



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109145426 B

(45) 授权公告日 2021.04.09

(21) 申请号 201810920930.7

G06F 119/14 (2020.01)

(22) 申请日 2018.08.14

审查员 毕斌

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109145426 A

(43) 申请公布日 2019.01.04

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 孙成奇 宋清源 魏宇杰

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 119/04 (2020.01)

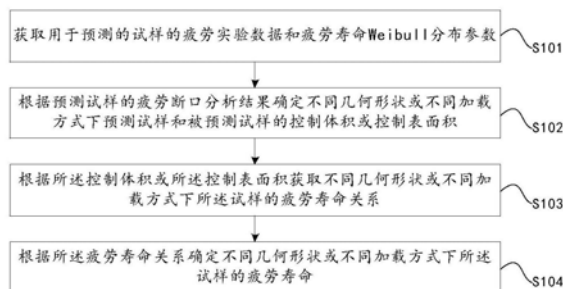
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置

(57) 摘要

本发明实施例涉及一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置,所述方法包括:获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被测试样的控制体积或控制表面积;根据所述控制体积或所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系;根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被测试样的疲劳寿命;有效解决预测几何形状和加载方式对疲劳寿命影响问题。



1. 一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法,其特征在于,包括:
获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;

根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;

根据所述控制体积或所述控制表面积获得不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的疲劳寿命关系;其中,对数疲劳寿命或疲劳寿命采用3参数Weibull分布,相同存活率下,试样A和试样B的对数疲劳寿命或疲劳寿命关系采用

$$\frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ 或 } \frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ 计算;}$$

或,对数疲劳寿命或疲劳寿命采用双参数Weibull分布,相同存活率下,试样A和试样B的对数疲劳寿命或疲劳寿命关系采用 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\frac{1}{k}}$ 或 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{1}{k}}$, 其中 γ 和 k 分别为Weibull分布的位置参数和形状参数,其中, N_A 和 N_B 分别为试样A和B的对数疲劳寿命或疲劳寿命, V_A 和 V_B 分别为试样A和B的控制体积, S_A 和 S_B 分别为试样A和B的控制表面积;

根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述试样为内部起源为主的疲劳破坏时,根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述试样为表面起源为主的疲劳破坏时,根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹会萌生的高应力区域,所述高应力区域 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

5. 一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的装置,其特征在于,包括:

获取模块,获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;

确定模块,用于根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;

所述获取模块,还用于根据所述控制体积或所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系,其中,对数疲劳寿命或疲劳寿命采用3参数Weibull

$$\text{分布,相同存活率下,试样A和试样B的对数疲劳寿命或疲劳寿命关系采用 } \frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ 或 } \frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ 计算;}$$

或,对数疲劳寿命或疲劳寿命采用双参数Weibull分布,相同存活率下,试样A和试样B

的对数疲劳寿命或疲劳寿命关系采用 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\frac{1}{k}}$ 或 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^{\frac{1}{k}}$, 其中 γ 和 k 分别为

Weibull分布的位置参数和形状参数, 其中, N_A 和 N_B 分别为试样A和B的对数疲劳寿命或疲劳寿命, V_A 和 V_B 分别为试样A和B的控制体积, S_A 和 S_B 分别为试样A和B的控制表面积;

所述确定模块, 还用于根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命。

6. 根据权利要求5所述的装置, 其特征在于, 当所述试样为内部起源为主的疲劳破坏时, 所述确定模块, 用于根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

7. 根据权利要求5所述的装置, 其特征在于, 当所述试样为表面起源为主的疲劳破坏时, 所述确定模块, 用于根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

8. 根据权利要求5所述的装置, 其特征在于, 所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹会萌生的高应力区域, 所述高应力区域 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及疲劳寿命预测理论技术领域,尤其涉及一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置。

背景技术

[0002] 试样几何形状和加载方式是影响疲劳寿命的重要因素。比如,缺口试样由于缺口部位的应力梯度,相比光滑试样在相同寿命下往往能承受更大的峰值应力。又如,相同应力下轴向加载的疲劳寿命通常低于旋转弯曲加载的疲劳寿命。因此,发展试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法具有十分重要意义。

发明内容

[0003] 本发明实施例提供了一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置,可以有效解决预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响问题。

[0004] 第一方面,本发明实施例提供了一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法,包括:

[0005] 获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;

[0006] 根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;

[0007] 根据所述控制体积或所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系;

[0008] 根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命

[0009] 在一个可能的实施方式中,所述方法还包括:

[0010] 当所述待测的试样为内部起源为主的疲劳破坏时,通常根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0011] 在一个可能的实施方式中,所述方法还包括:

[0012] 当所述待测的试样为表面起源为主的疲劳破坏时,通常根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0013] 在一个可能的实施方式中,所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹可能萌生的高应力区域,所述高应力区域 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

[0014] 第二方面,本发明实施例提供了一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的装置,包括:

[0015] 获取模块,获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;

[0016] 确定模块,用于根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;

[0017] 所述获取模块,还用于根据所述控制体积或所述控制表面积获取不同几何形状或

不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系；

[0018] 所述确定模块,还用于根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命。

[0019] 在一个可能的实施方式中,当所述待测的试样为内部起源为主的疲劳破坏时,所述确定模块,用于根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0020] 在一个可能的实施方式中,当所述待测的试样为表面起源为主的疲劳破坏时,所述确定模块,用于根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0021] 在一个可能的实施方式中,所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹可能萌生的高应力区域,所述高应力区域 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

[0022] 本发明实施例提供的预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法及装置,通过获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;根据所述控制体积或所述控制表面积获得不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的疲劳寿命关系;根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命;有效解决预测几何形状和加载方式对疲劳寿命影响问题。

附图说明

[0023] 图1为本发明实施例提供的一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法的流程示意图；

[0024] 图2为用于预测的试样和被预测试样的形状和尺寸；

[0025] 图3为某型号钛合金轴向加载下沙漏形试样S-N数据和P-S-N曲线预测结果比较示意图；

[0026] 图4为某型号钛合金旋转弯曲加载下沙漏形试样S-N数据和P-S-N曲线预测结果比较示意图；

[0027] 图5为某型号钛合金旋转弯曲加载下缺口试样S-N数据和P-S-N曲线预测结果比较示意图；

[0028] 图6为本发明实施例提供的一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的装置的结构示意图。

具体实施方式

[0029] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0030] 为便于对本发明实施例的理解,下面将结合附图以具体实施例做进一步的解释说明,实施例并不构成对本发明实施例的限定。

[0031] 图1为本发明实施例提供的一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的方法的流程示意图,如图1所示,该方法具体包括:

[0032] S101、获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数。

[0033] S102、根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下的所述试样的控制体积或控制表面积。

[0034] 当所述试样为内部起源为主的疲劳破坏时,通常根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系;当所述试样为表面起源为主的疲劳破坏时,通常根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0035] 其中,所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹可能萌生的高应力区域,如 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

[0036] S103、根据所述控制体积或所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0037] 如果对数疲劳寿命(或疲劳寿命)采用3参数Weibull分布,相同存活率下,试样A和

试样B的对数疲劳寿命(或疲劳寿命)关系采用 $\frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\frac{1}{k}}$ 或 $\frac{N_A - \gamma}{N_B - \gamma} = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^{\frac{1}{k}}$ 计算;如果对

数疲劳寿命(或疲劳寿命)采用双参数Weibull分布,相同存活率下,试样A和试样B的对数疲

劳寿命(或疲劳寿命)关系采用 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\frac{1}{k}}$ 或 $\frac{N_A}{N_B} = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^{\frac{1}{k}}$,其中 γ 和 k 分别为Weibull分布

的位置参数和形状参数; N_A 和 N_B 分别为试样A和B的对数疲劳寿命(或疲劳寿命), V_A 和 V_B 分别为试样A和B的控制体积, S_A 和 S_B 分别为试样A和B的控制表面积。

[0038] S104、根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命。

[0039] 获得被预测试样的疲劳寿命和P-S-N曲线。

[0040] 作为实际应用的例子,选取图2所示的某型号钛合金轴向加载下沙漏形试样实验数据作为用于预测的试样,其某一应力下对数疲劳寿命的Weibull分布参数通过以下方式获得,即疲劳寿命与应力关联的函数取为: $N(\sigma) = A_1 \sigma^a$,则任意应力水平 σ_k ($k=1, 2, n$ 下的疲劳寿命 N_k 均可转化为某一给定应力 σ' 下的疲劳寿命,即

$$[0041] \quad N'_k = \frac{\sigma'^a}{\sigma_k^a} N_k \text{ 或 } \log_{10} N'_k = a \log_{10} \frac{\sigma'}{\sigma_k} + \log_{10} N_k \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

[0042] 通过最小二乘法得到 $a = -11.693$ 。

[0043] 图3给出了该试样在同一应力下的对数疲劳寿命服从双参数Weibull分布时预测的P-S-N曲线与实验数据的比较。

[0044] 采用有限元方法计算得到图2中的(a)、(b)、(c)所示试样的控制表面积(主应力 $\geq 90\%$ 最大主应力区域)分别为 69.06mm^2 , 18.78mm^2 , 4.49mm^2 ,其中,(a)轴向加载下沙漏形试样($K_t = 1.04$);(b)旋转弯曲加载下沙漏形试样($K_t = 1.07$);(c)旋转弯曲加载下缺口试样($K_t = 1.43$)。

[0045] 图4和图5给出采用轴向加载下($R = -1$)沙漏形试样实验数据对旋转弯曲加载下(R

= -1) 沙漏形试样和缺口试样疲劳寿命的预测结果与实验结果的比较,其中方块(□)是旋转弯曲加载下沙漏形试样疲劳实验数据,三角(△)是旋转弯曲加载下缺口试样疲劳实验数据。可见,预测结果与实验结果吻合很好。

[0046] 图6为本发明实施例提供的一种预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的装置的结构示意图,如图6所示,该装置具体包括:

[0047] 获取模块601,用于获取预测试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;

[0048] 确定模块602,用于根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;

[0049] 所述获取模块601,还用于根据所述控制体积或所述控制表面积获得不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的疲劳寿命关系;

[0050] 所述确定模块602,还用于根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命。

[0051] 可选地,当所述待测的试样为内部起源为主的疲劳破坏时,所述确定模块602,用于根据所述控制体积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0052] 可选地,当所述待测的试样为表面起源为主的疲劳破坏时,所述确定模块602,用于根据所述控制表面积获取不同几何形状或不同加载方式下所述试样的疲劳寿命关系。

[0053] 可选地,所述控制体积或所述控制表面积为疲劳裂纹可能萌生的高应力区域,如 $\geq 90\%$ 最大主应力区域。

[0054] 本发明实施例提供的预测试样几何形状和加载方式对疲劳寿命影响的装置,通过获取用于预测的试样的疲劳实验数据和疲劳寿命Weibull分布参数;根据预测试样的疲劳断口分析结果确定不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的控制体积或控制表面积;根据所述控制体积或所述控制表面积获得不同几何形状或不同加载方式下预测试样和被预测试样的疲劳寿命关系;根据所述疲劳寿命关系确定不同几何形状或不同加载方式下被预测试样的疲劳寿命;有效解决预测几何形状和加载方式对疲劳寿命影响问题。

[0055] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0056] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

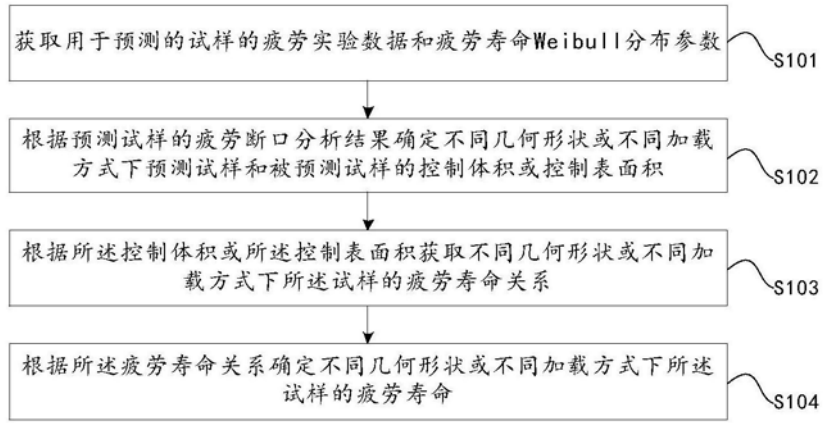


图1

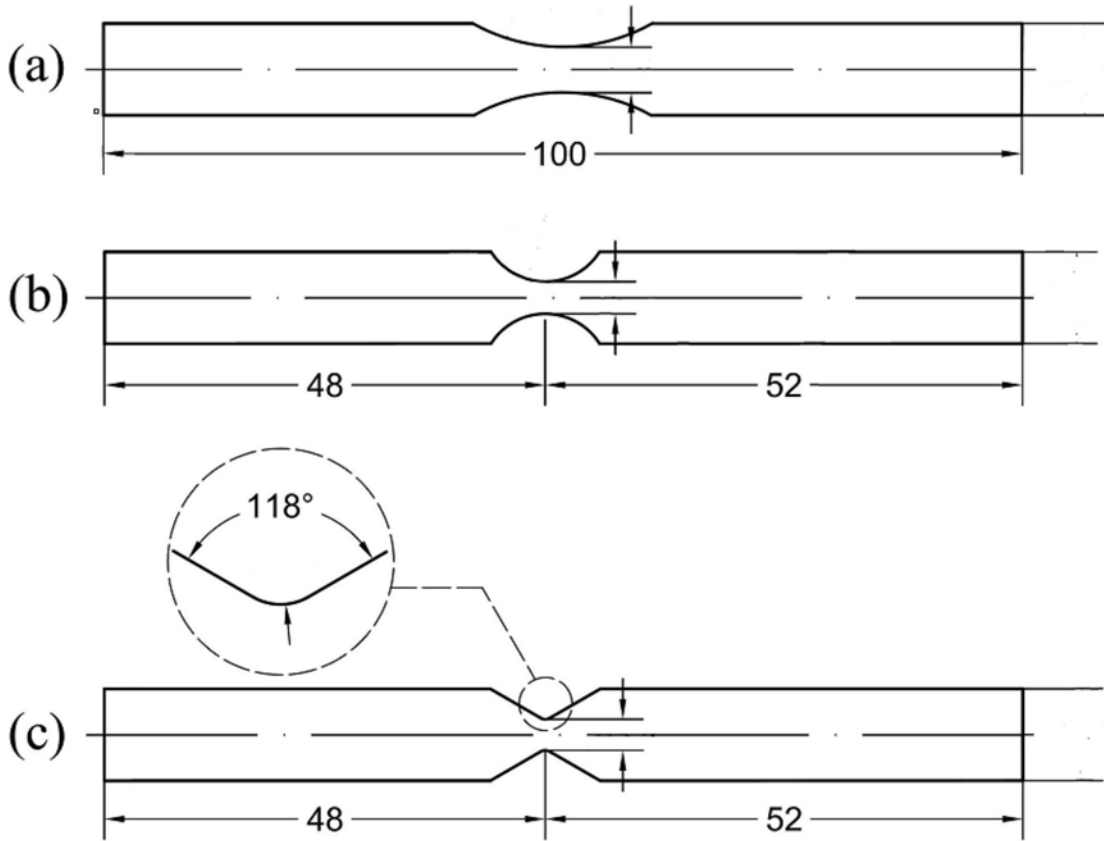


图2

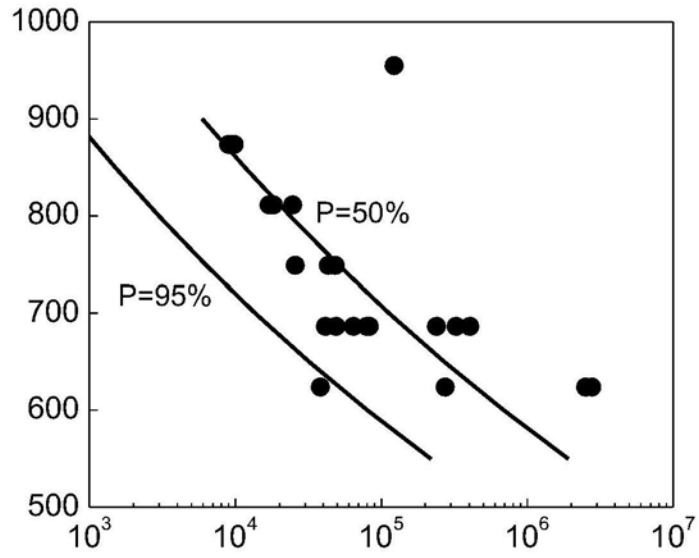


图3

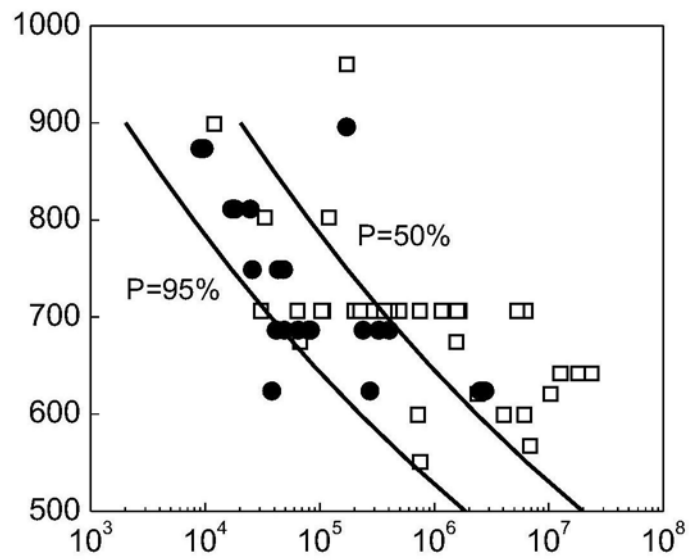


图4

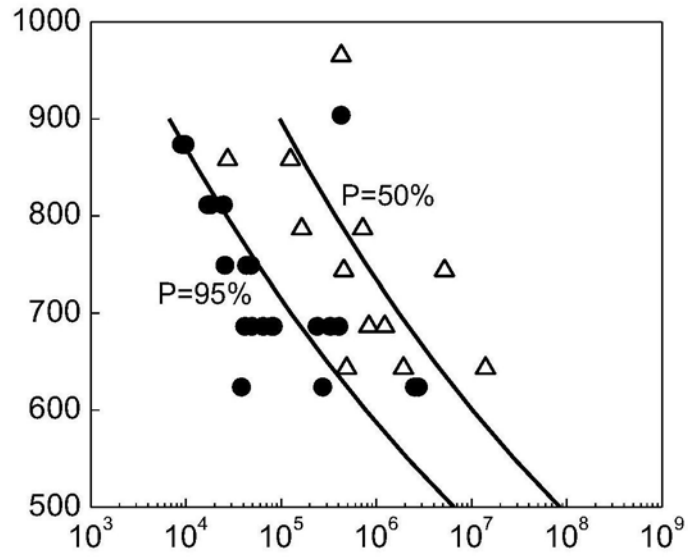


图5



图6