

中国的液晶学科

谢毓章

(清华大学物理系)

液晶早在 1888 年就已经被人发现。它们大部分是由长形分子构成的液体。近年来也发现了由盘形分子构成的液晶。液晶是具有晶体各向异性特征的液体。早年由于不曾找到它们的实际用途，所以只是长期作为实验室里的特殊材料来被人欣赏而没有发展。人们对液晶的性质也长期不太熟悉。到了三十年代初期才开始建立起液晶连续体曲率弹性理论，或称弹性形变理论的初步基础。直到五十年代末期才获得了液晶自由能密度的表示式。前后经历了 30 年的时间，液晶的夫兰克自由能密度表示式才被确切地找到，从而为液晶的基础研究和应用研究打下了理论基础。1968 年发现了动态散射现象，才使得液晶在显示器件中占据了重要的地位。从此，液晶跳出了实验室的范围，进入了实用的场所。世界各工业发达国家风起云涌对它竞相进行研究。正是在这种形势之下，1969 年我国也开始了液晶方面的工作。最早是在化学方面进行液晶的合成。当时的目的是为金属探伤，大屏幕电视以及临床诊断等工作提供所需要的液晶材料。七十年代初期我国也有人开始研究生物中的液晶态问题。液晶物理方面的工作在我国起步比较迟，直到 1978 年才真正开始进行，短短几年已经有了一定的结果。下面对十多年来我国在液晶应用、液晶化学、生物液晶和液晶物理四个方面所进行的工作简单地加以介绍。

一、液晶应用

在液晶应用方面大部分的工作都与液晶显示和肿瘤诊断有关，在色谱分析方面也有一定

物理

的成果。主要工作有下列各项：

1974 年制成了使用于地质勘探仪器上的液晶显示器件。

利用均变场原理初步研制成功了液晶模拟电压计。

利用负性液晶的存储效应初步研制成功了大表格字符显示系统。这个系统中含有 60 块由矩阵式双频驱动的 $60 \times 90\text{mm}^2$ 汉字显示板和若干块各种尺寸的英文字母和数字显示板。写入的信号可以存储数月之久而无需使用任何能源。这个系统不怕外光源的干扰，适用于明亮的周围环境。

利用相转变存储模式的电光效应，研制成功了 32×32 位液晶组页器。整个一页显示所需时间为 520ms。当把它与 10^6 位激光全息数字存储计算模型相连时，组页器能起到将存入数据进行空间编码的作用。

研制成功了立体 X 射线液晶体视镜。

我国已经能够生产扭曲液晶盒的数码显示器件，并已建成了有一定生产能力的生产线。

在利用电子束和导电玻璃靶来控制液晶光透射性的反射式投影大屏幕电视研究方面，已经获得了响应速度可以满足电视信号要求的液晶配方和驱动方法。电视屏幕可达 $2 \times 3\text{m}^2$ ，分辨率可达 300 线，对比度可达 15:1，灰度可达 4 级。

关于把扭曲液晶盒用作双稳电光调制器的工作已经进行了初步的实验工作。

为了代替目前造价昂贵的 X 射线荧光屏并克服荧光屏亮度低、清晰度差的缺点，正在试制 X 射线图象液晶显示器。

在利用液晶对诸如金属表面裂纹进行无损

探伤、检测蜂窝状结构复合材料的胶接、检测太阳能电池的缺陷、检测集成电路是否能正常工作等方面都已经取得了不少的宝贵经验。

正在进行着利用液晶来测量微波能量的工作。

对于液晶光导光阀以及液晶显示工艺各个方面也都有人在进行工作。

显示器件的标准化问题已经开始在讨论。

在医疗诊断方面已经成功地用树脂胶涂料制成了液晶膜。

利用液晶热图象对乳腺和其他人体表肿物的普查分析在一些地区已经做了大量的工作。诊断的病例已经超过 1000 人,对乳腺肿瘤的正确诊断率超过了 80%。

在实验室里已经研制成功了微胶囊螺旋状(胆甾相)液晶膜。胶囊颗粒直径在 10—30 μm 的范围。

用壬酸酯、油烯基碳酸酯和苯甲酸酯混合制成的液晶膜的变色温度区在 3—4 $^{\circ}\text{C}$,从红色变到绿色所需的温度为 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 。把这种液晶膜应用于红外成象,可以得到 500W 红外灯丝在 4m 外的彩色图象。

二、液晶化学

在化学方面早期的工作是致力于研究材料的合成,主要研究合成 CC,CB,CN,COC,CO 这些螺旋状液晶以及 APAPA, APAPB, MBBA 等西佛碱类、氧化偶氮类、偶氮类、联胺类的丝状(向列相)液晶。所合成的材料的纯度都达到了电阻率在 $10^{12}\Omega \cdot \text{cm}$ 的数量级。

其后,中国科学院上海有机化学研究所在国内首次合成了联苯类液晶,并且把它们应用于显示器件。这件工作获得了国家科学奖。

上海化工学院、上海涂料所经与上海试剂三厂协作,系统地合成了酯类液晶,从而获得了国家四等发明奖。

清华大学自行设计合成出粘度低、稳定性好、响应速度快的苯基环己烷类液晶。他们结合国内材料来源,采用简单工艺合成了生产率

较高的新材料。这项工作获得了北京市科学二等奖。另外还合成了具有介电各向异性可以转变的材料以及为彩色显示用的液晶。

上海有机化学研究所还合成了环己烷羧酸、具有高负介电各向异性的材料以及高正介电各向异性含硫酯类材料。

关于热致液晶的分子结构与相变特征之间的关系已经进行了研究。

在 高分子液晶方面已经研制了聚苯甲酰胺和具有高强度,高模量,耐高温的纤维。这些材料都已经用于工业部门。

关于把液晶作为气相色谱固定液的工作也在进行中。

三、生物液晶

在生物液晶方面有下列一些工作:

用显微分光光度计对青蛙视杆外段盘膜中视紫红质分子的流动性的检测和用偏光显微镜对视杆的双折射的测定,来研究细胞膜结构上的液晶态与其功能之间的关系。

对蛤蚧视杆外段膜的双折射的测量,发现有可能在 45 $^{\circ}\text{C}$ 左右存在着某种相变过程。

在不同温度和戊二醛处理蛙视网膜对早期感受器(ERP)的影响的观测中,有一些现象看来是与视细胞外段处于液晶态有关。

人工膜的结构,它的光电转变以及不同因素对人工膜电参数和功能的影响等问题正在进行中。

应力对视网膜液晶态光学特性的影响以及关于角膜的层状相(近晶相)特征等问题也是正在进行的课题。

用偏光显微镜观察发育中的鸡胚胎和发育中的鱼卵,都发现有“马尔它”十字的光学特性,说明有可能存在着液晶态。

用电子显微镜对尼罗罗非鱼卵巢中分离的“马尔它”十字类脂滴结构的分析,表明它属于溶致液晶的层状结构。

在对细胞癌变组织中物质的液晶态观察中,发现腹水癌、胃癌中都有“马尔它”十字的双

折射现象。

利用小角度激光散射、偏光显微镜、粘度测量以及紫外光谱等方法对鱼精 DNA 水溶液的液晶性质和电离辐照等因素的影响做了观测。发现鱼精 DNA 水溶液在浓度大于 1% 时出现液晶态，并且同它的分子的双分子螺旋结构有关。

四、液晶物理

有关液晶物理方面的工作在国内是 1978 年才真正开始进行的。在实验方面研究的课题主要有：

测量 MBBA 在掺杂时的序参数和磁双折射系数，测定液晶的内场系数。

测量螺旋状液晶螺距随温度的变化关系。从测得的结果，结合文献中已发表的数据，总结出了一条经验公式。

测量了不同电场强度下正性丝状液晶 7CB 的展曲弹性常数和弯曲弹性常数。

在丝状液晶清亮点附近的各向同性相中，观察到简并的和非简并的四波混频输出。这些四波混频存在着明显的弛豫效应：

液晶相变的喇曼式散射。

混合液晶的相变问题。

应用正电子湮没技术研究液晶相变。

强激光场引起的液晶中的负透镜效应和它的弛豫行为。

利用液晶相机研究红外激光。

在小量样品条件下用振动球法测量液晶的平均粘滞系数。

在垂面校列的丝状液晶盒中，用机械方式激发指向矢的偏转，并测量这种偏转的传播速度。

在强磁场作用下液晶在相变点附近的行为。

在理论方面的主要课题有：

$N-I$ 相变在 I 相的相变前效应。用微观理论计算了关联函数与间隙指数，解释了 1970 年在实验上观察到的非平均场近似行为，并且指出了实验结果与有关 $N-I$ 相变的三重临界假

物理

说之间的矛盾。

用分子模型解释 $N-I$ 相变温度随分子长度增加实验事实。

用宏观相变理论计算并预言了丝状相临界指数在 $N-I$ 相变点两边的非对称性。这一非对称性已被国外的核磁共振实验所证实。

对一类相变的朗道-德朗纳模型进行了高斯近似的计算，讨论了一类相变与二类相变临界性质的异同。

对液晶的 $I-N-A$ 相图进行了理论解释。

利用在朗道-德朗纳模型基础上的适用于二元混合丝状液晶的理论来解释这个系统的相变前效应。

应用朗道-德朗纳理论对丝状液晶的有效指数进行了计算，提出了可以从某些方面对这些指数进行测定的意见。

对压力作用下液晶的相变问题进行了计算，指出有重入 I 相的存在。

从准分子理论和宏观对称性理论两个方面对电场作用下的丝状液晶的弹性常数进行了计算，指出弹性常数将是电场强度的函数。

应用宏观对称性理论指出了新的挠曲电效应的存在。

从理论上讨论液晶中孤子的问题。

研究了在倾斜电场作用下丝状液晶的电流体动力不稳定性。

另外，台湾省交通大学测量了胆甾醇丙酸酯、壬酸酯和肉豆蔻酸酯等材料的旋光本领。发现当添加层状相时，螺距与温度的关系表现出有异常。

近年来与国外液晶物理工作者合作进行的课题有下列一些：

对包括各向异性排斥力在内的液晶分子统计理论的研究，把“取向平均分子对相关”理论推进了一步。

研究了液晶核磁共振和介电弛豫的统一理论，用以解释一些实验的结果。

利用超声阻抗的方法对层状 A 相液晶的横波传播特性进行了研究。完整地测定了各向异性的横波速度，同时测定了平行和垂直于液晶

层方向的粘滞阻尼特性。

在层状 A 相到 B 相相变附近进行了纵向超声波传播特性的测量。以不同的超声频率沿不同的轴向测定了不同温度条件下液晶中的传播速度和相对吸收。观察到了速度和衰减的反常现象。

应用表面等离子激元技术测定了螺旋状液晶的局域折射率。这种测量方法的精确度可以达到 10^{-4} 的数量级。

以上是我国近年来,在应用、化学、生物和物理四个方面在液晶学科中所进行的一些主要工作。

十多年来我国的液晶学科从无到有并获得了丰硕的成果。然而本学科发展的年代正是文化大革命时期。虽然做了很多工作,但是分散、不系统、缺乏联系种种困难使得液晶学科的发展受到极大的限制。文化大革命结束,党和国家提出了四个现代化的奋斗目标。1977年中国科学院召开全国自然科学规划会议。在讨论凝聚态物理学科发展时,认为液晶这门交叉性边缘学科在国内还是一个薄弱环节,应该促进它的发展。1978年9、10月间中国科学院组织了一个代表团去日本进行显示技术考察和学术交流。在此基础上决定召开一次全国性的液晶学术会议。中国科学院上海有机化学研究所受委托负责,于1979年6月29日至7月3日在上海召开了第一次全国液晶学术会议。到会代表122人。会议期间代表们提出了成立学会的设想。1980年4月中国物理学会举办了一次液晶学习班,参加人数近百人。学习班上同志们提出了成立中国液晶学会的建议。经过各方面的努力,在中国物理学会的领导下终于在1980年7月18日在北京正式成立了中国物理学会液晶分科学会。目前液晶学会已有200多位会员。在国内我们已经培养出了一批具有硕士学位的液晶工作者。

在液晶学会成立大会期间,大会前后,国际上一些著名的致力于液晶研究的单位,例如印度喇曼研究所、美国肯特大学液晶研究所、法国巴黎南大学奥赛固体物理实验室液晶组、美国

西北大学物理系、瑞典查默斯技术大学物理系以及瑞士罗士药厂液晶研究室等单位的许多位液晶专家都曾来我国访问,进行学术交流。我国的液晶工作者也曾多次参加国际上召开的液晶学术会议。我们的工作得到了国际上的重视。这种国际学术交流对发展我国的液晶学科起了很大的推动作用。

液晶不但是一门多科性的边缘学科,而且也是一个重要的工业部门。国际上液晶工业已经从生产单功能手表和计算器发展到生产多功能手表,各种类型计时器、翻译器、玩具、家庭用具、电话、相机、各类仪表,甚至袖珍电视机等器件。我国的液晶工业目前还只是处在萌芽状态,由于种种原因遇到了一些困难。针对这种情况液晶学会在1982年11月22日和23日召开了一次“促进我国液晶工业的发展讨论会”。一些与液晶工业有关的单位在会上介绍了情况,提出了目前我国液晶工业面临的一些问题。这次会议沟通了各方面的情报,大家认为所有的困难在适当的安排之下是应该可以解决的。大家对我国液晶工业的发展前景增加了极大的信心。

我们在液晶学科的物理、化学、生物和应用各个方面都已经取得了一定的成绩。然而由于它是多科性的边缘学科,涉及的范围很广,因此在我国还存在着很多的空白点。特别是溶致液晶、盘形分子液晶、层状液晶、新型液晶材料、液晶中的缺陷等方面还比较薄弱。在显示器件以及其它的应用方面也还有大量工作需要加强。虽然我们已经有了一支液晶工作者的队伍,但是不论从数量上还是从质量上都还不够强大。液晶学会准备积极地向各有关方面介绍本学科的内容,促进有关工作人员之间的联系与合作,推动基础和应用各方面的研究。中国的液晶学科必将有一个兴旺发展的前景。

本文是在1981年自然科学年鉴上林磊同志所作的“中国的液晶研究”一文的基础上写成的,赵静安同志和王良御同志分别对应用和化学方面提供了重要的材料,特此致谢。