# 石墨烯在吸附中的应用及发展

来源：网络 作者：梦里花落 更新时间：2024-01-02

*纳米级的碳材料本身就可以担当一种有效的催化剂，在吸附方面有很好的应用潜力，下面是小编搜集整理的一篇探究石墨烯在吸附中的应用发展的论文范文，供大家阅读查看。 1、引言 随着世界人口的快速增长和工业化的迅猛发展，环境污染问题引起了人们的广...*

纳米级的碳材料本身就可以担当一种有效的催化剂，在吸附方面有很好的应用潜力，下面是小编搜集整理的一篇探究石墨烯在吸附中的应用发展的论文范文，供大家阅读查看。

1、引言

随着世界人口的快速增长和工业化的迅猛发展，环境污染问题引起了人们的广泛关注，特别是水体中有害物质的去除问题至关重要。目前，国际上常用的污水处理方法有膜分离法[1]、微生物处理法[2]、光催化降解法[3]、吸附法[4]及其它方法。这些方法在治理和保护水体环境中起到了重要的作用。其中，吸附法和光催化降解法，由于本身具有低能耗、高效率、方便大规模应用和应用对象广泛等特点[5-6],得到了科学界的广泛关注和研究。吸附法在污水治理方面具有设备简单、效果显着、不易产生二次污染等优点，经吸附法处理后，水体普遍好转且比较稳定[7].

目前，在工业上最常用的活性炭吸附剂,具有非极性表面，为疏水和亲有机物的吸附剂，性能稳定、吸附容量大、解吸容易、抗腐蚀，经过多次循环使用仍可保持原有吸附性能，在污水处理方面有很好的效果，但其成本较高、再生效率低，使该方法的广泛应用受到了限制;活性氧化铝[9],无定形的多孔结构物质，极性强，对水又很高的亲和作用，对含氟废气有很好的净化作用;沸石分子筛[10]

一种离子型吸附剂，孔径整齐均一，对不饱和有机物、极性分子有选择吸附能力，但都存在各自的缺点，制约了其在现实生活生产中的应用。纳米级的碳材料本身就可以担当一种有效的催化剂，在吸附方面有很好的应用潜力[11].自202\_年Manches-ter大学的Geim小组[12]首次采用机械剥离法获得单层或薄层的新型二维原子晶体-石墨烯以来，科学界便对石墨烯材料进行了广泛的研究与讨论。石墨烯具有理想的平面二维结构、良好的电子性质、热学性质、光学性质、机械性质等，使其在纳米电子器件、催化剂、电池、电容器、光电子器件、新型复合材料以及传感材料等方面有着广泛的应用前景[13].石墨烯由碳原子以sp2杂化结构连成的单原子层结构，其理论厚度仅为0.35nm[14],石墨烯的单原子厚度和二维的平面结构赋予了它独特的性能，如巨大的理论比表面积(2630m2/g),使其可用来负载大量的各种分子，具有非常高的吸附容量，这使石墨烯在催化剂的负载方面及污水吸附净化处理方面具有很大的应用潜力;石墨烯具有独特的面吸附特性及吸附特性，对含有芳香苯环的有机污染物具有很高的吸附速度和容量;石墨烯中各碳原子之间的连接非常柔韧，当施加外部机械力时，碳原子面出现弯曲变形，避免了碳原子的重新排列来适应外力，展现出优良的稳定性[15];这种稳定的晶格结构使其具有优异的导电性，石墨烯的高电子迁移率[16](104S/cm)与导热性[17](5000W/(mK))使其在电化学催化剂与光催化剂方面有重要应用及优越的机械性能、制备过程简单，价格便宜等特点，有助于在实际生活生产中推广及应用[18].基于石墨烯优异的特性，发展石墨烯复合物等衍生物，对污染物具有很好的吸附富集能力，在吸附净化上具有很好的应用前景[19].

2、石墨烯在吸附中的应用及发展

水污染是目前环境污染的一个重要方面，其污染物种类比较多(如有毒有害难降解的有机物、重金属离子等)严重威胁着生态安全[20].寻找新型绿色环保材料治理水体的问题，以实现水体的净化刻不容缓。新型石墨烯吸附剂的优势在于拥较大的石墨层平面对含有苯环的芳香族化合物可以通过作用进行高效的吸附，同时具有独特的二维结构和孔径分布等特点在处理水中重金属离子的问题上，有很大的潜力，在处理水污染方面石墨烯应该会表现出优异的吸附性能，达到水体净化的效果。

2.1石墨烯吸附剂

2.1.1吸附重金属离子

近年来，重金属对水体的污染比较严重，重金属化学性质稳定，不易被微生物降解，能通过生物链富集等特点，无法在自然界通过微生物的方式自然降解[21].石墨烯拥有独特的二维结构和孔径分布，相当大的比表面积，表面的性质还可以通过修饰来进行调整，在吸附方面具有简单易行、效率高、成本低廉等优点，因此在重金属离子的吸附方面具有重要的研究价值和应用前景。

Huang等[22]研究了利用低温真空热处理法制备的石墨烯纳米片对于水溶液中Pb2+的吸附能力好于普通方法制备的石墨烯，主要是由于该方法合成的石墨烯的Lewis碱性得到明显改善，加强了静电吸引作用，促使Pb2+自动吸附到其表面上。实验结果表明，吸附等温线数据符合Langmuir模型，石墨烯对Pb2+的最大吸附量为35.46mg/g(最佳的实验条件下，经700℃热处理后的石墨烯).Leng等[23]考察了改良的Hummers的方法制备的石墨烯对锑有毒金属离子的吸附性能，其最高吸附率达到99.5%,展现出良好的吸附性能。

Li等[24]通过电解四氟硼酸钠水溶液的方法从石墨棒上剥落出大量的石墨烯，在水中及很多有机溶剂中有很好的分散性。制备的石墨烯对水污染物中的Pb2+和Cd2+有很好的吸附效果。实验结果表明，在起始阶段，吸附剂对重金属离子Pb2+和Cd2+的吸附速度很快，快速的物理吸附后，吸附逐渐缓慢，40min基本达到吸附平衡，石墨烯对Pb2+的最大吸附量可达到621mg/g(pH值=5.5)对Cd2+的最大吸附量可达到134.4mg/g(pH值=6.2),产生此现象的原因可能是在吸附的初期，石墨烯吸附剂表面存在大量空的活性位点，促进对重金属离子的吸附，随着吸附实验的进行，所吸附的金属离子产生的排斥力和空间位阻，剩余的空活性位点已接近饱和状态，在吸附的后期，吸附速率逐渐减慢。研究发现，利用超声方法能有效的增大石墨烯的分散性，促进了石墨烯对重金属离子的吸附反应的进行。

2.1.2吸附有机污染物

大分子的有机污染物易与石墨烯表面的基团发生相互作用，形成稳定的复合物，从而达到去除有机污染物的效果，因而许多科学家基于石墨烯对有机污染物的高效吸附去除作用，进行了研究。

Liu等[25]用改良的Hummers方法制备了石墨烯，并考察了石墨烯对有机染料亚甲基蓝(MB)的吸附性能。亚甲基蓝是染料的典型代表，整个分子对称分布，中部分为两个苯环与一个N,S杂环共轭的大体系，两边的苯环各接一个二甲胺基，正电荷平均分布于整个共轭体系中，性质稳定。石墨烯拥有很大且平滑的石墨层平面产生作用，很容易吸附含有电子的有机污染物，通过作用和氢键作用等对亚甲基蓝有很好的吸附效果。实验数据表明，石墨烯吸附MB的过程符合准二级动力学模型、Langmuir等温线模型，最大吸附量为153.85mg/g,热力学参数表明吸附为自发、吸热过程。Ramesha等[26]对比了石墨烯和氧化石墨烯对阳离子染料MB、MV及罗丹明B(RhB)和阴离子染料栀子黄色素从污水中去除的效果。研究发现由于氧化石墨烯表面有大量负电荷，对阳离子染料有很好的吸附作用，而石墨烯对阴离子染料表现出良好的吸附性能。

Xu等[27]研究了酚类化合物(双酚A),通过氧化还原石墨的方法制备的石墨烯对BPA表现出了优异的吸附性能，其最大吸附量约为181.8mg/g(29℃，pH值=6.0).【1】

图1为石墨烯与BPA间作用和氢键作用的示意图。石墨烯对BPA表现出如此优异的吸附性能主要是由于石墨烯的石墨平面中的苯环和表面残留的含氧基团，会与BPA分子结构中的两个苯环以及两个羟基基团之间产生作用和表面活性氧基团进行作用。

石墨烯拥有比较特殊的石墨层平面可以产生更强的作用，对含有电子的有机污染物会表现出更优异的吸附能力。吸附作用不仅可以降低水的竞争吸附，提高吸附容量，还可以增强对污染物的吸附力。因此在水处理领域，石墨烯必将成为新型高效的吸附剂，对其它的芳香族污染物产生同样优异的吸附性能。

2.2石墨烯复合物吸附剂

随着石墨烯的研究与发展，以sp2杂化的C原子形成的单原子层的石墨烯表现出明显的憎水性，同时，由于范德华力的作用，石墨烯片层容易出现重新堆积形成石墨的现象，在一定程度上限制了其应用。科学界已经从单一的材料发展到复合材料的研究，新型的石墨烯复合材料主要是依据材料本身去除污染物的特性，通过与石墨烯类碳材料复合，来增强材料在吸附、还原及电子传递等方面的能力，石墨烯复合物通过协同作用，更加全面的解决污水中的重金属离子及有机污染物等问题，以实现对水资源的高效处理，达到净化目的[28].

2.2.1吸附重金属离子

石墨烯复合材料吸附重金属离子在相对低的pH值时主要靠离子交换，在相对高的pH值时可以是静电作用也可以是络合作用或两者兼而有之;吸附过程一般均可用准二级动力学来描述;吸附等温线符合Langmuir模式;吸附热力学为自发、吸热的过程。Hao等[29]制备了二氧化硅/石墨烯复合材料并进一步考察了不同条件下，吸附剂对Pb2+离子在水体中吸附性能。研究表明，二氧化硅/石墨烯复合材料对Pb2+离子有很强的吸附效果，最大吸附量达到113.6mg/g,吸附能力远高于单独的石墨烯和纯二氧化硅对Pb2+离子的吸附，主要归功于，在高pH值环境下，复合物表面带负电荷与带正电荷的Pb2+离子产生静电作用，同时复合物拥有特殊的比表面积(252.5m2/g)提供更多的活性位点，促进吸附的进行。

铁和氧化铁纳米结构能高效地吸附重金属离子，但其容易被氧化，循环使用比较差，GaneshGollavelli等[30],在微波辐照下氧化石墨烯和茂铁前体快速反应生成磁性石墨烯复合物(SMG).SMG拥有超磁性的性质有助于增加吸附位点，对水中的Cr4+、As5+和Pb2+重金属离子的吸附率达到99%,同时利用SMG自身的磁性可以从水体中高效的分离。SMG还具有消毒杀菌的作用，对大肠杆菌消除的效率达到100%,有效地对自来水进行净化。SMG复合物的合成原理及应用如图2所示。【2】

锰氧化物及其复合材料具有选择性吸附性质，曾得到广泛的应用。如-MnO2[31]、-MnO2[32]和MnO2[33]是众所周知的在水中高效去除Cu2+或Pb的方法。而将锰氧化物与比表面积大的石墨烯复合在一起，在水体重金属离子的去除上，将表现出优良的吸附潜力。Ren等[34]考察了合成的石墨烯复合物GNS/MnO2对水中的Cu2+和Pb2+的去除效果。吸附动力学研究表明，反应进行120min时达到平衡对Cu2+和Pb2+的最大吸附量分别为1620和781mmol/g,在4次循环实验中，复合物GNS/MnO2吸附能力没有改变。

发展具有良好的稳定性、超顺磁性、分散性、亲水性的磁性碳基纳米材料，能有效地去除重金属离子，利用磁性方便吸附剂的分离处理，避免了吸附剂对水体的二次污染。引入吸附性能良好的材料与石墨烯进行复合，将大大增加吸附位点，对重金属离子的饱和吸附量高、吸附速率快，基于上述优良的方法，石墨烯纳米复合材料对废水中重金属的吸附有很大的潜力。

2.2.2吸附有机污染物

Li等[35]利用化学沉淀法制备Mg(OH)2-rGO复合物(MGC),Mg(OH)2的存在将有效地抑制石墨烯片层的聚集，有助于石墨烯保持多孔的结构和高比表面积，通过静电相互作用，对水体中MB分子进行高效快速地吸附。同时复合物MGC很容易从水体中分离及利用乙醇使MGC脱附，从而达到重复使用的目的。复合物MGC的合成线路如图3所示。【3】

Li等[36]利用水合肼还原氧化石墨烯和NiCl2制备磁性Ni-rGO纳米复合材料，此复合物在4h内对污染物中的有机染料MB和RhB进行完全吸附，展现了很好的吸附潜力。也有学者开始研究更加绿色环保的合成方法，Wang等[37]利用生物相容性好的多聚糖琼脂(AG),作为稳定剂和物理交联剂进行还原氧化石墨烯，在95℃水浴锅中合成石墨烯-琼脂复合物(RGO-AG),不仅使吸附剂具有很好的生物相容性，而且在强酸、强碱、磷酸盐缓冲剂溶液、有机溶剂中浸泡1周，其完整性很好，保持稳定状态。RGO-AG对有机染料有很好的吸附作用和抗菌性，在吸附孔雀绿有机染料(MG)的实验中吸附12h后，吸附率达到100%,最大吸附量达到242mg/g.

其反应的机理为三苯代甲烷构成了MG分子的支柱，其中3个苯基中心的碳碳键可以自由地在溶液中旋转，当MG分子接触到RGO-AG吸附剂时，石墨烯较大的比表面积及疏松的孔径将制约MG分子的旋转，增强了的作用，结合静电力的作用，使RGO-AG对MG有机物进行高效的吸附。

2.2.3吸附有毒气体

近年来，空气污染越发严重，污染物包括有毒气体和微粒，如氮氧化物、SO2、H2S、NH31化合物是最重要的气态污染物，吸附法是去除有毒气体的重要方法[38].

Liang等[39]利用一步法合成石墨烯复合物(MGA),在合成的过程中，利用聚乙烯亚胺(PEI)作为还原剂，不仅有助于氢键与氧化石墨烯的连接，还原得到的石墨烯有大的比表面积，而且引进氨基团在吸附甲醛有毒气体方面有很好的前景。

研究发现引进胺基团的MGA在吸附有毒气体甲醛方面，MGA上的胺基团会选择性地与甲醛进行结合，在MGA吸附甲醛的实验中，在反应进行5min时，甲醛气体被快速吸附，接近吸附饱和量，吸附能力达到2.43mg/g,与其它胺化碳基材料相比，吸附量达到更大[40].合成MGA的线路图如图4所示。

MGA表现出更好的吸附性质主要归功于：(1)氧化石墨烯和PEI有效的结合，制备的MGA比表面达到139.7m2/g,相比以往报道的石墨烯复合物的比表面积更大[41],提供更多的活跃吸附位点;(2)通过使用PEI作为还原剂制备MGA吸附剂，引入胺基团，提供了化学吸附位点，从而提高MGA吸附MGA表现出更好的吸附性质主要归功于：(1)氧化石墨烯和PEI有效的结合，制备的MGA比表面达到139.7m2/g,相比以往报道的石墨烯复合物的比表面积更大[41],提供更多的活跃吸附位点;(2)通过使用PEI作为还原剂制备MGA吸附剂，引入胺基团，提供了化学吸附位点，从而提高MGA吸附甲醛气体的能力;(3)MGA材料具有连续的孔隙结构，为甲醛气体分子吸附到吸附剂上提供了更好的运动渠道。因此，可以看出，新型石墨烯复合物(MGA)整个合理的结构合成，展现出完美的内部构造，在吸附有毒气体(甲醛)方面展现出新的趋势，进一步开创了石墨烯在吸附领域的发展。

随着石墨烯的研究与探索，石墨烯在吸附有毒气体方面的研究引起了学者的兴趣，Ganji等[42]利用掺杂的方法在石墨烯片上引入铂，利用密度泛函理论计算得到铂掺杂的石墨烯片拥有更大的结合能、静电荷转移量，在吸附有毒气体H2S时，能有效的利用复合物的结合能将H2S分子稳定的绑定Pt原子在石墨烯片上，达到去除有毒气体的效果。Zhang等[43]研究了Fe原子与石墨烯的掺杂，Fe原子的引入可以显着提高H2S与石墨烯复合物之间的相互作用，最后将气体H2S分离成S和H2.

目前，这些碳纳米材料是最有前途的去除有毒气体的吸附剂，对单纯石墨烯进行一定的改性，添加其它材料，提高复合物的综合性，从而更好地对环境中的有毒气体进行去除，达到净化空气的要求。

3、结语

石墨烯是sp2杂化的碳原子形成的单原子层厚度，排列成二维蜂窝状的晶体。具有优异的物理和化学性质、较大的表面积和较低的制备成本等优势，但其自身的分散性较差直接制约在水溶液中的应用，发展石墨烯复合物是一个新的视角，通过添加一种或一种以上其它材料组合而成的材料，在性能上互相取长补短，产生协同效应，使复合材料的综合性能优于原组成材料，从而满足不同的应用需求，推动石墨烯在实际生活中的应用。

总之，石墨烯作为一种非常有潜力的吸附剂，在处理水污染物中的重金属离子，有机污染物等，通过离子交换、静电作用及键的结合作用，有很好的吸附效果，对它进行复合改性，使其具有良好的生物相容性及稳定性，更能促进其吸附的性能，已成为处理污染物的研究热点，然而实现高效率，高稳定性的石墨烯及其复合物作为吸附剂的工业化应用，仍需要研究者的共同努力。同时，石墨烯及石墨烯复合物等材料在吸附水中的重金属离子、有机污染物问题，吸附有毒气体的反应机理目前还不是很清楚，从机理上解释吸附反应的进行，仍是研究上的一个新突破，石墨烯及其复合物在实际生活中的大量、广泛、高效的应用，真正满足实际需要，仍需学者继续研究发展。

本DOCX文档由 www.zciku.com/中词库网 生成，海量范文文档任你选，，为你的工作锦上添花,祝你一臂之力！