

•编者按•

生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合

马克平*

(中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093)

Biodiversity monitoring relies on the integration of human observation and automatic collection of data with advanced equipment and facilities

Keping Ma*

State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

随着生物多样性保护和研究的进展,生物多样性监测受到广泛关注。以biodiversity与monitoring和observation分别组合作为主题词在Web of Science上检索,可以看出在过去的10年中(2006–2015)有关生物多样性监测的论文增长了六成多(附录1, biodiversity与monitoring组合增加69%, biodiversity与observation组合增加62%)。从过去25年生物多样性监测方面被引频次最高的50篇论文可以看出(附录2),不仅生物多样性本身的变化受到关注,而且影响生物多样性变化的因素如气候变化、土地利用、环境污染等也是监测的主要内容。与此相关的不同尺度和主题的生物多样性监测网络建设快速发展。在全球尺度上最有影响的是GEO BON,实为全球生物多样性监测的领导者。通过生物多样性监测核心指标(essential biodiversity variables, EBV)的建立和完善(Pereira et al, 2013),推动监测指标的标准化和全球化,为数据共享和大尺度生物多样性变化评估奠定基础。同时,该网络成为全球生物多样性监测的旗舰项目,凝聚了很高的人气。从2016年召开的全球生物多样性监测网络开放科学大会和全体成员会议可见一斑(<http://conf2016.geobon.org/>)。在区域尺度上,环北极监测网络(<http://caff.is/monitoring>)和亚太地区生物多样性监测网(www.esabii.biodic.go.jp/ap-bon/index.html)具有代表性;国家水平上,瑞士(www.biodiversitymonitoring.ch/en/home.html)和英国(jncc.defra.gov.uk/page-0)的生物多样性

监测网络比较典型,特别是瑞士的国家生物多样性监测网络的设计和运行都值得认真研究和效仿。在亚洲,中国生物多样性监测网络近年来得到快速发展(马克平, 2015)。

除上述综合性的监测网络外,还有一些全球、区域或者国家水平的专题性监测网络也颇有成效,如全球森林生物多样性监测网络(CTFS/ForestGEO, <http://www.ctfs.si.edu/>)、湿地和海洋生态系统监测网络(<http://geobon.org/become-a-bon/thematic-bons/>)等。印度在生物多样性保护热点地区植物监测方面取得了良好进展。在2002–2015年间已经完成了5个生物多样性热点地区的网格化调查,包括印度西高止山脉(Western Ghats)、东高止山脉、泛喜马拉雅地区和安达曼与尼科巴群岛(Andaman and Nicobar Islands)等。网格的大小为6.3 km×6.3 km(有的地方为3.6 km×3.6 km)。在每个格子内设置长1 km 宽5 m的样带,调查记录样带上的有花植物。以西高止山脉为例,面积14万 km²,由北到南分为5个区,共设立3,231个格子(附录3),样带总长约3,000 km,共记录到22.2万个个体,隶属于1,896属4,035种,其中乔木1,669种、灌木1,241种、草本1,125种(Ganeshiah私人通讯)。这些样带都做了空间位置标定,实为监测的第一次调查。

通过不同的生物多样性监测网络和相关活动可见,地面人工观测与运用先进手段和技术连续自动采集数据相结合是当前发展的新趋势。对于地面

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: kpma@ibcas.ac.cn

人工观测数据而言,这种结合主要体现在:用于地面核实与补充完善自动采集的数据和重建历史演变过程。总体而言,主要包括下列6个方面:

(1)遥感技术应用于生物多样性监测。在大尺度上以卫星遥感为主,在小尺度上以近地面遥感为主,包括利用激光雷达、高光谱和多光谱仪采集数据(郭庆华等, 2016a)。近地面遥感技术在生物多样性监测中的快速推广(附录4)得益于无人机的快速发展(郭庆华等, 2016b)。卫星遥感与地面人工观测和调查结合主要在生态系统水平,而近地面遥感则在植物个体甚至性状水平上与地面人工观测结合。

(2)卫星追踪技术(satellite tracking)的应用大大推动了鸟类迁徙规律的监测与研究(附录4)。与多年来采用的环志标记法和雷达跟踪法相比,卫星追踪技术的应用大大提高了工作效率,两者无论是空间还是时间信息的精度都不在一个量级上(Sumner et al, 2009)。其他动物类群如兽类、鱼类,甚至于昆虫的迁徙也可以应用卫星追踪技术。稳定性同位素技术也可以应用到动物迁徙的研究中,比如鸟类迁徙(Bairlein et al, 2012)。关于动物繁殖地、觅食地和停歇地的地面人工观测信息是理解动物迁徙规律的必不可少的部分。

(3)近年来红外触发相机的广泛应用(附录4)推动了兽类和地面活动鸟类的监测(李晟等, 2014)。对于鸣禽而言,高精度录音机可以自动采集鸟类的鸣声,据此鉴定鸟的种类。当然,其他鸣声较大的动物种类也可以采用此方法,如蛙类、昆虫等。根据自动采集的声音信息,可以通过声景(soundcape)分析,评估生物多样性及其变化以及环境声景的影响(Derryberry et al, 2016)。

(4)基于数码相机(phenocam)、网络传输和遥感影像等综合技术开展植物物候自动观测迅速发展。欧洲、美国、澳大利亚等都建立了国家尺度或者区域尺度的新一代物候观测网络(曹沛雨等, 2016)。大

尺度连续采集的植物物候变化数据,而且是群落水平而非仅为个体水平的数据,与环境信息和物种分布信息结合,可以探讨植物对气候变化和人类活动等响应规律。

(5)利用水下机器人视频追踪、鱼探仪探测和声学信标等自动监测技术对鱼类的行为和种群动态等进行长期监测(刘焕章等, 2016)。这些方法要与传统的渔获物调查、食性分析等方法相结合才能够达到比较理想的效果。

(6)分子-组学技术在生物多样性监测中的应用越来越广泛,宏基因组学方法已经成为土壤微生物鉴定和监测的常用方法(李香真等, 2016)。土壤动物形态鉴定非常耗时,且很多幼虫难以鉴定,将常规形态鉴定与分子技术相结合会对土壤动物多样性监测起到很大的推动作用(潘开文等, 2016)。

中国科学院在“十二五”计划期间划拨专项经费开始建设中国生物多样性监测与研究网络(Sino BON)。“十三五”又加大投入力度,加强该网络的仪器设备购置,以提高生物多样性监测与研究能力(马克平, 2015)。Sino BON包括10个专项网和1个综合监测管理中心(组织结构见本期封面),已于今年8月15日正式启动运行。在建设Sino BON的过程中,负责各个组成部分建设的团队广泛查阅文献了解进展,不断凝练科学目标、明确自己的定位、完善结构设计和空间布局。本期有7篇文章总结了相关进展。涉及森林生物多样性监测(米湘成等, 2016)、草原和荒漠植物多样性监测(郭柯等, 2016)、内陆水体鱼类多样性监测(刘焕章等, 2016)、土壤动物多样性监测(潘开文等, 2016)、土壤微生物多样性监测(李香真等, 2016),以及近地面遥感在生物多样性监测中的应用进展(郭庆华等, 2016a, b)。关于生物多样性监测其他方面的进展,本刊会陆续发表,以推动中国生物多样性的监测与研究。

文中引用的参考文献见附录5。

附录 Supplementary Material

附录1 十年来生物多样性监测论文数量变化趋势 (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016343-1.pdf>)

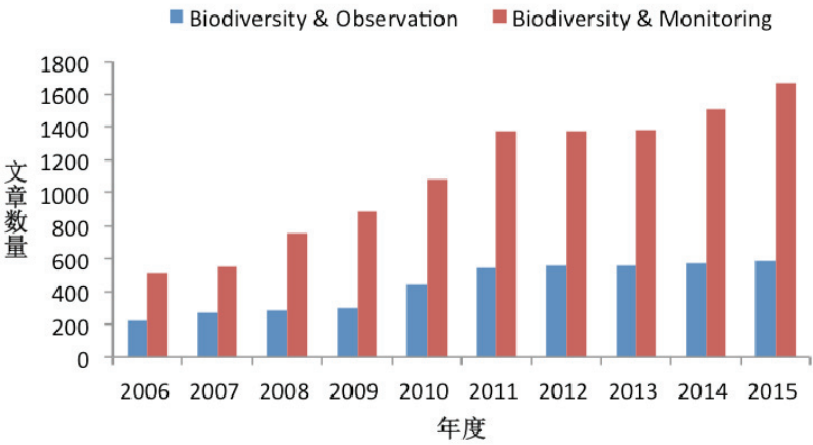
附录2 引用率最高的50篇有关生物多样性监测的论文 (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016343-2.pdf>)

附录3 印度西高止山脉植物多样性监测网格设置图 (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016343-3.pdf>)

附录4 十年来生物多样性主要监测技术应用趋势 (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016343-4.pdf>)

附录5 参考文献 (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016343-5.pdf>)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>



附录1 十年来生物多样性监测论文数量变化趋势
Appendix 1 Trends for annual number of papers on biodiversity monitoring published in the past 10 years (2006–2015)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

附录 2 引用率最高的 50 篇有关生物多样性监测的论文(以 biodiversity 和 monitoring 为主题词在 Web of Science 检索, 2016 年 12 月 7 日)

Appendix 2 Top 50 papers on biodiversity monitoring searched from Web of Science

1. [Indicators for monitoring biodiversity - A hierarchical approach](#)

作者: NOSS, RF

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 4 期: 4 页: 355–364 出版年: DEC 1990

被引频次: [1,338](#)

2. [Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: A review](#)

作者: Giller, KE; Witter, E; McGrath, SP

SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY 卷: 30 期: 10-11 页: 1389–1414 出版年: SEP 1998

被引频次: [1,060](#)

3. [Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management](#)

作者: Berkes, F; Colding, J; Folke, C

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 10 期: 5 页: 1251–1262 出版年: OCT 2000

被引频次: [957](#)

4. [A global crisis for seagrass ecosystems](#)

作者: Orth, Robert J; Carruthers, Tim J B; Dennison, William C; 等.

BIOSCIENCE 卷: 56 期: 12 页: 987–996 出版年: DEC 2006

被引频次: [865](#)

5. [Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems](#)

作者: Waycott, Michelle; Duarte, Carlos M; Carruthers, Tim J B; 等.

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 卷: 106 期: 30 页: 12377–12381 出版年: JUL 28 2009

被引频次: [818](#)

6. [Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passe in the landscape era?](#)

作者: Simberloff, D

BIOLOGICAL CONSERVATION 卷: 83 期: 3 页: 247–257 出版年: MAR 1998

被引频次: [728](#)

7. [Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis](#)

作者: Bobbink, R; Hicks, K.; Galloway, J; 等.

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 20 期: 1 页: 30–59 出版年: JAN 2010

被引频次: [652](#)

8. [Plant community responses to experimental warming across the tundra biome](#)

作者: Walker, MD; Wahren, CH; Hollister, RD; 等.

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 卷: 103 期: 5 页: 1342–1346 出版年: JAN 31 2006

被引频次: [601](#)

9. [Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data](#)

作者: Phillips, Steven J; Dudik, Miroslav; Elith, Jane; 等.

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 19 期: 1 页: 181–197 出版年: JAN 2009

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

被引频次: [590](#)

10. [Monitoring of biological diversity in space and time](#)

作者: Yoccoz, NG; Nichols, JD; Boulinier, T

TRENDS IN ECOLOGY & EVOLUTION 卷: 16 期: 8 页: 446–453 出版年: AUG 2001

被引频次: [574](#)

11. [Multivariate dispersion as a measure of beta diversity](#)

作者: Anderson, MJ; Ellingsen, KE; McArdle, BH

ECOLOGY LETTERS 卷: 9 期: 6 页: 683–693 出版年: JUN 2006

被引频次: [513](#)

12. [Mammal invaders on islands: impact, control and control impact](#)

作者: Courchamp, F; Chapuis, JL; Pascal, M

BIOLOGICAL REVIEWS 卷: 78 期: 3 页: 347–383 出版年: AUG 2003

被引频次: [458](#)

13. [The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems](#)

作者: Arthington, Angela H; Bunn, Stuart E; Poff, N LeRoy; 等.

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 16 期: 4 页: 1311–1318 出版年: AUG 2006

被引频次: [456](#)

14. [Ecological restoration of Southwestern ponderosa pine ecosystems: A broad perspective](#)

作者: Allen, CD; Savage, M; Falk, DA; 等.

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 12 期: 5 页: 1418–1433 出版年: OCT 2002

被引频次: [451](#)

15. [On the use of surrogate species in conservation biology](#)

作者: Caro, TM; O'Doherty, G

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 13 期: 4 页: 805–814 出版年: AUG 1999

被引频次: [436](#)

16. [The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators](#)

作者: McGeoch, MA

BIOLOGICAL REVIEWS 卷: 73 期: 2 页: 181–201 出版年: MAY 1998

被引频次: [432](#)

17. [Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of northeastern Costa Rica](#)

作者: Chazdon, RL; Colwell, RK; Denslow, JS; 等.

编者: Dallmeier, F; Comiskey, JA

FOREST BIODIVERSITY RESEARCH, MONITORING AND MODELING: CONCEPTUAL BACKGROUND AND OLD WORLD CASE STUDIES 丛书: MAN AND THE BIOSPHERE SERIES 卷: 20 页: 285–309 出版年: 1998

被引频次: [416](#)

18. [Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale](#)

作者: Thuiller, W; Richardson, DM; Pysek, P; 等.

GLOBAL CHANGE BIOLOGY 卷: 11 期: 12 页: 2234–2250 出版年: DEC 2005

被引频次: [399](#)

19. [Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA](#)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

作者: Moritz, Craig; Patton, James L.; Conroy, Chris J.; 等.

SCIENCE 卷: 322 期: 5899 页: 261–264 出版年: OCT 10 2008

被引频次: [393](#)

20. [The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields](#)

作者: Allen-Wardell, G; Bernhardt, P; Bitner, R; 等.

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 12 期: 1 页: 8–17 出版年: FEB 1998

被引频次: [393](#)

21. [Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries](#)

作者: Wunder, Sven; Engel, Stefanie; Pagiola, Stefano

ECOLOGICAL ECONOMICS 卷: 65 期: 4 页: 834–852 出版年: MAY 1 2008

被引频次: [384](#)

22. [Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England](#)

作者: Williams, P; Whitfield, M; Biggs, J; 等.

BIOLOGICAL CONSERVATION 卷: 115 期: 2 页: 329–341 出版年: FEB 2004

被引频次: [367](#)

23. [A framework for debate of assisted migration in an era of climate change](#)

作者: McLachlan, Jason S.; Hellmann, Jessica J.; Schwartz, Mark W.

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 21 期: 2 页: 297–302 出版年: APR 2007

被引频次: [366](#)

24. [Community assembly: when should history matter?](#)

作者: Chase, JM

OECOLOGIA 卷: 136 期: 4 页: 489–498 出版年: AUG 2003

被引频次: [366](#)

25. [Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook](#)

作者: Baker, Andrew C; Glynn, Peter W; Riegl, Bernhard

ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE 卷: 80 期: 4 页: 435–471 出版年: DEC 10 2008

被引频次: [355](#)

26. [Ecologically sustainable water management: Managing river flows for ecological integrity](#)

作者: Richter, BD; Mathews, R; Wigington, R

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 13 期: 1 页: 206–224 出版年: FEB 2003

被引频次: [353](#)

27. [The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: relevance to climate-change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases](#)

作者: Pielke, RA; Marland, G; Betts, RA; 等.

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON SERIES A-MATHEMATICAL PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES 卷: 360 期: 1797 页: 1705–1719 出版年: AUG 15 2002

被引频次: [349](#)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

28. [Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: Where to from here?](#)

作者: Ferrier, S

SYSTEMATIC BIOLOGY 卷: 51 期: 2 页: 331–363 出版年: MAR-APR 2002

被引频次: [343](#)

29. [Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research](#)

作者: Bianchi, CN; Morri, C

MARINE POLLUTION BULLETIN 卷: 40 期: 5 页: 367–376 出版年: MAY 2000

被引频次: [343](#)

30. [Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences](#)

作者: Fearnside, PM

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 19 期: 3 页: 680–688 出版年: JUN 2005

被引频次: [341](#)

31. [Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation](#)

作者: Kuussaari, Mikko; Bommarco, Riccardo; Heikkinen, Risto K; 等.

TRENDS IN ECOLOGY & EVOLUTION 卷: 24 期: 10 页: 564–571 出版年: OCT 2009

被引频次: [338](#)

32. [Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe](#)

作者: Oehl, F; Sieverding, E; Ineichen, K; 等.

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY 卷: 69 期: 5 页: 2816–2824 出版年: MAY 2003

被引频次: [336](#)

33. [Invertebrate morphospecies as surrogates for species: A case study](#)

作者: Oliver, I; Beattie, AJ

CONSERVATION BIOLOGY 卷: 10 期: 1 页: 99–109 出版年: FEB 1996

被引频次: [334](#)

34. [Plant removals in perennial grassland: Vegetation dynamics, decomposers, soil biodiversity, and ecosystem properties](#)

作者: Wardle, DA; Bonner, KI; Barker, GM; 等.

ECOLOGICAL MONOGRAPHS 卷: 69 期: 4 页: 535–568 出版年: NOV 1999

被引频次: [332](#)

35. [The value of the IUCN Red List for conservation](#)

作者: Rodrigues, ASL; Pilgrim, JD; Lamoreux, JF; 等.

TRENDS IN ECOLOGY & EVOLUTION 卷: 21 期: 2 页: 71–76 出版年: FEB 2006

被引频次: [327](#)

36. [A first global production, emission, and environmental inventory for perfluorooctane sulfonate](#)

作者: Paul, Alexander G; Jones, Kevin C.; Sweetman, Andrew J.

ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY 卷: 43 期: 2 页: 386–392 出版年: JAN 15 2009

被引频次: [323](#)

37. [Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data](#)

作者: Hansen, Matthew C.; Stehman, Stephen V.; Potapov, Peter V.; 等.

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

AMERICA 卷: 105 期: 27 页: 9439–9444 出版年: JUL 8 2008

被引频次: [322](#)

38. [Sliding baselines, ghosts, and reduced expectations in kelp forest communities](#)

作者: Dayton, PK; Tegner, MJ; Edwards, PB; 等.

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 8 期: 2 页: 309–322 出版年: MAY 1998

被引频次: [321](#)

39. [When can marine reserves improve fisheries management?](#)

作者: Hilborn, R; Stokes, K; Maguire, JJ; 等.

OCEAN & COASTAL MANAGEMENT 卷: 47 期: 3–4 页: 197–205 出版年: 2004

被引频次: [319](#)

40. [Application of a high-density oligonucleotide microarray approach to study bacterial population dynamics during uranium reduction and reoxidation](#)

作者: Brodie, Eoin L; DeSantis, Todd Z; Joyner, Dominique C; 等.

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY 卷: 72 期: 9 页: 6288–6298 出版年: SEP 2006

被引频次: [311](#)

41. [High-density universal 16S rRNA microarray analysis reveals broader diversity than typical clone library when sampling the environment](#)

作者: DeSantis, Todd Z; Brodie, Eoin L; Moberg, Jordan P; 等.

MICROBIAL ECOLOGY 卷: 53 期: 3 页: 371–383 出版年: APR 2007

被引频次: [309](#)

42. [The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas](#)

作者: Elliott, Michael; Quintino, Victor

MARINE POLLUTION BULLETIN 卷: 54 期: 6 页: 640–645 出版年: JUN 2007

被引频次: [308](#)

43. [Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses](#)

作者: Tschamntke, Teja; Tylianakis, Jason M; Rand, Tatyana A; 等.

BIOLOGICAL REVIEWS 卷: 87 期: 3 页: 661–685 出版年: AUG 2012

被引频次: [307](#)

44. [Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem](#)

作者: Naeem, S; Wright, JP

ECOLOGY LETTERS 卷: 6 期: 6 页: 567–579 出版年: JUN 2003

被引频次: [307](#)

45. [Role of nematodes in soil health and their use as indicators](#)

作者: Neher, DA

JOURNAL OF NEMATOLOGY 卷: 33 期: 4 页: 161–168 出版年: DEC 2001

被引频次: [307](#)

46. [Designing a cost-effective invertebrate survey: A test of methods for rapid assessment of biodiversity](#)

作者: Oliver, I; Beattie, AJ

ECOLOGICAL APPLICATIONS 卷: 6 期: 2 页: 594–607 出版年: MAY 1996

被引频次: [304](#)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

47. [Threats to sandy beach ecosystems: A review](#)

作者: Defeo, Omar; McLachlan, Anton; Schoeman, David S; 等.

ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE 卷: 81 期: 1 页: 1–12 出版年: JAN 1 2009

被引频次: [302](#)

48. [Trade-offs across space, time, and ecosystem services](#)

作者: Rodriguez, Jon Paul; Beard, T Douglas, Jr.; Bennett, Elena M; 等.

ECOLOGY AND SOCIETY 卷: 11 期: 1 文献号: 28 出版年: JUN 2006

被引频次: [301](#)

49. [Novel techniques for analysing microbial diversity in natural and perturbed environments](#)

作者: Torsvik, V; Daae, FL; Sandaa, RA; 等.

JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY 卷: 64 期: 1 页: 53–62 出版年: SEP 17 1998

被引频次: [287](#)

50. [Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits](#)

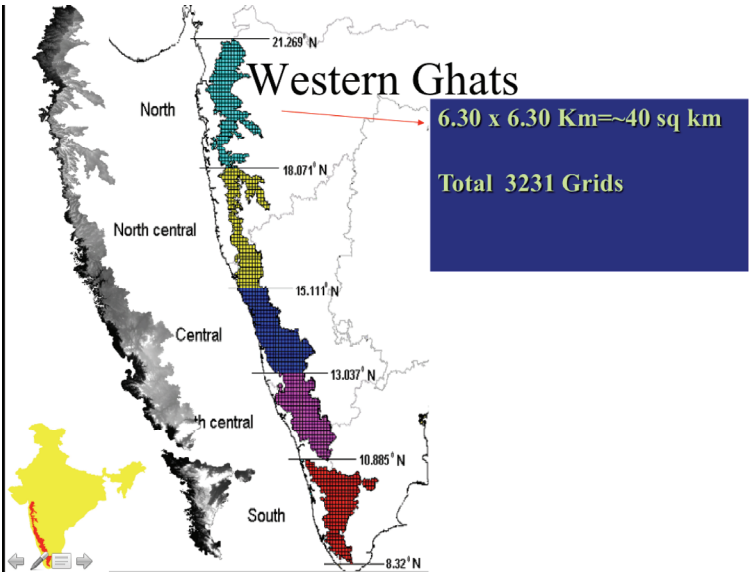
作者: Dickinson, Janis L.; Zuckerberg, Benjamin; Bonter, David N.

编者: Futuyma, DJ; Shafer, HB; Simberloff, D

ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY, EVOLUTION, AND SYSTEMATICS, VOL 41 丛书: Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 卷: 41 页: 149–172 出版年: 2010

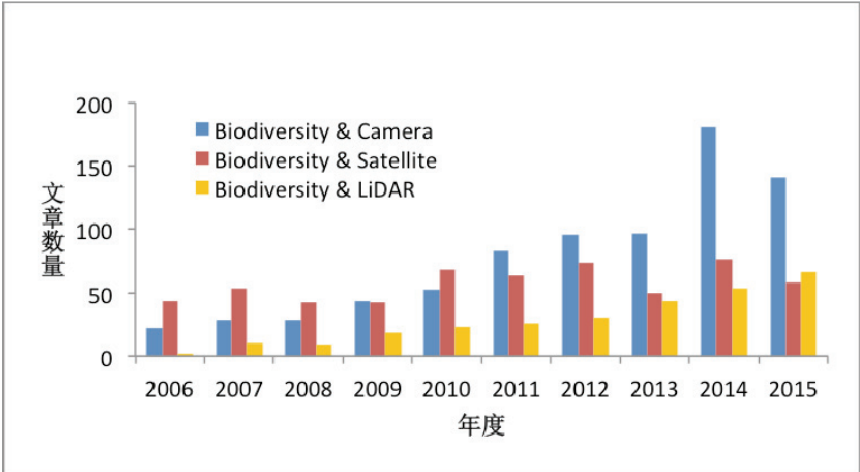
被引频次: [283](#)

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>



附录3 印度西高止山脉植物多样性监测网格设置图
Appendix 3 Gridding scheme for plant diversity inventory in Western Ghats of India

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, **24** (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>



附录4 十年来生物多样性主要监测技术应用趋势
Appendix 4 Trends for the application of techniques in biodiversity monitoring in the past 10 years

马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. 生物多样性, 2016, 24 (11): 1201–1202.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016343>

附录5 参考文献

- Bairlein F, Norris DR, Nagel R, Bulte M, Voigt C, Fox J, Hus-sell D, Schmaljohann H (2012) Cross-hemisphere migration of a 25 g songbird. *Biology Letters*, 8, 505–507.
- Cao PY, Zhang LM, Li SG, Zhang JH (2016) Review on vegetation phenology observation and phenological index extraction. *Advanced Earth Science* (地球科学进展), 31, 365–376. (in Chinese with English abstract) [曹沛雨, 张雷明, 李胜功, 张军辉 (2016) 植被物候观测与指标提取方法研究进展. 地球科学进展, 31, 365–376.]
- Derryberry EP, Danner RM, Danner JE, Derryberry GE, Phillips JN, Lipshutz SE, Gentry K, Luther D (2016) Patterns of song across natural and anthropogenic soundscapes suggest that white-crowned sparrows minimize acoustic masking and maximize signal content. *PLoS ONE*, 11, e0154456.
- Guo K, Liu CC, Pan QM (2016) Methods of observing typical plant communities in the Steppe and Desert Biodiversity Observation Network, Sino BON. *Biodiversity Science*, 24, 1220–1226. (in Chinese with English abstract) [郭柯, 刘长成, 潘庆民 (2016) 中国草原/荒漠植物多样性监测网: 模式植物群落监测方案. 生物多样性, 24, 1220–1226.]
- Guo QH, Liu J, Li YM, Zhai QP, Wang YC, Wu FF, Hu TY, Wan HW, Liu HM, Shen WM (2016) Soil microbial diversity observation in China: current situation and future consideration. *Biodiversity Science*, 24, 1249–1266. (in Chinese with English abstract) [郭庆华, 刘瑾, 李玉美, 翟秋萍, 王永财, 吴芳芳, 胡天宇, 万华伟, 刘慧明, 申文明 (2016) 生物多样性近地面遥感监测: 应用现状与前景展望. 生物多样性, 24, 1249–1266.]
- Guo QH, Wu FF, Hu TY, Chen LH, Liu J, Zhao XQ, Gao S, Pang SX (2016) Perspectives and prospects of unmanned aerial vehicle in remote sensing monitoring of biodiversity. *Biodiversity Science*, 24, 1267–1278. (in Chinese with English abstract) [郭庆华, 吴芳芳, 胡天宇, 陈琳海, 刘瑾, 赵晓倩, 高上, 庞树鑫 (2016) 无人机在生物多样性遥感监测中的应用现状与展望. 生物多样性, 24, 1267–1278.]
- Li S, Wang DJ, Xiao ZS, Li XH, Wang TM, Feng LM, Wang Y (2014) Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook. *Biodiversity Science* (生物多样性), 22, 685–695. [李晟, 王大军, 肖治术, 李欣海, 王天明, 冯利民, 王云 (2014) 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. 生物多样性, 22, 685–695.]
- Li XZ, Guo LD, Li JB, Yao MJ (2016) Soil microbial diversity observation in China: current situation and future consideration. *Biodiversity Science*, 24, 1240–1248. (in Chinese with English abstract) [李香真, 郭良栋, 李家宝, 姚敏杰 (2016) 中国土壤微生物多样性监测的现状和思考. 生物多样性, 24, 1240–1248.]
- Liu HZ, Yang JX, Liu SW, Gao X, Chen YS, Zhang CG, Zhao K, Li XH, Liu W (2016) Theory and methods on fish diversity monitoring with an introduction to the inland water fish diversity observation in China. *Biodiversity Science*, 24, 1227–1233. (in Chinese with English abstract) [刘焕章, 杨君兴, 刘淑伟, 高欣, 陈宇顺, 张春光, 赵凯, 李新辉, 刘伟 (2016) 鱼类多样性监测的理论方法及中国内陆水体鱼类多样性监测. 生物多样性, 24, 1227–1233.]
- Ma KP (2015) Biodiversity monitoring in China: from CForBio to Sino BON. *Biodiversity Science*, 23, 1–2. (in Chinese with English abstract) [马克平 (2015) 中国生物多样性监测网络建设: 从CForBio到Sino BON. 生物多样性, 23, 1–2.]
- Mi XC, Guo J, Hao ZQ, Xie ZQ, Guo K, Ma KP (2016) Chinese forest biodiversity monitoring: scientific foundations and strategic planning. *Biodiversity Science*, 24, 1203–1219. (in Chinese with English abstract) [米湘成, 郭静, 郝占庆, 谢宗强, 郭柯, 马克平 (2016) 中国森林生物多样性监测: 科学基础与执行计划. 生物多样性, 24, 1203–1219.]
- Pan KW, Zhang L, Shao YH, Fu SL (2016) Thematic monitoring network of soil fauna diversity in China: exploring the mystery of soils. *Biodiversity Science*, 24, 1234–1239. (in Chinese with English abstract) [潘开文, 张林, 邵元虎, 傅声雷 (2016) 中国土壤动物多样性监测: 探知土壤中的奥秘. 生物多样性, 24, 1234–1239.]
- Pereira HM, Ferrier S, Walters M, Geller GN, Jongman RHG, Scholes RJ, Bruford MW, Brummitt N, Butchart SHM, Cardoso AC, Coops NC, Dulloo E, Faith DP, Freyhof J, Gregory RD, Heip C, Höft R, Hurtt G, Jetz W, Karp DS, McGeoch MA, Obura D, Onoda Y, Pettorelli N, Reyers B, Sayre R, Scharlemann JPW, Stuart SN, Turak E, Walpole M, Wegmann M (2013) Essential biodiversity variables. *Science*, 339, 277–278.
- Sumner MD, Wotherspoon SJ, Hindell MA (2009) Bayesian estimation of animal movement from archival and satellite tags. *PLoS ONE*, 4, e7324.