇，得到同行的广泛关注。这些研究内容发展和丰富了藏药特色植物天然药物化学的内容，对阐明其物质基础意义重大，为民族药资源植物综合开发利用提供了新科学研究。

3、在云南藏药资源植物化学成分活性筛选方面创新显著

项目对云南特色藏族药用植物中发现的化学成分开展了抗烟草花叶病毒，抗HIV-1，抗氧化，抗菌，抗前列腺增生，抗肿瘤细胞毒，α-葡萄糖苷酶抑制活性，DPP-IV抑制活性及抑制5α-还原酶的等多种活性的筛选，发现15个活性较显著的化学成分，为新药开发提供了潜在的药源分子。和云南省烟草农业科学研究院合作，对10余种藏族药中发现的化合物进行了抗烟草花叶病毒活性筛选，发现8个化合物对烟草花叶病毒的抑制活性接近阳性对照宁南霉素；；另外有2个化合物抑制率超过阳性对照宁南霉素；在抗肿瘤活性领域，项目组和昆明龙润天然药物研究所合作筛选，一个分离自滇藏五味子茎的新的双苯并环辛二烯类木脂素neglignan H 表现出了中等活性，对NB4、A549和MCF7 三种细胞系的 IC50 值分别为 8.1、7.4 和 6.7 μM；同种植物中分离得到的首个新的 7，8裂环的双苯并环辛二烯类木脂素 neglignan D 对NB4 和 SHSY5Y癌细胞毒活性IC50 值为 2.9 和 3.3 μM ；在抗HIV-1病毒方面的筛选，分离自滇藏五味子的两个新的双苯并环辛二烯类木脂素neglignans A 和 F 治疗指数超过了50，同样分离自滇藏五味子的7，8-裂环木脂素 neglectahenols A-D都表现了中等的活性，其中neglectahenol A的TI为58.65；在抗前列腺炎的研究方面，项目采用了选择了一种基于分散液-液微萃取的方法来测化合物抗5α-还原酶的活性，发现分离自獐牙菜和黑紫獐牙菜的部分𠮿酮类化合物具有一定抑制活性，抑制率从40.5±2.8 ~52.3±2.5%不等。 除上述活性外，项目组还对藏族药用植物中发现的化合物进行了抗菌、α-葡萄糖苷酶抑制活性，DPP-IV抑制活性、清除自由基等活性筛选，发现多个活性显著的化合物结果；部分研究成果已得到实际应用。

项目组还对上述新发现的化合物进行了毒理学研究，证实上述新发现的活性成分、毒性低、使用安全、效果显著。上述云南藏族药资源植物一些新活性在国内外均为项目组首次发现，这些新发现极大的扩展了云南藏族药用资源植物的新用途，为新药开发提供了新的药源分子，为按现代医药规范开发利用民族药资源植物提供了强有力的技术储备。

**成果应用推广情况**

项目依托藏药獐牙菜中活性突出的龙胆苦苷类化合物开发了抗烟草花叶病毒防治剂，实现了实际推广应用并取得显著经济效益。项目组和昆明犍牛生物科技有限公司合作依托黑紫獐牙菜中的5α-还原酶抑制活性成分开发了口山酮类化合物，完成该活性化合物的克级制备并开展了深入的动物实验和药理学研究。项目组依托具有显著抗菌活性的化学成分新口山酮类化合物6‑(2‑羟甲基)‑1，7‑二甲氧基‑3‑甲基‑口山酮，与云南烟草科学研究院合作开发了卷烟新抗菌接装纸，实现了成果的实际推广应用，为云南支柱产业的技术革新提供了创新技术。项目组和昆明龙润天然药物研究所合作，依托从藏药荜茇的果实中发现了一种新的具有突出的抗肝炎病毒活性的胡椒碱，开展了深入的动物实验、对抗病毒机理、药理，以及治疗乙型肝炎的药物胡椒碱及其组合物和制剂研究，为制备企业乙型肝炎药物提供了关键技术储备。在抗肿瘤、抗HIV-1病毒、α-葡萄糖苷酶抑制活性等领域，项目组也和相关的医药企业展开合作，进一步活性化合物的药理和临床应用展开更深入的研究；为新药开发提供了新的技术储备。

本项目的研究成果已应用到云南烟草支柱产业、企业制药、新药开发等各个领域；是目前国内外藏族药资源植物研究中实际应用最广泛的研究成果之一，在国内外同类研究中处于先进水平。

**候选人对项目的贡献情况**

1、第一完成人：李干鹏（云南民族大学）

本项目的项目负责人，提出了项目研究的总体思路、方案和技术路线，负责组织项目的组织、协调、管理和实施。

2、第二完成人：胡秋芬 （云南民族大学）

负责项目研究方案的制定；负责试验工作的实施；负责重大技术问题的协调解决。

3、第三完成人：吴海燕（云南民族大学）

负责组织项目的研发和数据深度分析，项目报告的撰写工作。

4、第四完成人：周 敏（云南民族大学）

项负责组织项目的实施，图谱的解析。

1. 第五完成人：刘欣

参与成果的推广应用，撰写论文、专利

6、第六完成人：高雪梅（云南民族大学）

协助工业试验方案的制定，图谱的解析及数据统计分析。

7、第七完成人：赵杨

参与成果的推广应用

**成果三：基于蓝光LED芯片的耐热高效红光材料合成与应用**

**完成单位：**云南民族大学、中山大学

**完成人：**汪正良、周强、唐怀军、吴明娒、王凯民

**提名者**：云南省教育厅

**提名等级：**云南省自然科学奖二等奖

**成果简介：**白光发光二极管（LED）的广泛应用对我国于2060年前实现碳中和这一宏伟目标具有重要支持作用。高效红光材料开发是获得高质量白光LED照明光源的关键一环，是符合国家需求的重要研究方向，也是当前我国战略新材料产业的重点研发方向。针对蓝光LED芯片激发的红光材料效率低、耐热性能差等科学问题，依托国家自然科学基金委-云南联合基金重点支持项目等多个国家基金项目，历时10余年开展了适用于蓝光LED芯片的红光材料合成、光学性质与应用研究。通过对发光中心离子所处晶体场微环境的组合调控，研制出与蓝光芯片相匹配的发光效率高、荧光热稳定性好的红光材料。取得如下科学发现：

1、率先研制出与蓝光LED芯片完美匹配、发光效率高、耐热性能优异的 Mn4+激活的氟化物红光材料，其发光强度在150℃时依然高于室温，解决了现有稀土类红光材料耐热性能差的问题。

2、首次设计、生长出高耐热、高耐湿、高光效的Cs2XF6:Mn4+ (X = Si, Ti, Ge)红光单晶材料，同等湿度条件下发光强度可达同类粉体的9倍、外量子效率是同类粉体的1.78倍，由其封装而成的暖白光LED器件流明效率高达193.0 lm/W，显著优于同类粉体材料。

3、首次研制出环氧树脂分散的与蓝光LED芯片高度匹配的高效阳离子型有机铱(III)红光材料，其发光强度在150℃时仍能保持室温时77 %，耐热性能明显优于同类有机红光材料。

该成果发表论文61篇（其中SCI、EI收录57篇），其中8篇代表性论文影响因子51.334，20篇核心论文影响因子97.128，；获授权中国发明专利6件，实用新型专利1件。该成果被国内外学者在《Angewandte Chemie-International Edition》、《Advanced Materials》等著名SCI杂志上正面引用，受到国内外同行的高度关注。已培养硕士研究生23人。成果完成人中1人获云南省中青年学术技术带头人并享受云南省政府特殊津贴；1人入选云南省中青年学术技术带头人后备人才和云南省万人计划青年拔尖人才专项，1人入选2018年英国皇家化学会（RSC）材料类TOP 1%高被引中国作者。

**候选人对项目的贡献情况**

1、第一完成人：汪正良（云南民族大学）

本项目的项目负责人，参与了Mn4+激活的红色发光材料探索研发工作，6件授权发明专利的第一完成人，代表性论文1、2、3、4、5、6，7的第一作者或通讯作者。

2、第二完成人：周强（云南民族大学）

主要负责Mn4+激活的氟化物红色发光材料的制备与表征。5项授权发明专利的主要完成人之一，代表性论文1、2、3、6的第一作者。

3、第三完成人：唐怀军（云南民族大学）

主要负责Ir3+配合物红色发光材料的制备与表征。4项授权发明专利的主要完成人之一，代表性论文7、8的通讯作者。

4、第四完成人：吴明娒（中山大学）

主要负责Mn4+激活的氟化物红光晶体生长机理及Mn4+的机理。代表性论文1、2、3、5、6的共同通讯作者。

5、第五完成人：王凯民

主要负责项目中的器件制作，参与Ir3+配合物红色发光材料的发光性能研究。代表性论文8的共同通讯作者，1件实用新型专利的第一完成人。

**8篇代表性论文：**

1 Qiang Zhou, Yayun Zhou, Yong Liu, Lijun Luo, Zhengliang Wang\*, Jinhui Peng, Jing Yan, and Mingmei Wu\*, A new red phosphor BaGeF6:Mn4+: hydrothermal synthesis, photo-luminescent properties, and its application in warm white LED devices, ***Journal of Materials Chemistry C****,* 2015, **3**, 3055-3059.

2 Qiang Zhou, Yayun Zhou, Yong Liu, Zhengliang Wang\*, Guo Chen, Jinhui Peng, Jing Yan and Mingmei Wu\*, A new and efficient red phosphor for solid-state lighting: Cs2TiF6:Mn4+, ***Journal of Materials Chemistry C****,* 2015, **3**, 9615-9619.

3 Qiang Zhou, Huiying Tan, Yayun Zhou, Qiuhan Zhang, Zhengliang Wang\*, Jin Yan and Mingmei Wu\*, Optical performance of Mn4+ in a new hexacoordinated fluorozirconate complex of Cs2ZrF6, ***Journal of Materials Chemistry C****,* 2016, **4**, 7443-7448.

4．Zhengliang Wang\*, Zhiyu Yang, Zhaofeng Yang, Qianwen Wei, Qiang Zhou, Li Ma, Xiaojun Wang\*, Red Phosphor Rb2NbOF5:Mn4+ for Warm White Light-Emitting Diodes with a High Color-Rendering Index, ***Inorganic Chemistry***, 2019, **58**, 456-461.

5. Zhengliang Wang\*, Zhiyu Yang, Nan Wang, Qiang Zhou, Jianbang Zhou, Li Ma, Xiaojun Wang\*, Yiqing Xu, Mikhail G. Brik, Miroslav D. Dramicanin and Mingmei Wu\*, Single-crystal red phosphors: enhanced optical efficiency and improved chemical stability for wLEDs, ***Advanced Optical Materials***, 2020, 8, 1901512.

6. Qiang Zhou, Leonid Dolgov, Alok Srivastava, Lei Zhou, Zhengliang Wang, Jianxin Shi, Miroslav Dramicanin\*, Mikhail Brik and Mingmei Wu\*, Mn2+ and Mn4+ phosphors: Synthesis, Luminescence and Applications in WLEDs. A Review, ***Journal of Materials Chemistry C***,2018, **6**, 2652-2671.

7. Guoyun Meng, Zeyu Chen, Huaijun Tang\*, Yong Liu, Liying Wei and Zhengliang Wang**\*,** Application of a novel cationic iridium(III) complex as a red phosphor in warm white light-emitting diodes, ***New Journal of Chemistry***, 2015, **39**, 9535-9542.

8. Mingxian Chen, Riyong Sun, Yanchun Ye, Huaijun Tang\*, Xueyan Dong, Jialun Yan, Kaimin Wang\*\*, Qiang Zhou, Zhengliang Wang，Application of a novel red-emitting cationic iridium(III) coordination polymer in warm white light-emitting diodes, ***Optical Materials,*** 2018, **76**, 141-146.

**6项授权发明专利：**

1. 汪正良，杨兆峰，王楠，周强，唐怀军，罗利军，郭俊明, 一种Mn4+激活的多氟化物红色发光材料及制备方法, ZL 2016 1 0988268.X，授权日期：2019-08-06。
2. 汪正良，杨至雨，王楠，周强，唐怀军，罗利军，郭俊明, 一种蓝光激发Mn4+掺杂的氟氧化物红色荧光粉及制备方法, ZL 2016 1 0988267.5，授权日期：2019-05-14。
3. 汪正良，王楠，杨至雨，周强，唐怀军，罗利军，郭俊明, 一种蓝光半导体发光二极管用氟化物红色荧光粉制备方法, ZL 2016 1 0880502.7，授权日期：2019-4-26
4. 汪正良，危倩文，王楠，周强，唐怀军，罗利军，郭俊明, 一种Mn4+激活的七氟铪酸盐红色发光材料及制备方法, ZL 2016 1 0988266.0，授权日期：2018-10-30。
5. 汪正良，周亚运，周强，刘永，杨慧，苏长伟，郭俊明,一种新型Mn4+激活的高色纯度氟化物红色发光材料制备方法, ZL 2015 1 04682540，授权日期：2018-09-14。
6. 汪正良，周亚运，周强，刘永，谭慧英，张秋函，苏长伟，郭俊明，微乳液法制备形貌均一的Mn4+激活的高色纯度氟化物红色发光材料，ZL 2015 1 0468327.6，授权日期：2018-06-12。

**1项授权发明专利：**

1. 1．王凯民，唐怀军，马钰璐，周强，一种LED灯生产用荧光胶配比混合装置， ZL 2019 2 0477094.X，授权日期：2020-1-14。