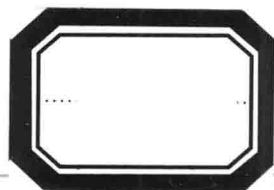




Guidelines for the Development of Bamboo Carbon Project in China

中国竹林碳汇项目开发指南

郭日生 彭斯震 ◎主 编
常 影 张小全 谢 茜 ◎副主编



Guidelines for the Development of Bamboo Carbon Project in China

中国竹林碳汇项目开发指南

郭日生 彭斯震 ◎主 编
常 影 张小全 谢 茜 ◎副主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

在“中法农村 CDM 开发试点与能力建设”支持下,项目组编写本书。本书介绍了中国竹类资源与开发潜力,林业碳汇项目与竹林固碳能力、自愿减排(VER)市场及碳汇项目开发标准,竹林碳汇项目的开发、运行和管理,竹林碳汇的计量和监测方法等内容,并通过具体案例加以了详细说明。

本书可供广大从事低碳发展、农林碳汇等相关工作的政府、科研和项目开发人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国竹林碳汇项目开发指南 / 郭日生,彭斯震主编. —北京:科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-037579-7

I. 中… II. ①郭…②彭… III. 竹林-二氧化碳-资源开发-项目-中国-指南 IV. S795.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 110769 号

责任编辑:李 敏 刘 超 / 责任校对:胡小洁

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 6 月第一次印刷 印张:10 3/4 插页:2

字数:300 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《中国竹林碳汇项目开发指南》

编写委员会

主 编 郭日生 彭斯震

副 主 编 常 影 张小全 谢 茜

编写人员（按照姓氏笔画排序）

王小李 王文燕 刘 聪 谷建龙

沈 琦 张小全 陈先刚 陈华栋

周 斌 郑 丽 秦 媛 栾 芸

郭日生 唐 艳 常 影 彭斯震

董燕萍 谢 茜 Ariane Ducreux

前言 Preface

森林和湿地是全球生态系统最重要的有机碳库。森林固碳较工业直接减排而言成本较低，同时森林对涵养水源、防风固沙、保护物种、维护生态平衡具有重要的作用，还能人类提供众多的林产品和林副产品，增加社会就业，促进经济发展。近年来，林业在应对气候变化中的特殊地位和作用越来越重要。林业作为生态建设的重点领域，在发挥森林生态效益的同时，也扮演着固碳增汇、节能环保的重要角色，已成为我国气候变化领域内政外交的重要举措。竹林作为森林的一种，作为碳汇项目开发既有共性也有其不同的特点。

在法国全球环境基金、法国开发署的资助下，中国 21 世纪议程管理中心组织实施了“中法农村清洁发展机制（CDM）开发试点与能力建设项目”（Rural Carbon Development and Capacity Building Project）。项目总体目标是利用 CDM 和自愿减排机制，促进我国西南农村地区的碳减排和可持续发展。法国开发署、法国全球环境基金提供 100 万欧元的赠款，执行期为 2010 年 11 月至 2013 年 11 月，共三年。

在法方专家和中方专家的指导下，项目组成员开展了云南西双版纳竹林造林项目及熊猫标准方法学开发、云南农村户用沼气小型黄金标准项目开发、四川户用沼气规划类清洁发展机制叠加黄金标准项目开发以及相关的能力建设等工作，取得了一定的成果。为了让更多利益相关方分享这些实践经验，中国 21 世纪议程管理中心对相关知识进行了梳理并对西双版纳竹林造林项目的开发过程进行了总结，希望从实践层面上，对中国竹林碳汇项目开发起到一定借鉴作用。

本书共分为 6 章，第 1 章和第 2 章介绍了中国竹类资源的特点、开发潜力以及林业碳汇项目的概念、类型和中国竹林碳汇的潜力，第 3 章和第 4 章详细介绍了 VER 市场的相关机制及碳汇项目开发标准，竹林碳汇项目的开发、运

行和管理流程，项目筛选的方法和利益相关方；第5章重点介绍了竹林碳汇的计量和监测方法；第6章以云南西双版纳竹林造林项目为例，介绍了竹林碳汇项目的开发与实践。

本书的编写得到了法国全球环境基金、法国开发署、大自然保护协会、北京环境交易所、清华大学、云南省 CDM 中心等机构的支持和协助，在此一并表示感谢。

书中不足和疏漏之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录 CONTENTS

前言

001 第1章 中国竹类资源与开发潜力

- 1.1 中国竹类资源及分布特点 2
- 1.2 竹类植物的生长繁殖 3
- 1.3 中国竹类资源的利用与发展潜力 7

015 第2章 林业碳汇项目与竹林固碳能力

- 2.1 林业碳汇项目的基本概念和类型 16
- 2.2 竹林生态系统固碳能力 21
- 2.3 中国竹林碳汇的潜力 33

045 第3章 VER 市场及碳汇项目开发标准

- 3.1 VER 市场的供给机制 46
- 3.2 VER 市场价格形成机制 57
- 3.3 基于减排项目的低碳融资 70
- 3.4 熊猫标准 75

079 第4章 竹林碳汇项目的开发、运行和管理

- 4.1 竹林碳汇项目的开发、运行、管理流程 80
- 4.2 项目筛选 83
- 4.3 利益相关方 88

094 第5章 竹林碳汇的计量和监测方法

- 5.1 林业碳汇项目方法学介绍 95
- 5.2 竹子造林项目碳汇计量方法 98
- 5.3 竹子造林碳汇监测方法 109

130 第6章 竹林碳汇项目的开发与实践

6.1	项目概况	131
6.2	采用的方法学	131
6.3	项目边界	133
6.4	土地合格性	140
6.5	基线情景和额外性	142
6.6	项目碳汇量	150
6.7	社会、经济和环境效益	155

目 录 CONTENTS

Preface

001	Chapter 1	Bamboo resource and its utilization potential in China	
	1.1	Bamboo resource and its distribution in China	2
	1.2	Bamboo's growth and reproduction	3
	1.3	Bamboo resource utilization and potential in China	7
015	Chapter 2	Forestry carbon project and the carbon sequestration capacity of bamboo	
	2.1	Concept and types of forestry carbon project	16
	2.2	Carbon sequestration capacity of bamboo ecosystem	21
	2.3	Potentiality of China's bamboo carbon sequestration	33
045	Chapter 3	VER market and the development standard for carbon project	
	3.1	Supply mechanism of VER market	46
	3.2	Price forming mechanism of VER market	57
	3.3	Low-carbon financing based on carbon emission reduction project	70
	3.4	Panda Standard	75
079	Chapter 4	Development, operation and management of Bamboo Carbon Project	
	4.1	The development, operation and management processes of Bamboo Carbon Project	80
	4.2	Project identification	83
	4.3	Stakeholders	88

094	Chapter 5	<u>Accounting and monitoring methods of bamboo carbon</u>	
	5.1	Introduction to the methodology of forestry carbon project	95
	5.2	The carbon accounting method of bamboo forestation project	98
	5.3	The carbon monitoring method of bamboo forestation project ...	109
 130	 Chapter 6	 <u>Development and practice of Bamboo Carbon Project</u>	
	6.1	Project overview	131
	6.2	Methodology	131
	6.3	Project boundary	133
	6.4	Land eligibility	140
	6.5	Baseline scenario and additionality	142
	6.6	Project carbon removals by sinks	150
	6.7	Co-benefits of social, economic and environmental	155

第 1 章

Chapter 1

中国竹类资源与开发潜力

1.1 中国竹类资源及分布特点

世界有竹类植物七十余属，一千二百余种，主要分布于热带和亚热带地区，少数种类分布于温带和寒带。由国际竹藤组织（INBAR）、联合国环境规划署（UNEP）、联合国粮食及农业组织（FAO）、中国及其他 INBAR 成员国合作开展的全球首次竹资源评价于 2005 年完成。来自亚洲、南美洲、非洲的 22 个主要产竹国提交了以全球森林资源评价框架为基础的竹资源国家报告。根据该报告，全球竹林面积约 8879 万 hm^2 ，非洲（AF）、亚太地区（AO）和拉丁美洲（LAC）竹林面积比例分别为 30%、39% 和 31%。全球竹林面积为森林面积的 3.9%，三大竹产区的竹林面积分别为各洲森林面积的 4.1%、4.4% 和 3.2%（吴君琦，2009）。据统计，中国有竹类植物 35 属，近 400 种，主要分布于北纬 40° 以南地区（江泽慧，2002）。中国竹文化历史悠久，是世界上竹类分布最广、资源最丰富、利用最早的国家之一，素有“竹子王国”之美誉。根据中国第七次森林资源清查报告，全国竹林面积 538.10 万 hm^2 ，其中毛竹林 386.83 万 hm^2 ，其他竹林 151.27 万 hm^2 ；竹林株数 829.00 亿株，其中毛竹种 91.57 亿株，其他竹种 737.43 亿株。毛竹林平均每公顷株数 1969 株，平均胸径 8.8cm。竹林分布在 19 个省（自治区、直辖市），其中竹林面积 30 万 hm^2 以上的有福建、江西、浙江、湖南、四川、广东、安徽、广西等 8 省（自治区），合计占全国的 88.64%。按竹林资源权属构成分类，国有竹林面积为 24.26 万 hm^2 ，占 4.51%；集体竹林面积为 104.18 万 hm^2 ，占 19.36%；个体竹林面积为 409.66 万 hm^2 ，占 76.13%（国家林业局，2009）。中国竹林面积从第一次森林资源清查（1973~1976 年）的 304.00 万 hm^2 增加到第七次清查（2004~2008 年）的 538.10 万 hm^2 （未计入台湾地区数据，下同），增长了 119%，竹林占全国有林地面积的比例由 2.87% 增加到 2.97%（图 1-1）。

由于各地气候、土壤和地形等变化和竹种生物学特性的差异，我国竹类分布具有明显的地带性和区域性。一般可分为 4 个分布区：①黄河—长江竹区，位于北纬 $30^\circ \sim 40^\circ$ ，年平均温度为 $12 \sim 17^\circ\text{C}$ ，年降水量为 600~1200mm。主要有刚竹属、苦竹属、箭竹属、赤竹属、青篱竹属、巴山木竹属等属的一些竹种。②长江—南岭竹区，位于北纬 $25^\circ \sim 30^\circ$ ，年平均温度为 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ ，年降水

量为1200~2000mm。本区为中国竹林面积最大、资源最丰富地区，其中毛竹林面积为280万 hm^2 。主要有刚竹属、苦竹属、短穗竹属、大节竹属、慈竹属、方竹属等属的一些竹种。③华南竹区，位于北纬 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，年平均温度为 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，年降水量为1200~2000mm以上。本区是中国竹种数量较多的地区，主要有籼竹属、牡竹属、酸竹属、藤竹属、巨竹属、单竹属、茶秆竹属、泡竹属、薄竹属、梨竹属等属竹种。④西南高山竹区，位于西部海拔1000~3000m的高山地带，年平均温度为 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ ，降水量为800~1000mm。本区是原始竹丛，也是大熊猫、金丝猴等珍贵动物的分布区，主要有方竹属、箭竹属、筇竹属、玉山竹属、慈竹属等属竹种（江泽慧，2002）。

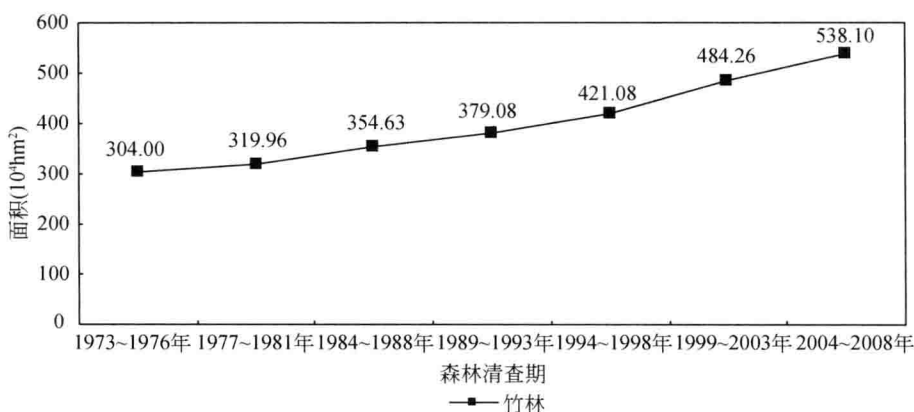


图 1-1 历次中国森林资源清查中的竹林面积

1.2 竹类植物的生长繁殖

1.2.1 竹子的适生条件

在竹子成片分布的范围内，南北气候差异的幅度相当大。年平均气温为 $12\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，1月平均温度为 $-2\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温为 $-20\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，年降水量为500~2000mm；年平均相对湿度为65%~80%。在竹子分布的北缘地带，年降水量少而集中，干旱期长，蒸发量大，冬季寒冷而风大。在这样的气候条件下，能适应生长的竹种不多，主要是些散生型和混生型的竹种。这些竹种的地下茎入土较深，鞭根和笋芽得到较好的保护，而且春季出笋，当年入冬前已经

相当老化,对于干、寒的气候具有较强的适应能力。从北到南,温度渐增,雨量渐多,湿度渐高,这些因子形成的气候环境,对竹子的分布和生长提供了优越的条件。而且竹子的种类和数量不断地增加,竹林的组成和结构也发生相应的变化,从散生竹到丛生竹,从稀疏散生到密集丛生。事实上,大多数丛生竹的地下茎入土较浅,竹子的部分秆基及芽眼经常露出地面,加以春秋出笋,当年新竹的木质化程度较差,经不起寒冷和干燥的环境条件,在纬度较高的北方生长受到限制。同一类型的竹子对气候的适应也有明显差异。例如在丛生型的慈竹属中,慈竹能耐一定的低温干燥气候,分布可达陕西南部;吊丝球竹次之,主要分布在广东、广西;大麻竹以云南省的西南部为其分布的北限。

同样,在垂直分布上竹子对环境条件的适应也是如此。在温度较低的高海拔地区,没有丛生竹生长,只有散生竹或者混生竹生长。一般来说,有竹子分布的丘陵山区的气候条件,比之于邻近平原地区,总是温度较低、降雨量和相对湿度较高,竹子垂直分布上限的气温常常低于其水平分布北界的气温。

竹子根系密集,竹秆生长快,生长量大,蒸腾作用强,既需要充裕的水分条件,又不耐积水淹浸,故对土壤的要求高于一般树种,适合竹子生长的土壤条件是:①土层较深,含有较多的有机质和矿质营养;②有良好的机械组成和物理性质,如孔隙性、透气度、持水能力和吸收能力等;③pH4.5~7.0。壤土具有良好的理化性质,是竹子生长的最好土壤,沙壤土和黏壤土次之,重壤土和石砾土最差。干燥的沙荒地,含盐量在0.1%以上的盐渍地或低洼积水和地下水位过高的地方,没有竹子生长(周芳纯,1998)。

1.2.2 竹类植物生长繁殖的特点

1) 竹类植物的营养器官有秆、枝、叶、箨、笋、地下茎(鞭、根),繁殖器官有花、果实、种子等。地表分散的竹秆,与地下的竹鞭连成一体,鞭生笋、笋成竹、竹养鞭,周而复始,繁衍发展,形成竹林。所以,一片竹林可以看作为一株“竹树”,地下茎(竹鞭)是“竹树”的主干;竹秆是“竹树”的主枝。

2) 竹类植物是种子植物,靠开花结实,用种子繁衍后代。但是,竹类植物营养生长期较长,一般要几十年或者几百年。多数竹种是1次开花的植物,

竹子开花后，竹株枯死，竹林衰败。

3) 竹类植物的秆、枝、鞭上有节。生长时每个节上具有节间分生组织。所以，竹秆的高度生长和竹鞭的长度生长十分迅速。

4) 竹类植物生长具有明显的节律性。竹类植物的秆、枝、叶、箨、笋、鞭、根等器官的生长，也都具有明显的节律性。

5) 竹类植物的营养生长和无性繁殖能力较强，只要按照竹子生长发育规律，实行科学经营管理，合理砍伐利用，竹林就可以不断地无形复壮（周芳纯，1998）。

1.2.3 竹类植物的个体生长

人们认识竹类植物生长是从其个体生长开始的。竹类植物的个体生长是指该个体从细胞分化、植株长成，直至衰老死亡的过程，其生长活动体现在竹秆、竹枝、竹叶、竹根、地下茎等器官的生长。

1.2.3.1 地下茎生长

竹类植物地下茎是竹株相互连接进行物质、能量交换的重要器官，它有三种类型，即单轴型、合轴型和复轴型。但就地下茎功能及其与竹林群体更新生长的关系而言，单轴型地下茎较合轴型及复轴型地下茎更显得重要。

(1) 单轴型地下茎

单轴型地下茎具节，节上生芽，芽是新竹秆和新地下茎形成的器官；地下茎能在土壤中横向蔓延较长的距离，因此又是竹林延伸扩展、维系竹林稳定的器官。具单轴型地下茎的竹类植物有15个属，其中14个属的两千余个竹种原产于中国，竹林面积达三百余万公顷；有二十余个竹种是目前主要的经济栽培竹种，其中毛竹面积最大，约占80%。单轴型地下茎状如鞭，竹鞭的延伸生长活动包括延长生长、年动态生长、横向生长、更新生长以及竹鞭生长与鞭-竹系统生长，竹鞭的抽鞭发笋能力与竹鞭的年龄及生长状况关系极为密切。竹鞭年龄不同，其生长发育程度、生活力强弱、贮存养分数量等方面都存在着差异，故抽鞭发笋的能力是不相同的。其中3~6年的壮龄鞭，组织充实，内含

物丰富，根系发达，生活力强，侧芽成熟，膨大肥壮，壮芽数量多，因此抽鞭发笋多质量好，竹林中 80% 以上的竹笋和新鞭是由壮龄鞭抽发的。

(2) 合轴型地下茎

合轴型地下茎实际上由竹秆的秆基和秆柄构成。秆柄细小节多，无根无芽，通常较短，不像单轴型竹鞭能长距离地下生长。同一竹种芽眼的大小和萌发能力与芽眼着生部位、竹秆年龄等有关，分布在秆基中下部的芽眼较上部位充实饱满，生活力强，萌发率高，萌发也较早，笋体肥大；着生在秆基上部尤其是露出地面的芽眼瘦小，生活力弱，萌发率不高，笋体细小。

(3) 复轴型地下茎

复轴型地下茎既有横走地下的竹鞭又有肥大短缩的合轴型地下茎，也即在同一鞭-竹系统中并存有单轴型和合轴型地下茎。复轴型地下茎由秆基芽眼长出能在地下横走长距离的竹鞭，竹鞭上的成熟侧芽萌发成竹或新的竹鞭，新竹秆秆基上的芽眼萌发成合轴型的地下茎。

1.2.3.2 竹秆生长

竹秆生长系指从笋芽分化开始到新竹长成，进入竹秆材质生长，直至竹秆老化衰亡的过程。竹秆生长规律因竹种不同而有差异，但是它们有着许多相同或者相似之处。

(1) 散生竹竹秆的生长

散生竹是指单轴型地下茎即竹鞭节上侧芽萌发出土所长成之竹，这些竹散生在林地上。典型的散生竹如毛竹竹秆生长可划分为 3 个阶段，即竹笋的地下生长、竹笋—幼竹的生长（竹子秆形生长）和成竹生长（竹秆材质生长）。①竹笋的地下生长。笋芽分化、竹笋形成、竹笋膨大生长是在土壤中进行的，故称竹笋的地下生长。散生竹竹笋地下生长起止的时间及其长短因竹种不同而异。②竹笋—幼竹的生长。竹笋只是竹秆的雏形，从竹笋出土生长到新竹抽枝展叶，是竹秆形态建设阶段，即秆形生长阶段。竹笋在土中生长时期，经过顶端分生组织不断地细胞分裂、分化、形成节、节间、节隔、笋箨和居间分生组

织，到出土前全笋（也是全株竹）的节数已定，出土后不再增加。竹笋生长从基部节开始，先是笋箨生长，继而节间分生组织逐节分裂伸长，推动竹笋移动，破土而出，直至高生长停止。③成竹生长。幼竹形成后，秆形生长结束，由于竹子无次生形成层组织，在以后的生命活动中，它的高度和粗度不再增加。幼竹形成后即进入材质生长阶段，竹子重量生长仍在进行，幼竹组织幼嫩，含水量高，干物质少，仅相当于成熟竹秆的40%左右。

（2）丛生竹竹秆的生长

丛生竹种由于遗传因子的作用，它的秆形生长活动与散生竹种有明显差异，但也有基本相似之处。丛生竹从芽眼萌发生长到整个竹株长成的过程，也是首先通过芽的顶端分生组织的分裂分化，形成节和节间分生组织，再经各节间分生组织的细胞分裂分化、伸长加大和成熟老化等几个阶段完成节间生长。

（3）混生竹竹秆的生长

混生竹秆基节较长，竹根较少，弯曲度小，两侧有芽眼2~6个。在土壤肥沃的条件下，生长良好的竹林主要靠竹鞭上的芽孢进行繁殖更新，萌芽长成新的竹秆，所长出的竹秆稀疏散生，很少密集成丛，表现出与散生竹竹林相同的特性。在贫瘠的土壤条件下或者林分受到严重损害时，秆基的芽眼则很少萌发长鞭，而是萌发抽笋长出成丛竹秆，呈现丛生竹基本特征（江泽慧，2002）。

1.3 中国竹类资源的利用与发展潜力

竹林四季常青、鞭根发达、生长速度快、繁殖能力强，具有很高的生态、经济和文化价值。竹林具有涵养水源、保持水土、调节气候、净化空气、减少噪声方面的功能；竹材作为木材的替代和补充材料，广泛用于建筑、交通、造纸、家具和工艺品制造等诸多领域，竹笋还是人们烹饪佳肴的膳食材料；竹子在中国文字艺术、绘画艺术、工艺美术、园林艺术、民俗文化的传承和发展中起着重要的作用（国家林业局，2009）。

发展竹产业对缓解木材供应的压力具有十分重要的意义。竹子在加工性能上是与木材不分伯仲的同类原料，其纤维的含量以及韧性超过木材，在板材加