

CSTAM2012-D01-0033

## 薄膜内预应力对薄膜/基底界面粘附强度的影响<sup>1)</sup>

陈少华<sup>2)</sup>, 彭志龙

(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)

**摘要:** 自然界一类生物具有超强的粘附能力, 其最基本的物理原理是分子间范德华力或毛细力, 依赖其多级粘附系统与固体表面间微观力的累积, 提供足够的粘附力。但其爬行运动却需要实现粘附和脱粘的交替, 如何获得超强粘附的同时又能够轻松脱粘已经成为人们广泛关注的科学问题。实验观察发现, 壁虎类生物在黏附爬行时, 其粘附系统总与固体表面发生一种相对滑动, 无疑为粘附单元获得一定的预应力。受启于生物这种粘附初始的滑动行为, 以及最小单元类似于有限尺寸薄膜的多级粘附结构, 本文分别建立了单级薄膜与基底粘附接触的理论模型, 以及最小单元为有限薄膜的多级结构的粘附模型, 综合分析了薄膜内均匀预应力及非均匀预应力对单级薄膜撕脱及多级粘附结构与基底粘附强度的影响。结果发现: 无论是单级薄膜撕脱还是多级结构的粘附, 与无预应力情况相比, 当撕脱角较小时, 预应力能有效增强单级和多级结构与基底界面的粘附力, 而在撕脱角较大时, 薄膜内预应力则削弱了界面粘附; 薄膜内预应力存在一个临界值, 使得多级结构在特定撕脱角下自发脱粘, 与实验发现壁虎总在一定撕脱角下脱粘, 且粘附力基本为零的现象一致。进一步得到单级及多级结构粘附力增强和削弱分界点处的撕脱角解析表达。该结果为进一步揭示一类生物的可逆粘附机制提供了理论依据, 亦为微型爬壁机器人粘附系统可逆粘附的设计提供新思想。

**关键词:** 铲状纤维; 多级结构; 可逆粘附; 预应力; 临界撕脱角

1) 国家自然科学基金(11021262, 11125211, 10972220)资助项目

2) Email: shchen@LNM.imech.ac.cn