

# 丽水市空气负离子浓度分布的时空特征及其影响因素

## Spatial-Temporal Characteristics and Influencing Factors of Air Negative Ion Concentration Distribution in Lishui City

许 鸣 张建国\* 葛 扬  
XU Ming ZHANG Jianguo\* GE Yang

### 基金项目:

浙江省科技厅公益技术研究农业项目“浙西南山区森林生态养生旅游区发展模式构建与示范”(编号:2016C32107)  
浙江省自然科学基金项目“亚热带低山丘陵区森林环境休憩适宜度的评价指标构建与模型研究”(编号:LY16C160008)  
丽水市科技计划项目“丽水森林负氧离子分布特征及其价值实现机制研究”(编号:2019GYX10)  
丽水市重点科技创新团队项目(编号:2018cxt02)

文章编号:1000-0283(2020)06-0076-06  
DOI:10.12193/j.laing.2020.06.0076.014  
中图分类号:TU986  
文献标识码:A  
收稿日期:2020-03-24  
修回日期:2020-00-00

### 许 鸣

1993年生/男/浙江杭州人/浙江农林大学风景园林与建筑学院、旅游与健康学院硕士研究生在读/从事城乡规划与管理研究(浙江临安 311300)

### 张建国

1972年生/男/河南洛阳人/博士/浙江农林大学风景园林与建筑学院、旅游与健康学院副教授、硕士生导师/研究方向为生态旅游规划与管理(浙江临安 311300)

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: zhangjianguo2004@163.com

### 摘要

空气负离子浓度分析与评价结果可以为生态养生旅游开发提供科学依据。选取丽水市的9个县市区13个旅游景点的3年空气负离子监测数据,来分析和评价丽水市的空气负离子浓度分布特征及其影响因素。结果表明,(1)全市大气负离子浓度年平均均值2 550.4个/cm<sup>3</sup>,高于空气清新度指数等级1级水平,处于极好水平,极有利于人体健康。(2)从空间分布来看,整体上呈现出由中心城区向远郊逐步提高,西高东低、北高南低的趋势。最高值在庆元县巾子峰国家森林公园(3 677.2个/cm<sup>3</sup>);最低值在白云山国家森林公园(1 161.4个/cm<sup>3</sup>);最低的4个测点均位于中心城区。(3)各月的空气负离子浓度的平均值均超过空气清新度指标的1级水平,对健康极为有利。总体上来看,上半年高于下半年,最高值为6月(2 720.6个/cm<sup>3</sup>),最低值为11月(2 430.6个/cm<sup>3</sup>)。 (4)空气负离子浓度值与温度呈负相关,与适度、日照时数呈正相关。在此基础上,提出了切实保护好森林植被和水体资源,逐步提升建成区生态环境质量和科学利用空气负离子资源发展养生旅游等发展建议。

### 关键词

空气负离子浓度;时空分布特征;影响因素;发展建议;丽水市

### Abstract

Air anion concentration analysis and evaluation results can provide a scientific basis for the development of ecological health tourism. The 3-year monitoring data of air negative ions in 13 tourist attractions in 9 counties and districts of Lishui City were selected to analyze and evaluate the distribution characteristics and influencing factors of air anion in Lishui City. The results show that (1) The annual average value of air anion concentration in the city is 2 550.4/cm<sup>3</sup>, which is higher than the level of the air freshness index and is at an excellent standard, which is very beneficial to human health. (2) From the perspective of spatial distribution, the overall trend is to gradually increase from the central urban area to the outer suburbs, and the west is high, and the east is low, and the north is high, and the south is flat. The highest value is in Jinzifeng National Forest Park in Qingyuan County (3 677.2/cm<sup>3</sup>); the lowest cost is in Baiyun Mountain National Forest Park (1 161.4/cm<sup>3</sup>); the lowest four measurement points located in the central city. (3) The average value of the air anion concentration in each month exceeds the level of the air freshness index, which is hugely beneficial to health. In general, the first half of the year was higher than the second half, with the highest value in June (2 720.6 pieces/cm<sup>3</sup>) and the lowest value in November (2 430.6 pieces/cm<sup>3</sup>). (4) The air anion concentration value negatively correlated with temperature and positively correlated with moderate and sunshine hours. On this basis, some suggestions put forward to protect forest vegetation effectively and water resources, gradually improve the eco-environmental quality of the built-up area, and scientifically use air anion resources to develop health tourism.

### Key words

air anion concentration; spatial-temporal distribution characteristics; influencing factors; development suggestions; Lishui

空气负离子指的是带负电荷的单个气体分子和轻离子团的总称，一般附着在环境中的气体分子上形成<sup>[1,2]</sup>；因为氧吸附自由电子能力强，且在空气中的占比约五分之一，所以大多自由电子都被氧气获取，因此空气负离子又经常被人们称为“负氧离子”。负氧离子具有吸附、聚集作用，能够沉降空气中的悬浮颗粒物，从而起到净化空气的作用<sup>[3]</sup>；对人体有促进新陈代谢、降低血糖、消除疲劳<sup>[4, 5]</sup>的作用；在高浓度负离子环境中，能有效抑制病菌繁殖，有着天然杀菌消毒的作用。

对空气负离子的影响因子主要有森林结构、植被类型、气象变化等原因以及空气负离子浓度的年、季、月的时间变化特征。毛成忠等<sup>[6]</sup>对宜昌市观测的结论为森林区与城市区空气负离子浓度的日变化趋势一致，但是森林的空气负离子平均值约为城市的五倍左右；胡喜生等<sup>[7]</sup>对福州市的研究发现，复层林的空气负离子浓度大于乔草型，气象因素也会引起空气环境特性的变化，对大气负离子的浓度影响很大<sup>[8]</sup>；邵海荣等<sup>[9]</sup>通过对宿迁市观测分析指出，森林区和城市区的大气负离子平均浓度差异，夏季和秋季的变化较大<sup>[8]</sup>；冯鹏飞等<sup>[10]</sup>观测北京大气负离子浓度后发现大气负离子浓度从阔叶林到针叶林、再到无植被地区逐渐降低的趋势。空气负离子的浓度与湿度（海边，瀑布）、植被（森林）、雷雨（天气）等呈正相关，与气温（季节）、PM10（空气质量）呈负相关<sup>[11]</sup>。

丽水市作为“浙江绿谷”和全省“大花园”战略实施的核心区，是全国优秀旅游城市和优秀生态旅游城市，其森林覆盖率、水质与空气质量均是浙江省最好的区域。为进一步发挥丽水市的生态环境优势，创建生态养生旅游示范区和森林康养示范区，开展区域空气环境质量评价就尤为迫切。为此，对全市空气负离子监测的结果进行分析和评价，明确全域空气负离子现实空间分布、变化规律及其影响因素，为合理开发休闲养生旅游度假产品具有重要现实意义。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究地概况

丽水的地理位置为东经118° 41' ~ 120° 26'和北纬27° 25' ~ 28° 57'，是全省面积最大的地级市，总人口269万。丽水有着无与伦比的生态优势，素有“中国生态第一市”的美誉。全市森林覆盖率为81.70%，列全国第二；浙江省瓯江、钱塘江、闽江、飞云江、灵江和福安江等重要水系都发源于丽水。截至2018年底，全市生态环境状况指数连续16年全省第一、生态环境公众满意度连续11年全省第一。市域范围内共有旅游资源单体2 365个，已创成1家5A级景区、22家4A级景区，众多美丽乡村镶嵌在绿水青山间，犹如一幅幅美丽的风景画。国家林草局将丽水确定为全国唯一的国家公园设立试验区，生态环境部命名丽水为“两山”实践创新基地，浙江省将丽水市列为“诗画浙江”大花园建设的核心区，是全国唯一一个“中国长寿之乡”和“中国气候养生之乡”的地级市。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 数据来源

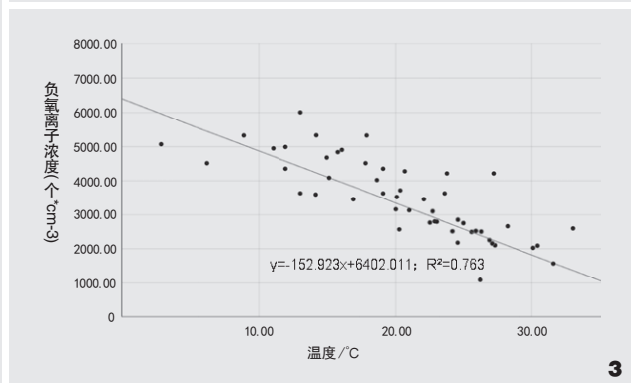
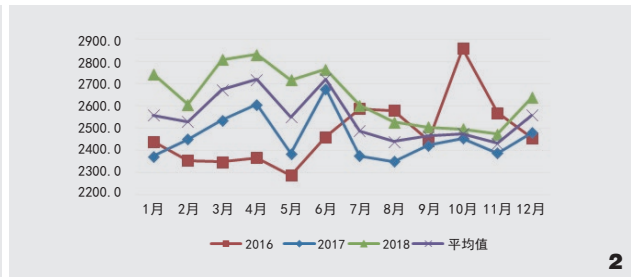
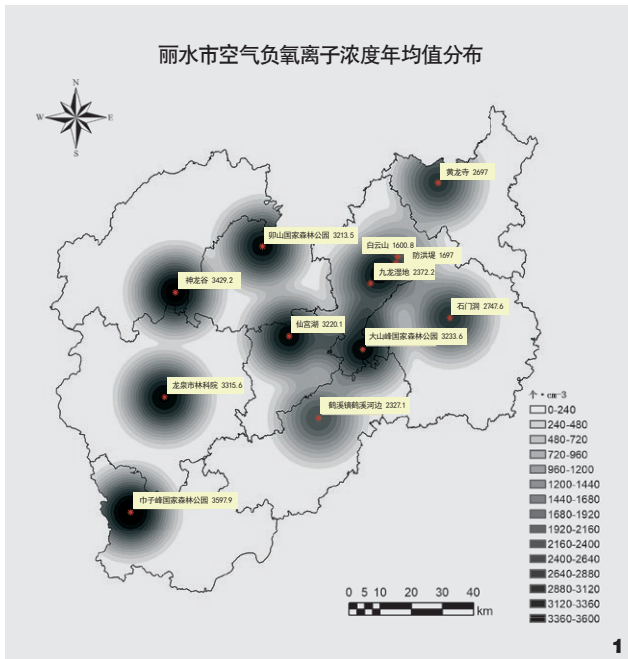
2015年起，依托丽水市环境监测中心站组织丽水的各县（市）环境监测站构建全市空气负离子监测网络，主要对9个县的（市）城区和13个景区的空气负离子监测。本研究主要截取2016年1月~ 2018年12月期间的数据。

#### 1.2.2 评价标准

采用威德创新WDQB (2010) 0002负离子等级标准，该标准为参照国内外空气负氧离子浓度等级标准并结合世界卫生组织要求而创建。其空气负离子浓度值与大气清新度指数和与人体健康的关系见表1。

表1 大气负离子等级标准

负离子浓度值 (个/cm <sup>3</sup> )	大气清新度指数等级	大气清新度指数评价	与健康的关系
≤100	5级	较差	不利
101~200	4级	合格	一般
201~400			正常
401~600	3级	较好	较有利
601~900			有利
901~1200	2级	很好	相当有利
1201~1500			很有利
>1500	1级	极好	极有利



1. 丽水市空气负氧离子浓度年均值的空间分布  
2. 丽水市空气负氧离子浓度的月均值  
3. 空气负氧离子浓度与温度的相关性分析

### 1.2.3 数据处理

根据所获取的空气负离子数据资料，采用算术平均值方法计算9个县（市、区）中13个采取点的月、季、年均值，相关性分析结果利用SPSS进行单因素Pearson相关性分析获得。采取城区、4A景区市控点监测数据，运用ARCGIS软件进行克里金插值方法绘制丽水市空气负离子的空间分布图。

## 2 结果分析

### 2.1 空间负离子浓度的整体特征

对全市所有测点的大气负离子监测数据取平均值，年平均浓度2550.4个/cm<sup>3</sup>，高于空气清新度指数等级1级水平，处于极好水平，极有利于人体健康为开发森林康养、乡村养生等养生度假旅游提供了坚实的资源基础。

### 2.2 空间负离子浓度的空间变化

从监测数据年均值的空间分布来看，整体上呈现出由中心城区向远郊逐步提高的特征（表2）。最高值在庆元县中子峰国家森林公园，数值为3677.2个/cm<sup>3</sup>；最低值在白云山国家森林

公园，数值为1161.4个/cm<sup>3</sup>。最低的4个测点均位于中心城区。一些景区的森林覆盖率较高，空气负离子浓度也高于城市区域，城市区域也因为人为的活动和环境污染降低了城区的空气负离子浓度。从图中可以看出，丽水市的空气负离子分布的空间基本为西高东低、北高南低的趋势（图1）。

### 2.3 空间负离子浓度的时间变化

从监测数据月均值来看，各月的空气负离子浓度的平均值均超过空气清新度指标的1级水平（表3），对健康极为有利。但各月之间有变化，总体上来看，上半年高于下半年，3~6月较高（图2），最高值为6月（2720.6个/cm<sup>3</sup>），最低值为11月（2430.6个/cm<sup>3</sup>）。

### 2.4 影响因素分析

#### 2.4.1 温度

将空气负离子浓度值与相应的平均温度值进行相关性分析，结果表明二者整体上呈负相关性（图3）。在丽水市15℃~30℃的气温中，温度越高，空气负离子呈大致减少的

表2 丽水市空气负离子浓度分布的空间分布及其评价(单位:个/cm<sup>3</sup>)

	2016	2017	2018	平均值	排序	等级
白云山国家森林公园	1717.9	1665.4	1600.8	1161.4	13	2级
处州公园	1357.8	1340.2	1391.4	1363.1	11	2级
防洪堤	1081.2	1112.6	1697.2	1297.0	12	2级
九龙湿地	1222.5	1829.2	2372.2	1808.0	10	1级
莲都大山峰国家森林公园	2228.8	2639.2	3233.6	2700.5	7	1级
龙泉林科院	2349.7	1861.6	3315.6	2509.0	8	1级
云和仙宫湖景区	2889.6	3085.1	3220.1	3064.9	4	1级
青田石门洞省级风景名胜	4552.1	3720.7	2747.1	3673.3	2	1级
景宁鹤溪镇鹤溪河边	2130.1	2171.4	2327.1	2209.5	9	1级
缙云黄龙寺景区	2243.9	3394.3	3213.4	2819.1	6	1级
松阳卯山国家森林公园	3283.8	2102.5	3213.5	2866.6	5	1级
庆元巾子峰国家森林公园	3755.1	3678.6	3597.9	3677.2	1	1级
遂昌神龙谷景区	3402.8	3448.1	3429.2	3426.7	3	1级

表3 丽水市空气负离子浓度的月变化(单位:个/cm<sup>3</sup>)

	2016	2017	2018	月平均值
1月	2439.3	2372.2	2743.6	2557.9
2月	2354.0	2450.1	2607.2	2528.6
3月	2348.8	2535.8	2808.7	2672.2
4月	2367.6	2607.3	2831.9	2719.6
5月	2287.0	2385.2	2716.4	2550.8
6月	2460.3	2676.6	2764.6	2720.6
7月	2588.0	2374.3	2602.7	2488.5
8月	2579.0	2350.5	2526.9	2438.7
9月	2443.8	2424.0	2505.1	2464.5
10月	2858.0	2454.5	2495.4	2474.9
11月	2568.7	2387.9	2473.3	2430.6
12月	2456.6	2478.6	2637.8	2558.2
平均值	2479.2	2458.1	2642.8	2550.4

趋势。而在15℃以下和30℃以上, P值较大, 函数关系不明显。对R系数作t检验,  $t = -5.680$ ,  $P = 0.000$ , 通过极显著性检验。对方程作F检验  $F = 32.266$ ,  $P = 0.000$ , 通过极显著性检验。

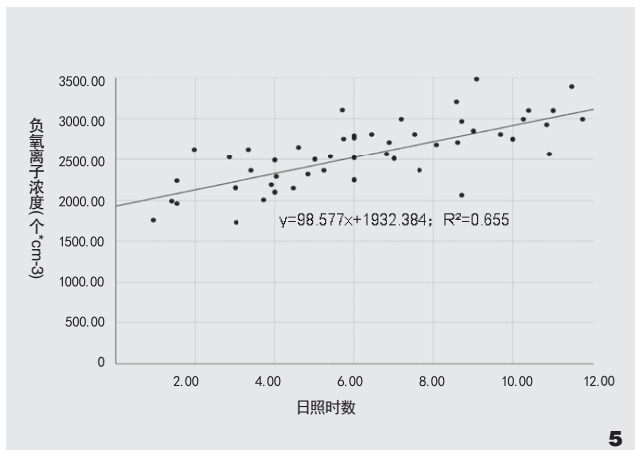
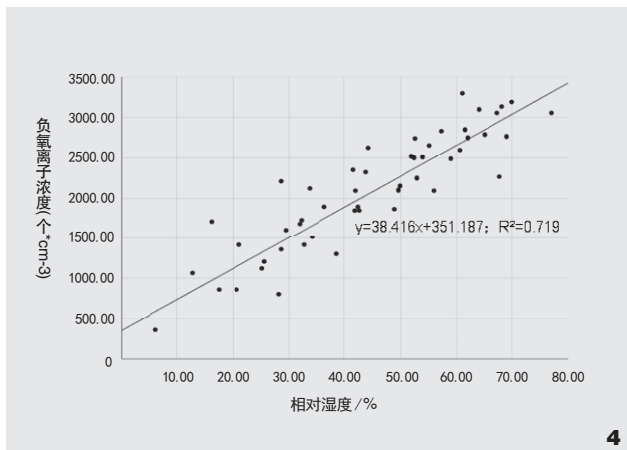
#### 2.4.2 相对湿度

将空气负离子浓度值与相应的相对空气适度值进行相关性分析, 结果表明二者整体上呈正相关关系, 空气负离子浓度随

着相对湿度的增大而升高(图4)。相对湿度越大, 空气负离子浓度越高。对R系数作t检验,  $t = 0.778$ ,  $P = 0.001$ , 通过极显著性检验。对方程作F检验  $F = 24.369$ ,  $P = 0.001$ , 通过极显著性检验。

#### 2.4.3 日照时数

将空气负离子浓度值与相应的日照时数值进行相关性分析, 结果表明二者整体上呈正相关关系, 空气负离子浓度随着日照时数的增加而升高(图5)。日照时数越长, 空气负离子浓



4. 空气负离子浓度与相对湿度的相关性分析  
5. 空气负离子浓度与日照时数的相关性分析

度越高。对R系数作t检验,  $t=4.357$ ,  $P=0.001$ , 通过极显著性检验。对方程作F检验  $F=18.893$ ,  $P=0.001$ , 通过极显著性检验。

### 3 结论

(1) 全市大气负离子浓度年均值  $2\ 550.4$  个/ $\text{cm}^3$ , 高于空气清新度指数等级1级水平, 处于极好水平, 极有利于人体健康。说明丽水市全年空气清新度高, 是开发森林康养、乡村养生的养生度假旅游的好地方。

(2) 从空间分布来看, 整体上呈现出由中心城区向远郊逐步提高, 西高东低、北高南低的趋势。最高值在庆元县巾子峰国家森林公园 ( $3\ 597.9$  个/ $\text{cm}^3$ ); 最低值在白云山国家森林公园 ( $2\ 327.1$  个/ $\text{cm}^3$ ); 最低的4个测点均位于中心城区。

(3) 各月的空气负离子浓度的平均值均超过空气清新度指标的1级水平, 对健康极为有利。总体上来看, 上半年高于下半年, 最高值为6月 ( $2\ 720.6$  个/ $\text{cm}^3$ ), 最低值为11月 ( $2\ 430.6$  个/ $\text{cm}^3$ )。

(4) 空气负离子浓度值与温度呈负相关, 与适度、日照时数呈正相关。

### 4 建议

(1) 切实保护好森林植被和水资源。森林植被对区域气候具有良好的降温增湿效果, 而降温增湿对于空气负离子浓度的提升具有正相关的贡献<sup>[11-12]</sup>。因此要在今后的生态养生旅

游开发和经济社会发展过程中, 恪守生态红线, 切实保护好森林植被, 通过针阔混交抚育、美丽林相建设、森林病虫害持续治理建设等项目实施, 持续促进森林植被质量和生态功能改善。同时加强对水资源保护和全流域污染治理, 不断地提升全域水系水质, 稳步提升水域覆盖面积, 为提升空气负离子浓度提供良好的生态本底。

(2) 逐步提升建成区生态环境质量。建成区是丽水市区及各县城、乡镇的中心区域, 人口密集、土地利用强度大、植被覆盖率相对较低, 导致空气负离子浓度处于较低水平。为促进这些区域的生态养生旅游和人居环境质量持续发展, 应当通过立体绿化、临时绿化、见缝插绿等各种途径大力提升绿地面积和绿地生态系统质量<sup>[11-12]</sup>, 营造瀑布、喷泉、叠水等人工水体景观, 通过人工干预的手段持续提高空气负离子浓度。

(3) 科学利用空气负离子资源发展养生旅游。根据空气负离子浓度的监测和评价结果, 合理地开发森林浴场、森林氧吧、森林医院、康养基地、森林幼儿园和大自然学校等生态康养旅游产品<sup>[13-15]</sup>, 同时要严禁在开发建设过程中对森林植被和水体资源的破坏活动, 并且要科学地确定康养旅游景区的游客负载量及活动强度阈值, 以确保持续稳定地科学开发利用空气负离子康养旅游资源。

本研究以现有空气负离子监测网络数据对丽水市的空气负离子资源的整体状况、时空分布特征以及影响因素进行了初步

研究,并提出了科学合理的发展建议,可以为全市的森林康养或生态养生旅游产品开发提供有益参考。但由于监测布点数量13个,每个监测点每月监测4次,其监测点数和监测次数可能会对研究结果的精准性产生影响,应在今后的持续研究中予以补充和完善。■

#### 参考文献

- [1] 黄向华,王健,曾宏达,等.城市空气负离子浓度时空分布及其影响因素综述[J].应用生态学报,2013,24(6):1761-1768.
- [2] 谭静,陈正洪,罗学荣,等.湖北省旅游景区大气负氧离子浓度分布特征以及气象条件的影响[J].长江流域资源与环境,2017,26(2):314-322.
- [3] 袁相洋,孙迎雪,田媛,等.北京市不同功能区空气负氧离子及影响因素研究[J].环境科学与技术,2014,37(6):97-102.
- [4] 王非,李冰,周蕴薇.城市森林公园空气负离子浓度与气象因子的相关性[J].东北林业大学学报,2016,44(2):18-20.
- [5] 王薇,余庄,冀凤全.基于空气负离子浓度的城市环境空气清洁度评价[J].生态环境学报,2013,22(2):298-303.
- [6] 毛成忠,于乃莲,杜佳乐,等.典型城市区与森林区空气负氧离子特征比较分析[J].气象科技,2014,42(6):1083-1089.
- [7] 胡喜生,柳冬香,洪伟,等.福州市不同类型绿地空气负离子效应评价[J].农学学报,2012,2(10):42-45+54.
- [8] 王薇.空气负离子浓度分布特征及其与环境因子的关系[J].生态环境学报,2014,23(6):979-984.
- [9] 邵海荣,贺庆棠,阎海平,等.北京地区空气负离子浓度时空变化特征的研究[J].北京林业大学学报,2005,27(3):35-39.
- [10] 冯鹏飞,于新文,张旭.北京地区不同植被类型空气负离子浓度及其影响因素分析[J].生态环境学报,2015,24(5):818-824.
- [11] 华超,张明如,张建国,等.千岛湖姥山林场森林群落下层小气候特征与气候舒适度研究[J].内蒙古农业大学学报,2011,32(1):138-143.
- [12] 张建国,徐文俊,崔会平,等.柑橘纯林空气负离子水平的研究[J].西北林学院学报,2012,27(3):31-34.
- [13] 张建国,徐文俊,崔会平,等.衢州大橘海森林公园空气负离子浓度变化[J].浙江农林大学学报,2016,33(1):26-32.
- [14] 张建国,俞益武,章志攀,等.衢州七里旅游区环境质量评价研究[J].西北林学院学报,2007,22(4):167-170.
- [15] 王震,庞赞,张建国.乡村生态养生旅游景区开发适宜性评价研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(11):225-233.

## 园林废弃物循环利用·昆山模式

在全面推进生态文明建设的背景下,全国各地都在学习“昆山经验”,大力推进园林废弃物的循环利用。勇立潮头的昆山人正在全面推进园林废弃物的全部循环利用,包括麦秆秸秆和厨余垃圾等有机废弃物的循环利用,率先在昆山全域建立园林废弃物循环利用先行先试示范区,引领园林废弃物循环利用产业化发展方向。

园林废弃物循环利用·昆山模式是昆山园林人探索出的园林废弃物循环利用产业发展的共建共享模式,汇聚了国内外优秀成果,又分享至全国同行。“昆山模式”是政府引导、协会参与、企业为主体的共建共享模式,主张园林废弃物处理主要应以粉碎堆肥回土、改良土壤的方式来实现,这符合绿色、循环、生态的发展理念。2019年10月,在各方力量的推动下,“昆山模式”在“2019昆山园林生态创新论坛”上正式亮相。

昆山合纵生态科技有限公司集众人之智,解生态之难题,



推动全产业链将园林废弃物循环利用产业打造成模式化,并反馈给同行予以分享。公司依托一年一度的园林生态创新论坛,愿与全国各地的行业协会、政企单位等各方建立合作关系,推动园林废弃物循环利用,改良土壤,造福子孙,共同推进生态文明建设。