

TECHNOLOGY ADVANTAGES | مزایای فناوری | المزايا التقنية

ENGLISH ♦

-Advanced Functional and Environmental Merits of the Homogeneous Tri-Phase Nano Catalytic Remediation Platform

- Enhanced Deconstruction of Recalcitrant Hydrocarbon Contaminants** .1
By harnessing nanoscale catalytic oxidation and supersaturated reactive nanobubbles, the platform rapidly fragments persistent hydrocarbon chains—including high-molecular-weight alkanes and polyaromatic compounds—via radical-driven oxidative cleavage that exceeds the capabilities of conventional remediation techniques.
- Accelerated Remediation Through Multiphase Interfacial Kinetics** .2
The tri-phase system enables simultaneous reactions at multiple depths and heterogeneous soil layers, reducing total remediation time by 50–70% compared to traditional methods.
- Non-Invasive In Situ Application** .3
Injectable nano-dispersions and catalytic gels permit localized, in-place decontamination without the need for excavation, minimizing environmental disruption and operational costs.
- Concurrent Biostimulation via Targeted Oxygen Delivery** .4
Oxygen-rich nanobubbles stimulate indigenous aerobic microbes, enhancing natural biodegradation alongside catalyst-facilitated chemical oxidation.
- Energy-Efficient Operation Under Ambient Conditions** .5
The platform operates effectively at environmental temperatures and pressures, eliminating the need for heating or pressure systems and thereby reducing energy demands and emissions.
- Prevention of Secondary Toxic Gas Emissions** .6
In situ-generated reactive oxygen species oxidize volatile toxins like H₂S and methane before release, protecting both air quality and public health.
- Residue-Free and Environmentally Safe** .7
The process avoids toxic sludge formation; all inputs are selected for their non-toxic, biodegradable, or recyclable properties.
- Flexible Deployment Modalities** .8
The system is adaptable as nanomist aerosols, injectable fluids, or reactive gels, tailored to match contaminant profile and site characteristics.

9. **Real-Time Environmental Parameter Adjustment**
Gas type, nanobubble size, catalyst composition, and concentration are tunable in real time according to soil pH, porosity, moisture, and pollutant chemistry
10. **Green Design and Regulatory Compatibility**
Incorporates biodegradable or recyclable catalysts and tunable particle sizes (nano to millimeter scale) to comply with diverse environmental standards
11. **Simultaneous Soil and Water Decontamination**
-Ideal for interfacial zones—such as coastal soils, marshes, and wetlands—the homogeneous tri-phase structure enables unified treatment across both terrestrial and aquatic matrices

♦ فارسی

مزایای پیشرفته علمی، عملیاتی و زیست‌محیطی سامانه نانوکاتالیزوری سه‌فازی همگن

1. **تجزیه سریع ترکیبات مقاوم هیدروکربنی**
با بهره‌گیری از اکسیداسیون نانومقیاس و نانوحباب‌های واکنش‌گر فوق‌اشباع، سامانه ساختارهای پایدار هیدروکربنی مانند آلکان‌های زنجیر بلند و ترکیبات آروماتیک را به سرعت به اجزای بی‌خطر تجزیه می‌کند.
2. **شتاب‌دهی به فرآیند پالایش از طریق واکنش‌های چندفازی**
سامانه با نفوذ مؤثر در لایه‌های مختلف خاک و فعال‌سازی هم‌زمان واکنش‌ها، زمان عملیات را تا ۷۰٪ نسبت به روش‌های سنتی کاهش می‌دهد.
3. **اجرای غیرمخرب در محل آلودگی**
کاربرد در قالب ژل واکنشی یا سیال تزریقی، بدون نیاز به برداشت خاک، منجر به کاهش هزینه‌ها و حفظ ساختار اکولوژیکی می‌شود.
4. **تحریک زیستی هم‌زمان با اکسیژن‌رسانی هدفمند**
نانوحباب‌های اکسیژن موجب فعال‌سازی میکروارگانیسم‌های هوازی شده و تجزیه زیستی طبیعی را تقویت می‌کنند.
5. **عملکرد کم‌مصرف در شرایط محیطی**
سامانه در دما و فشار طبیعی بدون نیاز به انرژی بالا یا تجهیزات ویژه کار می‌کند و از تولید گازهای گلخانه‌ای می‌کاهد.
6. **مهار انتشار گازهای سمی ثانویه**
گونه‌های فعال اکسیژن، گازهای خطرناک مانند H_2S و متان را پیش از انتشار اکسید کرده و ایمنی زیست‌محیطی را ارتقا می‌دهند.
7. **فاقد پسماند سمی و سازگار با محیط‌زیست**
فرآیند هیچ‌گونه لجن یا باقیمانده خطرناک تولید نمی‌کند و مواد مصرفی عمدتاً زیست‌تخریب‌پذیر یا قابل بازیافت‌اند.

8. **قابلية اجرا در حالاتهاى مختلف**
فناورى به شكل نانومه، ژل يا سيال قابل تزريق در شرايط متنوع محيطى قابل به كارگيرى است.
9. **تنظيم پذيرى بلادرنگ بر اساس شرايط محيطى**
پارامترهاىي مانند نوع گاز، اندازه حباب، نوع و غلظت كاتاليزور بر اساس شرايط خاك، pH، رطوبت و نوع آلاينده تنظيم پذيرند.
10. **طراحي سبز و مطابق با استانداردهاى محيط زيستى**
استفاده از مواد قابل تجزيه يا بازيافت و ذرات با اندازه قابل كنترل، انطباق كامل با الزامات محيط زيستى را فراهم مى سازد.
11. **پاك سازى هم زمان خاك و آب**
ساختار سه فازى همگن امكان پاك سازى هم زمان مناطق تماس خاك و آب مانند سواحل، مردابها و تالابها را فراهم مى كند.

◆ العربية

الفوائد العلمية والبيئية والتشغيلية للنظام المحقّز المتجانس ثلاثي الأطوار

1. **تفكك سريع للهيدروكربونات المعقدة**
يحقق النظام تحللاً سريعاً للهيدروكربونات الثقيلة من خلال التفاعل التآزري بين المحفزات النانوية والفقااعات النانوية المشبعة.
2. **تسريع المعالجة من خلال التفاعل متعدد الأطوار**
تسمح التقنية بالمعالجة المتزامنة على أعماق مختلفة في التربة، مما يقلل من زمن المعالجة بنسبة تصل إلى 70%.
3. **تطبيق مباشر دون حفر التربة**
تُستخدم التقنية في الموقع باستخدام جيل تفاعلي أو سوائل قابلة للحقن، مما يقلل من التكلفة والتأثير البيئي.
4. **تنشيط بيولوجي متزامن عبر الأوكسجين**
تعزز الفقااعات النانوية النشاط الميكروبي الهوائي، مما يسرّع من التحلل البيولوجي.
5. **تشغيل موثر للطاقة في الظروف الطبيعية**
لا تتطلب التقنية طاقة حرارية أو ضغط إضافي، مما يجعلها فعالة وصديقة للبيئة.
6. **منع انبعاث الغازات السامة الثانوية**
تقوم أنواع الأوكسجين التفاعلية بأكسدة غازات مثل H_2S و CH_4 قبل انبعاثها، مما يحمي الصحة العامة.
7. **خال من البقايا السامة وصادق للبيئة**
لا يُنتج النظام مخلفات سامة، وتُستخدم فيه مواد قابلة للتحلل أو إعادة التدوير.

8. **مرونة عالية في أساليب التطبيق**
يمكن تطبيق النظام كضباب نانو، سوائل للحقن، أو مواد هلامية تفاعلية حسب الحاجة.
9. **القدرة على التعديل الفوري حسب الموقع**
يمكن تعديل المتغيرات مثل نوع الغاز وحجم الفقاعات وتركيبية المحفزات حسب خصائص التربة.
10. **تصميم متوافق مع الأنظمة البيئية**
يتيح استخدام محفزات صديقة للبيئة وأحجام جسيمات قابلة للتعديل تماشيًا مع اللوائح المحلية.
11. **تنقية متزامنة للتربة والمياه**
يُمكن الهيكل المتكامل ثلاثي الأطوار من إزالة التلوث في البيئات المختلطة مثل السواحل والمستنقعات في آنٍ واحد.