

**项目名称：**多金属氧酸盐团簇光催化材料设计与性能研究

**推荐单位：**东北师范大学

**项目简介：**

本项目属于无机化学领域，多金属氧酸盐是一类基于钨、钼、钒、铌、钽等元素构筑的金属氧簇类化合物。作为重要的分子基材料，多金属氧酸盐在材料科学和分子催化领域具有重要的应用前景。该领域备受关注的难题之一探索多酸在溶液中的自组装行为，定向设计合成具有特定功能性质的多金属氧酸盐，使之在催化，分离和材料科学等重要应用领域发挥其结构组成多样和金属团簇等优势。针对上述难题，本项目自 2011 年以来在高核多金属氧酸盐的设计合成和光解水制氢等研究领域取得系列创新性研究成果，推动了多酸化学在催化和功能材料等研究方向的发展。主要发现点如下：

1. 探索多金属铌酸盐体系的合成和溶液中的组装规律，发现迄今为止最高聚合度的同多和杂多铌酸盐。系统研究了多金属铌酸盐的合成及组装规律，构筑系列具有新颖结构的多金属铌酸盐。发现目前最大的同多铌酸盐 {Nb<sub>32</sub>} 和 {K<sub>12</sub>Nb<sub>96</sub>} 簇；目前核数最高的铌钒酸盐 {Nb<sub>10</sub>V<sub>4</sub>} 簇和硅铌酸盐 {SiNb<sub>18</sub>}。该研究丰富了多金属铌酸盐化学，对于多金属铌酸盐的发展具有重要的研究意义。北京理工大学杨国煜教授认为该工作“对于发展多金属铌酸盐化学和高效光催化材料提供了新的机会” [他引论文 1]。代表性论文 [1] 被他引 91 次 [证明材料 3]。

2. 率先开展多金属铌酸盐光解水制氢催化研究，揭示该类化合物在紫外光照和可见光照下具有光催化分解水制备氢气的催化活性。简单铌酸盐或铌氧化物是一类性能优异的光解水制氢催化剂，高核多金属铌酸盐具有结构确定、聚合度高、催化位点丰富等优点。研究结果表明，一方面，随着同多铌酸盐聚合度增加，催化活性有逐渐增强的趋势，主要原因是由于聚合度的增加，具有光催化活性的催化位点增加；另一方面，过渡金属掺杂可以改变多金属铌酸盐能级结构，使其在可见光区产生吸收，进而在可见光下具有光解水制氢的催化活性。北京理工大学迟瑛楠和胡长文教授认为“在过去几年中，多金属氧酸盐作为一类光驱动水分解催化材料被广泛的研究，由于该类材料结合了非均相催化剂的稳定性和均相催化剂的催化活性” [他引论文 6]。

3. 以  $\{SeO_3\}^{2-}$  和  $\{TeO_3\}^{2-}$  作为阴离子模板, 探究阴离子模板对多金属钨酸盐组装规律的影响, 构筑系列高核多金属钨酸盐, 研究该类化合物在紫外光照下光催化分解水制氢的催化性能。利用硒、碲作为杂原子, 以高核钨酸盐作为研究对象, 研究多酸建筑单元在溶液中的自组装行为与高核多酸簇合物的可控合成, 探索多酸化合物在溶液中自发形成刚性核壳结构的现象和机理。国际著名多酸学者, 英国格拉斯哥大学龙德良和 Cronin 教授认为“以阴离子  $\{SeO_3\}^{2-}$  或  $\{TeO_3\}^{2-}$  作为模板剂或连接配位点, 是合成高核多金属氧簇的有效手段” [他引论文 9]。

本项目 10 篇代表论文包括 1 篇《J. Am. Chem. Soc.》和 4 篇《Chem. Comm.》论文, 影响因子总和 60.4; 10 篇代表论文共他引 174 次, 所发表的研究论文被 Chem. Rev., Chem. Soc. Rev. 等论文引用。项目第一完成人在 2014-2016 年连续三年入选爱思唯尔中国高被引学者榜单。

### 代表性论文专著目录：

序号	论文、专著名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码 年(卷): 页码	发表年月	通讯作者/第一作者	SCI 他引次数	他引总次数	是否国内完成
1	Self-assembly and photocatalytic properties of polyoxoniobates: $\{Nb_{24}O_{72}\}$ , $\{Nb_{32}O_{96}\}$ , and $\{K_{12}Nb_9O_{288}\}$ clusters/Journal of the American Chemical Society/Huang, P.; Qin, C.; Su, Z. M.; Xing, Y.; Wang, X. L.; Shao, K. Z.; Lan, Y. Q.; Wang, E. B.	13.038	2012 年 134 卷 14004 页	2012-08	苏忠民/ 王新龙/ 王恩波/ 黄鹏	91	107	是
2	An unprecedented organic-inorganic hybrid based on the first $\{Nb_{10}V_4O_{40}(OH)_2\}^{12-}$ clusters and copper cations./Chem. Commun./	6.567	2012 年 48 卷 103 页	2011-11	王新龙/ 苏忠民/ 黄鹏	27	36	是

	Huang, P.; Qin, C.; Wang, X. L.; Sun, C. Y.; Yang, G. S.; Shao, K. Z.; Jiao, Y. Q.; Zhou, K.; Su, Z. M.							
3	A new organic-inorganic hybrid based on the crescent-shaped polyoxoanion [H <sub>6</sub> SiNb <sub>18</sub> O <sub>54</sub> ] <sup>8-</sup> and copper-organic cations./Dalton Trans./ Huang, P.; Qin, C.; Wang, X.-L.; Sun, C.-Y.; Xing, Y.; Wang, H.-N.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.	4.177	2012 年 41 卷 6075 页	2012- 04	王新龙/ 苏忠民/ 黄鹏	3	7	是
4	Self-Assembly and Visible-Light Photocatalytic Properties of W/Nb Mixed-Addendum Polyoxometalate and Transition-Metal Cations./ChemPlusChem/ Huang, P.; Qin, C.; Wang, X.-L.; Sun, C.-Y.; Jiao, Y.-Q.; Xing, Y.; Su, Z.-M.; Shao, K.-Z.	2.836	2013 年 78 卷 775 页	2013- 06	王新龙/ 邢艳/苏 忠民/黄 鹏	6	9	是
5	New heteropolyniobates based on a bicapped Keggin-type {VNb <sub>14</sub> } cluster with selective adsorption and photocatalytic properties./CrystEngComm/ Huang, P.; Zhou, E.-L.; Wang, X.-L.; Sun, C.-Y.; Wang, H.-N.; Xing, Y.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.	3.849	2014 年 16 卷 9582 页	2014- 06	王新龙/ 邢艳/苏 忠民/黄 鹏	11	12	是
6	Assembly of Cerium(III)-Stabilized Polyoxotungstate Nanoclusters with SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /TeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Templates: From Single	5.771	2013 年 19 卷 11007 页	2013- 06	王新龙/ 苏忠民/ 陈维超	14	23	是

	Polyoxoanions to Inorganic Hollow Spheres in Dilute Solution./Chem. Eur. J./ Chen, W.-C.; Li, H.-L.; Wang, X.-L.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.; Wang, E.-B.							
7	Assembly of Fe-substituted Dawson-type nanoscale selenotungstate clusters with photocatalytic H <sub>2</sub> evolution activity./Chem. Commun./ Chen, W.-C.; Qin, C.; Wang, X.-L.; Li, Y.-G.; Zang, H.-Y.; Jiao, Y.-Q.; Huang, P.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.; Wang, E.-B.	6.567	2014 年 50 卷 13265 页	2014- 09	王新龙/ 苏忠民/ 陈维超	10	14	是
8	Assembly of tetrameric dimethyltin-functionalized selenotungstates: from nanoclusters to one-dimensional chains ./Chem. Commun./ Chen, W.-C.; Qin, C.; Li, Y.-G.; Zang, H.-Y.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.; Wang, E.-B.; Liu, H.-S.	6.567	2015 年 51 卷 2433 页	2015- 02	秦超/ 苏忠民/ 刘洪胜/ 陈维超	3	6	是
9	Redox-controlled delta-Dawson {Mn-2 W-III(17)} polyoxometalate with photocatalytic H-2 evolution activity./Chem. Commun./ Jiao, Y. Q.; Qin, C.; Wang, X. L.; Liu, F. H.; Huang, P.; Wang, C. G.; Shao, K. Z.; Su, Z. M.	6.567	2014 年 50 卷 5961 页	2013- 12	王新龙/ 苏忠民/ 焦艳清	6	13	是
10	Assembly of Keggin-/Dawson-type Polyoxotungstate Clusters with Different Metal Units and SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> – Heteroanion	4.425	2014 年 14 卷 5099 页	2014- 07	颜力楷/ 王新龙/ 苏忠民/ 陈维超	3	9	是

Templates./Cryst. Growth Des./ Chen, W.-C.; Yan, L.-K.; Wu, C.-X.; Wang, X.-L.; Shao, K.-Z.; Su, Z.-M.; Wang, E.-B.								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

**主要完成人情况表:**

姓名: 王新龙

排名: 1

技术职称: 教授

工作单位: 东北师范大学

完成单位: 东北师范大学

对本项目技术创造性贡献: 根据本领域的发展前沿动态, 领导和组织制定了本项目的研究计划和整体研究方案, 提出了本项目的学术思想与研究思路, 负责项目的指导与实施。是科学发现点1、2、3 的主要完成人和1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 篇代表论文的通讯作者。

曾获科技奖励情况: 无

姓名: 苏忠民

排名: 2

技术职称: 教授

工作单位: 东北师范大学

完成单位: 东北师范大学

对本项目技术创造性贡献: 对《重要科学发现》的1, 2, 3 项做出了创造性贡献, 是代表论文1-10 的通讯作者。

曾获科技奖励情况: 无

姓名: 秦超

排名: 3

技术职称: 副教授

工作单位: 东北师范大学

完成单位：东北师范大学

对本项目技术创造性贡献：对《重要科学发现》的1, 2, 3 项做出了创造性贡献，是代表论文8 的通讯作者和论文1, 2, 3, 4, 7 的第二作者。

曾获科技奖励情况：无

姓名：黄鹏

排名：4

技术职称：副教授

工作单位：江苏师范大学

完成单位：东北师范大学

对本项目技术创造性贡献：对《重要科学发现》的1, 2 项做出了创造性贡献，是代表论文1-5 的第一作者。

曾获科技奖励情况：无

姓名：陈维超

排名：5

技术职称：其他

工作单位：东北师范大学

完成单位：东北师范大学

对本项目技术创造性贡献：对《重要科学发现》的3 项做出了创造性贡献，是代表论文6, 7, 8, 10 的第一作者。

曾获科技奖励情况：无

姓名：孙春义

排名：6

技术职称：讲师

工作单位：东北师范大学

完成单位：东北师范大学

对本项目技术创造性贡献：对《重要科学发现》的1, 2 项做出了创造性贡献，是

代表论文2, 3, 4, 5 的作者之一。

曾获科技奖励情况：无