

生物质活性炭对亚甲基蓝的 吸附平衡和动力学研究

李 勤, 黄亚继, 金保昇, 仲兆平

(东南大学 能源与环境学院, 江苏 南京 210096)

摘 要: 利用玉米芯为原料制备的活性炭吸附水相中不同浓度的亚甲基蓝溶液, 亚甲基蓝的初始浓度为 50~250 mg/L。试验条件: 吸附时间为 1~48 h 亚甲基蓝的初始浓度为 50~250 mg/L, 温度为 30 °C, 得到了玉米芯活性炭吸附亚甲基蓝的吸附等温线和吸附动力学曲线。试验结果表明: Freundlich 吸附等温线模型能够比较准确地描述亚甲基蓝在玉米芯活性炭上的吸附相平衡; 准二级反应模型更准确地描述玉米芯活性炭的吸附过程; 平衡时活性炭的吸附能力为 48.5~225 mg/g。由此可知, 玉米芯活性炭对去除水溶液中的亚甲基蓝染料效果佳, 是一种具有发展潜力的吸附剂。

关 键 词: 生物质活性炭; 亚甲基蓝; 吸附; 平衡; 动力学

中图分类号: X79; TQ424.1 文献标识码: A

引 言

由于活性炭具有高效的吸附性和处理废水运行的简单性, 利用吸附法对工业印染废水的处理越来越受到重视^[1]。但是制备活性炭的原料价格较高, 因此利用活性炭吸附的方法处理废水相对不够经济。为使活性炭的制备的价格降低, 近年来更多的研究工作放在了利用工业和农副产品制备活性炭, 如稻壳、坚果壳、棕榈树干和甘蔗渣等。利用这些物质为原料不仅降低了活性炭的制备成本, 而且实现了以废治废的目的^[2]。由于我国农业废弃物相对较多, 玉米芯的产量很多, 本研究以玉米芯制备的活性炭作为研究对象, 采用美国 Micromeritics 公司产的 ASAP2020M 型自动分析仪得到其比表面积、总孔体积和孔径的分布, 研究了玉米芯活性炭对水溶液中亚甲基蓝的吸附平衡和动力学, 旨在评价玉米芯活性炭在污水治理方面的潜在吸附能力。

1 原料和方法

1.1 活性炭的制备

试验中生物质原料的干燥、炭化和活化均在同一反应器中进行, 该反应器由耐高温石英管、电阻加热器、温度控制器组成。耐高温石英管内径和长度分别为 30 和 1 000 mm。炭化料是在炭化温度为 400 °C、氮气流量为 500 mL/min 下炭化 1 h 制得。炭化料活化时, 活化温度为 600~1 000 °C, 活化时间为 30~150 min, 水蒸气流量 5~25 mL/min。

炭化后物料的活化流程如图 1 所示。微型注射泵出来的水在高纯氮气的携带作用下, 进入石英管与炭化物料发生活化反应。反应所生成的副产品和氮气一起进入锥形瓶进行收集和处理。利用 ASAP2020M 型自动分析仪测定不同工况下的活性炭的比表面积, 得到最大比表面积活性炭的制备工况是: 活化时间 90 min, 活化温度 800 °C 和水蒸气流量 15 mL/min。

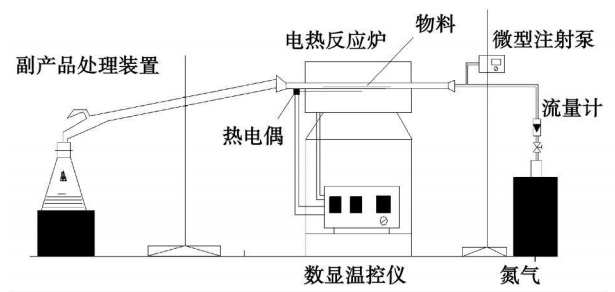


图 1 物理活化法制备活性炭流程

1.2 玉米芯活性炭的结构表征

采用美国 Micromeritics 公司产的 ASAP2020M 型

收稿日期: 2009-07-29 修订日期: 2009-09-02

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)基金资助项目(2007CB210208); 国家自然科学基金资助项目(50776019); 教育部博士点基金资助项目(20070286034)

作者简介: 李 勤(1983-), 女, 安徽亳州人, 东南大学硕士研究生。

自动分析仪得到的 77 K 下玉米芯活性炭 N_2 吸脱附等温线如图 2 所示 (其中的相对压力是指氮气的饱和压力) 它所表示的是指随着氮气饱和压力的变化氮气在活性炭上的吸附量变化关系, 通过氮气在活性炭上的吸附和解吸曲线能够推断出活性炭的孔径类型。测定得到的该活性炭的比表面积、总孔体积和平均孔径分别为 $924.48 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 $0.544 \text{ cm}^3/\text{g}$ 和 2.4 nm , 测定的理论依据是 BET 法和密度函数理论 (DFT)。不同孔径下孔表面积和孔体积分布如图 3 所示。

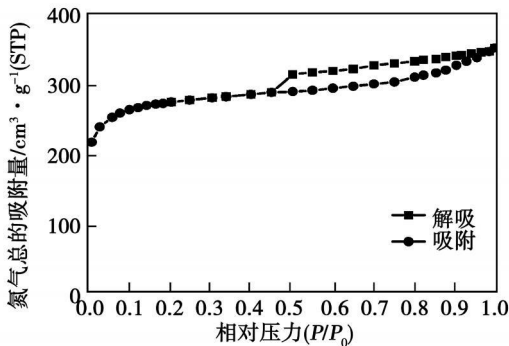


图 2 玉米芯活性炭 77 K 下 N_2 吸脱附等温线

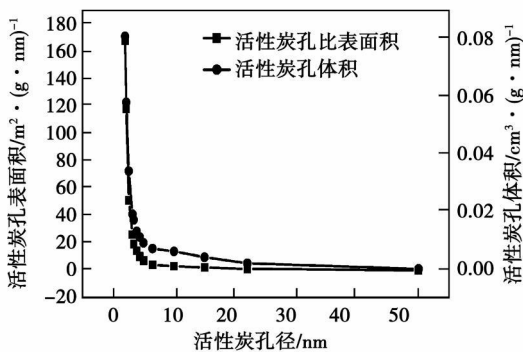


图 3 玉米芯活性炭的孔径分布

依据 IUPAC 分类和图 2 可知, 玉米芯活性炭呈 I 型吸附等温线, 存在 H_2 型滞后环, 说明活性炭中存在大量的中孔和大孔。当压力很低时, 吸附等温线缓慢上升, 说明发生微孔填充, 但是微孔并不是占主导地位。由此可知, 玉米芯活性炭是中孔结构的活性炭。

从图 3 可知, 在孔径 2 nm 左右有一个明显的峰, 表明此种活性炭中孔孔径分布非常窄, 主要集中在 $2 \sim 5 \text{ nm}$ 的范围内, 孔的平均尺寸为 2.4 nm , 属于中孔结构^[4]。由孔径与孔面积和孔体积的关系可知, 孔的面积和孔的体积主要集中在孔径 $2 \sim 6.5 \text{ nm}$ 的范围内。由于亚甲基蓝的分子直径在 $1.1 \sim 1.2 \text{ nm}$ 范围内, 远小于活性炭孔隙的尺寸, 亚甲基

蓝分子在进入这些孔隙时, 不需要取向, 可以以任何取向平行于孔壁方向进入孔隙, 最终吸附在活性点上。从活性炭的结构表征上来说, 玉米芯活性炭对亚甲基蓝具有很好的吸附效果。

2 试验与结果分析

2.1 吸附平衡试验

在长径瓶内装入 100 mL 的亚甲基蓝初始溶液, 浓度范围为 $50 \sim 250 \text{ mg/L}$ 。取 0.1 g 活性炭放入长径瓶内, 在 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 恒温条件下搅拌数小时后, 利用分光光度计分析溶液里亚甲基蓝的最终浓度。此时活性炭对亚甲基蓝的吸附量 q (mg/g) 为:

$$q = [(C_0 - C_t)V] / W \quad (1)$$

式中: C_0 、 C_t —亚甲基蓝溶液的初始浓度和吸附时间为 t 时的浓度, mg/L ; V —亚甲基蓝溶液的体积, L ; W —活性炭质量, g 。

吸附平衡时, 活性炭对亚甲基蓝的吸附量用 q (mg/g) 表示, 此时亚甲基蓝溶液的浓度用 C_e (mg/L) 表示。

2.2 吸附时间和亚甲基蓝初始浓度对吸附平衡量的影响

通过对不同时间下亚甲基蓝溶液的吸附试验, 得到活性炭对不同初始浓度的亚甲基蓝溶液的吸附速率曲线, 如图 4 所示。试验的条件: 温度 $30 \text{ }^\circ\text{C}$, 亚甲基蓝的初始浓度 $50 \sim 250 \text{ mg/L}$ 。

由图 4 可知: 当亚甲基蓝溶液的浓度为 $50 \sim 150 \text{ mg/L}$ 时, 达到平衡时所需吸附时间仅为 8 h 。当浓度为 $200 \sim 250 \text{ mg/L}$ 时, 达到平衡时所需要的吸附时间约为 36 h 。随着吸附时间的延长, 活性炭吸附亚甲基蓝的量也随着增加。当吸附时间超过某个时间后, 从活性炭上解析出来的亚甲基蓝与从水溶液中吸附的亚甲基蓝达到了一个动态的平衡。此时, 活性炭达到最大吸附量, 也即达到了吸附平衡。

亚甲基蓝的初始浓度范围为 $50 \sim 250 \text{ mg/L}$ 时, 平衡时活性炭的吸附能力为 $48.5 \sim 225 \text{ mg/g}$ 。从图 4 可以看出, 吸附过程中活性炭对亚甲基蓝的吸附速率呈先快后慢的趋势, 这主要因为活性炭从溶液里吸附亚甲基蓝有 3 个连续的质量的传递过程。首先, 亚甲基蓝分子通过溶液进行迁移; 其次, 亚甲基蓝分子借助孔的扩散由分子表面进入活性炭内部位置; 最后, 亚甲基蓝分子被吸附在活性炭内部的活性点上。由于亚甲基蓝分子直径小于此活性炭孔隙

的尺寸,亚甲基蓝分子能够迅速进入孔隙,吸附在活性点上。随着活性点上覆盖越来越多的亚甲基蓝,吸附速率由快变慢,这个过程需要相对较长的接触时间^[4-5]。另外,随着亚甲基蓝初始浓度的增加,平衡吸附量随着增加,吸附速率也随之加快。这是由于当亚甲基蓝初始浓度增大时,亚甲基蓝溶液和活性炭间的亚甲基蓝浓度差增大,传质推动力加大,亚甲基蓝分子的扩散速度加快,因而其吸附速率也增大,反之吸附速率则减小。

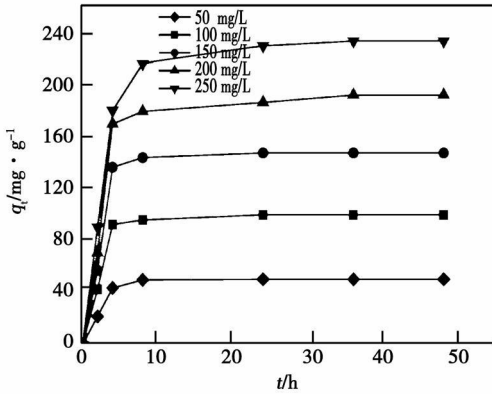


图 4 30 °C下玉米芯活性炭对不同初始浓度的亚甲基蓝的吸附速率曲线 (H=7, W=0.1 g)

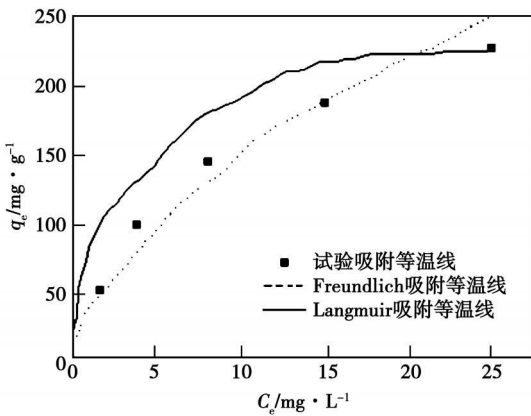


图 5 30 °C下玉米芯活性炭吸附亚甲基蓝的吸附等温线

2.3 吸附等温线

目前,平衡吸附等温线模型主要有 Langmuir 吸附等温线模型和 Freundlich 吸附等温线模型。Langmuir 吸附等温模型表述的是单层表面吸附模型, Freundlich 吸附等温模型表述的是非均匀表面吸附模型^[6]。Langmuir 和 Freundlich 吸附等温线模型方程为:

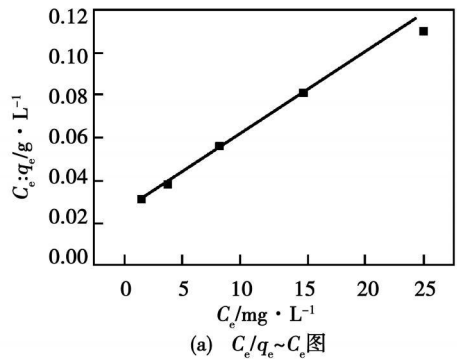
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_b} + \frac{1}{Q_b} C_e \tag{2}$$

$$\log q_e = \log K_F + \left(\frac{1}{n} \right) \log C_e \tag{3}$$

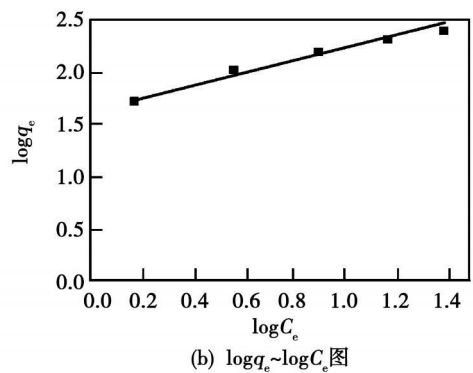
式中: Q_b 、 b —与吸附能力和吸附率相关的 Langmuir 常数; K_F ($\text{mg g}^{-1} (\text{mg L}^{-1})^n$)、 n — Freundlich 常数。

根据图 4 所示平衡数据,得到平衡吸附等温线如图 5 所示。从图 5 的数据拟合情况来看,玉米芯活性炭对亚甲基蓝的吸附更接近 Freundlich 吸附等温线模型。

图 6 (a)和 (b)分别为 C_e/q_e 与 C_e 和 $\log q_e$ 与 $\log C_e$ 的关系图, Q_b 是式 (2) 的斜率倒数, $1/Q_b$ 是截距。由图 6 (a) 即可求出 Q_b 和 b K_F 和 $1/n$ 分别是式 (3) 的截距和斜率; 由图 6 (b) 可以求出, 试验所得数据如表 1 所示。



(a) $C_e/q_e \sim C_e$ 图



(b) $\log q_e \sim \log C_e$ 图

图 6 C_e/q_e 与 C_e 和 $\log q_e$ 与 $\log C_e$ 的关系

表 1 30 °C下吸附亚甲基蓝的 Langmuir 和 Freundlich 吸附等温线的等温常数及相关系数

	系数
Langmuir 吸附等温线	
$Q_b / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	224.6
$b / \text{L} \cdot \text{mg}^{-1}$	0.163
R^2	0.983
Freundlich 吸附等温线	
$1/n$	0.420
K_F	59.293
R^2	0.999

由表 1 可知, Freundlich 吸附等温线模型的相关系数 $R^2 = 0.999$ (Freundlich) $> R^2 = 0.983$ (Langmuir)。另外, $1/n$ 是对吸附强度或吸附表面非均匀的测定。当 $1/n$ 在 $0.1 \sim 0.5$ 之间时, 表示吸附容易进行; 当 $1/n$ 在 $0.5 \sim 1.0$ 之间时, 表示吸附有一定难度; 当 $1/n > 1$ 时, 表示吸附很难进行。 $1/n$ 的值越接近零时, 说明吸附表面越不均匀。当 $1/n < 1$ 时, 表示是正常的 Freundlich 吸附等温线, 当 $1/n > 1$ 时, 表示是混合的吸附^[7]。由于 $1/n = 0.420 < 1$ 是正常的 Freundlich 吸附等温线, 从而进一步证明了 Freundlich 吸附等温线模型更能够准确地描述亚甲基蓝在玉米芯活性炭上的吸附相平衡。

在表 2 中列举了一些不同原料的活性炭对亚甲基蓝的最大吸附量, 由此可知, 本研究中的玉米芯活性炭具有较大的吸附能力。

表 2 不同活性炭对亚甲基蓝溶液最大吸附值的比较

染料	吸附剂	最大吸附量 / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	文献
亚甲基蓝	竹子灰活性炭	143.20	[8]
亚甲基蓝	花生壳活性炭	164.90	[8]
亚甲基蓝	玉米芯活性炭	225.00	本文
亚甲基蓝	黄麻纤维素活性炭	225.64	[4]
亚甲基蓝	椰子壳活性炭	277.90	[8]

2.4 吸附动力学

Langergren 和 Svenska 给出了求解吸附常数率的准一级反应方程^[9], 在动力学中, 除了准一级反应, 还要考虑准二级反应。准一级反应式和准二级反应式为^[10]:

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k_1 t \quad (4)$$

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e} + \frac{1}{q_e} t \quad (5)$$

式中: q —每克吸附剂在 t 时刻所能吸附的吸附物的量, mg/g ; k_1 —准一级反应动力学速率常数, (h^{-1}); k_2 —准二级反应动力学速率常数, $\text{g}/(\text{mg} \cdot \text{h})$; $k_2 q_e^2$ —初始吸附速率, $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。

表 3 30 °C 下不同浓度的亚甲基蓝溶液在玉米芯活性炭上的吸附动力学参数及相关系数

MB/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	准一级动力学					准二级动力学				
	$q_{\text{exp}}/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	k_1/h^{-1}	$q_{\text{cal}}/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	R^2	SSE/%	$k_2/\text{g} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$	$q_{\text{cal}}/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	R^2	SSE/%	
50	48.5	0.5997	21	0.516	19.45	0.0078	50	0.999	1.06	
100	97.3	0.4041	41.3	0.593	31.19	0.0038	98.7	0.999	1.03	
150	142	0.4629	55	0.731	43.71	0.0022	147	0.999	2.21	
200	185	0.1465	68.3	0.674	55.99	0.0015	182	0.999	2.19	
250	225	0.1735	87.2	0.982	66.38	0.0013	224.6	0.999	1.96	

不同浓度下以 $\ln(q_e - q)$ 对 t 作图, 由斜率可以得到 k_1 , 再以 t/q 对 t 作图, 分别可以从斜率和截距得到 q_e 和 k_2 如图 7 所示。

从图 7(a) 可知, 虽然相关系数高于 0.70 但是试验所得 q_e 值和计算值拟合效果很差。然而, 从图 7(b) 可知, 试验所得 q_e 值和计算值的拟合效果较好。由此可知, 玉米芯活性炭对亚甲基蓝的吸附过程更接近准二级反应过程。

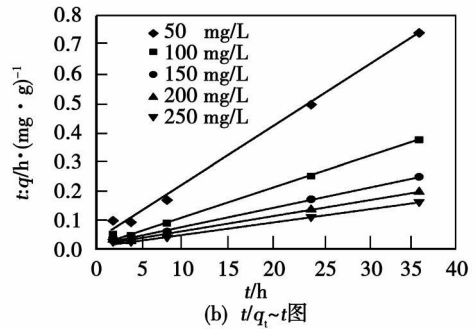
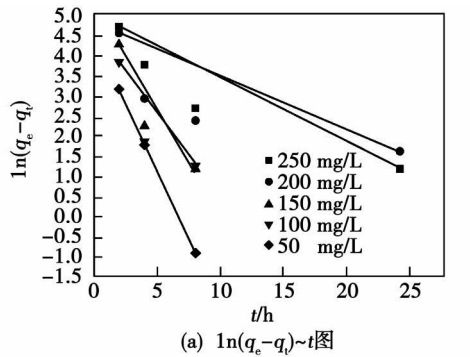


图 7 斜率和截面的关系

除了相关系数 R^2 外, 误差 $\text{SSE}(\%)$ 也可以进一步验证动力学方程的有效性和准确性。相关系数 R^2 越大, 其误差 $\text{SSE}(\%)$ 越小, 动力学方程的效果和准确性就越高。误差 $\text{SSE}(\%)$ 可计算为:

$$\text{SSE}(\%) = \sqrt{\sum (q_{\text{exp}} - q_{\text{cal}})^2 / N} \quad (6)$$

式中: N —数据个数; q_{exp} 、 q_{cal} —试验和计算所得平衡吸附量, mg/g

吸附动力学参数及相关系数如表 3 所示。由表可知, 准二级反应过程的相关系数 $R^2 \gg 0.99$ 同时误差 $SSE \leq 2.21$ 。然而, 准一级反应过程的相关系数 $R^2 \ll 0.99$ 并且误差 $SSE \geq 19.45$ 。由此可知, 玉米芯活性炭吸附亚甲基蓝的过程是准二级反应过程, 属于准二级反应动力学。

3 结 论

研究了 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 下玉米芯活性炭对不同浓度的亚甲基蓝溶液的吸附平衡和动力学, 亚甲基蓝的初始浓度为 $50 \sim 250\text{ } mg/L$ 平衡时活性炭的吸附能力为 $48.5 \sim 225\text{ } mg/g$ 。根据 Langmuir 吸附等温模型、Freundlich 吸附等温模型、准一级反应方程和准二级反应方程分别对吸附数据进行拟合。研究结果表明:

(1) Freundlich 吸附等温线模型更能够准确地描述亚甲基蓝在玉米芯活性炭上的吸附平衡。玉米芯活性炭吸附亚甲基蓝的 Freundlich 吸附等温线表达式为: $\lg q = \lg 9.293 + 0.42 \lg C_e$ 。动力学数据符合准二级反应动力学模型, 它更能够准确地描述亚甲基蓝在玉米芯活性炭上的吸附过程。

(2) 随着亚甲基蓝初始浓度的增加, 平衡吸附量随着增加, 吸附速度也随之加快。

(3) 以玉米芯为原料制备的活性炭可以有效地去除水溶液中不同浓度范围的亚甲基蓝溶液, 而且去除效果较佳, 最大吸附量达到了 $225\text{ } mg/g$ 是一种具有发展潜力的吸附剂。

参考文献:

- [1] BASAR C A. Applicability of the various adsorption models of three dyes adsorption onto activated carbon prepared waste apricot [J]. Hazard Mater 2006 B135: 232—241.
- [2] ANMA A ATTIA G IRGIS B S FATHY N A. Removal of methylene blue by carbons derived from peach stones by H_3PO_4 activation: batch and column studies [J]. Dyes Pigments 2008 76 (1): 282—289.
- [3] KOUTCHEKO S MONREAL C M KODAMA H et al. Preparation and characterization of activated carbon derived from the thermochemical conversion of chicken manure [J]. Bioresource Technol 2007 98(5): 2459—2464.
- [4] SENIHLILMAAR S VARADARAJAN P R FORKODIK et al. Adsorption of methylene blue onto jute fiber carbon: kinetics and equilibrium studies [J]. J Colloid Interface Sci 2005 284(1): 78—82.
- [5] HAMEED B H DN A TM AHMAD A L. Adsorption of methylene blue onto bamboo based activated carbon: kinetics and equilibrium studies [J]. Hazard Mater 2007 141(3): 819—825.
- [6] NAMA SIVAYAM C KAVIHA D. Removal of Congo red from water by adsorption onto activated carbon prepared from cow pith: an agricultural solid waste [J]. Dyes Pigments 2002 54(1): 47—58.
- [7] HAGHSERESHT F LU G. Adsorption characteristics of phenolic compounds onto coal-reject derived adsorbents [J]. Energy Fuels 1998 12(1): 1100—1107.
- [8] KANNAN N SUNDARAM M M. Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons: a comparative study [J]. Dyes Pigments 2001 51(1): 25—40.
- [9] LANGERGREN S SVENSKA B K. Zur theorie der sogenannten adsorption geloster stoffe [J]. Vetenskapsakad Handlningar 1898 24(4): 1—39.
- [10] HO Y S MCKAY G. Sorption of dye from aqueous solution by Peaf [J]. Chem Eng 1998 70(2): 115—124.

新技术、新工艺

提高高温气冷堆—氦气轮机装置效率的途径

据《Тяжелое машиностроение》2009年9月号报道, 高温气冷堆—氦气轮机装置是基于布雷顿循环利用冷却核反应堆的氦气直接在闭式循环氦气轮机中输出功率的装置。

与压水堆汽轮机以及高温气冷堆二回路汽轮机装置比较, 高温气冷堆—氦气轮机装置具有下列优点: 固有的和被动的安全性、热效率高、系统简化设备少、尺寸小和重量轻。

分析氦气轮机—模块式高温气冷堆设计的经验并吸收南非 PBMR 和日本 GTHTR-300 装置研制的经验, 确定了提高高温气冷堆—氦气轮机装置效率的途径, 在参数以及在反应堆和能量转换装置的主要组成部分方面采用最佳的方案就可以提高装置的效率。

如何提高高温气冷堆—氦气轮机装置的效率与涡轮压气机中应用陶瓷材料有关, 后者能经受在 $1\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ 和更高温下长期的运行, 从而有望使高温气冷堆—氦气轮机发电装置的效率提高到 50% 。

(吉桂明 摘译)

the denitration electricity price and putting forth corresponding policies in China. Key words: SCR (Selective Catalytic Reduction)-based denitration device; cost analysis; denitration electricity price; policies on electricity price

中国生物质气化联合循环发电系统的费用及容量选择 = Cost and Capacity Choice of a Combined Cycle Power Generation System Based on Biomass Gasification in China [刊, 汉] / JIA You-jian (College of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming, China, Post Code: 650055), YU Zhi (College of Technology, Zhongshan University, Guangzhou, China, Post Code: 510275), WU Chuang-zhi (Guangzhou Energy Source Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China, Post Code: 510275) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4), —441~444

On the basis of the biomass fuel supply chain of a 4 MW internal combustion engine-steam turbine combined cycle power generation system based on biomass gasification in China, established was a power generation process cost model for estimating the electric power cost of power generation systems. It has been found that the electric power cost is RMB 0.38 Yuan/(kW·h), slightly higher than the average on-line electricity price (RMB 0.25 to 0.35 Yuan/(kW·h)) and lower than the average market retailing price (RMB 0.50 Yuan/(kW·h)). On the basis of the fuel and power generation process cost model, the capacity/scale-based economic benefit of a biomass power plant was discussed. According to the state of the art and current status of biomass fuel (rice straw) supply in China, for a distributed biomass power generation system, a capacity ranging from 6 MW to 8 MW is a feasible choice. Key words: biomass gasification combined cycle; cost model; electric power cost; capacity/scale-based economic benefit

CO₂ 准零排放 SOFC/MGT 混合发电系统研究 = Study of a CO₂ Quasi-zero Emissions-based SOFC/MGT (Solid Oxide Fuel Cell/Micro Gas Turbine) Hybrid Power Generation System [刊, 汉] / DUAN Li-qiang, HE Bin-bin, YANG Yong-ping (Education Ministry Key Laboratory on Power Plant Equipment Condition Monitoring and Control, North China University of Electric Power, Beijing, China, Post Code: 102206) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4), —445~449

On the basis of a top-level cycle SOFC/MGT hybrid power generation system, proposed was a novel CO₂ quasi-zero emissions based SOFC/MGT hybrid power generation system, adopt pure oxygen combustion after hydrogen has been separated from the product at the positive pole of the cell pile, then remove vapor by using a condensing method, thus CO₂ gas can be captured. The product at the negative pole and the hydrogen obtained from a separation were burned in a rear combustor. In combination with specific cases, analyzed was the performance of the system in question and studied was the influence of CO₂ liquefied temperature on the system. Compared with other CO₂ quasi-zero emissions based power generation systems, the novel CO₂ quasi-zero emissions based SOFC/MGT hybrid power generation system boasts an even higher power generation efficiency. The research results can offer useful and instructive reference for studying CO₂ quasi-zero emissions based power generation systems. Key words: SOFC (solid oxide fuel cell), micro gas turbine, hybrid power generation system, CO₂ quasi-zero emissions

生物质活性炭对亚甲基蓝的吸附平衡和动力学研究 = Study of the Adsorption Balance and Kinetics of Biomass Active Carbon Relative to Methylene Blue [刊, 汉] / LI Qian, HUANG Ya-jie, JIN Bao-sheng et al (College of Energy Source and Environment, Southeast University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4), —450~454

Methylene blue solutions at various concentrations in the active carbon adsorption water phase were used, which were prepared by using com cores as the raw material. The initial concentration of methylene blue was within a range from 50 to 250 mg/L. The test conditions were as follows: the adsorption time was listed as 1 to 48 hours.

the initial concentration of methylene blue was within a range from 50 to 250 mg/L and the temperature was 30 °C. The adsorption isotherm and kinetic curves of the com core active carbon when adsorbing the methylene blue were obtained. The test results show that the Freundlich adsorption isotherm model can relatively accurately describe the adsorption phase equilibrium of methylene blue on the com core active carbon. A quasi second stage reaction model can more accurately describe the adsorption process of the com core active carbon. When a balance is established, the adsorption capacity of the active carbon ranges from 48.5 to 225 mg/g. It can be known from the foregoing that the com core active carbon can achieve a best effectiveness for removing the methylene blue pigment in the water solution and is a kind of adsorption agent with a development potential. Key words: biomass active carbon; methylene blue; adsorption; balance; kinetics

导流型垂直轴风力机内部流场计算方法的比较与研究 = Comparison and Study of the Methods for Calculating the Flow Fields inside a Flow-guided Type Vertical Shaft Wind Turbine [J]. 汉 / WANG Xin, TONG Zhengming, WANG Qikun (College of Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4). — 455 ~ 458

On the basis of CFD (computational fluid dynamics) simulation calculations, a multiple reference coordinate system method and a sliding mesh method were used respectively to conduct the numerical simulation of a flow-guided type vertical shaft wind turbine. The scope and occasions of each method suitable for engineering applications were also given. In terms of calculation of the overall external characteristics of this type wind turbine, both calculation methods can arrive at similar conclusions regarding such performances as total torque and others. The multiple reference coordinate system method with a relatively short period is regarded as more suitable. As regards the inner characteristics of local flows, the sliding mesh method, as a nonstationary flow calculation method, can relatively accurately express the change of inner characteristics parameters depending on time and space. For the calculations in this regard, the sliding mesh method, which is comparatively reasonable in physical meaning, is more applicable. Key words: wind wheel; guide wind wheel; numerical simulation; multiple reference coordinate system; sliding mesh

核电汽轮机的特点及选型 = Features and Type Selection of Steam Turbines in Nuclear Power Plants [J]. 汉 / CHEN Juan (Guangdong Provincial Electric Power Design and Research Institute, Guangzhou, China, Post Code: 510663), XU Damao (Guangdong Nuclear Power Group Co., Ltd., Shenzhen, China, Post Code: 518124) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(4). — 459 ~ 462

First described were such features of nuclear power plant turbines as low parameters, adoption of throttling regulation, high steam wetness and additional installation of MSRs (moisture separator and reheater) etc. and analyzed were the main generation causes of these features. Subsequently, the capacity matching and concepts of various capacities were expounded. The features of nuclear power plants themselves include a high manufacturing cost, a low operation cost and absence of greenhouse gas emissions. To allow full play to the merits of nuclear power plants, the reactor and steam turbines adopt a zero allowance matching. The concepts of various capacities are different from those of conventional coal-fired power plants. Finally, the type selection of steam turbines for use in nuclear power plants and comparison of full speed turbines and semi speed ones in terms of cost effectiveness and reliability were discussed in detail. Key words: nuclear power plant unit; steam turbine; type selection; full speed turbine; semi speed turbine