

项目编号：2017XTBG-T03

中国科学院西双版纳热带植物园“十三五”期间  
“一三五”专项重大突破/重点培育任务书

重大突破/重点培育名称：喀斯特地区生物多样性保护

首席科学家/指挥长（签字）：R. Cullett

副指挥长（签字）：Ally

项目起止时间：2017年10月1日—2020年12月1日

联系人：潘丽冰

联系电话：18988188045 E-mail：panlibing@xtbg.ac.cn

2017年9月20日填

中国科学院西双版纳热带植物园科技外事处编制

# 编写提纲

## 一、摘要 (约 500 字)

### 1. 研究内容和意义

详述研究背景，主要研究内容，拟解决的关键科学问题，研究的目的是和意义。

石灰岩喀斯特地貌广泛分布在东亚热带和亚热带地区，其中在东南亚地区的分布面积约 41 万平方公里，而在中国则至少分布 43 万平方公里。喀斯特地貌有着复杂的结构和独特的化学性质，其地表和地下洞穴中分布着独特的动植物类群。大部分喀斯特地貌分散在广阔的非岩溶地貌中，被隔离成一个个“孤岛”，而对环境较专一的石灰岩物种在非喀斯特环境中无法生存，而多数扩散能力较弱的石灰岩特有物种如草本植物，蜗牛和蜥蜴等为某一个孤立的喀斯特岩山上的特有种，而一些广布的石灰山物种则呈现出了强烈的空间遗传分化。由于石灰山周围地区常被开发用于农业生产，一些非石灰山环境专一的物种由于生境的丢失种群会急剧下降或变为稀有，而零散的石灰山常常会成为这些物种的避难所。从进化的视角看，喀斯特地区可以是生物多样性的“博物馆”，维持和保护着古老动植物种群，同时也是新谱系多样性分化的潜在“摇篮”。因此，喀斯特地貌的保护不仅仅是以保护当前的生物多样性来保护生物多样性的历史，同时也是保护其生物多样性的未来。

在过去，该地区的喀斯特生物多样性因其具有较低的农业适用性而受到保护，但近年来因为水泥产量的增加对于石灰石的需求呈指数增长，威胁着整个地区的喀斯特地貌，这一情况在中国尤为突出。许多区域还

同时存在着来自种植、放牧、砍伐、狩猎、珍贵植物物种的过度采集以及火烧等威胁。在中国，虽然一些喀斯特地貌因在保护区内受到了较好的研究和保护，但绝大部分地区喀斯特地貌目前极少被关注，而且没有受到保护。由于缺乏最新的数据（大多数现存数据已有数十年历史），以及数据的不完整性，对于这些地区的保护鉴别和优先性很难进行。此外，通过进行广泛的数据收集可以更深入地了解喀斯特地区多样性如何演化，为什么演化，以及何时演化。本项目将主要关注在中国热带南部，以及邻近的亚热带地区，从云南西南部至广东南部的喀斯特地貌，以及延伸至广泛的东南亚地区的喀斯特地貌。

为加强对中国西南地区，以及东南亚地区的喀斯特生物多样性保护的总体目标，该项目将通过三个主要目标实现：

1. 研究喀斯特地貌生物多样性的起源和演化。
2. 评估当前喀斯特地貌生物群落的空间分布及其多样性。
3. 制定保护喀斯特地貌生物多样性的可行性策略。

## 2. 预期成果

紧密结合中国科学院“十三五”时期“三重大”产出导向，阐明研究预期成果及产出。

- (1) 本项目将首次重建中缅生物多样性热点区域的喀斯特生物多样性演化的时间和空间的系统发育结构。研究结果将对当前宏观进化学中的关键假设进行验证。
- (2) 基于喀斯特地区的特有种和生物多样性规划重点和优先保护的区域，

并开发相应的模型用以推测未调查的喀斯特区域的多样性和特有种。

- (3) 通过前两部分的研究内容确定喀斯特地区生物多样性受威胁程度并用实际的行动对受威胁物种和区域进行保护，咨询地方政府并与其合作对需要重点保护的喀斯特地区进行保护。同时，也尽可能地将受威胁物种通过迁地保护得到有效的保护，如种子库的种子保存。

## 二、总体目标和具体考核指标（目标清晰可考核）

### 1.项目总目标

喀斯特地区有丰富的生物多样性，特有种多，作为一类独特的生态系统，常被忽略作为一个系统进行综合研究。针对该系统生境日益破碎化，生物多样性日益脆弱的现实和建设生态文明排头兵的需求，整合多种工具包，研究云南南方喀斯特地区代表性生物多样性类群，为优化保护布局提供决策咨询。

基于当前研究的局限，重点研究，1.该地区濒危植物的景观遗传结构和种质离体保存遗传多样性；2.利用 DNA 条形码技术，研究两个代表性地区木本植物系统发育多样性；3.有刺植物的生态与进化；4.喀斯特特有洞穴动物类群（如，翼手类）种类、分布与现状。总结各项研究，产生 5-6 篇具有国际影响力的理论成果；绘制喀斯特地区特有的翼手类物种分布图，撰写保护方案。

### 2.项目年度目标及考核指标

2017 年（10 月-12 月）：收集区域性喀斯特地貌的相关数据如地质，

动植物区系等。与地方潜在的合作者联系并协商发展可能的合作研究。撰写当前喀斯特地貌研究现状的综述。评估指标：该项目各个部分的主要工作开始启动。

2018 年：对该区域喀斯特地区进行实地调查和数据收集，对喀斯特生物多样性受到的威胁进行评估，对喀斯特植物种子开展生物学研究，微气候评估等。考核指标：发表 2 篇综述，完成一份区域乃至全球喀斯特地区对气候变化的脆弱性评价。发表关于种子生物学，新物种发现，环境 DNA (eDNA) 及其他相关研究内容的文章。将于 2018 年或 2019 年初举办一次关于喀斯特多样性进化的国际专家研讨会。

2019 年：通过模型预测，咨询相关人员及种质收集的开展增加研究地点并进行野外调查，同时重点进行数据分析和文章发表。考核指标：至少发表文章 8 篇，注重研究产出，保护意义，物种描述和研究方法。结合高保护价值与保护可能列出一份喀斯特研究区域清单。

2020 年：继续进行数据分析和论文撰写，并与相关机构进行合作，保护关键区域。考核指标：2017 年以来累计发表文章数大于 15 篇，其中几篇发表于 TOP10 期刊。形成保护协议，以保护几个需要重点保护的喀斯特关键区并使许多濒危植物物种通过迁地保护的方式得到有效保护。准备相关的科普教育材料并进行更广泛的宣传。

### 三、研究总体方案

#### 1. 总体研究方案及技术路线；

本项目总体研究计划由三个主要子课题组成（将在下一节进行详细介绍）：通过重建喀斯特地区物种多样性起源，保护东南亚喀斯特生物多样性的演化潜力；评估该喀斯特地区生物群落的分布和多样性；制定云南南部喀斯特多样性保护可行性策略。虽然各个子课题在项目任务书中分开进行描述，但大多数项目参与者将参与其中的两个或三个，第三个子课题将结合前两个主要调查结果并纳入保护计划。技术路线将传统领域，实验室和标本馆技能与最先进的分子技术和生物信息学相结合。该项目的独特规模和复杂性必然需要创新，结果将对全球相关的研究领域产生影响。

## 2.课题设置与分工，所设课题的研究重点。

### 子课题 1 通过重建喀斯特地区物种起源保护东南亚喀斯特多样性的进化潜力

#### 目标

- (1)假说验证：喀斯特植物多样性既是东南亚及其毗邻区域植物多样性的“博物馆”，也是“摇篮”。东南亚喀斯特区域是生物多样性的“诺亚方舟”，拥有大量的喀斯特和非喀斯特的特有种（即博物馆），同时也提供了物种分化的机会或者在喀斯特区域内部或者通过向喀斯特毗邻区域拓殖（即摇篮）。
- (2)假说验证：喀斯特生物多样性的系统发育结构是由于历史上和现在的扩散限制导致的。由于喀斯特空间结构特性和近期的地质气候波动和

地质变化导致的不仅导致了生物多样性的不均匀分布（包括特有性水平），并且在系统发育多样性和遗传多样性分布上存在显著差异。这种基因水平分化不仅是由于距离所造成，同时也与喀斯特地区天气和气候的波动导致的短暂性扩散障碍造成的局域物种灭绝和物种形成相关。喀斯特生物多样性的系统发育结构不仅暂时了当前的生态条件，也体现了近期的演化历史。因此，本项目将使用结合系统发育和种群基因技术的方法验证该假说。

- (3) 通过使用高通量测序的方法评价空间分布的系统发育多样性和遗传多样性，用以衡量进化潜力，并评估用该方法确定物种和保护地的保护优先性的可行性。植物多样性保护越来越多的考虑将系统发育多样性和遗传多样性作为附加参数，因为迅速发展的基因组研究技术使得增加这些至关重要的参数成为可能。然而，绝大多数研究只将这些技术应用在很小的尺度，但是本研究目的是讲此技术应用在更大尺度上，即更多数量的植物种类和更大的取样面积。

## 概述

东南亚喀斯特的丰富的生物多样性以及高水平的特有性为人所熟知。然而，迄今为止它都较少被人关注，虽然它是生物多样性的“诺亚方舟”，并因此在环境持续变化的过程中长时间的保持了东南亚的生物多样性，比如正在进行的人类世阶段。从进化的观点看，生物多样性方舟不仅作为生物多样性的“博物馆”，更是潜在的生物多样性的“摇篮”。因此，保护这片区域的生物多样性，不仅是保护生物多样性的历史，更是保护

生物多样性的未来。

东南亚喀斯特区域的不同地区在历史上不同程度的都经历了重大的转变。北部地区受到喜马拉雅和毗邻山脉抬升的重要影响，而南部区域受到了东南亚陆块和澳大利亚陆块撞击的影响。这两大事件不仅导致了当地气候的变化（例如季风条件），并且为植物出现在喀斯特区域以及发生改变东南亚南部和北部喀斯特区域提供了新的机会。喀斯特区域持续的环境改变，结合喀斯特环境强烈的空间结构可能加强了局域尺度上扩散限制的影响，并导致植物多样性具有强烈的空间结构，不仅体现在种间系统发育多样性分布上，也体现在种内遗传多样性的分布上。

该部分内容旨在阐明东南亚喀斯特区域作为一个“博物馆”和植物多样性的“摇篮”的作用，其重点是选定的代表不同功能类型的陆生植物群体，例如树木生活型选择樟科，番荔枝科等，选择茜草科和主要对森林中的草本地下层和岩洞植被，例如蕨类植物，秋海棠科，苦苣苔科，兰科科，荨麻科等植物，通过使用带有时间信息的空间系统发育框架，重建喀斯特和非喀斯特特有种的进化历史，估计这些植物的生物地理和生态史，包括其自然多样化率，例如种化和灭绝率。该项目将利用现有的云南及邻近地区的喀斯特植被样地数据，这些资料有高质量的分布数据且可获得。此外，该研究的优势在于，最近在喀斯特植物化石记录研究中取得的进展为校准用于重建云南喀斯特多样性进化史的系统发育框架提供了重要信息。必须特别注意检验扩散限制在物种多样性，系统多样性和种内遗传多样性的组合中的作用，因为它们都反映了气候条件的



变化，包括随着时间的推移，岩溶风化状态的变化。

先前使用空间系统发育框架的研究为全球生物多样性热点，特别是大开普敦地区的生物多样性的构建和保护提供了重要的见解 (Forest et al. 2007; Nature)。本研究将采用并改进这些研究中使用的方法，以阐明东南亚喀斯特地区进化的重要性，特别侧重于南部云南及东部邻近地区 (广西，广东) 和南部 (越南，老挝，缅甸，泰国北部)。该项目建立在我们对植物系统发育，生物地理学和分类学，特别是喀斯特和非喀斯特特有种理解的重要进展之上。

### 研究产出和影响力

- (1) 该研究 (见两个研究目标) 将首次在中缅生物多样性热点地区对喀斯特多样性演变的空间系统发育进行重建。结果将对当前宏观生态科学中的关键假设进行检验。研究将增加一个至关重要但目前缺失的组成部分，以增进我们对东南亚生物多样性进化的最近一千万年历史的了解，这将为横断山区以及马来群岛物种多样性的多样化研究提供重要的补充。本研究将特别注重探索使用空间系统发育/植物地理学方法检验扩散限制的影响。研究计划的目标：发表 1 篇文章在高影响力期刊上如 Nature 或 Science (至少 PNAS) 并发表 2-3 篇文章于 “Journal of Biogeography”，“Diversity and Distribution”，“Molecular Ecology” 或者 “Proceedings of the Royal Society Biology”。
- (2) 该项目将建立第一个研究东南亚和全球的喀斯特多样性演变的进化框架。为了实现这一点，该研究将结合已进行系统发育研究的喀斯特地

区所有分类群的谱系，建立首个喀斯特系统发育数据库，为 TimeTrees (<http://timetree.org>) 设立了可比较的数据库。第二年末在 XTBG 举行的科学专家会议以促进框架的建立，同时发表多篇高质量文章于“Journal of Biogeography”等期刊上。

- (3) 通过整合宏条形码技术，遗传和系统多样性评估到南亚或东南亚喀斯特区域的空间-历史框架中，建立快速评估进化潜力的渠道，在保护管理中优先选择物种和地区。快速评估渠道的可行性和建设将在线（网站）公布，并发表代表性文章于如“Biodiversity and Conservation”等期刊上。

#### 研究方案及可行性

- (1) 该方案将重点关注所选择的代表性植物谱系，代表喀斯特树木覆盖植物的谱系，例如樟科和番荔枝科，以及代表喀斯特草本覆盖物和喀斯特洞穴草本多样性的谱系，例如蕨类植物和被子植物，如秋海棠科，苦苣苔科，兰科，荨麻科。对于每个选定的谱系，将组织一个可信度高的东南亚喀斯特和非喀斯特区域物种清单（与本项目其他 2 个子课题相结合），同时物种分布的信息将根据现有的数据搜集进行整理，例如现有的森林样地和标本馆标本等（通过 GBIF 和 CVH 进行访问），并开展重点野外实地调查工作，以弥补样本和空间分布知识的空白。将通过正在进行的关于喀斯特植物的化石记录的研究来提供关键的证据，这些记录将被整合以校准所获得的系统发育框架。描述新发现的物种。所有内容都是可行的，并且根据现有的专业知识所选择的

物种类群避免了一定的风险。这种方法可以避免高植物多样性提供的挑战，但是需要进行处理的物种/种质数量较大，仍然需要建立一个能够批量处理标本和附加信息的渠道。

(2)使用 XTBG 相关实验室建立和使用的现有平台进行空间系统发育分析，包括生成所有涉及的分类群的 DNA 序列（包括植物的 DNA 条形码），重建系统发育关系，估计分化时间，以及使用高分辨率空间分布图在分化时间的系统发育框架的背景下重建生物地理模式（如祖先区域重建，扩散路径的确定）。该部分主要的挑战是获得所研究物种分布的可靠信息。这将部分通过使用现有喀斯特植被图提供的数据，结合标本馆标本信息以及实地工作加以解决。

(3)评估东南亚喀斯特地区推测的扩散限制以及距离对植物多样性，特别是物种内多样性的空间-历史差异的建立和维持的影响具有特别的挑战性。为了解决这个具体问题，完成目标 2 至关重要。测试扩散限制的作用在过去一直是一个挑战，但下一代测序方法和密集可靠的分布数据（由森林样地提供）的组合使用将能够获得以前未达到的质量（因此，其本身就具有开创性）。该部分将通过选择多达 50 种代表不同生活型和生态型的物种，考虑植物生长形态和生态偏好所造成的扩散限制的有效性差异。

(4)通过在“Nature”和“Science”期刊上发表至少 1 篇高影响力文章（基于目标 1 和 2），以提高研究的影响力，并且每年出版 2-3 篇文章，SCI 影响因子为 3-7。通过提供框架建立网站来共享在全球范围内喀斯特演

化的信息。在项目执行第二年组织关于近二千万年以来喀斯特进化史国际专家研讨会。

## 子课题 2：喀斯特生物区系分布和多样性评估

### 概述

该项目的第二部分重点关注该研究区域当今的生物多样性，并结合第一部分研究内容确定“不可替代的地点”，以保护现有的喀斯特多样性，及其过去的历史和未来的发展潜力。鉴于目前我们对喀斯特核心研究区域生物多样性现状认识的不足，预计这两部分还将发现和描述大量新物种。

将利用现有的喀斯特物种数据及其分布情况以及针对特定分类群的新的调查数据进行研究。另外，我们将探讨使用环境 DNA (eDNA) 和基因汤 (metabarcoding) 与非喀斯特地区进行对比，评估多样性格局以及喀斯特系统凋落物，土壤和水中隐藏着的动物区系的特有性。所有这些数据以及地质信息和其他环境变量将被用于模型开发，用于预测未调查的喀斯特区域的生物多样性和特有性。主要的产出：基于喀斯特地区特有性及其生物多样性确定该地区优先保护区域。

### 研究方法

这部分研究内容关注的生物类群包括所有维管植物，木本藤本植物（需要不同的调查手段），小型哺乳动物和其他选定的小型脊椎动物和无脊椎动物群体。这个生物类群名单将通过合作和邀请访问科学家进行扩

展和改进。

维管植物调查研究（李剑武，潘勃，朱华，周仕顺等）：在云南南部和毗邻地区开展的系统性野外实验中，收集所有未知物种，并通过知名喀斯特专家鉴定后进行记录。来自喀斯特地区的不明标本也将在该地区（特别是 HITBC 和 KUN，以及 SWFC, SM, PE, IBSC, GXIB 等）广泛收集的标本中进行查阅。有研究发现，新物种和新记录的发现率在野外调查和标本馆调查中相似，这说明中国西南地区积压着大量信息不详的标本，且数量在不断增加。我们还将对有关该喀斯特地区维管植物研究的大量高度分散的文献进行系统的综述，并在调查中评估野外种群的保护状况，然后结合文献和标本的信息来确定物种保护优先级别。

木质藤本植物调查研究（Mareike Roeder）：木质攀岩植物在大多数喀斯特森林中是优势种，但由于难以收集和鉴定而未被记载。如果叶片材料不能采集到，将从茎中的形成层组织中提取 DNA，并通过与现有的藤本植物序列数据库进行比较加以鉴定（Roeder 等，2015）。木质藤本的调查研究将使用藤本树干的照片来帮助匹配各个研究地点的分类群。

哺乳动物调查研究（王博，曹林）：尽管博物馆藏有哺乳动物标本，在文献中也有所提及，但云南热带南部的喀斯特地区近期还没有对小型哺乳动物进行调查的相关研究，因此可能会有新的记录或新的分类群。这项哺乳动物调查将使用活体捕获器和红外相机进行，后者适用于较大型的哺乳动物（包括小型食肉动物）。此外，将从小型哺乳动物捕获物的微组分中收集 DNA 样品，以辅助发现和鉴定物种。

其他分类群的调查研究：脊椎动物和无脊椎动物分类群（理想情况下对鸟和蝴蝶进行调查研究，在可能的情况下也将对蜗牛和蜥蜴等进行调查）将与来自 XTBG 以外的专家进行合作调查。

喀斯特稀树草原 (Kyle Tomlinson)：中国热带和亚热带干旱区域的大面积岩层覆盖着非森林植被，以 C4 草本为主，有或没有乔木层。这些通常被认为是人为“喀斯特荒漠化”的证据，但在较干旱的地区，喀斯特岩层的浅层土壤和过度排水的表层可能有利于草本植物的生长，且会通过自然火灾和可能的放牧影响进行更新。因此，我们将调查没有历史证据表明以前曾被森林覆盖过的代表性喀斯特地区，对其植物区系多样性与周围非喀斯特地区的多样性相比较，并评估其是否支持喀斯特植物区系的特有性及其需要保护的问题。我们还将尝试通过对 *Themeda triandra* (阿拉伯黄背草) 进行遗传种群抽样来评估这些群落的年龄（部分由其他独立项目资助），在可能的情况下将使用  $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$  放射性碳测年法对 C3/C4 比进行土壤分析。

eDNA 和 metabarcoding (Kingsley Beng)：对大量环境样品中提取的 DNA 进行 Metabarcoding 可能提供了一种快速而相对便宜的方法来评估构成绝大多数生物多样性的未知无脊椎动物分类群，以及检测稀有的脊椎动物物种。该技术广泛应用于淡水生态系统和微生物的研究中，但是对于喀斯特研究中土壤无脊椎动物的应用仍然面临着各种挑战 (Barnes 和 Turner, 2017; Thomson 和 Willerslev, 2017)。本项目的这一部分具有一定的探索性，目的在于对现有的这些方法进行改进。

## 预期产出

第二部分的主要产出是基于喀斯特地区特有性及其生物多样性确定该地区优先保护区域分布格局。由于不可能对该地区数千个喀斯特岩层一一进行调查，因此我们还将开发一个数学模型，用来预测未调查喀斯特地区的生物多样性和特有性。将利用生物多样性数据和一系列可能的环境预测因子，包括气候，地质，岩石大小，隔离以及遥感植被覆盖和植被条件进行模型构建。将对经模型预测出的具有高保护价值的喀斯特地点进行调查和研究。

### 子项目 3: 制定云南南部喀斯特多样性保护实践策略

#### 概述

如果所有的喀斯特区域都分布在政府管辖的土地上，且没有其他的经济用途，那么将需要优先保护的地区通过法律进行保护是可行的，即使非法狩猎和植物收集，气候变化等额外的威胁依然存在。然而，现今石灰石成为水泥生产的重要经济资源，在过去因为偏远而没有作为采石场的喀斯特地区经济价值日趋显现，因此即使是列入最优先考虑保护的地区也将面临威胁。此外，一些面积较小的喀斯特地貌分布在集体土地上，需要不同的保护机制。因此，喀斯特地区的保护需要与当地相关机构或人员——政府部门，矿业公司，村民，以及其他方面合作，以实现可行的妥协。因此，在这一部分中，我们将确定对喀斯特地区的威胁，咨询相关机构或人员（村民，政府官员，采石场所有者等），并与他们合作，使这些重点地区受到保护。我们还将确保尽可能多的受威胁的植物

物种通过迁地保护（主要是通过种子库）进行保存。最后，我们计划为儿童和成年人制作与喀斯特地区相关的教材，以取得公众的支持。

## 研究方法

威胁评估（Alice Hughes 和所有野外调查者）：将高分辨率卫星图像作为辅助，在前两个子课题的实地调查工作部分对喀斯特地区受到的威胁进行初步评估。所有项目成员评估负责调查的每个喀斯特研究站点的可见威胁（采石场，木材采伐，柴火采集，竹子收集，兰花和药用植物的采集，狩猎，扰乱洞穴等），尽可能与当地人员进行非正式的访谈，了解当地人对调查样点的使用情况。将使用未访问地点的高分辨率遥感影像作为补充信息来识别采石场和其他主要干扰因素。气候变化威胁将通过 SPARC（保护区应对气候变化的空间规划）产生的区域气候变化暴露图与优先保护区域格局图相叠加进行评估。

喀斯特周边地区的土地利用变化对喀斯特地区微气候变化的影响将在代表性的采样点进行评估，使用 iButton 数据采集传感器收集关于温度和湿度的每小时数据。iButton 将设置在从喀斯特地貌到周边土地利用的样带上（在有和没有森林缓冲区的地区），还将放置在具有代表性的喀斯特岩层环境中（从暴露的岩石到洞穴）。

与相关机构进行合作（选定的团队成员）：首先我们将对各种实际和潜在的相关机构或人员进行访谈，包括来自负责部门的政府官员，村领导和普通村民，采石场公司经理以及参观非以上喀斯特类别地区的游客（如参观 XTBG 绿石林的游客）等。利用访谈结果召集更广泛的相关方



举行会议，规划特定的喀斯特优先保护区域，并寻求可能的协调办法。

迁地保护：喀斯特专一性植物的种子主要是耐干旱的种子（即正常性种子），这些种子必须在快速干燥的岩层表面萌发成为幼苗。理论上，这类种子可以在低水分含量和低温条件下无限期地储存于种子库中。因此，我们首先提出关于喀斯特植物种子可储存的假设并进行验证；其次，利用 XTBG 和昆明的种子库保存尽可能多的受威胁植物物种。对于收集的每个物种，我们将收集种子的基本性状数据，并进行初始种子萌发试验，随后进行种子干燥和储存实验。如果受威胁的喀斯特地区植物物种具有顽拗性种子（对于干旱敏感的种子），这些物种将被加入到 XTBG 专类园区中进行培养和保护。

教育与拓展：我们将与王西敏以及其他科学传播与培训部的科研人员进行合作，编制与喀斯特地区保护相关的材料并进行适当的宣传活动。参观 XTBG 绿石林的游客被列为首要宣传对象，然后推广至中国其他的喀斯特地区。

## 预期产出

这个项目预期的最重要的产出是能够为尽可能多的喀斯特优先保护区域建立起某种保护形式。在政府土地上分布的喀斯特地区应当建立县级，州级，省级或国家级的自然保护区。对于集体土地上的喀斯特地区，最好的妥协方式可能是某种形式的微型保护小区。2016年8月，西双版纳对于微型保护小区的相关保护计划得到了州政府的批准。这些微型保护小区每年向村委会支付一定的资金，以确保这些保护小区得到有效的

保护。本项目建模研究和小气候测量的信息将用于为喀斯特保护区和缓冲区进行最佳或至少最好的折中设计。此外，将尽可能多的濒危喀斯特植物物种在种子库或专类园区，XTBG 或其他地方进行“备份”保存。我们还将评估其他保护措施的实用性，包括蝙蝠洞穴的门禁和采用卫星对喀斯特地区的实时监测等。最后，我们将提供相关教育材料，培养相关研究人员或公众对保护喀斯特地区的长期兴趣。

### References

- Barnes, M.A., Turner, C.R., 2016. The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conservation Genetics* 17, 1-17.
- Chang, C.H., Barnes, M.L., Frye, M., Zhang, M., Quan, R.-C., Reisman, L.M.G., Levin, S.A., Wilcove, D.S., 2017. The pleasure of pursuit: recreational hunters in rural Southwest China exhibit low exit rates in response to declining catch. *Ecology and Society* 22.
- Clements, R., Sodhi, N.S., Schilthuizen, M., Ng, P.K.L., 2006. Limestone karsts of southeast Asia: Imperiled arks of biodiversity. *Bioscience* 56, 733-742.
- Dayananda, S.K., et al., 2016. Effects of forest fragmentation on nocturnal Asian birds: A case study from Xishuangbanna, China. *Zoological Research* 37, 151-158.
- Ding, J.H., Wen, T.C., Wu, X.M., Boonmee, S., Eungwanichayapant, P.D., Zha, L.S., 2017. Species diversity of Tetrigidae (Orthoptera) in Guizhou, China with description of two new species. *Journal of Natural History* 51, 741-760.
- Foon, J.K., Clements, G.R., Liew, T.S., 2017. Diversity and biogeography of land snails (Mollusca, Gastropoda) in the limestone hills of Perak, Peninsular Malaysia. *Zookeys*, 1-94.
- Forest, F., Grenyer, R., Rouget, M., Davies, T.J., Cowling, R.M., Faith, D.P., Balmford, A., Manning, J.C., Proches, S., van der Bank, M., Reeves, G., Hedderson, T.A.J.,

- Savolainen, V., 2007. Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. *Nature* 445, 757-760.
- Grismer, L.L., Grismer, J.L., 2017. A re-evaluation of the phylogenetic relationships of the *Cyrtodactylus condorensis* group (Squamata; Gekkonidae) and a suggested protocol for the characterization of rock-dwelling ecomorphology in *Cyrtodactylus*. *Zootaxa* 4300, 486-504.
- Grismer, L.L., Wood, P.L., Anuar, S., Davis, H.R., Cobos, A.J., Murdoch, M.L., 2016. A new species of karst forest Bent-toed Gecko (genus *Cyrtodactylus* Gray) not yet threatened by foreign cement companies and a summary of Peninsular Malaysia's endemic karst forest herpetofauna and the need for its conservation. *Zootaxa* 4061, 1-17.
- Guo, Y.L., Wang, B., Mallik, A.U., Huang, F.Z., Xiang, W.S., Ding, T., Wen, S.J., Lu, S.H., Li, D.X., He, Y.L., Li, X.K., 2017. Topographic species-habitat associations of tree species in a heterogeneous tropical karst seasonal rain forest, China. *Journal of Plant Ecology* 10, 450-460.
- Hong, X., Wang, O.W., Zhou, S.B., Wen, F., 2014. *Primulina argentea* (Gesneriaceae), a new species endemic to a karst cave in N Guangdong, S China. *Willdenowia* 44, 377-383.
- Huang, Z.H., Huang, C.M., Tang, C.B., Huang, L.B., Tang, H.X., Ma, G.Z., Zhou, Q.H., 2015. Dietary Adaptations of Assamese Macaques (*Macaca assamensis*) in Limestone Forests in Southwest China. *American Journal of Primatology* 77, 171-185.
- Huang, Z.H., Yuan, P.S., Huang, H.L., Tang, X.P., Xu, W.J., Huang, C.M., Zhou, Q.H., 2017. Effect of habitat fragmentation on ranging behavior of white-headed langurs in limestone forests in Southwest China. *Primates* 58, 423-434.
- Hughes, A.C., 2017. Understanding the drivers of Southeast Asian biodiversity loss. *Ecosphere* 8.
- Lin, D.G., Yu, H., Lian, F., Wang, J.A., Zhu, A.X., Yue, Y.J., 2016. Quantifying the

- hazardous impacts of human-induced land degradation on terrestrial ecosystems: a case study of karst areas of south China. *Environmental Earth Sciences* 75.
- Liu, J.J., Slik, J.W.F., 2014. Forest fragment spatial distribution matters for tropical tree conservation. *Biological Conservation* 171, 99-106.
- Ma, C.Y., Liao, J.C., Fan, P.F., 2017. Food selection in relation to nutritional chemistry of Cao Vit gibbons in Jingxi, China. *Primates* 58, 63-74.
- Rabett, R., Ludgate, N., Stimpson, C., Hill, E., Hunt, C., Ceron, J., Farr, L., Morley, M., Reynolds, T., Zuckswert, H., Simpson, D., Nyiri, B., Verhoeven, M., Appleby, J., Meneely, J., Phan, L., Dong, N.N., Lloyd-Smith, L., Hawkes, J., Blyth, A., Tan, N.C., 2017. Tropical limestone forest resilience and late Pleistocene foraging during MIS-2 in the Trang An massif, Vietnam. *Quaternary International* 448, 62-81.
- Roeder, M., McLeish, M., Beckschafer, P., de Blecourt, M., Paudel, E., Harrison, R.D., Slik, F., 2015. Phylogenetic clustering increases with succession for lianas in a Chinese tropical montane rain forest. *Ecography* 38, 832-841.
- Sreekar, R., Huang, G.H.L., Zhao, J.B., Pasion, B.O., Yasuda, M., Zhang, K., Peabotuwage, I., Wang, X., Quan, R.C., Slik, J.W.F., Corlett, R.T., Goodale, E., Harrison, R.D., 2015. The use of species-area relationships to partition the effects of hunting and deforestation on bird extirpations in a fragmented landscape. *Diversity and Distributions* 21, 441-450.
- Thomsen, P.F., Willerslev, E., 2015. Environmental DNA - An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation* 183, 4-18.
- Wang, L.C., Lee, D.W., Zuo, P., Zhou, Y.K., Xu, Y.P., 2004. Karst environment and ecorecovery in southwestern China: a case study of Guizhou province. *Chinese Geographical Science* 14, 21-27.
- Zhang, C.H., Qi, X.K., Wang, K.L., Zhang, M.Y., Yue, Y.M., 2017. The application of geospatial techniques in monitoring karst vegetation recovery in southwest China: A review. *Progress in Physical Geography* 41, 450-477.

Zhang, Z.M., Ouyang, Z.Y., Xiao, Y., Xiao, Y., Xu, W.H., 2017. Using principal component analysis and annual seasonal trend analysis to assess karst rocky desertification in southwestern China. *Environmental Monitoring and Assessment* 189.

Zheng, L.P., Chen, X.Y., Yang, J.X., 2016. Molecular systematics of the Labeonini inhabiting the karst regions in southwest China (Teleostei, Cypriniformes). *Zookeys*, 133-148.

## 四、项目组织管理方案

### 1.项目组织管理体制

主要包括：项目负责人、项目管理组织结构及职能等。

| 队伍规模 | 队伍总规模 | 在职人员 | 项目聘用人员 | 在学研究生 | 其他临时聘用人员 |
|------|-------|------|--------|-------|----------|
|      | 49    | 24   | 8      | 5     | 12       |

| 姓名               | 性别 | 身份证号码              | 职称    | 专业         | 所属课题组        | 角色              | 每年工作时间(月) |
|------------------|----|--------------------|-------|------------|--------------|-----------------|-----------|
| Richard CORLETT  | 男  | 513559045          | 研究员   | 生态学        | 生物多样性研究组     | 首席科学家           | 6         |
| Alice HUGHES     | 女  | 511468920          | 副研究员  | 景观生态       | 景观生态学        | 副指挥长            | 3         |
| 李捷               | 男  | 530111196708040012 | 研究员   | 植物学        | 植物系统发育与保护研究组 | 子课题 1           | 3         |
| Harald SCHNEIDER | 男  | C4YMNWF3R          | 研究员   | 系统植物学      | 宏观进化组        | 子课题 1           | 4         |
| Kyle TOMLINSON   | 男  | LB0320159          | 研究员   | 生态学        | 群落生态与保护研究组   | 喀斯特稀树草原研究       | 2         |
| 朱华               | 男  | 530103196005041211 | 研究员   | 植物学        | 标本馆          | 更新喀斯特植物名录       | 2         |
| 文彬               | 男  | 42010619671206503X | 研究员   | 种子生物学      | 种子库          | 子课题 3: 种子收集     | 4         |
| 兰芹英              | 女  | 532823196610014006 | 高级工程师 | 种子生物学      | 种子库          | 子课题 3: 种子存贮     | 4         |
| 苏涛               | 男  | 511027198207148094 | 副研究员  | 古生物学, 古生态学 | 古生态学研究组      | 子课题 1: 喀斯特植被进化史 | 4         |

|                |   |                    |       |       |              |               |   |
|----------------|---|--------------------|-------|-------|--------------|---------------|---|
| 星耀武            | 男 | 370881198209204816 | 研究员   | 植物学   | 生物地理与生态学研究组  | 子课题 1         | 3 |
| 王博             | 男 | 130634198009100211 | 副研究员  | 生态学   | 动物行为变化与环境研究组 | 子课题 2: 哺乳动物调查 | 3 |
| 曹林             | 男 | 530111198006253514 | 副研究员  | 生态学   | 动物行为变化与环境研究组 | 子课题 2: 哺乳动物调查 | 3 |
| 郁文彬            | 男 | 362429198208012815 | 副研究员  | 植物学   | 生物多样性研究组     | 子课题 1         | 3 |
| 宋钰             | 男 | 622224198205010014 | 助理研究员 | 生态学   | 生物多样性研究组     | 子课题 1: 测序数据分析 | 5 |
| 李剑武            | 男 | 530102198311150072 | 高级工程师 | 植物分类  | 标本馆          | 植物采集及鉴定       | 8 |
| 潘勃             | 男 | 130181198201266112 | 中级实验师 | 植物学   | 生物多样性研究组     | 植物采集及鉴定       | 4 |
| Mareike ROEDER | 女 | C86HZW434          | 助理研究员 | 生态学   | 群落生态与保护研究组   | 子课题 2: 木本植物   | 3 |
| 周仕顺            | 男 | 532725197912231817 | 工程师   | 植物分类  | 标本馆          | 植物采集及鉴定       | 8 |
| 徐芳芳            | 女 | 530125198110162426 | 助理研究员 | 生态学   | 种子库          | 子课题 3: 种子采集   | 6 |
| 慈秀芹            | 女 | 370783198011095965 | 实验师   | 植物学   | 植物系统发育与保护研究组 | 子课题 1         | 6 |
| 李朗             | 男 | 510211198104173931 | 助理研究员 | 植物学   | 植物系统发育与保护研究组 | 子课题 1         | 6 |
| 马会             | 男 | 429004198110281551 | 助理研究员 | 生态学   | 植物系统发育与保护研究组 | 子课题 1         | 6 |
| 孟宏虎            | 男 | 53038119850215075X | 助理研究员 | 生态学   | 植物系统发育与保护研究组 | 子课题 1         | 6 |
| 计明月            | 女 | 33041119880410562X | 技术员   | 种子生物学 | 种子库          | 子课题 3: 种子采集   | 8 |
| 殷学静            | 女 | 53342119871214072X | 技术员   | 林学    | 种子库          | 子课题 3: 种子萌发   | 8 |
| 普春梅            | 女 | 532723198706254841 | 技术员   | 林学    | 种子库          | 子课题 3: 种子萌发   | 8 |
| 潘丽冰            | 女 | 450122198904102848 | 初级工程师 | 生态学   | 综合保护中心       | 项目日常事务管理      | 4 |

备注：根据项目整体队伍情况详细填写信息(可添加行)

## 2.项目运行管理机制

主要包括：项目（课题）组成员分工协作机制、知识产权管理机制、项目经费与人才配置、任务分配的结合机制等。

版纳植物园将有超过 18 位科研人员参与该项目，并持续三年进行跨

、研究组/实验室合作，因此协调好团队人员工作和合作对于最大限度地提高效率 and 实现主要目标至关重要。该项目将由首席科学家、副指挥长和综合保护中心秘书以及由所有研究组组长组成的管理委员会进行协调，负责确保项目的所有工作按时完成。因所有子课题有多个研究组参与，所以项目经费将按子项目集中分配，而不是由研究组自行分配。整个研究计划获得批准后，所有项目参与者共同决定每个子项目的负责人，目的是为了实现在资金可预测性与灵活性之间的平衡。因资金具有可预测性，各子课题负责人可以规划研究工作并对参与者进行时间分配，而资金使用具有灵活性以便根据研究结果进行调整。各子课题负责人对其课题小组成员（研究领域，实验室，生物信息技能等）的才能更为了解，因此将由其决定参与每个子项目的成员（包括支撑人员、学生、博士后、实习生等）。项目首席科学家将在需要时提供协助撰写文章。

· 将定期召集所有项目参与者的举办非正式会议，提出计划概要，新的研究成果，并计划下一步的研究工作计划和协调安排。从2018年到2020年，每年将在XTBG或昆明举行年度会议，并邀请团队外人员参加，总结年内的进展情况，并邀请新的合作伙伴。该项目在会议上的经费预算将通过资助出席国际会议来奖励对该项目有出色贡献的成员。

## 五、经费概预算（附表）

完成研究任务所需经费的概算（“重大突破”600万元/项，“重点培育方向”240万元/项）。

## 六、签章

|   |   |
|---|---|
| 甲方：   | 乙方：   |
| 单位负责人（签字）：  | 首席科学家/指挥长（签字）：  |
| (盖公章)   |   |
|  | 副指挥长（签字）：   |
|  |  |
| ____年__月__日   | ____年__月__日   |



## 2017年-2020年专项经费概算表

金额单位：万元

| 序号 | 科目名称                 | 总经费             | 院财政专项经费 | 园匹配经费   |
|----|----------------------|-----------------|---------|---------|
|    | (1)                  | (2) = (3) + (4) | (3)     | (4)     |
| 1  | 经费总额                 | 600             | 170.142 | 429.858 |
| 2  | 一、项目经费               | 575             | 170.142 | 404.858 |
| 3  | 1.设备费                | 32              | 9       | 23      |
| 4  | (1) 设备购置费            | 32              | 9       | 23      |
| 5  | (2) 研制设备费            | 0               | 0       | 0       |
| 6  | (3) 设备改造与租赁费         | 0               | 0       | 0       |
| 7  | 2.材料费                | 22              | 6       | 16      |
| 8  | 3.测试化验加工及计算分析费       | 128             | 36      | 92      |
| 9  | 4.燃料动力费              | 4               | 1.642   | 2.358   |
| 10 | 5.差旅费                | 160             | 45      | 115     |
| 11 | 6.会议费                | 20              | 6       | 14      |
| 12 | 7.国际合作与交流费           | 12              | 3.5     | 8.5     |
| 13 | 8.出版/文献/信息传播/知识产权事务费 | 12              | 3.5     | 8.5     |
| 14 | 9.劳务费                | 148             | 49      | 99      |
| 15 | 10.专家咨询费             | 7               | 2       | 5       |
| 16 | 11.其他费用              | 30              | 8.5     | 21.5    |
| 17 | 二、项目综合集成与调控费         | 25              |         | 25      |