



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119198518 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 27

(21) 申请号 202411359973.4

(22) 申请日 2024.09.27

(71) 申请人 中国科学院金属研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路
72号

(72) 发明人 赵金龙 洪鹤庭 杨春光

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

专利代理师 梁焱

(51) Int. Cl.

G01N 17/00 (2006.01)

G01N 5/02 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 23/2251 (2018.01)

G01Q 60/28 (2010.01)

G01N 1/42 (2006.01)

G01D 21/02 (2006.01)

G05D 27/02 (2006.01)

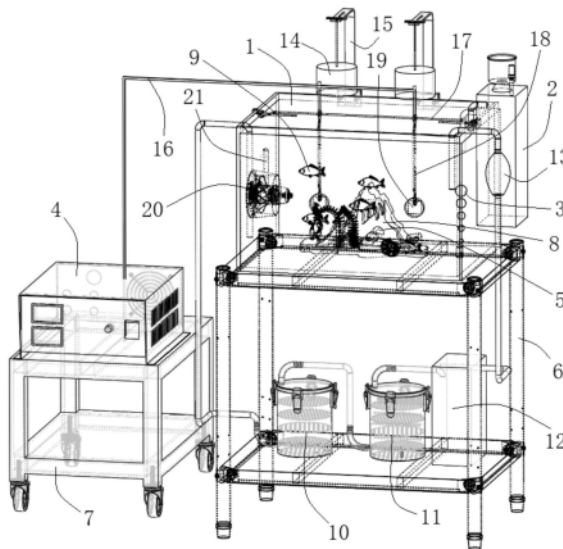
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法

(57) 摘要

一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,装置包括玻璃缸、生态模拟单元、水循环过滤单元、温度调节单元、水体蛋白质分解器、光照模拟单元、造氧器、石英晶体微天平、材料样品悬吊组件、叶绿素探头、多维度分析系统、固定式支撑台及移动式支撑台、造浪泵及温度传感器。本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估方法,实现了多维环境控制技术、生态模拟技术、实时数据采集技术的集成耦合,能够实现更全面、精确的生物污损评估,能够实现对关键环境因素的精确控制,能够模拟海洋环境及复杂生态系统,同时可实现材料表面污损生物的生长与附着情况的实时监测,为防污材料的开发与性能优化提供快速、准确的技术支持。



1. 一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 包括玻璃缸、生态模拟单元、水循环过滤单元、温度调节单元、水体蛋白质分解器、光照模拟单元、造氧器、石英晶体微天平、材料样品悬吊组件、叶绿素探头、多维度分析系统、固定式支撑台及移动式支撑台、造浪泵及温度传感器; 所述玻璃缸安装在固定式支撑台上方; 所述生态模拟单元位于玻璃缸内部; 所述水循环过滤单元设置在玻璃缸下方的固定式支撑台内部; 所述温度调节单元设置在水循环过滤单元与玻璃缸之间; 所述水体蛋白质分解器设置在玻璃缸外部, 水体蛋白质分解器的进水管和出水管延伸至玻璃缸内部; 所述光照模拟单元位于玻璃缸上方; 所述造氧器设置在玻璃缸内部; 所述石英晶体微天平设置在移动式支撑台上方, 移动式支撑台与固定式支撑台并列分布; 所述材料样品悬吊组件设置在石英晶体微天平与玻璃缸之间; 所述叶绿素探头设置在玻璃缸内部; 所述造浪泵设置在玻璃缸内部; 所述温度传感器设置在玻璃缸内部; 所述多维度分析系统布设在玻璃缸外部。

2. 根据权利要求1所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述生态模拟单元包括人工海水、污损生物石及小丑鱼; 所述人工海水装填在玻璃缸内部; 所述污损生物石浸没在人工海水中且放置在玻璃缸底部; 所述小丑鱼养殖在人工海水中; 所述叶绿素探头安装在污损生物石上; 所述水体蛋白质分解器的进水管和出水管均延伸至人工海水中; 所述造浪泵浸没在人工海水且安装在玻璃缸的内侧缸壁上; 所述温度传感器浸没在人工海水且安装在玻璃缸的内侧缸壁上。

3. 根据权利要求2所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述水循环过滤单元包括粗过滤桶及精过滤桶; 所述粗过滤桶和精过滤桶并列放置在固定式支撑台内; 所述粗过滤桶的下端进水口通过管路与玻璃缸内部的人工海水相连通, 粗过滤桶的上端出水口通过管路与精过滤桶的下端进水口相连通, 精过滤桶的上端出水口通过管路接入温度调节单元。

4. 根据权利要求3所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述温度调节单元包括冷水机及加热器; 所述冷水机的进水口通过管路与精过滤桶的上端出水口相连通, 冷水机的出水口通过管路加热器的进水口相连通, 加热器的出水口通过管路延伸至玻璃缸内部的人工海水的水面上方。

5. 根据权利要求4所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述光照模拟单元包括LED照明灯和灯架; 所述LED照明灯数量至少为一个; 所述灯架固定安装在玻璃缸上, 所述LED照明灯吊装在灯架上且位于人工海水上方。

6. 根据权利要求5所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述材料样品悬吊组件包括悬臂传力杆、挂绳及吊绳; 所述挂绳水平设置在玻璃缸顶部; 所述悬臂传力杆一端与石英晶体微天平的测量端相连, 悬臂传力杆另一端连接在挂绳上; 所述吊绳上端连接在挂绳上, 吊绳下端安装材料样品, 材料样品浸没在人工海水中。

7. 根据权利要求6所述的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于: 所述多维度分析系统包括单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜, 所述单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜在实验室条件下均独立设置。

8. 一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估方法, 采用了权利要求7所述的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置, 其特征在于, 具体为:

一、模拟海洋环境的构建

①、启动冷水机,在冷水机的泵送作用下,使人工海水在玻璃缸、粗过滤桶、精过滤桶、冷水机及加热器之间循环流动,通过粗过滤桶和精过滤桶去除人工海水中的杂质,通过温度传感器对人工海水的温度进行实时监测,动态启动加热器,对人工海水的温度进行调节,直到人工海水的温度达到设定值;

②、启动水体蛋白质分解器、造氧器和LED照明灯,通过水体蛋白质分解器去除人工海水中的有机物,维持人工海水水质的稳定,通过造氧器进行间歇式供氧,模拟海洋环境中的氧气量波动,通过LED照明灯模拟昼夜交替下的光照条件及强度的变化;

③、当模拟海洋环境构建完成后,人工海水继续空载稳定运行2-3天,直到人工海水的各项水体指标均达到设定要求时,再将自然海域中采集的污损生物石及小丑鱼送入人工海水中,随后动态启动造浪泵,模拟海洋环境中的水流条件;

二、材料样品防污性能评估

①、通过石英晶体微天平对材料样品表面生长的污损生物进行质量测量,通过材料样品表面污损生物的质量变化评估材料样品的防污性能;

②、通过叶绿素探头对人工海水中的污损生物生长情况进行监测,评估模拟海洋环境条件的变化情况;

③、定期取出材料样品,通过单反相机对材料样品表面进行拍照以获取图像,通过材料样品表面图像分析不同时间节点时的污损覆盖率,在宏观层面,通过污损覆盖率评估材料样品的防污性能;

④、定期取出材料样品,通过荧光显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行染色观察,通过荧光染料标记污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分,观察污损生物的附着情况,在微观层面,通过污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分的染色情况评估材料样品的防污性能;同时,通过荧光显微镜定期拍摄材料样品表面的不同区域,对比不同时间节点的荧光图像,分析污损生物附着的进程及污损生物在材料样品表面的分布情况,进一步评估材料样品的防污性能;

⑤、定期取出材料样品,通过激光共聚焦显微镜获取材料样品表面附着的污损生物高分辨率三维图像,评估材料样品对污损生物的形态和生长行为的影响,在微观层面,通过污损生物的形态和生长行为评估材料样品的防污性能;同时,通过逐层扫描三维建模同步获取污损生物的附着厚度、密度及结构特征,用以确定污损生物的形成过程及稳定性,进一步评估材料样品的防污性能;

⑥、定期取出材料样品,通过原子力显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行粘附力测试,原子力显微镜的探针与污损生物进行物理接触,测量污损生物的粘附强度及表面粗糙度,在微观层面,通过污损生物的粘附力评估材料样品的防污性能;

⑦、定期取出材料样品,通过扫描电子显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行微观成像,通过生成的高分辨率微观图像观察污损生物的细胞形态、胞外聚合物分布情况及微观组织构造,展示污损生物的形态学特征,在微观层面,通过污损生物的形态学特征评估材料样品的防污性能;

⑧、定期取出材料样品,通过冷冻电子显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行超微结构成像,通过生成的高分辨率超微图像观察污损生物细胞的内部结构特征,在微观层

面,分析污损生物的附着机制及材料样品的防污作用机理,进而评估材料样品的防污性能。

一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于海洋环境材料科学技术领域,特别是涉及一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法。

背景技术

[0002] 海洋生物污损是指藻类、贝类、细菌等海洋生物在船舶、海洋工程设备及其他海洋设施表面附着的现象,这一过程会导致设备腐蚀、能耗增加、性能下降,并显著增加维护成本。

[0003] 当前,防污材料的评估大多依赖于自然环境中的试验,这种方法不仅周期长,还容易受到外界环境因素的影响,导致测试结果波动较大,重复性差,难以为新材料的研发提供及时有效的支持。

[0004] 申请号为202311685856.2的中国专利申请,公开了一种模拟工况下的半开放推进结构生物污损试验装置,该方案侧重于物理结构的模拟,未能全面控制影响污损生物生长的关键环境因素,如氧气浓度、光照强度、水质变化等,缺乏实时监测的能力,影响评估结果的精确性和及时性。

[0005] 申请号为202311743742.9的中国专利申请,公开了一种生物污损自动化模拟测试设备,该方案虽然能够模拟静动态水流环境,但存在设备结构设计复杂的问题,增加了设备操作和维护的难度,同时也未提供足够的环境调节手段,无法有效保证污损生物的正常生长。

[0006] 申请号为202020179211.7的中国专利申请,公开了一种微生物腐蚀与生物污损连续加速评价装置,该方案采用电化学测量手段,过于依赖单一的电化学数据,未能全面反映生物污损的物理附着特征,导致测试结果的代表性不足。

[0007] 申请号为201710253848.9的中国专利申请,公开了一种初期海洋生物污损监测评价方法,该方案仅适用于透明材料,且需要通过周期性取样进行分光光度测量,无法实现实时监测,应用范围受到限制。

[0008] 申请号为201611030006.9的中国专利申请,公开了一种防污材料抗生物污损性能测试方法,该方案通过测量接触角和滚动角等物理参数评估防污性能,忽视了化学特性对生物附着的影响,尤其是对依赖化学抑制成分的防污材料,无法准确反映其实际效果。

[0009] 综上,虽然现有的方案在加速评估过程中起到了一定作用,但其技术手段的单一性和局限性仍影响了测试的准确性和效率,现有方案通常仅控制温度或光照等少数环境因素,缺乏对氧气浓度、水质等多重关键因素的综合模拟。此外,现有方案大多依赖手动操作进行数据采集,无法实现实时监测,且难以模拟实际的复杂生态系统。因此,现有方案的这些不足使得实验结果与实际应用之间存在较大偏差,从而影响了防污材料的全面评估。

发明内容

[0010] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评

估装置及方法,实现多维环境控制技术、生态模拟技术、实时数据采集技术的集成耦合,能够实现更全面、精确的生物污损评估,能够实现对关键环境因素的精确控制,能够模拟海洋环境及复杂生态系统,同时可实现材料表面污损生物的生长与附着情况的实时监测,为防污材料的开发与性能优化提供快速、准确的技术支持。

[0011] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置,包括玻璃缸、生态模拟单元、水循环过滤单元、温度调节单元、水体蛋白质分解器、光照模拟单元、造氧器、石英晶体微天平、材料样品悬吊组件、叶绿素探头、多维度分析系统、固定式支撑台及移动式支撑台、造浪泵及温度传感器;所述玻璃缸安装在固定式支撑台上方;所述生态模拟单元位于玻璃缸内部;所述水循环过滤单元设置在玻璃缸下方的固定式支撑台内部;所述温度调节单元设置在水循环过滤单元与玻璃缸之间;所述水体蛋白质分解器设置在玻璃缸外部,水体蛋白质分解器的进水管和出水管延伸至玻璃缸内部;所述光照模拟单元位于玻璃缸上方;所述造氧器设置在玻璃缸内部;所述石英晶体微天平设置在移动式支撑台上方,移动式支撑台与固定式支撑台并列分布;所述材料样品悬吊组件设置在石英晶体微天平与玻璃缸之间;所述叶绿素探头设置在玻璃缸内部;所述造浪泵设置在玻璃缸内部;所述温度传感器设置在玻璃缸内部;所述多维度分析系统布设在玻璃缸外部。

[0012] 所述生态模拟单元包括人工海水、污损生物石及小丑鱼;所述人工海水装填在玻璃缸内部;所述污损生物石浸没在人工海水中且放置在玻璃缸底部;所述小丑鱼养殖在人工海水中;所述叶绿素探头安装在污损生物石上;所述水体蛋白质分解器的进水管和出水管均延伸至人工海水中;所述造浪泵浸没在人工海水且安装在玻璃缸的内侧缸壁上;所述温度传感器浸没在人工海水且安装在玻璃缸的内侧缸壁上。

[0013] 所述水循环过滤单元包括粗过滤桶及精过滤桶;所述粗过滤桶和精过滤桶并列放置在固定式支撑台内;所述粗过滤桶的下端进水口通过管路与玻璃缸内部的人工海水相连通,粗过滤桶的上端出水口通过管路与精过滤桶的下端进水口相连通,精过滤桶的上端出水口通过管路接入温度调节单元。

[0014] 所述温度调节单元包括冷水机及加热器;所述冷水机的进水口通过管路与精过滤桶的上端出水口相连通,冷水机的出水口通过管路加热器的进水口相连通,加热器的出水口通过管路延伸至玻璃缸内部的人工海水的水面上方。

[0015] 所述光照模拟单元包括LED照明灯和灯架;所述LED照明灯数量至少为一个;所述灯架固定安装在玻璃缸上,所述LED照明灯吊装在灯架上且位于人工海水上方。

[0016] 所述材料样品悬吊组件包括悬臂传力杆、挂绳及吊绳;所述挂绳水平设置在玻璃缸顶部;所述悬臂传力杆一端与石英晶体微天平的测量端相连,悬臂传力杆另一端连接在挂绳上;所述吊绳上端连接在挂绳上,吊绳下端安装材料样品,材料样品浸没在人工海水中。

[0017] 所述多维度分析系统包括单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜,所述单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜在实验室条件下均独立设置。

[0018] 一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估方法,采用了所述的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置,具体为:

[0019] 一、模拟海洋环境的构建

[0020] ①、启动冷水机,在冷水机的泵送作用下,使人工海水在玻璃缸、粗过滤桶、精过滤桶、冷水机及加热器之间循环流动,通过粗过滤桶和精过滤桶去除人工海水中的杂质,通过温度传感器对人工海水的温度进行实时监测,动态启动加热器,对人工海水的温度进行调节,直到人工海水的温度达到设定值;

[0021] ②、启动水体蛋白质分解器、造氧器和LED照明灯,通过水体蛋白质分解器去除人工海水中的有机物,维持人工海水水质的稳定,通过造氧器进行间歇式供氧,模拟海洋环境中的氧气量波动,通过LED照明灯模拟昼夜交替下的光照条件及强度的变化;

[0022] ③、当模拟海洋环境构建完成后,人工海水继续空载稳定运行2-3天,直到人工海水的各项水体指标均达到设定要求时,再将从自然海域中采集的污损生物石及小丑鱼送入人工海水中,随后动态启动造浪泵,模拟海洋环境中的水流条件;

[0023] 二、材料样品防污性能评估

[0024] ①、通过石英晶体微天平对材料样品表面生长的污损生物进行质量测量,通过材料样品表面污损生物的质量变化评估材料样品的防污性能;

[0025] ②、通过叶绿素探头对人工海水中的污损生物生长情况进行监测,评估模拟海洋环境条件的变化情况;

[0026] ③、定期取出材料样品,通过单反相机对材料样品表面进行拍照以获取图像,通过材料样品表面图像分析不同时间节点时的污损覆盖率,在宏观层面,通过污损覆盖率评估材料样品的防污性能;

[0027] ④、定期取出材料样品,通过荧光显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行染色观察,通过荧光染料标记污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分,观察污损生物的附着情况,在微观层面,通过污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分的染色情况评估材料样品的防污性能;同时,通过荧光显微镜定期拍摄材料样品表面的不同区域,对比不同时间节点的荧光图像,分析污损生物附着的进程及污损生物在材料样品表面的分布情况,进一步评估材料样品的防污性能;

[0028] ⑤、定期取出材料样品,通过激光共聚焦显微镜获取材料样品表面附着的污损生物高分辨率三维图像,评估材料样品对污损生物的形态和生长行为的影响,在微观层面,通过污损生物的形态和生长行为评估材料样品的防污性能;同时,通过逐层扫描三维建模同步获取污损生物的附着厚度、密度及结构特征,用以确定污损生物的形成过程及稳定性,进一步评估材料样品的防污性能;

[0029] ⑥、定期取出材料样品,通过原子力显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行粘附力测试,原子力显微镜的探针与污损生物进行物理接触,测量污损生物的粘附强度及表面粗糙度,在微观层面,通过污损生物的粘附力评估材料样品的防污性能;

[0030] ⑦、定期取出材料样品,通过扫描电子显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行微观成像,通过生成的高分辨率微观图像观察污损生物的细胞形态、胞外聚合物分布情况及微观组织构造,展示污损生物的形态学特征,在微观层面,通过污损生物的形态学特征评估材料样品的防污性能;

[0031] ⑧、定期取出材料样品,通过冷冻电子显微镜对材料样品表面附着的污损生物进行超微结构成像,通过生成的高分辨率超微图像观察污损生物细胞的内部结构特征,在微

观层面,分析污损生物的附着机制及材料样品的防污作用机理,进而评估材料样品的防污性能。

[0032] 本发明的有益效果:

[0033] 本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,能够在实验室条件下通过多维度环境控制和实时系统性监测,加速海洋生物污损过程,快速、准确地评估不同类型防污材料的防污性能,结合自然环境中多种关键因素的综合模拟,显著缩短材料防污性能的评估周期,提升实验结果的准确性和可重复性,尤其适用于海洋环境中船舶、海洋设施等表面防护材料的快速筛选与优化。

[0034] 本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,通过多维度环境控制,能够模拟海洋环境中的温度、光照、氧气浓度、水质等关键因素,以加速生物污损过程;通过光照调节能够精确模拟自然海洋环境中的昼夜交替光照及强度变化,提升测试条件的代表性;通过间歇供氧能够模拟海洋中氧气浓度的波动,有助于保持实验环境的动态平衡,促进污损生物的自然生长;通过引入小丑鱼用以模拟复杂的真实生态系统,进一步提升实验的真实性。

[0035] 本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,通过水质过滤与蛋白质分离,确保实验用水体的清洁和稳定,避免有机物和杂质对实验结果的干扰;利用单反相机用于拍摄污损覆盖率,利用荧光显微镜和激光共聚焦显微镜分析早期附着的蛋白质和多糖,利用原子力显微镜和扫描电子显微镜评估生物膜的附着力和微观结构,实现从宏观到微观全面分析材料的防污性能的目的,可提供丰富的实验数据支持。

[0036] 本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,采用基于时间节点的动态测试流程,材料样品悬挂于实验环境中并定期取样进行测试,从而动态观察防污效果的变化,利用石英晶体微天平悬挂系统实时监测样品表面生物膜的形成与质量变化,能够高灵敏度检测材料表面微量附着物的形成过程,精确分析生物膜的生长速率和附着量,实现防污性能的动态监控。

[0037] 本发明的模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置及方法,通过调节水流速度和方向,模拟实际海洋环境中的动态水流条件,通过调节水流强度和流向,用于研究水流对生物膜形成和防污材料性能的影响,有助于进一步优化防污材料在动态水流条件下的表现。

附图说明

[0038] 图1为本发明的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置的结构示意图(整体);

[0039] 图2为本发明的一种模拟海洋环境的材料防污性能快速评估装置的结构示意图(局部);

[0040] 图中,1—玻璃缸,2—水体蛋白质分解器,3—造氧器,4—石英晶体微天平,5—叶绿素探头,6—固定式支撑台,7—移动式支撑台,8—污损生物石,9—小丑鱼,10—粗过滤桶,11—精过滤桶,12—冷水机,13—加热器,14—LED照明灯,15—灯架,16—悬臂传力杆,17—挂绳,18—吊绳,19—材料样品,20—造浪泵,21—温度传感器。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0042] 如图1、2所示,一种模拟海洋环境材料防污性能快速评估装置,包括玻璃缸1、生态模拟单元、水循环过滤单元、温度调节单元、水体蛋白质分解器2、光照模拟单元、造氧器3、石英晶体微天平4、材料样品悬吊组件、叶绿素探头5、多维度分析系统、固定式支撑台6及移动式支撑台7、造浪泵20及温度传感器21;所述玻璃缸1安装在固定式支撑台6上方;所述生态模拟单元位于玻璃缸1内部;所述水循环过滤单元设置在玻璃缸1下方的固定式支撑台6内部;所述温度调节单元设置在水循环过滤单元与玻璃缸1之间;所述水体蛋白质分解器2设置在玻璃缸1外部,水体蛋白质分解器2的进水管和出水管延伸至玻璃缸1内部;所述光照模拟单元位于玻璃缸1上方;所述造氧器3设置在玻璃缸1内部;所述石英晶体微天平4设置在移动式支撑台7上方,移动式支撑台7与固定式支撑台6并列分布;所述材料样品悬吊组件设置在石英晶体微天平4与玻璃缸1之间;所述叶绿素探头5设置在玻璃缸1内部;所述造浪泵20设置在玻璃缸1内部;所述温度传感器21设置在玻璃缸1内部;所述多维度分析系统布设在玻璃缸1外部。

[0043] 所述生态模拟单元包括人工海水、污损生物石8及小丑鱼9;所述人工海水装填在玻璃缸1内部;所述污损生物石8浸没在人工海水中且放置在玻璃缸1底部;所述小丑鱼9养殖在人工海水中;所述叶绿素探头5安装在污损生物石8上;所述水体蛋白质分解器2的进水管和出水管均延伸至人工海水中;所述造浪泵20浸没在人工海水且安装在玻璃缸1的内侧缸壁上;所述温度传感器21浸没在人工海水且安装在玻璃缸1的内侧缸壁上。具体的,温度传感器21选用可视化温度计,直接粘贴在玻璃缸1的内侧缸壁上;造浪泵20的进水口朝下,造浪泵20的水平朝向污损生物石8。

[0044] 所述水循环过滤单元包括粗过滤桶10及精过滤桶11;所述粗过滤桶10和精过滤桶11并列放置在固定式支撑台6内;所述粗过滤桶10的下端进水口通过管路与玻璃缸1内部的人工海水相连通,粗过滤桶10的上端出水口通过管路与精过滤桶11的下端进水口相连通,精过滤桶11的上端出水口通过管路接入温度调节单元。具体的,粗过滤桶10内仅充填过滤棉,精过滤桶11内填充石英石、海绵等过滤材料。

[0045] 所述温度调节单元包括冷水机12及加热器13;所述冷水机12的进水口通过管路与精过滤桶11的上端出水口相连通,冷水机12的出水口通过管路加热器13的进水口相连通,加热器13的出水口通过管路延伸至玻璃缸1内部的人工海水的水面上方。具体的,加热器13的出水管管口与人工海水水面之间的距离设定为1cm。

[0046] 所述光照模拟单元包括LED照明灯14和灯架15;所述LED照明灯14数量至少为一个;所述灯架15固定安装在玻璃缸1上,所述LED照明灯14吊装在灯架15上且位于人工海水上方。具体的,灯架15采用L型结构,灯架15的竖直臂固定连接在玻璃缸1上,LED照明灯14吊装在灯架15的水平臂端部;LED照明灯14的数量为两个,两个LED照明灯14的高度一致且并列设置。

[0047] 所述材料样品悬吊组件包括悬臂传力杆16、挂绳17及吊绳18;所述挂绳17水平设置在玻璃缸1顶部;所述悬臂传力杆16一端与石英晶体微天平4的测量端相连,悬臂传力杆16另一端连接在挂绳17上;所述吊绳18上端连接在挂绳17上,吊绳18下端安装材料样品19,材料样品19浸没在人工海水中。

[0048] 所述多维度分析系统包括单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜,所述单反相机、荧光显微镜、激光共聚焦显微镜、原子力显微镜、扫描电子显微镜及冷冻电子显微镜在实验室条件下均独立设置。

[0049] 一种模拟海洋环境材料防污性能快速评估方法,采用了所述的模拟海洋环境材料防污性能快速评估装置,具体为:

[0050] 一、模拟海洋环境的构建

[0051] ①、启动冷水机12,在冷水机12的泵送作用下,使人工海水在玻璃缸1、粗过滤桶10、精过滤桶11、冷水机12及加热器13之间循环流动,通过粗过滤桶10和精过滤桶11去除人工海水中的杂质,通过温度传感器21对人工海水的温度进行实时监测,动态启动加热器13,对人工海水的温度进行调节,直到人工海水的温度达到设定值;具体的,人工海水的温度设定值为25℃;

[0052] ②、启动水体蛋白质分解器2、造氧器3和LED照明灯14,通过水体蛋白质分解器2去除人工海水中的有机物,维持人工海水水质的稳定,通过造氧器3进行间歇式供氧,模拟海洋环境中的氧气量波动,通过LED照明灯14模拟昼夜交替下的光照条件及强度的变化;具体的,造氧器3每30分钟向人工海水中提供一次供氧;

[0053] ③、当模拟海洋环境构建完成后,人工海水继续空载稳定运行2-3天,直到人工海水的各项水体指标均达到设定要求时,再将从自然海域中采集的污损生物石8及小丑鱼9送入人工海水中,随后动态启动造浪泵20,模拟海洋环境中的水流条件;

[0054] 二、材料样品防污性能评估

[0055] ①、通过石英晶体微天平4对材料样品19表面生长的污损生物进行质量测量,通过材料样品19表面污损生物的质量变化评估材料样品19的防污性能;

[0056] ②、通过叶绿素探头5对人工海水中的污损生物生长情况进行监测,评估模拟海洋环境条件的变化情况;

[0057] ③、定期取出材料样品19,通过单反相机对材料样品19表面进行拍照以获取图像,通过材料样品19表面图像分析不同时间节点时的污损覆盖率,在宏观层面,通过污损覆盖率评估材料样品19的防污性能;

[0058] ④、定期取出材料样品19,通过荧光显微镜对材料样品19表面附着的污损生物进行染色观察,通过荧光染料标记污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分,观察污损生物的附着情况,在微观层面,通过污损生物细胞中的蛋白质及多糖成分的染色情况评估材料样品19的防污性能;同时,通过荧光显微镜定期拍摄材料样品19表面的不同区域,对比不同时间节点的荧光图像,分析污损生物附着的进程及污损生物在材料样品19表面的分布情况,进一步评估材料样品19的防污性能;具体的,荧光显微成像技术非常适合检测污损生物在样品表面形成的初始生物膜,用于提供定量的附着数据。

[0059] ⑤、定期取出材料样品19,通过激光共聚焦显微镜获取材料样品19表面附着的污损生物高分辨率三维图像,评估材料样品19对污损生物的形态和生长行为的影响,在微观层面,通过污损生物的形态和生长行为评估材料样品19的防污性能;同时,通过逐层扫描三维建模同步获取污损生物的附着厚度、密度及结构特征,确定污损生物的形成过程及稳定性,进一步评估材料样品19的防污性能;

[0060] ⑥、定期取出材料样品19,通过原子力显微镜对材料样品19表面附着的污损生物

进行粘附力测试,原子力显微镜的探针与污损生物进行物理接触,测量污损生物的粘附强度及表面粗糙度,在微观层面,通过污损生物的粘附力评估材料样品19的防污性能;具体的,通过构建污损生物的粘附力曲线,可以直观地了解生物膜在不同环境条件下的粘附强度变化,从而更好的实现材料样品19防污性能的评估。

[0061] ⑦、定期取出材料样品19,通过扫描电子显微镜对材料样品19表面附着的污损生物进行微观成像,通过生成的高分辨率微观图像观察污损生物的细胞形态、胞外聚合物分布情况及微观组织构造,展示污损生物的形态学特征,在微观层面,通过污损生物的形态学特征评估材料样品19的防污性能;

[0062] ⑧、定期取出材料样品19,通过冷冻电子显微镜对材料样品19表面附着的污损生物进行超微结构成像,通过生成的高分辨率超微图像观察污损生物细胞的内部结构特征,在微观层面,分析污损生物的附着机制及材料样品19的防污作用机理,进而评估材料样品19的防污性能。

[0063] 实施例中的方案并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明所为的等效实施或变更,均包含于本发明的保护范围内。

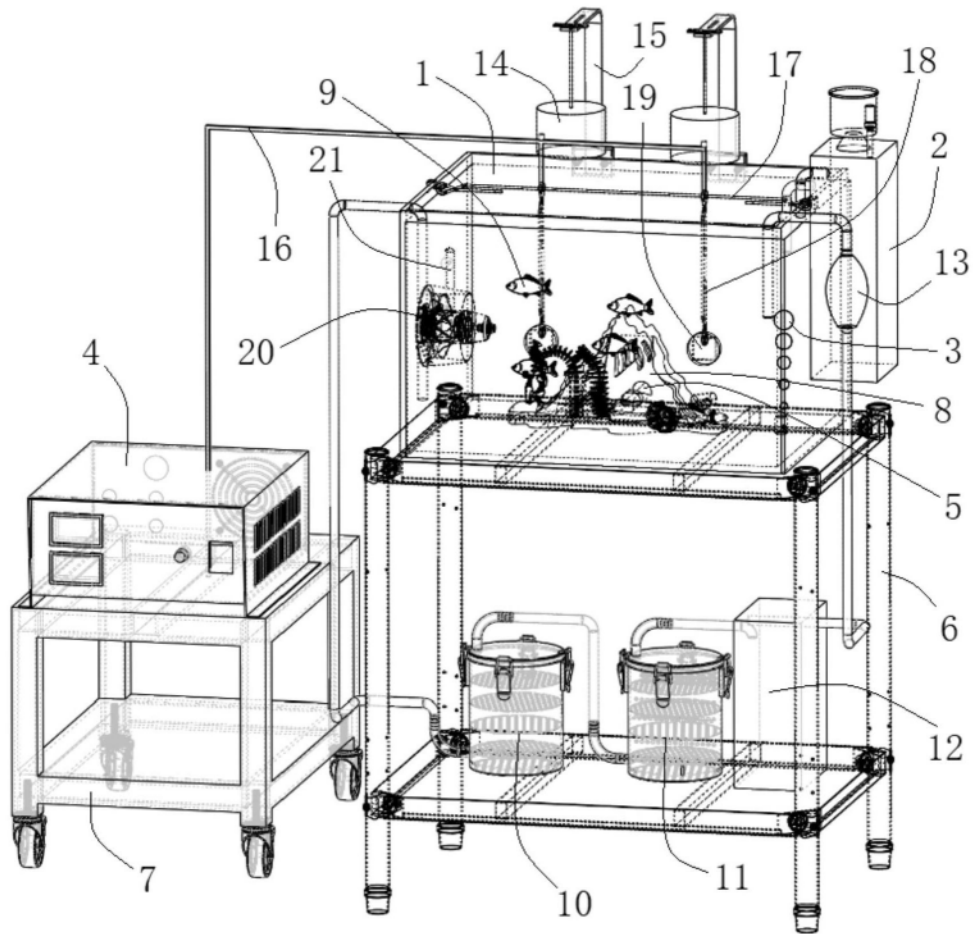


图1

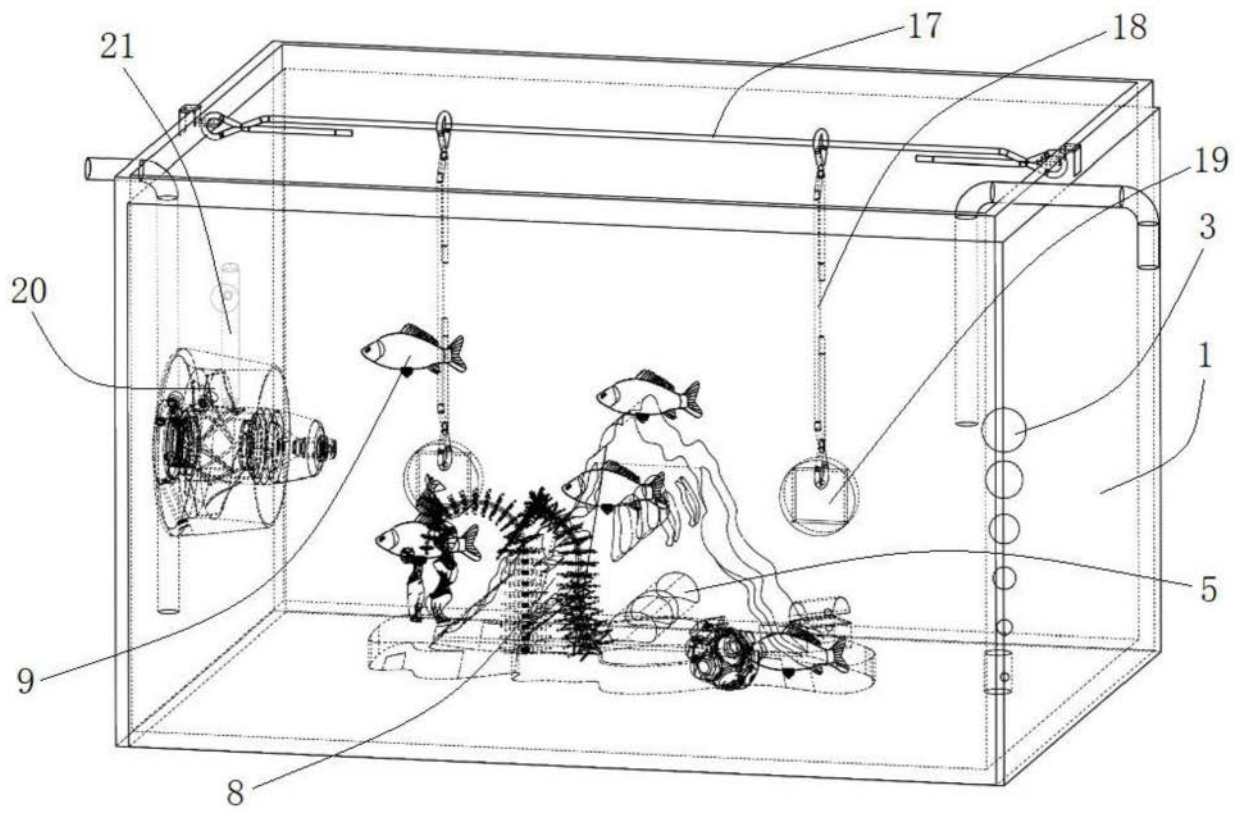


图2