

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 20081152984

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

悬浮于扭曲型向列相液晶中纳米金属丝在外
加磁场下的动态响应行为

Dynamics of a magnetic nanowire suspended in Twisted
Nematic Liquid Crystal under magnetic field

谭 晓 琴

指导教师姓名: 吴 晨 旭 教授

专 业 名 称: 理 论 物 理

论文提交日期: 2011 年 月

论文答辩时间: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

液晶是一种具有各向异性的复杂流体，它能对置于其中的悬浮颗粒产生力和力矩作用，这种现象在普通的溶液中是不存在的。向列相液晶由长棒状分子所构成，其状态可用分子长轴朝某一方向近似同一排列来描述。在向列相液晶和另一边界的交界处，液晶分子和边界表面之间的相互作用使得液晶分子有一个能量最优的排列方式。如果与液晶相接触的表面不是平表面，如向列相液晶中的球形和圆柱形悬浮颗粒表面，边界条件对液晶分子排列方式的限制将打破其原有的有序排列，使得液晶的弹性能增加。因此悬浮颗粒会受到液晶所施加的弹性力。对于形状各向异性的悬浮颗粒，如长圆柱形的纳米金属丝和碳纳米管，会因引起液晶指向矢形变，增加体系弹性能而受到液晶施加的弹性力矩和弹性力。向列相液晶中纳米悬浮颗粒所受到的弹性力，可以用来实现对颗粒的操纵，也可以用来将其排列成一些有用的结构。

本文研究了悬浮于扭曲型向列相液晶盒中的磁性镍纳米金属丝在外加恒定/旋转磁场下的动态响应行为。我们采用等效电容法和保角变换法来研究此纳米金属丝悬浮体系。研究结果表明纳米金属丝的平衡位置与其半径有关，而其角度弛豫时间则取决于其长度和所处流体环境。与已有的实验结果做比较，发现我们的计算与实验结果符合得很好。通过对体系施加旋转磁场，在金属丝平衡位置附近，除了垂直方向上的振动，同时发现由金属丝翻转所引起的小幅度波动。该现象随着外加的旋转磁场的角速度或者磁场大小的增大而趋于平缓，直至最后消失。

关键词：液晶；纳米金属丝；磁场

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Liquid crystal, as one type of complex fluids, will impose elastic forces and torques on inclusions, which are not found in ordinary liquids. Nematic liquid crystal is composed of rod-like molecules and is characterized by the alignment of molecular long axes along a particular direction. At the interface between liquid crystal and other surfaces, anchoring interactions between liquid crystal molecules and the surfaces will create an energetic preferred alignment for the liquid crystal molecules. If the surface is not flat, such as the surfaces of spherical colloids and cylindrical nanowires suspended in nematic liquid crystal, boundary conditions will distort its original uniform alignment, leading to a cost to the nematic's elastic energy. The tendency to minimize this elastic perturbation can lead to forces on the particles. For those anisotropic particles, such as long cylindrical nanowire and carbon nanotube, both elastic forces and torques will be exerted due to its shape. The forces exerted on the suspended particles by the nematic liquid crystal can be used to manipulate those particles and arrange them into useful structures.

The dynamic behaviors of a magnetic nickel nanowire suspended in a twisted nematic cell under both constant and rotating magnetic field are analyzed, using the method of equivalent capacitance we developed for the nanowire-suspended system. It is found that the height of the nanowire depends largely on the wire's radius, while its angular relaxation time is determined by its length and the fluid environment. A comparison with experiments shows that our calculation agrees well with the experimental results. Through an application of rotating magnetic field to the system, in addition to the vertical oscillation one also sees a small fluctuation which is produced by the rotation reversal of the nanowire around its equilibrium position. Such a fluctuation will disappear once the rotating frequency or the field magnitude is increased.

Key Words: Nematic Liquid Crystal; nanowire; magnetic field

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘要	I
Abstract	III
第一章 绪论	1
1.1 液晶的发现	1
1.2 液晶的基本概念	1
1.3 液晶的分类	1
1.4 液晶的各种性质及其应用	5
1.5 液晶中悬浮体系的研究进展与应用	7
1.6 本论文的内容	9
第二章 向列相液晶中纳米金属丝的受力研究	11
2.1 保角变换法简介	13
2.2 等效电容法简介	13
2.3 纳米金属丝的受力计算	14
第三章 动力学模拟和讨论	23
3.1 高度弛豫过程	23
3.2 金属丝的转动	24
3.3 角度弛豫过程	27
3.4 旋转磁场下纳米金属丝的动态行为	28

第四章 结论	33
第五章 展望	35
5.1 外加电场下的动态响应行为.....	35
5.2 两个或多个平行的纳米金属丝悬浮于向列相液晶	35
参考文献	37
附录	43
致谢	44

Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter1 Introduction	1
1.1 Discovery of liquid crystal	1
1.2 Concepts of liquid crystal	1
1.3 Classification of liquid crystal.....	1
1.4 Characteristics and applications of liquid crystal	5
1.5 Developments and applications of nano-particles in liquid crystal.....	7
1.6 Contents of the thesis	9
Chapter2 Force exerted on the nanowire in nematic liquid crystal	11
2.1 Introduction of conformal mapping method.....	13
2.2 Introduction of Equivalent capacitance approach	13
2.3 Calculation of the elastic force	14
Chapter3 Dynamic Simulations and Discussions	23
3.1 Relaxation process	23
3.2 Rotation of the nanowire.....	24
3.3 Angular Relaxation process	27
3.4 Dynamics under rotating magnetic field.....	28

Chapter4 Conclusions	33
Chapter5 Prospects of further work.....	35
5.1 Dynamics under electric field	35
5.2 Two or more parallel nanowires suspended in nematic liquid crystal.....	35
Reference.....	37
Appendix	43
Acknowledgement.....	44

第一章 绪论

1.1 液晶的发现

液晶的发现可以追溯到1888年，奥地利植物学家莱尼泽(F. Reinitzer)在加热胆甾醇苯甲酸脂晶体时，发现该物质在加热到145.5°C时，晶体会熔解成为混浊粘稠的液体（145.5°C即其熔点）。但在继续加热到178.5°C时，该混浊液体会变成透明清亮的液体[1, 2]（178.5°C为其清亮点）。且这种由混浊到清亮的过程是可逆的。此后由德国物理学家莱曼(O. Lehmann)利用偏光显微镜观测此种胆甾醇苯甲酸脂的混浊液体状态时，发现在145.5°C至178.5°C这一温度范围内，其机械性能与各向同性液体相似；但其光学性质却和晶体相似，为各项异性[3, 4]。也就是说此种状态下的物质具有强烈的各向异性物理特征，同时又具有像普通流体一样的流动性，莱曼将其称为液晶（liquid crystal）[5-8]。其熔解之后虽然变为了具有流动性的液态物质，但结构上仍保留着一维或者二维有序的排列，在物理性质上呈现各向异性，形成兼有部分晶体和液体性质的过渡状态，称为液晶态。

1.2 液晶的基本概念

物质在不同的温度和压强下有三种常见的形态：固态、液态和气态。其中液体具有流动性，它的物理性质是各向同性的，没有方向上的差别。固体(晶体)则不然，它具有固定的形状。构成固体的分子或原子在固体中具有规则排列的特征，形成所谓晶体点阵。晶体最显著的一个特点就是各向异性。由于晶体点阵的结构在不同的方向上并不相同，因此晶体内不同方向上的物理性质也就不同。而液晶，因为它具有强烈的各向异性物理特征，同时又像普通流体那样具有流动性，处于固相和液相之间，所以它是物质的一种不同于以上三种物态的特殊状态，如图1-1(b)所示。由于液晶相处于固相和液相之间，因此液晶相(mesophase)又称为中介相(介晶相)，而液晶也称为中介物（mesogen）[9]。

1.3 液晶的分类

构成液晶物质的分子，大都为细长棒状或者扁平片状，并且在不同的液晶相中有不同的排列方式[10, 11]。

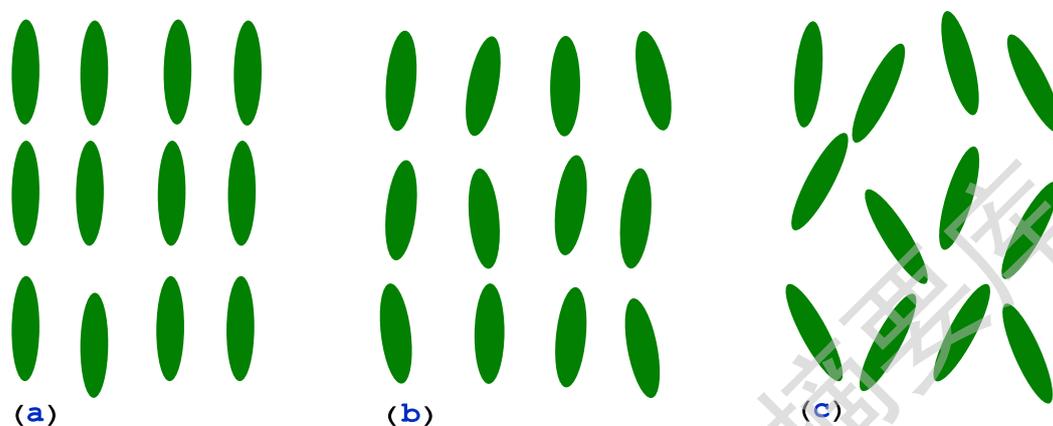


图 1.1 (a)晶体(b)液晶(c)液体

从构成成分和出现中介相的物理条件来看，液晶大体上可以分为热致液晶（thermotropic liquid crystal）和溶致液晶（lyotropic liquid crystal）两类。热致液晶是指单成分的纯化合物或均匀混合物在温度变化下出现的液晶相。典型的长棒状有机化合物热致液晶的分子量一般在200-500g/mol左右，分子的轴比（长宽比）约在4-8之间。实验室中最常用的热致液晶有氧化偶氮茴香醚（PAA）和对甲氧基苄叉对氨基丁苯（MBBA）。溶致液晶是两种或者两种以上组分形成的（其中一种是水或者其它的极性溶剂），在浓度变化下形成的液晶。溶致液晶中的长棒状溶质分子一般要比构成热致液晶的长棒状溶质分子大得多，分子的轴比约在15左右，最常见的溶致液晶有肥皂水，洗衣粉溶液和表面活性剂等。聚合物（高分子）液晶最早是在溶致液晶相发现的，现在已有了热致聚合物液晶。由于聚合物的分子要比一般有机分子大得多，在性质上也有所不同，因此目前把聚合物液晶也常单独考虑[9]。

从分子排列的有序性来区别液晶相，特别是对于热致液晶，可以大致分为三大类[10]：向列相（Nematic，也称丝状相），层状相（Smectic，也称近晶

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库