

中国发明协会 2024 年度发明创业奖创新奖提名公示内容

一、项目基本情况

提名者	哈尔滨工业大学
项目名称	污水深度脱磷关键新质材料及其韧性低碳技术体系与应用
完成人（完成单位）	1 王威（哈尔滨工业大学） 2 陈停（广东粤海水务股份有限公司） 3 孙志强（哈尔滨工业大学） 4 南军（哈尔滨工业大学） 5 张涛（哈尔滨工业大学） 6 何立敏（日照海川水处理设备有限公司）
学科	环境水利√
提名意见	<p>提名等级：一等</p> <p>该项目面向水体富营养化的罪魁祸首磷酸盐污染，针对传统的化学深度除磷药剂与技术对磷的亲和能力不足，净化效果不理想问题，提出了污水深度脱磷关键新质材料及其韧性低碳技术体系。在关键新质化学捕获磷材料研发方面，提出了稳定化的高分散度 f 轨道型纳米捕磷剂与吸附技术，实现了磷的选择性高容量吸附；进一步结合原子稳定化手段高度分散活性位点，创制了近原子级超高分散度活性位点，捕磷容量或位点利用率相较国外竞品提升 1-2 个数量级。另外，阐明捕磷基元的化学结构效应，并揭示了吸附剂配位不饱和效应及对离子影响，利用对离子结构相似性提高磷吸附自发性、交换配位可逆性和 pH 适用范围，降低磷吸附与脱附的活化能垒。在新技术研发方面，率先提出和阐明了结合态 La、Ce 强化生物除磷的杠杆效应，并构建出同步强化生物/化学除磷的新方法；基于不同浓度下的磷污染结合能力差异，优化生化、物化及深度处理组合方式，形成了生化固磷-预氧化转构-化学除磷-低浓度极限捕磷的梯级处理高效体系，并</p>

	<p>研发出系统化净水装备。</p> <p>项目相关成果授权国家发明专利 13 件，澳大利亚创新专利 2 件，PCT 专利 1 项，授权实用新型专利 10 余项，发表 SCI 论文 50 余篇；相关技术体系在“严”、“寒”、“难”等特征的市政污水、行业污水处理应用中展现稳定低碳节能降耗特点，具有重要的经济价值和环境生态意义；该项目荣获 2023 年度中国发明协会发明创业奖项目奖金奖（全国环保类唯一），项目理论部分曾支撑获得黑龙江省自然科学一等奖、中国复合材料科学技术奖二等奖。</p> <p>本单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，提名该项目中国发明协会发明创业奖创新奖一等奖。</p>
项目简介	<p>该项目面向水体富营养化的罪魁祸首磷酸盐污染，针对传统的化学深度除磷药剂与技术对磷的亲和能力不足，净化效果不理想问题，研发了污水深度脱磷关键新质材料及其韧性低碳技术体系。</p> <p>(1) 率先提出了稳定化的高分散度 f 轨道型纳米磷捕磷剂与吸附技术，耦合配位中心的 f 轨道高缺电子态和稳定的纳米分散性，实现了磷的选择性高容量吸附；进一步用原子稳定化手段高度分散活性位点，创制了近原子级超高分散度活性位点，捕磷容量或位点利用率显著提升 1-2 个数量级，比国外竞品 Phoslock® 锁磷剂除磷能力提高数十倍。</p> <p>(2) 阐明了捕磷基元的化学结构影响，并利用磷的酸、碱位靶向互锁机制，实现功能基元与磷靶点之间的高选择性相互识别；揭示了吸附剂配位不饱和效应及对离子影响，利用对离子结构相似性提高磷吸附自发性、交换配位可逆性和 pH 适用范围，降低磷吸附与脱附的活化能垒。</p> <p>(3) 率先提出和阐明了结合态 La、Ce 强化生物除磷的杠杆效应，并构建出同步强化生物/化学除磷的新材料与新方法；基于不同浓度下的磷污</p>

染结合能力差异，优化生化、物化及深度处理组合方式，形成了生化固磷-预氧化转构-化学除磷-低浓度极限捕磷的梯级处理高效体系，并研发出系统化净水装备。

项目相关成果授权国家发明专利 13 件，澳大利亚创新专利 2 件，PCT 专利 1 项，授权实用新型专利 10 余项，发表 SCI 论文 50 余篇；相关技术体系在“严”、“寒”、“难”等特征的市政污水、行业污水处理应用中效果显著，具有重要的经济价值和环境生态意义；该项目荣获 2023 年度中国发明协会发明创业奖项目奖金奖（全国环保类唯一），项目理论部分曾支撑获得黑龙江省自然科学一等奖、中国复合材料科学技术奖二等奖。

序号	专利名称	专利号/公开号	法律状态
01	一种非晶态高效除磷吸附材料及其制备方法与水处理应用	ZL202011401625.0	授权
02	一种基于粉末状镧基吸附剂同步强化生物化学除磷的A/A/O系统	ZL202010857493.6	授权
03	一种磁性可回收碳酸氧镧除磷吸附剂的制备方法及其应用	ZL201911037664.4	授权
04	一种水体低浓度磷复合吸附剂的制备方法	ZL201510043822.2	授权
05	一种同时强化去除痕量磷和有机物的吸附剂及其制备方法	ZL201610104447.2	授权
06	一种针对水体除磷的海胆状微球碳酸氧镧吸附剂的制备方法	ZL201610322466.2	授权
07	一种水合碳酸铈除磷吸附剂及其制备方法与应用	ZL202011401580.7	授权
08	一种用于室外污水处理的水质净化装置	ZL202022379860.4	授权
09	一种一体化深度水处理装置	CN103964645B	授权
10	A Municipal Wastewater Treatment Process Applicable to Quasi-Class IV Water Standard	AU2021102747(A4)	公开

序号	论文名称	刊名	作者	影响因子
01	Photothermal Janus Anode with Photosynthesis-Shielding Effect for Activating Low-Temperature Biological Wastewater Treatment	Advanced Functional Materials	Jingjing Zhang, Wei Wang*, Shijie You, Dianpeng Qi, Zhiyuan Liu, Dongmei Liu, Ming Ma, Fuyi Cui, Nanqi Ren, Xiaodong Chen	19
02	Microenvironment-Modulating Adsorption Enables Highly Efficient Lithium Extraction under Natural pH Conditions	ACS Nano	Yu Han, Jiayang Ma, Dongqing Liu, Yan Yang, Tao Zhang, Min Wang, Daxin Liang, Liping Wen, Jun Ma, and Wei Wang*	17.1
03	Selective phosphate adsorption using topologically regulated binary-defect metal-organic frameworks: essential role of interfacial electron mobility	Applied Materials & Interfaces	Meng Du, Zhiqiang Sun*, Yanbiao Liu, Aiwen Wang, Yueyan Zhang, Zhiqiang Chen, Wei Wang, Ang Li*, Jun Ma	9.5
04	Ce(III) nanocomposites by partial thermal decomposition of Ce-MOF for effective phosphate adsorption in a wide pH range	Chemical Engineering Journal	Jiaojie He, Yuhong Xu, Wei Wang*, Bo Hu, Zijie Wang, Xin Yang, Yu Wang, Liwei Yang	15.1
05	Modulation of coordinative unsaturation degree and valence state for cerium-based adsorbent to boost phosphate adsorption	Chemical Engineering Journal	Jiaojie He, Yuhong Xu, Penghui Shao, Liwei Yang, Yan Sun, Yue Yang, Fuyi Cui, Wei Wang*	15.1
06	Magnetite/hydrated cerium(III) carbonate for efficient phosphate elimination from aqueous solutions and the mechanistic investigation	Chemical Engineering Journal	Sujie Shan, Tao Zhang, Wei Wang*, Dongmei, Liu, Wenxin Shi, Fuyi Cui	15.1
07	Three-dimensional porous aerogel-bead absorbent with high dispersibility of lanthanum active sites to boost phosphorus scavenging	Chemical Engineering Journal	Bohan Liu, Jun Nan, Ruixue Jiang, Fangmin Wu, Langrun Song, Zhencheng Ge, Xuesong, Ye, Xinhui Zhang, Wei Wang*	15.1
08	Remarkable phosphate removal and recovery from wastewater by magnetically recyclable La ₂ O ₂ CO ₃ /γ-Fe ₂ O ₃ nanocomposites	Journal of Hazardous Materials	Sujie Shan, Wei Wang*, Dongmei Liu, Zhiwei Zhao, Wenxin Shi, Fuyi Cui	13.6
09	Highly efficient and reusable lanthanum-carbon nanotube films for enhanced phosphate removal	Separation and Purification Technology	Bohan Liu, Shiyu Dai, Xintong Zhang, Fuyi Cui, Jun Nan*, Wei Wang*	8.6
10	颗粒状碳酸氧镧去除水体中氟的性能	应用化学	张涛, 李思莹, 李俊乐, 邵思羽, 吴传栋, 凌梅, 吕东伟, 王威*	1.4