

潮湿环境中仿生微柱阵列表面的自发除湿研究

李兴济^{1,4}, 彭志龙^{2,3}, 陈少华^{2,3,*}

(1.中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190;

2.北京理工大学先进结构技术研究院, 北京 100081;

3.北京理工大学轻量化多功能复合材料与结构北京市重点实验室, 北京 100081;

4.中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

摘要:借助于表面的微纳米等级结构, 荷叶表面可以实现优异的超疏水自清洁性能。然而, 在潮湿环境中, 凝结在荷叶表面的液滴展现了亲水性 Wenzel 浸润状态, 而不是疏水性 Cassie-Baxter 浸润状态。在人工制备的微柱阵列表面上也存在这种反常的亲/疏水浸润现象, 极大制约了其在自清洁, 防冰防雾, 集水及热传导领域的应用。近几年, 实验发现通过精确设计微柱形状、尺寸、间距等, 可以实现潮湿环境中的自发除湿, 即液滴的在微柱之间凝结长大, 最终弹出微柱顶端的现象。然而, 后续的理论研究仍有缺失。为了解释现象背后的力学机理, 本文建立了一种具有任意微柱形状的 2D 阵列表面模型, 定量给出了液滴凝结过程中, 凝结状态与除湿状态之间的能量势垒表达式。进一步, 以梯形、抛物线形微柱为例, 分析了微柱尺寸与间隔对自发除湿的影响, 并解析给出了发生自发除湿的临界条件。本工作不仅证明和解释了潮湿环境下荷叶的反常浸润性, 并且为定量优化仿生微柱阵列表面的除湿性能提供了理论依据。

关键词: 自发除湿; 微柱阵列表面; 荷叶效应; 防雾; 表面效应功能化

* **通讯作者:** 陈少华, 教授, 生于 1972 年 5 月, 主要研究方向: 表/界面力学, 仿生材料力学及功能化表面设计与制造, 微纳米力学及低维材料力学, 先进复合材料力学, E-mail: chenshaohua72@hotmail.com
基金项目: 国家自然科学基金项目 (11532013, 11672302)