2025年度湖北省科学技术奖公示表（自然科学）

项目名称、提名者及提名意见、项目简介、代表性论文专著目录、主要完成人（完成单位）

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 聚集诱导发光大环分子合成及应用性能研究 |
| 提名单位 | 华中科技大学 |
| 提名意见 | （不超过600字，根据项目创造性特点，科学技术水平和应用情况并参照相应奖类条件写明提名理由和结论性意见，并填写提名意见和提名等级。）  该项目面向化学与材料学科中大环超分子化学以及聚集诱导发光（AIE）研究前沿，聚焦AIE大环化合物设计合成及应用性能研究方向，在多个国家自然科学基金项目的连续资助下，开展了AIE大环设计合成和应用性能的研究工作，取得了一系列开创性、引领性、有重要理论和实际意义的研究成果。该项目首次提出了将AIE效应和大环限域效应有机结合的新思路和新理念，制备的AIE大环不仅能用于AIE机理最直接、最有力的揭示和证明，更重要的是能够大幅增强荧光强度，为获取性能优异的固体发光材料开辟了新途径；作为化学与生物传感器，由于AIE效应和大环空腔的限域效应，AIE大环检测系统具有更高的灵敏度和更高的选择性，尤其用AIE大环检测分析TNT爆炸物和铜离子的灵敏度比现有的分析方法高10倍，解决了该研究方向一系列理论和应用研究方面的难题。5篇代表性论文在*Chem. Soc. Rev., J. Mater. Chem. C， Chem. Eur. J., Sci. China Chem.*等国际一流杂志上发表，被他引608次，创新性的研究成果受到了国内外同行，包括从事大环超分子化学研究的诺贝尔奖得主的积极引用、广泛赞誉和跟踪研究，合成的大环结构经常在其它文献中被展示，产生了广泛深远的影响，有力推动了相关学科向前发展。综上所述，推荐该项目申请湖北省自然科学奖一等奖。    提名该项目为2024年度湖北省自然科学奖 一 等奖 |
| 项目简介 | 以大环主体化合物为核心的超分子化学研究成果已经在1987年和2016年两次获得了诺贝尔化学奖，一直是广泛关注的前沿研究领域。具有聚集诱导发光 (Aggregation-Induced Emission，AIE) 特性的有机分子在有机发光材料、分子传感器、以及医学诊疗等方面具有重大的应用前景，已经成为化学与材料科学领域顶级研究前沿。但AIE研究还存在机理不确定、发光性能低以及作为分子传感器选择性差等理论和应用方面的难题。大环主体化合物还存在合成困难、识别与信号位点难以同时构建、作为传感器灵敏度不能满足实际要求等挑战性。该项目针对AIE和大环超分子化学这两个顶尖研究前沿存在的难题，首次提出了将AIE效应和大环限域效应相结合的新思路和新理念，在AIE大环化合物设计合成及应用性能研究方面取得了一系列有重要理论和实际意义的创新性研究成果，主要发现和贡献如下:  1. 率先提出并实现将AIE效应和大环限域效应相结合的新思路和新理念，通过生成大环，增强分子刚性、减少分子构象数、降低分子内运动几率，大幅提高了AIE分子发光效率，提高了传感器灵敏度和选择性，解决了双键旋转受限AIE机理难题，申请人有20篇有关AIE大环研究论文在大型深度综述文章（*Chem. Soc. Rev.* 2018, 7452；IF 46.2）中进行了介绍。例如顺式四苯乙烯（TPE）双环发射强荧光，但偕式TPE双环没有荧光，首次直接证明激发态下双键旋转受限是AIE现象的原因，解决了双键旋转受限的AIE机理不能证明的难题；TPE与吡啶二甲酸构成的3+3大环，能选择性吸附CO2，比对氮气的吸附选择性高32倍，具有回收大气中CO2的潜力。发现TPE大环折叠体可以选择性检测TNT，灵敏度高达0.88飞克TNT/mL空气，比目前最好的TNT传感器灵敏度高10倍，也高于广泛使用的探爆犬灵敏度等。  2. Cu2+是生命体必须的微量元素，Cu2+缺少或者过多都对身体有害，因此对Cu2+含量的分析是非常重要的。但目前铜离子的分析方法仍然存在灵敏度低、选择性差、操作复杂等问题。该项目高产率合成了TPE大环，这种大环在16种金属离子当中，只对Cu2+有响应，检测极限低至1.1 nM，比目前最好的荧光分析方法灵敏度高10倍，是第一个既具有极高选择性、又具有极高灵敏度的Cu2+分析方法。并首次用于生物组织中微量铜离子的定量分析。  3．爆炸物成分的确定是追查爆炸物来源和恐怖分子所在地的关键，但对爆炸物检测和区分具有挑战性。该项目合成的TPE席夫碱大环，在有其它爆炸性硝基化合物如TNT存在时，只对爆炸物2,4,6-三硝基苯酚（TNP）和2,4-二硝基苯酚（DNP）有明显淬灭作用，浓度可分别低到5 nM和1 nM，具有高的灵敏度。此外，由于大环洞穴的限域效应，DNP对这个传感体系具有超级淬灭响应，但TNP没有，首次实现了这两个爆炸物的精准区分。  研究成果得到了美国加州理工学院、休斯顿大学、犹他大学等，英国牛津大学，德国慕尼黑工业大学，意大利帕维亚大学，澳大利亚皇家墨尔本理工大学，日本北海道大学、北里大学等，以及中科院化学所，香港科技大学，北京大学，清华大学，浙江大学，南京大学等国内外单位的积极引用、高度赞誉以及跟踪研究，尤其是诺贝尔化学奖得主Stoddart教授在3篇文章中正面引用了该项目成果（*Adv. Mater.* 2021, 202105405，IF 27.4； *Chem. Soc. Rev*. 2022, 5557, IF 40.4；*Angew. Chem. Int. Ed.* 2022, e202208679, IF 16.1），认为申请人的AIE大环是超分子化学核心建筑块；清华大学袁金颖教授（Aggregate 2024, 5, e624，IF13.9）认为，Zheng等人首次合成了AIE席夫碱大环,大环的尺寸限制导致对测定TNT和Cu2+具有优秀的灵敏度和选择性，显示了作为传感器的巨大潜力**;**香港科技大学唐本忠院士认为（*Chem. Rev.* 2015,11718，IF 51.5）AIE大环对设计更精密的荧光化学传感器具有指导意义;日本北海道大学Sada教授认为，申请人为双键pi轨道扭曲受限AIE机理提供了直接证据(*Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 8632,IF 16.1)。5篇代表作，被他引600多次，有3篇入选高被引论文，第一申请人成为英国皇家化学会高被引作者，其研究工作在国内外产生了广泛深远的影响。 |
| 主要完成人  （完成单位） | 郑炎松（华中科技大学），冯海涛（华中科技大学），罗钧（华中科技大学） |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年、卷、页码 | 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 | | 1 | Macrocycles and cages based on tetraphenylethylene with aggregation-induced  emission effect /Chemical Society Reviews/ Hai-Tao Feng, Ying-Xue Yuan，Jia-Bin Xiong, Yan-Song Zheng, Ben Zhong Tang | 2018, 47,  7452-  7476 | 2018-  09-04 | Yan-Song Zheng, Ben Zhong Tang | Hai-Tao Feng | 冯海涛，袁迎雪，熊加斌，郑炎松，唐本忠 | | 2 | Self-assembled tetraphenylethylene macrocycle nanofibrous materials for the visual detection of copper(II) in water /Journal of Materials Chemistry C / Hai-Tao Feng, Song Song, Yi-Chang Chen, Chang-Hong Shen, Yan-Song Zheng | 2014, 2, 2353−2359 | 2013-  12-23 | Yan-Song  Zheng | Hai-Tao Feng | 冯海涛，宋松， 陈义长，沈常虹，郑炎松 | | 3 | Highly Sensitive and Selective Detection of Nitrophenolic Explosives by Using Nanospheres of a Tetraphenylethylene Macrocycle Displaying Aggregation-Induced Emission /Chemistry-A European Journal/ Hai-Tao Feng, Yan-Song Zheng | 2014, 20, 195−  201 | 2013-  11-27 | Yan-Song  Zheng | Hai-Tao Feng | 冯海涛，郑炎松 | | 4 | Sensitive fluorescence probes for dihydrogen phosphonate anion based on calix[4]arene bearing naphthol-hydrazone groups  /Science China- Chemistry/ Yi-Chang Chen, Xian-Xian Liu, Hong Huang, Wei-Wei Wu, Yan-Song Zheng | 2010, 53, 569–575 | 2010-  03-31 | Yan-Song  Zheng | Yi-Chang  Chen | 陈义长，刘贤贤，黄宏，吴伟伟， 郑炎松 | | 5 | 手性杯芳烃及其超分子手性  /化学进展 / 罗钧，郑炎松 | 2018, 30, 601−  615 | 2018-  05-20 | 郑炎松 | 罗钧 | 罗钧，郑炎松 | | |