

黄土高原淤地坝坝地淤积物两个重要物理特性指标研究

李勋贵¹, 李占斌^{2,3}, 魏霞³

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 西安 710054;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100;

3. 西安理工大学 水利水电学院, 西安 710048)

摘要:淤地坝淤积过程机理的研究是个薄弱环节, 坝地淤积物的主要物理特性指标的研究能为淤积过程机理的研究提供重要依据。在调查典型淤地坝挖掘剖面采集土样的基础上, 通过室外试验与室内分析计算相结合的方法, 研究了坝地各层淤积物的干容重和粒径级配两个物理特性。结果表明: 淤积程度相似(淤积年限相近, 淤积层数相当), 淤积物的干容重的变化规律类似; 对于同一座坝, 淤积层厚度相近的各个淤积层, 其干容重从上到下有增大的趋势; 坝地各层淤积物的粒径主要集中在 0.025 ~ 0.1 mm 之间。该结果可为进一步求解淤积沙量, 建立各淤积层淤积量与次侵蚀性降雨的相关关系提供重要参数。

关键词:黄土高原; 淤地坝; 物理特性指标; 干容重; 颗粒级配; 淤积过程

中图分类号: S157.31

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)02-0218-03

Two Key Physical Characteristics Indexes of Farmland Sediment for Check Dams in Loess Plateau

LI Xun-gui¹, LI Zhan-bin^{2,3}, WEI Xia³

(1. Environmental Science and Engineering College, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100;

3. Institute of Water Resources and Hydropower Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Depositing process mechanics is the unsubstantial part, study on physical characteristics indexes of farmland sediment for check dam is very important for depositing process mechanics. Based on the data from field investigation of typical check dams, by combining outdoor experiments with indoor experiments, the sediment physical characteristics indexes of farmland sediment was researched. The result indicates that dry bulk density variation rule is simulated while depositing degree resembles; for the same check dam, the dry bulk density has a increasing tendency from upper layer to bottom layer while the thickness of depositing layer resembles; the grain diameter was mainly distributed among the range from 0.025 mm to 0.1 mm. The results were useful for providing important parameters for solving depositing sediment and building the co-relationship between the sediment amount of the sedimentation layer and the precipitation.

Key words: Loess Plateau; check dam; physical characteristics; dry bulk density; grain composition; depositing process

黄土高原是世界上水土流失最为严重的地区, 治理水土流失的措施一般有生物措施、耕作措施和工程措施, 其中淤地坝措施是一种行之有效的工程措施, 它与耕作措施和生物措施相比, 既能有效防止水土流失, 又能形成坝地, 充分利用水土资源, 具有十分重要的作用^[1-3]。随着国家西部生态环境治理的逐步实施和开展, 淤地坝成为了水利部三大亮点工程之一。然而, 到目前为止, 有关淤地坝的研究主要集中在坝系优化布局、坝系相对稳定性以及坝地的生产效益等方面, 对于淤地坝淤积过程机理研究甚少^[4-6], 主要原因在于淤地坝的规划设计还未走上正轨以及有关的实时监控措施未能配套, 为此, 就必须从分析研究坝地各层淤积物的主要物理特性指标入手, 以便为淤地坝的淤积过程机理的研究提

供重要的依据。针对这种情况, 本文以陕北子洲县小河沟流域的石畔岗坝和靖边县红河则小流域的张山坝为研究对象, 采用典型坝的勘察观测取样分析与室内实验计算分析相结合的研究方法, 分析各典型坝前淤积物的淤积层厚度、干容重、颗粒级配等淤积物的物理特性指标, 为淤积物来源的还原以及淤积过程的分析提供重要参数。

1 研究区概况

本次研究主要以陕北子洲县小河沟流域和靖边县红河则小流域为研究区, 研究区概况如下:

小河沟流域位于陕西省榆林市子洲县南部, 距县城约 12 km, 地理坐标介于东经 109°47'42" ~ 109°55'61", 北纬 37°

* 收稿日期: 2006-06-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371075); 国家科技攻关计划项目(2002BA901A43)

作者简介: 李勋贵(1978-), 男, 广西北流人, 博士研究生, 主要从事水文及水资源等方面的研究。

36 17 ~ 37 43 34,属于大理河一级支流,无定河二级支流。流域面积 63.5 km²,流域全长 18.03 km,平均宽 4.4 km,形状呈长条形;主沟长 16.47 km,平均比降 1.42%,沟壑密度 5.3 km/km²,为黄土丘陵沟壑区第 副区,主沟道呈“U”型,支沟呈“V”型。流域多年平均降水量为 421 mm,70%左右集中在 7~9 月,24 h 最大降雨量 150 mm,年径流总量 285.75 万 m³,年径流深 45 mm,多年平均侵蚀模数为 15 000 t/(km²·a),年均输沙量 92.25 万 t。

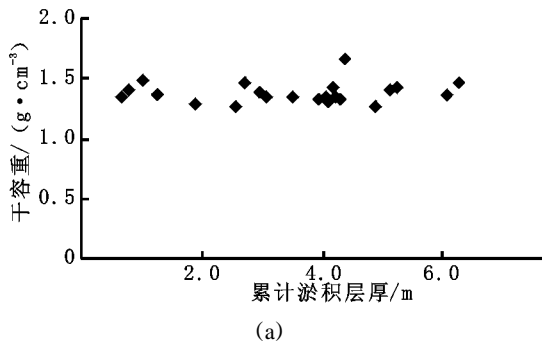
红河则小流域,属于无定河流域大理河上游一级支流,地理坐标介于东经 108 53 30 ~ 109 2 00,北纬 36 42 23 ~ 36 45 20,地处黄土丘陵沟壑区,控制面积 76.2 km²,主沟道长 10.2 km,沟壑密度 5.3 km/km²。暴雨是侵蚀的主导因素,全年的流失多集中在汛期。据青阳岔水文站观测,流域内多年平均降雨量 440.4 mm,流域多年平均径流量 267.5 万 m³,多以洪水形式出现。多年平均输沙量为 1.63 万 t,年侵蚀模数 1.35 万 t/(km²·a),而汛期输沙量为 41.6 万 t,占年输沙量的 56.3%。浑水径流含沙量高,往往形成高浓度的泥流向大理河输送。

2 研究方法

2.1 典型坝选取与淤积层划分

根据本文研究的目的,典型坝是位于沟头的“闷葫芦”坝,以保证坝地淤积物来源于降雨径流冲刷该坝控面积上的坡耕地、牧荒坡及沟谷陡崖等不同土地利用类型表层土壤及其更深层的土壤侵蚀量全部被该坝拦蓄,形成坝地淤积物;且具有一定的淤积年限,以便在统计分析是具有代表性;为了减少挖取剖面的工作量所选典型坝为水毁坝(部分拉裂或全部垮掉)。在满足以上三个原则的条件下,本文主要以陕北子洲县的石畔峁坝和靖边县的张山坝为对象进行分析研究。

本文调研选取的剖面都是紧邻淤地坝的,属于淤地坝坝



体与坝地的交接处。由于落淤在坝地下游的淤积物主要以黄土、胶泥、沙土为多,在一场暴雨洪水中淤积物有泥也有沙,因此,在挖取剖面分层量取淤积层厚度以及采取土样时把相邻的泥和沙划为一层,而且每一层应该遵循淤泥在上,沙在下的原则。对于只有一层淤泥而沙层有好几层的情况(这时的沙和沙之间的区别不是太明显,可以通过淤积沙的颜色和纹理来区分,例如:靖边县张山坝的淤积层中有的沙颜色偏褐色,有的颜色偏黄色,这时就认为是两场相邻降雨,在第一场降雨所形成的淤积物还未完全形成,淤积物表面还未形成固结的淤积层,坝控面积上的各种土地利用类型表面上的次侵蚀剖面尚未得到修复时,接着又有了另一场降雨,在上一次降雨的基础上,更容易产生侵蚀,淤积沙量也比较大,但就是缺少径流从坡面上冲刷下来的细土层,只是单纯的沙),将泥层和紧挨该泥层的那层沙认为是同一层。

2.2 样品采集

本文样品的采集采用地形剖面法,土样为各分层土样,即按照以上选坝原则与淤积层的划分标准,把坝体的水毁残留断面挖成之字形台阶状,台阶高 1 m 左右,留取一个 1 m 见方的平台以便于取土样和测量层高。当遇到某些淤积厚度大于 1 m 的淤积层时,就以该层淤积厚度为台阶高度,接着在各台阶修整剖面准备取样,发现剖面在外观上有明显的分层现象,并对其拍照(见图 1)。本次干容重的测定,采用环刀法进行。在采样时,必须考虑到沙粒沉积的先后顺序,并且保证每个淤积层上的所有深度的土样都应该被采集到,在用环刀垂直剖面取土样时,给环刀依次做好标记,沿深度方向逐步取土,以便测定其干容重(沿横向方向取样 3 次,取 3 次平均,作为该断面该层的干容重);同时,根据淤积厚度的大小,对每一土层采集土样 1~2 布袋(每层采样大约 2 kg),并逐一进行标号,以便研究淤地坝坝地淤积物的物理特性,取样深度为淤积年限内的所有淤积物的总厚度。

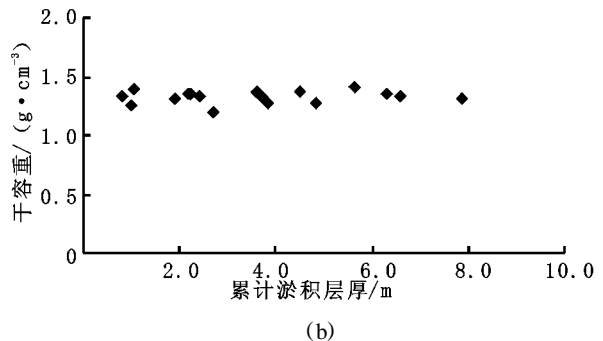


图 1 淤地坝现场淤积层拍摄图

3 结果与分析

干容重和粒径级配是坝地淤积物的两个非常重要的物理特性指标,各种与泥沙冲淤有关的分析计算都需要以干容重这一指标进行重量与体积的转换,坝地上的每层泥沙的淤积量的求解要以该指标为转换参数;而坝控范围内的沟坡土壤颗粒的组成以及在淤积年限内的土壤颗粒组成的变化都需要以各淤积层的粒径级配为判别依据,故本文对坝地淤积物的物理特性指标的研究主要考虑坝地各层淤积物的干密度、粒径级配。

3.1 各淤积层淤积物的干密度

淤积物干密度是反映淤积信息的重要参数,也是坝地淤积沙量求解的基本数据,本研究综合运用环刀法和烘干法对

土壤干密度进行测定计算。图 2 和图 3 分别为调研两座典型坝的累计淤积层厚度和干容重关系图。

由图对比可以看出,图 2、图 3 所示两座坝的淤积厚度分别为 6.28 m 和 7.89 m,其干容重总体沿深度方向的变化不是太明显,虽大小有增有减,但其数值波动范围不大。石畔峁坝总挖淤积层共 22 层,测得总厚度的平均干容重为 1.38 g/cm³,各淤积层的干容重变化范围在 1.26 ~ 1.66 g/cm³ 之间;张山坝总挖淤积层深总共 17 层,测得总厚度的平均干容重为 1.33 g/cm³,各淤积层的干容重变化范围在 1.20 ~ 1.41 g/cm³ 之间。石畔峁坝和张山坝分别属于大理河的两个典型的地形地貌带,土壤土质以及侵蚀方式有着非常明显的差异,但由于其淤积年限接近,淤积层数相当(即淤积程度相似),其干容重值也接近,其变化规律也类似。

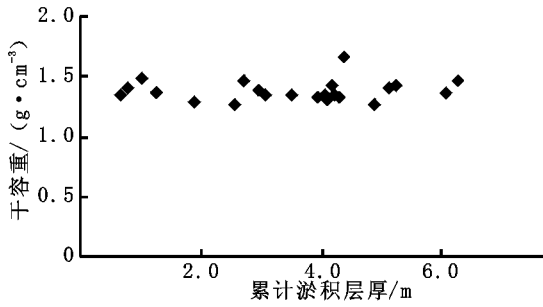


图 2 石畔峁坝干容重与淤积深度关系

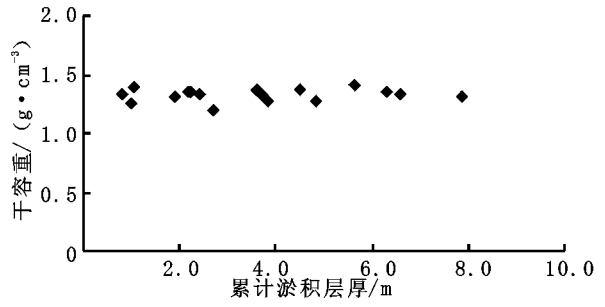


图 3 张山坝干容重与淤积深度关系

同时,由两座坝的干容重测定结果表可以得知:对于同一座坝,淤积层厚度相近的各个淤积层,其干容重从上到下有增大的趋势,比如石畔峁坝的干容重测定结果表中,从上至下淤积层第 3,4,8,19,22 的淤积层厚度比较接近,分别是 0.24 m、0.25 m、0.23 m、0.22 m、0.21 m,其对应的干容重分别是 1.480 g/cm³、1.371 g/cm³、1.385 g/cm³、1.397 g/cm³、1.474 g/cm³。张山坝的干容重测定实验中,从上至下淤积层第 1,4,9,14 的淤积层厚度比较接近,分别是 0.80 m、0.85 m、0.91 m、0.80 m,其对应的干容重分别为 1.343 g/cm³、1.307 g/cm³、1.374 g/cm³、1.408 g/cm³;从上至下淤积层第 8,13,16 的淤积层厚度比较接近,分别是 0.28 m、0.30 m、0.30 m,其对应的的刚容重分别为 1.200 g/cm³、1.276 g/cm³、1.336 g/cm³。其相应的结果表见表 1、表 2。由以上分析可知,除了第三组(第 8,13,16 淤积层)外,第一组(第 3,4,8,19,22 淤积层)、第二组(第 1,4,9,14 淤积层)除了第一个淤积层的干容重较大,不遵循干容重从上到下有增大的趋势外,这两组中其余的淤积层均遵循该规律。这说明淤积物干密度与上覆土压力、埋置深度、淤积时间等因素有关,一般埋置越深、上覆土压力越大、淤积时间越长,干密度也越大。而靠近地表的淤积层由于人类活动的影响,其干容重的变化有所不同。

3.2 淤积层颗粒分析

为分析淤积地坝不同淤积层淤积物的粒径分布特征及其规律,综合运用筛分法,比重计法和吸管法,对土样进行了颗粒分析。在实验结果中,随机抽取若干淤积层的数据,绘制出石畔峁坝和张山坝的颗粒级配曲线图如图 4、图 5 所示。

从图 4、图 5 可以看出,各淤积层淤积物的粒径主要分布在 0.025 ~ 0.1 mm 之间,而大于 0.1 mm 和小于 0.025 mm 粒径的淤积物所占比例极小。根据无泄洪设施的淤积地坝在淤积年限内对泥沙全拦全蓄的特性,这说明径流对于坡面上土粒的冲刷作用具有一定的分选性。通常的侵蚀性降雨都能将粒径在 0.025 ~ 0.1 mm 范围内的颗粒从坡面上冲

刷下来,进而搬运至下游在淤积地坝坝前沉积下来。对于较小颗粒,由于其粘滞性相对较大;而对于较大颗粒,地表径流的冲刷不足以对它形成搬运作用,这样就使得这两种粒径范围内的颗粒在淤积物中所占比例较小。由图 4、图 5 还可以看出,石畔峁坝除第 15 层外,其余所选各层级配曲线相对集中;张山坝除第 11 层外,其余所选各层级配曲线相对集中,这又说明在同一座坝中各淤积层粒径分布规律大体一致,即相同粒径的颗粒在各自所在层所占的比例基本相同,这就从一个侧面反映出淤积地坝控范围内的沟坡土壤颗粒组成在一定时期内具有一定的稳定性。

表 1 张山坝的干容重试验部分结果表

淤积层数	从上向下 每层厚度/ m	从上向下 累计层厚/ m	干容重/ (g · cm ⁻³)
1	0.80	0.8	1.343
4	0.85	1.91	1.307
8	0.28	2.70	1.200
9	0.91	3.61	1.374
13	0.30	4.82	1.276
14	0.80	5.62	1.408
16	0.30	6.59	1.336

表 2 石畔峁坝的干容重试验部分结果表

淤积层数	从上向下 每层厚度/ m	从上向下 累计层厚/ m	干密度/ (g · cm ⁻³)
3	0.24	1.03	1.480
4	0.25	1.28	1.371
8	0.23	2.95	1.385
19	0.22	5.12	1.397
22	0.21	6.28	1.474

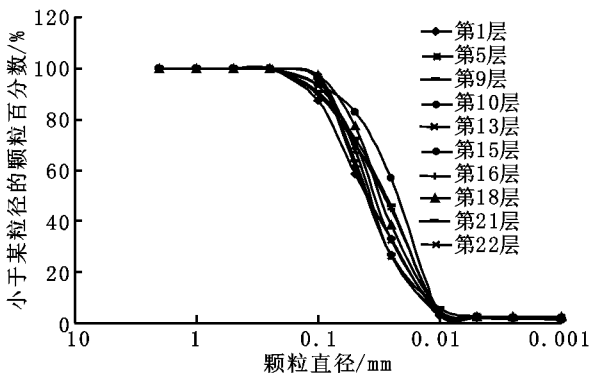


图 4 石畔峁坝颗粒级配曲线

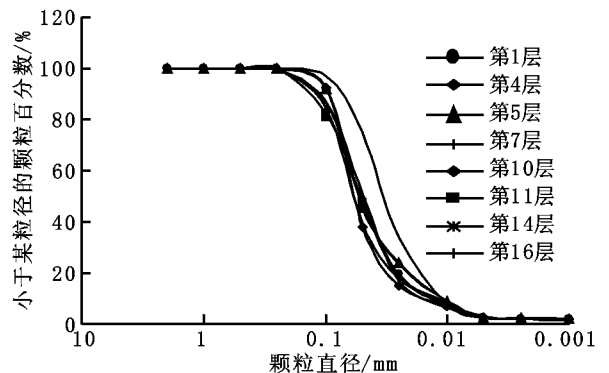


图 5 张山坝颗粒级配曲线

表 2 封改类型物种多样性变化

样地号	株数	S		D		J		C			
		2001年	2004年	2001年	2004年	2001年	2004年	2001年	2004年		
1	乔	12	39	2	7	0.41	0.45	0.41	0.52	0.83	0.55
	灌	94	92	9	10	0.69	0.64	0.72	0.60	0.31	0.36
2	乔	8	8	1	1	0	0	0	0	1	1
	灌	453	219	19	8	0.83	0.70	0.72	1.32	0.17	0.30
4	乔	14	36	4	6	0.23	0.26	0.55	0.35	0.77	0.74
	灌	128	143	25	8	0.82	0.51	0.74	0.52	0.18	0.49
8	乔	17	35	7	11	0.85	0.89	0.92	0.93	0.15	0.11
	灌	138	379	9	11	0.68	0.70	0.83	0.57	0.32	0.30

抚育和补植措施在灌木层的效果较为明显,目的树种的数量增加,杂灌的数量减少所以在整体上表现不明显,2号 and 4号的物种数 S 下降了 58%和 64%,Simpson 指数下降了 8%~37%,均匀度只有 2号样地增加,其他样地均有不同程度的下降,优势度增加了 18%~176%。可见改造后的灌木层物种、株数、多样性指数下降较多,归因于抚育将原来萌生能力强经济价值不大的灌木树种从灌木层中清除,目的树种的地位正在上升优势度增加。调整后的灌木层结构、组成及外貌都更加合理。

3.3 封造类型群落多样性变化

封造类型是采伐后形成的疏林地和毁林开荒后形成的弃耕地,植被以草本为主,主要的措施是人工补植有经济和生态价值的树种同时清除了影响目的树种生长的杂灌和杂草,所以改造的变化主要体现在灌木层的变化上。从表 3 可见,株

参考文献:

[1] 朱守谦. 贵州部分森林群落物种多样性初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(4): 286 - 295.
 [2] 项华均, 等. 热带森林植物多样性及其维持机制[J]. 生物多样性, 2004, 12(2): 290 - 300.
 [3] 胡庭兴. 低效林恢复与重建[M]. 北京: 华文出版社, 2002.
 [4] 杨一川, 等. 峨眉山峨眉栲、华木荷群落研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 105 - 119.
 [5] 黄建辉, 等. 北京东灵山地区森林植被的物种多样性分析[J]. 植物学报, 1991, 36(增): 178 - 186.
 [6] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337 - 344.
 [7] 兰思仁. 武夷山国家级自然保护区植物物种多样性研究[J]. 林业科学, 2003, 39(1): 36 - 43.
 [8] 周立江. 低效林评判与改造途径的探讨[J]. 四川林业科技, 2004, 25(1): 16 - 23.

(上接第 220 页)

4 结论

本文主要通过选取典型坝, 挖取坝地剖面, 进行淤积层的判别识别与划分, 量取每层淤积物的淤积厚度, 采集每层淤积物的淤积土样, 研究了典型淤地坝坝地淤积物的干容重以及粒径级配两个主要物理特性指标, 并得出了如下结论:

(1) 对于同一座淤地坝, 淤积层厚度相近的各个淤积层, 其干容重从上到下有增大的趋势; 淤积程度相似, 其干容重值也接近, 其变化规律也类似。

(2) 淤积物干容重与上覆土压力、埋置深度、淤积时间等

参考文献:

[1] 方学敏, 万兆惠, 匡尚富. 黄河中游淤地坝拦沙机理及作用[J]. 水利学报, 1998, (10): 49 - 53.
 [2] 曾茂林, 朱小勇, 康玲玲, 等. 水土流失区淤地坝的拦泥减蚀作用及发展前景[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 126 - 133.
 [3] 郑宝明. 黄丘 I 副区淤地坝合理利用模式及效益评价[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 52 - 56.
 [4] 陕西省水保局陕北淤地坝调查组. 1994 年陕北地区淤地坝水毁情况调查[J]. 人民黄河, 1995, (1): 15 - 18.
 [5] 王允升, 王英顺. 黄河中游地区 1994 年暴雨洪水淤地坝水毁情况和拦淤作用调查[J]. 中国水土保持, 1995, (8): 23 - 28.
 [6] 黎汝静, 刘思忆. 关于淤地坝水毁研究的几个问题[J]. 中国水土保持, 1995, (12): 43 - 44.

数下降 18%~51%, 物种数 S 下降 14%~40%, Simpson 指数变化不大, 均匀度下降了 2%~35%, 优势度升高了 14%~33%。补植后改变了原来的荒坡状态, 目的树种杨树、刺槐、酸枣、喜树等的进入使得整个群落向灌丛阶段恢复。

表 3 封造类型灌木层物种多样性变化

样地号	株数		S		D		J		C	
	2001年	2004年	2001年	2004年	2001年	2004年	2001年	2004年	2001年	2004年
6-1	235	192	20	12	0.83	0.77	0.71	0.73	0.17	0.23
6-2	423	206	7	6	0.71	0.67	0.71	0.65	0.29	0.33
9	757	497	16	12	0.53	0.59	0.39	0.52	0.47	0.41

4 小结

群落物种多样性是物种丰富度和分布均匀度的综合反映, 体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境的差异^[6], 是揭示植被组织水平的生态基础, 反映了生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的异质性^[7]。低效林通常不具有生物多样性, 纯林、同龄的种群结构本身就造成了林分较差的稳定性和持续性。树种结构单一是产生低效林的主要原因^[8]。低效林的改造应着眼于区域生态系统, 需要形成丰富多彩的生物种群, 以抗拒可能产生的系统风险。因此, 本文用物种的多样性的变化来分析不同类型低效林的改造的效果。结果表明, 整个林分结构向着更加合理的针阔混交林方向发展。

致谢: 陈波、王应泉、甘吉学、任家华、冯海等协助了野外调查和数据整理工作。