

文章编号: 1007-8827(2005)02-0183-08

活性炭孔结构调节: 理论、方法与实践

解强, 张香兰, 李兰廷, 金雷

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 活性炭的吸附性能主要由其孔结构和表面官能团决定, 尤其是孔结构对活性炭的性能有时甚至有决定性的影响。因此, 根据用途与应用领域对吸附剂性能的要求定向制备具有特定孔结构的活性炭的方法具有重大的意义。通过对活性炭制备过程中孔结构调控方法研究状况的评介, 以期对深入理解孔结构对活性炭的意义、阐释孔结构调控机理和方法有所帮助, 进而指导制备具有要求结构和性能活性炭的生产实践。

关键词: 活性炭; 孔结构; 定向制备

中图分类号: TQ 424.1 文献标识码: A

1 前言

吸附分离是利用吸附剂具有较强的脱除痕量物质的能力和良好的选择性, 把结构类似、物化性质接近的物质分离的过程。吸附分离操作在石油、化工、冶金、食品和医药等行业中已得到广泛的应用, 在保护环境、控制污染方面也发挥着越来越重要的作用。

活性炭是一种具有高度发达的孔隙结构和极大内表面积的人工炭材料制品。它主要由碳元素(质量分数为87%~97%)组成, 同时也含有氢、氧、硫、氮等元素, 以及一些无机矿物质。吸附作用是活性炭的最显著的特征之一, 它可以从气相或液相中吸附各种物质, 且吸附能力很大: 通常, 其孔容积达 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g} \sim 1.0 \text{ cm}^3/\text{g}$ 、内表面积为 $400 \text{ m}^2/\text{g} \sim 1000 \text{ m}^2/\text{g}$ ^[1, 2]。

活性炭主要用作吸附分离操作的吸附剂。与树脂、硅胶、沸石等吸附剂相比, 活性炭具有很多优越性: 孔隙结构高度发达、比表面积大; 炭表面上含有(或可以附加上)多种官能团; 具有催化活性; 性能稳定, 能在不同温度和酸碱度下使用; 可以再生^[1, 2]。因此, 活性炭的应用领域不断扩大, 从用于食品和医药的脱色与除味、防毒面具^[1], 发展到大规模应用于溶剂精制与回收、催化剂或催化剂载体、防除原子能设施放出的放射性物质、空气净化、烟气脱硫、食品保鲜、医药制品、血液净化^[3-8], 近年来又在大容量电容器、天然气贮存等领域得到新的应

用^[9-11]。

应用领域的扩大对吸附性能提出了新的、更高的要求, 在“高吸附、多功能、高强度”的总要求下, 出现了专用活性炭需求量越来越多的趋势^[4-11]。由于活性炭的吸附性能主要由其孔结构(孔形状、孔径及分布)和表面官能团决定^[12], 孔结构对活性炭的性能有时甚至有决定性的影响^[13]。因此, 根据用途与应用领域对吸附剂性能的要求来制备具有特定孔结构的活性炭的方法就有重大的意义。

本文就目前活性炭孔结构调控研究进展做一综述性的评介, 以期对深入理解孔结构对活性炭的意义、阐释孔结构调控机理和方法有所帮助, 进而指导制备具有要求结构和性能的活性炭的生产实践。

2 活性炭的孔结构及其对应用的影响

2.1 活性炭的孔结构

活性炭的孔, 是制备过程中在无定形炭基本微晶之间清除了各种含碳化合物及无序炭(有时也从基本微晶的石墨层中除去部分炭)后所产生的孔隙^[14, 15]。使用不同方法研究发现, 孔的形状多种多样, 有些孔具有缩小的入口(墨水瓶状), 有些是两端敞开或一端封闭的毛细管, 还有些是两平面之间或多或少呈规则状的狭缝、V形孔、锥形孔等^[14, 15]。

活性炭孔的大小从几个Å到数千Å以上^[1]。按孔隙半径的大小, Dubinin于1960年提出把孔分

收稿日期 2004-10-13; 修回日期 2005-05-10

基金项目: 国家自然科学基金(50204011)教育部留学回国人员科研启动基金项目。

作者简介: 解强(1965-), 男, 安徽淮南人, 工学博士、哲学博士, 教授、博导, 从事炭质吸附剂制备、固体废弃物利用研究。

E-mail: dr-xieq@163.com

为大孔 (>50 nm)、中孔(过渡孔 2 nm ~ 50 nm)及微孔 (<2 nm)三类^[1],这个分类方案被“国际纯化学与应用化学学会”(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC)所接受。Dubinin 如此分类的依据在于活性炭的孔隙结构是三分散的,即孔径分布在这三个孔径范围内往往各自呈现出最大值^[1]。

刘振宇等^[16]从纳米结构的角​​度描述了多孔炭的孔结构,即多孔炭的孔是由纳米级粒子构成的纳米尺度空间,这对深入理解活性炭的吸附分离过程、阐明吸附模式与吸附机理,提供了一个新的思路。陆安慧等对结构有序、双重孔隙的中孔炭材料也提出了新的表征方法^[17]。

2.2 活性炭孔结构与其吸附性能的关系

各种孔对活性炭吸附性能的贡献是不同的^[14]。一般地,大孔容积在 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g} \sim 0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 之间,比表面积小于 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$;中孔容积 $0.1 \text{ cm}^3/\text{g} \sim 0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$,比表面积 $20 \text{ m}^2/\text{g} \sim 70 \text{ m}^2/\text{g}$,不超过总比表面积的 5%;微孔容积 $0.20 \text{ cm}^3/\text{g} \sim 0.60 \text{ cm}^3/\text{g}$,比表面积 $400 \text{ m}^2/\text{g} \sim 1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 甚至更高,占总表面积的 95% 以上。因此,活性炭的总比表面积是由微孔的发达与否决定。

活性炭的吸附作用绝大部分是在微孔内进行的,吸附量受微孔的数量支配。尽管如此,大孔和中孔的作用也不能忽视。Dubinin 等人^[15]的研究表明,只有少数微孔直接通向外表面,在绝大多数情况下,活性炭的孔隙结构主要按下列方式排列:大孔直接通向活性炭的外表面,过渡孔是大孔的分支,微孔又是过渡孔的分支。微孔的吸附作用是以大孔的通道作用和中孔的过渡作用为基础。

因此,吸附性能好的活性炭在孔结构上应有充分发育的微孔,同时又有数量及排列均适宜的过渡孔和大孔。

2.3 应用途径对活性炭孔结构的要求

在吸附过程中,吸附剂的孔径与吸附质分子或离子的几何尺寸需要有一定的匹配,只有吸附质分子或离子能进入、充填的孔隙才是有效的孔隙。对于不同的吸附质而言,有效孔隙所对应的孔径分布叫可几孔径^[13]。只有可几孔径分布下的孔容和比表面积的增加才能增加对吸附质的吸附能力。研究表明:对吸附剂利用率最高的孔径与吸附质分子直径的比值是 $1.7 \sim 3.0$ ^[13]。因此,在选择吸附剂的时候应当更多地考虑孔径分布的可几性。

由于不同的吸附质具有不同的分子尺寸,因此

用途不同对活性炭孔结构的要求亦不同。总的来说,气相吸附应用应以微孔结构为主(微孔容积占总孔容积的 70% ~ 90%),孔径分布集中;用于水处理、食品脱色、催化剂载体、血液净化、溶剂回收等领域时,要含有较多(50% ~ 70%)的中孔^[18],以保证尽快达到吸附平衡。

下面是一些典型的例子:

用活性炭为载体吸附抗癌化学药物,使药物持续高浓度向局部肿瘤组织释放,降低化学药物对全身的毒副作用。研究表明,具有较多中孔(>40%)的活性炭对抗癌药物丝裂霉素有满意的吸附作用^[4]。

向线型酚醛树脂中添加不同的造孔剂,制备出 3 种不同孔径分布的酚醛树脂基球形活性炭,考察了它们对血液中有代表性的生理中、小分子 VB_{12} 和肌酐的吸附行为^[5]。结果表明,这些球形炭对 VB_{12} 的吸附率受其孔结构的影响。 VB_{12} 的分子量高(1335.5)、分子尺寸大(2.09 nm),总孔容积大、中大孔(10 nm)比率高(80%)的活性炭对 VB_{12} 有较大的吸附率^[5]。

低压贮存天然气需要高密度微孔活性炭^[10],用作活性炭电极的活性炭粉末等,其比表面积一般在 $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上,孔分布应以中微孔为主^[9]。

3 活性炭孔结构的表征

孔径分布是指不同尺寸孔的容积在总孔容积中所占的比例,或各种孔的孔壁面积占有所有孔道总表面积的比例。孔径分布一般用积分或微分孔分布曲线表示。孔径分布测定的方法有很多^[1,12,18-20],对于大孔,可用光学显微镜(图像分析仪)法和压汞法测定;对过渡孔,可用压汞法、气体吸附法和电子显微镜法;对于微孔,宜采用毛细管凝聚法和 X 射线小角散射法。

用气体吸附法表征活性炭的孔结构能得到许多信息^[20,21]。根据活性炭对特定气体的等温吸附线,采用 MP 法、Dubini-Radushkevich 法、Dubinin-stakhov 法或 Horvath-Kawazoe 方程,可以较好地表征微孔特征;应用 Kelvin 方程、BJH 法等,可对中孔及大孔的结构特征进行清楚的解析^[20]。

高分辨率透射电子显微镜(HRTEM)也是研究活性炭孔结构的常用方法。

由于获得孔结构信息的过程比较复杂,往往需要昂贵的专门仪器,为此研究者们试图通过把活性

炭的一些具有代表性的吸附性能指标与其孔结构特征进行关联的方法,来间接表征吸附材料的孔结构。高尚愚等^[22]研究发现,活性炭的碘吸附值、亚甲基蓝脱色力及焦糖脱色力等指标,分别与活性炭孔隙结构中半径约为0.55 nm、0.8 nm及1.4 nm以上孔隙的发达程度有关。

有些情形下使用确切的孔结构信息也不能全面反映活性炭的吸附特性。例如,用于汽车燃油蒸发控制系统的活性炭,是一种对小分子烃既要吸得进、又能脱得出的新型活性炭^[23],尽管这类活性炭对丁烷等烃类物质的吸附能力与其中孔的发育程度有明显的相关关系^[24],但只有以实际测定的“丁烷工作容量”(Butane working capacity, BWC)^[23, 25, 26]为指标才可正确评价活性炭在这个领域应用的可能性。

4 活性炭孔结构调控方法

活性炭孔结构调控,或称为活性炭定向制备,就是根据用途和应用领域对活性炭吸附性能的特定要求来确定、调节和控制吸附材料的孔结构,生产出具有指定孔结构和性能的活性炭^[18]。

4.1 理论基础

活性炭的制造方法主要有化学活化法和物理活化法^[1, 3, 12, 15]。活性炭的最终性能受原料特性和制备过程的共同影响^[27],因而选用不同的前驱体(Precursor)或改变制备条件都有可能调节活性炭的性能^[28]。

迄今,以沥青、纤维、有机高分子化合物为原料,均进行了活性炭的定向制备研究^[29-32]。由于来源广泛,煤和煤加工产物(如沥青)已成为制造活性炭的主要原料^[1, 3, 15, 18, 33]。

从活性炭孔结构、微晶结构、吸附性能间的关系研究入手,解强等^[2, 18]首先确定了活性炭具有各向同性、非石墨化、无定形炭含量多的结构特征,结合有机物炭化路径的研究,指出定向制取活性炭的根本途径在于控制原料的炭化过程,使炭化物成为各向同性、难石墨化、无定形炭结构为主的炭前驱体^[34];应用热重、X射线衍射、傅里叶变换红外光谱等方法,研究了煤预氧化、向煤中添加化学药品(KOH和ZnCl₂)、炭化升温速度等因素对煤炭化过程、炭化物结构的影响^[2, 18, 31, 34-37],提出控制煤炭化过程的机制是在形成胶质的温度阶段减少小分子碎片的量,在固相炭化的条件下阻碍热解产生的大分子自由基择优取向,形成各向同性的炭前驱

体^[2, 18, 31];根据KOH对炭化和活化的不同作用^[2, 18, 37],制定“原料选择-炭化控制-催化活化”工艺^[38],奠定煤基活性炭定向制备技术的理论基础^[39]。

不同煤种生产的活性炭,孔结构各有特点:低变质程度的烟煤生产的活性炭,中孔较丰富;无烟煤生产的活性炭微孔发达。采用配煤法能在一定范围内改变活性炭的孔结构^[40, 41]。张文辉等^[41]从物质表面能的观点,分析了配煤生产活性炭调节孔结构的原理及局限性。

4.2 活性炭孔结构调控方法

原料特性和活化工艺互相影响和制约,最终影响活性炭的孔结构和性能,其中原料特性的影响是第一位的。研究发现,以煤为原料制备活性炭时,煤岩成分、矿物质的种类、元素组成、变质程度等煤本身的特性,基本上决定了产物的微晶结构、孔结构,即决定了活性炭的吸附性能^[2, 18, 34, 42]。

4.2.1 化学活化法

化学活化法制备活性炭,是将原料经0.5倍~4倍的化学药品(工业上使用的化学品有H₃PO₄、ZnCl₂、KOH等)溶液浸渍后加热,由于化学品的脱水作用,原料中的氢和氧以水蒸气的形式释放,形成孔隙发达的活性炭^[1]。这类方法要求原料中氧的质量分数≥25%,氢的质量分数≥5%,对木质原料(氧的质量分数约43%、氢的质量分数约6%)^[1, 43]和极少数的年轻褐煤(氧的质量分数达20%)、褐煤及中低变质程度的烟煤(氢的质量分数在4.5%左右)^[20]。原料组成与特性、化学品的种类与浸渍量、工艺条件等都会影响炭质吸附剂的孔结构。例如,KOH、ZnCl₂、H₃PO₄是制备活性炭的常用化学品^[1, 14, 15, 18, 27, 29, 31, 32],用这3种化学品制备的炭质吸附剂在比表面积、孔容积、孔径及分布方面就具有很大的差异^[44, 45]。

4.2.2 物理活化法

物理活化法是把原料炭化后,用水蒸气、二氧化碳、空气、烟道气等,在600℃~1200℃下对炭化物进行高温热破坏(部分氧化)以产生多孔结构^[1-3, 14, 15, 18, 39]。在活化过程中,工艺参数的选择与控制对活性炭孔结构的影响很大。活化工艺参数包括温度、时间、活化气体组成及分压、催化剂种类等^[1, 18]。

较低的活化温度可以得到孔径均匀的活性炭。Jankowska^[1]解释其原因为:温度低时化学反应速度慢,气体活化剂易在孔内和颗粒间达到浓度动态平

衡,为均匀造孔创造了条件。

活化时间对孔隙结构的发育影响很大。研究表明^[3,15,46],活化分阶段进行。第一阶段在质量减少率(或称烧失量)为10%~20%左右时,首先是无规则炭被选择性地消耗,结晶体间闭塞的微孔被打开,把基本微晶的表面暴露给活化剂;第二阶段,结晶体的碳被消耗,原有的细孔被扩大,相邻微孔间的壁完全烧掉并形成孔径大的细孔。一般用烧失率作为活化度的指标。Dubinin^[15,46,47]认为,烧失率在50%以下时,得到以微孔为主的活性炭;在75%以上时,得到以大孔为主的活性炭;在50%~75%之间时,是大孔和微孔的混合结构。

活化气体反应性、分子尺寸的不同造成活化时炭化料内孔发育不同^[14],一般地,用水蒸气活化可得到最好的孔结构,并且在较低的水蒸气分压、较长的活化时间条件下能提高微孔量^[14]。CO₂活化有利于中孔的形成,其原因可能是CO₂较大的分子尺寸造成扩散速度缓慢,阻碍微孔结构的形成^[14]。Marsh和Rand^[48]发现,以CO₂作为活化剂时,加入CO可增加微孔的形成,这是由于CO减少碳与CO₂的亲合性使CO₂能扩散入颗粒内部气化而促进微孔的形成。另外,活化剂流速和用量对孔结构也有影响^[43,49]。流速较低时,活性炭微孔容积大;高流速时,微孔容积反而减少,这是高流速使颗粒外表面烧失引起的不均匀活化所致。

Wigmans等^[50]发现,为生产微孔发达的高比表面积活性炭,可加入K或Na化合物。但是,加入碱及碱土元素化合物对活性炭的强度有负面的影响^[33]。

活性炭前驱体制备中的预氧化和炭化过程中的部分氧化均能改变制得活性炭的性状^[51,52]。此外,快速升温炭化得到的炭化物表现出比慢速升温炭化得到的炭化物更高的反应性,制得的活性炭的比表面积也略为提高^[53]。

解强等研究发现,缓慢炭化可使活化速度降低,制备出具有优异吸附性能的活性炭,特别是在高烧失量的活化后期为活性炭内表面积的进一步增加提供了可能^[2,18,35],炭化低温区活性炭料条的部分氧化导致生成吸附性能高的优质活性炭^[2,18,35];炭化物中的无机质由于对C—H₂O体系有催化作用能促使活化速度提高,不利于优质活性炭的制备^[2,18];向活性炭料条中加入ZnCl₂亦会大幅度提高活化速率,加入适量的ZnCl₂(质量分数为5%以下),能使活性炭的性能在活化阶段的后期大大提高,但

ZnCl₂的量增大到质量分数为10%时,对活性炭比表面积已呈负面的影响^[2,18,35];KOH在活性炭制备中的炭化和活化阶段表现出不同的影响,KOH的加入促使料条在炭化时生成无定形炭为主的炭前驱体,为活化阶段打下良好的基础,但残留于炭化物中的含钾物质对活化过程的催化作用,促进了中孔、大孔的生成^[2,18,35,37]。

4.2.3 物理-化学联合法

化学法和物理法制备活性炭在工艺复杂程度、成本、对孔结构调控能力等方面具有互补性,它们经常被同时应用于孔结构的调控。在物理活化前对前驱体进行化学改性,可以灵活调控活性炭的孔结构,甚至制备出仅含微孔或仅含中孔的活性炭^[27,54-58]。

Boudou等^[59]采用煤焦油沥青、三种不同变质程度的烟煤为原料,研究了MoCl₅及其副产物对孔形成的影响。由于MoCl₅的脱氢作用引起的交联和凝聚反应,促进了炭化时微孔的增长,在炭化物中形成的孔以及残余的含Mo化合物对随后进行的水蒸气活化反应有利。Ahmadpoura等^[60]以烟煤为原料,采用KOH、ZnCl₂进行化学活化后用CO₂物理活化制备了一系列活性炭,研究了化学活化工艺参数(时间、温度、颗粒尺寸、化学品种类、浸渍比例、混合方法等)的影响。结果表明,将ZnCl₂活化得到的活性炭再用CO₂部分气化可以改善活性炭的吸附性能,化学活化中,最重要的工艺参数为浸渍量,同时,炭化时间是对孔体积发育有很大影响的另一个参数^[60]。

用KOH和NaOH将褐煤消解,然后炭化,活性炭的微孔和中孔孔径可通过改变碱与煤的含氧官能团含量比的方法加以控制^[61]。采用HClO₄或Mg(ClO₄)₂化学活化-CO₂物理活化联用的方法以无烟煤为原料制备了一系列具有不同孔结构的活性炭^[27],其机制是通过化学处理“嵌入”(Insertion)和“氧化”(Oxidation)反应“修饰”无烟煤的微结构(Microtexture),并且两个反应作用的程度与化学品种类、处理时间和温度、无烟煤结构特性均有关系,无烟煤预处理对减少活化时间、改变活性炭的孔结构有显著的影响^[27]。借助XPS、FTIR、TGA、MS、元素分析、气相吸附等方法可分析化学预处理参数的影响,进而确定了制备具有合适的微孔、中孔结构的活性炭的工艺条件^[27]。

张文辉等用密度法分离、富集了太西无烟煤的镜质组、丝质组,研究了金属化合物NiO、Fe₂O₃对以太西无烟煤或其镜质组、丝质组制备活性炭吸附

性能的影响^[62-64]。结果表明:加入 NiO、Fe₂O₃ 等金属化合物可显著提高活性炭的吸附性能,其原理是 NiO、Fe₂O₃ 等金属化合物对活化反应的催化作用改变了活化反应历程,最终影响了活性炭的孔结构^[57, 58]。

4.3 中孔活性炭制备方法研究进展

中孔活性炭在水处理、催化剂载体、双电层电容器、血液净化领域的广泛应用,极大促进了中孔活性炭制备方法的研究。各种含碳原料(石油焦、碳纤维、沥青、棉花、苯酚树脂、人造纤维等)被用来尝试制备中孔活性炭^[29],甚至以城市废弃物为原料研究了制备专门用于吸附脱除二噁英的活性炭^[65]。

过渡金属、稀土金属催化活化含碳材料可以制得富含中孔和大孔的活性炭^[32, 66];利用“柱”(Pillar)效应,可以控制以离子交换树脂为原料所制备的活性炭中微孔的形成^[30];以有机聚合物为原料,采用聚合物混合物炭化法、有机凝胶炭化法和模板法可以制备中孔发达的活性炭^[32, 67]。

张引枝等^[68]研究了添加剂对活性炭纤维中孔结构的影响,发现在原料中添加有机聚合物 PVA、PVAc 和 TiO₂ 和 MgO 颗粒、炭黑、石墨、活性炭颗粒等,均对提高活性炭纤维的中孔率有效;添加的 TiO₂ 在活化过程中成为碳氧化的活性中心,在其周围形成中孔。

张文辉等人^[69]公开了一种煤基中孔活性炭制造方法,主要原理是在磨粉、成型过程中或炭化后加入碳-H₂O 反应的催化剂,以调整活性炭的孔结构,制备中孔发达的煤基活性炭。

5 结语

活性炭的吸附性能在很大程度上决定于孔结构特征,根据用途和应用领域对吸附剂性能的要求对活性炭的孔结构进行调控,定向制备活性炭,已成为目前活性炭领域研究的热点。原料特性、制备方法和工艺均能改变炭质吸附剂的性能。通过选择炭吸附材料的前驱体或对原料进行改性,采用化学活化法、物理活化法或化学-物理联用法,能在一定程度上控制炭质吸附剂的孔结构。但是,对活性炭定向制备目前尚缺乏系统的研究,原料性质、工艺过程影响吸附剂孔结构的量化程度不够。

参考文献

[1] Jankowska H, Swiatkowski A, Choma J. Active Carbon [M].

New York: Ellis Horwood, 1991.

- [2] 解强. 炭化过程控制及煤基活性炭制备的研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 1996.
(XIE Qiang. Study on control over coal carbonization and preparation of activation carbon [D]. Xuzhou: China Univ. of Mining & Tech., 1996.)
- [3] Wigmans T. Industrial aspects of production and use of activated carbon [J]. Carbon, 1989, 27(1): 13-22.
- [4] 吴开金. AT 型载体活性炭吸附抗癌药物试验 [J]. 福建林业科技, 1997, 24(4): 32-35
(WU Kai-jin. An experiment on adsorbing anticancer drugs by A-type carrier activated carbon [J]. Journal of Fujian Forest Science and Technology, 1997, 24(4): 32-35.)
- [5] 杨骏兵, 凌立成, 刘朗, 等. 孔径分布对球形活性炭肌酐和 VB₁₂ 吸附行为的影响 [J]. 炭素技术, 2001(1): 8-11.
(YANG Jun-bing, LING Li-cheng, LIU Lang, et al. Influence of pore distribution on the adsorption properties of creatinine and VB₁₂ on spherical activated carbon [J]. Carbon Technique, 2001(1): 8-11.)
- [6] 刘植昌, 凌立成, 吕春祥, 等. 沥青基球状活性炭对胆红素吸附性能的初步研究 [J]. 新型炭材料, 1999, 14(2): 44-48.
(LIU Zhi-chang, LING Li-cheng, LU Chun-xiang, et al. Preliminary study on the bilirubin adsorption property over pitch-based spherical activated carbon [J]. New Carbon Materials, 1999, 14(2): 44-48.)
- [7] 马青兰, 王增长, 李敏敏, 等. 活性炭净化废水处理研究 [J]. 新型炭材料, 2002, 17(1): 59-61.
(MA Qing-lan, WANG Zeng-zhang, LI Min-min, et al. Study of activated carbon applied to water treatment [J]. New Carbon Materials, 2002, 17(1): 59-61.)
- [8] 吕春祥, 李开喜, 吕永根, 等. 沥青基球状活性炭的医用性能评价 [J]. 新型炭材料, 2002, 17(3): 11-14.
(LU Chun-xiang, LI Kai-xi, LY Yong-gen, et al. The medical performance of pitch-based spherical activated carbon [J]. New Carbon Materials, 2002, 17(3): 11-14.)
- [9] 孟庆函, 李开喜, 凌立成. 碳基双电层电容器的结构机理及研究进展 [J]. 化学通报, 2001(11): 680-685.
(MENG Qing-han, LI Kai-xi, LING Li-cheng. Electric double layer capacitor: Structure, mechanism and research progress [J]. Chemistry Magazine, 2001(11): 680-685.)
- [10] 邹勇, 韩布兴, 阎海科. 贮存天然气用高密度微孔炭质吸附剂的研究 [J]. 炭素技术, 1998(5): 23-25.
(ZOU Yong, HAN Bu-xing, YAN Hai-ke. Research on high density micropore carbon-based adsorbents for natural gas storage [J]. Carbon Technique, 1998(5): 23-25.)
- [11] 詹亮, 李开喜, 吕春祥, 等. 超级活性炭的制备及其储氢性能初步研究 [J]. 新型炭材料, 2001, 16(4): 31-35.
(ZHAN Liang, LI Kai-xi, LY Chun-xiang, et al. The preparation of super-activated carbons and its properties for hydrogen storage [J]. New Carbon Materials, 2001, 16(4): 31-35.)
- [12] Rodriguez-Reinoso F. Activated carbon [A]. Marsh H, Heinz E A, Rodriguez-Reinoso F. Introduction to Carbon Technologies [C]. Alicante: Universidad, 1997. 35-103.
- [13] 古可隆. 活性炭的应用(一) [J]. 林产化工通讯, 1999, 33(4): 37-40.
(GU Ke-long. Applications of activated carbon (1) [J]. Bulletin of Forestry Chemicals, 1999, 33(4): 37-40.)
- [14] Wigmans T. Fundamentals and practical implications of activa-

- ted carbon production by partial gasification of carbonaceous materials[A]. Figueriedo J L , Moulijn J A. Carbon and Coal Gasification Science and Technology[C]. Dordrecht : Martinus Nijhoff Publishers , 1986. 560 588 582.
- [15] Smisek M , Cerny S. Active Carbon[M]. New York : Elsevier , 1970.
- [16] 刘振宇,郑经堂,王茂章,等. 多孔炭的纳米结构及其解析[J]. 化学进展, 2001, **13**(1): 10-18.
(LIU Zhen-yu, ZHENG Jing-tang, WANG Mao-zhang, *et al.* Nanostructure and analysis of porous carbons[J]. Progress in Chemistry, 2001, **13**(1): 10-18.)
- [17] LU An-hui, Schmidt W, Schüth F. Simplified novel synthesis of ordered mesoporous carbon with a bimodal pore system[J]. New Carbon Materials, 2003, **18**(3): 181-185.
(陆安慧, Wolfgang Schmidt, Ferdi Schüth. 结构有序、双重孔隙中孔炭材料的合成与表征[J]. 新型炭材料, 2003, **18**(3): 181-185.)
- [18] 解强,边炳鑫. 煤的炭化过程控制理论及其在煤基活性炭制备中的应用[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2002.
(XIE Qiang, BIAN Bin-xing. Principles of Control over Coal carbonization and its Application in Preparation of Activated Carbon[M]. Xuzhou: China Univ. of Mining & Tech. Press, 2002.)
- [19] Stoeckli H F. Microporous carbons and their characterization: the present state of the art[J]. Carbon, 1990, **28**(1): 1-6.
- [20] Webb P A, Orr C. Analytical Methods in Fine Particle Technology[M]. Norcross: Micromeritics Instrument Co., 1997. 53-152.
- [21] 张引枝,汤忠,贺福,等. 由氮吸附等温线表征中孔型活性炭纤维的孔结构[J]. 离子交换与吸附, 1997, **13**(2): 113-119.
(ZHANG Yin-zhi, TANG Zhong, HE Fu. *et al.* Characterization of the pore structure of mesoporous activated carbon fiber using nitrogen adsorption isotherms[J]. Ion Exchange and Adsorption, 1997, **13**(2): 113-119.)
- [22] 高尚愚,周建斌,左宋林,等. 碘值、亚甲基蓝及焦糖脱色力与活性炭孔隙结构的关系[J]. 南京林业大学学报, 1998, **22**(4): 23-26.
(GAO Shang-yu, ZHOU Jian-bin, ZUO Song-lin, *et al.* A study on the relationship between the iodine number, methylene blue adsorption, caramel adsorption and the pore structure of activated carbon[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1998, **22**(4): 23-26.)
- [23] 李书荣,张文辉,王岭. 活性炭丁烷工作容量测试方法的比较与探讨[J]. 煤质技术, 2002(5): 34-36.
(LI Shu-rong, ZHANG Wen-hui, WANG Ling. Comparison of methods of measurement of butane working capacity of activated carbon[J]. Coal Quality Technique, 2002(5): 34-36.)
- [24] Allen J L, Gatz J L, Eklund P C. Applications for activated carbons from used tires: Butane working capacity[J]. Carbon, 1999, **37**(9): 1485-1489.
- [25] Johnson H R, Williams R S. Performance of activated carbon in evaporative loss control systems[J]. SAE(Society of Automotive Engineers) Transactions, 1990, **99**(4): 753-775.
- [26] ASTM D5228-92. The standard method for measurement of butane working capacity of activated carbon[Z]. (Revised in 1996).
- [27] Lyubchik S B, Benoit R, Beguin F. Influence of chemical modification of anthracite on the porosity of the resulting activated carbons[J]. Carbon, 2002, **40**(8): 1287-1294.
- [28] Parra J B, Pis J J, de Sousa J C, *et al.* Effect of coal preoxidation on the development of microporosity in activated carbons[J]. Carbon, 1996, **34**(6): 783-787.
- [29] Evans M J B, Halliop E, MacDonald J A F. The production of chemically-activated carbon[J]. Carbon, 1999, **37**(2): 269-274.
- [30] Nakagawa H, Watanabe K, Harada K, *et al.* Control of micropore formation in the carbonized ion exchange resin by utilizing pillar effect[J]. Carbon, 1999, **37**(9): 1455-1461.
- [31] Xie Q, Chen Q R. Mechanism of control over coal carbonization by KOH and ZnCl₂[A]. Prospects for Coal Science in the 21st Century, Proceedings of the 10th International Conference on Coal Science[C]. Taiyuan, P R China, 1999. 9.
- [32] Takashi K. Control of pore structure in carbon[J]. Carbon, 2000, **38**(2): 269-286.
- [33] Передерий М А. Сорбционные материалы на основе ископаемых углей[J]. Химия Твердого Топлива, 2000(1): 35-44.
(Perederii M A. Sorbent materials from coal[J]. Chemistry of Solid Fuel(Russian), 2000(1): 35-44.)
- [34] 解强,陈清如. 提高煤基活性炭质量的两个途径[J]. 煤炭转化, 1996, **19**(1): 46-52.
(XIE Qiang, CHEN Qing-ru. Approaches to improvement of the quality of coal-based activated carbon[J]. Coal Conversion, 1996, **19**(1): 46-52.)
- [35] 解强,丁曙光,乐政. 缓慢炭化部分氧化对制备煤质活性炭的影响[J]. 燃料化学学报, 1995, **23**(3): 242-247.
(XIE Qiang, Ding Shu-guang, LE Zheng. Effect of low heating rate and partial oxidation on preparation of activated carbon[J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 1995, **23**(3): 242-247.)
- [36] 曾蒲君,解强,丁曙光. 等. 利用神木煤研制优质气相吸附活性炭的试验研究[J]. 中国矿业大学学报, 1993, **22**(4): 91-97.
(ZEN Pu-jun, XIE Qiang, DING Shu-guang, *et al.* An experimental study on preparation of activated carbon from Shenmu coal[J]. Journal of China Univ. of Mining & Tech., 1993, **22**(4): 91-97.)
- [37] 解强,乐政. 含钾化合物在煤基活性炭制备中的作用[J]. 中国矿业大学学报, 1997, **26**(4): 71-73.
(XIE Qiang, LE Zheng. Role of K-containing compounds in preparation of coal-based activated carbon[J]. Journal of China Univ. of Mining & Tech., 1997, **26**(4): 71-73.)
- [38] 乐政,解强. 制备高比表面积煤基活性炭的新工艺[J]. 煤炭加工与综合利用, 1998(2): 5-7.
(LE Zheng, XIE Qiang. A new process for preparation of activated carbon with high specific surface area[J]. Coal Processing and Comprehensive Utilization, 1998(2): 5-7.)
- [39] 解强,张双全. 制备高比表面积活性炭的理论基础[A]. 《新型炭材料》编辑部. 第五届全国新型炭材料学术研讨会论文集[C]. 2001. 201-205.
(XIE Qiang, ZHANG Shuang-quan. Theoretical fundamentals to preparation of activated carbon with high specific surface area[A]. Editorial Office of *New Carbon Materials*. Proceedings of 5th National Symposium on New Carbon Materials of China[C]. 2001. 201-205.)

- [40] 李怀珠, 吉建斌, 苏荣生, 等. 调整煤质活性炭孔隙结构的工艺途径[J]. 煤化工, 1997(1): 33-36.
(LI Huai-zhu, JI Jian-bin, SU Rong-sheng, *et al.* Technological approach to the pore structure adjustment of coal-based activated carbon[J]. *Coal Chemical Engineering*, 1997(1): 33-36.)
- [41] 张文辉, 阎文瑞. 配煤技术在活性炭生产中的应用[J]. 洁净煤技术, 2000, 6(2): 28-31.
(ZHANG Wen-hui, YAN Wen-rui. Application of blending coal at activated carbon production[J]. *Clean Coal Technology*, 2000, 6(2): 28-31.)
- [42] Kopp O C, Fuller Jr E L, Sparks C R, *et al.* Coal properties and their influence on air activation[J]. *Carbon*, 1997, 35(12): 1765-1779.
- [43] 黄律先. 木材热解工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981.
(HUANG Lu-xian. *Wood Pyrolysis*[M]. Beijing: China Forestry Industry Press, 1981.)
- [44] Hsu Li-Yeh, Hsisheng Teng. Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal[J]. *Fuel Processing Technology*, 2000, 64(1): 155-166.
- [45] TENG Hsis-Heng, YEH Tien-Sheng, HSU Li-Yeh. Preparation of activated carbon from bituminous coal with phosphoric acid activation[J]. *Carbon*, 1998, 36(9): 1387-1395.
- [46] [日] 炭素材料学会编. 活性炭基础应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984. 109-174.
(Carbon Material Society of Japan. *Fundamentals and Applications of Activated Carbon*[M]. Beijing: China Forestry industry Press, 1984. 109-174.)
- [47] [德] 凯利 H, 巴德 E (著). 魏同成 (译). 活性炭及其工业应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
(Kelly H, Bard E (ed.). WEI Tong-cheng (trans). *Activated and Its Industrial Applications*[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.)
- [48] Marsh H, Rand B. Critique and experimental observation of the applicability to microporosity of the Dubinin equation of adsorption[J]. *Carbon*, 1970, 8(1): 7-17.
- [49] 何月德, 刘洪波, 张红波. 活化剂用量对无烟煤基高比表面积活性炭电容特性的影响[J]. 新型炭材料, 2002, 17(4): 18-22.
(HE Yue-de, LIU Hong-bo, ZHANG Hong-bo. The effect of amount of activating agent on the capacitance characteristics of anthracite-based high surface area activated carbon[J]. *New Carbon Materials*, 2002, 17(4): 18-22.)
- [50] Wigmans T, Hoogland A, Tromp P, *et al.* Influence of potassium carbonate on surface area development and reactivity during gasification of activated carbon by carbon dioxide[J]. *Carbon*, 1983, 21(1): 13.
- [51] Thrower P A, Matthew G K, McGinnis N J. Influence of oxidation on the structure and strength of graphite - 2. materials of different impurity content[J]. *Carbon*, 1982, 20(6): 465.
- [52] XING Wei, YAN Zi-feng. Effects of preoxidation on the surface properties of super active carbon[J]. *New Carbon Materials*, 2002, 17(3): 25-30.
(邢伟, 阎子峰. 石油焦预氧化对超级活性炭孔结构和表面性质的影响[J]. 新型炭材料, 2002, 17(3): 25-30.)
- [53] Marcilla A, Asensio M, Martín-Gullón I. Influence of the carbonization heating rate on the physical properties of activated carbons from a sub-bituminous coal[J]. *Carbon*, 1996, 34(4): 449-456.
- [54] Gergova K, Eser S, Schobert H H, *et al.* Environmental scanning electron microscopy of activated carbon production from anthracite by one-step pyrolysis-activation[J]. *Fuel*, 1995, 74(7): 1042-1048.
- [55] Molina-Sabio M, Rodriguez-Reinoso F, Caturla F, *et al.* Development of porosity in combined phosphoric acid-carbon dioxide activation[J]. *Carbon*, 1996, 34(4): 457-462.
- [56] 陆安慧, 申文忠, 郑经堂. KOH 二次活化制备富含中孔的 PAN-ACH[J]. 新型炭材料, 2001, 16(3): 32-36.
(LU An-hui, SHEN Wen-zhong, ZHNEG Jing-tang. Mesoporous PAN-ACF prepared by KOH reactivation[J]. *New Carbon Materials*, 2001, 16(3): 32-36.)
- [57] 杜亚平, 毛清龙, 张德祥, 等. 石焦油基活性炭制备工艺对其吸附性能及孔结构的影响[J]. 新型炭材料, 2003, 18(3): 225-230.
(DU Ya-ping, MAO Qing-long, ZHANG De-xiang, *et al.* Effect of the preparation processes of activated carbon from petroleum coke on its adsorption ability and pore structure[J]. *New Carbon Materials*, 2003, 18(3): 225-230.)
- [58] 马蓉, 张丽芳, 张双全. 太西无烟煤制备微孔活性炭的试验研究[J]. 新型炭材料, 2004, 19(1): 57-60.
(MA Rong, ZHANG Li-fang, ZHANG Shuang-quan, *et al.* Experimental study on the manufacture of activated carbon in the presence of additives[J]. *New Carbon Materials*, 2004, 19(1): 57-60.)
- [59] Boudou J P, Gérard I, Bégin D, *et al.* Effect of MoCl₅ addition on the carbonization and the subsequent steam activation of pitch and coking coal[J]. *Carbon*, 2000, 38(4): 525-534.
- [60] Ahmadpoura A, Do D D. The preparation of active carbons from coal by chemical and physical activation[J]. *Carbon*, 1996, 34(4): 471-479.
- [61] Amaraseker G, Scarlett M J, Mainwaring D E. Development of microporosity in carbons derived from alkali digested coal[J]. *Carbon*, 1998, 36(7-8): 1071-1078.
- [62] 张文辉, 李书荣, 陈鹏, 等. 金属化合物对太西无烟煤制备活性炭的研究[J]. 煤炭转化, 2000, 23(3): 82-84.
(ZHANG Wen-hui, LI Shu-rong, CHEN Peng, *et al.* Effect of metal compounds on the preparation of activated carbon from Taixi anthracite[J]. *Coal Conversion*, 2000, 23(3): 82-84.)
- [63] 李书荣, 张文辉, 王岭, 等. 太西无烟煤制活性炭孔隙结构分析[J]. 洁净煤技术, 2001, 7(3): 54-56.
(LI Shu-rong, ZHANG Wen-hui, WANG Ling, *et al.* Pore structure analysis of Taixi anthracite based activated carbon[J]. *Clean Coal Technology*, 2001, 7(3): 54-56.)
- [64] 张文辉, 李书荣, 王岭. 金属化合物对煤岩显微组分所制活性炭吸附性能的影响[J]. 新型炭材料, 2005, 20(1): 63-66.
(ZHANG Wen-hui, LI Shu-rong, WANG Ling. Effect of metal oxides on the adsorption properties of activated carbons prepared from macerals[J]. *New Carbon Materials*, 2005, 20(1): 63-66.)
- [65] Nagano S, Tamon H, Adzumi T, *et al.* Activated carbon from municipal waste[J]. *Carbon*, 2000, 38(6): 915-920.
- [66] 张香兰. 催化法制备煤基中孔活性炭的研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京校区), 2001.

- (ZHANG Xiang-lan. Study on mesoporous activated carbon preparation from coal by catalytic method[D]. Beijing : China Univ. of Mining & Tech , 2001.)
- [67] HOU Zhao-hui , LI Xin-hai , LIU En-hui , *et al.* New mesoporous carbons prepared by a simultaneous synthetic template carbonization method for electric double layer capacitors[J]. *New Carbon Materials* , 2004 , 19(1) : 11-15. (侯朝辉 , 李新海 , 刘恩辉 , 等. 同步合成模板炭化法制备双电层电容器电极用中孔炭材料的研究[J]. *新型炭材料* , 2004 , 19(1) : 11-15.)
- [68] 张引枝 , 樊彦贞 , 贺福 , 等. 添加剂种类对活性炭纤维中孔结构的影响[J]. *炭素技术* , 1997(4) : 11-14. (ZHANG Yin-zhi , FAN Yan-zhen , HE Fu , *et al.* The effect of different additives in PAN precursor on the mesoporous activated carbon fibers[J]. *Carbon Technique* , 1997(4) : 11-14.)
- [69] 张文辉 , 李书荣 , 梁大明 , 等. 一种煤基中孔活性炭制造方法[P]. 中国专利 : CN 1272454A , 1999. (ZHANG Wen-hui , LI Shu-rong , LIANG Da-min. A method for preparation of mesoporous activated carbon[P]. *China Patent* : CN 1272454A , 1999.)

Porosity adjustment of activated carbon : theory , approaches and practice

XIE Qiang , ZHANG Xiang-lan , LI Lan-ting , JIN Lei

(*School of Chemical and Environmental Engineering , China University of Mining and Technology , Beijing 100083 , China*)

Abstract : The adsorption capacity of activated carbons (ACs) is primary dependent on their porosity and functional groups on their surfaces , and in some cases the applications of ACs are eventually determined by their porous structure. Therefore , it is of great importance to research and develop methods for the preparation of ACs with a specific porosity which could meet the demands of their suggested application fields. A literature survey of the characterization of porous structure , the relationship between the porosity of ACs and their specifications , as well as principles and approaches to adjust their porosity is given in this paper with the aims of (a) further understanding the significance of porosity in ACs , (b) elucidating mechanisms to regulate the porosity of ACs and (c) to thus make specifications for the preparation of ACs.

Keywords : Activated carbon ; Porosity ; Directional preparation

Foundation item : National Natural Science Foundation of China (50204011) and Foundation of Ministry of Education of China for Chinese Scholar Studied Abroad.

Author introduction : XIE Qiang (1965-) , male , Dr Eng and Ph. D. , Professor , engaged in the research of preparation of carbon adsorbents and utilization of solid waste. E-mail : dr-xieq@sohu.com

石墨化炉、气相沉积炉、液相沉积炉

西安诚瑞科技发展有限公司是开发、设计、制造电炉的专业公司。可为用户设计、制造各种中高温感应炉、电阻炉及真空感应炉和真空电阻炉等各种工业电炉及炉组。

主要产品 :

石墨感应炉及电阻炉、中频气相沉积感应炉及气相沉积电阻炉、液相沉积炉及各种真空感应炉和电阻炉。液相沉积炉获国家专利 , 专利号 ZL200320109851.7

配套产品 :

200 Hz ~ 8 000 Hz 中频电源、交流电源及可控硅直流电源。

可按用户要求设计、制造及改造各种低电压大电流电源。

技术特点 :

产品性能稳定、可靠。温控性能先进。

单位 : 西安诚瑞科技发展有限公司 地址 : 西安市高新路 33 号新汇大厦 B1801 室 邮编 : 710075

电话、传真 : 029-88339082、88323341 E-mail : chengrui_xa@sina.com

《新型炭材料》征稿简则

《新型炭材料》是经科学技术部和新闻出版署批准,向国内外公开发行的国家级学术刊物(季刊)。由中国科学院主管,中国科学院山西煤炭化学研究所主办,科学出版社出版。

本刊主要刊登国内外炭材料学科分支在基础科学、技术科学和与炭材料有关的边缘学科领域研究的最新成果和进展,设有研究论文、研究简报、综合评述、学术动态等栏目。

来稿要求:

1. 本刊热忱欢迎国内外学者投稿,中英文稿均可。来稿一式三份打印稿,最好用 E-mail 投稿。
2. 稿件的标题,作者姓名(所在单位、城市、邮编)、摘要、关键词、图表题、图表注、第一作者简历(姓名、出生年、性别、籍贯、民族、学位、职称、从事的主要工作以及电子邮件地址或联系电话等)一律用中英文表示。
3. 论文字数一般不超过 6000 字,简报字数不超过 3000 字,综述为 8000 字左右。稿中的外文字母与符号须分清大、小写,正、斜体,上下角标文字符号应明显区别其高低位置。插图务求线条光洁、比例适中,照片务必清晰。
4. 中英文摘要应按照文摘四要素(目的、方法、结果、结论)进行书写。中文摘要不少于 200 个汉字,英文摘要约为 1000 个~1500 个字符。
5. 基金资助的研究项目,请用中英文注明省部级以上基金名称和项目编号。
6. 参考文献应择最主要的,且按文内出现顺序编号,其中“非英文参考文献”应附相应的“英文译文”。非公开的出版物请勿引用。其著录次序如下:

<期刊> [序号] 作者. 文题名. 刊名,年,卷(期)起止页码.

例 [1] 邱介山,韩红梅,周颖,等. 由二种烟煤制备碳纳米管的探索性研究. 新型炭材料,2001,16(4):1-6.

(QIU Jie-shan, HAN Hong-mei, ZHOU Ying, *et al.* Carbon nanotubes from two bituminous coals. *New Carbon Materials*, 2001, 16(4):1-6.)

[2] Mordkovich V Z, Baxendale M, Yoshimura S, *et al.* Intercalation into carbon nanotubes. *Carbon*, 1996, 34(10):1301-1303.

<图书> [序号] 作者. 书名. 版次(初版不写),出版地:出版者,年. 起止页码.

<专利> [序号] 作者. 专利名称,专利号,出版日期.

<学位论文> [序号] 作者. 学位论文题目,学位名称,单位名称,年份.

<论文集> [序号] 析出文献作者. 析出文题名. 编者. 论文集名称. 出版地:出版者,出版年. 析出文献起止页码.

<电子文献> [序号] 作者. 文题名. 电子文献出处或可获得地址,发表或更新日期/引用日期. 对多作者文献,请注出前三个.

7. 来稿需附本单位推荐信,并说明文稿有无保密问题。请勿一稿两投。刊出文稿将提供给有关文摘检索刊物、数据库及光盘出版物编辑部,不另付作者稿酬,如作者不同意提供,请在投稿时声明,否则视为同意。凡经刊登的稿件酌致稿酬,并赠送本期杂志 2 本及抽印本 10 份,不拟刊登的稿件均退还作者。

联系方式:

通讯地址: 太原市桃园南路 27 号 中国科学院山西煤炭化学研究所《新型炭材料》编辑部 030001

联系电话: 0351-2025254 E-mail: tcl@sxicc.ac.cn

第七届全国新型炭材料学术研讨会会议通知

尊敬的专家学者：

在中科院山西煤化所、中科院青海盐湖所和国内炭材料企事业单位的大力支持下，组委会经过一段时间的筹备，“第七届全国新型炭材料学术研讨会”各项工作已准备就绪，现将有关会议安排及参会事宜通知如下：

会议安排

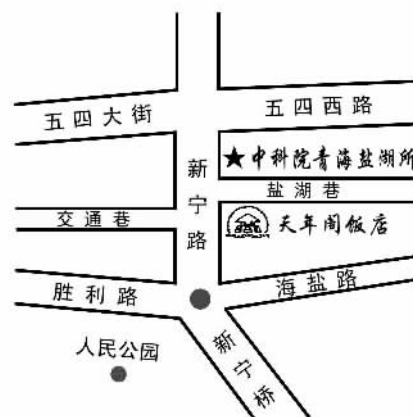
时间 2005 年 7 月 25 日 ~ 30 日

地点 青海省西宁市新宁路 16 号 天年阁饭店(中科院青海盐湖所旁)

交通 乘公交车或打车(火车站乘 1 路公交车在人民公园下车向南 500 米或乘 31 路、29 路公交车盐湖巷口下车或乘出租车约 10 元；飞机场可乘机场大巴至八一路民航售票处下车转乘 25 路公交车盐湖巷口下车或转乘出租约 10 元)

会议注册费

1200 元/人(含资料费、会务费、场租费、报告费等综合费用)，食宿费用自理。



请参会者在 7 月 1 日前将“回执”寄至：山西太原 165 信箱《新型炭材料》编辑部 邮编：030001，或发送电子邮件到：tcl@sxicc.ac.cn(回执表内容将为通讯录资料，请准确详细填写)

《新型炭材料》编辑部 电话：0351-2025254 传真：0351-4041153, 2025214 联系人：陈玉琴 李艳
天年阁饭店 电话：0971-6176688, 6176677 联系人：邹培辉 手机：13119787127

第七届全国新型炭材料学术研讨会组织委员会
2005 年 6 月 1 日

回 执

姓 名						
性 别						
职务或职称						
电 话						
传真或 E-mail						
单 位						
地 址					邮 编	
是否预订返程票	火车	飞机	目的地		日 期	
备 注						