

项目名称： 海南岛热带天然林生物多样保育和恢复技术

提名者： 海南大学

提名意见： 海南岛热带天然林是重要的“天然碳库”、“绿色水库”、“空气净化器”和“天然氧吧”，是海南岛和自贸区（港）建设重要生态安全保障，在海南省生态环境建设和经济社会发展中发挥重要作用。本成果针对海南岛退化天然林结构简单、生态功能低下、重要野生生物的生存受到严峻威胁等问题，依托 10 个国家自然科学基金项目、2 项科技支撑项目、1 项 948 项目、4 项科技推广项目，进行了 20 年攻关和 17 年研发，建立了热带天然林生物多样性保育理论体系，研发了珍稀濒危物种恢复技术、热带天然林抚育技术、生态系统功能多样性恢复技术等技术体系，创新性提出四位一体的森林动态监测系统，应用于海南热带雨林重要珍稀濒危动植物恢复和天然林恢复推广应用，取得了明显的生态效益、经济效益和社会效益。

同意提名 2019 年度海南省科学技术进步奖一等奖。

项目简介

海南岛热带林是我国最具代表性的热带森林植被类型，具有丰富的物种组成和复杂的群落结构，因此在保护生物多样性、维持区域碳氧平衡、养分循环和调节气候变化等方面具有重要作用。然而由于长期的农业扩张和人口增加，海南岛低海拔区域的原始林经过人为破坏后成为农业用地或退化为结构简单、生态功能低下的次生林。由于生境破碎化和片段化，残存的中高海拔热带林在保护野生动植物资源和提供生态系统功能方面的作用也不断降低。海南岛热带林生态系统的退化极大地影响了海南国际旅游岛的生态功能和热带雨林国家公园建设。针对上述问题，本项目以海南岛热带天然林及其退化森林为研究对象，通过不同空间尺度下热带森林天然林物种多样性的分布规律和群落构建过程的理论研究，建立森林动态监测大样地、卫星样地、随机样地和公里网格样地四位一体的热带林生物多样性监测系统技术，研发了热带天然林重要野生动植物扩繁和野外回归技术，确立了基于功能性状的热带天然次生林抚育技术和景观多样性恢复技术，开展了热带天然林生物多样性恢复技术示范和推广应用。本项目的研究成果为我国热带和亚热带等复杂森林生态系统的天然林保护、珍稀濒危植物保育、森林质量精准提升等生态建设工程提供了科学依据。经过项目组人员近20年攻关，17年的研发，主要研究成果如下：

1、系统开展了海南岛热带天然林不同维度（物种、谱系和功能）生物多样性的基础研究，阐明了热带天然林生物多样性的动态维持和群落构建机制，为热带天然林的保护与恢复提供了理论依据。

2、创新地提出了世界上首套大样地+卫星样地+随机样地+公里网格样地相结合的四位一体森林动态监测系统，为全面理解不同时空尺度和不同维度生物多样性与生态功能之间的耦合关系、变化特征等提供了全新的技术支撑体系。

3、对热带天然林中的重要珍稀濒危动植物物种研发了拯救性的就地保护、扩繁和野外回归技术，有效地扩大野外种群数量，提升了种群生境质量。

4、创建了基于生态功能关键种定向培育的退化天然次生林结构优化与功能多样性快速提升技术，突破了热带次生林系统中顶级树种缺乏和扩散限制的瓶颈效应，为我国复杂森林区的中幼林抚育工程提供了操作性强、实用性高的技术规程和推广示范模式。

5、首次开展了以植物功能性状为基础的热带天然林潜在植被恢复技术，在海南退化天然林开展大面积推广应用。

本项目受到 10 个国家自然科学基金（海南岛热带林生物多样性形成机制的研究（重点项目，39830310）、海南热带山地雨林林隙种子及幼苗库动态规律的研究（30070602）、海南岛热带森林生态系统退化过程与恢复机制研究（30340047）、多空间尺度热带山顶矮林植物功能性状分异及其对环境变化响应的研究（31260109）、基于植物功能性状的热带山地雨林群落构建规律（31270474）、土壤磷限制条件下热带雨林稀有物种与邻体共存策略（31670628）、海南岛热带季雨林群落对季节性干旱的生态适应性与物种多样性调节机制（30901143）、热带雨林物种功能和系统发育多样性的关联性及其影响因素（41201192）、海南山鹧鸪的空间利用和生境选择（30360015）、海南山鹧鸪和海南孔雀雉的繁殖生态学研究（30860044）、十一五科技支撑项目（自然保护区功能区划技术研究）、十二五科技支撑项目子课题（西南和热带天然林生态关键种保育与非木质资源高效利用）、948 项目（森林野生动植物及自然保护区分区管理技术引进）、2 项推广项目（热带天然林植被保育与恢复技术推广、潜在植被恢复技术在自然保护区功能区划中的应用）、1 项海南省自然科学基金项目（基于物种都杨兴和功能性状的热带云雾林群落构建规律研究（312064））、9 项海南省科研院所研发专项项目（五指山人工造林促进天然林恢复的研究（09204090011）、海南困难立地造林树种选择与育苗技术研究（11204090015）、海南油杉种质资源保护与育苗技术研究（KYYS201414）、油丹的良种

选育与培育技术研究（KYYS201411）、坡垒生境分析及种子萌发特征研究（KYYS201418）、热带雨林关键树种青皮种质资源收集及保存（KYYS201422）、海南粗榧无性繁殖关键技术及集成应用研究（KYYS201408）、三种珍稀濒危树种保育技术研究（KYYS201517）、海南岛 3 种特有省藤资源收集和促萌技术研究（KYYS-2016-15）和 2 项林业科技成果推广项目（海南热带天然次生林恢复技术及优化模式推广、蝴蝶树育苗及栽培技术示范推广琼[2015]TG04 号）资助，共发表文章 77 篇，其中 SCI 论文 50 篇，总 SCI 影响因子 103.2；出版著作 2 部，编写林业行业标准 3 部，授权专利 1 项；发现 20 种海南鸟类新记录。

客观评价

本成果瞄准海南热带天然林保护和恢复重大科学问题，通过不同空间尺度下热带森林天然林物种多样性的分布规律和群落构建过程的理论研究，建立森林动态监测大样地、卫星样地、随机样地和公里网格样地四位一体的热带林生物多样性监测系统技术，研发了热带天然林重要野生动植物保育、扩繁和野外回归技术，确立了基于功能性状的热带天然次生林抚育技术和景观多样性恢复技术，并进行了有效推广应用，取得了明显的生态效益、经济效益和社会效益。本成果综合性强、整体技术难度较大、完成度高，总体技术水平和主要技术指标位列国内领先水平；成果应用效果好，对提升海南热带天然林质量和功能取得明显效果，整体上处于领先水平。

应用情况

本成果在海南省主要林区林场开展了珍稀濒危保护生物的繁育、种群回归和生境质量提升，开展了热带次生天然林抚育，有效提升了生态系统功能。17 年（2002-2019）来，不断的理论探讨和实践创新，在技术推广应用方面情况如下：海南大学、中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所、海南师范大学、海南省林科所、霸王岭林业局作为主要科研服务单位，收集保存野生珍稀濒危树木种质资源，建立种质资源库和树木园，规模化培育珍稀濒危植物种苗，成果汇入改革开放 40 年、海南建省办经济特区 30 年成就展；在海南天然林进行珍稀濒危植物扩繁种群野外回归，恢复新的天然种群；开展热带雨林旗舰物种和指示种动物源食植物种苗繁育及回归，提升生境质量；推广热带次生林抚育技术，有效提升森林生态系统功能。

代表性成果

- [1] 臧润国, 安树青, 陶建平, 蒋有绪, 王伯荪, 等 (著). 2004. 海南岛热带林生物多样性维持机制. 北京: 科学出版社
- [2] 臧润国, and 丁易. 2008. 热带森林植被生态恢复研究进展. 生态学报 28:6292-6304.
- [3] 黄运峰, 路兴慧, 臧润国, 丁易, 龙文兴, 王进强, 杨民, 黄运天. 2013. 海南岛热带低地雨林刀耕火种弃耕地自然恢复过程中的群落构建. 植物生态学报 37:415-426.
- [4] 卜文圣, 许涵, 臧润国, 丁易, 张俊艳, and 林明献. 2014. 不同采伐干扰方式对热带山地雨林谱系结构的影响. 林业科学 50:15-21.
- [5] 张俊艳, 成克武, 臧润国, and 丁易. 2014. 海南岛热带针-阔叶林交错区群落环境特征. 林业科学 50:1-6.
- [6] 周亚东, 丁易, 许涵, 杨秀森, 周光益, 龙文兴, 臧润国, 路兴慧, 黄继红, 刘海伟, 邱志军. 2015. 热带次生林抚育技术规程 (LY/T 2455-2015). 国家林业局.
- [7] 路兴慧, 臧润国, 丁易, 黄继红, 杨秀森, and 周亚东. 2015. 抚育措施对热带次生林群落植物功能性状和功能多样性的影响. 生物多样性 23:79-88.
- [8] 丁易, 路兴慧, 臧润国, 黄继红, 杨秀森, 周亚东, 黄勇, and 冯业洲. 2016. 抚育措施对热带天然次生林群落结构与物种多样性的影响. 林业科学研究 29:480-486.
- [9] 黄继红, 路兴慧, 丁易, 臧润国, 龙文兴, 卜文圣. 2017. 森林木本植物功能性状测定方法 (LY/T 2812-2017). 国家林业局.
- [10] 陈飞飞, 曾祥全, 杨枝林, 农寿千. 2018. 一种简易林木植苗保护装置 (CN 207443714U)
- [11] 臧润国, 路兴慧, 丁易, 刘万德, 刘广福, 许涵, 龙文兴, 黄运峰, 卜文圣, 张俊艳, 姜勇 (著). 2019. 海南岛热带天然林主要类型的生物多样性与群落组配. 北京: 高等教育出版社
- [12] 臧润国, 路兴慧, 艾训儒, 姚兰, 丁易, 黄继红. 退化森林生态系统恢复与重建技术规程 (LY/T 2651-2016) .
- [13] Long, W., B. S. Schamp, R. Zang, Y. Ding, Y. Huang, Y. Xiang, and S. Bartha. 2015. Community assembly in a tropical cloud forest related to specific leaf area and maximum species height. *Journal of Vegetation Science* 26:513-523.
- [14] Long, W., M. Xiong, R. Zang, B. S. Schamp, X. Yang, Y. Ding, Y. Huang, and Y. Xiang. 2015b. Changes in patterns of species co-occurrence across two tropical cloud forests differing in soil nutrients and air temperature. *Biotropica* 47:416-423

- [15] Jiang, Y., R. Zang, X. Lu, Y. Huang, Y. Ding, W. Liu, W. Long, J. Zhang, and Z. Zhang. 2015. Effects of soil and microclimatic conditions on the community-level plant functional traits across different tropical forest types. *Plant and Soil* 390:351-367.
- [16] Jiang, Y., R. Zang, S. G. Letcher, Y. Ding, Y. Huang, X. Lu, J. Huang, W. Liu, and Z. Zhang. 2016. Associations between plant composition/diversity and the abiotic environment across six vegetation types in a biodiversity hotspot of Hainan Island, China. *Plant and Soil* 403:21-35.
- [17] Zhang, S., R. Zang, Y. Huang, Y. Ding, J. Huang, X. Lu, W. Liu, W. Long, J. Zhang, and Y. Jiang. 2016a. Diversity maintenance mechanism changes with vegetation type and the community size in a tropical nature reserve. *Ecosphere* 7:e01526.
- [18] Zhou, C., S. Zheng, X. Jiang, W. Liang, M. Price, Z. Fan, Y. Meng, and B. Yue. 2018. First complete genome sequence in *Arborophila* and comparative genomics reveals the evolutionary adaptation of Hainan Partridge (*Arborophila ardens*). *Avian Research* 9:45.
- [19] Bu, W., J. Huang, H. Xu, R. Zang, Y. Ding, Y. Li, M. Lin, J. Wang, and C. Zhang. 2019. Plant functional traits are the mediators in regulating effects of abiotic site conditions on aboveground carbon stock-evidence from a 30 ha tropical forest plot. *Frontiers in Plant Science* 9:1958.
- [20] Lu, X., R. Zang, Y. Ding, S. G. Letcher, W. Long, and Y. Huang. 2014. Variations and trade-offs in functional traits of tree seedlings during secondary succession in a tropical lowland rain forest. *Biotropica* 46:404-414.
- [21] Zang, R., and Y. Ding. 2009. Forest recovery on abandoned logging roads in a tropical montane rain forest of Hainan Island, China. *Acta Oecologica* 35:462-470.
- [22] Ding, Y., and R. Zang. 2009. Effects of logging on the diversity of lianas in a lowland tropical rain forest in Hainan Island, south China. *Biotropica* 41:618-624.
- [23] Long, W., R. Zang, and Y. Ding. 2011. Air temperature and soil phosphorus availability correlate with trait differences between two types of tropical cloud forests. *Flora* 206:896-903.
- [24] Long, W., R. Zang, B. Schamp, and Y. Ding. 2011. Within- and among-species variation in specific leaf area drive community assembly in a tropical cloud forest. *Oecologia* 167:1103-1113.
- [25] Yang, C., Y. Zhang, Y. Cai, B. G. Stokke, and W. Liang. 2011. Female Crowing and

Differential Responses to Simulated Conspecific Intrusion in Male and Female Hainan Partridge (*Arborophila ardens*). *Zoological Science*, 28(4):249-253.

- [26] Ding, Y., R. Zang, S. Liu, F. He, and S. G. Letcher. 2012. Recovery of woody plant diversity in tropical rain forests in southern China after logging and shifting cultivation. *Biological Conservation* 145:225-233.
- [27] Xu, H., S. Liu, Y. Li, R. Zang, and F. He. 2012. Assessing non-parametric and area-based methods for estimating regional species richness. *Journal of Vegetation Science* 23:1006-1012.
- [28] Ding, Y., R. Zang, S. G. Letcher, S. Liu, and F. He. 2012. Disturbance regime changes the trait distribution, phylogenetic structure and community assembly of tropical rain forests. *Oikos* 121:1263-1270.
- [29] Long, W., R. Zang, Y. Ding, and Y. Huang. 2013. Effects of competition and facilitation on species assemblage in two types of tropical cloud forest. *PLoS ONE* 8:e60252.
- [30] Liang, W., Y. Cai, C. Yang. 2013. Extreme levels of hunting of birds in a remote village of Hainan Island, China. *Bird Conservation International* 23(1):1-8.
- [31] Zhang, Z.-D., R.-G. Zang, and M. Convertino. 2013. Predicting the distribution of potential natural vegetation based on species functional groups in fragmented and species-rich forests. *Plant Ecology and Evolution* 146:261–271.
- [32] Zhang, J., K. Cheng, R. Zang, and Y. Ding. 2014. Environmental filtering of species with different functional traits into plant assemblages across a tropical coniferous-broadleaved forest ecotone. *Plant and Soil* 380:361-374.
- [33] Mao, P., R. Zang, H. Shao, Y. Li, M. Lin, and J. Yu. 2014. The ecological adaptability of four typical plants during the early successional stage of a tropical rain forest. *Plant Biosystems* 148:288-296.
- [34] Bu, W., R. Zang, and Y. Ding. 2014. Field observed relationships between biodiversity and ecosystem functioning during secondary succession in a tropical lowland rainforest. *Acta Oecologica* 55:1-7.
- [35] Lu, X., R. Zang, and J. Huang. 2015. Relationships between community level functional traits of trees and seedlings during secondary succession in a tropical lowland rainfore. *PLoS ONE* 10:e0132849.

- [36] Xu, H., M. Detto, S. Fang, Y. Li, R. Zang, and S. Liu. 2015. Habitat hotspots of common and rare tropical species along climatic and edaphic gradients. *Journal of Ecology* 103:1325-1333.
- [37] Xu, H., Y. Li, S. Liu, R. Zang, F. He, and J. R. Spence. 2015. Partial recovery of a tropical rain forest a half-century after clear-cut and selective logging. *Journal of Applied Ecology* 52:1044-1052.
- [38] Lu, X., R. Zang, Y. Ding, and J. Huang. 2016. Changes in biotic and abiotic drivers of seedling species composition during forest recovery following shifting cultivation on Hainan Island, China. *Biotropica* 48:758-769.
- [39] Ding, Y., R. Zang, X. Lu, and J. Huang. 2017. The impacts of selective logging and clear-cutting on woody plant diversity after 40 years of natural recovery in a tropical montane rain forest, south China. *Science of The Total Environment* 579:1683-1691.
- [40] Zhang, S., Y. Huang, and R. Zang. 2017. The assembly and interactions of tree species in tropical forests based on spatial analysis. *Ecosphere* 8:e01903.
- [41] Lu, X., R. Zang, Y. Ding, and J. Huang. 2018. Partitioning the functional variation of tree seedlings during secondary succession in a tropical lowland rainforest. *Ecosphere* 9:e02305.
- [42] Zhang, Z., and R. Zang. 2018. Diversity and distribution of food plants: Implications for conservation of the critically endangered Hainan gibbon. *Nature Conservation* 31:17-33.
- [43] Zang, L., H. Xu, M. Lin, and R. Zang. 2019. Patterns of local species richness and their associations with functional traits in a 60-ha tropical forest dynamics plot. *Ecosphere* 10:e02617.
- [44] Ding, Y., R. Zang, X. Lu, and J. Huang. 2019. Functional features of tropical montane rain forests along a logging intensity gradient. *Ecological Indicators* 97:311-318.

主要完成单位对项目的创新推广贡献

序号	单位名称	创新推广贡献
1	海南大学	研究不同维度（物种、谱系和功能）生物多样性的时空分异规律，揭示了热带天然林主要植被类型的群落构建机制
2	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	构建了完善的生物多样性形成、维持与恢复的理论体系；创制了四位一体的热带林生物多样性动态监测体系；提出热带次生林抚育经营和恢复技术
3	海南省林业科学研究所	系统开展热带岛热带天然林珍稀濒危植物种苗规模化扩繁及野外回归
4	海南师范大学	提出海南岛典型珍稀濒危动物保育和种群恢复技术
5	海南省霸王岭林业局	系统开展热带天然林旗舰物种和指示物种及生境长期监测；首次开展了动物主食植物种苗培育及其在退化生境中的快速恢复技术

主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	职务/职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
臧润国	1	无	教授	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	负责项目设计，阐明了热带天然林生物多样性的恢复机制；创建了基于生态功能关键种定向培育的退化天然次生林结构优化与功能多样性快速提升技术。
蒋有绪	2	无	研究员/中科院院士	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	阐明热带林物种多样性的形成与维持的理论体系，为热带林生物多样性保育与恢复提供了科学依据
龙文兴	3	副院长	副教授	海南大学	海南大学	阐明热带天然林生物多样性维持和群落构建机制
丁易	4	无	副研究员	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所	首次创制四位一体的热带天然林生物多样性动态监测体系，并对热带天然林主要植被类型进行了动态监测
陈飞飞	5	无	高工	海南省林业科学研究所	海南省林业科学研究所	总结提出热带珍稀濒危植物野外回归技术体系，创新应用植苗保护装置开展回归示范
梁伟	6	副院长	教授	海南师范大学	海南师范大学	提出海南岛典型珍稀濒危动物保育和种群恢复技术

吴先明	7	局长	高工	海南省霸王岭林业局	海南省霸王岭林业局	对热带林旗舰物种进行长期监测和栖息地恢复示范
樊春	8	书记	教授	海南大学	海南大学	开展热带天然林植物多样性恢复技术示范
饶晓东	9	无	讲师	海南大学	海南大学	阐明海南岛典型珍稀濒危动物濒危机制
张辉	10	无	讲师	海南大学	海南大学	开展热带天然林生物多样性恢复技术推广

完成人合作关系说明

本项目完成单位包括海南大学、中国林业科学研究院森林环境与生态保护研究所、海南省林业科学研究所、海南师范大学和海南省霸王岭林业局等。

围绕着热带天然林生物多样性保育和恢复，依托 10 个国家自然科学基金（海南岛热带林生物多样性形成机制的研究（重点项目，39830310）、海南热带山地雨林林隙种子及幼苗库动态规律的研究（30070602）、海南岛热带森林生态系统退化过程与恢复机制研究（30340047）、多空间尺度热带山顶矮林植物功能性状分异及其对环境变化响应的研究（31260109）、基于植物功能性状的热带山地雨林群落构建规律（31270474）、土壤磷限制条件下热带雨林稀有物种与邻体共存策略（31670628）、海南岛热带季雨林群落对季节性干旱的生态适应性与物种多样性调节机制（30901143）、热带雨林物种功能和系统发育多样性的关联性及其影响因素（41201192）、海南山鹧鸪的空间利用和生境选择（30360015）、海南山鹧鸪和海南孔雀雉的繁殖生态学研究（30860044）、十一五科技支撑项目（自然保护区功能区划技术研究）、十二五科技支撑项目子课题（西南和热带天然林生态关键种保育与非木质资源高效利用）、948 项目（森林野生动植物及自然保护区分区管理技术引进）、2 项推广项目（热带天然林植被保育与恢复技术推广、潜在植被恢复技术在自然保护区功能区划中的应用）、1 项海南省自然科学基金项目（基于物种都杨兴和功能性状的热带云雾林群落构建规律研究（312064））、9 项海南省科研院所研发专项项目（五指山人工造林促进天然林恢复的研究（09204090011）、海南困难立地造林树种选择与育苗技术研究（11204090015）、海南油杉种质资源保护与育苗技术研究（KYYS201414）、油丹的良种选育与培育技术研究（KYYS201411）、坡垒生境分析及

种子萌发特征研究（KYYS201418）、热带雨林关键树种青皮种质资源收集及保存（KYYS201422）、海南粗榧无性繁殖关键技术及集成应用研究（KYYS201408）、三种珍稀濒危树种保育技术研究（KYYS201517）、海南岛 3 种特有省藤资源收集和促萌技术研究（KYYS-2016-15）和 2 项林业科技成果推广项目（海南热带天然次生林恢复技术及优化模式推广、蝴蝶树育苗及栽培技术示范推广琼[2015]TG04 号）开展合作研究。

其中海南大学为项目主持单位，完成不同维度（物种、谱系和功能）生物多样性的时空分异规律，揭示了热带天然林主要植被类型的群落构建机制。中国林业科学研究院构建了完善的生物多样性维持与恢复的理论体系；创制了四位一体的热带林生物多样性动态监测体系；提出热带次生林抚育经营和恢复技术。海南省林科所系统开展热带岛热带天然林珍稀濒危植物种苗规模化扩繁及野外回归技术示范。海南师范大学完成了海南岛典型珍稀濒危动物保育技术。海南省霸王岭林业局负责系统开展热带天然林旗舰物种和指示物种种群及其生境监测和恢复应用。