综述

液体在非润湿表面上的冷凝现象由于其提高传热传质的潜力受到了广泛的注意。在两个或多个液滴在表面合并时，生成的液滴会跳起离开表面。液滴跳跃现象被广泛应用于冷凝传热，自清洁表面，热二极管，抗结冰表面等领域。

许多研究者研究了冷凝过程中液滴在超疏水表面上的快速运动。Ryan Enright等研究了在超疏水纳米氧化铜表面上液滴生长和跳跃的过程。通过对实验的照相研究了100nm到10μm的液滴的冷凝过程。如何克服能垒对于理解非平衡状态下液滴冷凝的形态学是至关重要的。并且展示了通过核引发的液滴-液滴相互作用克服能垒的过程。

Habenicht发现在纳米金的超疏水表面上液体会自发聚集成液滴，在这个过程中液滴的质心升高，液滴由于惯性脱离表面。液滴在半径为100纳米左右时，跳跃的速度可以达到10m/s。

Jie Feng等制备了表面具有纳米带状结构的超疏水表面，并且研究了表面粗糙程度对于表面上冷凝的液滴的运动的影响。作者发现液滴运动的频率随着纳米条带的结构变化而变化，纳米条带越紧密越竖直，液滴的运动越明显。

Nenad Miljkovic等展示了硅烷化的氧化铜可以达到高效的液滴弹跳热传递。实验表明超疏水表面的传热性能相比普通的疏水表面可以提高25%。

除了实验，还有很多研究者通过数值模拟的手段研究液滴合并导致的跳跃。

Youngsuk Nam报道了液滴在超疏水表面合并的数值模拟中大约有一半的释放的表面能被转化为动能。这个转化过程是由液桥的高负曲率引发的低压引发的。液滴与超疏水表面接触产生的高压使得液滴瞬间跳起。

Benli Peng使用了多相格子玻尔兹曼方法模拟研究液滴合并时液滴内部的速度分布和动力学演化过程。使用统计学方法计算液滴合并时的能量分布，并且使用能量守恒的方法在理论上对于液滴跳跃的高度进行的预测，理论预测与实验结构符合的很好。

Ryan Enright通过结合测量两个相等大小的液滴在合并时的跳跃过程和对于双液滴合并的数值模拟说明，在这个过程中只有小部分的表面能转化为了动能。这项发现说明了流体内部动能在液滴跳跃过程中扮演的角色和并且支撑控制着整个过程。

王四芳等在紫铜基表面上制备了具有微纳结构的十八烷基硫醇自组装超疏水表面，采用高速摄像和显微技术研究了水平表面上液滴合并运动特性。并且考虑液滴表面黏附功、液滴运动引起的黏性耗散能等，根据能量守恒原理进行了理 论分析。

使用理论分析液滴合并也是一个很重要的方向。

Feng-Chao Wang通过能量守恒对两个相等液滴合并的过程进行了理论分析。建立了一个关联液滴合并导致的跳跃速度和表面能，粘性耗散和液滴尺寸的解析关系。合并导致的跳跃速度先是随着液滴尺寸的增大而增大，达到速度的最大值后，随着液滴尺寸的增大开始减小。并且作者通过计算得出最大速度时的半径约为50微米，这与实验数据相吻合。

JENSEGGERS发现两个小液滴合并成大液滴的过程是由表面张力驱动的减小表面积的过程。合并的早期是由粘性起主导作用的。作者主要研究了合并早期两个液滴之间的液桥的半径的行为。液桥的流动由液桥附近的高曲率引发。对于无粘的环境有一个二维的精确解：和，这对于三维也是成立的。

以上的研究都比较理想化，主要研究两个相等半径液滴的合并，然而Konrad等人的研究表明实际情况中不等径的合并更多。本文使用格子玻尔兹曼方法模拟研究两个液滴在不同半径比例，粘度下合并时的跳跃的水平竖直速度以及，可以引发液滴跳跃的临界半径，并且基于能量守恒理论对液滴弹跳过程进行了理论分析。

Condensation on Superhydrophobic Copper Oxide Nanostructures作者Ryan Enright。研究了在超疏水纳米氧化铜表面上液滴生长和跳跃的过程。

Condensation on Superhydrophobic Surfaces: The Role of Local Energy Barriers and Structure Length Scale作者Ryan Enright。通过对实验的照相研究了100nm到10μm的液滴的冷凝过程。如何克服能垒对于理解非平衡状态下液滴冷凝的形态学是至关重要的。并且展示了通过核引发的液滴-液滴相互作用克服能垒的过程。

Delayed Frost Growth on Jumping-Drop Superhydrophobic Surfaces作者Jonathan B. Boreyko

Energy and hydrodynamic analyses of coalescence-induced jumping droplets作者Youngsuk Nam

报道了液滴在超疏水表面合并的数值模拟中大约有一半的释放的表面能被转化为动能。这个转化过程是由液桥的高负曲率引发的低压引发的。液滴与超疏水表面接触产生的高压使得液滴瞬间跳起。

Jumping-Droplet-Enhanced Condensation on Scalable Superhydrophobic Nanostructured Surfaces作者Nenad Miljkovic

文章展示了硅烷化的氧化铜可以达到高效的液滴弹跳热传递。实验表明超疏水表面的传热性能相比普通的疏水表面可以提高25%

Multimode Multidrop Serial Coalescence Effects during Condensation on Hierarchical Superhydrophobic Surfaces作者Konrad Rykaczewski

在这篇文章中作者研究了微观结构对于多层超疏水表面在冷凝过程中液滴合并的影响，作者发现两个液滴合并的情况相对少见，大多数情况是多个液滴一系列合并的过程。

Factors Affecting the Spontaneous Motion of Condensate Drops on Superhydrophobic Copper Surfaces

Jie Feng,\*,† Zhaoqian Qin,† and Shuhuai Yao

在这篇文章中作者制备了表面具有纳米带状结构的超疏水表面，并且研究了表面粗糙程度对于表面上冷凝的液滴的运动的影响。

Analysis of droplet jumping phenomenon with lattice Boltzmann simulation of droplet coalescence

Benli Peng

作者使用了多相格子玻尔兹曼方法模拟研究液滴合并时液滴内部的速度分布和动力学演化过程。使用统计学方法计算液滴合并时的能量分布，并且使用能量守恒的方法在理论上对于液滴跳跃的高度进行的预测，理论预测与实验结构符合的很好。

Jumping Nanodroplets

1. Habenicht

作者发现在纳米金的超疏水表面上液体会自发聚集成液滴，在这个过程中液滴的质心升高，液滴由于惯性脱离表面。液滴在半径为100纳米左右时，跳跃的速度可以达到10m/s。

Jumping of a droplet on a superhydrophobic surface in AC electrowetting

Seung Jun Lee • Sanghyun Lee • Kwan Hyoung Kang

作者在超疏水表面的液滴上插入了电极并施加交流电，发现液滴随着电流在一个特别窄的频率内跳跃。这个现象是由震动主导的。

Superhydrophobicity of Biological and Technical Surfaces under Moisture Condensation: Stability in Relation to Surface Structure

Bernd Mockenhaupt,†,‡ Hans-Ju¨rgen Ensikat,\*,† Manuel Spaeth,† and Wilhelm Barthlott†

Size effect on the coalescence-induced self-propelled droplet（理论）

Feng-Chao Wang通过能量守恒对两个相等液滴合并的过程进行了理论分析。建立了一个关联液滴合并导致的跳跃速度和表面能，粘性耗散和液滴尺寸的解析关系。合并导致的跳跃速度先是随着液滴尺寸的增大而增大，达到速度的最大值后，随着液滴尺寸的增大开始减小。并且作者通过计算得出最大速度时的半径约为50微米，这与实验数据相吻合。

Coalescence of liquid drops By J E N S E G G E R S1, J O H N R. L I S T E R2 AND H OW A R D A. S T O N E3

JENSEGGERS发现两个小液滴合并成大液滴的过程是由表面张力驱动的减小表面积的过程。合并的早期是由粘性起主导作用的。作者主要研究了合并早期两个液滴之间的液桥的半径的行为。液桥的流动由液桥附近的高曲率引发。对于无粘的环境有一个二维的精确解：和，这对于三维也是成立的。