

一个带有延时反馈光学双稳态系统中的稳定及无序特性

高锦岳

(吉林大学物理系)

袁建民, *L. M. Narducci*

(美国 Drexel 大学物理系)

最近,对古老的流体力学中湍流问题研究兴趣的复兴,揭示了物理学不同领域中存在的可以用确定方程描述的无序过程。量子光学已经对这一研究领域作出了积极的贡献,特别是光学双稳态中自脉冲和无规特性的发现,情况更是如此。

最近的工作已经说明,至少在一些情况下,光学湍流的出现可以用 Feigenbaum 机制来描写,也就是无限次周期加倍最后达到无序的过程。然而,另外一些类型的双稳态系统似乎并不与此相符。事实上,目前在量子光学中仅有的对无序过程的实验研究是由 Ikeda 提出的混合型光学双稳态系统,这一系统的数学描述相当于一个无限维一阶微分方程组。此系统由一个加有固定偏压的调制器及产生加在调制器上且正比于调制器输出强度的反馈电压回路所组成。关键的部分是反馈回路中的可变延时。此双稳态器件的工作过程可用一对带有延时的微分方程来描述:

$$y(t) = 12y(1 - k\cos(\theta + V(t))) \quad (1a)$$

$$\frac{dV(t)}{dt} + V(t) = x(t - T) \quad (1b)$$

这里 y 和 x 是适当标度的输入及输出, k 是调制器的调制度, θ 是固定偏压,而 T 是反馈回路的延迟时间。

我们已对方程(1a)、(1b)的稳定特性及小信号稳定性进行了初步分析,在那里已指出此系统中存在的比 Feigenbaum 类型更复杂的无序过程。此后的进一步研究发现:

i) 非稳定的自脉冲及无序特性不仅是在稳态方程的最低一个稳定分支上出现,在其它的稳态分支上也同样存在。

ii) 一般来讲,无序状态是逐渐出现的,并没有无限次的周期加倍分叉过程。当然,对于一定的参数,与时间有关的强度输出不断改变它的稳态振荡波形,这些波形的改变,使人们联想到了周期加倍分叉机制。

仔细分析强度输出功率谱分布,随时间发展解,及线性化方程本征法表明无序振荡的起因应归结于系统的无限多稳定的线性化振荡模。这些模在开始的准线性发展中由非稳定模所激发,但很弱。之后,随着参数的变化,逐渐变成非线性过程中导致无序的主要因素。