

# 高强钢超高周疲劳寿命预测模型和 P-S-N 曲线快速估计

孙成奇, 洪友士\*

(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:** 高强钢的超高周疲劳裂纹通常起源于材料内部的夹杂物等缺陷处, 并且疲劳断口具有典型的“鱼眼”和“暗区”形貌。大量研究表明, 暗区内等效裂纹萌生速率远低于一个晶格尺度, 并且暗区的形成消耗的寿命占总寿命 95% 以上。本文将裂纹源区夹杂物等缺陷等效成钱币型裂纹, 从裂纹尖端塑性区尺寸和等效裂纹萌生速率的关系角度出发, 提出一种考虑夹杂物尺度和暗区尺度影响的高强钢超高周疲劳寿命预测模型, 即  $N = \alpha^{-1} (\sigma_a / \sigma_Y)^{-l} \ln(a_{\text{FGA}} / a_{\text{in}})$ ,  $a_{\text{FGA}} = \sqrt{\text{area}_{\text{FGA}}}$ ,  $\text{area}_{\text{FGA}}$  为暗区面积,  $a_{\text{in}} = \sqrt{\text{area}_{\text{in}}}$ ,  $\text{area}_{\text{in}}$  为夹杂物 (或缺陷) 垂直于主应力轴的投影面积,  $\alpha$  和  $l$  为与材料有关的参数。并且推导了暗区内等效裂纹萌生速率表达式, 即  $\ln a = \lambda N + \ln a_{\text{in}}$ , 其中  $\lambda = \alpha (\sigma_a / \sigma_Y)^l$ ,  $a_i = \sqrt{\text{area}_i}$ ,  $\text{area}_i$  为第  $i$  周次后裂纹的面积,  $i=1, 2, 3, \dots$ 。同时, 本文提出一种采用少数实验点快速估计高强钢超高周疲劳范畴 P-S-N 曲线的方法。模型估计结果与实验结果吻合很好。

**关键词:** 高强钢; 超高周疲劳; 寿命预测; P-S-N 曲线估计

---

\*通讯作者.

Email address: hongys@imech.ac.cn.