

非线性输电网络的Ginzburg-Landau模型和玻色-爱因斯坦凝聚中物质波孤子的时空工程

非线性输电网络是最常用的输电线路。它们虽然是离散系统，但在允许连续近似的系统下可以轻易操控。因此，非线性输电网络为在非线性质中研究激发的动力学过程提供了可靠的平台。事实上，该平台是所有实验平台中最通用的一个，这是由于非线性输电网络对于传播波几乎任何期望形式的色散和非线性，损耗和增益或泵浦都很容易实现。通常非线性输电网络是研究一维和二维非线性色散介质中波传播的非常方便的工具，因为控制系统中波动力学的所有参数都可以通过模型分析来预测，这有利于在实验室设置中实现。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心刘伍明研究员与浙江师范大学E. Kengne教授等人合作，通过Ginzburg-Landau模型研究了非线性输电网络极其应用，并用非线性输电网络来模拟各种在物理和神经系统中已知的动态现象。复杂的Ginzburg-Landau方程在各种物理环境中充当经典模型，例如非线性光子学、动态相变、超导性、超流体性、流体力学、等离子体、玻色-爱因斯坦凝聚体、液晶等。该工作基于一维和二维Ginzburg-Landau模型的单耦合和多耦合电气非线性传输网络，并由非线性和色散相结合的元素构成。首先介绍了用于输电线路中的孤子的实验工作，考虑了无损网络和耗散网络，从非线性传输网络中发展出的非线性模型，包括保守与耗散非线性薛定谔方程、三次与三次-五次Ginzburg-Landau方程、Kundu-Eckhaus方程及广义Chen-Lee-Liu方程。这些模型产生了各种解析和数值解，可用于电网中非线性波模式的传播，以及椭圆波、亮孤子和暗孤子、扭结、怪波，其中部分结果已经被实验观测到。

该工作发表于Physics Reports 982, 1-124 (2022)，得到国家重点研发计划（2021YFA1400900, 2021YFA0718300, 2021YFA1402100），国家自然科学基金项目（61835013, 12234012）的大力支持。

文章链接：<https://www.sciencedirect.com/journal/physics-reports/vol/982/suppl/C>

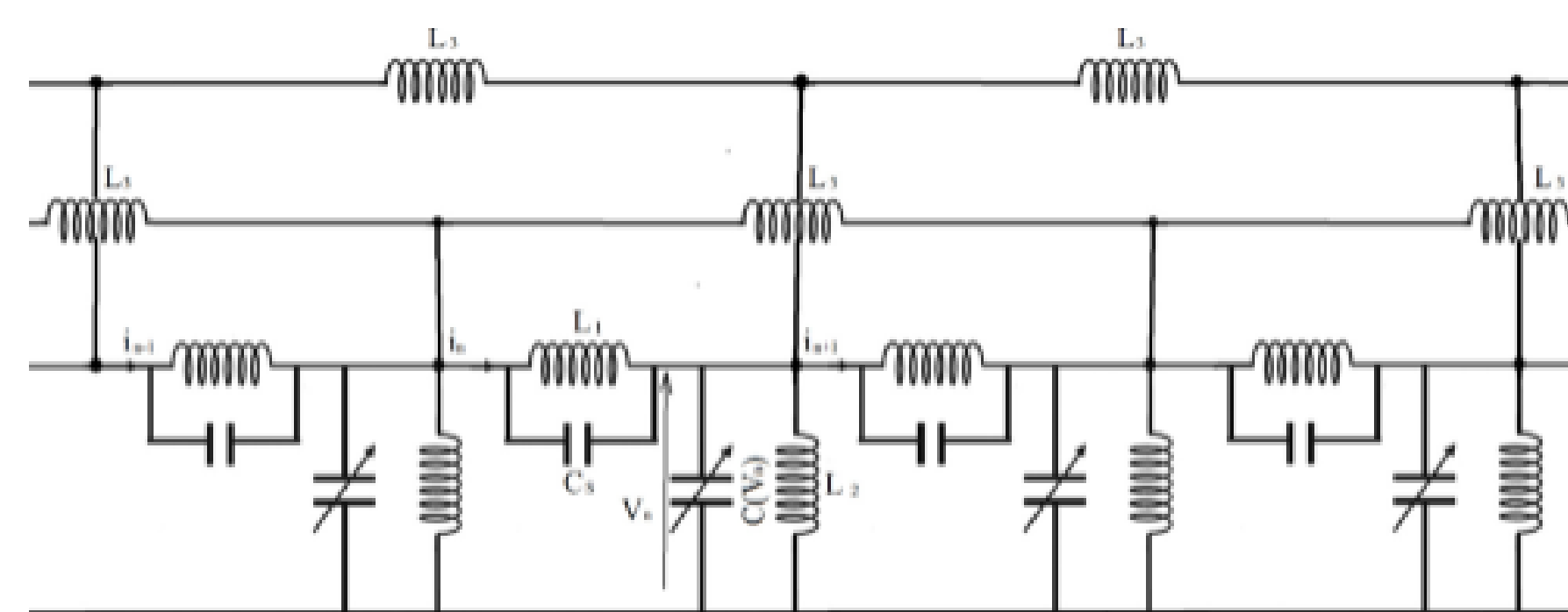


图1 Noguichi型次近邻作用下的离散非线性电网示意图。

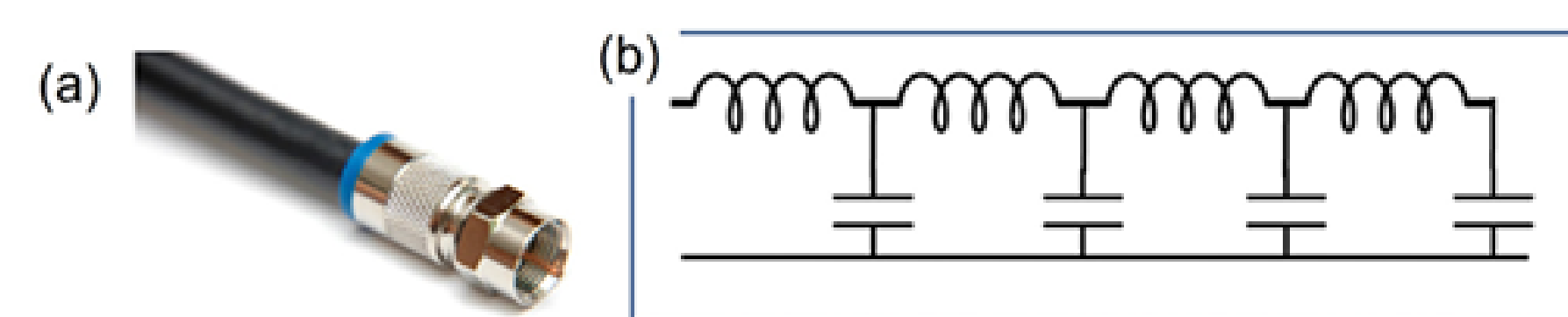


图2 (a) 电传输线的最简单示例：同轴电缆。(b) 同轴电缆的离散模型可以由集总电感器和电容器的表示。

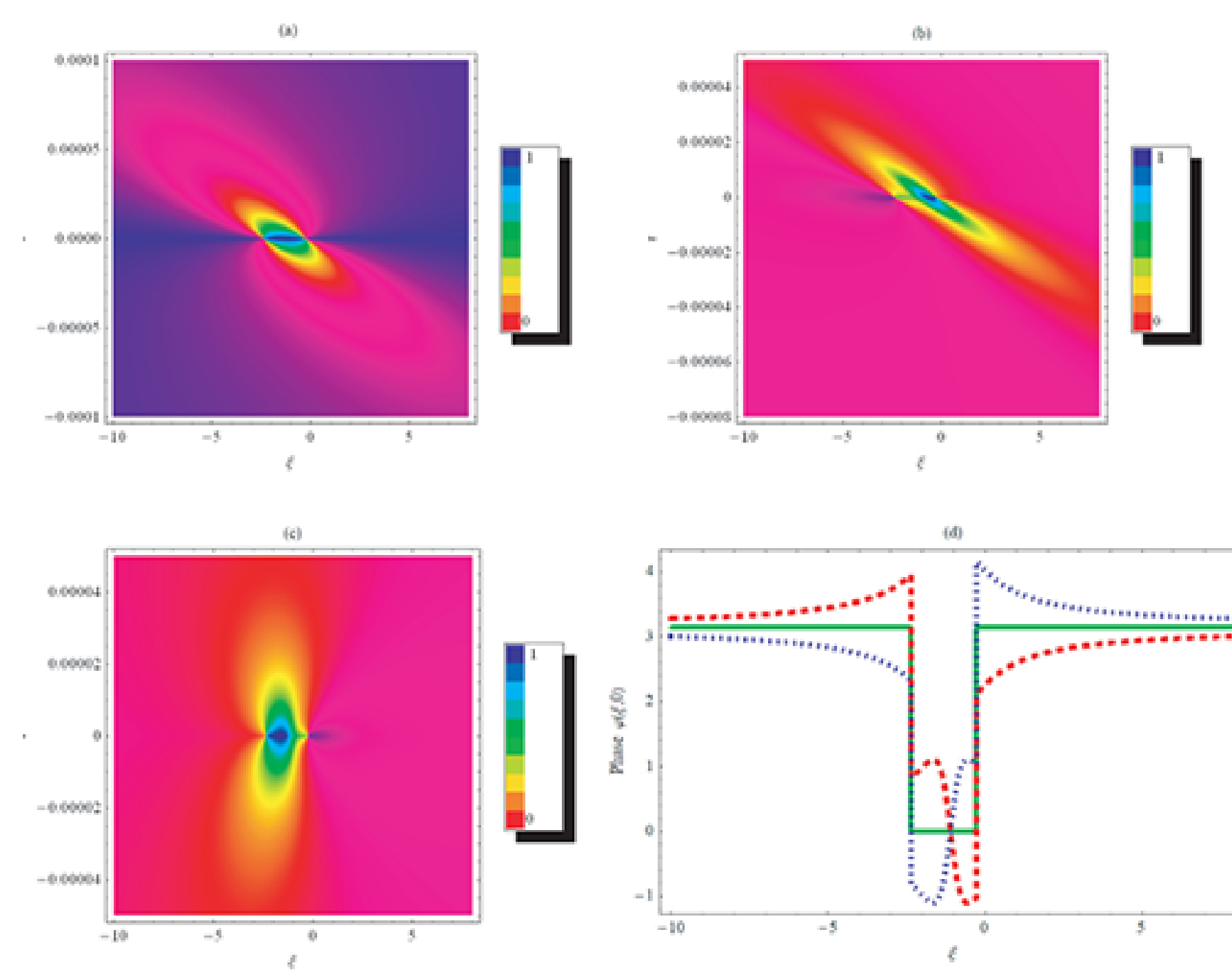


图3不同网络参数下怪波 (rogue wave) 的演化过程。

刘伍明研究员还与浙江师范大学E. Kengne教授等人合作，研究玻色-爱因斯坦凝聚中物质波孤子的时空工程。光阱中实现玻色-爱因斯坦凝聚以来，大量实验与理论工作开始关注于亮、暗物质波孤子、耦合结构、调制不稳定性以及物质波的非线性激发，使它们成为非线性物理学和软凝聚态物理学等领域的研究前沿。在许多情况下，自由空间中不存在或不稳定的非平庸孤子与耦合结构可以通过各种操控技术制备并保持稳定状态，这些操控技术可以由非线性薛定谔方程和Gross-Pitaevskii方程中的线性和非线性项表示。该工作通过不同的设置，在非线性和薛定谔方程和Gross-Pitaevskii方程中进行时空调制来实现各种期望的非线性模式。通过时空非线性调制与合时势阱，在玻色-爱因斯坦凝聚中产生并控制一维物质波孤子非常重要，包括基本分支解析或数值分析连续波的调制不稳定性。另一个重要的物理问题是关于借助临时非线性操控来实现二维孤子的稳定性，这一过程中非线性的符号呈现周期翻转。该工作还包括一些非直接时空调制但同样具有物理意义的问题，这些问题具有相似的孤子动力学特性。

该工作发表于Physics Reports 899, 1-62 (2021)，得到国家重点研发计划（2021YFA1400900, 2021YFA0718300, 2021YFA1402100），国家自然科学基金项目（61835013, 12234012）的大力支持。

文章链接：<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2020.11.001>

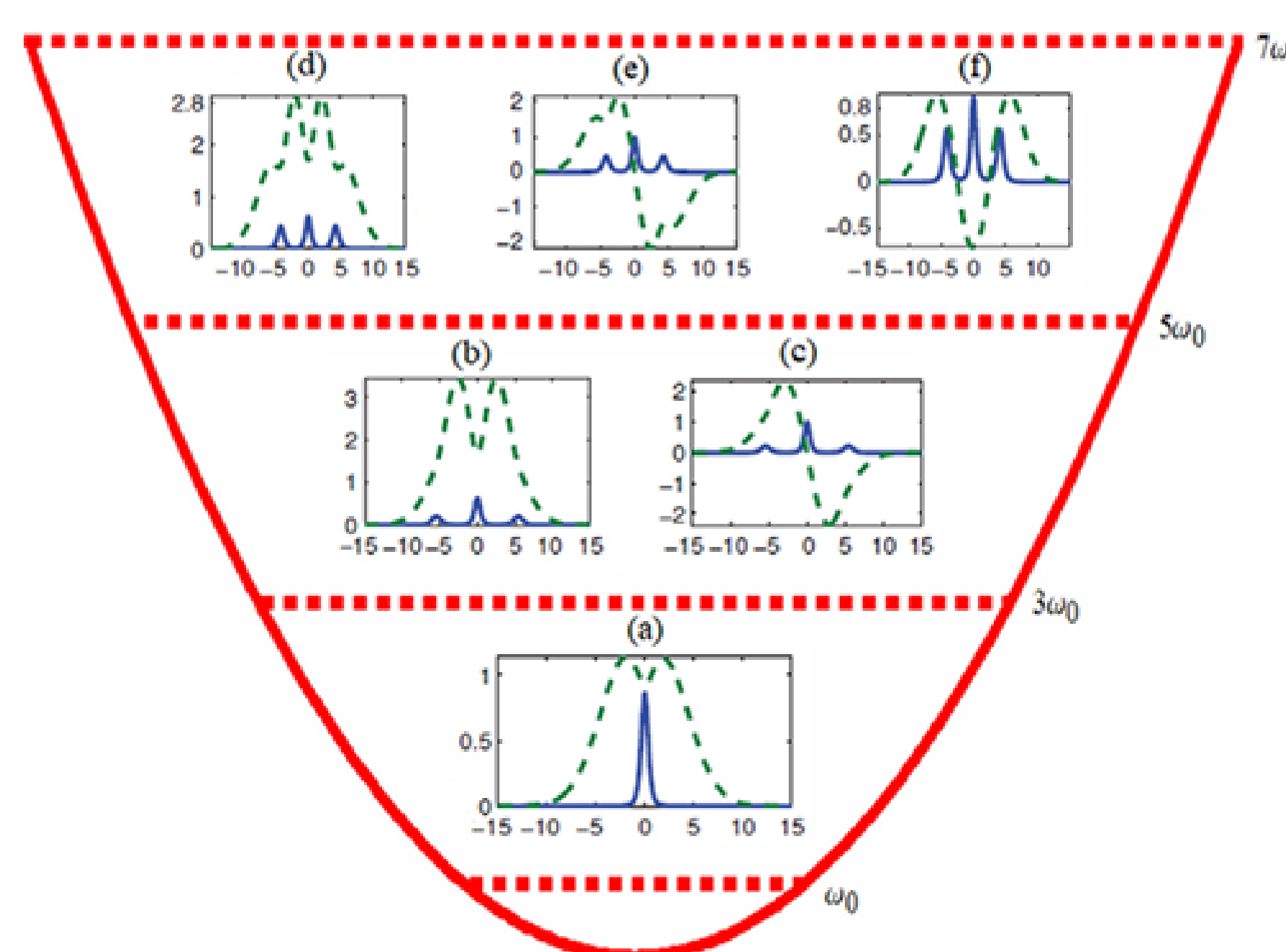


图4 不同孤子精确解与简谐振荡势离散能级的关系。

PhysRep.899.1(2021).pdf

PhysRep.982.1(2022).pdf