以硅胶和活性炭为基质的复合吸附剂 吸附性能的对比

余楠, 王如竹*

上海交通大学制冷与低温研究所, 上海 200240

* 联系人, E-mail: rzwang@sjtu.edu.cn

2014-11-25 收稿, 2015-01-08 接受, 2015-05-08 网络版发表

国家自然科学基金国际合作重点项目(51020105010)和国家青年科学基金(51206105)资助

摘要 分别以硅胶和活性炭为基质, 配制了硅胶-LiCl(代号SLi40)和活性炭-LiCl(代号ALi40)两种复合吸附剂, 在热重天平中测量了两者的吸附性能并进行了对比研究, 分析了硅胶和活性炭基质对LiCl吸水性能的影响. 实验发现, ALi40的等压线中出现了明显的吸附平台, 说明无水LiCl可能首先会与水发生化学反应生成 $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 结晶水合物, 而这一平台在SLi40中并不明显, 表明硅胶和LiCl会发生作用使LiCl的吸水性能发生了改性. 对比相同条件下的吸水量发现以憎水性的活性炭作为基质可以更好地发挥LiCl本身的吸水性能, 而以硅胶作为基质会对LiCl的吸水性能起到一定的负面影响.

关键词

吸附
基质
氯化锂
硅胶
活性炭

作为一种绿色环保的制冷技术, 吸附式制冷已经成为当前的研究热点. 它可以被低至55℃的热源温度所驱动, 可以有效利用60~150℃的低品位热能(工业余热、太阳能等)^[1]. 但较大的系统尺寸和较低的制冷效率限制了吸附式制冷的发展和应用, 阻碍了其真正走向实用化和产业化, 而近些年兴起的热化学吸附式储热技术的研究则对吸附工质对的性能提出了更高的要求^[2~4]. 提高热驱动的吸附式制冷及储热系统性能的首要任务就是要寻找到高效的吸附工质对. 物理吸附剂由于相比化学吸附剂更加稳定而得到了更广泛的应用. 目前常用的物理吸附工质对包括硅胶/水、沸石/水、活性炭/甲醇等, 但它们的吸附量普遍偏低. 为了进一步提高传统吸附剂的吸附性能, 有效方法之一是向硅胶、沸石等多孔物理吸附剂内浸入吸水性能较强的无机盐如 CaCl_2 ^[5~8], LiCl ^[9,10], MgSO_4 ^[11,12], MgCl_2 ^[13], Na_2S ^[14]等进行改性. 相比传统的物理吸附剂, 改进的复合吸附剂的性能被提高数倍. Aristov^[15]的研究表明, 在复合吸附剂的

吸水过程中, 多孔基质的吸水量仅贡献了总吸水量的6%~7%, 故基质的作用主要体现在增大吸水盐与水蒸气的接触面积, 改善吸附反应动力学方面. 完整的无机盐的吸水过程实际上是一个从无水盐到最后形成盐水溶液的三相过程^[16], 这个过程在机理上可能依次包括以下3个反应: 固态无水盐与气态水蒸气之间的水合反应; 固态无水盐、液态盐溶液与气态水蒸气之间的三相液解; 液态盐溶液与气态水蒸气之间的吸收过程. 这些盐在吸附一定量的水后都会生成盐溶液, 因此基质的另一个作用是利用其丰富的内部微孔体积来承载形成的盐溶液, 防止过量的盐溶液析出而造成吸附性能衰减和对吸附床金属的腐蚀.

相比 CaCl_2 和 LiBr , LiCl 在相同条件下的吸水能力更强^[16], 故本文选用 LiCl 作为吸水盐. 而基质的选择是 LiCl 理论上的强吸水性能能否实现的关键. 硅胶是最为常用的基质, 它自身便具有很强的吸水能力, 亲水性较强, 但硅胶-盐复合吸附剂在配制过程中硅胶颗粒较易发生破碎, 稳定性有待提高^[17]. 活性炭

引用格式: 余楠, 王如竹. 以硅胶和活性炭为基质的复合吸附剂吸附性能的对比. 科学通报, 2015, 60: 2029–2035

Yu N, Wang R Z. Comparison study on the sorption properties of silica gel- and activated carbon-LiCl composite sorbents (in Chinese). Chin Sci Bull, 2015, 60: 2029–2035, doi: 10.1360/N972014-01263

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/N972014-01263>

本身的吸水能力并不强,但它比表面积较大,同时含有丰富的微孔和介孔结构,碳原子结构使其导热率比硅胶颗粒高,而且它在水溶液中物理化学形态都较为稳定^[18,19].本文分别采用硅胶和活性炭为基质,配制了硅胶-LiCl和活性炭-LiCl两种复合吸附剂,比较了两种基质对LiCl吸附性能的影响.

1 复合吸附剂配制

复合吸附剂配制所采用的硅胶颗粒直径为2~4 mm的C型粗孔硅胶(青岛美高),用SG表示;所采用的活性炭是颗粒直径为0.55~0.83 mm的煤质活性炭(上海新活力),用AC表示.两种复合吸附剂的配制过程如图1所示,首先硅胶和活性炭都需在120℃的烘箱内进行数小时的加热以去除吸附的水份和其他杂质,然后将硅胶和活性炭浸润在40%的LiCl溶液中24 h以上,最后将过滤得到的浸有LiCl溶液的硅胶和活性炭颗粒在120℃的烘箱内再次进行加热,即得到硅胶-LiCl和活性炭-LiCl复合吸附剂(分别用SLi40和ALi40表示).实验过程中发现硅胶-LiCl复合吸附剂的浸渍在大气压力下即可完成,而活性炭-LiCl的浸渍则需要在真空条件下才能完成,这主要是由于硅胶的亲水性使得LiCl溶液可以不借助外力就可以挤出微孔内的空气从而顺利的进入硅胶颗粒的内部微孔,而活性炭孔内的残余空气必须采用长时间

的抽真空才能排除.硅胶-LiCl复合吸附剂的浸渍是将烘干后的硅胶样品直接浸泡在40%质量分数的LiCl溶液中然后过滤掉多余溶液并放入烘箱内烘干.活性炭-LiCl复合吸附剂的真空浸渍过程为:将烘干后的活性炭样品置于容器中,容器密封后采用普通两级机械真空泵(极限真空度 10^{-2} Pa)抽真空4 h以上,然后打开阀门使配制好的40%质量分数的LiCl溶液吸入到真空容器中,在经过24 h的浸渍过程后再将样品进行过滤和烘干.

2 实验方法

吸附剂的比表面积和孔径分布等参数的测量使用的是美国麦克仪器生产的ASAP2020物理吸附仪.通过测量吸附剂在77 K液氮温度下对氮气的吸附等温线可以计算得到BET比表面积和孔径分布.硅胶的孔体积计算采用的是GB/T21650.2^[20]中推荐的用于计算介孔及大孔材料孔径分布的BJH方法,该方法将压力降低时氮气吸附体积的变化归于毛细管凝聚物的脱附和毛细管孔壁上多层吸附膜的减薄这两个因素.活性炭主要包含2 nm下的微孔结构,因此采用HK方法来计算其孔分布,HK方法是GB/T21650.3^[21]中推荐的用于测量微孔分布的方法之一,该方法将吸附质液体(液氮)限制在狭缝孔内,通过热力学讨论将平均势能和吸附自由能变化联系起来,得出填充压力与孔径之间的关系.

吸附剂在不同压力和温度下的吸附性能采用基于荷兰安米德的Rubothermo磁悬浮天平热重分析仪改造的系统来进行测量,如图2所示.不同于常规的热重分析仪,该型天平采用悬浮的磁铁来传递重力变化,这样放置样品的腔体和天平的控制单元完全隔离,可以实现在完全封闭的环境中测量不同条件下的样品质量变化,测量更加方便,得到的结果也更加准确.放置于样品篮中的样品质量一般小于1 g,一个精度为0.1℃的PT100温度传感器置于样品篮的正下方,压力测量采用的是量程为0~100 kPa的GE PMP5016压力传感器,其精度为0.04%.样品所在的测量腔体通过阀门和管道与浸渍在恒温槽内的蒸发/冷凝器相连,蒸发/冷凝器内装有一定量的纯水.系统中的管道和阀门外都包有加热带防止水蒸气冷凝成液态.天平的测量分辨率为10 μg,重复性为±20 μg.根据标定文件中的相关数据计算得到仪器温度测量的扩展不确定度($k=2$)优于±0.12℃,压力测量的扩展不

图1 (网络版彩色)复合吸附剂的配制过程。(a) 硅胶-LiCl 复合吸附剂的配制;(b) 活性炭-LiCl 复合吸附剂的配制

Figure 1 (Color online) Preparing process of composite sorbents. (a) Preparation of silica gel-LiCl composite; (b) preparation of activated carbon-LiCl composite

图2 (网络版彩色)磁悬浮天平热重分析仪
Figure 2 (Color online) Magnetic suspension balance TGA

确定度($k=2$)优于 ± 0.46 kPa, 重量测量的扩展不确定度($k=2$)优于 ± 26 μg .

实验前先将样品加热到 120°C , 同时打开真空泵抽真空. 至样品完全脱水后打开连接测量腔体和蒸发/冷凝器的阀门开始吸附. 保持蒸发/冷凝器的温度不变, 在某一温度下吸附达到平衡即得到该条件下的吸附量, 不断降低吸附温度可以得到一条吸附等压线, 改变蒸发/冷凝器的温度可以得到不同压力下的等压线.

3 结果与分析

4种吸附剂的基本参数如表1所示, 复合吸附剂SLi40和ALi40中LiCl的质量分数大致相当, 分别为43.6%和45.5%. 实验中所采用的纯硅胶的BET比表面积($348\text{ m}^2/\text{g}$)仅为活性炭($1026\text{ m}^2/\text{g}$)的1/3, 但其孔体积($0.99\text{ cm}^3/\text{g}$)大于活性炭($0.77\text{ m}^3/\text{g}$). 浸渍LiCl后, 2种吸附剂的比表面积和孔体积均明显减小, 说明LiCl盐颗粒已经成功进入到二者的孔结构中. 4种吸附剂的孔径分布显示在图3中, 硅胶及其复合吸附剂的平均孔径为8 nm左右, 而活性炭及其复合吸附剂主要包含孔径为1 nm以下的微孔.

表1 吸附剂的基本参数
Table 1 Basic parameters of composites

吸附剂	密度 (kg/m^3)	LiCl质量分数 (%)	BET比表面积 (m^2/g)	孔体积 (cm^3/g)	平均孔径 (nm)
SG	415	—	348.32 ± 0.94	0.9908	7.8
SLi40	737	43.6	179.19 ± 0.59	0.5454	8.2
AC	380	—	1025.66 ± 23.47	0.77	0.62
ALi40	697	45.5	375.32 ± 5.85	0.32	0.91

图3 吸附剂的孔径分布. (a) SG 和 SLi40; (b) AC 和 ALi40
Figure 3 Pore size distributions of composites. (a) SG and SLi40; (b) AC and ALi40

通过热重分析仪测得的2种复合吸附剂的等压吸附线如图4所示. 基本规律为吸附量会随着压力的升高和温度的降低而增大. 当温度从100℃开始下降到某个温度时, 2种基质的复合吸附剂均会发生一个激增, 这时吸附量会从0.05 g/g以下迅速增加到2.3 g/g, 这一变化趋势及吸附增加量与理论分析中固态无水盐与气态水蒸气之间的水合反应基本一致^[16], 因此可以认为此过程是无水LiCl水蒸气发生水合化学反应生成了LiCl·H₂O. 不同的是在低压下(0.66和0.96 kPa), ALi40吸附剂可以观察到一个明显的吸附平台, 即吸附量并不随温度变化发生明显变化, 而这一平台在SLi40中并未出现. 平台的出现说明水合反应的产物LiCl·H₂O可以在ALi40吸附剂中稳定存在一定时间, 而在SLi40中此产物不能够在一定的温度区间内稳定存在. 其原因可能是亲水性的硅胶基质的表面基团与LiCl离子之间的接触对LiCl的吸水性能形成了改性^[22]. 对于ALi40, 吸附平台可以维持5~10℃的温度范围, 随着温度的进一步降低, 等压线会第2次出现吸水量的突增, 从0.23 g/g上升到0.4 g/g以上, 这一过程很可能与LiCl的液解现象相对应, 因为液解正是一个吸水量突然增大的过程^[23]. 盐的液解是指当相对湿度升高到某一特定值后, 固态盐的表面会开始生成一层饱和盐溶液, 慢慢的所有固态盐都会变成盐溶液, 这一过程是一个三相共存的过程, 即固态盐、液态饱和盐溶液、气态水蒸气同时存在. 值得注意的是, 以上吸附平台和2次吸附量突增在1.66 kPa的等压线下并未出现, 这可能是因为LiCl·H₂O产物在较高的水蒸气压力下很难稳定存在.

图5为SLi40和ALi40在相同压力(1.66 kPa)下的吸附量对比. 可以看出, 在吸附温度较低时, ALi40的吸附量明显高于SLi40, 在30℃时, ALi40的吸附量高达0.97 g/g, 高于SLi40的0.74 g/g. 计算表明, ALi40的吸附量已经基本等于LiCl质量分数为45.5%的LiCl盐在此条件下单独计算的吸附量, 说明LiCl的吸水性能没有受到活性炭的影响, 而LiCl质量分数为43.6%的SLi40复合吸附剂的吸附量只有ALi40的76%, 说明以憎水性的活性炭作为基质不会影响LiCl本身的吸水性能, 而以硅胶作为基质会对LiCl的吸水性能产生一定的负面影响. 但由于ALi40的孔体积小于SLi40, 其液解后生成的盐溶液更容易从基质中流出, 这一问题需要在实际应用中引起注意.

吸附特征曲线是吸附剂分析中常用的分析手段^[24,25], 它的理论基础是Polanyi吸附势能理论, 吸附剂吸附平衡计算中常用的DA方程即是基于吸附势能理论发展而来. 这个理论采用热力学观点, 认为吸附剂表面及其周围一定空间范围内存在吸附势, 这种吸附势(或叫表面自由能)可以用被吸附气体的等温压缩功表示, 即

$$\Delta F = -RT \ln \frac{P_{\text{sat}}}{P}, \quad (1)$$

其中, R 表示气体常数; P_{sat} 表示对应于吸附剂温度 T 的吸附质饱和压力; P 为吸附平衡时的吸附质压力. 通过吸附势能这一参数, 可以把不同温度和压力下测得的吸附量数据整合成一条特征曲线, 更加直观地得到吸附量与吸附势能的关系. 图6给出了SLi40和ALi40的吸附特征曲线, 可以看出, 吸附势能理论确

图4 等压吸附线. (a) SLi40; (b) ALi40

Figure 4 Sorption isobars. (a) SLi40; (b) ALi40

图5 SLi40 和 ALi40 的 1.66 kPa 等压线对比
Figure 5 Sorption isobar comparison between SLi40 and ALi40 at 1.66 kPa

实可以较好地给出温度压力参数与吸附量之间的关系。2条曲线给出的规律与图4中的基本一致, ALi40的化学吸附平台可以清晰地表示在特性曲线上。

硅胶及以硅胶为基质的复合吸附剂的吸附平衡方程的拟和一般是直接采用单个DA方程^[9,17], DA方程是一个三参数的方程, 它的优点是形式简单, 但单个DA方程能否描述不同温度和压力范围下的吸附量一直存在疑问。从图6中得到的SLi40和ALi40的吸附特征曲线可以发现采用单一的方程来拟和宽广工况下复合吸附剂的吸附性能是不合适的。由于LiCl本

身吸水性能的影响, 复合吸附剂曲线被分成了好几段, 所以完整描述SLi40吸附剂的吸附平衡曲线需要分为3个区间分别进行拟和计算, 而完整描述ALi40吸附剂的吸附平衡曲线需要对5个区间分别进行拟和计算。最后我们可以根据该曲线分段拟和出2个样品的吸附平衡方程, 用于后续的吸附制冷循环模拟计算过程。

4 结论

本文分别以硅胶和活性炭为基质, 配制了硅胶-LiCl和活性炭-LiCl两种复合吸附剂, 在闭式热重天平中测量了两者的吸附性能, 进而对两者的吸附性能进行了对比研究, 分析了硅胶和活性炭基质对LiCl吸水性能的影响。实验发现, 活性炭-LiCl复合吸附剂样品ALi40的等压线中出现了明显的吸附平台, 这可能是无水LiCl首先会与水发生化学反应生成 $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 结晶水合物, 而且可能对应于 $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 样品的液解过程在等压线上也能明显反应出来。而以上现象在硅胶-LiCl复合吸附剂SLi40中并不明显, 这可能是由于硅胶和LiCl会发生作用使LiCl的吸水性能发生了改性。在30℃时, ALi40的吸附量高达0.97 g/g, 高于SLi40的0.74 g/g, 说明憎水性的活性炭由于不与LiCl发生作用, 用其作为基质可以更好地发挥LiCl本身的吸水性能, 而以亲水性的硅胶作为基质会对LiCl的吸水性能产生一定的负面影响。

图6 (网络版彩色)吸附特征曲线. (a) SLi40; (b) ALi40
Figure 6 (Color online) Sorption characteristic curve. (a) SLi40; (b) ALi40

参考文献

- 1 Wang R Z, Wang L W. Adsorption refrigeration green cooling driven by low grade thermal energy. *Chin Sci Bull*, 2005, 50: 193–204
- 2 Yu N, Wang R Z, Wang L W. Sorption thermal storage for solar energy. *Prog Energy Combust*, 2013, 39: 489–514
- 3 Cot-Gores J, Castell A, Cabeza L F. Thermochemical energy storage and conversion: A-state-of-the-art review of the experimental research under practical conditions. *Renew Sust Energ Rev*, 2012, 16: 5207–5224
- 4 Jänchen J, Stach H. Adsorption properties of porous materials for solar thermal energy storage and heat pump applications. *Energy Procedia*, 2012, 30: 289–293
- 5 Aristov Y I, Tokarev M M, Cacciola G, et al. Selective water sorbents for multiple applications, 1. CaCl_2 confined in mesopores of silica gel: Sorption properties. *React Kinet Catal L*, 1996, 59: 325–333
- 6 Aristov Y I, Tokarev M M, Restuccia G, et al. Selective water sorbents for multiple applications, 2. CaCl_2 confined in micropores of silica gel: Sorption properties. *React Kinet Catal L*, 1996, 59: 335–342
- 7 Zhu D S, Wu H J, Wang S W. Experimental study on composite silica gel supported CaCl_2 sorbent for low grade heat storage. *Int J Therm Sci*, 2006, 45: 804–813
- 8 Daou K, Wang R Z, Xia Z Z, et al. Experimental comparison of the sorption and refrigerating performances of a CaCl_2 impregnated composite adsorbent and those of the host silica gel. *Int J Refrig*, 2007, 30: 68–75
- 9 Gong L X, Wang R Z, Xia Z Z, et al. Adsorption equilibrium of water on a composite adsorbent employing lithium chloride in silica gel. *J Chem Eng Data*, 2010, 55: 2920–2923
- 10 Gong L X, Wang R Z, Xia Z Z, et al. Experimental study on an adsorption chiller employing lithium chloride in silica gel and methanol. *Int J Refrig*, 2012, 35: 1950–1957
- 11 Van Essen V M, Zondag H A, Cot Gores J, et al. Characterization of MgSO_4 hydrate for thermochemical seasonal heat storage. *J Sol Energ Eng-Trans ASME*, 2009, 131: 0410141
- 12 Posern K, Kaps C. Calorimetric studies of thermochemical heat storage materials based on mixtures of MgSO_4 and MgCl_2 . *Thermochim Acta*, 2010, 502: 73–76
- 13 Zondag H, Kikkert B, Smeding S, et al. Prototype thermochemical heat storage with open reactor system. *Appl Energ*, 2013, 109: 360–365
- 14 Boer R D, Haije W G, Veldhuis J B J, et al. Solid-sorption cooling with integrated thermal storage: The sweat prototype. In: *Proceedings of the 3rd International Heat Powered Cycles Conference (HPC 2004)*. Larnaca: Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), 2004
- 15 Aristov Y I. New family of solid sorbents for adsorptive cooling: Material scientist approach. *J Eng Thermophys-Rus*, 2007, 16: 63–72
- 16 Yu N, Wang R Z, Lu Z S, et al. Evaluation of a three-phase sorption cycle for thermal energy storage. *Energy*, 2014, 67: 468–478
- 17 Daou K, Wang R Z, Xia Z Z. Development of a new synthesized adsorbent for refrigeration and air conditioning applications. *Appl Therm Eng*, 2006, 26: 56–65
- 18 Huang H, Oike T, Watanabe F, et al. Development research on composite adsorbents applied in adsorption heat pump. *Appl Therm Eng*, 2010, 30: 1193–1198
- 19 Tso C, Chao C Y. Activated carbon, silica-gel and calcium chloride composite adsorbents for energy efficient solar adsorption cooling and dehumidification systems. *Int J Refrig*, 2012, 35: 1626–1638
- 20 General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China/Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 21650.2-2008 Pore size distribution and porosity of solid materials by mercury porosimetry and gas adsorption—Part 2: Analysis of mesopores and macropores by gas adsorption (in Chinese). Beijing: Standards Press of China, 2008 [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局/中国国家标准化管理委员会. GB/T 21650.2-2008压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度. 第2部分: 气体吸附法分析介孔和大孔. 北京: 中国标准出版社, 2008]
- 21 General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China/Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 21650.3-2011 Pore size distribution and porosity of solid materials by mercury porosimetry and gas adsorption—Part 3: Analysis of micropores by gas adsorption (in Chinese). Beijing: Standards Press of China, 2011 [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局/中国国家标准化管理委员会. GB/T 21650.3-2011压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度. 第3部分: 气体吸附法分析微孔. 北京: 中国标准出版社, 2011]
- 22 Gordeeva L, Gubar A, Plyasova L, et al. Composite water sorbents of the salt in silica gel pores type: The effect of the interaction between the salt and the silica gel surface on the chemical and phase compositions and sorption properties. *Kinet Catal+*, 2005, 46: 736–742
- 23 Mauer L J, Taylor L S. Water-solids interactions: Deliquescence. *Annu Rev Food Sci T*, 2010, 1: 41–63
- 24 Simonova I A, Freni A, Restuccia G, et al. Water sorption on composite “silica modified by calcium nitrate”. *Micropor Mesopor Mat*, 2009, 122: 223–228
- 25 Riffel D, Schmidt F, Belo F, et al. Adsorption of water on grace silica gel 127 b at low and high pressure. *Adsorpt*, 2011, 17: 977–984

Comparison study on the sorption properties of silica gel- and activated carbon-LiCl composite sorbents

YU Nan & WANG RuZhu

Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

The development of solid sorption refrigeration and sorption thermal storage technologies largely depends on the performance of sorbents. Compared with conventional water sorbents, such as silica gel, inorganic salts, such as LiCl, show great water sorption capacity. However, LiCl, a type of hygroscopic salt, is likely to liquefy upon contact with water vapor. A possible solution to this problem is to use porous matrices that can incorporate LiCl. The large internal pore volume of the matrix can contain excess LiCl solution, whereas the large specific surface area can enhance sorption kinetics. To find a suitable host matrix for LiCl, two types of host matrices, namely, silica gel and activated carbon, were examined. The prepared silica gel-LiCl and activated carbon-LiCl composite sorbents were denoted as SLi40 and ALi40, respectively. SLi40 was prepared under ambient pressure, whereas ALi40 required preparation under vacuum conditions. The pore size distributions of the samples were measured on an ASAP2020 gas adsorption analyzer. The pore volume of SLi40 was larger than that of ALi40. A comparative study on the sorption properties of the composites was performed to assess the effect of the matrix on the water sorption properties of LiCl. The sorption properties of the two composites were tested in a closed thermogravimetric balance. Sorption platforms were observed for the activated carbon-LiCl composite under the pressures studied, indicating the occurrence of hydration reactions between anhydrous LiCl and water vapor, generating LiCl monohydrate as the reaction product. A plateau was not observed at higher pressures (i.e., 1660 Pa), indicating that $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ was unstable at high pressures. In contrast, sorption platforms were not observed for SLi40, indicating that interactions between silica gel and LiCl may have modified the water sorption characteristic of LiCl. At a sorption temperature of 30 °C, the water uptake of ALi40 reached 0.97 g/g, which was considerably higher than that of SLi40 (0.74 g/g). This result indicates that activated carbon is a better choice of matrix than silica gel. Overall, comparison of the water uptake results shows that activated carbon plays a positive role toward the water sorption of LiCl owing to its hydrophobicity, whereas silica gel influences the water sorption property of LiCl to some extent.

sorption, matrix, lithium chloride, silica gel, activated carbon

doi: 10.1360/N972014-01263