



成绩

# 中国农业大学

## 课程论文

(2020-2021 学年秋季学期)

论文题目： 力学工程课程报告

课程名称： 力学工程

任课教师： 常正

班 级： 工力 201

学 号： 2020310020119

姓 名： 张家瑞

# 力学工程课程报告

**摘要：**先较为详细地介绍了混沌动力学的发展：20 世纪 60 年代的一次偶然发现，使人们认识到了混沌的存在；关于“英国海岸线的长度”这一问题的思考，人们引入了分形的概念。经过了数十年的发展，已形成比较完整的混沌动力学体系。现在已有三大重要概念：初值敏感性、分形和奇异吸引子。并且在气象学、天文学、医学等方面有了一定的应用。最后对历次力学工程课进行了回顾与收获的总结。

**关键词：**混沌动力学，初值敏感性，分形，奇异吸引子，心得体会

## Mechanical Engineering Course Report

**Abstract:** First, The development of chaotic dynamics is introduced in detail: A chance discovery in the 1960s made people aware of the existence of chaos, and the concept of fractal was introduced when thinking about the question of "the length of the British coastline". After decades of development, a relatively complete chaotic dynamics system has been formed. There are now three important concepts: sensitive dependence on initial conditions, fractal, and strange attractor. And in meteorology, astronomy, medicine and other aspects have a certain application. Finally, the paper reviews and summarizes the harvest of the previous mechanical engineering courses.

**Key words:** Chaotic dynamics, Sensitive dependence on initial conditions, Fractal, Strange attractor, Experience from the heart

### 1 混沌的定义及性质

混沌是指确定性动力学系统因对初值敏感而表现出的不可预测的、类似随机性的运动<sup>[1]</sup>。

虽然根据运动的初始状态数据和运动规律能推算出任一未来时刻的运动状态，但由于初始数据的测定不可能完全精确，预测的结果必然出现误差，甚至不可预测。运动的可预测性是一个物理概念。一个运动即使是确定性的，也仍可为不可预测的，二者并不矛盾<sup>[1]</sup>。

混沌动力学是复杂性科学的一个重要分支<sup>[1]</sup>。

### 2 发展历程及当今状况

混沌现象最初是由美国气象学家洛伦茨，在 20 世纪 60 年代初研究天气预报中大气流动问题时偶然发现的。当对初始条件进行稍微改变，就会使结果发生很大的改变，即“对初始条件的极端敏感性”。然后就用“蝴蝶效应”来生动概括这一现象。后来经过数十年的发展，使得混沌动力学成为复杂性科学的一个重要分支，在许多领域内都有其重要价值<sup>[2]</sup>。

在这数十年中，从最开始的无意发现，到 1975 年“混沌”名称的引入，再到现在混沌动力学的相对成熟，人们发现混沌理论作为一个科学理论具有三个关键概念，或者说是三个特

性：初值敏感性、分形和奇异吸引子。

初值敏感性：只要初始条件稍有偏差或微小的扰动，则会使得系统的最终状态出现巨大的差异，而这导致了结果的难预测性，并且奇异吸引子中的洛伦茨吸引子与蝴蝶很相像，从而又称作蝴蝶效应。

分形：以非整数维形式充填空间的形态特征。而最初对分形问题的思考是 1967 年一名美国科学家提出的问题：“英国的海岸线有多长？”，然而发现使用不同的尺度测量时，得出的答案也不同，而且尺度越小时，测量值越大<sup>[3]</sup>。这个图形的整体与局部也相似，且其维度为小数维。并且人们发现分形现象在自然界中普遍存在，比如某些树枝、树叶及海岸线等，而且往往利用分形制作出的艺术品，给人一种很美的感受。

奇异吸引子：该概念仅仅是一个抽象数学概念，还没有发展出完善的理论模型。它包含有许多种类，比如蝴蝶形状的洛伦茨吸引子，见图 1。但是它们都有一个共同的特征：在奇异吸引子外的一切运动都趋向到吸引子，属于“稳定”的方向；一切到达奇异吸引子内的运动都互相排斥，对应于“不稳定”方向<sup>[4]</sup>。



图 2-1 洛伦茨吸引子

Fig.2-1 Lorenz oscillator

### 3 应用方向及意义

混沌作为一种普遍现象，在各个领域都有一定的应用意义。下面对几种常见的领域进行论述。

在气象学方面，可以运用混沌动力学进行气象方面的研究，比如对干旱的预测<sup>[5]</sup>；在海岸线测量方面，虽然我们不是不能具体进行测量的，但我们可以通过探索其中的规律，从而求出近似值并总结出规律。同时在医学方面，可以模拟药物在身体内的扩散过程等；在天文学方面可以构造宇宙模型，模拟宇宙的演化过程；在地理方面，可以进行板块运动的估算。在破岩地过程中，我们也可以利用混沌动力学去考虑高压水射流与机械刀具结合的效果。当然还有许多可以应用的地方，有待于我们的发现与进一步的研究。

同时，混沌理论研究同协同学、耗散结构理论紧密相关。它们在从无序向有序和由有序向无序转化这一研究主题中有共同任务。在今后很长一段时期内，混沌动力学仍会是一门极具活力的学科。

## 4 总结

混沌动力学作为一门新兴学科，经历了数十年的发展，现在已形成了三个关键的特性：初值敏感性、分形和奇异吸引子。同时也带动了人们对分形的研究，并且使得人们更加贴合实际地去考虑事情的发展规律，认识到事物的发展充满了不确定性。但由于人们认识到了这一点，可以根据这去尽可能解决这种不确定性。并且在模型的构建与演变方面给了人们的思考，从而在气象、医学等领域实现它的利用价值。

## 5 心得

在力学工程这门课中，我不仅了解了工程力学专业的优点，还了解了力学的发展方向、在哪些领域有重要作用。

常正教授介绍了自己在清华大学的科研课题，让我了解了科研的道路，需要坚持不懈地去探索：从采集蜘蛛丝到养蜘蛛，在探索的过程中也要根据实际情况更改方向；他与“三清学者”所擅长的方面不同，让我了解到了团队合作的重要性；同时还介绍了他现在的研究方向——潜艇消音方面。常教授的课是通过介绍自己的科研过程，让我们这些从未接触科研的同学对科研有了初步的了解，引起了我们对科研的兴趣。

陈奎孚教授详细地介绍了力学——辉煌的历史、潇洒的未来，比如国民经济中与力学相关的行业，与其他自然科学的交叉等，使我们了解到了力学不仅是一个“宽口径”的专业，还是工程学科的基础；院士、重点大学的校长有很多是力学人；力学不仅是工程学科的基础，还教会我们面对现实问题时的思考思路与处理方法。除此之外，他还介绍了一些力学在植物里的体现，这些激发了我们学习力学的兴趣。

北京理工大学的刘青泉教授给我们讲了流体力学与现代工程，通过介绍流体力学的发展过程，介绍了几个流体力学方面的科学家；从一个真实的桥塌故事，引入了卡门涡街，讲述了发现问题的研究过程，还介绍了飞机的飞行问题等，让我们了解到了流体力学这一大领域。

陈雪冬教授进行了“力学与运载火箭”专题报告，介绍了我国现有的运载火箭、航空航天的发展历程，还播放了两个火箭的发射视频，让我们对空气动力学的应用有了更深一步的了解，航空航天本身也是我们大多数人感兴趣的方向，培养了我们对力学的兴趣。

徐春晖教授讲解了自己现在的研究课题，利用有限元法，在软件里面对复杂的事物进行模拟，把复杂的事物拆分后进行简化，比如在墙上钉钉子的过程中，钉子所受的力、漏斗中物体的流下过程中所受的力、土堆坍塌的过程中各部分所受的力，在课程的学习过程中，引起我主动思考，考虑该方法在其他物理情景中的应用。离散单元法 DEM 的相关介绍，让我认识到软件在处理现实力学问题中可以发挥重要的作用。

王永岗教授讲授的是混沌动力学，我了解到了混沌动力学的发展过程、重要的组成成分以及应用等。由于之前对分形也有所了解，在这课堂上学习到了分形与混沌动力学相结合的特点。同时也学到了科学的探索过程，从发现问题，然后去勇于探索，最后找到本质。同时

由于我对这一部分很感兴趣，在课下又了解了豪斯多夫维数，学会了对维数的计算等等。

在最后一节秦太验教授的课上，他对之前的力学工程课进行了总结，介绍了力学系的实验设备，并且介绍了力学在石油开采、页岩气开采等领域的应用，让我们对力学的应用有了更深的了解。

总之，通过力学工程这门课，在发展前景、应用领域等方面，增加了我们对力学专业的认识，还让我们对以后的科研有了提前的了解，培养了我们对力学学科的学习兴趣。力学工程课的学习可谓是受益匪浅。

## 参考文献

- [1] 刘寄星. 中国大百科全书[M]. 中国大百科全书出版社, 2009.
- [2] 卢侃. 混沌动力学[M]. 上海翻译出版公司, 1990.
- [3] 朱晓华, 王建, 陈霞. 海岸线长度与分维在不同比例尺地图上的变化研究[J]. 黄渤海海洋, 2001(04):71-75.
- [4] 王安良, 杨春信. 评价奇怪吸引子分形特征的Grassberger-Procaccia算法[J]. 物理学报, 2002(12):2719-2729.
- [5] 陈海涛. 农业干旱风险分析方法及应用研究[D]. 华北水利水电大学, 2019.