

金沙江干热河谷区人工林生长与土壤母质—母岩的关系

张建辉, 李 勇, 杨 忠

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 采用数值分类方法研究了金沙江干热河谷区人工林生长与土壤母质—母岩的关系。选取反映本区植被生长状况的树高、树胸径、树胸高断面积、全林生物量、树高增长率、树胸径增长率和全林净生产量等 7 个分类特征指标作为变量, 采用主成分分析与判别分析构成的综合分类方法对本区主要成片造林区 14 个样地的林分生物量 and 生产力进行归类。结果表明, 本区林分生物量 and 生产力基本上取决于林地土壤母质—母岩类型, 而与其它因素关系较弱; 不同土壤母质—母岩类型的林分生物量 and 生产力的顺序为: 谷地冲积物> 坡地片岩/砾石层> 坡地泥岩。

关键词: 干热河谷; 林分生产力; 数值分类; 土壤母质—母岩; 植被恢复

中图分类号: S718.51; S718.55⁺1.2

文献标识码: A

云南元谋低山区(海拔 950 m~1 350 m)是金沙江流域下游的典型干热河谷区^[1,2]。区内年均降雨量 611.1 mm, 年均蒸发量 3 911.2 mm, 干旱指数 2.8, 平均相对湿度 53%, 年均气温 21.9℃, 年均日照 2 670.4 h, 全年基本无霜。在这样高温缺水的环境下, 植被生长非常困难。该区由于滥垦过牧, 植被破坏严重, 导致剧烈的水土流失。在过去几十年, 虽然政府部门一直在号召植树造林, 但低山区的森林覆盖率仍然很低, 仅 0.06%^[3]。自 1991 年以来, 在国家有关部门的重视下, 当地政府根据地方社会经济条件, 采用科学的种植管理技术, 建造了一批示范林。尽管采取了相同的种植管理技术, 但是不同造林片区的植被生长状况却有明显的差别^[4]。为进一步较大范围的恢复植被和重建生态, 值得对造成这些差别的原因进行总结分析。本文通过对元谋干热河谷区成片造林地植被生长状况的数值分类, 试图探明影响植被恢复的主要自然因素。

1 研究方法

1.1 样方测定

选取元谋干热河谷区主要成片造林地区小横山、哨房坡、大空、丙间等地。植被类型为乔、灌、草的结合, 主要种类分别是人工种植的桉树(*Eucalyptus*

camaldulensis Dehl)、车桑子(*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq)和余甘子(*Phyllanthus emblica*)及自然生长的扭黄茅(*Heteropogon contortus*)。林龄一般为 6 a~8 a。每一区域包含若干不同的立地类型(见表 1), 每一立地类型设置一面积为 20 m×20 m 的植被调查样地。对样地内桉树进行每株检测, 取一株标准木进行树干解析, 用相对生长法确定生物量。灌木、草本采用收获法测定生物量。样方有关测定项目如表 2。

1.2 数值分析方法

选取树高(x_1)、树胸径(x_2)、树胸高断面积(x_3)、全林生物量(x_4)、树高增长率(x_5)、树胸径增长率(x_6)、全林净生产量(x_7) 7 项指标作为变量, 对研究区林分生物量 and 生产力大小进行综合数值分类, 涉及的方法主要包括主成分分析和判别分析^[5,6]。采用 SPSS 8.0 统计分析软件^[7]进行运算。

2 结果与分析

2.1 主成分分析分类

以上述所选 7 个指标为变量, 作主成分分析, 得到反映原 7 个指标的综合指标即主成分。7 个主成分之中, 第 1 和第 2 主成分的特征值之和占总方差的 95.03%(图 1), 由此可见, 这两个新的指标(主成分)综合了原始数据的绝大部分信息。因此, 我们可

收稿日期: 2000-12-15, 改回日期: 2001-01-20。

基金项目: 中国科学院山地环境学“百人计划”和国家自然科学基金(40071054)。

作者简介: 张建辉(1963-), 男(汉族), 四川崇州市人, 副研究员。目前主要从事土壤侵蚀与土壤质量、土壤物理、山地植被恢复与重建等方面的研究。先后主持或作为主研人员参加国家攻关、自然科学基金、院省项目等 10 余项。发表论文 40 余篇。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 样地的基本特征

Table 1 Fundamental characteristics of sample plots

样 地 Sample code	海拔高度 Elevation (m)	土壤母质-母岩 Soil parent materials/rocks	坡 位 Slope segment	坡 向 Exposure	坡 度 Steepness (°)	侵蚀情况 Erosion degree	地 点 Location
YM 6	1070	砾石沉积层 Gravel deposits	上部 Upper	S	15	轻度片蚀 Light sheet	小横山 Xiaohengshan
YM 7	1055	泥岩风化物 Mudstone	中 部 Middle	S	20	中度沟蚀 Medium gully	小横山 Xiaohengshan
YM 8	1030	泥岩风化物 Mudstone	下 部 Down	SW20	5	强度片蚀 Severe sheet	小横山 Xiaohengshan
YM18	1070	砾石沉积层 Gravel deposits	上 部 Upper	S	18	轻度片蚀 Light sheet	小横山 Xiaohengshan
YM19	1045	泥岩风化物 Mudstone	中下部 Low-mid.	S	8	强度片蚀 Severe sheet	小横山 Xiaohengshan
YM11	1165	泥岩风化物 Mudstone	中下部 Low-mid.	NE45	5	中度片蚀 Medium sheet	哨房坡 Shaofangpo
YM13	1170	砾石沉积层 Gravel deposits	中下部 Low-mid.	NE45	10	轻度片蚀 Light sheet	哨房坡 Shaofangpo
YM14	1175	砾石沉积层 Gravel deposits	上 部 Upper	NE45	10	轻度片蚀 Light sheet	哨房坡 Shaofangpo
YM16	1160	泥岩风化物 Mudstone	下部 Down	N	2	强度沟蚀 Severe gully	哨房坡 Shaofangpo
YM21	1220	砾石沉积层 Gravel deposits	中下部 Low-mid.	NW20	8	中度片蚀 Medium sheet	大 空 Dakong
YM22	1280	片岩风化物 Schist	中 部 Middle	NW30	15	轻度片蚀 Light sheet	大 空 Dakong
YM23	1220	泥岩风化物 Mudstone	中下部 Low-mid.	NW55	10	强度片蚀 Severe sheet	大 空 Dakong
YM17	1275	砾石沉积层 Gravel deposits	中下部 Low-mid.	NE55	2	强度片蚀 Severe sheet	丙 间 Bingjian
YM20	1210	冲积物(谷地) Alluvial deposits	下 部 Down	NE45	2	轻度沟蚀 Light gully	丙 间 Bingjian

表 2 林分生物量和生产力指标统计特征

Table 2 Statistic features of initial indices
on forest biomass and productivity

指标 Index	范围 Value Range	平均值 Mean	标准差 SD	样本数 Sample number
树高 Tree Height (m)	3.59~8.80	6.16	1.54	14
树胸径 Tree DBH (cm)	2.79~9.20	5.01	1.64	14
全林生物量 Total biomass (t/hm ²)	10.47~94.33	39.92	24.89	14
树胸高断面积 Basal area at DBH (m ² /hm ²)	2.25~19.08	8.29	4.48	14
树高增长率 Tree height growth rate (m/a)	0.32~1.21	0.83	0.26	14
树胸径增长率 DBH growth rate (cm/a)	0.21~1.15	0.68	0.27	14
全林净生产量 Total net production (t/hm ² ·a ⁻¹)	1.17~11.04	4.81	2.87	14

以以第 1、2 主成分分别为横、纵座标所构成的平面图对林地进行分类(图 2)。

从以方差最大旋转法得到的主成分负荷矩阵(表 3)可见,第 1 主成分构成中,以全林生物量、树高、树胸高断面积、树胸径 4 个变量的负荷系数较高,占第 1 主成分总负荷的 74 %;第 2 主成分中负荷系数较大的是 7 个变量中的剩余 3 个变量,即树高增长率、树胸径增长率、全林净生产量,占第 1 主成分总负荷的 66 %。根据这些变量的原始含义,我们可以得到这两个主成分所反映的植被生长特征。第 2 主成分主要概括了植被生长的状态因子,以树生物量代表林分生物量指标;第 2 主成分则反映植被生长速率,以树高增长率代表林分生产力指标。

图 2 中 X 轴(第 1 主成分)从左到右主要为全林生物量、树高、树胸高断面积和树胸径的递增,代表林分生物量从小到大。Y 轴(第 2 主成分)自下至上主要为树高增长率、树胸径增长率和全林净生产量递增,代表林分生产力由低至高。两个主成分的结合反映了本区植被的综合生长状况。

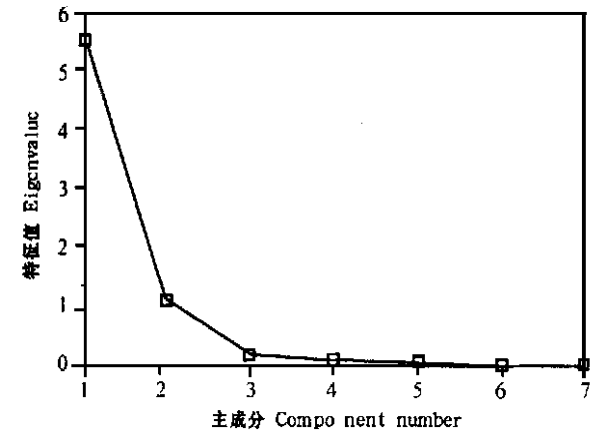


图1 主成分特征值散点图

Fig. 1 Scree plot of principal component eigenvalues

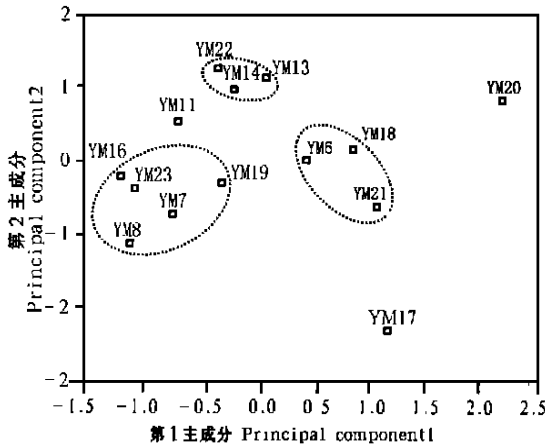


图2 主成分分析分类散点图

Fig. 2 Classification scree plot of principal component analysis

表3 主成分负荷(方差最大旋转法)

Table 3 Loadings of principal component (Varimax with Kaiser Normalization)

主成分		树高	树胸径	全林生物量	树胸高断面积	树高增长率	树胸径增长率	全林净生产量	总和
Principal component		Tree Height	Tree DBH	Total biomass	Basal area at DBH	Tree height growth rate	DBH growth rate	Total production	Sum
1	Loading	0.8990	0.8618	0.8816	0.9734	0.2062	0.3348	0.7324	4.8892
	%	18.39	17.63	18.03	19.91	4.22	6.85	14.98	100
2	Loading	0.2900	0.4671	0.4256	0.1035	0.9594	0.9326	0.6330	3.8112
	%	7.61	12.26	11.17	2.72	25.17	24.47	16.61	100

主成分分析对 14 个不同类型样地的分类结果(图 2)如下:丙间的谷地 YM20 和砾石层坡地 YM17 远离图中散点集中区且彼此分离较远,这两个样地拟各自成一类。散点集中区 12 个样地除 YM11 外可划分为有明显区别的 3 大类:YM7、YM8、YM16、YM19、YM23 归为第 I 类;YM13、YM14、YM22 归为第 II 类;YM6、YM18、YM21 归为第 III 类。

2.2 判别分析分类

采用主成分分析将研究样地划分为几个不同类型,但这样的分类对个别散点的归类不可避免具有一定的主观性。从样地散点图(图 2)看见,对于聚集较集中的点容易对其归类,而对位于两个散点集中区之间的散点的隶属类型则较难确定。凭人为划分的结果则必然影响分类的客观性。因此,需进一步采取判别分析确定个别不确定样地的归属。

前已述及,样地 YM17、YM20 远离散点集中区,已清晰地自成一类,因而无需对其作判别分析。但样地 YM11 介于 I 类和 II 类之间,其隶属问题具有不确定性,因而需对其加以判别确定归属。对其余 11 个样地按 3 个类型采用 Fisher 准则判别分析方法计算,以组内协方差

矩阵为并类依据,得到两个正则判别函数:

$$F_1 = -0.94x_1 - 2.93x_2 + 0.78x_3 + 7.92x_4 - 2.11x_5 + 5.87x_6 - 8.38x_7 \tag{1}$$

$$F_2 = 1.43x_1 - 0.69x_2 + 0.95x_3 - 3.25x_4 - 0.36x_5 + 0.31x_6 + 3.08x_7 \tag{2}$$

第 1、第 2 判别函数 F_1 、 F_2 的权重系数分别为 80.7 %和 19.3 %,可见第 1 判别函数的判别能力占据了整个判别分析中的绝大部分。

根据正则判别函数 (1) 和 (2),以第 1 正则判别函数 F_1 为横坐标,第 2 正则判别函数 F_2 为纵坐标构成样地分类的平面图(图 3),可以看出 3 个区域界限十分明显,类均值(重心)分别位于一个近似正三角形的各个顶点。预测分类(将各观测值代入建立的判别函数)结果指出各类的观测值无一错判。

进一步计算各类的线性判别函数,得:

第 I 类判别函数

$$F_1 = 45.13x_1 - 63.70x_2 - 2.73x_3 + 3.62x_4 - 308.97x_5 + 639.52x_6 - 32.42x_7 - 40.06 \tag{3}$$

第 II 类判别函数

$$F_{II}=45.50x_1-111.81x_2+5.08x_3+10.14x_4-467.06x_5+1170.23x_6-76.16x_7-120.26$$

(4)

第 II 类判别函数

$$F_{III}=29.60x_1-131.17x_2+3.38x_3+19.58x_4-541.64x_5+1492.79x_6-134.75x_7-152.16$$

(5)

将待判样点 YM11 的观测值分别代入以上 3 个判别函数式, 得各类函数值: $F_I=67.30$; $F_{II}=55.64$; $F_{III}=12.94$ 。比较各类函数值大小可以看出 $F_I > F_{II} > F_{III}$, 故可以确定样地 YM11 属于第 I 类。YM11 分别为归入第 I、II 类的判别分析结果(图 4— a, b)也明确地显示, 该样地归入第 I 类较归入第 II 类更合理, 因为归入第 I 类时类内样点更集中且类间距离更大。至

此, 所有样点均有明确的归属; 并且判别分析进一步完善了主成分分析的初始分类结果。

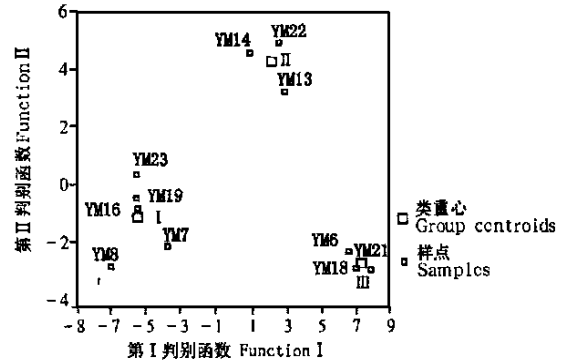


图 3 判别分析分类图

Fig.3 Classification scree plot of canonical discriminant functions

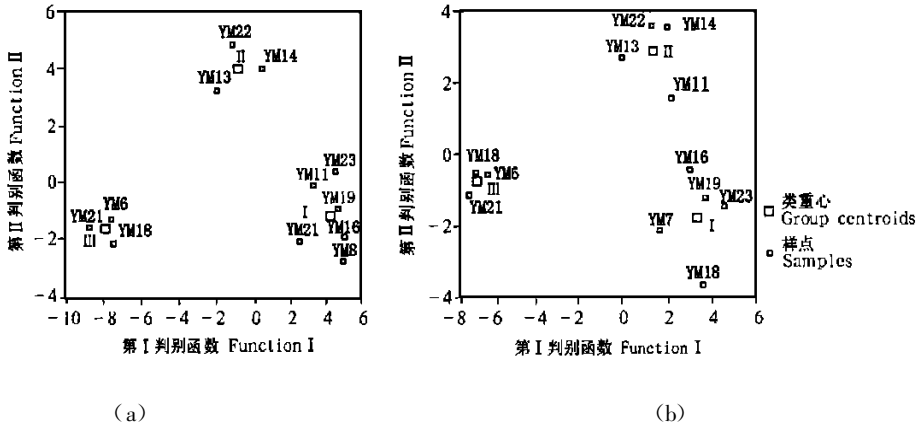


图 4 样地 YM11 不同归类判别分析分类图

Fig.4 Classification scree plot of discriminant analysis for different YM11 division

3 讨论

本研究的 14 个样地, 主要为泥岩坡地和砾石层坡地。综合数值分类结果显示, 泥岩坡地的 6 个样地全部归于一类(第 I 类), 在图 2 中位于左下方。结合两个主成分轴代表的物理意义可知, 泥岩坡地的林分生物量和生产力均较差。第 II、III 类均位于第 I 的右上方, 说明砾石层坡地的林分生物量和生产力均优于泥岩坡地。但砾石层坡地之间又有一定程度的差异, 不过这种差异较之与泥岩坡地的差异来属次级差异。这一点可通过判别分析判明的类间亲疏性加以说明。将各类均值代入分类判别函数式

(3)、(4)和(5)得各类函数值为

$$F_I=37.72; F_{II}=117.90; F_{III}=144.47$$

显然, F_{II} 与 F_{III} 大小较接近, 进一步聚类, 则原主成分分析结果中的第 II、III 类聚为一类, 而泥岩坡地样地仍独立为一类。

样地 YM20 在图 2 中位于右上方顶角, 显示该样地的植被生长在所研究样地范围内具有极佳境况, 就其土壤母质—母岩类型来看, 它属于谷地冲积物。不言而喻, 在元谋干热河谷, 谷地虽然光照条件较差, 但具有最佳的水分状况, 而本区限制植物生长的主要因素正是水分条件^[8]。

样地 YM17 属于砾石层坡地(表 1)。虽然它与样地 YM20(谷地)有较接近的林分生物量, 但林分生产力却几乎位于两个极端, 前者显著低于后者(图

2), 这一结果说明该造林区植被生长严重受阻, 对树木而言有“小老树”现象。从表 1 中不难看出该样区土壤侵蚀严重, 已形成强度片蚀。这可能与该区较大的人为活动(如放牧、砍柴等)强度有关^[9]。

样地 YM22 系片岩坡地, 被归入第 II 类(该类主要为砾石层坡地)。在图 2 中可看出该样点位于其它砾石层坡地样点的上方, 表明该样地的林分生物量类似砾石层坡地, 但林分生产力略高于砾石层坡地。因此, 片岩坡地的特性对植被生长的影响与砾石层坡地较为接近。

样点 YM11 在主成分分类散点图上界于第 I、II 类之间, 经判别分析后被归入第 I 类, 其合理性可从实际情况中得到证实。我们知道, 样地 YM11 位于泥岩坡地(见表 1), 因而它与属于砾石层坡地的第 II 类必然疏远, 而亲近属于泥岩坡地的第 I 类, 它的属性最终必然决定其归属。

主成分分析和判别分析对本区植被生长状况的综合数值分类表明, 本区植被生长在气候干热及降雨量低且时间分布极不均匀的条件下, 尽管有许多因素影响植被生长, 但林地土壤母质—母岩类型是主要的植被生长制约因素。这一结果验证了世界著名植物生态生理学家 H. Walter 的有关研究结果。他在分析荒漠干旱地区不同土壤上乔木生长表现时指出, 乔木的水分供应与湿润地区相反, 干旱区粘土形成了最为干旱的生境; 沙土却有较好的水分供应; 而石质裂隙地提供了最潮湿的生境, 对乔木生长最为有利^[10]。从云南干热河谷的情况看, 砾石层和片岩坡地的土壤母质—母岩裂隙发育, 土壤粗骨性强, 降雨易被土体吸收并于深层的母质—母岩裂隙中贮存。已有的研究指出, 本区砾石层和片岩坡地的土壤渗透性明显较泥岩坡地高, 而植被生长的好坏与土壤渗透性的强弱有十分密切的正相关关系^[11, 12]。

4 结论

1. 在金沙江干热河谷人工林生长状况的综合数值分类中, 树高、树胸径、树胸高断面积、全林生物

量、树高增长率、树胸径增长率、全林净生产量等 7 指标可概括本区植被生长状况绝大部分信息, 较好地反映了本区人工林地林分生物量和生产力特征。

2. 在同一气候类型下, 虽有诸多影响植被生长的因素(如海拔高度、土壤母质—母岩类型、坡位、坡向、坡度等), 但数值分类结果指出, 林地土壤母质—母岩类型是制约植被生长的主导因子。总体上, 不同土壤母质—母岩类型林地的林分生物量和生产力表现为: 谷地冲积物 > 坡地片岩/砾石层 > 坡地泥岩。为此该区的植被恢复必须避免过去的“一刀切”现象, 应着重依据土壤母质—母岩类型, 在植物种群配置、种植模式、树林管理等方面采取相应的技术措施。

参考文献:

- [1] 刘学愚. 云南经济、社会、生态综合发展战略规划系统工程研究文集[C]. 昆明: 云南大学出版社, 1988. 155~182.
- [2] 张建平. 元谋干热河谷土地荒漠化的人为影响[J]. 山地研究(现《山地学报》), 1997, 15(1): 53~56.
- [3] 张建平, 王道杰. 元谋干热河谷区农业生态系统的优化对策[J]. 山地学报, 2000, 18(2): 134~138.
- [4] 杨忠, 张信宝, 王道杰, 等. 金沙江干热河谷植被恢复技术[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 152~156.
- [5] 张贤珍. BASCI 语言农业数理统计计算程序[M]. 北京: 农业出版社, 1990. 251~256.
- [6] 李春喜, 王文林. 生物统计学[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 214~222.
- [7] 卢纹岱, 朱一力, 沙捷, 等. SPSS for Windows — 从入门到熟练[M]. 北京: 电子工业出版社, 1997. 403~464.
- [8] 张荣祖. 横断山区干旱河谷[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 1~64.
- [9] 杨忠, 张建辉, 徐建忠, 等. 元谋干热河谷不同岩土组成坡地桉树人工林生长特征初步研究[J]. 水土保持学报, 1999, 14(5): 1~6.
- [10] H. 沃尔特(中国科学院植物研究所生态室译). 世界植被[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 107~120.
- [11] Zhang J. H., Li Y., Lindstrom M. J., et al. Soil water properties in a recently established forest as affected by grazing in a semiarid valley[J]. Soil Use and Management, 2000, 16(3): 234~235.
- [12] 张建辉, 李勇, 杨忠, 等. 云南元谋干热河谷造林区植被生长与土壤渗透性的关系[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 25~28.

Plantation Growth to Soil Parent Material/Rock in the Dry-hot Valleys of the Jinsha River

ZHANG Jian-hui, LI Yong and YANG Zhong

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041 China*)

Abstract: The vegetation growth of afforested land was studied by numerical classification techniques in the Dry-hot Valleys the Jinsha River, southwestern China. Seven indices that represent the comprehensive nature of vegetation growth were selected as the variables of numerical classification, being tree height, tree diameter at breast height (DBH), total basal area at tree breast height, forest biomass, tree height growth rate, DBH growth rate, and forest net production. Given this condition, the forest productivity of 14 sample plots was classified by a combination of principal component analysis technique with discriminant analysis technique. The result showed that the forest productivity in this area was mostly dependent of the soil parent material/rock types of slopeland. The magnitude of forest productivity for different parent material/rock types was in order: alluvial deposits > schist/gravel deposits > mudstone.

Key words: dry-hot valley; forest productivity; numerical classification; soil parent material/rock; vegetation rehabilitation

《山地灾害与山地环境》一书出版发行

由中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所所长出版特别基金资助出版的论著《山地灾害与山地环境》(作者:吕儒仁、李德基、谭万沛等)一书 2001 年 4 月已由四川大学出版社出版发行。全书 48 万字,含论文 33 篇(分为 4 篇,即环境泥石流、冰川水文与环境、山地灾害与山地环境),长篇报告(1981 年、1982 年横断山区泥石流考察报告)2 篇作为附录收入书中。

在当前实施中国西部大开发,尤其是在大西南的开发事业中,这是一部不可多得的,集资料的广泛性、问题的典型性和思考的深沉性,并使多方受益于一炉的论著。本书可供地质、地理、水利、环境、山地灾害、泥石流等领域的同行和有关大专院校师生,以及有关工程技术人员参考。

本书每册定价 45 元(含国内邮费)。欲购者可携款到本所取书或将书款汇至“610041 成都市人民南路四段九号 中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所吕儒仁”处,收款后将挂号寄书至购者手中。