

在機械應用中，例如滾珠軸承和零件組裝，分析機械接觸行為（包括摩擦學）至關重要。應力分佈與機械狀態是理解零件壽命並優化設計的關鍵。雖然這一過程可以透過商業軟件中的有限元素法 (FEM) 等傳統數值工具進行建模，但在實際工作環境中監測其狀態仍面臨困難。由於接觸幾何結構的封閉特性，感測器和實驗方法受到了限制。近期，物理導引神經網路 (Physics-Informed Neural Networks, PINNs) 提供了一種潛在的替代方案。PINNs 通過最小化偏微分方程殘差，來獲得問題的數值解，並結合遷移學習與推理技術，能有效預測不同邊界條件下的解，同時支持數據同化(Data Assimilation)，形成混合分析方法。本研究旨在開發 PINNs 框架以解決接觸問題。我們採用前人提出的混合變量形式 Mixed Formulation PINNs，並調查不同構造方程構造 Karush–Kuhn–Tucker (KKT) 接觸條件的損失函數，利用其解決經典赫茲接觸(Hertzian Contact)問題。為進一步考慮潤滑與摩擦接觸，我們將彈液動潤滑 (Elastohydrodynamic Lubricated, EHL) 接觸的溫克 (Winkler) 模型結合至先前開發的混合 PINNs 框架中，並使用標準線性固體 (SLS) 模型模擬黏彈性層（潤滑層）的行為成功求解磨潤接觸行為下壓力分佈及潤滑油膜變形行為。最後，本研究延伸至動態接觸問題，並利用 Karush–Kuhn–Tucker (KKT) 條件施加切向接觸限制，成功模擬具摩擦作用的動態接觸行為。整體方法將通過多個案例進行驗證，涵蓋磨潤接觸與動態接觸兩大部分，以確保模型在不同接觸場景下的準確性與穩定性。