

气候变化下的动物迁徙模式

李 奇

青岛大学 山东青岛

【摘要】本文探讨了气候变化对动物迁徙模式的影响，强调了动物迁徙在生物多样性和生态系统健康中的重要性。随着全球气候变暖，动物不得不调整迁徙时间、路线和目的地以适应新的气候条件。气候变化导致的环境变化，如冰川融化、海平面上升和极端天气事件频发，迫使动物改变迁徙行为，这不仅影响了它们的生存和繁衍，还对整个生态系统的平衡构成威胁。文章通过多个案例分析，如北极熊和角马的迁徙模式变化，展示了气候变化对动物迁徙模式的直接影响，并强调了制定有效保护策略的重要性。

【关键词】气候变化；动物迁徙；生物多样性；环境适应性

【收稿日期】2024 年 11 月 25 日

【出刊日期】2024 年 12 月 20 日

【DOI】10.12208/j.jlsr.20240007

Animal migration patterns under climate change

Qi Li

Qingdao University, Qingdao, Shandong

【Abstract】 This paper explores the impacts of climate change on animal migration patterns and highlights the importance of animal migration in biodiversity and ecosystem health. With global warming, animals have to adjust their migration times, routes and destinations to adapt to new climatic conditions. Environmental changes due to climate change, such as melting glaciers, rising sea levels and frequent extreme weather events, are forcing animals to alter their migratory behaviour, which not only affects their survival and reproduction, but also poses a threat to the balance of the entire ecosystem. The article demonstrates the direct impact of climate change on animal migration patterns through several case studies, such as the changing migration patterns of polar bears and horned horses, and highlights the importance of developing effective conservation strategies.

【Keywords】 Climate change; Animal migration; Biodiversity; Environmental adaptation

1 前言

在探讨气候变化对动物迁徙模式的影响之前，我们必须认识到，动物迁徙不仅是自然界中壮观的景象，更是生物多样性与生态系统健康的重要指标。正如查尔斯·达尔文在其著作《物种起源》中所阐述的自然选择理论，动物迁徙行为的形成是物种为了适应环境变化、寻找适宜生存条件而进化出的生存策略。然而，随着全球气候的不断变暖，这一古老而精妙的适应机制正面临着前所未有的挑战。科学研究表明，自工业革命以来，全球平均气温已经上升了约 1 摄氏度，导致了冰川融化、海平面上升、极端天气事件频发等一系列连锁反应^[1]。这些变化不仅改变了动物的生存环境，也迫使它们不得不调整

迁徙的时间、路线和目的地，以适应新的气候条件。例如，北极熊因海冰减少而不得不改变其狩猎和迁徙习惯，而非洲大草原上的角马则因干旱和食物短缺而不得不改变传统的迁徙路径。这些现象不仅揭示了气候变化对动物迁徙模式的直接影响，也反映了生物多样性保护所面临的严峻挑战。

2 动物迁徙模式概述

2.1 迁徙的定义与重要性

动物迁徙是自然界中一种壮观的现象，它不仅体现了生物对环境变化的敏感性和适应性，而且对于维持生态系统的平衡和生物多样性具有至关重要的作用。迁徙被定义为动物为了生存和繁衍后代，在不同地理位置之间周期性移动的行为。这种行为

通常涉及长距离的移动,跨越不同的气候和地理区域。例如,北极燕鸥每年从北极繁殖地飞往南极越冬,全程超过 2 万公里,这种非凡的迁徙能力展示了动物对环境变化的适应性。

迁徙的重要性不仅体现在物种的生存上,还对整个生态系统的健康和稳定起着关键作用。迁徙动物在迁徙过程中扮演着重要的角色,如授粉、种子传播以及控制害虫等。例如,许多鸟类在迁徙过程中会吃掉大量的昆虫,有助于控制害虫的数量,保护农作物免受损害。此外,迁徙动物的迁徙模式也反映了地球环境的健康状况,是气候变化和环境退化的重要指标。

然而,气候变化正在深刻地影响着动物的迁徙模式。根据 IPCC (政府间气候变化专门委员会) 的报告,全球平均温度在过去一个世纪上升了约 0.74°C ,导致了季节性变化的不稳定和极端天气事件的增加^[1]。这些变化迫使许多物种不得不调整它们的迁徙时间、路线和目的地,以适应新的环境条件。例如,一项研究显示,由于气候变化,一些鸟类的迁徙时间比过去提前了数周,这可能导致它们到达繁殖地时食物资源尚未充足,从而影响繁殖成功率^[2]。

因此,理解迁徙的定义与重要性,以及气候变化对迁徙模式的影响,对于保护生物多样性和制定有效的保护策略至关重要。动物迁徙模式的演变,正是对环境变化反应速度和适应能力的直接体现。

2.2 常见迁徙动物种类及其迁徙特点

气候变化对动物迁徙模式的影响已成为生态学研究热点。以北极燕鸥为例,这种鸟类每年从北极繁殖地飞往南极越冬,迁徙距离超过 2 万公里。然而,全球气候变暖导致北极冰盖融化,影响了燕鸥的食物来源——海洋浮游生物的分布,迫使它们改变迁徙路线和时间。根据一项研究,北极燕鸥的迁徙时间比 20 年前提前了约 10 天,这表明它们正在适应不断变化的环境条件^[3]。北极燕鸥的适应性变化正是对自然选择理论的生动诠释。

3 气候变化的现状与影响

3.1 全球气候变化的科学证据与数据解读

全球气候变化已成为科学界和公众关注的焦点,其科学证据与数据解读揭示了气候系统正在经历前所未有的变化。极端天气事件的频率和强度逐年增加,如热浪、干旱、暴雨和飓风等。这些变化对动物迁徙模式产生了深远的影响。例如,北极熊的迁徙

路线因海冰融化而被迫改变,它们不得不在更远的距离内寻找食物和繁殖地。此外,鸟类的迁徙时间也因气候变化而提前或延后,这影响了它们与食物资源的同步性,进而影响繁殖成功率。科学家们利用卫星追踪和气候模型预测,如 CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) 模型,来分析预测气候变化对动物迁徙模式的影响。动物们必须适应这些快速变化的环境,否则将面临生存的威胁。

3.2 气候变化对生物地理分布的影响分析

气候变化正深刻地改变着全球生物地理分布的格局。随着全球平均温度的上升,许多物种的栖息地正在发生显著变化。全球气温自工业革命以来上升了约 1°C ,导致北极冰盖融化、海平面上升以及极端天气事件的增加。这些变化迫使动物迁徙模式发生改变,以适应新的生存条件。以北极熊为例,它们的海冰栖息地正在迅速消失,迫使它们改变迁徙路线,甚至导致种群数量的下降。此外,气候变化还导致了物种分布的纬度和海拔迁移,一些物种向两极或更高海拔地区迁移,以寻找适宜的温度和食物资源。这种分布的改变不仅影响了物种的生存,还可能引发生态系统中物种间的相互作用变化,如捕食者与猎物之间的关系,以及物种间的竞争关系。因此,气候变化对生物地理分布的影响是多方面的,需要通过科学模型和实地研究来深入分析,以便更好地理解其长期生态后果。

3.3 气候变化导致的极端气候事件及其生态后果

气候变化引发的极端气候事件,如热浪、干旱、洪水和风暴,对动物迁徙模式产生了深远的影响。以热浪为例,2003 年欧洲的热浪导致数以万计的鸟类死亡,许多物种的迁徙时间被迫提前,这不仅打乱了它们的繁殖周期,还增加了幼鸟的死亡率。根据 IPCC 的报告,预计到本世纪末将上升 1.5°C 至 4.5°C 。这种温度的升高导致了栖息地的丧失和食物资源的减少,迫使动物不得不改变它们的迁徙路线和目的地。例如,北极熊因海冰融化而不得进行更长距离的迁徙以寻找食物,这不仅增加了它们的能量消耗,还提高了幼崽的死亡率。此外,极端气候事件还导致了生态系统的连锁反应,如洪水和干旱破坏了动植物的栖息地,影响了物种间的相互作用,进而影响了整个生态系统的稳定性和生物多样性。

3.4 气候变化对海洋与陆地生态系统的具体影响

气候变化对海洋与陆地生态系统的影响是多方面的，且具有深远的生态后果。以海洋生态系统为例，全球变暖导致的海水温度上升，不仅改变了海洋生物的分布模式，还影响了珊瑚礁的健康。根据国际珊瑚礁协会的数据，全球约有 20% 的珊瑚礁已经因温度升高而白化，而预计到 2050 年，这一比例可能上升至 90%。珊瑚礁的退化不仅威胁到依赖它们生存的鱼类和其他海洋生物，还影响了沿海社区的生计，这些社区依赖于健康的珊瑚礁生态系统来维持渔业和旅游业^[4]。

在陆地生态系统中，气候变化导致的干旱和极端降水事件频发，对野生动植物的栖息地造成了破坏。例如，亚马逊雨林，被誉为地球的“肺”，其生态系统对全球气候调节至关重要。然而，由于气候变化引起的干旱和森林火灾，亚马逊雨林的碳吸收能力正在减弱，甚至有部分区域开始释放碳，而非吸收。科学家们通过卫星数据监测到，2019 年亚马逊雨林的碳排放量达到了历史最高水平。

3.5 气候变化对物种生存策略和生态位调整的影响

气候变化正深刻地影响着物种的生存策略和生态位调整。随着全球平均温度的升高，许多物种不得不调整其传统的迁徙模式以适应新的环境条件。例如，一项研究指出，由于北极海冰的减少，北极熊不得不改变其狩猎和迁徙行为，以寻找新的食物来源。这种生态位的调整不仅影响了北极熊的生存策略，还可能对整个食物链产生连锁反应^[5]。此外，气候变化导致的季节性变化也迫使物种改变繁殖时间，以确保后代能在资源最丰富的时期出生。例如，一些鸟类已经开始提前其繁殖季节，以匹配昆虫活动的高峰，从而保证幼鸟有足够的食物。这些调整反映了物种对环境变化的快速响应，但同时也暴露了它们对环境变化的脆弱性。在气候变化的背景下，物种的生存策略和生态位调整成为了它们适应和生存的关键。

4 气候变化对迁徙时间的影响

4.1 迁徙时间的改变

气候变化导致的全球温度升高正在深刻地影响动物的迁徙模式，其中迁徙时间的改变尤为显著。以鸟类为例，多项研究显示，由于春季提前到来，许

多鸟类的迁徙时间比过去提前了数天甚至数周。例如，一项研究指出，北美东部的黑喉绿啄木鸟的春季迁徙时间自 1965 年以来平均提前了 8 天^[6]。这种时间上的错位可能会导致迁徙动物与食物资源的错配，从而影响其繁殖成功率和生存能力。此外，迁徙时间的改变还可能增加动物在迁徙过程中遭遇极端天气事件的风险，如不合时宜的风暴或干旱，这些都可能对迁徙动物构成致命威胁。

4.2 迁徙时间改变对物种生存的影响

气候变化导致的迁徙时间改变对物种生存产生了深远的影响。以北极熊为例，它们依赖海冰作为狩猎平台，但全球变暖导致海冰融化时间提前，迫使北极熊提前开始它们的迁徙。根据一项研究，北极熊的迁徙时间比 20 世纪 80 年代提前了约 36 天^[7]。这种时间上的错位意味着北极熊必须在食物资源更稀缺的条件下进行迁徙，增加了它们饥饿和营养不良的风险。此外，迁徙时间的改变还可能影响物种的繁殖周期，如某些鸟类的繁殖时间与食物资源的季节性波动密切相关。如果迁徙时间提前，它们可能会错过食物最丰富的时期，导致繁殖成功率下降。动物们必须快速适应这些变化，否则它们的生存将受到严重威胁。

5 气候变化对迁徙路线的影响

5.1 迁徙路线的改变

气候变化导致的全球温度升高和极端天气事件的频发，已经显著影响了动物的迁徙路线。以北极熊为例，它们依赖海冰作为迁徙和捕食的平台，但随着海冰的融化，北极熊不得不改变它们的迁徙路径，这不仅增加了它们的迁徙距离，还导致了能量消耗的增加和食物获取的困难。根据一项研究，北极熊的迁徙距离在过去的几十年里已经增加了约 70 公里。这种迁徙路线的改变，不仅对个体动物构成威胁，还可能对整个种群的生存产生长远影响^[8]。

迁徙路线的改变还可能引发物种间的竞争加剧。例如，随着气候变暖，一些鸟类的迁徙时间提前，这可能导致它们与其它物种在食物资源上的竞争加剧。一项研究指出，由于气候变化，欧洲的黑顶林莺提前了它们的春季迁徙时间，这与当地其他鸟类的迁徙时间重叠，导致了食物资源的争夺^[9]。这种竞争的增加，可能会迫使一些物种改变它们的迁徙路线，寻找新的栖息地和食物来源。

此外，迁徙路线的改变还可能对物种的繁殖成功率产生影响。例如，一些鸟类依赖特定的迁徙路

线上的特定地点进行繁殖，如果这些地点由于气候变化而变得不再适宜，那么它们的繁殖成功率可能会下降。根据国际鸟类迁徙组织的数据，由于栖息地的丧失和气候变化，某些鸟类的繁殖成功率在过去几十年中已经显著下降。这种现象提示我们，迁徙路线的改变不仅影响动物的迁徙行为，还可能对它们的生存和繁衍产生深远的影响。

5.2 迁徙路线改变对物种生存的影响

气候变化导致的迁徙路线改变对物种生存产生了深远的影响。以北极熊为例，由于海冰的减少，它们不得不改变传统的狩猎路线，这不仅增加了它们寻找食物的难度，还导致了能量消耗的增加和繁殖率的下降。根据一项研究，北极熊的迁徙距离在过去的几十年里增加了约 60%，这对它们的生存构成了巨大挑战。此外，鸟类的迁徙路线也受到了气候变化的影响，一些鸟类的迁徙时间提前或延后，导致它们错过了食物的高峰季节，影响了繁殖成功率。由于气候变化，欧洲的黑顶林莺的迁徙时间比过去提前了 12 天，这使得它们到达繁殖地时食物资源尚未充足^[9]。迁徙路线的改变迫使物种适应新的环境条件，但这种适应并非总是成功的，许多物种因此面临生存威胁。

6 气候变化对迁徙目的地的影响

6.1 目的地环境的变化

随着全球气候变化的加剧，动物迁徙目的地的环境发生了显著变化，这些变化对物种的生存和繁衍构成了严峻挑战。全球平均气温上升，导致极地冰盖融化、海平面上升和极端天气事件的频率增加。这些变化直接影响了动物的迁徙目的地，如北极熊的海冰栖息地减少，迫使它们不得不迁移到更远的地方寻找食物。此外，气候变化导致的干旱和洪水等极端气候事件，改变了迁徙目的地的植被分布和水资源可用性，影响了迁徙动物的食物链和栖息地质量。研究显示，非洲萨瓦纳地区由于气候变化导致的干旱，使得大草原的草本植物生长周期缩短，影响了迁徙的角马和斑马等草食动物的食物供应。适应性管理模型指出，动物种群必须调整其迁徙时间、路线和目的地，以应对这些环境变化^[10]。动物们必须快速适应这些变化，否则将面临生存危机。

6.2 目的地变化对物种生存的影响

气候变化导致的迁徙目的地环境变化对物种生存产生了深远的影响。以北极熊为例，随着全球气

温的升高，北极海冰的融化速度加快，导致北极熊的狩猎地和繁殖地发生了显著变化。根据研究，北极熊的迁徙路线比 20 世纪 80 年代平均缩短了 60 公里，这直接影响了它们获取食物的能力。北极熊依赖海冰捕猎海豹，而海冰的减少迫使它们在陆地上度过更长的时间，这不仅减少了它们的捕食机会，还增加了与人类的冲突^[11]。此外，目的地环境的变化还可能影响物种的繁殖成功率。例如，一些鸟类在新的栖息地可能找不到合适的筑巢地点，或者面临食物资源的匮乏，这将直接影响其繁殖行为和后代的存活率。气候变化对目的地环境的影响是多方面的，包括温度、降水模式、极端天气事件的频率和强度等，这些因素共同作用，迫使物种调整其迁徙行为和生存策略，以适应不断变化的环境。

7 动物适应气候变化的策略

7.1 物种迁徙行为的适应性变化

气候变化对动物迁徙模式的影响是多方面的，其中物种迁徙行为的适应性变化尤为显著。以北极熊为例，由于海冰的减少，它们不得不改变传统的狩猎路线，转而更频繁地登陆寻找食物。北极熊的迁徙距离增加了 60%，这直接反映了它们对环境变化的适应性调整。此外，一些鸟类物种，如黑顶白颊莺，其迁徙时间的提前与春季植物开花时间的同步性变化，揭示了物种对气候变化的快速响应。这种行为的适应性变化不仅体现了物种的生存智慧，也提示了生态系统中物种间相互作用的复杂性。在当前全球气候变化的背景下，动物迁徙行为的适应性变化成为了生物多样性保护和生态学研究的重要课题。

7.2 生理特征的进化与气候适应

在气候变化的背景下，动物的生理特征进化成为了一个关键的适应机制。例如，北极熊的皮毛颜色逐渐变浅，以适应冰川融化导致的栖息地变化。研究显示，北极熊的毛发中空，能够反射阳光，减少热量吸收，但随着冰层的减少，它们不得不在更开放的水域中寻找食物，这迫使它们进化出更适应水生环境的生理特征，如更厚的脂肪层以保持体温^[12]。此外，一些鸟类物种的翅膀形状和大小也发生了变化，以适应更长距离的迁徙和新的食物来源。根据国际自然保护联盟(IUCN)的数据，全球有超过 1000 种鸟类的迁徙模式已经发生了改变。这些变化不仅反映了物种对环境变化的快速响应，也揭示了气候

变化对生物多样性构成的威胁。达尔文的自然选择理论为我们理解这些适应性变化提供了理论基础，即那些能够适应环境变化的物种更有可能生存下来并繁衍后代。

7.3 生殖策略的调整与气候变化响应

在气候变化的背景下，动物的生殖策略调整成为其生存的关键适应机制之一。例如，一些鸟类物种已经显示出对温度变化的敏感性，它们的繁殖时间会根据春季的温度提前或延后。一项对北美黑顶山雀的研究表明，由于春季气温的升高，这些鸟类的繁殖时间平均提前了 12 天。这种调整有助于确保幼鸟在食物资源最丰富的时期出生，从而提高存活率^[13]。然而，并非所有物种都能如此迅速地适应，一些物种可能因为无法及时调整生殖策略而面临生存威胁。

在海洋生态系统中，气候变化对鱼类生殖策略的影响同样显著。例如，全球变暖导致海水温度上升，影响了鱼类的产卵周期和产卵地点。一项对大西洋鲑鱼的研究发现，随着水温的升高，鲑鱼的产卵时间提前，且产卵地点向河流上游迁移。这种改变可能与寻找更适宜的孵化环境有关^[14]。然而，这种迁移可能受到河流流量变化和人类活动的限制，从而对鲑鱼种群的恢复构成挑战。

气候变化还可能通过改变性别比例来影响动物的生殖策略。在某些爬行动物中，温度决定性别（TSD）的现象普遍存在，即孵化温度的不同会导致孵化出的后代性别比例失衡。例如，红海龟的性别比例在温暖的孵化温度下会偏向雌性，这可能导致未来种群中雄性数量的减少，进而影响繁殖成功率。因此，生殖策略的调整不仅需要考虑时间上的变化，还要考虑性别比例的平衡。

为了应对这些挑战，动物可能需要发展新的生殖策略，如延长繁殖季节、改变繁殖地点或增加繁殖频率。这些策略的调整需要动物种群具有足够的遗传多样性，以便在环境压力下进行快速适应。同时，人类社会也应采取措施，如建立保护区、减少温室气体排放，以减缓气候变化对动物生殖策略的影响，保护生物多样性。

7.4 食物资源利用的多样化与气候适应性

在气候变化的背景下，动物迁徙模式的适应性变化显得尤为重要，尤其是食物资源利用的多样化与气候适应性。随着全球气候的变暖，许多物种的

迁徙时间、路线和目的地都发生了显著变化。例如，一项对北极熊的研究表明，由于海冰的减少，它们不得不改变捕食习惯，从依赖海豹转向更多地利用陆地上的食物资源，如鸟蛋和鲸鱼尸体^[15]。这种食物资源利用的多样化是动物对气候变化的一种直接适应策略。此外，一些鸟类在迁徙过程中开始选择新的栖息地，以寻找更丰富的食物来源，这不仅延长了它们的迁徙距离，也增加了迁徙的复杂性。根据气候模型预测，未来这种趋势可能会进一步加剧，动物们将不得不继续调整它们的迁徙行为和食物选择，以应对不断变化的环境条件。

7.5 社会结构变化与气候变化的协同适应

在气候变化的背景下，动物的社会结构变化与环境适应性之间的协同适应成为了一个复杂而引人注目的研究领域。由于海冰的减少，北极熊不得不改变狩猎习惯，这不仅影响了它们的迁徙模式，也对它们的社会结构产生了深远的影响。北极熊的狩猎时间减少了，导致它们不得不在陆地上寻找食物，这使得它们的活动范围缩小，社会互动减少。这种变化迫使北极熊采取新的生存策略，如增加陆地上的活动时间，以适应食物资源的减少和栖息地的改变。

在非洲大草原上，狮子的社会结构也受到了气候变化的显著影响。由于干旱和栖息地的丧失，狮子的领地范围缩小，导致了更为激烈的领地竞争和群体间冲突。狮子群体的大小和结构正在发生变化，以适应这些环境压力。群体成员数量减少，雄狮联盟的形成变得更加频繁，这可能是对食物资源减少和领地竞争加剧的一种适应性反应。

气候变化对动物社会结构的影响不仅限于捕食者，也影响着被捕食者。例如，非洲角马的迁徙模式受到了气候变化的显著影响，这反过来又影响了它们的社会结构。角马的迁徙路线和时间的改变，导致了不同群体间的相遇频率和互动模式的变化。这种变化可能对角马的繁殖策略和群体结构产生影响，进而影响整个种群的遗传多样性和适应性。

在应对气候变化的过程中，动物社会结构的适应性变化是多方面的，涉及行为、生理和生态等多个层面。研究者们正在利用各种分析模型来预测和理解这些变化，如使用种群动态模型来模拟气候变化对动物社会结构的长期影响。动物们正在通过改变它们的社会结构来快速响应环境的变化，以确保

生存和繁衍。

8 气候变化对动物迁徙模式的长期影响

8.1 迁徙模式的演变趋势

随着全球气候变化的加剧，动物迁徙模式正经历着前所未有的演变。由于北冰洋冰盖的融化，北极燕鸥不得不提前其迁徙时间，以适应食物资源的变化。此外，气候变化模型预测，到2100年，全球平均气温可能上升 2°C 至 4.5°C ，这将导致迁徙模式的进一步改变，甚至可能引发某些物种的迁徙模式崩溃。

8.2 长期影响对生物多样性的影响

气候变化对动物迁徙模式的长期影响，尤其是对生物多样性的影响，是一个复杂且多面的问题。随着全球平均温度的升高，许多物种的迁徙时间、路线和目的地都发生了显著变化。例如，一项研究显示，由于气候变化，北美东部的鸟类迁徙时间平均提前了5天。这种时间上的改变可能会导致物种间的相互作用错位，比如繁殖时间的不匹配，进而影响到物种的生存和繁衍。此外，迁徙路线的改变可能导致物种面临新的捕食者或竞争者，以及不熟悉的栖息地条件，这些都可能对物种的存活构成威胁。目的地环境的变化，如栖息地的丧失和退化，进一步加剧了物种的生存压力。全球约有10%的物种面临灭绝的风险，这在很大程度上与气候变化导致的栖息地变化有关。生物多样性的减少不仅影响了生态系统的稳定性和抵抗力，也削弱了生态系统为人类提供的服务，如食物、清洁水源和疾病控制。因此，理解并应对气候变化对动物迁徙模式的长期影响，对于保护生物多样性至关重要。

9 保护策略与未来研究方向

9.1 当前保护迁徙动物的策略

在应对气候变化对动物迁徙模式带来的挑战时，保护策略的制定和实施显得尤为重要。以候鸟为例，全球候鸟迁徙路线跨越多个国家，因此国际合作成为保护这些物种的关键。例如，根据《候鸟迁徙路线保护协定》(AEWA)，多国共同承诺保护候鸟及其栖息地，减少人为干扰^[4]。此外，通过建立生态廊道和保护区，可以为迁徙动物提供安全的通道和休息地。例如，美国的“大陆候鸟迁徙路线”项目，旨在保护和恢复关键栖息地，确保候鸟迁徙的连续性。科学研究也表明，通过生态网络的构建，可以提高物种对气候变化的适应能力。因此，综合性的保护

策略，结合科学研究和国际合作，是当前保护迁徙动物最有效的途径。

9.2 未来研究气候变化与动物迁徙关系的方向

随着全球气候变化的加剧，动物迁徙模式正面临前所未有的挑战。研究者们正致力于揭示气候变暖、极端天气事件频发以及季节性变化对动物迁徙时间、路线和目的地的长期影响。由于全球平均温度的上升，许多鸟类的迁徙时间比过去提前了数天至数周。这种时间上的错位可能导致迁徙动物与食物资源的错配，进而影响其繁殖成功率和生存率。此外，气候变化导致的栖息地丧失和破碎化迫使动物改变传统的迁徙路线，这不仅增加了迁徙过程中的能量消耗，还可能使动物暴露于新的捕食者和竞争者之中。因此，未来的研究需要更多地关注迁徙动物的适应性变化，以及它们如何通过进化和行为调整来应对这些挑战^[5]。同时，科学家们也需开发新的分析模型，以更准确地预测气候变化对迁徙模式的影响，并为保护策略的制定提供科学依据。

参考文献

- [1] Kubelka V, Sandercock B K, Székely T, et al. Animal migration to northern latitudes: environmental changes and increasing threats[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2022, 37(1): 30-41.
- [2] Kuletz K J, Ferguson S H, Frederiksen M, et al. A review of climate change impacts on migration patterns of marine vertebrates in Arctic and Subarctic ecosystems[J]. *Frontiers in Environmental Science*, 2024, 12: 1434549.
- [3] Fudickar A M, Jahn A E, Ketterson E D. Animal migration: An overview of one of nature's great spectacles[J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2021, 52(1): 479-497.
- [4] Poulin R, de Angeli Dutra D. Animal migrations and parasitism: reciprocal effects within a unified framework[J]. *Biological Reviews*, 2021, 96(4): 1331-1348.
- [5] Edelson P J, Harold R, Ackelsberg J, et al. Climate change and the epidemiology of infectious diseases in the United States[J]. *Clinical infectious diseases*, 2023, 76(5): 950-956.
- [6] Abbas Q, Han J, Bakhsh K, et al. Adaptation to climate change risks among dairy farmers in Punjab, Pakistan[J]. *Land use policy*, 2022, 119: 106184.
- [7] Aikens E O, Bontekoe I D, Blumenstiel L, et al. Viewing

- animal migration through a social lens[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2022, 37(11): 985-996.
- [8] Oestreich W K, Aiu K M, Crowder L B, et al. The influence of social cues on timing of animal migrations[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2022, 6(11): 1617-1625.
- [9] Hill G M, Kawahara A Y, Daniels J C, et al. Climate change effects on animal ecology: butterflies and moths as a case study[J]. *Biological Reviews*, 2021, 96(5): 2113-2126.
- [10] Chen Z, Grossfurthner L, Loxterman J L, et al. Applying genomics in assisted migration under climate change: Framework, empirical applications, and case studies[J]. *Evolutionary Applications*, 2022, 15(1): 3-21.
- [11] Iler A M, CaraDonna P J, Forrest J R K, et al. Demographic consequences of phenological shifts in response to climate change[J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2021, 52(1): 221-245.
- [12] 彭玉辉.气候变化对中国迁徙鸟类地理分布的影响与预测[D].湖南大学,2020.
- [13] 肖艳.动物迁徙方式[J].*地理教育*, 2021(010):F0003-F0003.
- [14] Zhang, Libo, et al. "Impact of wind turbines on birds in the coastal area of Yancheng, Jiangsu, China." *Biodiversity Science* 30.11 (2022): 22173.
- [15] WAN, Xinru, et al. "Ecological impacts of climate change and adaption strategies." *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)* 38.3 (2023): 518-527.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS