

中国科学院大连化学物理研究所
优秀博士后支持计划申请表

申 请 人: 马超

研 究 组: DNL1210 组

学科专业: 工业催化

合作导师: 郭鹏

填表日期: 2025 年 7 月 22 日

中国科学院大连化学物理研究所制

姓 名	马超	性 别	女
		民 族	回族
学历/学位	博士研究生/博士	授予博士学位时间	2024-09-27
博士毕业院校	大连理工大学	专 业	物理化学
(拟)入站时间	2024-10-15	入站性质	☒ 统招统分 ☐ 在职人员
学习经历从本科起	起止年月	所在单位/专业	所获学位
	2019-09~2024-09	大连理工大学/物理化学	博士
	2013-09~2016-06	辽宁师范大学/无机化学	硕士
	2009-09~2013-06	辽宁师范大学/化学(师范)	学士
工作经历	起止年月	所在单位	职务
	2024-10~至今	中国科学院大连化学物理研究所	博士后
	2016-07~2019-08	中国科学院大连化学物理研究所	科研助理
博士学位论文摘要	博士论文题目	无氟无晶种合成纯硅分子筛的新方法	
	(限 800 字) 纯硅分子筛作为重要的吸附剂和催化剂载体，在石油化工行业中具有广泛的应用价值，包括挥发性有机物吸附、烷烃/烯烃分离以及烷烃催化脱氢等领域。传统水热合成纯硅分子筛过程中，往往需要使用有毒氟化物、复杂脱铝处理或含氟合成的纯硅晶种，并且晶化时间较长。上述问题带来一系列环境和经济方面的挑战，限制了纯硅分子筛在其应用领域的推广。因此，迫切需要开发纯硅分子筛的无氟无晶种合成策略。本论文在理解纯硅分子筛微观结构以及氟离子稳定富含四元环特定结构单元的导向机制基础上，提出一种无氟无晶种高效合成纯硅分子筛的新方法，将其称为有机结构导向剂失配法。在这种方法中，采用富含四元环的 SOD 型纯硅分子筛（称为 Si-SOD）作为硅源，利用较大体积的有机结构导向剂（OSDA）与 Si-SOD 中无孔小笼的尺寸不匹配性，以抑制原料 Si-SOD 再结晶过程，从而直接晶化为目标分子筛。采用有机结构导向剂失配法在无氟无晶种条件下合成了重要的 CHA 型纯硅分子筛（称为 Si-CHA）和 *BEA 型纯硅分子筛（称为 Si-BEA）。通过三维电子衍射、高分辨透射电镜和液体核磁共振等表征技术研究了 Si-CHA 和 Si-BEA 的晶化过程，发现四元环在晶化过程中发挥着重要作用。此外，Si-CHA 具有良好的丙烯/丙烷分离性能，其丙烯/丙烷分离系数达到 9.84。利用 Si-BEA 载体制备了 Zn 物种高度分散的丙烷直接脱氢催化剂 Zn-3.6-Si-BEA，呈现出良好的催化性能，在 0.36 h⁻¹ 空速下，丙烷转化率约为 53%，丙烯选择性约为 90%。在理解 Si-CHA 和 Si-BEA 晶化过程以及纯硅分子筛结构特征的基础上，将有机结构导向剂失配法扩展为一种无氟无晶种合成纯硅分子筛的普适性方法。		

入站前期及入站后科研情况简介

通过该方法高效合成了 EUO、SFF、STF 型等 13 种已知拓扑结构的纯硅分子筛。此外，以 1, 4-双（N-甲基吡咯烷鎓）丁烷氢氧化物为 OSDA，通过有机结构导向剂失配法成功合成了一种新型纯硅分子筛 DNL-16。采用三维电子衍射技术对 DNL-16 进行解析，发现 DNL-16 是由 *bre* 复合结构单元直接连接形成二维层结构。

1、主持或参与项目情况：

序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色
1	基于结构精修辅助定向合成 SAPO 分子筛及其 MTO 催化性能研究	国家自然科学基金项目	65 万	2020-01~2023-12	参与

2、代表性论文（5 篇以内）

注：“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。

序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序
1	Fluoride- and Seed-Free Synthesis of Pure-Silica Zeolite Adsorbent and Matrix Using OSDA-Mismatch Approach	Journal of the American Chemical Society	15.6	2023/145(44)/24191-24201	1/8
2	DNL-16: A new zeolitic layered silicate unraveled by three-dimensional electron diffraction	Chinese Journal of Structural Chemistry	10.3	2024/ 43(4)/100235	1/3
3	Rational Design of a Novel Catalyst Cu-SAPO-42 for NH ₃ -SCR Reaction	Small	12.1	2020/16(33)/2000902	2/8 共一
4	Applications of X-ray and Electron Crystallography in Structural Investigations of Zeolites	CHEMICAL JOURNAL OF CHINESE UNIVERSITIES	0.6	2020/42(1)/188-200	1/8

	5	Pure Silica with Ordered Silanols for Propylene/Propane Adsorptive Separation Unraveled by Three-Dimensional Electron Diffraction.	Journal of the American Chemical Society	15.6	2023/145(12)/6853-6860	2/10
	其他论文发表情况					
	1	Designing ABC-6 family small pore zeolites by epitaxial growth approach.	Chinese Chemical Letters	8.9	2024/35/108470	3/8
	2	Stable CuSiBeta prepared by direct ion-exchange approach for methanol steam reforming to produce hydrogen.	Molecular Catalysis	4.9	2024/566/114436	2/5
	3	Unraveling a Stable 16-Ring Aluminophosphate DNL-11 through Three-Dimensional Electron Diffraction for Atmospheric Water Harvesting.	Journal of the American Chemical Society	15.6	2024/146/10257-10262	4/9
	4	Cu-SAPO-17: A novel catalyst for selective catalytic reduction of NOx.	Chinese Journal of Catalysis	17.7	2020/41/1715-1722	4/8
	5	DNL-17: A Small-Pore Aluminophosphate in ABC_6 Family with 24 Stacking Layers Unraveled by Three-Dimensional Electron Diffraction,	Journal of the American Chemical Society	15.6	2025/147/5440-5448	5/9
	3、专利情况:					
	序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序

	1	一种纯硅分子筛及其制备方法和应用	申请	202211585196.6	2022-12-9	1
	2	一种纯硅分子筛及其制备方法和应用	申请	202510216068.1	2025-02-25	2 导师 第一
	4、获奖情况:					
	序号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排序
	1	渤海化工奖学金一等奖		中国科学院 大连化学物理研究所	2024	1
	2	三好学生标兵		中国科学院 大学	2024	1
	3	高等学校化学学报优秀墙报奖		第 22 届全国 分子筛学术 大会	2023	1
	4	三好学生		中国科学院 大学	2021	1
博士 后 工 作 的	博士后研究题目：结构解析辅助纯硅分子筛合成					
	(简述研究计划的可行性、先进性和创新性，理论和现实意义) 1. 研究计划及理论和现实意义 纯硅分子筛因其独特的孔道结构、简单的骨架元素组成、高比表面积、高疏水性、高热稳定性、结构富集缺陷等特性，作为重要的吸附剂、催化剂及催化剂载体，被广泛应用于吸附、分离和催化等石油化工行业。然而，在纯硅分子筛合成中，往往需要具有腐蚀性和剧毒性的氟化物、定制的昂贵有机结构导向剂、晶种以及长久的晶化时间，在环境和经济方面带来一系列挑战，限制了纯硅分子筛在石油化工行业上的广泛应用。针对上述挑战，申请人拟运用所在研究组专注的电子晶体学（包括三维旋转电子衍射和高分辨成像技术）和 X-射线晶体学来解析和精修纯硅分子筛的微观结构，进一步研究结构导向剂与分子筛骨架的主客体作用及分子筛结构特点，进而指导纯硅分子筛绿色、经济、高效合成。结构解析辅助纯硅分子筛合成策略的构建，为精准合成已知结构纯硅分子筛和设计合成新型纯硅分子筛提供理论依据，为纯硅分子筛的应用和发展研究提供科学基础和理论支持，从而促进纯硅分子筛在石油化工行业的应用推广。 2. 可行性分析 (1) 理论上的可行性：本研究计划主要依赖三维旋转电子衍射、高分辨透射电镜成像和 X-射线粉末结构精修这三种以电子晶体学和 X-射线晶体学为理论基础的表征技术。申请人所在研究团队具有较为扎实的电子晶体学和 X-射线晶体学知识背景，可以熟练操作、运用透射电镜和 X-射线粉末衍射仪表征分子筛等材料，利用相关理论知识分析分子筛的正空间及倒易空间数据。 (2) 技术上的可行性：申请人在攻读博士学位期间所取得的研究成果与核心技术积累，为本研究计划的顺利开展奠定了坚实的研究基础。基于对分子筛微观结构的理解，以及对氟离子在纯硅分子筛中稳定特定结构单元导向机制的研究，申请人开发了一种具有普适性的新方法——OSDA-Mismatch 策略。采用此策略，在无氟无晶种条件下，高效合成了十五种纯硅分子筛。利用三维旋转电子衍射和高分辨透射电镜成像等技术揭					

研究计划	示了两种重要纯硅分子筛 CHA 和 BEA 的晶化机制。此后, 申请人利用 OSDA-Mismatch 策略合成了新型纯硅分子筛 DNL-16, 采用三维旋转电子衍射直接解析出 DNL-16 的结构, 通过 X-射线粉末结构精修确定了 OSDA 的位置。此外, 基于对已知结构磷酸硅铝分子筛的 X-射线粉末结构精修结果, 申请人团队开发了一种定向合成策略——RSS 方法。申请人采用 RSS 方法, 以五种商业化有机胺作为 OSDA 在无氟体系中成功地实现了 SAPO-42 分子筛 (LTA 拓扑结构) 的定向合成。并通过 X-射线粉末结构精修确定了 OSDA 在 SAPO-42 骨架结构中的位置及相互作用。 (3) 设备材料的可行性: 申请人所在研究组已配备齐全本研究计划所需的分子筛合成及基本表征设备。同时, 拥有配备高倾转样品杆和高性能超快探测器的透射电镜, 用于收集高质量的三维旋转电子衍射数据, 对分子筛结构进行解析; 拥有 STOE ESSENTIAL 衍射仪, 用于收集高质量粉末 X-射线衍射数据, 对分子筛结构进行精修。上述工作条件为博士后期间的研究计划顺利完成提供了保障。 3. 先进性和创新性 本研究计划结合先进的表征技术 (三维旋转电子衍射、高分辨透射电镜成像和 X-射线粉末结构精修), 在原子尺度上揭示结构导向剂与分子筛骨架的主客体作用及分子筛结构特点, 从而指导已知拓扑结构纯硅分子筛和新结构纯硅分子筛的合成。结构解析辅助纯硅分子筛合成策略的构建不仅可避免氟化物和晶种的使用、降低有机结构导向剂的成本和有效缩短晶化时间, 还能精准调控纯硅分子筛的晶化过程, 具有显著的绿色化学和精准合成优势。结构解析辅助纯硅分子筛合成的创新性体现为: (1) 合成方法创新: 突破传统经验试错法, 利用结构解析技术监测原子尺度上的结构信息, 建立结构-合成条件-性能的关联, 实现纯硅分子筛的可控合成。(2) 分子筛结构创新: 开发的新合成策略有助于指导合成具有新结构的纯硅分子筛。(3) 应用拓展创新: 通过精准调控分子筛的孔道结构, 优化其在挥发性有机物吸附、低碳烃分离、CO₂ 捕获、烷烃催化脱氢等领域的性能, 推动纯硅分子筛的高值化应用。综上, 本研究计划在合成策略、结构创制和应用拓展方面均具有显著的科学前沿性和技术创新性, 有望为纯硅分子筛材料的绿色合成和功能化设计提供新思路。
本人承诺	本人承诺: 申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。 本人签字: 马超 2025 年 7 月 22 日