

文章编号:1007-2780(2012)04-0456-010

基于分子间氢键的棒状手性液晶的研究进展

左飞龙,吴奕环,时志强,武长城*

(天津工业大学 材料科学与工程学院 改性 with 功能纤维天津市重点实验室,天津 300160,E-mail:zhangjina2007@163.com)

摘 要: 分子间氢键棒状手性液晶因其兼具手性液晶奇特的光电性能和氢键液晶的便捷制备以及独特的外界刺激响应性,在功能材料、非线性光学、生物医学等领域具有潜在的应用价值,一直是超分子液晶领域的研究热点。文章按照形成氢键互补基团的不同,将其划分为 3 种类型,即羧酸-羧酸类、羧酸-吡啶类和其他类型氢键,介绍了这三类氢键棒状手性液晶近年来的研究进展。详细归纳了氢键质子给受体的分子结构、氢键稳定性、手性中心位置、取代基、柔性链长度等对液晶性能的影响,并在此基础上,对其未来发展做了展望。

关 键 词: 液晶;氢键;手性;棒状;超分子

中图分类号: O753+.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0456

Progress of Rod-like Chiral Supramolecular
Liquid Crystals Based on Intermolecular Hydrogen Bonding

ZUO Fei-long, WU Yi-huan, SHI Zhi-qiang, WU Chang-cheng*

(Tianjin Key Laboratory of Fiber Modification and Functional Fiber,
Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China,E-mail:zhangjina2007@163.com)

Abstract: Due to its unique optical-electro properties, facile synthesis and stimuli responsiveness to the environment, chiral supramolecular liquid crystals based on intermolecular hydrogen bonding have been becoming one of the hot topics in domain of supramolecular chemistry and been winning more application in functional materials, nonlinear optics and biomedical science, etc. This paper presents a brief review on the rod-like hydrogen-bonding chiral liquid crystals (RHCLC). The molecular structure, chiral group, substituent group, flexible chain, stability of these hydrogen-bonded supramolecular complexes and their relation to the observed liquid crystalline phases are the main topics of this review. Recent research achievements about RHCLC sorted by hydrogen bonds groups such as carboxylic acid and pyridine are introduced. At last the future development of RHCLC is prospected.

Key words: liquid crystal; hydrogen bond; chirality; rod-like; supramolecule

1 引 言

随着近代光电技术尤其是信息显示技术的飞跃发展,世界各地研究者对于手性液晶的研究越

来越深入和广泛。手性液晶可以形成胆甾相(Ch)、手性近晶相(Sm*)、扭曲晶粒边界相(TGB)和蓝相(BP)等手性相(图 1)。其中胆甾相(又称为手性向列相 N*)分子排列成层^[1],分子长轴平行于层平面,并沿着法线方向均匀地扭曲,

收稿日期:2012-03-24; 修订日期:2012-05-16
作者简介:左飞龙(1984—),男,河北石家庄人,硕士研究生,主要从事液晶材料合成与研究工作。
* 通讯联系人,E-mail:ccwu@tjpu.edu.cn

具有非常奇妙的光学性质:圆偏振光的选择反射,强烈的旋光性以及圆二色性等。手性近晶相分子成层排列并与层面倾斜,倾斜方位沿着层法线逐渐改变形成螺旋结构。其中 SmC^* 和 SmC_A^* 分别具有铁电性和反铁电性。根据层状堆积序列, TGB 相^[2]可分为 TGBA, TGBB, TGBB*, 其层状结构分别类似于直角 SmA , 倾斜 SmC , 螺旋 SmC^* 。在 TGB 相,一方面像胆甾相一样指向矢逐渐扭曲,另一方面又像近晶相一样分子平面间等距分布。所以自然出现在胆甾相和近晶相之间。相对于胆甾相分子只沿着一条轴扭曲,蓝相同时沿着相互垂直的两条轴扭曲排列。至今发现 3 个蓝相^[3]:BPⅠ, BPⅡ, BPⅢ。其螺距比一般胆甾相小,光学上各向异性,但是具有强烈的旋光性。

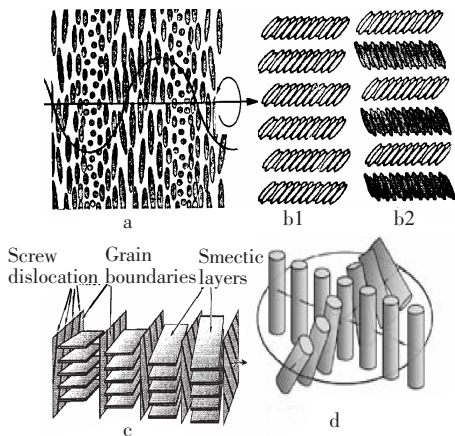


图 1 a:手性向列相,b1:铁电手性近晶 C 相,b2:反铁电手性近晶相,c:扭曲晶粒边界相(TGB),d:蓝相(BP)^[3]。

Fig. 1 a: Chiral nematic (N^*), b1: ferroelectric chiral smectic C (SmC^*), b2: antiferroelectric chiral smectic C (SmC^*), c: twist grain boundary (TGB), d: blue phase (BP).

氢键是超分子化学中分子间弱相互作用力中存在最广泛最研究深入的作用力之一^[4]。氢给体和氢受体,甚至本身可能都不是液晶,可以通过自组装形成氢键相互作用的超分子液晶(图 2)^[5]。氢键液晶的研究可以追溯到 1989 年,Kato 和 Frechet^[6-7]等人在液晶分子设计中引入氢键,开创了氢键液晶研究的先河。利用氢键来设计和合成液晶材料可以避免复杂的共价键分子的合成,并且氢键液晶具有独特的动力学功能和外界刺激响应特性。

利用氢键这种组装方式制备的手性液晶出现了手性中心位点的调节更加简便、温度更低更接

近于室温、手性螺旋结构对于外场刺激更加灵敏等一系列特点。1990 年 Lehn 等^[8]第一次制备了开放型手性氢键液晶。此后关于氢键手性液晶的研究大量兴起。本文将按照形成氢键的互补基团的不同,分别介绍手性氢键棒状液晶。

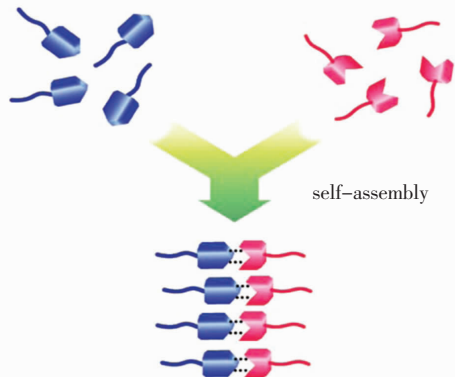


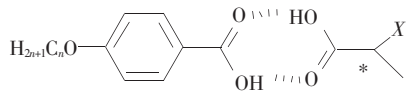
图 2 氢给受体自组装成超分子^[5]

Fig. 2 Supramolecule formed by hydrogen donor and acceptor through self-assembly

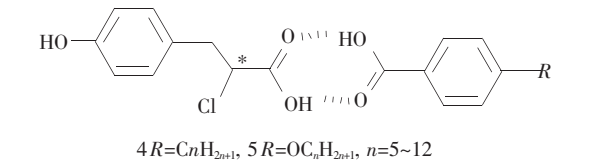
2 手性氢键棒状液晶的研究进展

2.1 羧酸二聚体

自从 Meyer^[9]在倾斜近晶相中发现铁电性,铁电液晶的研究和利用就被大量展开。(反)铁电性给 LCD 技术在显示领域发展起了巨大推动作用,然而,生产具有高自发极化值(P_s)、低黏度、低开关时间、可调倾斜角度的室温铁电液晶仍然有待深入研究。近来发现超分子相互作用的软键在这方面具有独特的优势,因此手性羧酸二聚体形成的氢键铁电液晶(HBFLC)引起了研究者的巨大兴趣。Potukuchi 等^[10]系统研究了一系列由手性与非手性的羧酸组成的氢键二聚体 2,3。相对于烷氧基苯甲酸二聚体,复合物 2,3 出现了手性向列相和单变的 SmG 相。由于氢键方向和长轴不一致,增加了倾斜近晶相的范围,增强了倾斜液晶相的稳定性,而且溴取代的手性羧酸比氨基的影响效果大。氢键在此铁电液晶中的作用^[11-12]是:(1)诱导更大的倾斜角,这预示着器件更宽的可视角度。(2)降低液晶的清亮点,增加了液晶的热稳定性,但是具有相对较低的 P_s 值。可见软键相互作用的液晶更加适应于调节液晶的物理性能。

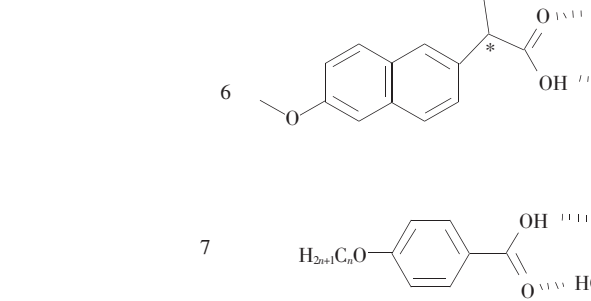


印度的学者 Vijayakumar 和 Madhu Mohan 还研究了以下几个系列的氢键铁电液晶 (HB-FLC)。



此系列^[13-15]中复合物 4 只出现单变 SmG^* ，并且其范围几乎不随着碳原子数的变化而改变，但其清亮点却从 $n=5$ 的 $117\text{ }^{\circ}C$ 降到 $n=8$ 的 $87\text{ }^{\circ}C$ 。复合物 5 表现出丰富的液晶相 N^* ， SmC^* ， SmF^* ， SmG^* 。可见氧原子增强了相的多态性。复合物 5 在 $n=8$ 时，出现了电场致相转变，即此向列相液晶不同电压电场刺激下出现了 E1, E2, E3, E4 四个新相。每一个相的织构和阈电压水平各不相同，当电场撤掉，原初的向列相织构出现，因此所有的场致转变是可逆的。

在复合物 6^[16]中发现了有趣的同质异形织构变化：在 $n=6$ 时，液晶在 $97.7\text{ }^{\circ}C$ - $95.1\text{ }^{\circ}C$ - $92.8\text{ }^{\circ}C$ 的降温过程中，其织构依次从多彩的马赛克织



2.2 羧酸吡啶类

吡啶和羧基之间的氢键具有良好的热稳定性，由于其氢键能高达 45 kJ/mol ，两者形成的氢键的缔合常数比羧基之间形成的氢键缔合二聚体^[21]（键能约 28 kJ/mol ）的常数要高，所以将羧酸和吡啶混合时可以取代羧酸二聚体而生成更加稳定的氢键，故羧基/吡啶体系受到最广泛的关注和深入研究。

2.2.1 非胆固醇基类

由对位取代的苯甲酸和对位取代的苯乙烯基吡啶通过氢键连接后，形成了 3 个苯环的刚性结构，具有稳定的液晶相，带手性尾链的此类复合物被大量研究。

最早是在 1993 年 Takashikato 等^[22]合成了复合物 8，此复合物在 $n\geq 7$ 时出现 SmC^* ，这是第一个小分子构成的氢键铁电液晶，而且其自发

构到明亮的蓝色条纹再到亮绿最后出现微红，此过程一直是 SmG^* 。此性质可用于双折射变温材料。

复合物 7^[17-20]是由左旋酒石酸通过氢键连接两个对烷氧基苯甲酸形成的铁电液晶。其中出现了一个新的具有蠕虫状织构的近晶相(图 3)，称为假手性近晶 C 相 (SmC^*p)，有很小的热范围，夹在 SmC^* 和具有纹影织构的重入 SmC^* (SmC^*r) 之间。

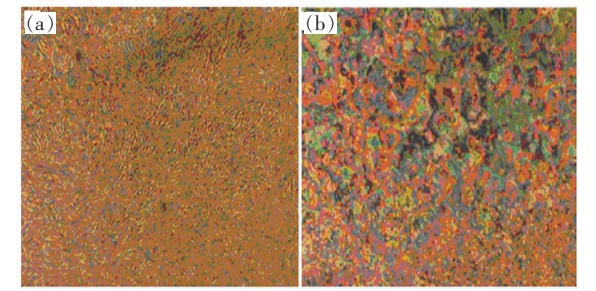
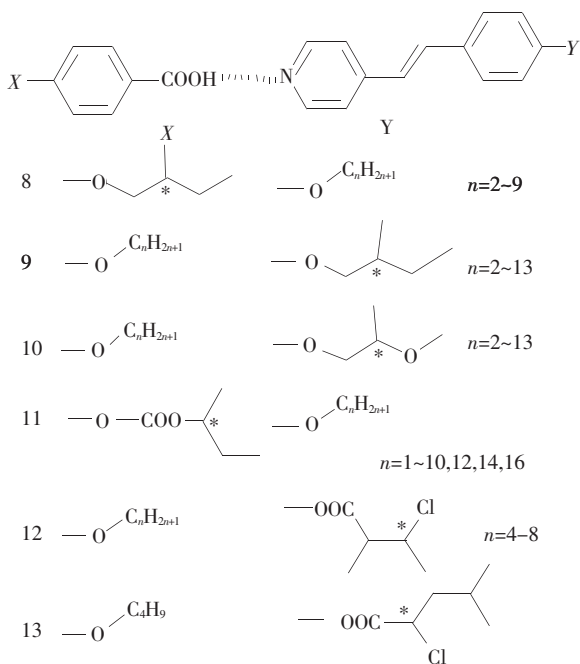


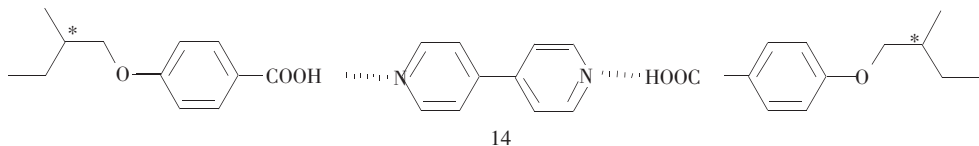
图 3 (a) SmC^*p 的蠕虫样的织构, (b) SmC^*r 的纹影织构^[19]
Fig. 3 (a) worm like texture of pseudo-smectic C* , (b) Texture of reentrant smectic C* .

极化值在 $n=8$ 时达到 33.0 nC/cm^2 ，比同样的手性中心(2-甲基丁基)的共价键的铁电液晶的自发极化值高。之后又制备了复合物 9, 10^[23]。三者的刚性液晶核相同，不同的是他们的手性基团在相反的位置，短尾链时 ($n=2$) 液晶行为包括相序和相转变温度非常类似。但是随着碳链的增长，8 的清亮点稳定升高，而 9 的降低。因此碳链越长，二者清亮点差别越大。将 9 中和手性碳相连的亚甲基换成氧原子便得到 10，两者相序相同，但 10 的清亮点低于 9，而且在 10 的 SmC^* 的偏光显微织构中发现了关于 SmC^* 的螺距的线状纹。

不同光学纯度的物质对手性相有不同的影响。Yu^[24]合成了复合物 11，当氢给体为具有光学活性的取代苯甲酸时， $n=1, 2$ 显示 N^* 相和 BP，首次在氢键复合物中发现蓝相。当氢给体为



无光学活性的外消旋物质时,只出现了 N、SmC、SmA。可见外消旋化合物不能形成手性相。

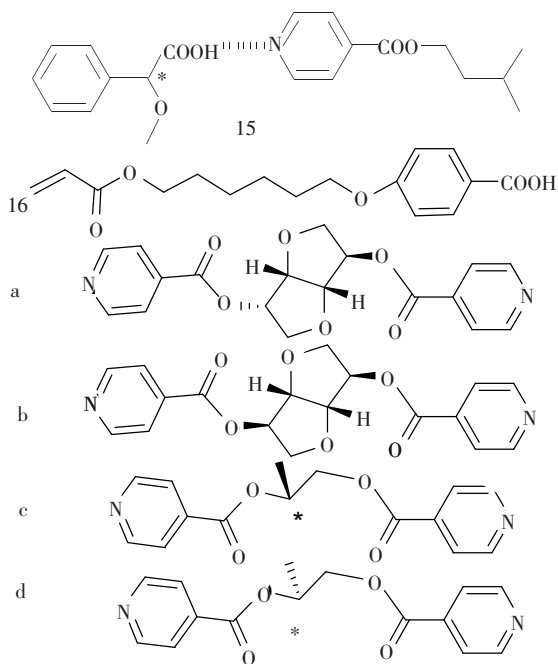


将手性分子作为掺杂加入向列相(N)液晶中可以诱导出出现 N^* , 根据手性掺杂物浓度的不同可以调节控制 N^* 的螺距,进而调节其选择反射带。氢键手性掺杂(HCD),可能会出现传统共价键手性掺杂所不具有的奇特的性质。杨槐等合成的复合物 15 用做手性掺杂加入到 N 液晶中,其选择反射带随温度变化表现出跳跃式蓝移。当样品从 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 升温到 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 时,选择反射带表现出从 $680\sim 640\text{ nm}$ 连续的蓝移,而从 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $68\text{ }^\circ\text{C}$,反射带跳跃到了 460 nm 。 $20\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 的连续蓝移是由于温度升高,导致了螺旋扭曲力(HTP)的减小, N^* 的螺距变大,反射带逐渐蓝移。而大于 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 后 HCD 的给受体间开始氢键断裂,到 $68\text{ }^\circ\text{C}$ 给受体间成为两个独立新的手性掺杂在起作用,其使得螺旋扭曲力(HTP)大幅改变,因此出现跳跃式蓝移,颜色从红色变到橘黄色到蓝色。

同样,郭金宝等^[28]制备了一系列 HCD,以羧酸衍生物 16 分别和 a,b,c,d 四种手性中心连接的双吡啉衍生物以 2:1 的摩尔比混合成氢键复合物。16 可以形成 SmA 相和 N 相,但奇怪的是四种复合物却无液晶性,原因可能是异山梨醇手性

田颜清等^[25, 26]制备的 12 也具有丰富的液晶相,而且其清亮点具有奇偶效应。但是只多一个亚甲基的 13 却只有 SmA,我们认为可能是由于作者只研究了 $n=4$ 的情况,若是减小或增长碳链,可能会相应地出现手性相。

可以通过控制氢给受体的比例来调节液晶行为,Grunert 等^[27]研究导致这一现象的机理。其制备的复合物 14,由两个手性苯甲酸和一个对位双吡啉形成双氢键。包含 $10\%\sim 50\%$ 的联吡啉具有液晶相: N^* , SmA,BP。随着联吡啉的增多蓝相范围减小,到 30% 的时蓝相消失, N^* 范围也减小,到 40% 时 N^* 也消失。原因是 30% 形成了最多的氢键,具有 SmA, N^* , 近晶相的形成可以认为是微观相分离,液晶核形成了一个刚性区域,烷基链形成了一个柔性区域,如果增大联吡啉,其溶解在了芳香核区域,分层导致 N^* 消失。相反如果酸过量,羧酸二聚体形成,二聚体不能适应层状近晶相结构,使得近晶相不稳定。



中心和异丙醇手性中心位于复合物中间,破坏了整个分子的线性,导致分子不能有效堆积成液晶。

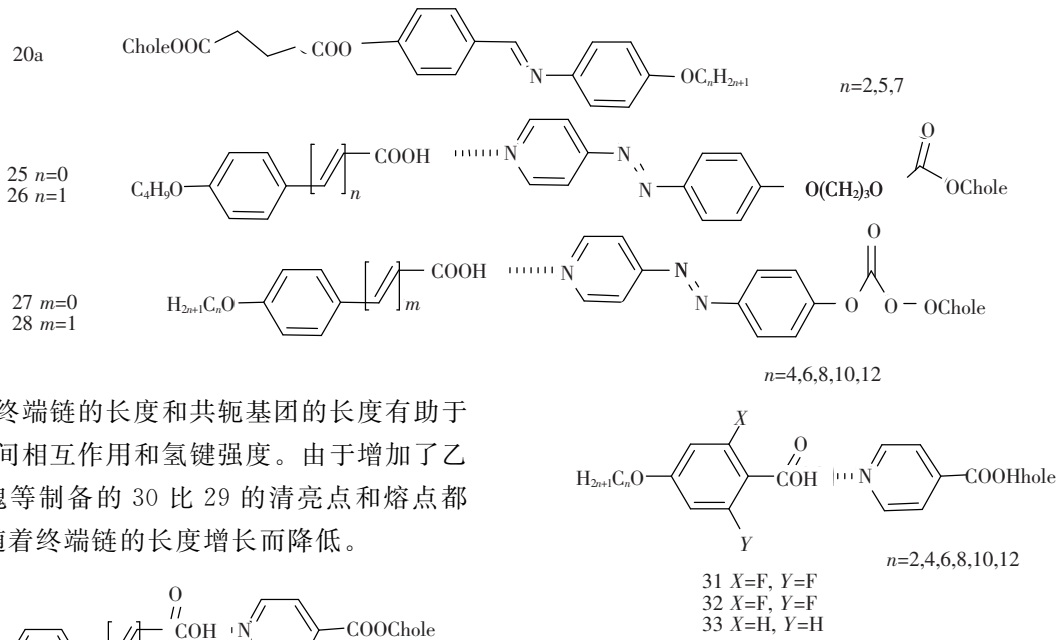
蓝相具有独特光学性能,无双折射但是能选择反射圆偏振光,杨槐等制备的复合物 17^[29]由 S 构型的手性苯甲酸和非手性吡啉衍生物组成,

为无公度的 SmA 相,这是第一次在氢键二聚体液晶中发现无公度相。结合了固态的机械性能和液晶的光学性能的玻璃态液晶在光学和光电学有很大的应用。Tamaoki 等^[41]将复合物 22 系列形成的在不同温度下显示不同颜色的胆甾相液晶骤冷下来制得了不同颜色的玻璃态液晶。

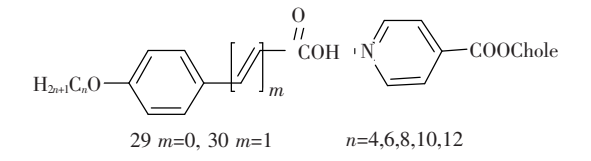
通过冯喜增等^[42-43]制备的复合物 23 可以得出一个新的增强手性的方法:向手性液晶中加入非手性化合物,和原手性液晶形成分子间氢键,以增强手性。向胆固醇丁二酸单酯中加入联吡啶后,通过圆二色谱和螺距的测量证实复合物手性液晶略微更强。可能的原因是形成的氢键复合物

作为一个新的手性基团起作用,比原手性原料有更大的不对称性。姜世梅等^[44]合成的复合物 24 在醇和芳烃溶剂中表现出强的凝胶作用。这个同时具有凝胶和液晶性能的例子,启示我们开发新的多功能材料。

同时含有偶氮和胆甾醇基的液晶当被光激发的时候可以表现出螺距和选择反射波长的变化,即光致相转变。偶氮化合物在光的照射或电场下可以进行顺反异构的转化。Das 等^[45-46]合成了一系列此类液晶 25~28,其中 25 和 26 在 N* 时快速冷却到 0℃形成了彩色玻璃态固态,此颜色在室温下可以保持超过 8 个月不变。

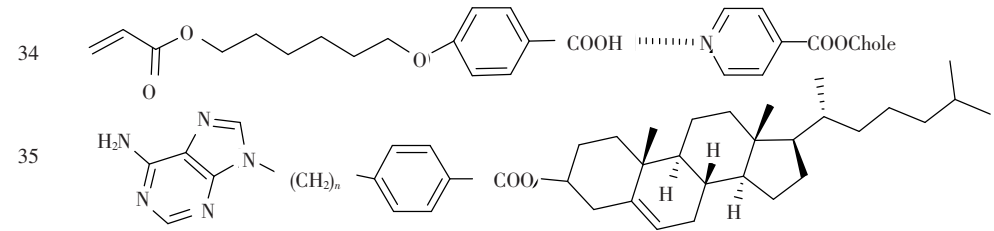


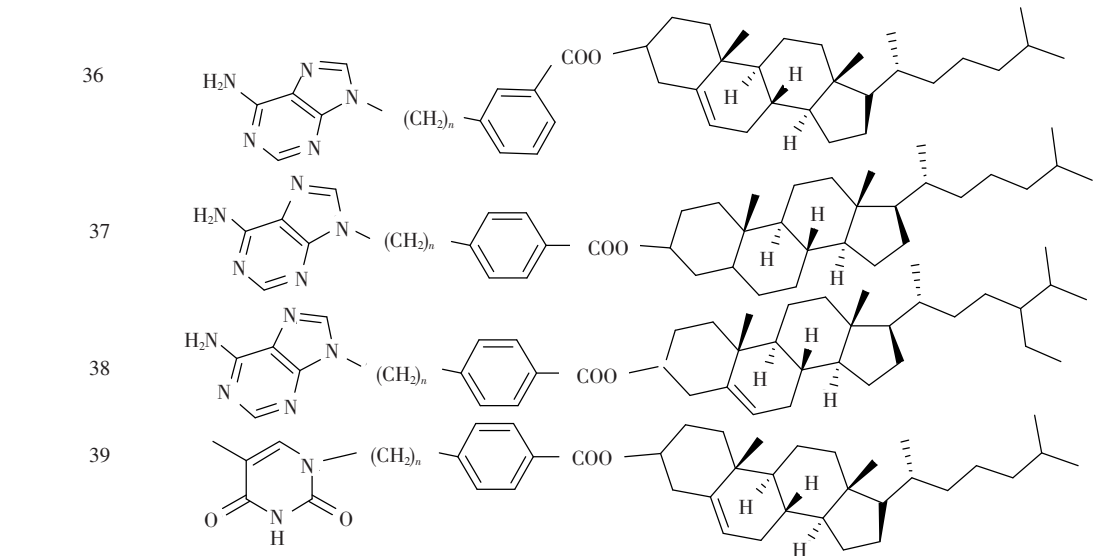
增长终端链的长度和共轭基团的长度有助于增强分子间相互作用和氢键强度。由于增加了乙烯基,杨槐等制备的 30 比 29 的清亮点和熔点都高,二者随着终端链的长度增长而降低。



含氟类液晶具有黏度低、电阻率高、响应速度较快、介电常数较高等优点,在薄膜场效应晶体管(TFT)驱动的液晶显示中得到广泛应用^[47]。杨槐等制备的 33 具有 N* 和宽范围的近晶相和 TGB 相,32 后两相范围减小,31 只剩下了 N*。可见氟侧面取代增大分子宽度和氢键强度,不利于近晶相和 TGB 相的出现。

与复合物 16 用途一样,34 也被用作聚合单体。杨槐课题组^[48, 49]将向列相的液晶、单体 34 和光引发剂等在外照射引发单体聚合。通过控制照射不均匀和不同单体浓度差别等条件制备了具有螺旋梯度的高分子薄膜,进而实现了宽带反射。还通过不同手性单体分次激发聚合产生了双手性反射圆偏振光的高分子膜。另外由于当施加电压时胆甾相的螺旋轴发生倾斜,即 Helfrich 形变,此氢键手性单体的螺旋扭曲力随着温度发生变





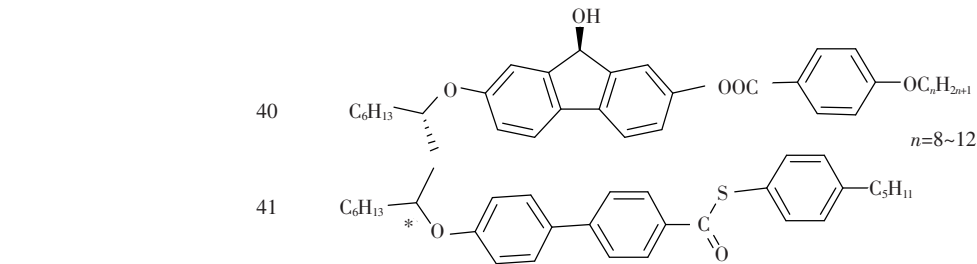
化,聚合物胆甾相液晶(PSCLC)在光激发后表现出强烈的温度敏感性,而且其反射波长可以发生红色和绿色的电致转换。

2.3 其他类型氢键

生物体中碱基对通过氢键互补配对形成了DNA双螺旋结构,受此启发 Itahara 等^[50]合成了不同的类固醇基和碱基连接的液晶化合物 35~39,其中 35~38 是腺嘌呤衍生物,39 是胸腺嘧啶衍生物。化合物 35~38 分别和 39 混合可以形成稳定的 N*,可是 35 系列之间的混合并无液晶相,我们知道生物体内腺嘌呤(A)是和胸腺嘧啶(T)氢键互补配对的,此对于我们研究生命科学的奥秘有很大启发。

除了以上头对头分子间氢键外,棒状分子侧向氢键结合后,会限制其自由转动,不利于液晶相的生成。可是如果分子由于自身构型而具有自发偶极,分子间侧向氢键的固定作用会有助于其定向堆积,有利于倾斜近晶相的形成和稳定。Snieckus 等^[51-52]合成的化合物手性茛醇衍生物 40 的茛醇羟基和酯羰基间形成颠倒侧向分子间氢键,明显比其前体茛酮衍生物具有更宽更稳定的 SmC*。

如果质子给体来源于烃类,那么形成的氢键将很微弱,很容易被忽略。OSSOWSKA- CHRUS' CIEL^[53]通过红外研究发现化合物 41 的羰基氧和苯环氢形成了分子间氢键,其显示丰富的手性



液晶相:SmC*,SmI*,SmG*,N*。

3 总结与展望

手性液晶以其独特的光电学性能在当今科技发展中受到越来越多的重视^[54],氢键的引入更增加了其制备简捷、刺激响应等优势。而且氢键可以丰富液晶相、增大手性近晶相倾斜角度、增加手性液晶相在外场下的敏感性、降低液晶相温度等,分子间侧向氢键还可以稳定手性近晶相。

总之,在 20 多年的专注于氢键棒状手性液晶

工作中,世界各地科研人员已经对其结构与性能有了比较深入的认识。以下几个方面有待深入研究:(1)侧向的分子间氢键结构,羧酸和吡啶以外的其他互补基团间氢键结构。(2)具有氢键液晶性能的分子往往会同时具有凝胶性能或其他有价值的性能,此启示我们开发多功能材料。(3)利用液晶分子与手性生物分子间氢键相互作用用于生命科学的研究^[50,55]。此类超分子软材料一定会在未来高端科技产品中发挥越来越大的作用。

参 考 文 献:

- [1] 王新久. 液晶光学与液晶显示 [M]. 北京: 科学出版社, 2006:31-36.
- [2] Dhar R. Twisted-grain-boundary (TGB) phases; nanostructured liquid-crystal analogue of Abrikosov vortex lattices [J]. *Phase Transitions*, 2006, 79(3):175-199.
- [3] Kikuchi H. *Liquid Crystalline Blue Phases* [M]. Kato T. Heidelberg: Springer Berlin, 2008:99-117.
- [4] Paleos C M, Tsiourvas D. Supramolecular hydrogen-bonded liquid crystals [J]. *Liq. Cryst.*, 2001, 28(8): 1127-1161.
- [5] Kato T, Mizoshita N, Kishimoto K. Functional liquid-crystalline assemblies; self-organized soft materials [J]. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 2005, 45(1):38-68.
- [6] Kato T, Frechet J M J. A new approach to mesophase stabilization through hydrogen bonding molecular interactions in binary mixtures [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 1989, 111(22):8533-8534.
- [7] Kato T, Frechet J M J. Stabilization of a liquid-crystalline phase through noncovalent interaction with a polymer side chain [J]. *Macromolecules*, 1989, 22(9):3818-3819.
- [8] Fouquey C, Lehn J M, Levelut A M. Molecular recognition directed self-assembly of supramolecular liquid crystalline polymers from complementary chiral components [J]. *Adv. Mater.*, 1990, 2(5):254-257.
- [9] Meyer R B, Liebert L, Strzelecki L, et al. Ferroelectric liquid crystals [J]. *J. Physique Lett.*, 1975, 36(3):69-71.
- [10] Sridevi B, Chalapathi P V, Srinivasulu M, et al. Influence of hydrogen bonding on phase abundance in ferroelectric liquid crystals [J]. *Liq. Cryst.*, 2004, 31(3):303-310.
- [11] Sreedevi B, Chalapathi P V, Kotikalapudi V K M, et al. Tilt angle, spontaneous polarization and LF dielectric relaxation investigations in the chiral nematic and smectic-C* phases of a hydrogen bonded ferroelectric liquid crystal (HBFLC)-11 bpa [J]. *Ferroelectrics*, 2007, 361(1):18-36.
- [12] Sreedevi B, Chalapathi P V, Kotikalapudi V K M, et al. Influence of hydrogen bonding on device parameters and field response in N* and SmC* phases of a ferroelectric liquid crystal, HBFLC:12 bpa [J]. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2009, 515(1):71-98.
- [13] Vijayakumar V N, Madhu Mohan M L N. A study of field induced transitions (FiT) in the nematic phase of an inter hydrogen bonded ferroelectric liquid crystal [J]. *Solid State Sciences*, 2010, 12(4):482-489.
- [14] Vijayakumar V N, Madhu Mohan M L N. Design and characterization of hydrogen bonded ferroelectric liquid crystals; A study of light modulation in nematic and smectic orderings [J]. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 2012, 123(12):1044-1050.
- [15] Vijayakumar V N, Madhu Mohan M L N. Study of thermal and electrical properties exhibited by two ferroelectric self assembly systems [J]. *J. Mol. Struct.*, 2011, 991(1-3):60-67.
- [16] Vijayakumar V N, Mohan M L N M. Design, synthesis and characterization of hydrogen-bonded ferroelectric liquid crystals [J]. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2010, 524(1):54-67.
- [17] Vijayakumar V N, Mohan M L N M. Synthesis and characterization of double hydrogen bonded ferroelectric liquid crystals exhibiting reentrant smectic ordering [J]. *Ferroelectrics*, 2009, 392(1):81-97.
- [18] Vijayakumar V, Madhu Mohan M. Experimental evidence of an optical shutter in cholesteric phase of a double hydrogen bonded liquid crystal [J]. *Brazilian Journal of Physics*, 2009, 39(4):677-683.
- [19] Vijayakumar V N, Madhu Mohan M L N. Double hydrogen bonded ferroelectric liquid crystals; A study of field induced transition (FiT) [J]. *Solid State Commun*, 2009, 149(45-46):2090-2097.
- [20] Vijayakumar V N, Mohan M L N M. Study of optical shutter in cholesteric phase of a double hydrogen-bonded ferroelectric liquid crystal with two chiral carbons [J]. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2010, 528(1):163-177.
- [21] 李文, 白宗庆, 白进, 等. 原位漫反射新方法研究煤中氢键的分解动力学 [J]. *燃料化学学报*, 2011, 39(5):321-327.
- [22] Kato T, Kihara H, Uryu T, et al. Hydrogen-bonded ferroelectric liquid-crystalline complexes based on a chiral benzoic acid and stilbazoles. induction of chiral smectic C phases by molecular self-assembly [J]. *Ferroelectrics*, 1993, 148(1):161-167.
- [23] Kihara H, Kato T, Uryu T, et al. Supramolecular ferroelectric liquid crystals. Hydrogen-bonded complexes be-

- tween benzoic acids and chiral stilbazoles [J]. *Liq. Cryst.*, 1996, 21(1):25-30.
- [24] Yu L J. Hydrogen bond-induced ferroelectric liquid crystals [J]. *Liq. Cryst.*, 1993, 14(5):1303-1309.
- [25] Tian Y, Su F, Zhao Y, *et al.* Synthesis and variable-temperature FTIR study of five chiral liquid crystals induced by intermolecular hydrogen bonding [J]. *Liq. Cryst.*, 1995, 19(6):743-748.
- [26] Tian Y, Xu X, Zhao Y, *et al.* Temperature-dependent FTIR study on self-assembly chiral liquid crystals through intermolecular hydrogen bonding [J]. *Thin Solid Films*, 1996, 284:603-605.
- [27] Grunert M, Alan Howie R, Kaeding A, *et al.* Supramolecular chiral liquid crystals. The liquid crystalline behaviour of mixtures of 4,4[prime or minute]-bipyridyl and 4-[(S)-(-)-2-methylbutoxy]benzoic acid [J]. *J. Mater. Chem.*, 1997, 7(2):211-214.
- [28] Chen F, Guo J, Qu Z, *et al.* Novel photo-polymerizable chiral hydrogen-bonded self-assembled complexes; Preparation, characterization and the utilization as a thermal switching reflective color film [J]. *J. Mater Chem.*, 2011, 21(24):8574.
- [29] He W, Pan G, Yang Z, *et al.* Wide blue phase range in a hydrogen-bonded self-assembled complex of chiral fluoro-substituted benzoic acid and pyridine derivative [J]. *Adv. Mater.*, 2009, 21(20):2050-2053.
- [30] Yelamagga C V, Bonde N L, Achalkumar A S, *et al.* Frustrated liquid crystals: synthesis and mesomorphic behavior of unsymmetrical dimers possessing chiral and fluorescent entities [J]. *Chem. Mater.*, 2007, 19(10):2463-2472.
- [31] Yelamagga C V, Shanker G, Hiremath U S, *et al.* Cholesterol-based nonsymmetric liquid crystal dimers; an overview [J]. *J. Mater. Chem.*, 2008, 18(25):2927.
- [32] Mallia V A, Tamaoki N. Design of chiral dimesogens containing cholesteryl groups; formation of new molecular organizations and their application to molecular photonics [J]. *Chem. Soc. Rev.*, 2004, 33(2):76-84.
- [33] Yelamagga C V, Nagamani S A, Hiremath U S, *et al.* Cholesterol-based dimeric liquid crystals; synthesis and mesomorphic behaviour [J]. *Liq. Cryst.*, 2001, 28(7):1009-1015.
- [34] Wu C. Synthesis and characterization of a novel series of unsymmetric dimesogenic compounds containing cholesteryl ester and nitroazobenzene moieties [J]. *Mater. Lett.*, 2007, 61(6):1380-1383.
- [35] Wu C C. Synthesis and liquid crystalline properties of a series of cholesterol-based dimesogenic compounds [J]. *Liq. Cryst.*, 2007, 34(3):283-288.
- [36] Zhan X, Jing X, Wu C. Synthesis and mesomorphic properties of a novel series of cholesterol-based liquid crystalline tetramers [J]. *Liq. Cryst.*, 2009, 36(12):1349-1354.
- [37] Tian Y, Xu X, Zhao Y, *et al.* New cholesteric liquid crystals induced by intermolecular hydrogen bonding [J]. *Liq. Cryst.*, 1997, 22(1):87-96.
- [38] 吴英, 周宏伟, 卜凤泉, 等. 羧酸吡啶类分子间氢键对光致异构化及光化学稳定性影响的谱学研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28(3):503-506.
- [39] Lee J W, Jin J I, Achard M F, *et al.* Incommensurability induced by intermolecular hydrogen bonding [J]. *Liq. Cryst.*, 2001, 28(5):663-671.
- [40] Lee J W, Jin J I, Achard M F, *et al.* Cholesterol-based hydrogen-bonded liquid crystals [J]. *Liq. Cryst.*, 2003, 30(10):1193-1199.
- [41] Takahashi A, Mallia V A, Tamaoki N. Novel supramolecular hydrogen-bonded cholesteric mesogens; liquid crystalline, thermooptical and glass-forming properties [J]. *J. Mater. Chem.*, 2003, 13(7):1582-1587.
- [42] 沈永涛, 要暘, 产启林, 等. 新型二元胆甾相液晶的超分子自组装比较研究 [J]. *液晶与显示*, 2006, 21(6):599-603.
- [43] Ma X J, Shen Y T, Deng K. Matrix-molecule induced chiral enhancement effect of binary supramolecular liquid crystals [J]. *J. Mater. Chem.*, 2007, 17(44):4699-4704.
- [44] Hou Q, Wang S, Zang L, *et al.* Hydrogen-bonding A(LS)2-type low-molecular-mass gelator and its thermotropic mesomorphic behavior [J]. *J. Colloid Interface Sci.*, 2009, 338(2):463-467.
- [45] Mallia V A, Antharjanam P K S, Das S. Chiral nematic glasses from novel hydrogen-bonded mesogens [J]. *Chem. Lett.*, 2001, 30(8):752-753.

[46] Mallia V A, Das S. Synthesis and studies of some cholest-5-en-3-ol-(3β)[4-phenylpyridylazo]carbonate-containing supramolecular hydrogen-bonded mesogens [J]. *Liq. Cryst.*, 2001, 28(2):259-264.

[47] B M F, Q K, M G Y. Advances in Fluorinated Liquid Crystals [J]. *Progress in Chem.*, 2008, 20(4):499-507.

[48] Zhang L, He W, Yuan X, *et al.* Broadband reflection characteristic of polymer-stabilised cholesteric liquid crystal with pitch gradient induced by a hydrogen bond [J]. *Liq. Cryst.*, 2010, 37(10):1275-1280.

[49] Guo J, Chen F, Qu Z, *et al.* Electrothermal switching characteristics from a hydrogen-bonded polymer network structure in cholesteric liquid crystals with a double-handed circularly polarized light reflection band [J]. *J. Phys. Chem. B*, 2011, 115(5):861-868.

[50] Itahara T, Sunose M, Kameda T, *et al.* Control of liquid-crystalline properties by base pairing of adenine and thymine [J]. *Chem. Phys. Chem.*, 2002, 3(4):378-379.

[51] Mccubbin J A, Tong X, Wang R, *et al.* Directed metalation route to ferroelectric liquid crystals with a chiral fluorenone core: The effect of restricted rotation on polar order [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2004, 126(4):1161-1167.

[52] Mccubbin J A, Tong X, Zhao Y, *et al.* Directed metalation-cross coupling route to ferroelectric liquid crystals with a chiral fluorenone core: The effect of intermolecular hydrogen bonding on polar order [J]. *Chem. Mater.*, 2005, 17(10):2574-2581.

[53] Ossowska-Chruściel M D. A convenient synthesis and the mesomorphic properties of new chiral ferroelectric thio-benzoates [J]. *Liq. Cryst.*, 2004, 31(8):1159-1165.

[54] 李发胜,王磊,齐琳,等. 紫外吸收染料诱导的具有宽波反射特性的胆甾相液晶聚合物薄膜[J]. *液晶与显示*, 2011, 26(5):573-576.

[55] Bai Y, Abbott N L. Enantiomeric interactions between liquid crystals and organized monolayers of tyrosine-containing dipeptides [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2011, 134(1):548-558.



《液晶与显示》投稿指南

《液晶与显示》投稿方式为网上投稿。网上投稿便于您随时查询稿件的处理情况,方法为:登录本刊网站 <http://www.yjyxs.com>,进入“作者投稿”栏目,在线注册投稿。注册时“用户名”和“口令”由您设定,登录后按“提示”进行操作即可。稿件请用 Word 完成以便专家网上审理。

《液晶与显示》稿件发表的正常周期为 3~6 个月,缩短论文发表周期是学术论文的社会效益尽早实现的重要条件,而满足《液晶与显示》征稿简则,特别是第 3 项中(1)~(7)的要求,是稿件可以尽早编辑加工的必要条件。因此,您若希望论文能够早日发表,请您务必按“简则”写稿。

若您的稿件附有同行专家评语及单位推荐信,则您的稿件将优先发表,也欢迎您推荐 2~3 名审稿专家;同时,本刊更欢迎国家各重大科技攻关项目和基金课题产出的自主创新性文章。

《液晶与显示》稿件发表含印刷版、电子版和网络版,对版权有特殊要求者,请事先声明。