



聚吡咯基吸附和电磁复合材料的研究进展

毛文静¹, 邹 赛¹, 唐 滔¹, 韦燕婷¹, 王彦斌^{1*}, 孙万虹^{2*}

(1. 西北民族大学化工学院, 兰州 730030; 2. 西北民族大学实验教学部, 兰州 730030)

摘要:聚吡咯具有低成本、环境稳定、易功能化、具有共轭结构等优点,但聚吡咯的难溶、不熔及难于加工等严重限制了其在工业生产中的开发应用,因此,对聚吡咯的改性研究备受关注。本文概述了聚吡咯基复合材料在吸附和电磁性能方面的应用。聚吡咯基复合材料作为吸附剂主要从其去除污染物类型和可能的吸附机理进行了归纳总结。聚吡咯基复合材料在电磁性能方面的研究主要集中在超级电容器和电磁波吸附材料方面。最后展望了聚吡咯基复合材料在此方面的发展方向。

关键词:聚吡咯; 吸附剂; 电磁性能; 复合材料

导电高分子基复合材料因其广泛的用途而备受关注,聚吡咯(PPy)是其中研究最突出的导电高分子^[1,2]。PPy 因具有低成本、易聚合、高的电荷储存容量、环境稳定、易于功能化等优点而被广泛应用研究^[3,4]。PPy 是由碳碳单键和碳碳双键交替排列成的共轭结构,分子中存在 σ 电子和 π 电子,在碳原子间形成共价键。共轭双键中的2个 π 电子并没有固定在某个碳原子上, π 电子类似于金属导体中的自由电子^[5~7]。PPy 这种独特的结构使其在吸附、导电、电磁性能方面得到广泛应用。但为了进一步提高 PPy 吸附性能、导电性、稳定性、电磁性能,将聚吡咯与不同材料进行复合得到性能优异的复合材料成为目前研究的热点^[8~10,19~22]。

1 复合吸附材料

有毒重金属离子、有机染料、有机物、贵金属离子等的水污染问题一直备受关注。通过对聚吡咯的功能化,制备了具有可高灵敏检测或高效吸附重金属离子的多种纳米复合材料,经对比分析不同复合材料的结构、吸附特点和效果,了解该类材料在检测和吸附性能方面的应用潜力。

1.1 金属离子的检测与吸附

近年来随着对生态环境保护的日益重视,重金属离子对水体的污染已经引起国内外的广泛关注^[6],而污染水体中的重金属离子可通过食物链被人体所吸收,破坏人体的新陈代谢活动,产生致癌、致畸、致突变作用,从而对人类健康带来极大威胁^[8]。因此,从废水中快速检测和去除有毒重金属离子是今后的研究热点。

1.1.1 通过离子键和配位作用去除重金属离子 Das 等^[1]报道了巯基乙酸功能化导电聚吡咯(PPy/MAA)复合材料用于水溶液中有害污染物 Hg(II)的吸附。该复合材料对 Hg(II)具有较高的吸附能力,最大吸附容量达 1736.8 mg/g。优异的吸附能力主要源于聚吡咯巯基乙酸功能化,巯基对 Hg(II)有较强的结合亲和力,软酸汞与软碱硫醇不仅可以通过离子键结合,同时—SH 和—COOH 基团中富含电子

10.14028/j.cnki.1003-3726.2019.08.001

收稿:2019-01-15;修回:2019-05-17;

基金项目:甘肃省高等学校科研项目(2017B-82),西北民族大学中央高校科研项目(31920190049);

作者简介:毛文静(1995-),女(汉族),陕西西安,西北民族大学本科生,化工学院化学工程与工艺专业。E-mail:493660511@qq.com;

* 通讯联系人:孙万虹,E-mail:sunwh2004@126.com.

的硫和氧原子与 Hg(II) 形成相容的金属配位络合物。而且从废液中提取的汞吸附材料(PPy-MAA/ Hg(II))可直接应用于苯乙烯催化反应,生成苯乙酮。

1.1.2 通过氧化还原反应去除重金属离子 铅被广泛认为是剧毒和不可生物降解的重金属,属于严重的神经毒素和致癌物质,进入人体后会导致肺部疾病、中风、高血压等。常用的铅和铅离子(Pb^{2+})检测方法有:火焰原子吸收光谱分析、电感耦合等离子体-原子发射光谱法、电感耦合等离子体-质谱法、电化学阳极溶出伏安法。其中,电化学方法因其灵敏度高、简单、可靠、成本低等优点而倍受欢迎。Seenivasan 等^[2]先以半胱氨酸功能化氧化石墨烯(sGO),再通过可控的一步电化学沉积 sGO/PPy 纳米薄膜复合材料于工作电极(SPE)表面。沉积 sGO/PPy 纳米复合材料的 SPE 可检测水中铅离子,传感器的检测限为 0.07ppb,低于世界卫生组织设定的饮用水检测极限 10PPb 的 2 个数量级。沉积在电极上的 Pb^{2+} 平均去除效率为 99.2%。由此可见,sGO/PPy 纳米复合材料对 Pb^{2+} 具有较好的亲和力,可有效吸附和去除水样中的 Pb^{2+} ,因此,sGO/PPy 纳米复合材料可应用于重金属离子和水处理的高灵敏度现场实时监测。

Chen 等^[3]在凹凸棒石(ATP)表面通过化学方法合成了具有核壳结构的 PPy/ATP 纳米复合材料,并对该材料作为吸附剂从水溶液中去除了 Cr(VI) 进行了研究,考察了接触时间、吸附剂用量、吸附剂初始浓度、pH 等外界因素对吸附效果的影响。实验数据与朗缪尔等温线模型吻合较好。动力学数据表明,吸附过程遵循伪二阶方程,说明吸附过程主要受化学过程控制,吸附机理可能是在纳米复合材料表面发生的离子交换和氧化还原过程。Xu 等^[4]先采用熔融共混挤压法制备了平均直径为 260nm 的聚乙烯醇纳米纤维,通过层沉积技术得到膜,将此膜在盐酸溶液中经吡咯原位氧化聚合,得到聚吡咯功能化膜。将聚吡咯功能化膜用于从水中吸附 Cr(VI) 离子研究,考察溶液 pH、吸附剂用量、水温、吸附接触时间、 Cr(VI) 初始浓度对膜吸附效果的影响,确定 Cr(VI) 的吸附机理。吸附平衡时间小于 100min,最大值吸附容量为 90.74mg/g。研究表明,吸附过程具有吸热性、自发性和高 pH 依赖性,动力学数据与拟二阶模型吻合较好。Chen 等^[5]通过原位化学氧化聚合法制备了 PPy-海泡石纳米纤维。研究表明,该复合材料对 Cr(VI) 的吸附具有很强的 pH 依赖性,吸附动力学遵循伪二阶模型。热力学研究表明,吸附过程是自发的、吸热的。Sun 等^[6]通过超声氧化聚合合成了 PPy/ NiFe_2O_4 复合纳米材料,该材料对 Cr(VI) 的吸附研究也表现出相似的性能。以上研究可能基于吸附剂中掺杂的 Cl 与水溶液中 Cr(VI) 离子之间发生阴离子交换,且在较低的 pH 下,PPy 将 Cr(VI) 还原为 Cr(III) ,PPy 对 Cr(VI) 具有较强的还原能力。因此,复合材料中掺杂的 Cl^- 离子交换和在较低 pH 条件下还原 Cr(VI) 是吸附过程的可能机理。Lei 等^[7]报道了导电聚吡咯/纤维素纤维复合材料用于 Cr(VI) 污水处理。在优化的条件下,该复合物对 Cr(VI) 解毒效果良好。解吸结果和 XPS 分析表明,高毒性的 Cr(VI) 被还原为毒性较低的 Cr(III) ,并吸附在复合材料上。被吸附到复合材料上的 Cr 至少有 3/4 为 Cr(III) 。ATR-FTIR 光谱和 SEM 图像也证实了水处理过程中发生了氧化还原反应。Xing 等^[8]提出了一种新型的高容量吸附电化学再生 Cr(VI) 吸附方法。研究表明,多壁碳纳米管(MWCNT)改性炭布(CC)可作为电沉积聚吡咯(PPy)膜的优良载体,以此载体所制备的纳米复合材料 CC-MWCNT-PPy 可作为 Cr(VI) 吸附剂,该复合材料具有较高的吸附能力和稳定性。此外,还可以对 CC-MWCNT-PPy 施加还原电位进行再生,从而大大提高 Cr(VI) 的解吸能力,而且 CC-MWCNT-PPy 对 Cr(VI) 去除效率在经过至少 7 个循环利用后基本保持不变。

Zhang 等^[9]研究了如何有效去除稀水溶液中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ,制备了一种铁-铁氰化物(FeHCF)-PPy/PSS 复合材料电化学开关离子选择性(ESIP)膜,基于 ESIP 膜的原位电位增强离子输运系统,通过控制 ESIP 膜的氧化还原状态,可实现对目标离子的吸收/释放。通过巧妙的在膜上施加一个脉冲电压,再结合外电场,使目标离子持续选择性透过 ESIP 膜,实现金属离子分离。研究表明,脉冲电位比恒定电位更有利于提高膜的去除效率。通过施加一个 $\pm 2.0\text{V}$ 脉冲电压和 5.0V 电池电压,当 Ca^{2+} 初始浓度 1000ppm(碳酸钙),处理过的水的硬度降低到 50ppm(碳酸钙)。

1.1.3 通过离子交换和静电作用去除重金属离子 Olatunji 等^[10]研究了聚吡咯/木屑复合材料对水溶液中镉(Cd-109)去除率的影响。研究发现,吸附效率对 pH 依赖性较高,室温下吸附效果最佳,3h 达到吸

附平衡。 Na^+ 和 K^+ 的存在可抑制¹⁰⁹Cd 的去除。¹⁰⁹Cd 吸附实验数据与朗缪尔等温线和拟一阶动力学模型吻合较好。Srivastava 等^[11]报道了 PPy@NiO 复合材料对水溶液中 Sr^{2+} 离子的吸附研究。采用响应面法的中心复合设计,对影响 Sr^{2+} 吸附效果的吸附剂用量、pH 和初始浓度等条件进行了优化。动力学研究表明,PPy@NiO 复合材料对 Sr^{2+} 离子的吸附速度较快,且吸附过程遵循伪二阶模型。最大吸附量达到 258mg/g。热力学参数研究表明,复合材料对 Sr^{2+} 吸附是自发的、吸热的过程。

1.1.4 通过离子印迹去除重金属离子 镍是一种典型的有毒重金属,吸入镍及其化合物会导致严重的鼻咽癌、皮肤病和恶性肿瘤等。Du 等^[12]采用单极性脉冲电聚合技术,制备了由氰化铁改性导电聚吡咯(FCN/PPy)组成的离子印迹复合膜,用于废水中重金属离子 Ni^{2+} 的选择性电化学去除。由于 FCN 与印迹离子的配位不稳定,只要巧妙地施加势振荡,就可使印迹重金属离子很容易地从生长膜上去除。 Ni^{2+} 离子印迹 FCN/PPy 复合膜对水溶液中 Ni^{2+} 离子具有快速的吸附/解吸作用,吸附平衡时间小于 50s。离子交换容量达到 $1.298\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$,吸附/解吸 1000 个循环之后仍能达到初始值的 93.5%。优异去除效果来自于离子印迹复合膜对 Ni^{2+} 具有较高的识别能力以及氧化还原过程中 PPy 和 FCN 产生的双重驱动力。本方法也可用于制备其它离子印迹复合膜,用于其它重金属离子的分离和回收。

1.2 药物吸附材料

使用处方或非处方药物,均可导致药物及其代谢产物排入废水。地下水中最常见的消炎药和镇痛药有布洛芬、双氯芬酸和扑热息痛,因为它们在日常生活中消耗量大,因此,需要对废水中抗炎药物进行监测和量化。Pires 等^[13]报道了纤维素及聚吡咯包覆纤维素复合材料(PPy/CF)对双氯芬酸钾(PD)的吸附性能研究。通过对溶液 pH 值、吸附接触时间和平衡 PD 浓度进行分析,发现 CF 和 PPy/CF 复合材料吸附最佳 pH 值分别为 2.0 和 6.0,达到吸附平衡时间分别为 30min(CF)和 15min(PPy/CF),最大吸附容量分别为 $50.33\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (CF)和 $210.07\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (PPy/CF)。动力学和等温线的研究表明该种材料在这方面有很大的潜力。

四环素因其良好的治疗价值,被广泛应用于人类治疗和畜牧业中。作为生长促进剂和兽药,是世界上生产和使用排名第二的抗生素药物之一,但研究发现,在施用的四环素剂量中,约有 70%~90%是通过尿液和粪便排出的,从而导致四环素存在于地表水和地下水中。由于其生物活性这些抗生素被认为是潜在的微污染物。Anirudhan 等^[14]以聚(IA)-(Fe-TiO₂-PPy)光催化复合材料研究了水溶液中盐酸四环素(TCH)的去除。研究发现,该材料的最大吸附容量为 149.25mg/g,pH 值为 6.5 时具有最大光降解率(96.1%)。光催化剂对 TCH 的光降解动力学遵循一级动力学机理。通过吸附剂 4 个周期的再生实验和重复使用,结果表明,制备的聚(IA)-(Fe-TiO₂-PPy)可以作为高效吸附光催化剂,可在日光下降解 TCH 型水溶液。

近年来,各种载体材料如介孔二氧化硅、碳纳米管、磁性纳米颗粒等被引入化学疗法的细胞内给药载体。其中,Fe₃O₄ 磁性纳米颗粒以其较大的磁力矩、优异的超顺磁性和生物降解性而备受关注。更重要的是,该类磁性有可能在生理条件下,利用外磁场作为靶向肿瘤部位的药物载体。Hong 等^[15]报道了 Fe₃O₄@PPy-HA-β-CD 纳米复合材料作为新颖的纳米药物载体,用于盐酸阿霉素(DOX)的运送。该复合材料载药量高达 447mg/g,在弱酸性条件和近红外诱导下,观察到 DOX 可有效释放,利用 Retiger-Pepper 动力学模型较好地描述了体外释放数据。研究表明,该药物载体材料无相关细胞毒性,易于进入细胞,在细胞核中观察到 DOX 的释放和积累。由此可见,Fe₃O₄@PPy-HA-β-CD 药物载体具有良好的控释和靶向给药潜力。因此,该载药载体能有效杀伤肿瘤细胞,使靶效应产生的不良副作用降到最低。

1.3 其它吸附材料

Feng 等^[16]研究了 Fe₃O₄/TiO₂/PPy 三元复合材料对酸性红 G 水溶液的吸附性能。研究发现,该复合材料对水溶液中的酸性红 G 吸附容量达到 161.8mg/g,并可在 20min 内达到吸附平衡。吸附后复合材料很容易通过外加磁场从溶液中分离回收,并通过碱性/酸性溶液交替过程再生。经过六次吸附/脱附循环后,复合材料的吸附效率仍保持在 86%左右。利用朗缪尔模型和伪二阶模型可以较好地描述复合

材料的吸附等温线和吸附动力学。吸附机理以静电和氢键相互作用为主,说明 Fe_3O_4 的引入不仅保持 TiO_2/PPy 的吸附性能,而且方便分离回收。

Hu 等^[17]采用简单易行的一锅氧化聚合法制备了聚吡咯/血红素(PPy/hemin)纳米复合材料,作为掺杂剂的血红素分子被包裹在 PPy 之中。所制备的纳米复合材料具有过氧化物酶催化活性、较强的吸附性能和优良的近红外光致热效应。其中,较强的吸附性能表现在对甲基橙和罗丹明 B 的去除效果。

目前仍有 20 多个国家存在氟超标问题,中国部分村庄地下水氟含量超过 8mg/L 。Chen 等^[18]采用原位化学氧化聚合法制备了 PPy/TiO_2 复合材料。研究表明,该复合材料具有较大的比表面积和丰富的带正电的氮原子(N^+),是一种优良的氟吸附材料。吸附等温线和吸附动力学分别与 Langmuir 和伪二阶模型吻合较好。最大吸附容量达到 33.178mg/g 。

2 聚吡咯基电磁性能

在过去的几年中,随着全球能源使用量的不断增加及石化燃料供应的减少和日益严重的环保问题,可持续和可再生能源装置的发展成为亟待解决的问题。其中超级电容器作为储能装置,其功率密度高、性价比高、循环寿命长、运行安全,与传统电池相比具有良好的生态友好性,近年来引起了人们极大的科学兴趣^[19~23]。为了克服传统储能装置的缺点,目前研究人员致力于开发固态、轻、柔超级电容器,以满足未来日益增加的储能需求。根据储能性能,超级电容器分为两大类:基于多孔碳材料的双层电容器和基于导电聚合物和金属氧化物的超级电容器。

导电聚合物超级电容器材料的电荷存储能力虽高于碳材料,但在充电-放电过程中循环寿命、稳定性都比碳基材料低,且电阻又高,所以导电聚合物在超级电容器的直接应用非常有限^[24,25]。因此,将导电聚合物进行有效的功能化,使各材料间发生协同效应,既具有各材料的优点,又能有效提高超级电容器的电化学性能。

Bora 等^[22]以磺化石墨烯和聚吡咯通过表面聚合法制备了一种新型的电极材料。复合材料的导电性和电化学可逆性均有显著提高。当电流密度为 $1\text{A} \cdot \text{g}^{-1}$ 时,该复合材料的最大电容为 $360\text{F} \cdot \text{g}^{-1}$ 。Feng^[23]采用二次掺杂的方法制备了聚吡咯/改性凹凸棒导电复合材料。经优化反应条件使其导电性可达 $87.59\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,热降解温度高达 249.29°C 。通过形貌研究分析,聚吡咯与凹凸棒通过 p-p 叠加相互作用形成核-壳结构的复合材料。Yao 等^[24]研究发现凹凸棒(ATP)的表面特性对 ATP/PPys 的形貌有重要影响,阐述了形貌与电性能的关系。Yin 等^[25]通过控制聚吡咯的聚合时间,以叶状 CuO 带为模板,合成了具有不同结构的聚吡咯改性 CuO 纳米复合材料。研究发现,吡咯的聚合时间对 CuO/PPy 复合材料的结构及后续储锂性能有重要影响。随着聚合时间的延长, CuO/PPy 复合材料的充放电能力和循环寿命都显著提高,使初始容量和可逆容量分别提高到 $1114\text{mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $760\text{mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

电磁波吸附材料因其在解决电磁污染和发展隐身技术方面的重要贡献而受到人们的广泛关注。然而,单组分电磁波吸附剂很难达到实际应用的要求。根据经典电磁理论,电磁波的吸收特性强烈依赖于介电损耗、磁损耗,以及阻抗特性。为了进一步提高电磁材料的性能,通过多种衰减方式和满意的阻抗匹配,精心设计多组分电磁波吸附材料,主要有芯壳复合材料和芯芯壳复合材料,尤其是核-壳结构表现出明显的优势。Wu 等^[26]以预制备的 Fe_3O_4 微球为模板,通过酸蚀刻法从微球的表皮层释放铁离子作为吡咯原位氧化聚合的氧化剂,制备了核-壳结构的 $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{PPy}$ 复合材料。研究发现,当蚀刻时间为 5min ,在 13.3GHz 2.0mm 的匹配层厚度下,获得最大反射损失为 -41.9dB ($>99.99\%$ 的吸收值),与之前报道其它导电聚合物相比,核-壳 $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ \text{PPy}$ 复合材料不仅具有更好的反射损失性能,也具有一个更宽的有效吸收带宽($12.0 \sim 18.0\text{GHz}$)。Guo 等^[27]也报道了 $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PPy}$ 高分子聚合物复合材料的磁性能。研究表明,纯 PPy 的 MR 在 $0 \sim 9\text{T}$ 的测量磁场范围内为正值,且具有磁场依赖性。纯 PPy 的正磁阻值非常低,最高磁阻值仅为 0.38% 左右。而负载 $60\%(\text{wt})\text{Fe}_3\text{O}_4$ 纳米颗粒的 $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PPy}$ 高分子聚合物

复合材料的磁阻在实测磁场范围内为负值,且随磁场的增大而减小。在 Fe_3O_4 纳米颗粒负载率分别为 10%、20%和 40%的 $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PPy}$ 高分子聚合物复合材料中也观察到负的磁阻。

3 展望

从已有的研究报道可以看出,在众多的吸附、电磁材料中,高分子聚吡咯基复合材料以其特有的环境友好、易修饰、导电性和吸附效率高等优点而日益受到关注。今后的研究可能主要集中在:(1)开发新型多功能可多次重复利用的聚吡咯基吸附材料;(2)开发易于加工且高效的电容、电磁材料;(3)深入研究聚吡咯基复合材料吸附、电磁屏蔽机理,加快开发新型应用材料研究。

参考文献:

- [1] Das R, Giri S, Muliwa A M, Maity A. ACS Sustain Chem Eng, 2017, 5:7524~7536.
- [2] Seenivasan R, Chang W J, Gunasekaran S. ACS Appl Mater Interfaces, 2015, 7:15935~15943.
- [3] Chen Y, Xu H, Wang S, Kang L. RSC Adv, 2014, 4:17805~17811.
- [4] Xu D, Zhu K, Zheng X, Xiao R. Ind Eng Chem Res, 2015, 54:6836~6844.
- [5] Chen J, Hong X, Xie Q, Li D, Zhang Q. J Chem Eng Data, 2014, 59:2275~2282.
- [6] Sun W, Zhou Y, Liu J, Wang Y, Chen L, Tian Z. Polym Compos, 2017, 38:2779~2787.
- [7] Lei Y, Qian X, Shen J, An X. Ind Eng Chem Res, 2012, 51:10408~10415.
- [8] Xing J, Zhu C, Chowdhury I, Tian Y, Du D, Lin Y. Ind Eng Chem Res, 2018, 57:768~774.
- [9] Zhang P, Zheng J, Wang Z, Du X, Gao F, Hao X, Guan G, Li C, Liu S. Ind Eng Chem Res, 2016, 55:6194~6203.
- [10] Olatunji1 M A, Khandaker1 M U, Amin1 Y M, Mahmud H N M E. Plos One, 2016, 11(10):1~14.
- [11] Srivastava V, Maydannik P, Sillanpää M. J Molecular Liquids, 2016, 223:395~406.
- [12] Du X, Zhang H, Hao X, Guan G, Abudula A. ACS Appl Mater Interfaces, 2014, 6:9543~9549.
- [13] Pires B C, Dutra F V A, Nascimento T A, Borges K B. React Funct Polym, 2017, 113:40~49.
- [14] Anirudhan T S, Divya P L, Nima J. Environ Nanotechnol, Monit Manage, 2015,4:106~117.
- [15] Hong S, Li Z, Li C, Dong C, Shuang S. Appl Surface Sci, 2018, 427:1189~1198.
- [16] Feng J, Sun N, Wu D, Yang H, Xu H. J Polym Environ, 2017, 25:781~791.
- [17] Hu P, Han L, Dong S. ACS Appl Mater Interfaces, 2014, 6:500~506.
- [18] Chen J, Shu C, Wang N, Feng J, Ma H, Yan W. J Colloid Interface Sci, 2017, 495:44~52.
- [19] Li J, Cui L, Zhang X. Appl Surface Sci, 2010, 256:4339~4343.
- [20] Zhang J, Kong L-B, Cai J-J, Luo Y-C, Kang L. Electrochim Acta, 2010, 55:8067~8073.
- [21] Malloukia M, Tran-Van F, Sarrazin C, Chevrot C, Fauvarque J F, Electrochim Acta, 2009, 54:2992~2997.
- [22] Bora C, Sharma J, Dolui S. J Phys Chem C, 2014, 118:29688~29694.
- [23] Feng H, Wang B, Wang N, Qiu J, Tan L, Chen N. J Appl Polym Sci, 2015, 131:1~8.
- [24] Yao C, Zhang S, Zuo S, Liu W, Kong Y, Liu X, Wang X, Ni C. Mater Lett, 2014, 126:135~138.
- [25] Yin Z, Fan W, Ding Y, Li J, Guan L, Zheng Q. ACS Sustain Chem Eng, 2015, 3:507~517.
- [26] Wu Z, Tan D, Tian K, Hu W, Wang J, Su M. J Phys Chem, 2017, 121:15784~15792.
- [27] Guo J, Gu H, Wei H, Zhang Q, Haldolaarachchige N, Li Y, Young D P, Wei S, Guo Z. J Phys Chem C, 2013, 117:10191~10202.

Progress of Polypyrrole-Based Adsorption and Electromagnetic Composites

MAO Wen-jing¹, ZOU Sai¹, TANG Tao¹, WEI Yan-ting¹, WANG Yan-bin^{1*}, SUN Wan-hong^{2*}

(1. *Chemical Engineering Institute, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China*;

2. *Department of Experimental Teaching, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China*)

Abstract: Polypyrrole has the advantages of low cost, good environmental stability, easy functionalization, conjugate structure, etc. But the insoluble, infusible and difficult to process of polypyrrole seriously limited its development and application in industrial production. Therefore, the modification of polypyrrole has attracted much attention. The applications of polypyrrole-based composites in adsorption and electromagnetic properties are reviewed. polypyrrole-based composites as adsorbents were mainly summarized from the types of pollutant removal and possible adsorption mechanism. The research on the electromagnetic properties of polypyrrole-based composites mainly focuses on supercapacitors and electromagnetic adsorption materials. Finally, the development trend of polypyrrole-based composites in this field is prospected.

Key words: Polypyrrole; Adsorbent; Electromagnetic performance; Composite