

# 产品和设备寿命预测理论和方法研究

产品和设备寿命预测是估算在实际生命周期条件下不再满足产品和设备功能需求的时间，其中剩余寿命定义为从当前时间到失效的时间段。基于寿命预测的维护活动可及时提供备件，并防止事故发生。

提出了广义几何布朗运动寿命预测理论，为寿命预测与健康管提供了更完善的理论基础。

**先验参数估计**

$$\mu_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \mu'_0$$

$$\sigma^2_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \sigma_0'^2$$

**广义几何布朗运动寿命预测理论后验参数估计**

$$\mu_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \left( \sum_{i=1}^k \frac{(t_i - t_{i-1})L_i}{(t_i - t_{i-1})\sigma^2 + t_i^2 q^2} + \frac{\mu'_0}{\sigma_0'^2} \right) \sigma^2_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k}$$

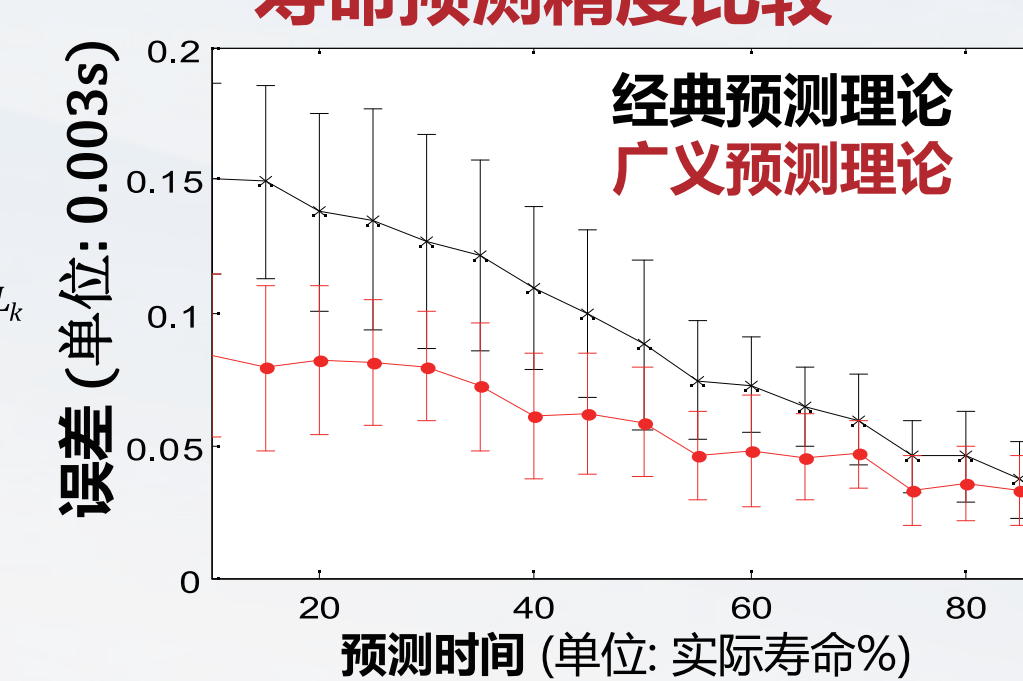
$$\sigma^2_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{(t_i - t_{i-1})^2}{(t_i - t_{i-1})\sigma^2 + t_i^2 q^2} + \frac{1}{\sigma_0'^2}}$$

**经典几何布朗运动寿命预测理论后验参数估计**

$$\mu_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \left( \sum_{i=1}^k \frac{L_i}{\sigma^2} + \frac{\mu'_0}{\sigma_0'^2} \right) \sigma^2_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k}$$

$$\sigma^2_{\lambda|L_1, L_2, \dots, L_k} = \frac{\sigma^2 \sigma_0'^2}{\sigma_0'^2 t_k + \sigma^2}$$

**寿命预测精度比较**



提出了多状态布朗运动漂移系数状态空间模型，实现了漂移系数无偏估计，可以高效、精准地实施寿命预测。

**漂移系数状态空间模型**

$$\lambda_{t_i} = \lambda_{t_{i-1}} + \eta_{t_i}$$

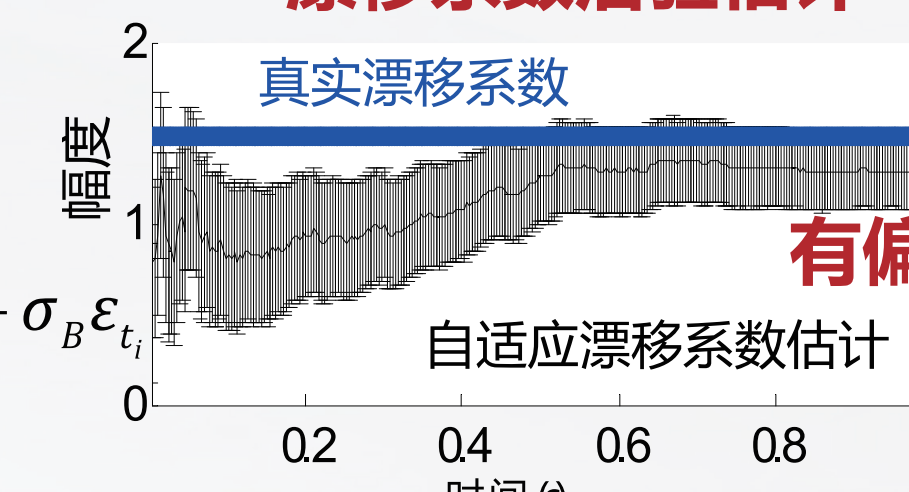
$$x_{t_i} = x_{t_{i-1}} + \lambda_{t_{i-1}} \int_{t_{i-1}}^{t_i} \mu(\tau; \theta) d\tau + \sigma_B \varepsilon_{t_i}$$

**多状态布朗运动漂移系数状态空间模型**

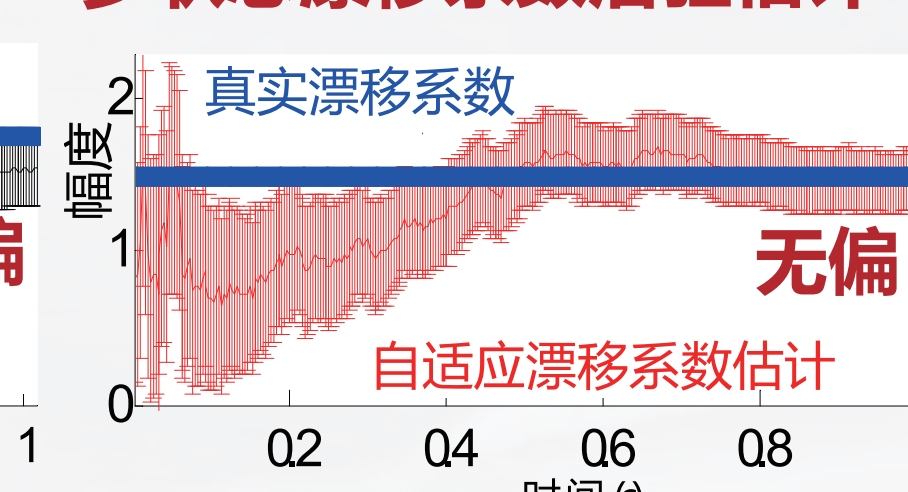
$$\lambda_{t_i} = \lambda_{t_{i-1}} + \eta_{t_i}$$

$$x_{t_i} = x_{t_{i-1}} + \lambda_{t_i} \int_0^{t_i} \mu(\tau; \theta) d\tau - \lambda_{t_{i-1}} \int_0^{t_{i-1}} \mu(\tau; \theta) d\tau + \sigma_B \varepsilon_{t_i}$$

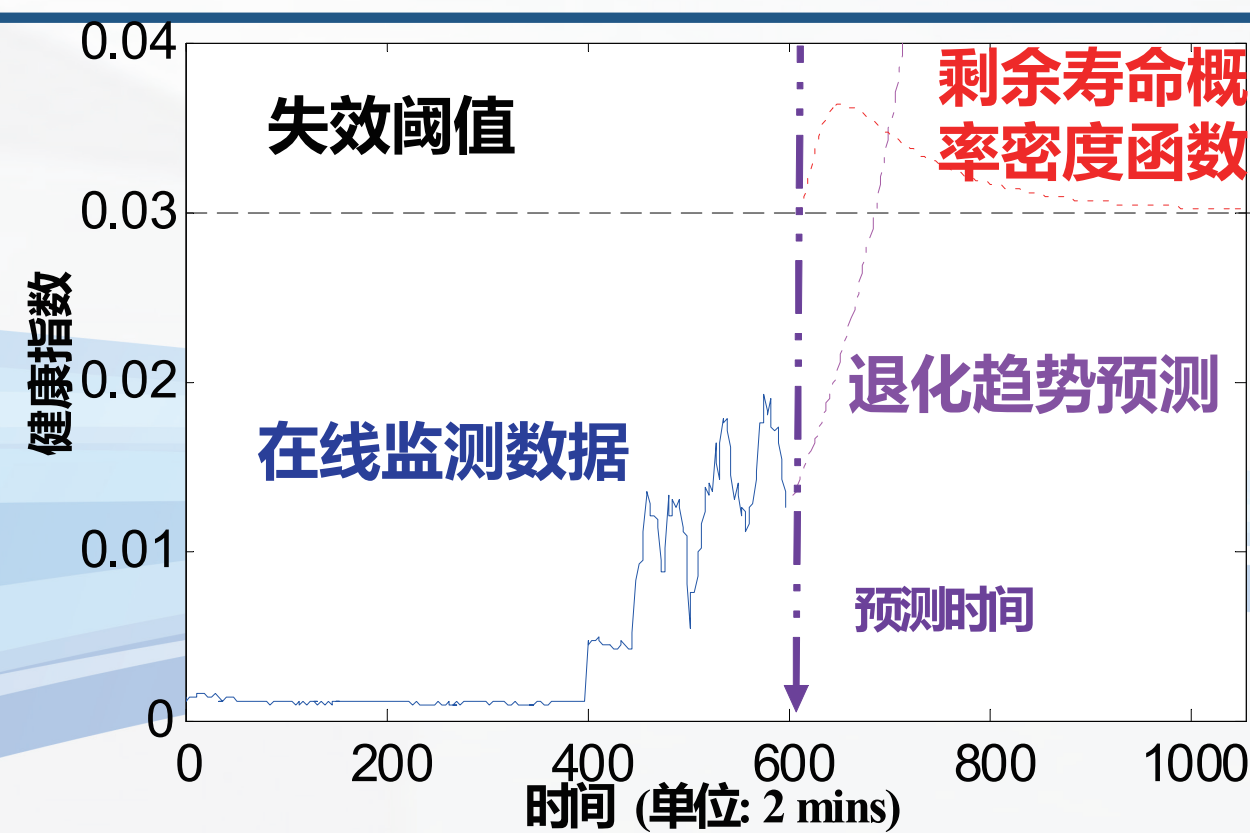
**漂移系数后验估计**



**多状态漂移系数后验估计**



成功应用于锂电池、油砂泵、轴承、齿轮、硬盘等产品的寿命预测。



## 代表性论文

- IEEE Transactions on Reliability, 2017, 66: 1331-1344
- Mechanical Systems and Signal Processing, 2018, 99: 691-701
- IEEE T INSTRUM MEAS, 2016, 65: 1282-1291
- ASME Transactions on J VIB ACOUST, 2015, 137: 021004
- Journal of Power Sources, 2013, 239: 253-264

研究成果