



## 工作业绩:

本人研究集中在生物矿化中的界面识别和矿化机理探讨。在无定形矿物相转化, 晶面分子识别和相互作用, 结晶途径和结晶机制, 胶原矿化与牙齿修复, 仿生矿化功能材料制备等方面取得了许多创新性研究成果。在 *Nat. Commun.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Adv. Mater.*, *Chem. Comm.*等期刊发表 70 多篇学术论文, 主持国家重点研发计划(《生物医用材料研发与组织器官修复替代》)重点专项子课题 1 项(77.7 万元, 项目总经费 1328 万)国家自然科学基金面上项目 1 项(64 万元), 横向项目 1 项。共参加纵向项目 2 项。经 *Web of Science* 搜索数据分析(以无定形磷酸钙为关键词的近 5 年所有论文), 本人研究成果在所有作者中排名居前 0.1% 论文, H 因子 30。

### 主要创新点和科学价值如下:

- 发现柠檬酸可以通过改变磷酸钙界面浸润作用促进胶原纤维内部矿化, 解决了胶原纤维体外矿化率低的难题。该研究提出了生物小分子在生物矿化过程中发挥重要作用, 建立了生物基质界面调控与矿化之间的联系, 有助于全面理解生物矿化过程, 论文发表于 *Adv. Mater.* 2018。
- 首次发现镜面对称的二水磷酸氢钙对氨基酸有手性选择性, 该手性选择性可通过晶体生长和溶解的状态进行调控, 并从晶体台阶非平衡态的角度对该特殊现象进行了机理解释。该研究将为理解生命起源中的手性来源问题提供新的思路, 论文发表于 *J. Am. Chem. Soc.* 2017; 通过原子力显微镜直接测量了胶原蛋白与羟基磷灰石晶面间的取向识别作用, 从分子层面解释了牙、骨等生物矿化中的晶体有序矿化问题 (PNAS 2015)。
- 首次发现一种通过无序聚集-晶界迁移(RA-GM)而形成单晶的结晶途径, 揭示该结晶过程受压力驱动, 为大单晶制备提供了新的思路, 论文发表于 *Angew. Chem. Int. Ed.* 2016; 发现存在表面活性剂和胶束体系下, 碳酸钙可通过聚集、结构转化和胶束包埋等非传统途径结晶, 并分析了其形成机制, 丰富了对复杂结晶过程的理解, 为仿生复合材料的制备带来新思路 (PNAS 2016; *Langmuir* 2016)。
- 系统研究了生物矿化中无定形磷酸钙在模拟生理条件下的结晶相转化动力学规律和调控途径, 发现低 pH 低过饱和磷酸钙溶液结晶加速的反常现象, 构建了全新的结晶模型解释了该反常现象, 为全面理解生物矿化机制奠定了结晶模型基础。因无定形相转化方面的系统研究工作, 受邀前往英国参加法拉第讨论会(*Faraday Discuss.* 2015), 撰写综述(*Crystals* 2018)。系列研究论文发表于 *Cryst. Growth Des.* 2014, 2018, *RSC Adv.* 2017, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2013, *CrystEngComm.* 2014, 2016。
- 在牙本质修复方面, 发现加速牙本质再矿化的调控分子和矿化工艺, 使传统胶原纤维再矿化时间由几天缩短为几个小时, 克服了在牙本质修复实际应用中对操作时间上限制的难题。发现无定形磷酸钙与粘结剂复配可同时实现粘结修复和胶原矿化修复, 可望解决粘结剂的长时有效性难题。系列论文发表于 *Nanoscale* 2018, *ACS Appl. Mater. Inter.* 2017, *J. Mater. Chem. B.* 2014, *Mater. Sci. Eng. B* 2016, *CrystEngComm* 2013。

### 代表性论文:

Shao, Changyu, Zhao, Ruibo, Jiang, Shuqin, Yao, Shasha, Wu, Zhifang, Jin, Biao, Yang, Yuling, **Pan, Haihua\***, Tang, Ruikang\*. 2018. "Citrate Improves Collagen Mineralization via Interface Wetting: A Physicochemical Understanding of Biomineralization Control." *Adv. Mater.* doi:10.1002/adma.201704876.

Jiang, Wenge<sup>1</sup>; **Pan Haihua**<sup>1</sup>; Zhang, Zhisen; Qiu, S. R.; Kim, J. D.; Xu, X.; Tang, R. 2017. "Switchable Chiral Selection of Aspartic Acids by Dynamic States of Brushite." *J. Am. Chem. Soc.*, 139: 8562-8569. (Equal Contribution)

Liu, Zhaoming; **Pan, Haihua\***; Zhu, Genxing; Li, Yaling; Tao, Jinhui; Jin, Biao; Tang, Ruikang\*. 2016. "Realignment of Nanocrystal Aggregates into Single Crystals as a Result of Inherent Surface Stress." *Angew.*

Chem. Int. Ed., 55, 12836-12840.(Inside Cover Page)

Jiang, Shuqin; **Pan, Haihua\***; Chen, Yan; Xu, Xurong; Tang, Ruikang. 2015. "Amorphous calcium phosphate phase-mediated crystal nucleation kinetics and pathway." *Faraday Discuss.* 179: 451-61.

Jin, Wenjing, Jiang, Shuqing, **Pan, Haihua\***, Tang, Ruikang\*. 2018. "Amorphous Phase Mediated Crystallization: Fundamentals of Biomineralization" *Crystals* 8: 48.

Cho, Kang Rae; Kim, Yi-Yeoun; Yang, Pengcheng; Cai, Wei; **Pan, Haihua**; Kulak, Alexander N; Lau, Jolene L; Kulshreshtha, Prashant; Armes, Steven P; Meldrum, Fiona C\*;De Yoreo, James J.\* 2016. "Direct observation of mineral-organic composite formation reveals occlusion mechanism." *Nat. Commun.* 7: 10187. (Highly Cited Paper, Web of Science)

Tao, Jinhui, Battle, Keith C, **Pan, Haihua**, Salter, E Alan, Chien, Yung-Ching, Wierzbicki, Andrzej\*, De Yoreo, James J.\*, 2015. "Energetic basis for the molecular-scale organization of bone." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112: 326-331.

Wang, J.; Chen, Y., Li, L.; Sun, J.; Gu, X.; Xu, X.; **Pan, H.\***; Tang, R.\* , 2013. "Remineralization of Dentin Collagen by Meta-stabilized Amorphous Calcium Phosphate." *CrystEngComm* 15: 6151-6158. (Cover Article)

Ding, Huachao; **Pan, Haihua\***; Xu, Xurong; Tang, Ruikang\*. 2014. "Toward a Detailed Understanding of Magnesium Ions on Hydroxyapatite Crystallization Inhibition." *Cryst. Growth Des.* 14: 763-769.

Jiang Shuqin; Chen Yan; **Pan Haihua\***; Zhang Yin-Jia; Tang Ruikang\*. 2013. "Faster nucleation at lower pH: amorphous phase mediated nucleation kinetics." *Phys. Chem. Chem. Phys.* 15: 12530-12533.