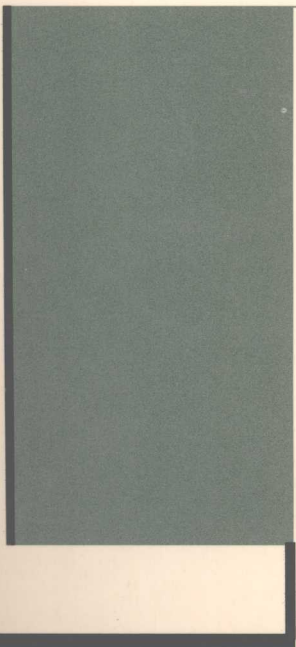


 国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



胆汁液晶与胆囊结石

杨海珉 吴杰 李静仪 周明非 周建莉 著



ife

云南科技出版社



国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



胆汁液晶与胆囊结石

Bile Liquid Crystals and Cholecystolithiasis

杨海珉 吴 杰 李静仪 周明非 周建莉 著

云南科技出版社

· 昆明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

胆汁液晶与胆囊结石/杨海珉等著. —昆明: 云南科技出版社, 2005.3
ISBN 7-5416-2151-X

I.胆... II.杨... III.胆道疾病—结石(病理)
IV.R575.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第021687号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路609号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

云南新华印刷一厂印刷 全国新华书店经销

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 5.5 字数: 120千字

2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

印数: 1~1000册 定价: 46.00元

内容简介

本书是对作者承担并已完成的两项国家自然科学基金资助项目研究成果的总结,全书在介绍液晶和生物液晶基本知识的基础上,通过上百幅翔实清晰的彩色照片和扫描电镜照片,充分展示了胆汁液晶的形态、光学性质、胆汁液晶在胆囊结石形成过程中的相变成核的过程,及胆囊结石的形态、结构、特征。并且分别从晶体的偏光干涉原理、溶液中晶体的生长理论及胆固醇代谢的深度,探讨了胆汁液晶的干涉图样——马尔它十字形成的原因、胆囊结石晶体的生长与形成、及胆汁液晶的成核作用和成核机理,揭示了胆汁液晶与胆囊结石的关系,提出了一种从胆汁液晶相变的角度来解释胆囊结石形成的新观点,为胆囊结石这种世界范围内的常见多发病的病因及发病机理的临床研究打开了一条新的思路,为该病的预防和治疗提供了一定的依据。

本书题材新颖,内容充实,资料丰富,概念明确,论证严谨,文字叙述深入浅出,图文并茂,具有先进性、科学性和学科交叉性,可供从事生物液晶、医学、生物学、生物物理学、化学等专业的医务工作者和科技工作者及高等院校教师、学生学习参考;也可作医学院校高年级的本科生、研究生的选修课教材或教学参考书;还可供对胆汁液晶和胆囊结石感兴趣的读者阅读参考。

前言

胆汁液晶是人体和其他生物体胆囊胆汁中的一种液晶态物质。自1973年美国学者M.F.Olszewski, R.T.Holzbach, A.Saupe 和 G.H.Brown等人在人体胆汁中发现液晶态物质以来,国内外的一些学者就开始对生物胆汁中的液晶态物质进行观察研究。我们是1991年开始对人体胆汁液晶进行研究的,曾先后两次获得国家自然科学基金的资助(No.39560026、39960024),并且还先后获得云南省自然科学基金和云南省教育厅科学基金的资助(No.92C059、1999C0064M,9912073)。我们用晶体光学的方法对人体胆汁液晶的光学性质进行了深入的研究,并通过动物实验,对胆汁液晶在胆囊结石形成过程中形态的变化进行了动态的观察研究。研究的主要成果发表在国际性学术期刊《World Journal of Gastroenterology》和核心期刊《世界华人消化杂志》上,其中两篇被国际权威检索系统美国《科学引文索引》(Science citation Index ,SCI)收录,一篇被国际权威检索系统荷兰《医学文摘库/医学文摘》(EMBASE/Excerpta Medica ,EM)收录,1997荣获云南省科技进步三等奖。

我们的研究表明:人体胆汁液晶是以球形的颗粒分散于胆汁之中,其多色性、吸收性不明显,但边缘和贝克线很清楚,折射率大于胆汁折射率;胆汁液晶的光性符号是单轴正性的,干涉色级为一级灰白,双折射率 $\Delta n=0.011\sim 0.015$;豚鼠、猪、鸡、鱼等四种动物的胆汁液晶与人体胆汁液晶具有完全相同的光学性质;胆汁液晶是胆汁中的一种成核因子,其成核的过程是胆汁液晶相互聚集、融合、相变的过程。胆汁液晶的聚集、融合是成核的关键;胆汁液晶的相变与胆汁成分的变化及肝细胞的脂变有直接的联系;颗粒状胆囊结石尽管其外观和剖面的形态结构各不相同,但都以结晶态物质为主,其主要成分为胆固醇,胆囊结石晶体的干涉色级为二级蓝绿,双折射率 $\Delta n=0.022\sim 0.025$,结石中的晶体以密集分布的微晶体和微晶体的集合体的形式存在,其间隙被非晶物质填充;泥沙状结石以非晶态物质为主,其主要成分为胆色素和胆色素盐。

本书是对以上研究成果的总结,全书在介绍液晶和生物液晶基本知识的基础上,通过上百幅翔实清晰的彩色照片和扫描电镜照片,充分展示了胆汁液晶的形态、光学性质、胆汁液晶在胆囊结石形成过程中的相变成核的过程及胆囊结石的形态、结构、特征。并且分别从晶体的偏光干涉原理、溶液中晶体的生长理论及胆固醇代谢的深度,探讨了胆汁液晶的干涉图样——马尔它十字形成的原因、胆囊结石晶体的生长与形成、及胆汁液晶的成核作用和成核机理,揭示了胆汁液晶与胆囊结石的关系,提出了一种从胆汁液晶相变的角度来解释胆囊结石形成的新观点,为胆囊结石这种世界范围内的常见多发病的病因及发病机理的临床研究打开了一条新的思路,为该病的预防和治疗提供了一定的依据。

本书题材新颖,内容充实,资料丰富,概念明确,论证严谨,文字叙述深入浅出,图文并茂,具有先进性、科学性和学科交叉性,可供从事生物液晶、医学、生物学、生物物理学、化学等专业的医务工作者和科技工作者及高等院校教师、学生学习参考;也可作医学院校高年级的本科生、研究生的选修课教材或教学参考书;还可供对胆汁液晶和胆囊结石感兴趣的读者阅读参考。

本书系国家自然科学基金资助项目研究成果,获得国家自然科学基金研究成果专著出版基金的资助(No.30424018)。

希望该书的出版能激励更多的科技工作者在探究各种生命现象中,更多的了解和关注生物液晶,更好的挖掘生物液晶的潜在力量。

本专著是课题组全体成员及有关合作研究者集体努力的结晶,书中胆汁液晶、胆囊结石的照片和实验资料都是大家多年来在研究过程中获取的第一手资料。在此我们对关心、帮助和支持本专著出版的所有同仁、单位和领导表示感谢,其中要特别感谢国家自然科学基金委员会生命科学部、云南省科技厅基础研究处、云南省教育厅科技处、昆明医学院和云南师范大学等单位给予我们的支持和帮助。

限于作者水平,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2005年3月

绪 论 PAGE .2

一、什么是液晶 / 2

二、生物体中的液晶 / 3

三、液晶的研究和应用 / 4

参考文献 / 5

第一章 液晶的分类和特性 PAGE .6

第一节 热致液晶 PAGE .6

一、向列相液晶 / 6

二、近晶相液晶 / 7

三、胆甾相液晶 / 7

第二节 溶致液晶 PAGE .8

一、层状相 / 9

二、立方相 / 10

三、六方相 / 10

第三节 液晶的光学特性 PAGE .11

一、液晶的双折射现象 / 11

二、胆甾相液晶的选择反射 / 12

三、液晶的电光效应 / 13

四、液晶的光生伏特效应 / 14

第四节 生物液晶简介 PAGE .14

一、具有液晶性质的生物分子 / 14

二、生物膜的液晶结构 / 15

三、生命的能量与液晶 / 17

参考文献 / 19

第二章 胆汁液晶 PAGE .20

第一节 人体胆汁液晶 PAGE .20

- 一、人体胆汁液晶的形态 / 20
- 二、人体胆汁液晶与对光波选择吸收有关的光学性质 / 22
- 三、人体胆汁液晶与折射率有关的光学性质 / 22
- 四、人体胆汁液晶的干涉图样和消光现象 / 23
- 五、人体胆汁液晶的光性符号和干涉色级 / 24
- 六、人体胆汁液晶的双折射率 / 24

第二节 生物胆汁液晶 PAGE .26

- 一、生物胆汁液晶的形态 / 26
- 二、生物胆汁液晶的光学性质 / 27

第三节 胆汁液晶中马尔它十字形成的原因 PAGE .32

- 一、光的偏振态 / 32
- 二、晶体的偏光干涉原理 / 33
- 三、马尔它十字的形成 / 34

参考文献 / 35

第三章 胆囊结石的形态结构特征 PAGE .36

第一节 胆囊结石的形态 PAGE .36

- 一、胆囊结石的颜色形状大小 / 36
- 二、胆囊结石的剖面形态及分类 / 41

第二节 胆囊结石的晶体结构和光学性质 PAGE .47

- 一、胆囊结石的晶体结构 / 47
- 二、胆囊结石的光学性质 / 49

第三节 胆囊结石的超微结构和X射线衍射谱图 PAGE .51

- 一、胆囊结石的超微结构 / 51
- 二、胆囊结石的 X 射线衍射谱图 / 54

第四节 胆囊结石的结晶学基础 PAGE .55

- 一、胆囊和胆汁 / 55
- 二、溶液中晶体的生长理论 / 56
- 三、胆囊结石晶体的生长与形成 / 58

参考文献 / 59

第四章 胆汁液晶相变与胆囊结石 PAGE .60

第一节 胆汁液晶形态的变化 PAGE .60

一、正常胆汁中液晶形态的变化 / 60

二、致石胆汁中液晶形态的变化 / 62

第二节 胆囊结石形成过程中胆汁液晶的相变 PAGE .64

一、胆汁液晶的相变 / 64

二、致石胆汁中的结石晶体 / 69

三、胆汁液晶相变与胆汁成分变化和肝脏病变 / 72

第三节 胆汁液晶的成核作用和成核机理 PAGE .73

一、胆固醇代谢 / 73

二、胆汁液晶的成核作用 / 74

三、胆汁液晶的成核机理 / 75

参考文献 / 77

The background of the entire page is a solid blue color. Overlaid on this background is a series of thin, white, straight lines that intersect to form a complex geometric pattern. These lines include both horizontal and diagonal elements, creating a grid-like structure with various sized triangles and polygons. A prominent horizontal white line runs across the upper third of the page. Several diagonal lines cross the page from top-left to bottom-right and top-right to bottom-left, some of which are more closely spaced than others.

胆汁液晶与胆囊结石

Bile Liquid Crystals and Cholecystolithiasis

绪论 Introduction

一、什么是液晶

液晶 (liquid crystal) 是液态晶体的简称, 它是介于液体和晶体之间的一种中间态, 又称为物质的第四种状态。物质的四态是气态、液态、固态、液晶态。但在有的书中又把等离子体——电离气体称为物质的第四态。

液晶既具有液体的流动性, 又具有类似晶体结构的有序性, 在力学性质上象液体, 在光学性质上又像晶体, 故称为液晶。

首先发现物质的液晶态的是奥地利的植物学家 F. Reinitzer, 他在 1888 年制备胆甾醇苯酸酯 (cholesteryl benzoate, $C_6H_5CO_2C_{27}H_{45}$, 简称 CB) 晶体时, 意外地发现这种晶体竟然有两个熔点, 性质各不相同。当他把胆甾醇苯酸酯晶体加热到 145.5°C 时, 固态的胆甾醇苯酸酯晶体会熔融成为混浊的液体, 继续加热到 178.5°C 时, 混浊的液体会突然变成清亮的液体。开始他以为这是由于所用的晶体含有杂质引起的现象。但是, 经过多次的提纯工作, 这种现象仍然不变; 而且这种由混浊到清亮的过程是可逆的。第一个熔点是 145.5°C , 第二个熔点是 178.5°C , 又称为清亮点 (clearing point)。他还发现, 在从清亮点到熔点的冷却过程中, 还会呈现出许许多多不断变化的鲜艳的色彩。Reinitzer 把他的实验结果写成了一篇论文, 发表在 1888 年的化学文献上。

同时 Reinitzer 把他的发现写信告诉了著名的德国物理学家 O. Lehmann, 并把样品送给他, 希望他作更进一步的深入研究。Lehmann 怀着极大的兴趣很快就着手研究这种奇妙的物质, 他用偏光显微镜观察 $145.5^{\circ}\text{C} \sim 178.5^{\circ}\text{C}$ 之间的胆甾醇苯酸酯液体, 发现这种混浊的液体竟然和晶体一样也有双折射性, 但它又和晶体不同, 仍然能流动。经过系统的研究 Lehmann 还发现许多有机化合物都显示出与胆甾醇苯酸酯相类似的性质。他指出, 在熔点到清亮点的范围内, 这些物质的机械性能与各向同性的液体相类似, 但是它们的光学性质却与晶体相似是各向异性的。这就是说, 这种中间相具有强烈的各向异性的物理特征, 同时又像普通液体那样具有流动性。Lehmann 把

这种中间相称之为液晶态，简称为液晶。由一位植物学家发现，一位物理学家定名，液晶这个新的物质态就这样诞生了。

二、生物体中的液晶

存在于生物体内的液晶称为生物液晶 (biological liquid crystals)，生物液晶的发现最早可追溯到 1854 年生物学家 Virchow 对髓磷脂的研究，他研究了髓磷脂的光学各向异性，说明它为有序结构。1911 年又发现某种甲虫类前翅能反射圆偏振光，这被认为可能与胆甾醇液晶有关。1930 年 Muralt 和 Edsall 观察到肌肉流动的双折射现象，从而确认肌肉具有液晶性质。真正的生物液晶研究是 1940 年以后才引人注目的，1940 年机能解剖学家 J. Needham 提出了生物组织中分子有序排列的重要性，引起了人们的注意。接着 1941 年在烟草花叶病毒的蛋白质溶液里发现了液晶物质。1951 年 M. F. Perutz 在研究镰刀状贫血病患者的还原型血红蛋白结构问题时，提出红血球中存在液晶的观点，这个观点在 1964 年人们对红血球悬浮液所作的流变学实验中得到证实，实验证明，红血球内部是液体，而膜是液晶。1955 年左右，在一些生物组织提取物的研究中，首先发现从核蛋白质中能提取到液晶态物质。1958 年 A. Engstrom 和 J. B. Finean 对神经组织结构作精心研究时证明，形成髓鞘的类脂内或所谓的脂蛋白的同心圆分子层内存在着光双折射的成分，即液晶。1959 年发现在副肾皮质、卵巢、髓鞘、老化了的动脉等组织中，在体温范围内都有复合类脂液晶存在。1962 年在转移核糖核酸 (tRNA) 单晶的 X 射线衍射研究中，发现它的宏观结构与胆甾相液晶的结构基本相同。从 1965 年开始，在国际液晶会议上，就已经把生物液晶作为一门专门学科来进行讨论了。1979 年著名的美国液晶学家 G. H. Brown 和 J. J. Wolken 撰写了一本书《Liquid Crystals and Biological Structures》，对生物结构的液晶性质作了阶段性的总结，液晶这个词从此开始进入了各种基础生物科学的教科书。现在不但已经发现在一定的温度范围内生物膜大都处于液晶态，而且还在不少的组织器官中都发现了液晶态的物质，组成生命的不少物质分子也都可以形成液晶态。例如在新鲜的肾上腺皮质、卵巢、神经髓鞘、肌肉、粥样硬化的动脉，胆囊胆汁和某些结缔组织中都有液晶态的物质存在；脂类、蛋白质、核酸、多糖、卟啉和类胡萝卜素等生命

肌体内的重要的生物分子都具有液晶性质,在一定的条件下都能形成液晶态;另外国内有的学者还分别发现在鸡胚、鱼胚发育过程中,胚体的许多器官组织都先后呈现液晶态,牛眼的角膜、晶状体都能产生双折射现象,都可能是以液晶态存在;我们(本书作者)的研究发现,胆汁液晶是胆汁中的一种成核因子,光性符号是单轴正性的,其成核的过程是胆汁液晶相互聚集、融合、相变的过程。总之,液晶广泛的存在于人体内,适当的液晶结构是维持人体正常生理功能所必须的,如果体内的液晶结构发生变化,人体就会发生病理改变。另一方面,某些疾病也会引起人体液晶结构的变异,疾病的发生与人体内的液晶的变化是有关联的,对人体内的液晶的结构、性质进行研究,可以为某些疾病的预防和治疗提供一定的依据。生物液晶已经发展成为一门物理学、化学、医学、生物学等多学科交叉的新兴边缘学科。

三、液晶的研究和应用

在液晶发现后的一段相当长的时间里,由于没有找到液晶的实际用途,液晶只是停留在少数科学家的实验室里,被当作珍品作一些探索性的实验研究。直到20世纪30年代中期,科学家们才对液晶的合成以及液晶的重要物理特性积累到一定的系统知识。其后又经过了20多年的冷落阶段,直到20世纪50年代末期才建立了关于液晶的比较正确的理论。20世纪60年代末期,动态散射的发现使液晶在显示器件方面显示出光明的前景。由于液晶显示器件具有低压、微功耗、平板型结构、被动型显示适合人眼视觉不易引起疲劳、不怕光冲刷、显示信息量大、易实现彩色化、有多种工作模式和驱动方式可适应不同的需要,而且寿命长、可靠性高、无辐射和无污染等特点,使得液晶显示器件进入了一个新的蓬勃发展的阶段,液晶显示技术的成果在社会生活的各个领域处处可见,如液晶显示的电子表、计算器、笔记本电脑、掌上电脑、便携式仪表、大屏幕液晶电视、大型液晶广告牌……等等。

液晶显示技术的发展,推动了液晶理论研究、液晶化学研究、高分子液晶研究、生物液晶研究及液晶纺丝、液晶无损探伤等液晶应用研究的发展,经过几十年的发展,液晶已形成了一门独立的学科。一批当代的伟大的科学家都对液晶给予了极大的关注,并作出了极大的贡献,其中法国当代物理学家P·G·de Gennes就是杰出中的一个。

Gennes 1932年生于巴黎，他早年从事的是原子物理，在中子和磁学上很有研究，以后又在超导方面提出了“强场下超导的表面理论”。1968年进入液晶界后，不仅系统完善了液晶的理论，而且将液晶扭曲近晶相A与超导联系在一起。1974年出版的他的权威著作《The Physics of Liquid Crystals》，至今仍是液晶界最经典的权威著作。1991年因他在液晶等研究领域作出的突出贡献而荣获诺贝尔物理学奖，瑞典科学院在奖状中说，选定Gennes是由于他的发现，“为研究简单的系统中的有序现象而创造的方法能推广到比较复杂的物质形式，特别是推广到液晶和聚合物”；“此外，他表明了：在诸如磁体、超导体、液晶和聚合物溶液等明显地大不相同的物理系统中的相变，能够以具有惊人广泛的普遍性的数学词句来说明”；“Gennes从数学上描述了例如磁偶极子、长分子即分子链在某些条件下怎样能形成有序状态，当它们从有序状态转到无序状态时发生什么情况”；“Gennes阐明了从向列相液晶散射出的称为反常光的现象，从而对我们的液晶知识做出了他的首要的贡献”。

总之，不论从纯学术的观点还是从应用的观点来看，液晶这门既古老又新兴的学科，都正处在方兴未艾、前途无限的阶段、有待人们进一步去探讨、研究、开发。

参考文献

- 1 Olszewski MF, Holzbach RT, Saupe A, Brown GH. Liquid crystals in human bile. *Nature*, 1973; 242: 336~337
- 2 Brown GH, Wolken JJ. Liquid crystals and biological structures. New York: Academic Press. 1979
- 3 HaiMing Yang, Jie Wu, JinYi Li et al. Optic properties of bile liquid crystals in human body. *World Journal of Gastroenterology*, 2000;6(2):248~251 (SCI收录)
- 4 HaiMing Yang, Jie Wu, JinYi Li et al. Role of nucleation of bile liquid crystal in gallstone formation. *World Journal of Gastroenterology*, 2003; 9 (8): 1791~1794 (SCI收录)
- 5 李美亚,曹连欣.鸡胚发育中肝脏类脂滴液晶态结构的研究,生物物理学报;1988;4(4):299~303
- 6 何海平,周慧新,吴熙载.鸡胚发育中几种重要器官内液晶态的一般观察.武汉大学学报(自然科学版), 1979; (4): 65~72
- 7 孙建民.几种家鱼胚胎发育期间液晶态的研究.武汉大学学报(自然科学版), 1980;(4):101~110
- 8 张书琴,胡新珉,刘袭君等.牛眼角膜液晶性质的初步探索.四川医学院学报, 1984;15 (3):214~217
- 9 张书琴,刘袭君,胡新珉等.牛眼晶状体某些液晶性质的探索.生物医学工程学杂志, 1985;2 (3):177~180
- 10 纪极英.生物液晶.北京:科学普及出版社, 1987
- 11 谢毓章.液晶物理学.第一版第二次印刷.北京:科学出版社, 1998
- 12 欧阳钟灿,刘寄星.从肥皂泡到液晶生物膜.第一版第三次印刷.长沙:湖南教育出版社, 1998
- 13 李维 谔,郭强.液晶显示应用技术.北京:电子工业出版社, 2000

第一章 液晶的分类和特性

Classify and Characteristic of Liquid Crystals

液晶存在的领域相当广,目前已被发现或经人工合成的液晶已不下几千种。根据形成的条件和组成成分的不同,液晶可分为热致液晶(thermotropic liquid crystals)和溶致液晶(lyotropic liquid crystals)两大类。由于分子排布,有序状态的不同,还可以划分为不同的“相”。

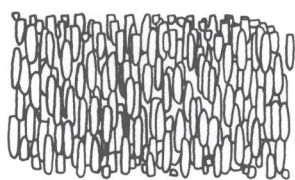
第一节 热致液晶

热致液晶是指单成分的纯化物或均匀混合物在温度变化下出现的液晶相。热致液晶是由温度变化引起的,并且只能在一定温度范围内存在。

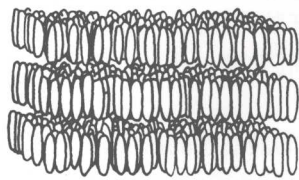
根据分子排列的有序性的不同,热致液晶又可分为向列相液晶(nematic liquid crystals),又称丝状液晶;近晶相液晶(smectic liquid crystals),又称层状液晶;胆甾相液晶(cholesteric liquid crystals),又称螺旋状液晶。

一、向列相液晶

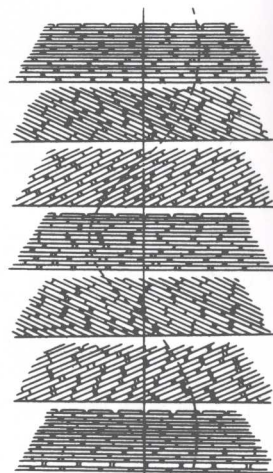
向列相液晶是由长径比很大的棒状分子组成,分子质心没有长程有序性,分子不排列成层,它能上下、左右、前后滑动,只是在分子长轴方向上保持相互平行或近于平行,如图1-1(a)所示。



(a) 向列相



(b) 近晶相



(c) 胆甾相

图1-1 热致液晶的分子排列

由于向列相液晶分子结构和分子排列方式的特点,使向列相液晶不但可以象液体一样流动,同时又具有典型的单轴晶体的光学特性,而在电学上又具有明显的介电各向异性。如果利用外加电场对具有各向异性的向列相液晶分子进行控制,改变原有分子的有序状态,就会改变原有液晶的光学性能,从而实现了液晶对外界光的调制,达到显示的目的。正是因为向列相液晶这种明显的电学—光学各向异性,使得向列相液晶成为了显示技术中应用最广的一类液晶。

二、近晶相液晶

近晶相液晶是由棒状或条状分子组成,分子排列成层,层内分子长轴相互平行,其方向可以垂直于层面或与层面成倾斜排列,因分子排列整齐,其规整性接近于晶体,具有二维有序。分子质心位置在层内无序,可以自由平移。分子可以前后、左右滑动,但不能在上下层之间移动,如图 1-1 (b) 所示。

近晶相液晶层内或层间分子排布的不同会形成一些亚相,按照发现时间先后,一般用 A、B、C、D……表示。

由于近晶相液晶分子结构和排列的特点,使得这种液晶相粘度较向列相液晶粘度大,用手摸有肥皂的滑腻感。在光学上具有正性双折射性;由于分子长轴与层面角度的不同,有时具有双轴光学特性(如 S_C), S_C 相具有旋光中心和永久偶极矩及自发极化,称之为铁电液晶,可以用来制作铁电液晶显示器件。

三、胆甾相液晶

胆甾相液晶大多是胆甾醇的衍生物,故称为胆甾相液晶。胆甾相液晶的分子呈扁平形状,排列成层,层内分子相互平行。分子长轴平行于层平面,不同层的分子长轴方向稍有变化,沿层的法线方向排列成螺旋状结构,如图 1-1 (c) 所示。旋转的方向可以是左旋,也可以是右旋,当不同层的分子长轴排列沿螺旋方向经历 360° 的变化后,又回到初始取向,这个周期性的层间距称为胆甾相液晶的螺距。这个螺距会随外界温度、电场等条件的不同而改变,在适当的温度下,其螺距会接近某一光谱波长,因而会引起布拉格散射光,呈现某一种色彩。

胆甾相液晶分子结构有两大类,一类是具有胆甾醇环的胆甾醇脂化物或卤化物;一类是不具有胆甾醇环的,但具有不对称碳原子的棒状液晶分子。为了有所区

分, 无胆甾醇环的胆甾醇液晶, 又称为“手征型液晶”。

由于胆甾相液晶的分子结构和分子排列的特点, 使胆甾相液晶具有极其特殊的光学特性, 如呈负性的单轴光学特性、旋光性远比石英一类的晶体高得多、选择光反射特性、圆偏振二向色性等, 在显示技术上具有特殊的意义。胆甾相液晶是制作感温变色的测温元件及液晶显示器的重要材料。

第二节 溶致液晶

溶致液晶是由符合一定结构要求的化合物与溶剂组成的液晶体系, 大都由双亲分子 (amphiphilic molecules) 化合物或称表面活性剂 (surfactant) 和极性溶剂两种组分合成。最常见的极性溶剂是水。双亲分子的结构可以看作是由一个亲水 (hydrophilic) 或亲其他极性溶剂的极性基团称为亲水的头部, 和一个疏水 (hydrophobic) 或亲非极性溶剂的尾部组成。头部对水 (极性溶剂) 有高的可溶性, 而亲脂 (lipophilic) 的尾部对烃 (碳氢化合物) 或其他非极性溶剂有高的可溶性。典型的头部有 $-\text{OH}$, $-\text{CO}_2\text{H}$, $-\text{CO}_2\text{Na}$, $-\text{SO}_3\text{K}$, $-\text{O}(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{H}$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$, $-\text{PO}_4-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$ 等等。典型的尾部有 $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$, 以及其他含有长的烃链的基团。

根据分子的几何形状, 双亲分子分为两种普通的类型, 一种以脂肪酸盐 (即皂类) 为代表, 例如硬脂酸钠 ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$), 其中亲水的头部是羧基, 疏水的尾部是烃链, 如图 1-2 (a) 所示。图中用黑圆点 (或圆圈) 表示头部, 弯曲线段表示尾部; 另一种类型是具有特殊生物意义的类脂, 例如磷脂, 如图 1-2 (b) 所示, 图中 R_1 、 R_2 代表烃链, 一般含有 14~18 个碳原子, 分子中亲水的极性头部连接在两条疏水尾上, 这两条疏水尾通常彼此并排的排列。

根据双亲分子在溶剂中排列方式和结构的不同, 溶致液晶也可以分为不同类型的相, 主要的有层状相 (lamellar)、立方相 (cubic)、六方相 (hexagonal) 三种类型。