

文章编号: 1008-2786-(2011)4-417-10

山地高梯度森林生物质能效应研究(Ⅱ): 案例

明庆忠, 郭树荣, 角媛梅

(云南师范大学 旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092;

云南师范大学 高原地理过程与环境变化云南省重点实验室, 云南 昆明 650092)

摘 要: 综合应用森林生物量及生产力计算、地理信息技术、生物地理统计等方法, 对梅里雪山森林生物质能资源赋存量、资源总量以及与海拔、山地坡度和坡向等的关系作出定量计算, 并对其相关性作分析, 发现梅里雪山东坡森林生态系统潜在蕴藏生物质能资源具有明显的空间异质性和空间相关性: 在海拔 2 000 ~ 3 900 m, 森林生物质能资源数量随着海拔的升高而逐渐增加, 3 900 m 以上急剧减少; 生物质资源数量在坡度 25° ~ 35° 期间最大, 不同坡向上生物质资源数量差异明显, 较为集中分布在东坡、东南坡和西北坡。相关分析表明, 生物质能资源数量与地形因子海拔、坡度、坡向具有相关性, 与海拔、坡向负相关, 与坡度呈正相关, 其皮尔森简单相关系数分别为 -0.17, -0.86 和 0.30。在山地中部形成森林生物质能资源富集带, 构成环形生态廊道, 为山地生态系统和人居环境提供了优良环境条件。

关键词: 森林生物质能; 海拔; 坡度坡向; 高梯度效应; 梅里雪山

中图分类号: Q948

文献标识码: A

研究区域——梅里雪山横跨云南和西藏两省区, 地处横断山区的核心地带, 是横断山区海拔高、地形复杂的一段, 是“三江并流”国家重点风景名胜区和世界自然遗产地“三江并流”的核心地区。位于澜沧江河谷与怒江河谷之间, 其东坡在行政区划上属于云南省迪庆藏族自治州德钦县(图 1)。梅里雪山峰峦叠嶂, 峡谷纵横, 澜沧江沿梅里雪山东面流过, 最低处海拔约 2 000 m, 最高峰卡瓦格博峰海拔为 6 740 m, 从澜沧江河谷到卡瓦格博峰水平距离不超过 30 km。在如此短的距离之内, 相对高度达 4 720 m, 地形起伏引起水热空间重新分配, 造成气候、生物的多样性, 植被垂直带保存完整, 是研究自然状况下植被分布格局与地形因子之间关系和山地高梯度效应的理想地点。

本区属高山峡谷区, 垂直高差大, 水热差异悬

殊, 形成多种多样的森林植被类型, 其中以寒温性针叶林分布为主, 并有寒温性阔叶林、温凉性针叶林、寒温性竹林、温凉性阔叶林、暖性针叶林和暖性阔叶林。同时具有明显的垂直分布带谱, 即海拔 2 700 ~ 4 000 m 地段, 其上部为寒温性针叶林, 下部则为寒温性阔叶林、寒温性竹林、温凉性阔叶林和温凉林针叶林; 在海拔 2 700 m 以下主要分布有暖性针叶林和暖温性阔叶林。

1 各森林类型蓄积量、生物量、生产力及生物质能资源赋存量

应用德钦县 2006 年森林资源规划调查(第 6 次森林资源二类清查)结果, 计算出各类森林类型单位面积蓄积量, 应用基于蓄积量的生物量估算模型

收稿日期(Received date): 2010-12-20; 改回日期(Accepted): 2011-04-21。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金重点项目(U0933604, 40872118)和云南省中青年学术带头人培养基金、云南省科技发展计划 2009 年重点项目, 教育部科学技术研究重点项目(207102)资助。[State Key Program of National Natural Science of China(Grant No. U0933604, 40872118); The Grant from Candidates of Young and Middle Aged Academic Leader of Yunnan Province; Key program of science and technology development of Yunnan Province in 2009; Key program of Chinese Ministry of Education (207102).]

作者简介(Biography): 明庆忠(1963-), 男, 汉族, 湖北省黄冈市人, 博士, 云南师范大学教授, 博士生导师。主要从事地理学与区域开发研究。

[Ming Qingzhong (1963-), Doctor, Professor, and doctoral supervisor. Engaged in Geography and Regional Sciences.] E-mail: mingqz2513@sina.com

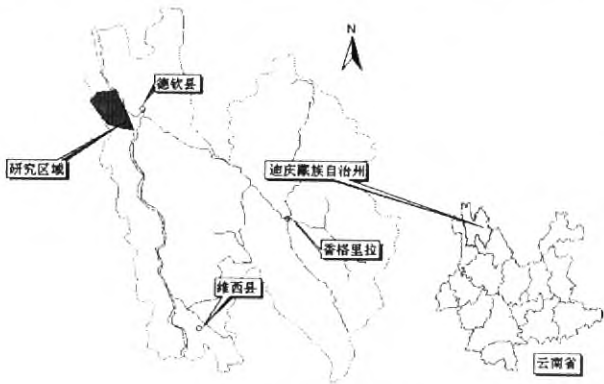


图1 研究区域位置图

Fig. 1 Location of study site

(BEF)及相关转换参数,计算得到范围内各类森林类型的单位面积森林生物量和森林生产力,根据植物平均发热值及国家标准煤炭发热值,推算出各森林类型单位面积生物质能源理论蕴藏量和每年生产的生物质能源数量,结果如表1。

2 森林蓄积量、生物量及生物质能资源赋存与海拔梯度的关系

将利用 DEM 提取的海拔等级图层与森林植被

图层进行分区汇总统计,得出各评价项目在不同海拔等级的分布情况。《云南森林》^[1]中认为,滇西北地区高山林线海拔位置大约在4 200 m左右。但高山林线是一条或宽或窄的介于郁闭森林与树线之间的过渡地带,是一条包括树岛(tree island)和矮曲林的广阔生态过渡带^[2]。本次研究中,第6海拔等级(4 380~4 850 m),有2.34 hm²冷杉林分布,总蓄积为618 m³,是为在复杂地貌形态里形成的局部小气候下的“树岛”。各海拔等级土地总面积及森林分布面积和各统计项目数值分布情况如表2。

各海拔等级内的森林蓄积量、森林生物量及生物质能资源数量,从第1等级到第4等级逐渐增加,之后急剧减少。森林生产力及生物质生产力在第3级海拔范围内最大,之后呈现减少趋势。从森林生态系统单位面积生物质储量看,呈现出从低海拔到高海拔逐渐增加的趋势(图2)。这显然是因为本研究中未将高山草甸、灌丛包括在内,研究中最高海拔分布的冷杉林具有较高的生物质储量。如果将高山草甸、矮林灌丛也纳入研究范围,其单位面积生物质储量将是逐渐下降的趋势,和整个山地森林生态系统生物质储量在各海拔范围内的变化趋势相一致。

表1 德钦县各种森林类型单位面积生物量及生物质能资源蕴藏量
Table 1 Forest biomass and biomass energy resources reserves in Deqin County

优势树种 Dominant trees	蓄积量 Stock Volume /m ³ ·hm ⁻²	生物量 Biomass /t·hm ⁻²	生产力 Primary productivity /t·hm ⁻² ·a ⁻¹	生物质能蕴藏量 Reserves of biomass /t·hm ⁻²	生物质生产力 Biomass productivity /t·hm ⁻² ·a ⁻¹
冷杉 <i>Fir</i>	264.019 8	170.057 0	11.280	103.235	6.850
栎类 <i>Oak</i>	98.280 1	121.107 5	8.850	73.520	5.372
高山松 <i>Pinus densata</i>	120.562 8	62.544 2	10.650	37.970	6.470
云南松 <i>Pinus yunnanensis</i>	99.515 4	51.807 9	10.340	31.460	6.280
云杉 <i>Spruce</i>	187.240 4	134.416 0	11.280	81.560	6.850
落叶松 <i>Larch</i>	130.438 1	113.321 1	16.330	68.793	9.913
针阔混交 <i>Mixed broadleaf-conifer forest</i>	144.601 2	117.686 7	8.850	71.423	5.372
柏木 <i>Cypress</i>	36.595 9	68.574 7	4.460	41.630	2.710
桦木 <i>Birch</i>	103.622 4	120.978 2	8.850	73.441	5.372
华山松 <i>Pinus armandi</i>	105.748 3	80.352 4	11.080	48.780	6.723
杨树 <i>Poplar</i>	57.993 0	72.214 2	8.850	43.840	5.372
铁杉 <i>Hemlock</i>	119.666 7	103.048 3	11.280	62.570	6.848
澜沧黄杉 <i>Lancang Douglas fir</i>	177.504 0	129.896 4	11.280	78.850	6.848
高山栎 <i>Quercus</i>	61.055 8	78.474 5	8.850	47.640	5.372
槭树 <i>Maple</i>	126.447 1	103.954 9	8.850	63.107	6.848

表2 各海拔等级森林蓄积量、生物量及生物质能资源

Table 2 Forest stock volume, biomass and biomass reserves in each elevation class

海拔等级	森林类型	分布面积	蓄积量	生物量	森林生产力	生物质能赋存	生物质生产力
Elevation classes	Forest types	Area	Stock volume	Biomass	Forest productivity	Reserves of biomass	Biomass productivity
		/m ²	/m ³	/t	/t·a ⁻¹	/t	/t·a ⁻¹
1	针阔混交林	189 900	2 746	2 235	168	1 356	102
	黄杉林	802 800	14 250	10 428	906	6 331	550
	栎类林	155 700	1 530	1 886	138	1 145	84
	高山松林	13 127 400	158 268	82 104	13 981	49 845	8 493
	侧柏林	6 304 500	23 072	43 233	2 812	26 246	1 709
	华山松林	105 300	1 113	846	117	514	71
2	针阔混交林	4 655 700	67 322	54 791	4 120	33 252	2 501
	华山松林	1 395 000	14 752	11 209	1 546	6 805	938
	黄杉林	1 312 200	23 292	17 045	1 480	10 347	899
	云杉林	4 058 100	93 881	54 547	4 578	33 098	2 780
	栎类林	6 043 500	59 396	73 191	5 348	44 432	3 247
	高山松林	9 774 900	117 849	61 136	10 410	37 115	6 324
	侧柏林	1 913 400	7 002	13 121	853	7 965	519
3	针阔混交林	12 888 900	186 375	151 685	11 407	92 056	6 924
	华山松林	843 300	8 918	6 776	934	4 114	567
	云杉林	17 394 300	325 692	233 807	19 621	141 868	11 915
	栎类林	13 513 500	132 811	163 659	11 959	99 351	7 259
	高山松林	864 900	10 427	5 409	921	3 284	560
	侧柏林	4 500	16	31	2	19	1
4	针阔混交林	6 947 100	100 456	81 758	6 148	49 618	3 732
	华山松林	577 800	6 110	4 643	640	2 819	389
	冷杉林	23 292 000	614 955	396 097	26 273	240 455	15 955
	栎类林	4 375 800	43 005	52 994	3 873	32171	2 351
	高山松林	9 900	119	62	11	38	6
	云杉林	4 679 100	87 612	62 895	5 278	38 163	3 205
5	针阔混交林	2 200 500	31 819	25 897	1 947	15 717	1 182
	华山松林	1 800	19	14	2	9	1
	栎类林	119 700	1 176	1 450	106	880	64
	冷杉林	13 923 900	367 618	236 785	15 706	143 744	9 537
6	冷杉林	23 400	618	398	26	242	16

3 森林蓄积量、生物量及生物质能资源赋存与坡度关系

使用 ARCVIEW3.2 信息系统,将 TIN 形式的地形数字高程模型转化为 GRID 格式,再将坡度 GRID 图层坡度重新分类为:0°~15°为第1级,15°~25°陡坡为第2级,25°~35°急坡为第3级,35°~45°险坡为第4级,>45°的竖坡和悬崖为第5级。利用坡度图层与森林植被专题图层进行分区汇总统计得到各坡度等级内土地总面积、森林分布面积及各评价

项目在不同坡度范围内的分布情况(表3)。

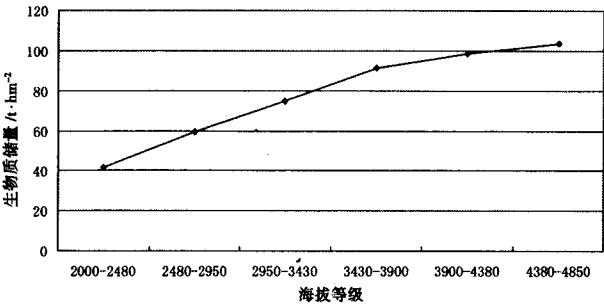


图2 各海拔范围单位面积森林生物质储量

Fig.2 Forest biomass reserves per hectare in different altitude class

表 3 各坡度级范围内森林类型、生物量、生物质能资源统计表

Table 3 Forestry volume, biomass and bioenergy resource in each slope

坡度等级 Elevation classes	森林类型 Forest types	面积 Area /m ²	森林蓄积量 Stock volume /m ³	森林生物量 Biomass /t · a ⁻¹	森林生产力 Forest productivity /t · a ⁻¹	生物质能赋存 Reserves of biomass /t	生物质生产力 Biomass productivity /t · a ⁻¹
1	针阔混交林	1 000 800	14 472	11 778	886	7 148	538
	华山松林	142 200	1 504	1 143	158	694	96
	黄杉林	78 300	1 390	1 017	88	617	54
	冷杉林	1 245 600	32 886	21 182	1 405	12 859	853
	栎类林	1 261 800	12 401	15 281	1 117	9 277	678
	高山松林	2 171 700	26 183	13 583	2 313	8 246	1 405
	侧柏林	911 700	3 336	6 252	407	3 795	247
	云杉林	1 583 100	29 642	21 279	1 786	12 912	1 084
2	针阔混交林	4 329 900	62 611	50 957	3 832	30 925	2 326
	华山松林	374 400	3 959	3 008	415	1 826	252
	黄杉林	399 600	7 093	5 191	451	3 151	274
	冷杉林	5 234 400	138 199	89 015	5 904	54 037	3 586
	栎类林	5 514 300	54 195	66 782	4 880	40 541	2 962
	高山松林	4 274 100	51 530	26 732	4 552	16 229	2 765
	侧柏林	729 900	2 671	5 005	326	3 039	198
	云杉林	3 305 700	61 896	44 434	3 729	26 961	2 264
3	针阔混交林	10 960 200	158 486	128 987	9 700	78 281	5 888
	华山松林	1 302 300	13 772	10 464	1 443	6 353	876
	黄杉林	1 121 400	19 905	14 567	1 265	8 842	768
	冷杉林	14 150 700	373 606	240 643	15 962	146 085	9 693
	栎类林	9 490 500	93 273	114 937	8 399	69 774	5 098
	高山松林	8 795 700	106 043	55 012	9 367	33 397	5 691
	侧柏林	2 604 600	9 532	17 861	1 162	10 843	706
	云杉林	10 436 400	195 412	140 282	11 772	85 119	7 149
4	针阔混交林	7 821 900	113 106	92 053	6 922	55 866	4 202
	华山松林	821 700	8 689	6 603	910	4 008	552
	黄杉林	439 200	7 796	5 705	495	3 463	301
	冷杉林	10 876 500	287 161	184 962	12 269	112 284	7 450
	栎类林	5 980 500	58 776	72 428	5 293	43 969	3 213
	高山松林	6 274 800	75 651	39 245	6 683	23 825	4 060
	侧柏林	2 574 900	9 423	17 657	1 148	10 719	698
	云杉林	8 379 900	156 906	112 639	9 453	68 346	5 740
5	针阔混交林	2 769 300	40 044	32 591	2 451	19 779	1 488
	华山松林	221 400	2 341	1 779	245	1 080	149
	黄杉林	76 500	1 358	994	86	603	52
	冷杉林	5 407 200	142 761	91 953	6 099	55 821	3 704
	栎类林	1 961 100	19 274	23 750	1 736	14 418	1 054
	高山松林	2 260 800	27 257	14 140	2 408	8 584	1 463
	侧柏林	1 401 300	5 128	9 609	625	5 834	380
	云杉林	2 812 500	52 661	37 805	3 173	22 939	1 927

在各个坡度等级范围内,森林蓄积量、生物量、生物质资源量变化如图3。各统计项数量在坡度范围25°~35°陡坡地最大,这和这一坡度范围内森林分布面积最大有关。

从单位面积森林生态系统生物质储量看,在各坡度范围内的变化规律如图3。从图中可知,基本上在各个坡度范围内单位面积生物质储量比较平均,约为70 t/hm²左右,比较突出的是坡度范围35°~45°内,生物质单位面积储量明显高于其他坡度单位面积生物质储量,高达170 t/hm²。

坡度与森林立地的土层厚度、水分条件和土壤

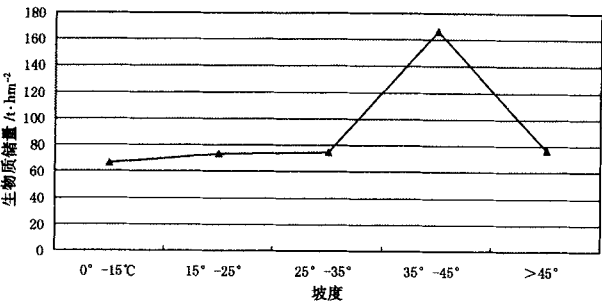


图3 各坡度范围单位面积森林生物质储量

Fig.3 Forest biomass energy reserves per hectare in different slope range

性质有关。低坡度有利于保土保水,高坡度容易产生水土流失,但坡度太低土壤容易发展为潜育土,不利于植物生长。总的说来坡度对山地森林生物质储量空间分布的影响不如海拔、坡向明显^[3-4]。之所以会出现这种情况,可能是由于受人类活动的影响造成,缓坡、斜坡虽然立地条件较好,但人类利用程度也随之提高,随着坡度的上升,虽然立地条件变差,但由于采伐利用的难度增加,破坏也相对较少,从而使其生物质储量逐渐上升。

4 森林蓄积量、生物量及生物质能资源赋存与坡向的关系

在 arcview3.2 软件中,由 TIN 提取的坡向图将坡向划分为 flat(平地),north(北坡)、northeast(东北坡)、east(东坡)、southeast(东南坡)、south(南坡)、southwest(西南坡)、west(西坡)、northwest(西北坡)9个坡向等级。采用默认的坡向等级化分(排除平地),将坡向图层转化为 grid 格式坡向图层并与森林类型图层一起进行分区汇总统计,得到各评价因子在不同坡向范围内的分布(表4)。

表4 各坡向范围内森林类型、生物量、生物质能资源统计表
Table 4 Forestry volume, biomass and biomass energy resource in each aspect

Slope Aspect	森林类型 Forest types	分布面积 Area /m ²	蓄积量 Stock volume /m ³	生物量 Biomass /t	生产力 Primary Productivity /t·hm ⁻² ·a ⁻¹	生物质能蕴藏量 Reserves of biomass /t·hm ⁻²	生物质生产力 Biomass productivity /t·a ⁻¹
平地	针阔混交林	875 700	12 663	10 306	775	6 255	470
	华山松林	141 300	1 494	1 135	157	689	95
	黄杉林	40 500	719	526	46	319	28
	冷杉林	998 100	26 352	16 973	1 126	10 304	684
	栎类林	1 017 000	9 995	12 317	900	7 477	546
	高山松林	1 736 100	20 931	10 858	1 849	6 592	1 123
	侧柏林	882 900	3 231	6 054	394	3 676	239
	云杉林	1 374 300	25 732	18 473	1 550	11 209	941
	小计	14 074 200	101 117	76 642	6 797	46 521	4 126
北坡	针阔混交林	8 057 700	116 515	94 828	7 131	57 551	4 329
	华山松林	216 900	2 294	1 743	240	1 058	146
	黄杉林	284 400	5 048	3 694	321	2 243	195
	冷杉林	10 136 700	267 629	172 382	11 434	104 646	6 944
	栎类林	1 499 400	14 736	18 159	1 327	11 024	805

续表 4

Slope Aspect	森林类型 Forest types	分布面积 Area /m ²	蓄积量 Stock volume /m ³	生物量 Biomass /t	生产力 Primary Productivity /t · hm ⁻² · a ⁻¹	生物质能蕴藏量 Reserves of biomass /t · hm ⁻²	生物质生产力 Biomass productivity /t · a ⁻¹
东北坡	高山松林	882 000	10 634	5 516	939	3 349	571
	侧柏林	281 700	1 031	1 932	126	1 173	76
	云杉林	7 838 100	146 761	105 357	8 841	63 928	5 369
	小计	52 063 200	564 648	403 611	30 359	244 972	18 435
	针阔混交林	5 342 400	77 252	62 873	4 728	38 157	2 870
	华山松林	260 100	2 751	2 090	288	1 269	175
	黄杉林	995 400	17 669	12 930	1 123	7 849	682
	冷杉林	4 504 500	118 928	76 602	5 081	46 502	3 086
	栎类林	3 687 300	36 239	44 656	3 263	27 109	1 981
	高山松林	4 536 900	54 698	28 376	4 832	17 227	2 935
东坡	侧柏林	393 300	1 439	2 697	175	1 637	107
	云杉林	2 535 300	47 471	34 078	2 860	20 678	1 737
	小计	47 274 300	356 447	264 302	22 350	160 428	13 573
	针阔混交林	3 456 900	49 987	40 683	3 059	24 690	1 857
	华山松林	752 400	7 957	6 046	834	3 670	506
	黄杉林	659 700	11 710	8 569	744	5 202	452
	冷杉林	4 122 900	108 853	70 113	4 651	42 563	2 824
	栎类林	6 698 700	65 835	81 126	5 928	49 249	3 599
	高山松林	8 693 100	104 806	54 370	9 258	33 008	5 624
	侧柏林	1 639 800	6 001	11 245	731	6 826	444
东南坡	云杉林	2 675 700	50 100	35 966	3 018	21 823	1 833
	小计	50 452 200	405 249	308 118	28 223	187 031	17 139
	针阔混交林	4 214 700	60 945	49 601	3 730	30 103	2 264
	华山松林	995 400	10 526	7 998	1 103	4 856	669
	黄杉林	70 200	1 246	912	79	554	48
	冷杉林	5 813 100	153 477	98 856	6 557	60 012	3 982
	栎类林	5 522 400	54 274	66 880	4 887	40 601	2 967
	高山松林	3 321 900	40 050	20 777	3 538	12 613	2 149
	侧柏林	2 221 200	8 129	15 232	991	9 247	602
	云杉林	4 960 800	92 886	66 681	5 596	40 460	3 398
南坡	小计	43 866 000	421 533	326 937	26 481	198 446	16 079
	针阔混交林	1 380 600	19 964	16 248	1 222	9 861	742
	华山松林	301 500	3 188	2 423	334	1471	203
	黄杉林 ¹³	1 800	32	23	2	14	1
	冷杉林	4 745 700	125 296	80 704	5 353	48 992	3 251
	栎类林	2 579 400	25 350	31 238	2 283	18 964	1 386
	高山松林	2 889 000	34 831	18 069	3 077	10 970	1 869
	侧柏林	2 098 800	7 681	14 392	936	8 737	569

续表 4

Slope Aspect	森林类型 Forest types	分布面积 Area /m ²	蓄积量 Stock volume /m ³	生物量 Biomass /t	生产力 Primary Productivity /t·hm ⁻² ·a ⁻¹	生物质能蕴藏量 Reserves of biomass /t·hm ⁻²	生物质生产力 Biomass productivity /t·a ⁻¹
西南坡	云杉林	2 307 600	43 208	31 018	2 603	18 821	1 581
	小计	25 209 000	259 550	194 115	15 810	117 830	9 602
	针阔混交林	2 133 900	30 856	25 113	1 889	15 241	1 146
	华山松林	36 000	381	289	40	176	24
	黄杉林	7 200	128	94	8	57	5
	冷杉林	2 061 900	54 438	35 064	2 326	21 286	1 412
	栎类林	2 027 700	19 928	24 557	1 795	14 908	1 089
	高山松林	920 700	11 100	5 758	981	3 496	596
	侧柏林	285 300	1 044	1 956	127	1 188	77
	云杉林	811 800	15 200	10 912	916	6 621	556
西坡	小计	17 148 600	133 075	103 743	8 082	62 973	4 905
	针阔混交林	225 000	3 254	2 648	199	1 607	121
	冷杉林	339 300	8 958	5 770	383	3 503	232
	栎类林	781 200	7 678	9 461	691	5 743	420
	高山松林	596 700	7 194	3 732	635	2 266	386
	侧柏林	189 900	695	1 302	85	791	51
	云杉林	319 500	5 982	4 295	360	2 606	219
	小计	13 958 100	33 761	27 208	2 353	16 516	1 429
	针阔混交林	1 195 200	17 283	14 066	1 058	8 536	642
	华山松林	158 400	1 675	1 273	176	773	106
西北坡	黄杉林	55 800	990	725	63	440	38
	冷杉林	4 192 200	110 682	71 291	4 729	43 278	2 872
	栎类林	395 100	3 883	4 785	350	2 905	212
	高山松林	200 700	2 420	1 255	214	762	130
	侧柏林	229 500	840	1 574	102	955	62
	云杉林	3 694 500	69 176	49 660	4 167	30 132	2 531
	小计	20 827 800	206 949	144 629	10 859	87 781	6 593
	针阔混交林	1 195 200	17 283	14 066	1 058	8 536	642
	华山松林	158 400	1 675	1 273	176	773	106
	黄杉林	55 800	990	725	63	440	38

从以上统计分析结果可知,研究区域内总的森林蓄积量、生物量、生物质能资源数量,及年森林生产力、生物质资源年生产力在各个坡向范围内由高到低依次是北坡、东南坡、东坡、东北坡、南坡、西北坡、西南坡、西坡。总的趋势是森林分布面积越大,森林各项统计指标的值越大。

但由于坡向的不同,植物生长的光照、湿度、热量、风量也不同,势必影响森林植物的生物质储量。一般南坡、东南坡、西南坡,所获得太阳光热量大。北坡、东北坡,西北坡,则较冷凉。从单位面积森林生态系统生物质储量看,在各坡向范围内的变化规

律如图 4,从图中可知,西北坡、北坡的森林生物质储量较大,约为 86 t/hm²;东北坡、东南坡、南坡、西南坡次之约为 73 t/hm²;西坡 68 t/hm²;东坡最小,为 37 t/hm²。其变化规律与各个坡向上所能获得的热量的变化规律比较一致。

5 各评价因子与地形条件相关性

在进行数据分析时所研究的数据常常不止一个变量,各种变量之间存在着相互依赖、相互制约的关系,这些关系表现在量上主要有两种类型:一类是函

数关系,即变量之间有着确定的关,换句话说就是一个变量的值能够在其他变量取值确定的情况下,按某种函数关系确定;另一类是相关关系,即变量之间虽然具有某种关系,但从一个(或一组)变量的每一个给定值,不能得到另一个变量的唯一确定值。而在大量的实验中,这种非确定性的联系具有统计规律性。

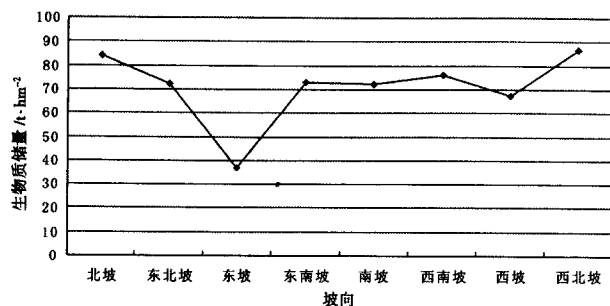


图4 各坡度范围单位面积森林生物量

Fig.4 Forest biomass energy reserves per hectare in different aspect range

按照生物地理统计学的基本假设,任何空间发生的生物学或生态学现象间存在空间上的相关性。以研究区域森林类型图和数字高程模型 DEM 为基础,将上述章节中所统计的各海拔、坡度、坡向范围内森林生态系统蓄积量、生物量、生物质能资源数量等数据作为统计分析的依据。应用 Office 办公软件 Excel 中数据分析工具对各森林统计项目与地形条件(海拔、坡度、坡向)进行相关性分析,其皮尔森(Pearson)简单相关系数如表 5。

由表 5 可以看出,梅里雪山东坡不同地形位置上山地森林生态系统的蓄积量、生物量、生产力、生物质能资源量和生物质资源生产力的变化与地形条件海拔、坡度、坡向之间存在着相关性。

从相关系数来看,地形因子海拔、坡度不论是正相关还是负相关,与森林各统计因子的相关系数较小,反映了海拔和坡度对森林生物质储量空间分异的影响较小;而坡向与森林生态系统各统计因子相

关系系数较大,说明在研究区域内坡向对森林生物质储量的空间分异影响比较显著。

目前,关于地形因子对植物群落生态特征空间异质性的影响即其空间相关性还不是很清楚。普遍认为地形因子能够解译植被群落生态特征空间分异的 7% ~ 15% 左右^[5]。对地形因子影响的尺度效应也存在着两种截然相反的观点,一种认为地形因子在较大尺度上影响显著,而另一种则认为地形因子在较小尺度上影响比较明显^[3,5],且不同地形因子(海拔、坡度、坡向等)的影响存在着显著差异^[6]。就本研究来看,海拔、坡度对森林生物质储量的影响在景观尺度上不如坡向明显,但海拔对森林生产力的影响也比较显著。

6 山地生物质能高梯度效应

在山区,随着山地海拔和高差的变化往往产生自然和人文现象的梯变现象,称之为山地高梯度效应。即随着山地的海拔、相对高度以及坡度坡向变化而带来的自然 - 人文综合效应^[6],山地高梯度效应是一个综合集成式的效应,山地生物质能高梯度效应是山地高梯度效应的一个具体体现。

以梅里雪山东坡山地森林生态系统为对象,分析了山地森林生态系统所蕴藏生物质能资源的空间分布规律及空间相关性。梅里雪山森林生态系统所蕴藏生物质能资源随山地海拔的变化而变化(图 5),在海拔 2 000 ~ 3 900 m,森林生物质能资源数量随着海拔的升高而逐渐增加,3 900 m 以上急剧减少;生物质资源数量在坡度 25° ~ 35° 期间最大,不同坡向上生物质资源数量差异明显,较为集中分布在东坡、东南坡和西北坡。相关分析表明,生物质能资源数量与地形因子海拔、坡度、坡向具有相关性,与海拔、坡向呈负相关,与坡度呈正相关,其皮尔森简单相关系数分别为 -0.17, -0.86 和 0.30。

生物质能资源数量随海拔升高呈递增趋势,在

表 5 各评价指标与地形因子的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between forest index and terrain factor

地形因子 Terrain factor	森林蓄积量 Stock Volume	森林生物量 Biomass	森林生产力 productivity	生物质能资源量 Reserves of biomass	生物质能资源生产力 Biomass productivity
海拔 Elevation	-0.13	-0.17	-0.40	-0.17	-0.40
坡度 Slope degree	0.31	0.30	0.27	0.30	0.28
坡向 Slope aspect	-0.86	-0.90	-0.87	-0.86	-0.87

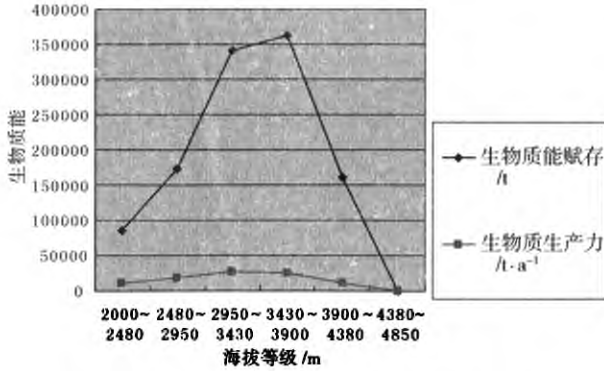


图5 森林生物质资源随海拔的变化

Fig. 5 Gradient change of forest biomass resources by altitude

一定海拔达到最大,海拔继续升高生物质能资源数量迅速下降,呈现出一个“单峰”曲线变化。山地生物质能资源在中等海拔范围最大,类似于 whittaker 和 niering 所称植物群落物种多样性的“中间高度膨胀(mid-altitude bulge)”。

这种变化和整个横断山区气候变化的高梯度效应相吻合。山地地区降水呈现出随海拔增加而增长的趋势,直到某个高度上达到最大降水量,在最大降水高度以上,降水基本上是随海拔增加而减少(图6)。

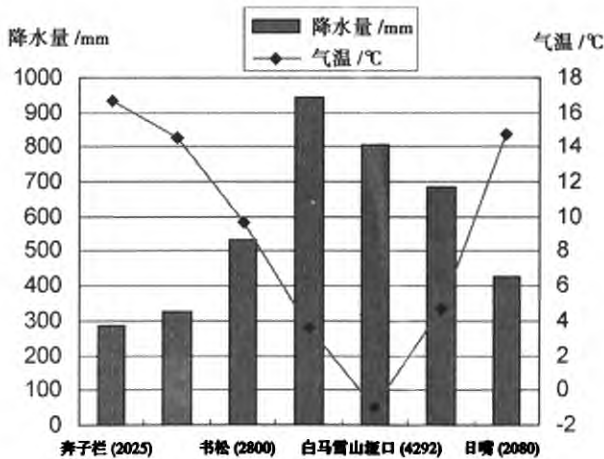


图6 横断山区的降水与气温

Fig. 6 Precipitation and temperature of Hengduan Mountains

数据来源:参考文献[7],气温、降水量均为多年平均值。

而随着海拔的增加,山地气温以 $0.5 \sim 0.7^{\circ}\text{C}/(100\text{ m})$ 的速率递减。在这种水热高梯度效应的物理基础之上,山地出现了垂直气候分带,既随着海拔升高、气候类型和气候带出现了更替。而植被的种类、组成、群落构造、生物质储量、生产力等也都受到水-热高梯度效应的制约。

在梅里雪山东坡,从低海拔到高海拔依次分布有亚热带灌丛带-针阔混交林带-寒温带针叶林带-亚高山草甸-高山灌丛-高山流石滩等自然植被带,各类型植被带之间生产力存在明显的差异,结果导致了森林生物质储量的带状分布,山地森林生态系统生物质能资源呈现明显的高梯度效应。

7 结论与讨论

1. 研究区域森林生态系统蕴藏丰富的生物质能资源。区域土地面积 $28\,487.34\text{ hm}^2$, 森林分布面积 $151\,498.88\text{ hm}^2$, 主要森林类型有云杉林、冷杉林、高山松林、华山松林、栎类林和针阔混交林8类, 森林总蓄积量为 $2\,482\,329\text{ m}^3$, 总生物量 $1\,849\,305\text{ t}$, 森林年生产力 $151\,314\text{ m}^3$ 。蕴藏森林生物质能资源 $1\,122\,498\text{ t}$ 标准煤, 生物质资源年增长 $91\,881\text{ t}$ 标准煤。

2. 梅里雪山东坡森林生态系统潜在蕴藏生物质能资源具有明显的空间异质性和空间相关性; 在海拔 $2\,000 \sim 3\,900\text{ m}$, 森林生物质能资源数量随着海拔的升高而逐渐增加, $3\,900\text{ m}$ 以上急剧减少; 生物质资源数量在坡度 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 期间最大, 不同坡向上生物质资源数量差异明显, 较为集中分布在东坡、东南坡和西北坡。相关分析表明, 生物质能资源数量与地形因子海拔、坡度、坡向具有相关性, 与海拔、坡向呈负相关, 与坡度呈正相关, 其皮尔森简单相关系数分别为 -0.17 , -0.86 和 0.30 。

3. 生物质能资源高梯度效应的存在对山区资源开发利用与保护既有有利的影响, 也存在一些不利因素。在中等海拔以上是稀疏植被、高山灌丛草甸及高山流石滩; 中等海拔以下是梅里雪山峡谷地貌, 露岩参差, 灌草稀疏、少有林木分布。中等海拔范围上下均是典型的生态脆弱带, 风化剥蚀强烈, 内外力作用十分明显。中等海拔范围内森林茂密、森林植被生产力高, 生物质能资源丰富, 成为高山峡谷区一条重要的绿色“腰带”, 有效阻隔了高山地区的水流、泥石流对河谷地区的冲刷。中海拔范围气候适宜、层状地貌发育, 是该地区人类活动的主要区域, 丰富的森林生物质能资源是人类赖以生存的主要资源, 为人类的生产、生活提供了大量的木材、饲料、燃料。不利影响主要是资源分布的过分集中容易引起部分区域高强度的资源利用, 加剧整个区域生态环境的脆弱性, 所以对这一范围之内的森林资

源进行科学管理与保护尤为重要。

参考文献 (References)

- [1] Yunnan Forest Writing Committee. Yunnan forest. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, Beijing: China Forestry Press, 1986: 1 - 527 [云南森林编写委员会. 云南森林[M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 北京: 中国林业出版社, 1986: 1 - 527]
- [2] Wang Zhengquan. Geostatistics and its application in ecology [M]. Beijing: Science Press, 1999: 2 [王正权. 地统计学在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 2]
- [3] Yang Juan, Yuan Weigao, Jiang Bo, et al. Effect of environment on biomass of major ecological forest in Zhejiang[J]. Journal of Zhejiang Forest Science and Technology, 2007, 27(20): 20 - 29 [杨娟, 袁位高, 江波, 等. 环境因子对浙江省重点公益林生物量的影响研究[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(20): 20 - 29]
- [4] Xu Zhigao, Wang Xiaoyan, Lei Ruide. Biomass changing tendency analysis of Qinling Huoditang forest landscape which based on GIS [J]. Central South Forest Inventory and Planning, 2003, 22(4): 14 - 17 [徐志高, 王晓燕, 雷瑞德. 基于 GIS 的秦岭火地塘森林景观生物量变化趋势分析[J]. 中南林业调查规划, 2003, 22(4): 14 - 17]
- [5] Shen Zehao, Zhang Xinshi. The spatial pattern and topographic Interpretation of the forest vegetation at Dalaoling region in the Three Gorges[J]. Acta Botanica Sinica, 2000, 42(10): 1089 - 1095 [沈泽昊, 张新时. 三峡大老岭地区森林植被的空间格局分析及其地形解释[J]. 植物学报, 2000, 42(10): 1089 - 1095]
- [6] Shen Zehao, Fang Jingyun, Liu Zengli, et al. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongga Mountain[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(6): 721 - 732 [沈泽昊, 方精云, 刘增力, 等. 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 721 - 732]
- [7] Ming Qingzhong. The landform development and environmental effects of Three Parallel Rivers [M]. Beijing: Science Press, 2006: 7 [明庆忠. 三江并流区地貌与环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 7]

High Gradient Effects of Forest Biomass Energy in Mountainous Region (II) : Case Study

MING Qingzhong, GUO Shurong, JIAO Yuanmei

(Tourist and Geography College of Yunnan Normal University, Kunming 650092, China;

Yunnan Provincial Key Laboratory of Plateau Geographical Process and Environmental Change, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: Integrated using methods of forest biomass and productivity, Geographic Information System, and biogeographic statistics, this paper is quantified the reserves of forest biomass energy, and its relationship to elevation, slope degree and slope aspects. The results indicate: the forest biomass energy in eastern Meili Snow Mountain have significant spatial heterogeneity and correlation, in which the forest biomass energy is increasing with elevation in between 2 000 to 3 900 meters above sea level, and is decreasing while the elevation is higher than 3 900 meters; The quantity of forest biomass energy is distributed mainly in between of 25 to 35 slope degree. It has obvious difference among slope aspects, in which eastern, southeastern, and northwestern aspects are relatively centralized. The correlation analysis between forest biomass energy and elevation, slope degree, and slope aspects indicate the negative correlation to elevation and slope aspect, and positive correlation to slope degree with a correlation coefficient of -0.17, -0.86 and 0.30, respectively. Therefore, the forest biomass energy concentrated at the middle belt of the Meili Snow Mountain formed an annular ecological corridor and provided a good living environment for mountainous ecosystems and local peoples.

Key words: forest biomass energy; elevation; slope and aspect; effect of high gradient; Meili Snow Mountain

山地高梯度森林生物质能效应研究(II):案例

作者: 明庆忠, 郭树荣, 角媛梅, MING Qingzhong, GUO Shurong, JIAO Yuanmei
作者单位: 云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南昆明650092; 云南师范大学高原地理过程与环境变化云南省重点实验室, 云南昆明650092
刊名: 山地学报 
英文刊名: Journal of Mountain Science
年, 卷(期): 2011, 29(4)

参考文献(7条)

1. 《云南森林》编写委员会 云南森林 1986
2. 王正权 地统计学在生态学中的应用 1999
3. 杨娟;袁位高;江波 环境因子对浙江省重点公益林生物量的影响研究[期刊论文]-浙江林业科技 2007(20)
4. 徐志高;王晓燕;雷瑞德 基于GIS的秦岭火地塘森林景观生物量变化趋势分析[期刊论文]-中南林业调查规划 2003(04)
5. 沈泽昊;张新时 三峡大老岭地区森林植被的空间格局分析及其地形解译[期刊论文]-植物学报 2000(10)
6. 沈泽昊;方精云;刘增力 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析[期刊论文]-植物生态学报 2001(06)
7. 明庆忠 三江并流区地貌与环境效应 2006

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201104005.aspx