



2025

土壤方舟 建设及运营手册

北京土壤方舟生态科技有限公司



2
0
2
5



手册目录

- 01 关于手册的介绍及使用说明
- 02 公司介绍
- 03 技术与服务
- 04 建造手册
- 05 运营手册
- 06 可持续发展与社会影响
- 07 附录



<https://www.originem.cn/>

关于手册的介绍及使用说明

北京土壤方舟生态科技公司（以下简称：土壤方舟）成立于2019年4月，总部位于北京，是一家专注于土壤改良与生态碳汇的高新技术企业。土壤方舟以微藻技术为核心，致力于土壤改良、生态修复、减排固碳技术开发与标准制定，建有针对土壤改良的藻种库，从全国14大类土系、多种生境分离筛选600余株功能性藻种，其中30%为建群种和优势种，在盐碱地、重金属、土壤酸化、水稻增产减排开发了系统解决方案。

本手册汇集北京土壤方舟生态科技公司自2019年成立以来，公司在全国各地通过试验田、藻种库、微藻工厂、项目现场等实施案例，对相关的知识、数据和信息进行系统整理，经过系统编排建立本手册。本手册作为工具书，可以提供具体的工作流程、操作规范、设备使用指南等，便于合作伙伴深度了解土壤方舟的建设流程和项目规范，提高工作效率。

一、公司介绍

1. 公司概述

北京土壤方舟生态科技有限公司位于中国北京，是一家专注于土壤改良的创新生态科技型公司。公司在创立之初就聘请以色列归国博士杜建芳，美国归国博士康明教授联手进行技术开发，确保公司在技术上的国际前瞻性。同时在中科院水生所等科研单位调取藻种进行实验室诱变，从第一性原理论证微藻改良土壤的生态效益和经济价值，最终确定作为一项国际前沿、国内尚属空白的生态修复技术手段，甚至是终极修复技术。

2019年7月份，被湖南省地方政府作为科技创新项目引入长沙，落地隆平高科产业园区。同年土壤方舟确定以研发为驱动，致力于用创新微藻技术为生态系统修复赋能。并在国内倡导土壤碳库免耕技术，联合央企做初期的碳中和解决方案。2021年春耕结束后，土壤方舟在全国累计完成土壤应用100万亩，积累了大量土壤应用数据。

多年来，土壤方舟公司在黑龙江寒地、青藏高原、海南岛等不同物候带的土壤中筛选出了300多株原位藻种，其中有三分之一是新物种发现，并且针对不同作物的根系微生物组及土壤特性建立了具有差异化的技术模型，为每一种土壤提供可持续的解决方案。

目前，土壤方舟对微藻的认知及技术沉淀处于国际前列，明确提出“连接天地，贯通工农”理念，并深切意识到碳中和最终将依托于恢复土壤碳库功能，从而将公司定义为碳中和技术服务商。

2. 核心产品与服务

公司以微藻技术为核心，构建创新生态修复解决方案，具备显著的减排、增产和土壤改良作用。通过将微藻应用于农业生产，特别是在稻田等高排放领域，微藻能够有效减少温室气体的排放，尤其是甲烷(CH_4)。

土壤调酸与重金属固化工程方案 / 盐碱地治理

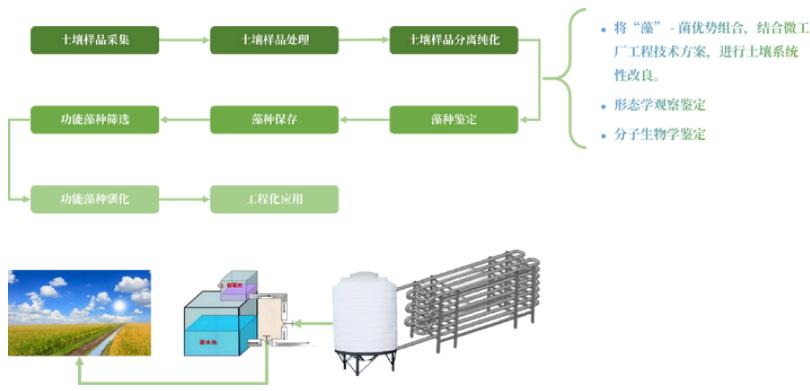


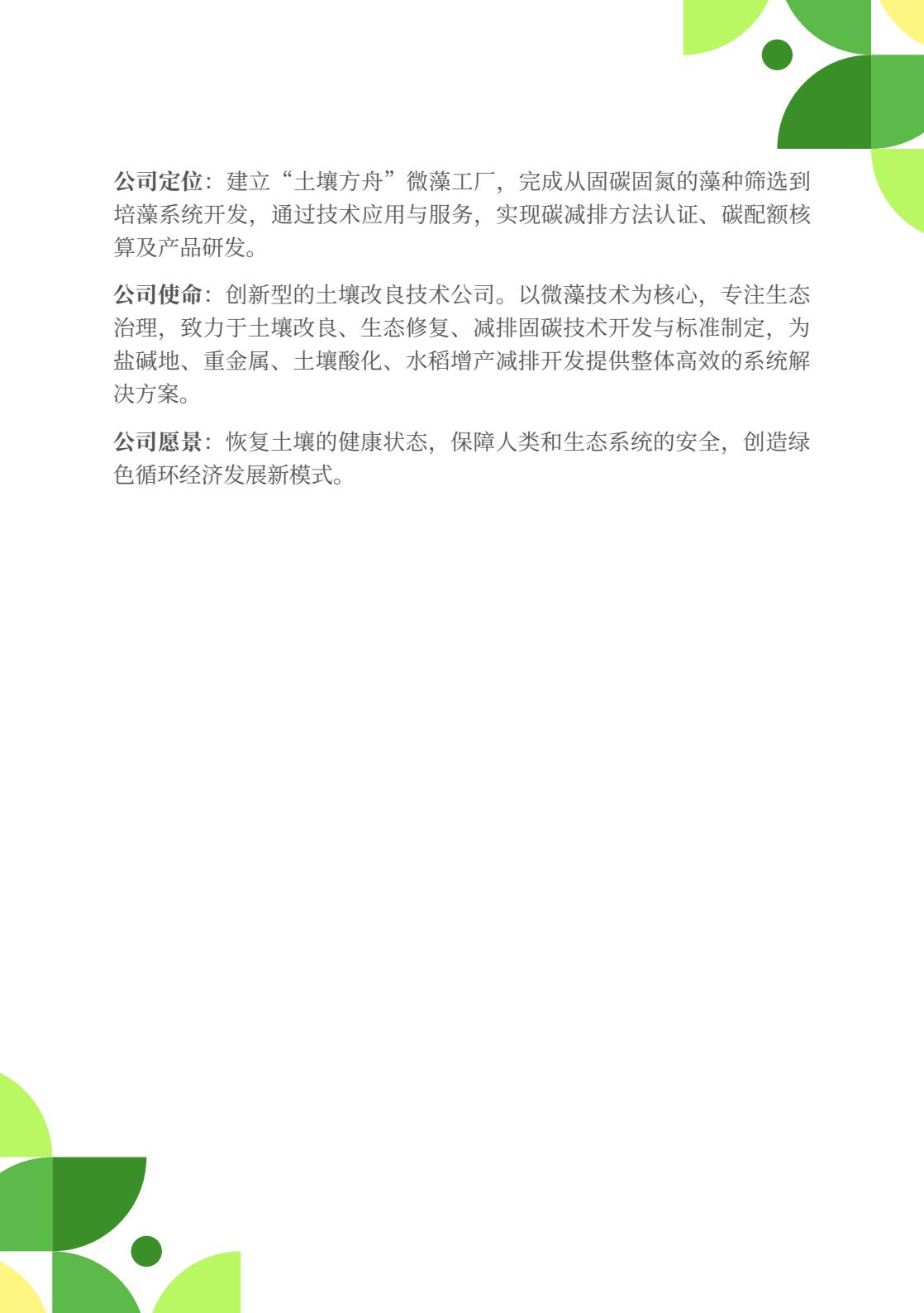
图1-1

3. 公司使命与远景

土壤污染后对人产生的影响是间接的。土壤污染会使污染物在植物体中积累，在不同的生物体内经吸收后逐级传递，不断积聚和浓缩，农作物富集造成一定的残毒；土壤污染物最后富集到动物体内，肉类所含重金属、化学毒素最多，动物的内脏往往是重金属聚集部位，由此可通过食物进入人体内蓄积。

水稻、小麦、蔬菜是最易吸收重金属元素的农作物，因此土壤被环境重金属污染后，生长的蔬菜与其它作物相比，蔬菜对多种重金属富集量要大得多，经证明，在被污染的土壤里生产出的蔬菜的有毒物质含量可达土壤中有害物质含量的3 – 6倍。

人食用被重金属污染的农作物，将引发神经系统、消化系统、循环系统、泌尿系统、血液和造血系统、免疫系统等疾病，造成“三致”即致突变、致畸、致癌，也将对下一代带来影响。



公司定位：建立“土壤方舟”微藻工厂，完成从固碳固氮的藻种筛选到培藻系统开发，通过技术应用与服务，实现碳减排方法认证、碳配额核算及产品研发。

公司使命：创新型的土壤改良技术公司。以微藻技术为核心，专注生态治理，致力于土壤改良、生态修复、减排固碳技术开发与标准制定，为盐碱地、重金属、土壤酸化、水稻增产减排开发提供整体高效的系统解决方案。

公司愿景：恢复土壤的健康状态，保障人类和生态系统的安全，创造绿色循环经济新模式。

4.专家团队

康明 / 中科院微生物所 博士

微藻种质资源开发与诱变育种藻类病毒分子生物学研究与应用碳汇方法学研究。

藻类生物燃料与生物技术的商业化 (Consortium for commercialization of algae biofuels and biotechnology) , 美国能源部 (DoE) 项目 (DE-EE0003373), 研究团队关键成员。

胡长峰 / 清华大学生命科学学院 博士

拥有教授、硕士生导师资格，入选楚天学者计划、武汉青年五四奖章、江汉大学学术领军人才，现为江汉大学遗传与生物技术研究中心负责人

胡长峰博士及科研团队主要研究方向为利用微藻、小鼠等模式生物，运用遗传学、细胞生物学、生物化学和活细胞荧光显微成像技术等方法致力于以下相关研究：

- 细胞器发生与动态调控的分子机制
- 微藻重金属代谢的调控机理
- 重金属污染生物修复技术研发及应用

4.专家团队

方蛟 / 中科院水生所 博士

中国科学院水生生物研究所博士（硕博连读），以第一作者身份在BMC Genomics、Frontiers in Plant Science、Phycologia和Frontiers in Ecology and Evolution等国际刊物发表SCI论文数篇。

主要从事藻类分类与系统发育、细胞器基因组学、淡水藻类生态学、微藻土壤改良等方面研究，取得了一系列代表性成果。

主要研究方向：

- 藻类分类与系统发育
- 微藻重金属代谢调控

岳中辉 / 东北农业大学 博士

2010年在东北林业大学生物学博士后流动站完成研究工作。主要在土壤碳固持、温室气体减排、土壤改良方面进行技术研究，主要研究方向：农田黑土土壤生物学活性研究和农田作物和杂草互作机制研究。

5.专利证书

专利号	专利名	专利类型	所属单位
2018107607579	一种提高雨生红球藻中虾青素含量的方法	发明专利	北京耕天下生物科技有限公司
2022206933962	一种藻类液体肥生产用灌装机	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
2021213803687	一种人工气候微藻培养箱	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
202121380468X	一种微藻提取装置	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
2021213805589	一种微藻源生物刺激剂生产灌装设备	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
202121381133X	一种微藻发酵液复配添加装置	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
2017215021264	用于微藻培养的简易式跑道池	实用新型	北京耕天下生物科技有限公司
2022103892221	一种利用微藻材料制备复合微生物肥料的生产线	发明专利	湖南省耕天下生物科技有限公司
2018108918734	一种微藻藻体或藻渣包裹的缓释肥料及其制备方法	发明专利	湖南省耕天下生物科技有限公司
2014106601990	一种藻菌复合发酵饲料添加剂及其制备方法	发明专利	湖南省耕天下生物科技有限公司
2017111123808	用于微藻培养的简易式跑道池及其使用方法	发明专利	湖南瑞藻生物科技有限公司
2013103471098	一种基于微藻养殖的沼液生态净化方法	发明专利	湖南瑞藻生物科技有限公司
2022209963669	一种能够回收热能的藻类肥料制备反应釜	实用新审型	湖南瑞藻生物科技有限公司
2022209993857	一种藻类肥料制作用储料装置	实用新型	湖南瑞藻生物科技有限公司

表1-1

6.行业资质

图1-2

7.合作机构



江汉大学



天津大学四川创新研究院



中国科学院水生生物研究所



东北农业大学

8. 技术研发及创新计划

1. 建立高通量藻种筛选与分子育种平台；
2. 根据中国及全球物候带与土壤分布建立原位藻种库，诱变育种，申报专利；
3. 针对不同土壤类型，开发技术解决方案与技术集成；
4. 微藻生态治理的标准制定；
5. 建立生态碳汇全球标准与方法学。

9. 公司荣誉

受邀参加联合国气候峰会

2023年12月5日是世界土壤日，在迪拜举行的联合国气候峰会（COP28）基于甲烷减排的生态碳汇也成为全球瞩目的焦点。本次联合国气候峰会上，耕天下与中国国际民间组织合作促进会（以下简称中国民促会）在COP28举办新闻发布会并出席中国边会发表演讲，向全球发布了“土壤方舟”计划和基于微藻生物技术实现稻田甲烷减排的创新实践。



微藻降低稻田甲烷排放创新技术荣获第三届碳中和技术方案 “领军项目奖”

2024年8月27日，在联合国工业发展组织上海ITPO与上海交大-联合国工发绿色增长联合研究院联合主办的“虹口双碳对话·第三届碳中和技术方案征集暨UNIDO Global Call 2024中国项目储备评估会”上，北京耕天下生物科技有限公司的“微藻降低稻田甲烷排放创新技术”项目，自25个城市的上百个碳中和技术与创新解决方案中脱颖而出，在本次活动中荣获第二名：“领军项目奖”。



图1-3

二、技术与服务

1. 核心技术：以微藻技术为核心，创新生态修复解决方案。

2. 专利藻种库：

建立了较为完善的微藻种质资源库，野生型微藻300余种，突变体藻株3000余种（包括基因敲除和诱变种）。

搭建了完善的微藻（衣藻、裸藻等）遗传操作平台，作为底盘生物提供有力的技术保障。

专利藻种库：

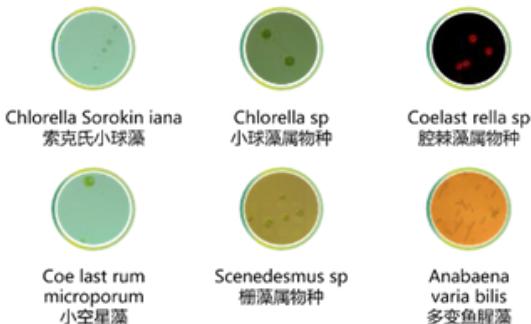


图2-1

专利藻种库：

微藻编号	提取基因组DNA	ITS测序	拉丁文学名	中文名	指形管保藏
1-1	是	是	<i>Monoraphidium sp.</i>	单针藻属	是
1-2					是
1-3	是	是	<i>Desmodesmus sp.</i>	链带藻属	是
1-4					是
1-5	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
1-6	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
1-7	是	是	<i>Coelastrum sp.</i>	空星藻属	是
1-8	是	是	<i>Kirchneriella lunaris</i>	蹄形藻属	是
1-9					是
1-10	是	是	<i>Coelastrum microporum</i>	小孢空星藻	是
1-11					是
1-12	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
1-13	是	是	<i>Scenedesmus bajacalifornicus</i>	下加利福尼亚栅藻	是
1-14	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
1-15	是	是	<i>Desmodesmus sp.</i>	链带藻属	是
1-16	是	是	<i>Desmodesmus sp.</i>	链带藻属	是
1-17	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
1-18	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
1-19	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
1-20	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
1-21	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
1-22	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
1-23	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
1-24	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
1-25	是	是	<i>Kirchneriella cornuta</i>	角状蹄形藻	是
1-26	是	是	<i>Kirchneriella cornuta</i>	角状蹄形藻	是
2-1	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
2-2	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-3	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-4	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
2-5	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
2-6	是	是	<i>Nephrochlamys yushanensis</i>	尤姗丽肾壁藻	是
2-7	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
2-8	是	是	<i>Micractinium sp.</i>	微芒藻属	是
2-9	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
2-10	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
2-11	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
2-12	是	是	<i>Chlorella sorokiniana</i>	索罗金小球藻	是
2-13	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-14	是	是	<i>Chlorella sp.</i>	小球藻属	是
2-15	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-16	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-17	是	是	<i>Coelastrella sp.</i>	单星藻属	是
2-18					是
2-19	是	是	<i>Selenastraceae sp.</i>	月牙藻属	是
4-1					
4-2					是

表2-1

• 建立土壤 – 微生物组数据库

微藻是土壤微生态的建群种。

土壤类型	土壤性质	接种的蓝藻/微藻	土壤肥力改善
砂岩、花岗岩、片岩和石灰	微量元素缺乏	颤藻、念珠藻、伪枝藻	形成高碳高氮含量微生物结皮
粉砂壤土	可吸收微量元素缺乏	鱼腥藻、普罗威登斯菌	铁含量是原来的2 - 3倍
沙漠土	低有机碳和总氮	具辅微辅藻、爪哇伪枝藻	土壤有机碳增加5倍
贫瘠土	低养分	小球藻、栅藻、绿球藻	含碳微生物生物量增加
粘壤土	低氮	普通小球藻	改善了土壤氮含量与酶活性
半干旱土壤	有机质贫乏	椭形鱼腥藻、球形挂孢藻、喜钙念珠藻	通过促进土壤微生物活性增加了碳氮含量
热带铁质土	土壤团粒缺乏	念珠藻	改善了土壤团粒稳定性
林中空地土	低养分、低水物理参数	小型黄丝藻、微小索囊藻、细克里藻	增加了有机碳含量、土壤持水性、降低了旱季蒸发量

表2-2

• 建立植物 – 微生物组数据库

微生物是植物第二基因组， 微藻是植物微生物组的优势种。

蓝藻/绿藻	作物	影响	参考文献
两株鱼腥藻和念珠藻组合	水稻	蓝藻作为肥料大规模培养；提高作物产量。 提高土壤肥力	Kaushik, 1998; Goyal et al. 1997
椭形鱼腥藻HH-209, 球形挂孢藻	珍珠-小米、小麦	刺激植物生长、增加产量。 改善碳氮固定	Nisha et al. 2007
固氮念珠藻、念珠藻与木霉/固氮菌/产生根瘤菌形成的生物被膜	玉米、棉花、水稻、小麦、鹰嘴豆、秋葵、菊	增强植物生长、增加产量；增强大量与微量元素吸收；激活植物抗氧化机制；提高土壤可用氮含量；增强土壤微生物酶类如脱氮酶、固氮酶活性；调节根际与植物微生物群落的结构与功能	Prasanna et al., 2013a, b, 2017
叶氏蔚藻	水稻	增强植物生长；促进植物激素的产生；增加水解酶类与防御酶类的活性；微生物群落的时空调节	Ranjan , et al. 2016
勾氏蔚藻、管状藻、念珠藻	小麦	增强植物生长、增加产量	Karthikeyan et al. 2007
蓝藻组合以及与真细菌组合	小麦	增强土壤活性(脱氮酶、失光素二-醋酸酯水解酶、碱性磷酸酶)；增加土壤微生物生物量；增加植物生长、产量、微量元素吸收以及向种子运输	Rana et al. 2012, 2015
念珠藻29B；鱼腥藻LC2, C5	玉米、甜菜、菜豆、小麦	增加植物长度和干重；增加根和茎的氮含量	Svircev et al. 1997
樱藻	番茄	增加萌发率和植物生长	Gomiero et al. 2011
小球藻 - 细菌	玉米	增加土壤有机碳；增强土壤团粒宏观与微观尺度上的稳定性	Yilmaz et al. 2017
普通小球藻	玉米和小麦	增加种子萌发率和促进植物生长	Uysal et al. 2015
拟拟球藻	番茄	有机酸释肥料，增加果实的糖和胡萝卜素含量	Coppens et al. 2016
蓝藻/绿藻组合	小麦	改善土壤微生物活力；增加土壤有机碳、大量和微量元素；增加植物生长和产量	Renuka et al. 2017

表2-3

- 开发水稻重金属固化技术体系

主要解决有毒重金属（镉、汞、砷）和有机污染物（农药残留）等在水稻与中药材中的污染修复。

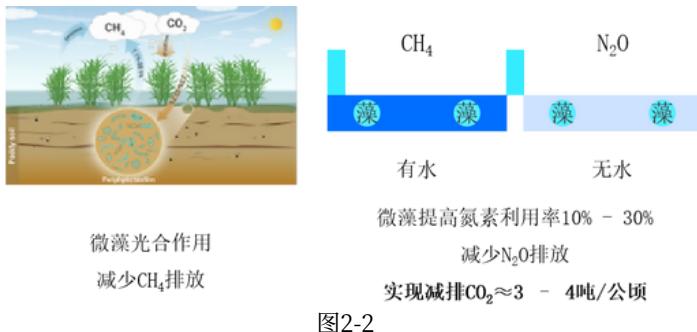


图2-2

2.土壤方舟微藻工厂

2.1 微藻微工厂光生物反应器使用说明

北京土壤方舟生态科技有限公司推出的微藻微工厂系统将微藻生物高科技直接迅速转化为农作物的绿色可持续高效微生态制剂，以达到农作物和农产品的增产、提质、抗逆、绿色环保，和有效改良土壤的目的。微藻微工厂包括一套500升的微藻光生物反应器，与其配套的照光设备、通气设备，以及微藻藻种和培养基。消毒杀菌剂如次氯酸钠、硫代硫酸钠，以及相应的水、电、控温条件如温度计、空调或其它降温/升温设施由用户自备。

2.1.1 500L 光生物反应器技术参数

表2-4

2.1.2 500L 光生物反应器操作流程

2.1 培养容器的清洗

用高压水枪对每个细小的部位进行多次冲洗，培养结束后通气管用水枪对准气管口反复清洗，以免通气管或其它间隙内的残留杂菌及其它杂物对鲜藻造成污染。清洗时注意保护 LED 光源玻璃防护管。

2.2 培养容器、培养基的消毒

2.2.1 需事先将容器、水和培养基用次氯酸钠进行消毒杀菌（消杀）。首先往 500L 桶内注水约 460L，同时用一合适容器（如不锈钢餐盆）将一袋由耕天下提供的固体培养基用开水完全溶化，边溶化边搅拌。一袋固体培养基可分几次溶，溶好后直接投入注好水的大桶中。固体培养基溶解过程中如果有难溶解的残渣出现并不影响使用，将残渣一起投入水中。通气 5 分钟将投入的培养基与水充分混合，即得到微藻培养基。然后准备对培养基进行消杀。

2.2.2 按每升培养基加入市售次氯酸钠 0.5 毫升 (0.5ml/L) 比例进行。培养基中加入次氯酸钠后将容器密封，打开气泵通气搅拌均匀，30 分钟后停止通气，使培养基进行 12 小时静止消杀。静止消杀可减缓次氯酸钠挥发，尽可能发挥次氯酸钠的杀菌作用。

2.2.3 静止消杀 12 小时后打开气泵通气消杀 12 小时，在继续消杀的同时加快氯气的挥发。通气消杀可以从 12 小时延长至 24 小时，可根据操作便利性而定。

2.2.4 次氯酸钠消杀结束后，按每升培养基 0.25 克 (0.25g/L) 的比例加入硫代硫酸钠（大苏打），继续通气 12 小时或 24 小时，中和培养基中残存氯气。此时培养基消杀完成。

2.3 微藻接种。按 500 升培养基接种 15 升藻种的比例 (15L/500L) 接种。接种时打开盖子，直接将藻种倒入 500L 光生物反应器的培养基中，然后立即将盖子盖好，防止污染。

2.4 通气培养。通气量大小适中即可，气量太小微藻不易生长，气量过大容易将藻液喷溅到盖子上，或使藻液溢出。

2.5 培养期间每天定时检查仪器设备是否正常运行。重点检查光照、通气、温度等是否正常。当温度计指示超过 30°C，可将 LED 灯光调暗一些，或同时将通气量调高一点，使温度回落至 28°C 左右。

2.6 每天观察培养中微藻的生长状态是否正常，记录并拍照保存。随着培养时间的延长，培养液逐渐由接种时的浅绿色变成浓绿、深绿色，表明微藻生物量逐渐增加。如果微藻培养物出现发黄、变清、或变浑浊等现象，说明微藻培养物已衰老、受污染、或细胞裂解。

2.7 微藻微工厂的微藻培养周期通常为 3-6 天，不低于 3 天，不超过 6 天。具体培养周期可根据现场温度、季节、生物量 (微藻浓度) 来决定，判断是否结束培养。培养结束可关闭电源，停止照光和通气。

2.8 为保证最佳使用效果，应尽快将培养成功的微藻培养物从光生物反应器中移出、使用。并将反应器清洗干净，准备下一批培养。

3.微藻成品的应用

3.1 培养结束后，微藻成品不能放置时间太长，尤其夏天不宜放置时间太长，以免腐败。最好是即养即用。

3.2 作物的种类、栽培方式、生长期不同，微藻的用法与用量也不同，具体使用方法可咨询公司农业技术人员。

4.设备说明

4.1 整套 500L 光生物反应器培养装置的组装，根据设备中附加的组装操作指南安装即可。

4.2 LED 灯的灯光强弱适中为最佳。

4.3 气泵空气滤清器按说明安装（压缩机自带）。

4.4 注意保护 LED 光源玻璃防护管。

5.安全注意事项

5.1 充分熟悉气泵（空压机）设备的使用。

5.2 注意安全用电，不要用湿手、湿物等接触电源。

5.3 气泵空气滤清器按说明安装（压缩机自带）。

5.4 次氯酸钠消毒剂有腐蚀性，使用时带防护镜、口罩、乳胶手套，禁止接触皮肤。

5.5 次氯酸钠和硫代硫酸钠贮存到儿童够不到的地方。

5.6 空压机设备定期检查维护。

5.7 空压机冷凝水的清理按设备说明定时进行，必须关闭电源再清理。

5.8 设备问题咨询专业工程师，发现问题，及时处理

6.微藻微工厂

服务场景：

服务内容：藻种库、土壤检测、数据库、定期培训、项目合作开发、品牌推广、在线教育

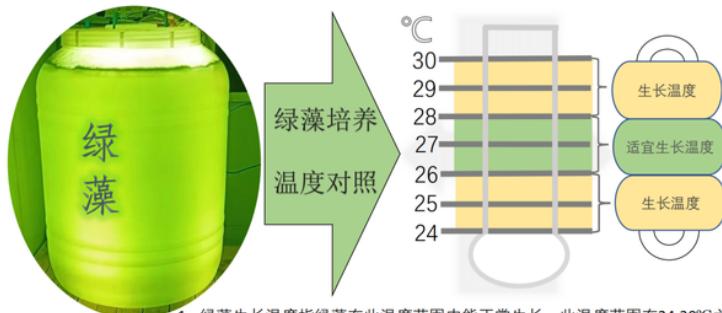


图2-3



图2-4

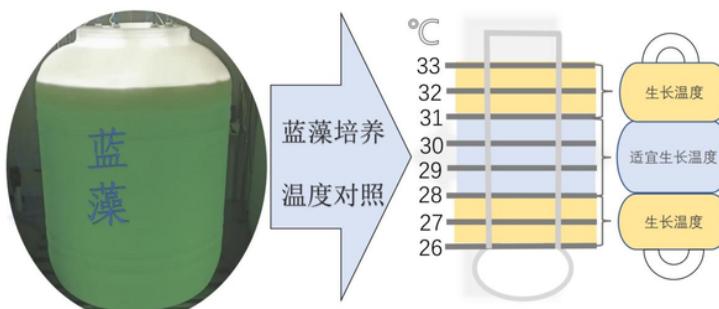
微藻微工厂培养温度范围（绿藻）



1. 绿藻生长温度指绿藻在此温度范围内能正常生长，此温度范围在24-30°C之间
2. 绿藻适宜生长温度指绿藻在此温度范围内生长快，此温度范围为26-28°C
3. 当环境温度低于或高于生长温度，用户自行对环境温度加以控制

图2-5

微藻微工厂培养温度范围（蓝藻）



1. 蓝藻生长温度指蓝藻在此温度范围内能正常生长，此温度范围在26-33°C之间
2. 蓝藻适宜生长温度指蓝藻在此温度范围内生长快，此温度范围为28-31°C
3. 当环境温度低于或高于生长温度，用户自行对环境温度加以控制

图2-6

7.生态碳汇方法学

土壤方舟已经取得水稻减排方法学的模型，并结合了光学检测设备和区块链技术应用，目前处于市场领先优势。

蓝藻/绿藻	作物	影响	参考文献
两株鱼腥藻和念珠藻组合	水稻	蓝藻作为肥料大规模培养；提高作物产量、提高土壤肥力	Kaushik, 1998; Goyal et al. 1997
椭形鱼腥藻HH-209, 球形杨孢藻	珍珠小米、小麦	刺激植物生长、增加产量，改善碳氮固定	Nisha et al. 2007
固氮念珠藻、念珠藻与木霉/固氮菌/中生根瘤菌形成的生物被膜	玉米、棉花、水稻、小麦、鹰嘴豆、秋葵、葡萄	增强植物生长、增加产量；增强大量与微量元素吸收；激活植物抗氧化机制；提高土壤可用性；增强土壤微生物类如固氮菌、固氮酶活性；调节根际-植物微生物群落的结构与功能	Prasanna et al., 2013a, b, 2017
叶氏颤藻	水稻	增强植物生长；促进植物激素的产生；增加水解酶类与防御酶类的活性；微生物群落的时空调节	Ranjan , et al. 2016
勾氏颤藻、软管藻、念珠藻	小麦	增强植物生长、增加产量	Karthikeyan et al. 2007
蓝藻组合以及与真细菌组合	小麦	增强土壤酶活性(脱氮酶、荧光素二醋酸酯水解酶、碱性磷酸酶)；增加土壤微生物生物量；增加植物生长、产量、微量元素吸收以及向种子运输	Rana et al. 2012, 2015
念珠藻259B；鱼腥藻LC2, C5	玉米、甜菜、菜豆、小麦	增加植物长度和重量；增加根和茎的氮含量	Svircev et al. 1997
微藻	番茄	增加萌发率和植物生长	Gomiero et al. 2011
小球藻 - 细菌	玉米	增加土壤有机碳；增强土壤团粒宏观与微观尺度上的稳定性	Yilmaz et al. 2017
普通小球藻	玉米和小麦	增加种子萌发率和促进植物生长	Uysal et al. 2015
微拟球藻	番茄	有机缓释肥料，增加果实的糖和胡萝卜素含量	Coppens et al. 2016
蓝藻/绿藻组合	小麦	改善土壤微生物活力；增加土壤有机碳、大量和微量元素；增加植物生长和产量	Renuka et al. 2017

表2-5

8.服务场景

8.1微藻荒漠化治理的特殊作用

8.1.1藻类是光合自养，矿质土壤的初级生产力，最先的有机物制造者，通过光合作用向土壤中输入碳。

8.1.2固氮藻类通过固氮作用向土壤中输入氮肥。

8.1.3陆生藻在土壤中分泌促生长物质，如 PGR (植物生长调节剂)、GPS、Algoprom (生长促进物质)或有抗生素作用的代谢产物。

- 如：绿球藻、小球藻、黏梭藻分泌的硫胺素可促进细菌和真菌生长。

8.1.4土壤藻类是土壤调节的先锋生物，其代谢分泌物的残基离子和土壤颗粒的阴阳离子链接成桥，促进土壤团聚体形成。

8.1.5 土壤藻和荒原藻可减轻土壤侵蚀，它们常在土表、沙表形成结皮：

- 有结皮土壤的风蚀量为无结皮土壤的1/6；
- 有蓝藻结皮和无结皮的同一土壤，其土壤流失量之比为1:22；
- 稳定的藻结皮一旦形成，相对于无藻结皮，风蚀量之比为1:无穷大

8.1.6 提高土壤或荒漠环境保水功能。

- 土壤藻的内在结构和代谢方式既能吸水，又能节水；
- 还可以降低地表温度5 - 10°C，降低土壤蒸发量。

8.1.7 荒漠藻结皮可通过多种方式来增强自身强度：

- 自身生物量的增长；
- 生物活性的变化；
- 存在状态的改变；
- 生态位的变化；
- 代谢分泌物的增加导致含水量增加；
- 土壤质地改变；
- 其他隐花植物如地衣、苔藓的生长；
- 胞外分泌物（EPS）在强度维持中起主要作用。
- 藻结皮有长期性及持续发育的特点。

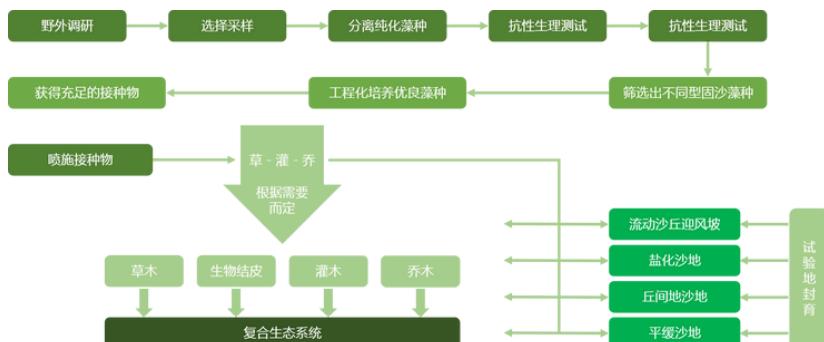


图2-7

8.2微藻盐碱地治理的独特作用

8.2.1细胞生物学分析证实，盐分对植物的危害主要是引起离子毒害（特别是 Na^+ ）和渗透胁迫两方面，而光合自养型的固N蓝藻表现出很好的耐盐性和调节渗透压的能力，采用固N蓝藻对盐碱化土地进行生态修复已经取得了成功的案例；

8.2.2微藻的代谢产物和死亡后能对土壤有机质进行有效的补充；

8.2.3固定和转化无机盐，如固定大气中的游离氮素；含氮、磷等无机盐的合成、溶解、固化（防止养分淋溶）；

8.2.4促进土壤结构的形成，防治雨水的冲刷、侵蚀（藻类形成土壤结皮），增强土壤的通透性；

8.2.5促进土壤微生物多样性，修复土壤根际的微生态；

8.2.6缓解碱化土壤、重金属对土壤的毒害作用。

8.3土壤改良与增产

微藻能提升土壤有机质，促进作物生长，提高水稻产量，最大产量增幅达25%。这种多功能技术有助于实现可持续农业发展。

8.3.1节能减排

微藻通过光合作用吸收二氧化碳，同时利用其特殊的生物代谢过程，减少稻田淹水环境中的甲烷排放，最大可减少64%的甲烷排放。

9.产品案例

9.1土壤方舟案例（定兴县、抚远市、洪湖）

9.2土壤改良案例（试验田）

- 项目名称：降低大米重金属含量

项目方：湖南湘阴县

产品功效（水稻）	对照（CK）	处理（施用藻根、藻穗）	提升比例
促进秧苗生长（mm）	136.2mm	150.4mm, 151.7mm, 150.0mm	10.4%, 11.3%, 10.1%
促进根系生长（mm）	45.6mm	49.1mm, 50.2mm, 49.3mm	7.7%, 11.3%, 8.1%
增长根数量（根）	5.7根	6.7根, 6.8根, 6.8根	18.6%, 19.0%, 18.9%
增长分蘖（叶）	3.6叶	3.7叶	增长0.1叶
增长鲜重（g）	18.65g	22.20g, 22.13g, 22.65g	19.2%, 18.9%, 21.7%
提高结实率（%）	84.30%	88.4%, 88.9%	5.1%, 5.6%
增加干粒重（g）	23.4g	24.3g, 24.8g	增长0.9g, 1.4g
提高水稻产量（kg/m ² ）	6683.3kg/hm ²	8577.6kg/hm ²	最大增加28.3%
降低稻谷中镉含量（%）			镉含量最大下降54.16%，总汞含量最大下降70.41%

表2-6

- **项目名称：降低大米重金属含量**

项目方：广西象州县

解决土壤酸化根本问题：微藻光合作用消耗大量的二氧化碳等碳源，经过微生物分解后的有机酸例如醋酸，琥珀酸，柠檬酸等可以作为微藻的碳源，合成有机物。一般微藻培养到后面pH越来越高，正好对抗土壤变酸的过程。

解决土壤养分失调的问题：微藻利用氨氮的能力很强，可以不耗费能量在体内利用氨氮合成氨基酸，氨基酸被根系吸收进入植物体内合成蛋白质。同时微藻胞外物分泌可以帮助土壤细菌的生长。

提升土壤有机质含量：微藻生长迅速，胞外物分泌，可以迅速建立起微生物系统来增加土壤的有机质和缓冲能力，例如，小球藻生长因子CGF最初发现的作用就是促进植物生长。

● 实验数据

示范基地		第一次测试	第二次测试	第三次测试
运江石鼓	施用时间 (8月/9月/11月)	2019年8月10日	2019年9月10日	2019年11月10日
	土壤酸碱度 (PH)	6.1	6.5	6.8
中平谢官村	施用时间 (8月/9月/10月)	2019年8月30日	2019年9月30日	2019年10月30日
	土壤酸碱度 (PH)	6.3	6.5	7
罗秀闭振宇	施用时间 (9月/10月/11月)	2019年9月5日	2019年10月5日	2019年11月5日
	土壤酸碱度 (PH)	6.4	6.8	6.8
寺村横桥村	施用时间 (9月/10月/11月)	2019年9月9日	2019年10月9日	2019年11月9日
	土壤酸碱度 (PH)	5.1	5.4	5.8
百丈跌马寨	施用时间 (9月/10月/11月)	2019年9月17日	2019年10月17日	2019年11月17日
	土壤酸碱度 (PH)	6.1	6.3	6.8

亩施用微藻400毫升；地点：广西壮族自治区来宾市象州县

表2-7



施用微藻和未施用微藻的植株相比								
项目	施用微藻	CE						
单株有效分蘖株	35 株	22 株						
植株基穗颗粒数	200 粒	150 粒						
1 平方米有效株	677	557						
重金属含量	<table border="1"> <tr> <td>镉</td> <td>0.042PPM</td> <td>0.357PPM</td> </tr> <tr> <td>铅</td> <td>0.016PPM</td> <td>0.030PPM</td> </tr> </table>	镉	0.042PPM	0.357PPM	铅	0.016PPM	0.030PPM	
镉	0.042PPM	0.357PPM						
铅	0.016PPM	0.030PPM						

图2-8

- 项目名称：广西象州县固化重金属
- 项目方：广西象州县



图2-9

Figure 2-10 displays two certificates from Eurofins and a comparison table. The certificates show detailed testing results for both treatment and control groups. The table compares various parameters between the two groups.

项目	施用微藻	CK
单株有效分蘖株	35株	22株
植株单穗颗粒数	200粒	150粒
1平方米有效株	677	557
重金属含量		
镉	0.042PPM	0.357PPM
铅	0.010PPM	0.030PPM

图2-10

● 项目名称：黑龙江龙江县土壤改良

项目方：黑龙江龙江县

示范基地		第一次测试	第二次测试	示范基地		第一次测试	第二次测试
龙江县 厚一村	检测数据	2018年11月10日	2019年11月8日	集贤县 291农场	检测数据	2018年11月4日	2019年11月5日
	碱解氮	120.90	135.18		碱解氮	144.40	150.60
	速效磷	8.60	11.00		速效磷	10.20	13.60
	速效钾	70.10	80.40		速效钾	102.20	121.40
	PH	7.40	6.90		PH	6.80	6.80
	有机质	3.20	3.40		有机质	4.20	4.30
龙江县 黑岗索伯台	检测数据	2018年11月11日	2019年11月7日	龙江县 华民沙河台	检测数据	2018年11月10日	2019年11月8日
	碱解氮	118.60	135.18		碱解氮	130.50	140.20
	速效磷	9.20	11.00		速效磷	7.80	8.60
	速效钾	73.30	80.40		速效钾	77.20	90.60
	PH	7.20	6.90		PH	7.70	7.20
	有机质	2.90	3.10		有机质	1.80	2.20

插秧前亩用微藻300毫升

表2-8

● 项目名称：吉林省白城县压碱

项目方：吉林省白城县

实验目的

本试验以水稻为试验作物，验证水稻在盐碱胁迫的肥水管理条件下，微藻对土壤改良和水稻生长产生的作用，为微藻在盐碱地改良上的应用提供科学的数据参考。

实验方案

序号	地点	处理	作物	施用时间	施用量和施用方法				
1	镇赉	处理1	水稻	7月3日	微藻稀释100倍液后，每公顷均匀冲施7.5升，	—	—	—	—
		对照1		—	—	—	—	—	—
2	白城	处理2	水稻	7月7日	微藻稀释100倍液后，每公顷均匀冲施15升，	—	—	—	—
		对照2		—	—	—	—	—	—

试验采用单因素完全随机区组设计，以微藻为单一影响因素，选择地块相近，地理位置一致，具备保水、保肥能力，在微藻施用后保证7天内不串水；在8月初调查水稻营养生长农艺性状；9月末调查产量性状。

实验结果

表 1. 平方米有效穗数调查

序号	处理	取样1	取样2	取样3	取样4	取样5	取样6	取样7	取样8	取样9	取样10	T检验结果
1	处理1	430	378	388	307	327	411	407	365	379	350	385±32.13
	对照1	365	288	344	234	351	299	338	352	331	311	321±39.29
2	处理2	397	410	418	48	386	388	418	386	348	386	397±23.22
	对照2	368	366	354	321	348	336	318	372	329	302	341±23.92

8月初对水稻对生长状况进行调查，数据表明在微藻施用1个月后，可以有效促进水稻营养生长阶段的养分积累，平方米有效穗数分别增加19.94%和16.42%，在T检验中均表现出显著的差异性，这为后期产量的提高，奠定了群体数量的基础。

表 2. 平方米有效粒重

序号	处理	取样1	取样2	取样3	取样4	取样5	取样6	取样7	取样8	取样9	取样10	T检验结果
1	处理1	0.98	0.83	0.98	0.99	0.96	0.87	0.81	0.79	0.88	0.81	0.89±0.08
	对照1	0.77	0.76	0.65	0.82	0.73	0.69	0.77	0.71	0.90	0.67	0.75±0.07
2	处理2	0.88	0.94	0.87	0.84	0.88	0.95	0.79	0.87	0.83	0.82	0.87±0.05
	对照2	0.73	0.74	0.77	0.72	0.66	0.69	0.69	0.62	0.66	0.71	0.70±0.04

9月底对水稻进行理论测产（平方米产量），数据表明微藻可以有效增加水稻产量，其中处理2产量增加最明显，较对照2增产24.29%，处理1较对照1增产18.67%，在T检验中均表现出显著的差异性。效果一方面来自于微藻制剂作用在土壤后，可以有效改良土壤的理化性质；同时微藻还能通过生物作用直接刺激水稻，调节水稻在盐碱胁迫下的生长。



图2-11

● 其他地区合作数据

序号	合作单位	研究方向	主要成果	备注
1	云南省农科院	微藻对小白菜品质和产量的影响	土壤质地改善 处理较对照增产13%和32% 处理较对照含锌量降低31%和16%	有完整的资质方确认报告
2	哈尔滨农业推广中心	微藻对水稻产量的影响	处理较对照增产7.42%和11.18%	有完整的资质方确认报告
3	海南省农垦中县农业技术研究推广中心	微藻对水稻产量的影响	处理较对照提前成熟2天 处理较对照增产17.19%	有完整的资质方确认报告
4	四川省农科院	微藻对水稻和土壤性状的影响	处理较对照增产20.23%和10.72% 处理较对照提升0.3 处理较对照可减肥10%	有完整的资质方确认报告
5	云南省烟草农业科学研究院	微藻对烟草产量、品质的影响	处理较对照抗性增强 处理较对照外观品质有改善 处理较对照产量增加12.23公斤 处理较对照对照经济收益综合增加677.59元	有完整的资质方确认报告
6	河北泊头土壤肥料站	微藻在油麦菜上的表现	在减量10%肥料的基础上，处理较对照增产8.02% 在同等情况下，处理较对照增产18.41%	有完整的资质方确认报告
7	湘阴县农业农村局	微藻对水稻重金属污染的效果	处理较对照降低镉含量54.16%；汞含量70.41%	有完整的资质方确认报告 联合发表研究成果（已投稿）

表2-9

- 项目名称：中石油南疆轮台基地荒漠治理生物结皮项目

项目方：中石油塔里木油田

- 项目名称：云南省昆明市安宁水库湿地治理项目

项目方：安宁市水务局

- 河北省保定市定兴县博士农场微藻工厂

项目方：定兴县梁丰晓月农场有限公司

- 项目名称：黑龙江省佳木斯市三江改造

项目方：项目方：北大荒建三江农场

- 项目名称：黑龙江抚远市碳汇项目

项目方：黑龙江抚远市

项目内容：与黑龙江抚远市22年签署全域6000平方公里包括湿地、水稻、林地碳汇开发权；并以零地价给予60亩微藻工程中心建设用地。



图2-12