北京公园绿地中蝴蝶飞行与停息行为及其所处场景特征*

申 晴 张淑菁 张 昶 孙睿霖 殷鲁秦 王 成

（中国林业科学研究院林业研究所/国家林业和草原局城市森林研究中心，北京 100091）

摘要：【目的】探究北京城市公园绿地中蝴蝶飞行与停息行为及其所处场景特征，分析公园中蝴蝶景观构成要素及影响因素，全面认识蝴蝶景观的出现规律，为城市公园蝴蝶景观营造提供科学依据。【方法】于北京城市公园绿地进行蝴蝶跟踪观测，记录其飞行、停息行为及场景特征，并识别各项特征所属类别。运用 Friedman 与 Wilcoxon 检验对比蝴蝶景观特征类别的分布差异；通过 Fisher 检验探究不同科及不同季节的蝴蝶景观特征差异。【结果】共记录 1 257 只蝴蝶的活动行为及其活动场景，隶属 5 科 26 属 35 种。蝴蝶活动集中于自然草地和花境；飞行姿态多为回旋、曲线及平直姿态；飞行高度多位于 1~2.1 m，停息高度以 0~0.3 m 为主。不同科蝴蝶飞行景观特征在飞行姿态、速度、时间、场景 4 项指标存在显著差异，不同季节蝴蝶飞行景观特征在飞行姿态、速度、高度、场景 5 项指标存在显著差异；不同科及季节的停息景观特征 6 项指标均存在显著差异。【结论】不同科及不同季节的蝴蝶行为特征及活动场景偏好存在差异，从而形成多样化蝴蝶景观：凤蝶科蝴蝶飞行较高而不易观赏，粉蝶科蝴蝶常在适宜观赏的高度飞行；春、夏两季自然草地为蝴蝶活动主要场所，秋季则是花境；不同种类的蝴蝶对于活动场景偏好不同，通过合理配置蜜源植物和蝴蝶偏爱场景，可营造更丰富、易观赏的蝴蝶景观。

关键词：蝴蝶景观；城市公园；蝴蝶飞行景观；蝴蝶停息景观；场景类型

DOI：10.12169/zgcsly.2025.07.11.0001

Behavioral Features of Butterfly Flying and Staying in Beijing's Urban Parks and Their Occurrence Scenes

Shen Qing Zhang Shujing Zhang Chang Sun Ruilin Yin Luqin Wang Cheng

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/ Urban Forest Research Center of National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate the flying and staying behaviors of butterflies and the characteristics of their associated scenes in Beijing's urban park green spaces, this study analyzes the constituent elements and influencing factors of butterfly landscapes in parks to gain a comprehensive understanding of the occurrence patterns of butterfly landscapes, thereby providing a scientific basis for the creation of butterfly landscapes in urban parks. 【Method】 Field tracking observations are conducted in Beijing urban parks to record butterfly flying and staying behaviors along with habitat features. Categories of the features are identified. The Friedman and Wilcoxon tests are applied to compare distribution differences in butterfly landscape features, while Fisher's test is used to examine landscape variations across butterfly families and seasons. 【Result】 A total of 1 257 butterflies from 35 species of 26 genera in 5 families have been

收稿日期：2025-07-11

* 基金项目：中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（CAFYBB2020ZB008）；国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项项目（2021YFE0193200）

第一作者：申晴，女，1999 年生，硕士，研究方向为城市森林与城市生态。E-mail：sq_ shenqing@163.com

通信作者：王成，男，1967 年生，研究员，博士生导师，研究方向为城市森林与城市生态。E-mail：wch8361@163.com

documented. Butterflies' activities are concentrated mainly in natural grasslands and flower beds. Circling, curved, and straight-line trajectories are their common flight patterns, and the preferred height of flying range is between 1-2.1 m, whereas staying height is mostly within 0-0.3 m. Significant differences are observed in four flying landscape features in terms of pattern, speed, duration and scene among families, while five flying landscape features including pattern, speed, height, scene and duration present pronounced differences across seasons. Both family and season significantly influence all six staying landscape features.【Conclusion】 Behavior features and habitat preference of butterflies vary significantly across families and seasons, contributing to diverse butterfly landscapes. Papilionidae butterflies fly higher, making them less observable, while Pieridae butterflies often fly within an ideal height, which are easily visible. Natural grasslands host most butterfly activities in spring and summer, whereas flower beds are preferred in autumn. Appropriate configuration of nectar plants and preferred scenes can enhance diversity and visibility of butterfly landscape.

Keywords: butterfly landscape; urban park; butterfly flying landscape; butterfly staying landscape; type of scene

中国是世界上蝴蝶资源最丰富的国家之一[1]，蝴蝶色彩鲜艳、形态优美，是重要的观赏昆虫[2]，在中国文化中承载多维象征意义[3]。随着城市化快速发展，城市绿地生物多样性及栖息生境特征，尤其是蝴蝶栖息环境逐渐得到关注[4]。

作为城市公园绿地中最为常见的昆虫景观，蝴蝶景观不仅包括蝴蝶本身及其行为特征，也涵盖其栖息环境，这两者共同构成了公众喜爱的自然景观[5-6]。近年来，城市居民对蝴蝶生态景观的关注日益增加，其景观营造也逐渐成为研究热点[7]。目前蝴蝶相关研究在系统分类[8-9]、种群结构[10]等多个领域取得显著进展，为全面了解蝴蝶生物信息及地理分布提供了重要参考[11-12]。城市蝴蝶多样性研究也是近年来的热门方向，研究发现蝴蝶分布受栖息地影响显著，城市化导致的生境改变重塑其分布格局，而城市公园和小微绿地因植物和蜜源资源丰富，成为城市蝴蝶的理想栖息地[13-16]。蝴蝶景观研究主要集中在蝴蝶园的人工营造，包括其类型划分[17]、蝶种选择[18]、植物营造[19]及景观设计[20-21]等。

北京市拥有丰富的绿色空间资源，公园绿地达 1 050 处[22]，城市生物多样性水平居于国际大都市前列，其中记录到的蝴蝶有 5 科 165 种[23]。与相对静态的植物景观不同，自然界中的蝴蝶等观赏性昆虫作为一种户外观赏、动态与静态不断变化、与不同场景耦合、活动的生物，公众对其观赏体验不仅包括个体形态与活动行为特征，还涵盖其所处环境。因此，我们认为蝴蝶景观是一种由形态特征、活动行为与所处场景共同构成的复合型自然景观。蝴蝶行为随环境条件和植物配置不同而存在差异[24-25]。在城市公园绿地中，蝴蝶的飞行、停息等活动行为与其所处的环境相融合，构成真实的观赏场景。对于这种综合场景的研究不仅契合人们的观赏习惯，也更有实践价值。本研究通过对城市公园绿地中蝴蝶景观的构成要素进行分析，揭示北京公园绿地中常见蝴蝶的飞行与停息为主的活动行为及其所处场景共同构成的蝴蝶景观特征，为北京公园绿地蝴蝶景观营造提供科学依据。

1 研究方法

1.1 样地选择与调查方法

综合考虑蝴蝶资源丰富性、蝴蝶活动场景多样性、居民接触蝴蝶景观场景类型等因素，选取国家植物园，西山国家森林公园，永定河公园，东小口城市森林公园和奥林匹克森林公园 5 个规模较大的公园绿地作为调查地点。

调查时间为北京市蝴蝶主要活动期（3—10 月）。采用 Pollard 样线法[26]，在蝴蝶聚集度较高的区域设置样线，每天 9：00—17：00 进行蝴蝶行为观测。以 1.5 km·h^{-1}匀速行进，记录样线左右、上方及前方各 5 m 范围内所见到的蝴蝶物种、行为特征及其所处环境特征。

1.2 蝴蝶景观特征构成

基于蝴蝶活动行为差异和观赏特点，将蝴蝶景观划分为飞行景观和停息景观两类。飞行景观

特征包括蝴蝶飞行姿态、飞行速度、飞行高度、飞行时间 4 项活动行为特征，以及场景类型 1 项环境特征；停息景观特征包括停息姿态、停息高度、停息时间、最近观赏距离 4 项活动行为特征，以及场景类型、停息地点 2 项环境特征。为进一步精准区分蝴蝶活动行为特征和活动场景差异，基于实地观测数据，对各项指标进行分类和分级（表 1~2）。

表 1　蝴蝶飞行景观特征构成

蝴蝶飞行景观特征		分类依据	类别划分
行为特征	飞行姿态	蝴蝶飞行时的动作姿态	回旋飞行、曲线飞行、平直飞行、跳跃飞行、折线飞行
	飞行高度	蝴蝶在 5 m 范围内，飞行的平均高度，根据其飞行的纵向高度划分	0~0.3 m 及大于 3 m 为极难观测高度；0.3~0.6 m 及 2.5~3 m 为困难观测高度；0.6~1 m 及 2.1~2.5 m 为较难观测高度；1~1.3 m 及 1.8~2.1 m 为较宜观测高度；1.3~1.8 m 为最宜观测高度
	飞行速度	蝴蝶在 5 m 范围内，飞行的平均速度，根据蝴蝶辨认的难易程度划分	难以清楚辨认蝴蝶翅面图案及飞行姿态，为飞行速度极快；难以较长时间辨认蝴蝶翅面图案及飞行姿态，为飞行速度较快；能模糊辨认蝴蝶翅面图案及飞行姿态，为飞行速度适中；较长时间可以辨认到蝴蝶翅面图案及飞行姿态，为飞行速度较慢；可以清楚辨认到蝴蝶翅面图案及飞行姿态，为飞行速度极慢
	飞行时间	蝴蝶在 5 m 范围内，单次飞行的时间	0~5 s、5~10 s、10~20 s、20~30 s、30 s 以上
环境特征	场景类型	蝴蝶在 5 m 范围内，飞行行为发生时的主要场景	道路广场、人工草地、自然草地、林内、水岸、花境

表 2　蝴蝶停息特征构成

蝴蝶停息景观特征		分类依据	类别划分
行为特征	停息姿态	蝴蝶停息时的动作姿态	展翅、半展翅、立翅、振翅
	停息高度	蝴蝶在停息时，停留地点距离地面的距离	0~0.3 m 及大于 3 m 为极难观测高度；0.3~0.6 m 及 2.5~3 m 为困难观测高度；0.6~1 m 及 2.1~2.5 m 为较难观测高度；1~1.3 m 及 1.8~2.1 m 为较宜观测高度；1.3~1.8 m 为最宜观测高度
	最近观赏距离	可观赏蝴蝶停息行为，且蝴蝶不会飞走的最近距离	0~0.5 m、0.5~1 m、1~1.5 m、1.5~2 m、2 m 以上
	停息时间	蝴蝶单次停息的时间	0~5 s、5~10 s、10~20 s、20~30 s、30 s 以上
环境特征	场景类型	蝴蝶在 5 m 范围内，停息行为发生时的主要场景	道路广场、人工草地、自然草地、林内、水岸、花境
	停息地点	蝴蝶单次停留所在的地点	硬质道路、植物叶片、植物花朵、裸土落叶、岩石

注：基于人眼垂直视场角理论划分蝴蝶飞行高度和停息高度，在人体直立姿势下，人的视线方向位于视轴以下 10°[27]，据此确定蝴蝶活动高度的划分标准。

1.3　数据分析

采用 SPSS 26.0 对蝴蝶景观特征进行统计分析。首先统计各种蝴蝶在不同景观特征中的行为比例，采用 Friedman 检验分析分布差异，若差异显著（$P<0.05$），则进一步使用 Wilcoxon 符号秩检验进行两两比较，并经 Holm-Bonferroni 方法校正 P 值。不同科间与季节差异采用蒙特卡洛模拟的 Fisher 精确检验。由于北京城市公园中弄蝶科（Hesperiidae）数量稀少，因此仅对粉蝶科（Pieridae）、凤蝶科（Papilionidae）、灰蝶科（Lycaenidae）及蛱蝶科（Nymphalidae）蝴蝶进行分析。季节按照春季 3—5 月，夏季 6—8 月，秋季 9—11 月，冬季 12—2 月进行划分，但冬季未记录到蝴蝶活动，不参与分析。

2　结果与分析

本次野外调查共记录到 1 257 只蝴蝶活动行为，隶属于 5 科 26 属 35 种。共记录蝴蝶飞行景观 776 组，停息景观 481 组；粉蝶科景观 869 组，凤蝶科 75 组，蛱蝶科 162 组，灰蝶科 141 组，弄蝶科 10 组；春季蝴蝶景观 231 组，夏季景观 731 组，秋季景观 295 组。

2.1　蝴蝶飞行景观特征构成及差异

2.1.1　蝴蝶飞行景观特征构成及分布差异

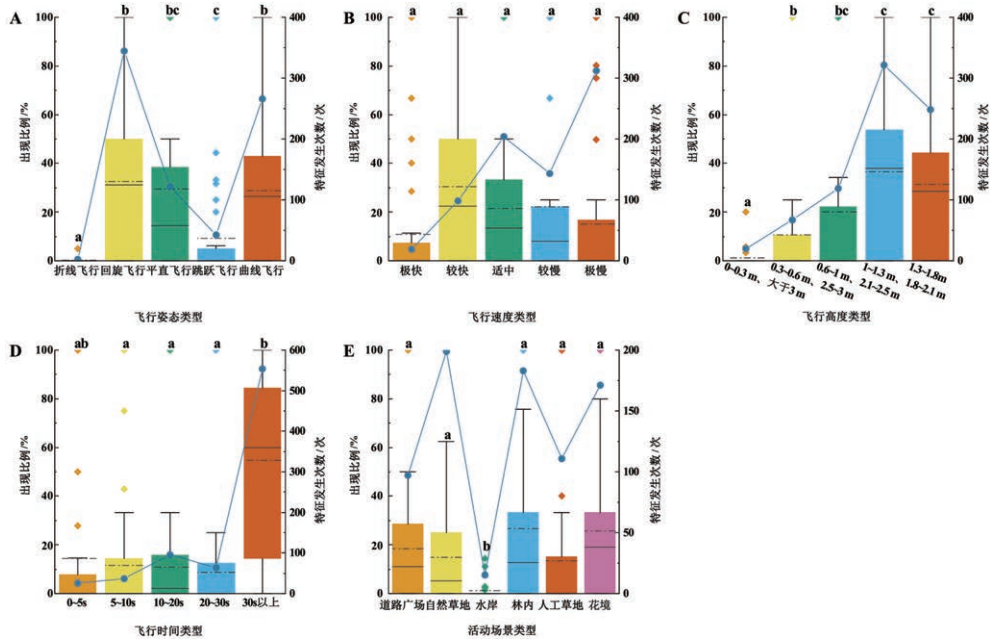
Friedman 检验结果表明，蝴蝶不同飞行景观特征均存在显著差异。结合表 3 与图 1 可知：北京公园绿地中蝴蝶常以回旋、曲线及平直姿态飞行，且不同飞行姿态间分布差异显著（$P<0.01$）。

尽管不同飞行速度的比例分布存在显著差异（$P<0.05$），但后续两两比较分析显示各组间差异均未达到显著水平；综合观察飞行速度发生频率发现，公园绿地中蝴蝶以极慢与较慢速度飞行为主。蝴蝶在飞行高度分布方面差异显著（$P<0.001$），且主要飞行高度为 1～2.1 m，即蝴蝶主要在人类较宜观测和最宜观测的高度范围内飞行。蝴蝶每次飞行时间在 30 s 以上的情况显著高于其他（$P<0.001$）。蝴蝶在不同场景间分布差异显著（$P<0.001$），在水岸场景中飞行的频率最低。

表 3 基于 Friedman 检验的蝴蝶飞行景观特征组间差异

蝴蝶飞行景观特征	飞行姿态	飞行速度	飞行高度	飞行时间	场景类型
P	0.004 **	0.012 *	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***

注：* 表示在 $P<0.05$ 水平上有显著性；** 表示在 $P<0.01$ 水平上有显著性；*** 表示在 $P<0.001$ 水平上有显著性；下同。



注：不同小写字母表示蝴蝶飞行景观特征分布存在显著差异（$P<0.05$）；折线代表蝴蝶飞行景观特征发生次数；直方图代表蝴蝶在各项景观特征所占比例。

图 1 北京城市公园蝴蝶飞行景观特征构成与分布差异

2.1.2 不同科及不同季节蝴蝶飞行景观特征差异

由于不同科蝴蝶习性差异较大，因此其行为特征和环境偏好也有所差异。Fisher 检验结果（表 4）表明，不同科蝴蝶在飞行姿态、飞行速度、飞行时间、飞行场景方面均存在显著差异（$P<0.001$），而飞行高度未见显著差异（$P>0.05$）。此外，季节更替导致气候和植被发生变化，影响蝴蝶的数量、物种组成和活动偏好，使得不同季节中的蝴蝶景观也呈现不同特点。不同季节的蝴蝶在飞行姿态（$P<0.05$）、飞行速度（$P<0.05$）、飞行高度（$P<0.05$）、飞行场景（$P<0.01$）方面存在显著差异，飞行时间差异未达到显著水平（$P>0.05$）（表 5）。

表 4 不同科蝴蝶飞行景观特征差异的 fisher 检验

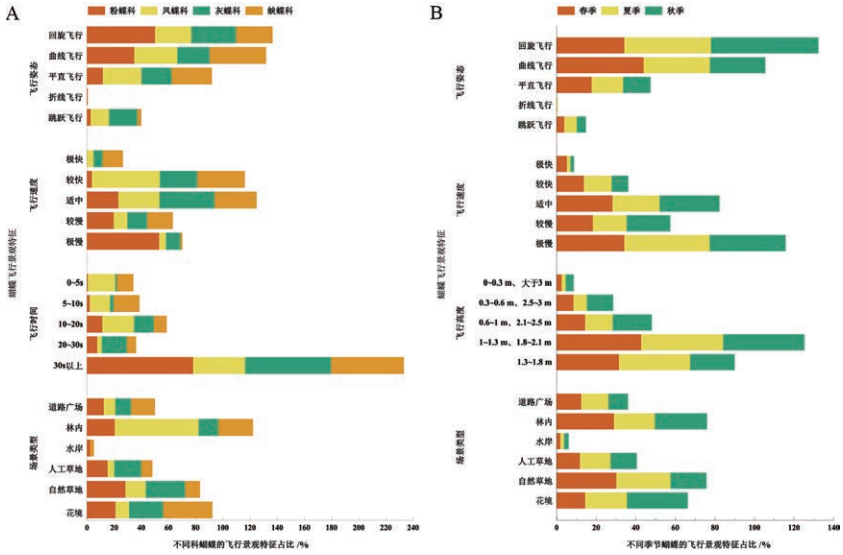
飞行景观特征	飞行姿态	飞行速度	飞行高度	飞行时间	场景类型
P	<0.001 ***	<0.001 ***	0.239	<0.001 ***	<0.001 ***

表 5 不同季节蝴蝶飞行景观特征差异的 fisher 检验

飞行景观特征	飞行姿态	飞行速度	飞行高度	飞行时间	场景类型
P	0.018 *	0.049 *	0.016 *	0.068	0.009 **

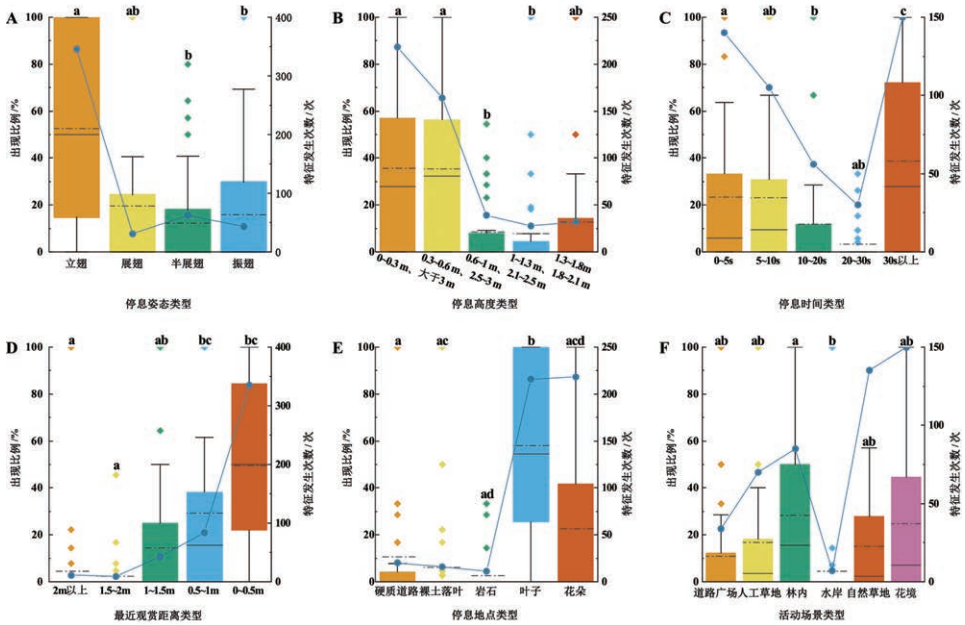
根据图 2A：粉蝶科蝴蝶常展现出较慢的飞行速度和更长的飞行时间，以回旋和曲线姿态飞行；蛱蝶科和凤蝶科蝴蝶更倾向于曲线飞行；灰蝶科蝴蝶出现跳跃飞行的次数也相对较多。此外，凤蝶科蝴蝶主要活动于林内空间，而其他科蝴蝶更多出现在草地和各类花境中。

根据图 2B，在春、夏两季，自然草地是蝴蝶活动的主要场所，而秋季则是花境。此外，相较于秋季，春、夏季节的蝴蝶飞行高度更多分布在 1.3~1.8 m 中，且飞行速度较慢，更加便于观察。



注：A 不同科的蝴蝶飞行景观特征占比；B 不同季节的蝴蝶飞行景观特征占比。

图 2　不同科及不同季节的蝴蝶飞行景观特征分布



注：不同小写字母表示蝴蝶停息景观特征分布存在显著差异（$P<0.05$）；折线代表蝴蝶停息景观特征发生次数；直方图代表蝴蝶在各项景观特征所占比例。

图 3　北京城市公园蝴蝶停息景观特征构成与分布差异

2.2　蝴蝶停息景观特征构成及差异

2.2.1　蝴蝶停息景观特征构成及分布差异

Friedman 检验结果表明，不同蝴蝶停息景观特征均存在显著差异（表 6）。结合表 6 与图 3 可知：北京公园绿地中蝴蝶停息姿态 分布差异显著（$P<0.01$），以立翅姿态停息最为常见。在停息高

度方面，蝴蝶主要停留在 0~0.6 m 的高度（$P<0.001$），而分布在更适宜人类站立观察高度（1.3~1.8 m）的蝴蝶分布较少。蝴蝶在停息时间方面分布差异显著（$P<0.001$），在 0~5 s 及 30 s 以上较为常见，说明蝴蝶要么非常短暂停留，要么相对长时间停歇。在最近观赏距离方面，蝴蝶在 0~1 m 距离内可观赏到的频率最高（$P<0.001$），少数蝴蝶较为警觉难以接近。在停息场景方面，蝴蝶在自然草地及各类花境等植物资源丰富的区域出现次数较多（$P<0.001$）；从停息地点比例分布看，叶片是蝴蝶首选的停息地点，非植物的停息地点被选择率显著偏低（$P<0.001$）。

表 6 基于 Friedman 检验的蝴蝶停息景观特征组间差异

停息景观特征	停息姿态	最近观赏距离	停息高度	停息时间	场景类型	停息地点
P	0.002 **	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***

2.2.2 不同科及不同季节蝴蝶的停息景观特征差异

Fisher 检验结果（表 7）表明，不同科蝴蝶在停息姿态、最近观赏距离、停息高度、停息时间、停息场景、停息地点方面均存在显著差异（$P<0.001$）。不同季节蝴蝶在停息姿态（$P<0.001$）、最近观赏距离（$P<0.01$）、停息高度（$P<0.01$）、停息时间（$P<0.001$）、场景类型（$P<0.01$）、停息地点（$P<0.001$）方面均存在显著差异（表 8）。

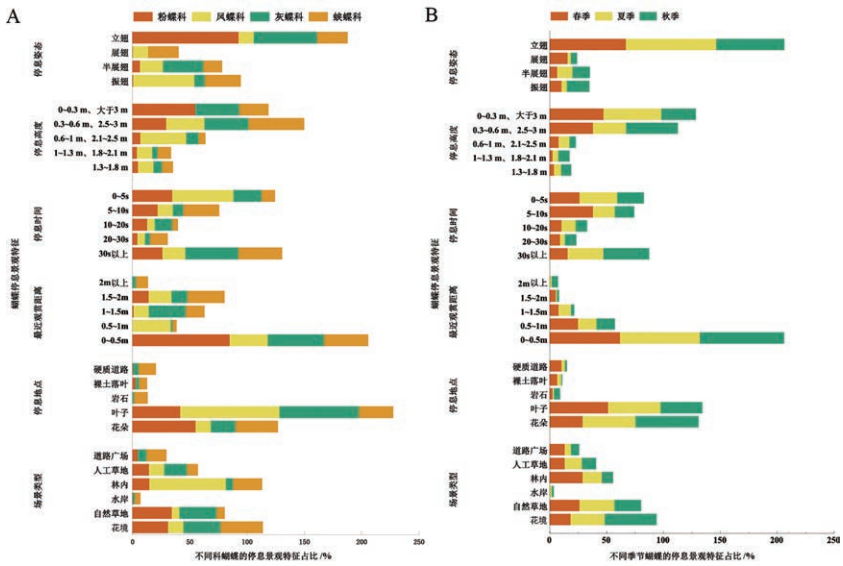
表 7 不同科蝴蝶停息景观特征差异的 fisher 检验分析

停息景观特征	停息姿态	最近观赏距离	停息高度	停息时间	场景类型	停息地点
P	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***	<0.001 ***

表 8 不同季节蝴蝶停息景观特征差异的 fisher 检验分析

停息景观特征	停息姿态	最近观赏距离	停息高度	停息时间	场景类型	停息地点
P	<0.001 ***	0.002 **	0.005 **	<0.001 ***	0.001 **	<0.001 ***

根据图 4A：粉蝶科和灰蝶科蝴蝶通常采用立翅姿态停息，而凤蝶科蝴蝶则多表现为振翅。粉蝶科、蛱蝶科、灰蝶科蝴蝶常在较低高度停息且停息时间较长，而凤蝶科蝴蝶停息高度较高，停息时间较短。粉蝶科蝴蝶可以在较近的距离被观赏，常常停留在自然草地和花境中的植物上；凤蝶科蝴蝶更喜欢在林内空间叶片上进行停息，而蛱蝶科蝴蝶常见于草地和花境的叶片上。



注：A 不同科的蝴蝶停息景观特征占比；B 不同季节的蝴蝶停息景观特征占比。

图 4 不同科及不同季节的蝴蝶停息景观特征分布

根据图 4B：三季蝴蝶均以可近距离观赏的立翅姿态为主，但在秋季中，蝴蝶仅能在远距离观察的半展翅及立翅姿态的频率增加。在春、夏季中，蝴蝶停息时间较短，而秋季停息时间更长。

3　讨论

3.1　城市公园中蝴蝶景观特征差异影响因素

不同科和不同季节的蝴蝶景观特征均存在显著差异，其形成机制可能由蝴蝶自身生物学特性与环境因素共同作用。蝴蝶飞行速度、飞行姿态、停息姿态可能主要受其生物学特性影响，其中凤蝶科和蛱蝶科蝴蝶翅展较大，多以快速飞行节省能量[28]；粉蝶科蝴蝶身形较小，翅膀短而宽，常低速回旋飞行或曲线飞行以延长觅食时间[29]。

蝴蝶活动高度、时间、最近观赏距离则与环境密切相关。蝴蝶偏好取食草本和灌木蜜源植物[30]，其高度较低，导致蝴蝶多集中在 1~2.1 m 高度活动，但凤蝶科蝴蝶多取食木本植物，更多在 2 m 以上的林内空间活动。当蝴蝶处于蜜源植物丰富或其偏好的环境中时，活动时间更长，人类容易近距离观察。

3.2　蝴蝶景观特征及其观赏策略

在北京公园绿地中，自然草地是蝴蝶活动的核心区域，能提供丰富的蜜源与寄主植物。夏季自然草地中二月兰（*Orychophragmus violaceus*）、抱茎苦荬菜（*Ixeris sonchifolia*）、旋覆花（*Inula japonica*）等蜜源植物集中开放，吸引大量蝴蝶觅食与栖息，丰富游客的蝴蝶景观观赏体验。秋季则以花境为主要蝴蝶活动场所，其中八宝景天（*Sedum spectabile*）、日光菊（*Heliopsis helianthoides*）、天人菊（*Gaillardia pulchella*）等植物持续开花，为蝴蝶提供补充性蜜源[31]，吸引更多蝴蝶聚集。秋季蝴蝶飞行高度多处于 1~2.1 m，便于观察，而停息时高度较低，因此在景观设计中需考虑观赏高度的变化，以利于观察。

此外，蜜源植物对蝴蝶多样性有显著促进作用[32]，在蜜源植物丰富的花境及自然草地中，蝴蝶种类及其景观表现均更加多样。可以通过配置不同花期的蜜源植物，塑造“蝶蝶不休”的生态景观，提升公众的自然观赏体验。

3.3　不同类型蝴蝶景观营造还需更系统的科学研究

不同蝴蝶种类自身行为特征对景观呈现有所影响。以凤蝶科蝴蝶为例，其个体通常较大，飞行迅速，常在遮蔽物较少的林内空间以平直姿态飞行[33]；而同科的丝带凤蝶（*Sericinus montelus*）则常以较慢的速度在花境和自然草地中滑翔，展现出优雅的视觉效果。蛱蝶科蝴蝶多在 0~0.6 m 的高度中停息，而黄钩蛱蝶（*Polygonia caureum*）则更倾向于在适宜观察的 0.6~1.3 m 高度停留，更便于观赏。此外，不同蝴蝶对于蜜源植物及花卉色彩的偏好也有所差异[34]。基于这些特点，实现针对性和差异化的蝴蝶景观营造还需开展更加深入的科学研究。

4　结论

1）蝴蝶活动场景与行为特征具有显著集中性。北京公园绿地中蝴蝶主要出现在自然草地和花境中，飞行姿态以回旋、曲线及平直姿态为主，速度较慢，高度集中于 1~2.1 m；蝴蝶停息时，多停留在自然草地及花境中的植物叶片和花朵上，停息高度以 0~0.3 m 居多。

2）不同科蝴蝶的行为特征具有显著差异。粉蝶科蝴蝶多为慢速、长时间的回旋与曲线飞行；蛱蝶科和凤蝶科更倾向于曲线飞行；灰蝶科常见跳跃飞行。凤蝶科蝴蝶主要活动于林内，其余科蝴蝶则多见于草地和花境。停息时，粉蝶科和灰蝶科蝴蝶多立翅停息于较低高度，凤蝶科蝴蝶偏好振翅且停息高度较高。

3）城市蝴蝶景观存在显著季节变化。春、夏两季中自然草地是蝴蝶主要活动场所，秋季则转移至花境。相较于秋季，春夏季蝴蝶飞行高度更集中于 1.3~1.8 m 范围，飞行速度更慢，便于观察。

4）蝴蝶景观营造需要兼顾蝴蝶行为偏好与场景配置。蝴蝶景观的形成是蝴蝶生物学特性与环境因子共同作用的结果，城市公园绿地应注重自然草地与花境等蝴蝶偏好场景的保留与营造，合理配置不同花期的蜜源植物，兼顾蝴蝶飞行与停息高度的观赏适宜性，以提升蝴蝶景观的丰富度与公众观赏体验。

5）蝴蝶景观营造仍需进一步研究。不同蝶种在行为特征、蜜源植物偏好等方面存在种间差异。同时，公园绿地管理及人为活动等因素也会影响蝴蝶行为与景观表现。因此，未来需通过长期观测深入解析蝴蝶景观异质性的形成机制，以支持城市蝴蝶景观多样性提升与可持续观赏实践。

参考文献

[1]高静静,周雪松,李育武,等.中国蝴蝶的研究现状及发展前景[J].绿色科技,2017,19(4):20-23.

[2]周尧.中国蝶类志[M].郑州:河南科学技术出版社,1999.

[3]刘成纪.蝴蝶与中国文化[J].东方艺术,1994(3):8-10.

[4]王成,彭镇华.关于城市绿化建设中增加生物多样性问题[J].城市发展研究,2004(3):32-36..

[5]韩丹,韩丛海,王成,等.北京不同城市区域蝴蝶多样性及优势种生态位差异[J].中国城市林业,2023,21(5):74-81.

[6]程纹,吕明聪,张婷婷,等.公民科学在深圳城市公园蝴蝶多样性保护中的应用[J].中国城市林业,2024,22(1):150-156.

[7]魏兰君,李凡凡,秦毅,等.蝴蝶生态景观功能植物选择及评价[J].江苏农业科学,2021,49(21):147-152.

[8]胡冰冰,李后魂,梁之聘,等.八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成[J].生态学报,2010,30(12):3226-3238.

[9]陈良甫,田野,江鹏,等.宝天曼蝴蝶区系研究[J].四川林业科技,2022,43(2):151-158.

[10]尹晶,施雯,王灵敏,等.云南省元阳县蝴蝶群落结构与物种多样性研究[J].云南农业大学学报(自然科学版),2023(5):771-778.

[11]SCHMIDT P,SIMONYI S J,ÁBRAHÁM L,et al.A faunistic contribution to the butterfly fauna of Oman (Lepidoptera: Diurna)[J].Natura Somogyiensis,2020,34:153-188.

[12]张超,李娟,程海云,等.秦岭西段地区蝴蝶群落多样性与环境因子相关性[J].生物多样性,2023,31(1):215-240.

[13]宋蕊,苏芝敏,王效科,等.北京城市绿地蝴蝶多样性空间格局及其影响因素[J].生态学报,2025,45(1):296-305.

[14]HAN D,ZHANG C,WANG C,et al.Differences in response of butterfly diversity and species composition in urban parks to land cover and local habitat variables[J].Forests,2021,12(2):140.

[15]ZHANG S J,HAN D,SHE J Y,et al.The value of pocket parks in preserving urban butterfly diversity[J].Urban Forestry & Urban Greening,2024,99:128467.

[16]佘珺莹,韩丹,王成,等.北京中心城区小微绿地的蝴蝶多样性特征[J].中国城市林业,2022,20(3):1-6.

[17]顾茂彬.生态蝴蝶园的类型与建设[J].环境昆虫学报,2008,30(2):167-171.

[18]马茜茜,魏永平,刘扬.蝴蝶放飞的观赏性评价及人工调控研究[J].西北农业学报,2018,27(7):1071-1076.

[19]魏兰君,唐楚飞,凡凡,等.亚热带-温带地区蝴蝶生态馆的营建方法与展望[J].江苏农业科学,2020,48(22):242-247.

[20]卢星东.蝴蝶观赏园的景观设计[J].现代园艺,2014,37(8):79.

[21]姚德权,唐宇翀.蝴蝶观赏园景观设计探究[J].现代园艺,2016,39(18):106-107.

[22]胡理乐,马俊丽,赵金满,等.北京维管植物组成及其分布特征[J].生态学杂志,2023,42(12):2903-2910.

[23]张智,吴洪安,张云慧,等.北京蝴蝶观赏手册[M].北京:中国农业出版社,2022.

[24]钦俊德,王琛柱.论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J].昆虫学报,2001,44(3):360-365.

[25]张艺炜,刘嘉欣,邢译文,等.双拥公园不同生境访花昆虫多样性及其变化特征研究[J].安徽农学通报,2024,30(16):58-61.

[26]POLLARD E.A method for assessing changes in the abundance ofbutterflies[J].Biological Conservation,1977,12(2):115-134.

[27]李政,来颖,曹家勇.虚拟现实眼镜光学组件的设计与分析[J].光学仪器,2015,37(4):324-329.

[28]LE ROY C,DEBAT V,LLAURENS V.Adaptive evolution of butterfly wing shape:from morphology tobehaviour[J].Biological Reviews,2019,94(4):1261-1281.

[29]BETTS C R,WOOTTON R J.Wing shape andflight behaviour in butterflies (Lepidoptera: papilionoidea and hesperioidea): a preliminary analysis[J].Journal of Experimental Biology,1988,138(1):271-288.

[30]韩丹,王成,殷鲁秦.北京城市蝴蝶蜜源植物网络特征及重要蜜源植物识别[J].生态学报,2021,41(22):8892-8905.

[31]魏兰君,李凡凡,秦毅,等.蝴蝶生态景观构建:城市生物多样性保护实践[J].风景园林,2024,31(3):115-122.

[32]佘珺莹.北京市小微绿地蝴蝶多样性及与绿地特征关系研究[D].北京:中国林业科学研究院,2021.

[33]任一涵,杨凡,史琰,等.杭州地区构建蝶类生境的植物景观设计[J].风景园林,2016,23(3):105-114.

[34]CHEN S N,LI M T,LIU J,et al.Visual and olfactory sensory responses of the butterfly *Papilio maackii* during foraging and courtship[J].Entomological Research,2021,51(10):518-527.