

# 毛竹林生态系统能量动态分室新模型

何东进 洪伟 吴承祯

(福建林学院资源与环境系, 南平 353001)

**摘要:** 根据福建省建瓯市 40 块毛竹 [*Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. Pubescens] 林标准地的能量测定资料, 提出毛竹林生态系统能量动态分室新模型, 进而对毛竹林各分室的能量进行模拟。结果表明: 所建立的新的分室模型更能反映毛竹林生态系统能量动态规律, 从而为毛竹林的丰产与稳产提供理论依据。

**关键词:** 毛竹; 生态系统; 能量; 分室模型; 动态模拟

**中图分类号:** S795.7; S718.55<sup>+</sup>4.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)04-0009-05

**The new compartment model of energy dynamics in *Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. Pubescens ecosystem** HE Dong-jin, HONG Wei, WU Cheng-zhen (Fujian College of Forestry, Nanping 353001), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(4): 9~13

**Abstract:** Based on the energy data from 40 plots of *Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. Pubescens in Jian'ou City, Fujian Province, a new compartment model of energy dynamics of *P. heterocycla* cv. Pubescens ecosystem was built, each compartment energy of above-ground part, litter, under-ground living root, under-ground dead root and total bamboo energy of stand was simulated by the new model. The results showed that the energy dynamic law of the ecosystem was reflected reasonably using the model. Theoretic basis for the high-stable yield of this species was provided.

**Key words:** *Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. Pubescens; ecosystem; energy; compartment model; dynamic simulation

毛竹 [*Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. Pubescens] 是最重要的一种竹类资源, 具有生长快、产量高、用途广和可持续更新等特点, 在竹类资源中占有最大的面积。有关毛竹林的分类、生物学特性、繁殖和培育、竹林性质和加工利用等研究甚多<sup>[1-6]</sup>, 但在能量及能量动态方面报道甚少<sup>[7-10]</sup>, 因此, 本文对毛竹林生态系统能量动态进行了研究, 以期为毛竹林综合开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

研究区设在福建省建瓯市, 位于 26°14' ~ 28°20' N, 117°02' ~ 119°07' E 之间, 海拔在 68 ~ 1 822.2 m, 年平均温度 17.5 ~ 19.3℃, 极端最高气温 41.1℃, ≥10℃ 的年活动积温在 5 000℃ 以上, 年平均降水量 1 604 ~ 2 399 mm, 年平均相对湿度为 80%, 土壤类型以红壤为主。

### 1.2 样地调查方法

研究区内共设 40 块 10m × 10m 毛竹林标准地,

分别测定各标准地中毛竹的胸径 ( $D$ )、高度 ( $H$ )、枝下高 ( $h$ ) 及年龄 ( $A$ )。在样地内随机选取 5m × 5m 的小样方 4 个, 记录样方内每种灌木及草本植物的高度、盖度、株数以及竹林的季相、土壤情况及人为影响。并在样方内以选定的标准竹为中心, 选取 1m × 1m 的小样方 2 个, 记录竹鞭、竹苑、竹根、其他根及土壤剖面情况。

### 1.3 样品采取和生物量测定

在标准地内砍伐不同年龄和不同胸径的标准竹 9 株, 以根茎交界处为分界线, 其上为地上部分, 其下为地下部分。地上部分按 1 m 分段, 测定竹秆、竹枝、竹叶的鲜重, 并取样带回室内, 60℃ 烘干、称重、研磨、装瓶待测。另取少量样品, 在 105℃ 下烘干至恒重, 求得干重百分率, 推算各组分生物量; 地下部分以 10 cm 为区分段分层取竹鞭、竹根、竹苑和其他

收稿日期: 2000-05-30

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (C96027)

作者简介: 何东进, 男, 1969 年 10 月生, 福建福鼎人, 硕士, 副教授, 主要从事数量生态与林业系统工程研究。

植物根,用水冲洗干净,阴干,称鲜重,取样烘干称重,磨碎过筛待测。林下植物以样竹为中心,作 1m × 1m 样方,割取地上部分称鲜重,同上处理。

### 1.4 能量动态新模型的建立

分室模型 (compartment model) 是目前生态学中用得最多的一种模型<sup>[11,12]</sup>,分室理论在生态系统能量研究中也得到十分有效的利用<sup>[13-14]</sup>,笔者曾运用该方法建立毛竹林生态系统能量分室模型<sup>[15]</sup>,但是,该模型未考虑人为因素及环境因素对系统能量变化的影响,因而在毛竹林的现实经营中难以十分完整、准确地反映其内在机理,有鉴于此,笔者提出毛竹林生态系统能量动态新模型。

在这里,环境因素对系统的影响主要体现在“环境能量流入”,即指毛竹林中未采挖的笋长成竹材,从能量流动的角度分析可把它看作一种环境外的能量,从而对系统中的地上部分来说是一种能量流入。人为因素对系统的影响则体现在“系统能量流出”,即指人为砍伐竹材造成系统能量流失。因此,在考虑环境能量即笋能量流入和人为伐竹造成系统能量流失的影响下,给出图 1 所示的毛竹林生态系统能量动态分室模型。其中能量源和能量漏用旗表示,暂时的能量积累分室用长方形表示,直接的能源用

带箭头的实线表示,环境和生物因子的影响用带箭头的点线表示,点线箭头的蝴蝶结表示调整能量流动的阀门。 $x_i$  表示状态变量 ( $\text{kJ}/\text{m}^2$ ), 积累在不同分室的数量表示为:(1) 地上生活部分能量  $x_1$ ; (2) 凋落物能量  $x_2$ ; (3) 地下活鞭和活根能量  $x_3$ ; (4) 地下死鞭和死根能量  $x_4$ 。根据该分室模型,就可以得到相应的毛竹林各分室能量流动常微分方程组如下:

$$\frac{dx_1}{dt} = f_{01} Q_0 + f_s Q_s + f_{31} x_3 - (f_{12} + f_{13} + f_{15} + f_b) x_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = f_{12} x_1 - f_{26} x_2$$

$$\frac{dx_3}{dt} = f_{13} x_1 - (f_{31} + f_{34} + f_{35}) x_3$$

$$\frac{dx_4}{dt} = f_{34} x_3 - f_{46} x_4$$

其中  $Q_0$  表示太阳能;  $Q_s$  表示毛竹林分的笋能量 (即系统的环境能量);  $Q_b$  表示人为伐竹所流失的能量;  $Q_5$  表示呼吸所消耗的系统能量;  $Q_6$  表示系统流入土壤中的能量;  $f_{ij}$  表示从  $i$  分室流向  $j$  分室的能通率参数;  $f_b$  表示砍伐竹材的比例;  $f_s$  表示留笋比例; 即笋能量流入系统中的比例 ( $1 - f_s$  表示挖笋的比例)。

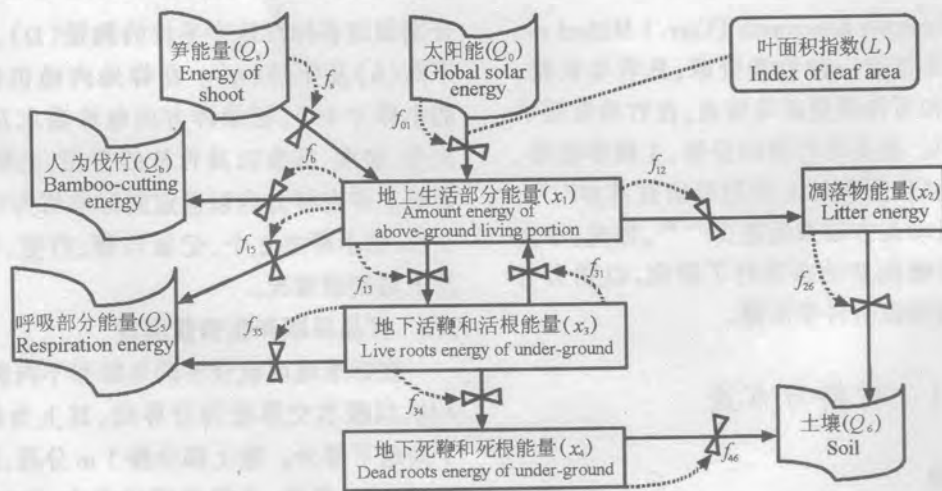


图 1 毛竹林生态系统能量动态分室新模型

Fig. 1 Improved compartment model of energy dynamic of *Phyllostachy heterocycla* cv. *Pubescens* ecosystem

## 2 结果与分析

### 2.1 毛竹林分环境能量变化情况

在毛竹林生态系统能流分析中,林分环境能量

的变化体现在系统外笋能量  $Q_s$  的变化上,因此本文主要探讨在保持笋能量输入比例 (或挖笋比例) 和砍伐竹材比例不变的条件下,环境能量的变化所引起的毛竹林系统各分室能量的动态变化规律,根据能量动态模型进行计算机模拟,结果列于表 1。

表 1 毛竹林生态系统各分室能量与系统外笋能量  $Q_s$  之间的关系<sup>1)</sup>  
Table 1 Relationship between each compartment energy and bamboo shoot energy in *Phyllostachy heterocycla* cv. *Pubescens* ecosystem<sup>1)</sup>

| 笋能量<br>Energy<br>of shoot | kJ/m <sup>2</sup>                         |                               |  |                                      |                              |
|---------------------------|---|-------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
|                           | 地上部分<br>能量<br>Above-ground<br>part energy | 凋落物<br>能量<br>Litter<br>energy | 地下活鞭和<br>活根能量<br>Living root<br>energy | 地下死鞭和<br>死根能量<br>Dead root<br>energy | 林分总<br>能量<br>Total<br>energy |
| 10 000                    | 84 148.5                                  | 2 008.7                       | 8 703.3                                | 1 878.0                              | 96 738.5                     |
| 15 000                    | 86 148.5                                  | 2 035.5                       | 8 910.1                                | 1 906.1                              | 99 000.1                     |
| 20 000                    | 88 148.5                                  | 2 062.1                       | 9 116.9                                | 1 934.2                              | 101 261.7                    |
| 25 000                    | 90 148.5                                  | 2 088.9                       | 9 323.7                                | 1 962.3                              | 103 523.4                    |
| 30 000                    | 92 148.5                                  | 2 115.6                       | 9 530.5                                | 1 990.5                              | 105 785.0                    |
| 35 000                    | 94 148.5                                  | 2 142.3                       | 9 737.3                                | 2 018.6                              | 108 046.6                    |
| 40 000                    | 96 148.5                                  | 2 169.1                       | 9 944.0                                | 2 046.7                              | 110 308.2                    |
| 45 000                    | 98 148.5                                  | 2 195.8                       | 10 150.8                               | 2 074.8                              | 112 569.9                    |
| 50 000                    | 100 148.5                                 | 2 222.5                       | 10 357.6                               | 2 102.9                              | 114 831.5                    |
| 55 000                    | 102 148.5                                 | 2 249.3                       | 10 564.4                               | 2 131.0                              | 117 093.1                    |
| 60 000                    | 104 148.5                                 | 2 276.0                       | 10 771.2                               | 2 159.1                              | 119 354.8                    |
| 65 000                    | 106 148.5                                 | 2 302.8                       | 10 978.0                               | 2 187.2                              | 121 616.4                    |
| 70 000                    | 108 148.5                                 | 2 329.5                       | 11 184.8                               | 2 215.3                              | 123 878.0                    |

<sup>1)</sup>留笋比例  $f_s = 0.50$ ; 伐竹比例  $f_b = 0.15$  Proportion of shoot reserved ( $f_s$ ) is 0.5 and proportion of bamboo cut ( $f_b$ ) is 0.15.

毛竹林各分室及整个林分的能量随系统外笋能量的增大而增大,尤其是地上部分分室能量增大的幅度较其他分室大,这主要是因为随着笋能量的不断增大,由于保持挖笋比例,使地上部分室得到系统外笋能量的量也随之增大,其他分室得到的笋能量由地上部分而来,因而,相对于地上部分来说所得到的笋能量要少得多,另外,由于地上部分能量在毛竹林分总能量中占的比例最大,使毛竹整个林分的能量与地上部分的能量变化趋势相似。

2.2 毛竹林分环境能量不变的情况

毛竹林分环境能量不变在这里是指系统外笋能量保持不变。当挖笋比例和砍伐竹材比例发生变化时,会导致毛竹林系统各个分室和林分总能量发生变化,因此,对于一定生产能力的毛竹林来说,探讨系统各分室及其林分总能量随经营措施(即挖笋或留笋比例和伐竹比例)的变化情况是揭示毛竹林生态系统能量变化规律的重要内容之一,为此,本文假定毛竹林分的产笋量(即环境能量)为 40 000 kJ/m<sup>2</sup> 保持不变,对各分室能量及林分总能量随挖笋比例和砍伐竹材比例变化规律进行研究,结果分别列于表 2~6 中。

对于产笋量不变的毛竹林分来说,如果保持林分一定的伐竹比例,则各分室的能量和林分总能量随着留笋比例的增加(或挖笋比例的减小)而增加,当留笋比例从 0 增大到 1.0 时,各分室的能量增加量在 30%~40% 左右;如果保持林分的挖笋比例不变,地上部分、地下活鞭和活根及林分总能量随着伐竹比例的增大而呈递减趋势,伐竹比例从 0 增大到 0.27 时各部分能量的减少量在 20% 左右,而凋落物和地下死鞭根分室的能量变化却出现波动现象,在留笋量  $\leq 40\%$  (或挖笋量  $\geq 60\%$ ) 时,这两个分室的能量随着伐竹比例的增大而减小。伐竹比例从 0 增大到 0.27,凋落物分室能量减少了 6%~12% 左右,地下死鞭和死根能量减少量在 11%~14% 之间;当留笋量  $\geq 50\%$  (或挖笋量  $\leq 50\%$ ) 时,随着伐竹比例的增大,这两个分室的能量呈先增加后减少的趋势,地下死鞭根能量变化的幅度较小,当伐竹比例从

表 2 毛竹林生态系统地上部分能量模拟结果<sup>1)</sup>  
Table 2 The results of computer simulation of energy of the above-ground part of *Phyllostachy heterocycla* cv. *Pubescens* ecosystem<sup>1)</sup>

| $f_b$ | kJ/m <sup>2</sup> |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | $f_s$             |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |
|       | 0.00              | 0.10     | 0.20     | 0.30      | 0.40      | 0.50      | 0.60      | 0.70      | 0.80      | 0.90      | 1.00      |
| 0.00  | 91 077.4          | 94 713.5 | 98 349.6 | 101 985.7 | 105 621.7 | 109 257.7 | 112 893.8 | 116 529.9 | 120 165.9 | 123 802.0 | 127 438.0 |
| 0.03  | 88 659.6          | 92 199.2 | 95 738.7 | 99 278.3  | 102 817.8 | 106 357.3 | 109 896.8 | 113 436.4 | 116 975.9 | 120 515.4 | 124 055.0 |
| 0.06  | 86 366.9          | 89 814.9 | 93 262.9 | 96 710.9  | 100 159.0 | 103 606.9 | 107 054.9 | 110 502.9 | 113 950.9 | 117 398.9 | 120 846.9 |
| 0.09  | 84 189.7          | 87 550.9 | 90 912.0 | 94 273.1  | 97 634.2  | 100 995.1 | 104 356.2 | 107 713.3 | 111 078.4 | 114 439.5 | 117 800.6 |
| 0.12  | 82 119.5          | 85 398.1 | 88 676.6 | 91 955.2  | 95 233.7  | 98 511.8  | 101 790.2 | 105 068.7 | 108 347.1 | 111 625.5 | 114 904.0 |
| 0.15  | 80 148.5          | 83 348.5 | 86 548.5 | 89 748.5  | 92 948.5  | 96 147.6  | 99 347.4  | 102 547.1 | 105 746.9 | 108 946.6 | 112 146.4 |
| 0.18  | 78 269.3          | 81 394.6 | 84 519.9 | 87 645.1  | 90 770.4  | 93 894.1  | 97 018.9  | 100 143.6 | 103 268.4 | 106 393.2 | 109 517.9 |
| 0.21  | 76 475.2          | 79 529.4 | 82 583.6 | 85 637.7  | 88 691.9  | 91 743.7  | 94 796.9  | 97 850.1  | 100 903.3 | 103 956.5 | 107 009.7 |
| 0.24  | 74 759.5          | 77 746.1 | 80 732.7 | 83 719.3  | 86 705.9  | 89 689.3  | 92 674.2  | 95 659.0  | 98 643.8  | 101 628.6 | 104 613.5 |
| 0.27  | 73 115.4          | 76 037.9 | 78 960.5 | 81 883.0  | 84 805.6  | 87 724.6  | 90 644.0  | 93 563.5  | 96 482.9  | 99 402.4  | 102 321.8 |

<sup>1)</sup> $f_s$  与  $f_b$  分别表示系统留笋比例与伐竹比例  $f_s$  and  $f_b$  are the proportion of shoot reserved and proportion of bamboo cut respectively.



表3 毛竹林生态系统凋落物分室能量模拟结果<sup>1)</sup>Table 3 The results of computer simulation of energy of the litter of *Phyllostachy heterocykla* cv. *Pubescens* ecosystem<sup>1)</sup>

| $f_b$ | $f_s$   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 0.00    | 0.10    | 0.20    | 0.30    | 0.40    | 0.50    | 0.60    | 0.70    | 0.80    | 0.90    | 1.00    |
| 0.00  | 2 100.4 | 2 148.3 | 2 196.2 | 2 244.1 | 2 292.0 | 2 339.9 | 2 387.9 | 2 435.8 | 2 483.8 | 2 531.6 | 2 579.5 |
| 0.03  | 2 068.6 | 2 115.4 | 2 162.2 | 2 209.0 | 2 255.8 | 3 142.8 | 3 233.2 | 3 323.6 | 3 414.0 | 3 504.4 | 3 594.8 |
| 0.06  | 2 038.3 | 2 084.0 | 2 129.7 | 2 175.5 | 2 221.2 | 3 470.2 | 3 579.0 | 3 687.7 | 3 796.5 | 3 905.3 | 4 014.0 |
| 0.09  | 2 009.4 | 2 054.0 | 2 098.7 | 2 143.4 | 2 188.1 | 3 574.9 | 3 690.7 | 3 806.5 | 3 922.3 | 4 038.1 | 4 153.9 |
| 0.12  | 1 981.7 | 2 025.4 | 2 069.1 | 2 112.8 | 2 156.5 | 3 576.7 | 3 694.2 | 3 811.7 | 3 929.2 | 4 046.7 | 4 164.3 |
| 0.15  | 1 955.2 | 1 998.0 | 2 040.7 | 2 083.5 | 2 126.3 | 3 531.9 | 3 648.7 | 3 765.5 | 3 882.4 | 3 999.2 | 4 116.0 |
| 0.18  | 1 929.8 | 1 971.7 | 2 013.6 | 2 055.4 | 2 097.3 | 3 467.2 | 3 582.3 | 3 697.3 | 3 812.4 | 3 927.4 | 4 042.5 |
| 0.21  | 1 905.5 | 1 946.5 | 1 987.5 | 2 028.5 | 2 069.5 | 3 395.2 | 3 508.0 | 3 620.8 | 3 733.7 | 3 846.5 | 3 959.3 |
| 0.24  | 1 882.2 | 1 922.3 | 1 962.5 | 2 002.7 | 2 042.9 | 3 321.5 | 3 431.9 | 3 542.4 | 3 652.9 | 3 763.3 | 3 873.8 |
| 0.27  | 1 859.8 | 1 899.1 | 1 938.5 | 1 977.9 | 2 017.3 | 3 248.8 | 3 356.8 | 3 464.9 | 3 573.0 | 3 681.1 | 3 789.2 |

<sup>1)</sup>  $f_s$ 与  $f_b$ 分别表示系统留笋比例与伐竹比例  $f_s$  and  $f_b$  are the proportion of shoot reserved and proportion of bamboo cut respectively.

表4 毛竹林生态系统地下活鞭和活根分室能量模拟结果<sup>1)</sup>Table 4 The results of computer simulation of energy of under-ground living root part of *Phyllostachy heterocykla* cv. *Pubescens* ecosystem<sup>1)</sup>

| $f_b$ | $f_s$   |         |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|       | 0.00    | 0.10    | 0.20     | 0.30     | 0.40     | 0.50     | 0.60     | 0.70     | 0.80     | 0.90     | 1.00      |
| 0.00  | 9 419.9 | 9 795.9 | 10 172.0 | 10 548.1 | 10 924.1 | 11 300.2 | 11 676.3 | 12 052.3 | 12 428.4 | 12 804.5 | 13 180.5  |
| 0.03  | 9 169.8 | 9 535.9 | 9 902.0  | 10 268.1 | 10 634.1 | 11 000.2 | 11 366.3 | 11 732.4 | 12 098.5 | 12 464.6 | 12 830.6  |
| 0.06  | 8 932.7 | 9 289.3 | 9 645.9  | 10 002.5 | 10 359.1 | 10 715.8 | 11 072.4 | 11 429.0 | 11 785.6 | 12 142.2 | 12 498.9  |
| 0.09  | 8 707.5 | 9 055.1 | 9 402.7  | 9 750.3  | 10 098.0 | 10 445.7 | 10 793.3 | 11 140.9 | 11 488.5 | 11 836.2 | 12 183.8  |
| 0.12  | 8 493.4 | 8 832.5 | 9 171.5  | 9 510.6  | 9 849.6  | 10 188.8 | 10 527.9 | 10 867.0 | 11 206.1 | 11 545.2 | 11 884.2  |
| 0.15  | 8 289.7 | 8 620.6 | 8 951.4  | 9 282.3  | 9 613.2  | 9 944.4  | 10 275.3 | 10 606.2 | 10 937.2 | 11 268.1 | 11 599.1  |
| 0.18  | 8 095.7 | 8 418.7 | 8 741.8  | 9 064.8  | 9 387.8  | 9 711.3  | 10 034.5 | 10 357.7 | 10 680.9 | 11 004.1 | 11 327.3  |
| 0.21  | 7 910.8 | 8 226.3 | 8 541.8  | 8 857.4  | 9 172.9  | 9 489.0  | 9 804.8  | 10 120.6 | 10 436.4 | 10 752.2 | 11 068.0  |
| 0.24  | 7 734.6 | 8 042.8 | 8 351.1  | 8 659.3  | 8 967.6  | 9 276.7  | 9 585.5  | 9 894.2  | 10 202.9 | 10 511.6 | 10 820.37 |
| 0.27  | 7 566.8 | 7 868.0 | 8 169.2  | 8 470.5  | 8 771.7  | 9 073.8  | 9 375.8  | 9 677.7  | 9 979.7  | 10 281.7 | 10 583.7  |

<sup>1)</sup>  $f_s$ 与  $f_b$ 分别表示系统留笋比例与伐竹比例  $f_s$  and  $f_b$  are the proportion of shoot reserved and proportion of bamboo cut respectively.

表5 毛竹林生态系统地下死鞭和死根分室能量模拟结果<sup>1)</sup>Table 5 The results of computer simulation of energy of under-ground dead root part of *Phyllostachy heterocykla* cv. *Pubescens* ecosystem<sup>1)</sup>

| $f_b$ | $f_s$   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 0.00    | 0.10    | 0.20    | 0.30    | 0.40    | 0.50    | 0.60    | 0.70    | 0.80    | 0.90    | 1.00    |
| 0.00  | 1 974.5 | 2 024.9 | 2 075.3 | 2 125.8 | 2 176.2 | 2 226.6 | 2 277.0 | 2 327.4 | 2 377.9 | 2 428.3 | 2 478.7 |
| 0.03  | 1 941.1 | 1 990.3 | 2 039.5 | 2 088.8 | 2 138.0 | 2 378.8 | 2 454.4 | 2 530.1 | 2 605.7 | 2 681.4 | 2 757.0 |
| 0.06  | 1 909.2 | 1 957.3 | 2 005.4 | 2 053.5 | 2 101.6 | 2 348.0 | 2 425.7 | 2 503.3 | 2 580.9 | 2 658.5 | 2 736.1 |
| 0.09  | 1 878.7 | 1 925.8 | 1 972.8 | 2 019.8 | 2 066.8 | 2 292.7 | 2 369.0 | 2 445.3 | 2 521.4 | 2 597.6 | 2 673.9 |
| 0.12  | 1 849.6 | 1 895.6 | 1 941.6 | 1 987.6 | 2 033.5 | 2 236.3 | 2 310.7 | 2 385.1 | 2 459.6 | 2 534.0 | 2 608.4 |
| 0.15  | 1 821.8 | 1 866.8 | 1 911.7 | 1 956.7 | 2 001.7 | 2 182.1 | 2 254.7 | 2 327.3 | 2 399.9 | 2 472.5 | 2 545.1 |
| 0.18  | 1 795.1 | 1 839.2 | 1 883.2 | 1 927.2 | 1 971.2 | 2 130.3 | 2 201.2 | 2 272.1 | 2 343.0 | 2 413.9 | 2 484.8 |
| 0.21  | 1 769.6 | 1 812.7 | 1 855.8 | 1 898.9 | 1 942.0 | 2 080.9 | 2 150.2 | 2 219.4 | 2 288.7 | 2 357.9 | 2 427.2 |
| 0.24  | 1 745.0 | 1 787.3 | 1 829.5 | 1 871.8 | 1 914.0 | 2 033.8 | 2 101.5 | 2 169.1 | 2 236.8 | 2 304.5 | 2 372.2 |
| 0.27  | 1 721.5 | 1 762.9 | 1 804.3 | 1 845.7 | 1 887.1 | 1 988.7 | 2 054.9 | 2 121.1 | 2 187.3 | 2 253.5 | 2 319.0 |

<sup>1)</sup>  $f_s$ 与  $f_b$ 分别表示系统留笋比例与伐竹比例  $f_s$  and  $f_b$  are the proportion of shoot reserved and proportion of bamboo cut respectively.

表 6 毛竹林生态系统总能量模拟结果<sup>1)</sup>

Table 6 The results of computer simulation of the total energy of *Phyllostachy heterocycla* cv. *Pubescens* stand<sup>1)</sup>

| $f_b$ | $f_s$     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 0.00      | 0.10      | 0.20      | 0.30      | 0.40      | 0.50      | 0.60      | 0.70      | 0.80      | 0.90      | 1.00      |
| 0.00  | 104 572.2 | 108 682.2 | 112 793.1 | 116 903.5 | 121 014.0 | 125 124.5 | 129 234.9 | 133 345.4 | 137 455.8 | 141 566.3 | 145 676.8 |
| 0.03  | 101 839.1 | 105 840.8 | 109 842.4 | 113 844.1 | 117 845.7 | 122 879.2 | 126 950.8 | 131 022.5 | 135 094.1 | 139 165.8 | 143 237.4 |
| 0.06  | 99 247.1  | 103 145.5 | 107 044.0 | 110 942.4 | 114 840.8 | 120 140.9 | 124 131.9 | 128 122.9 | 132 113.9 | 136 104.9 | 140 095.9 |
| 0.09  | 96 785.3  | 100 585.8 | 104 386.2 | 108 186.7 | 111 987.1 | 117 308.5 | 121 209.2 | 125 109.9 | 129 010.7 | 132 911.4 | 136 812.1 |
| 0.12  | 94 444.3  | 98 151.6  | 101 858.8 | 105 566.1 | 109 273.4 | 114 513.6 | 118 323.1 | 122 132.5 | 125 942.0 | 129 751.4 | 133 560.9 |
| 0.15  | 92 215.2  | 95 833.8  | 99 452.4  | 103 071.0 | 106 689.6 | 111 805.9 | 115 526.0 | 119 246.2 | 112 966.3 | 126 686.4 | 130 406.6 |
| 0.18  | 90 090.0  | 93 624.2  | 97 158.4  | 100 692.5 | 104 226.8 | 109 203.0 | 112 836.9 | 116 470.8 | 120 104.7 | 123 738.6 | 127 372.5 |
| 0.21  | 88 061.1  | 91 514.9  | 94 968.7  | 98 422.5  | 101 876.3 | 106 708.8 | 110 259.9 | 113 811.0 | 117 362.0 | 120 913.1 | 124 464.2 |
| 0.24  | 86 121.2  | 89 498.5  | 92 875.8  | 96 253.1  | 99 630.4  | 104 321.3 | 107 793.0 | 111 264.7 | 114 736.4 | 118 208.1 | 121 679.8 |
| 0.27  | 84 263.4  | 87 568.0  | 90 872.6  | 94 177.1  | 97 481.7  | 102 035.9 | 105 431.6 | 108 827.2 | 112 222.9 | 115 618.6 | 119 014.3 |

<sup>1)</sup>  $f_s$  与  $f_b$  分别表示系统留笋比例与伐竹比例  $f_s$  和  $f_b$  are the proportion of shoot reserved and proportion of bamboo cut respectively.

0 增大至 0.27 时,能量减少了 6% ~ 11%,而凋落物能量变化的幅度较大,伐竹比例从 0 增大到 0.27,凋落物能量减少了 35% ~ 45% 左右。

### 3 小结

本文运用分室理论建立了毛竹林生态系统能量动态分室模型,并进行能量动态模拟,结果表明:在同时考虑环境能量流入与人为砍伐竹材造成的系统能量流出的条件下,毛竹林生态系统各组分能量和系统总能量随着笋能量流入与砍伐竹材产生的能量流出的变化而变化,从总的趋势看,各分室能量与总能量随着笋能量流入比例的增大(或挖笋量比例的减少)而增大,而随着竹材砍伐量的增大而减少,其中凋落物分室和地下死鞭根分室能量的变化不完全一致,存在着上下动荡现象。另外,本文在建立毛竹林生态系统能量动态分室模型时,未考虑毛竹林林下植被的能流问题,这方面有待进一步研究。

### 参考文献

[1] 周芳纯. 毛竹林结构理论研究总结报告[J]. 竹类研究, 1987, 6(1): 1 ~ 13.

[2] 何东进, 洪伟, 吴承祯. 人工神经网络在毛竹枯梢病预测预报

的应用研究[J]. 植物病理学报, 1998, 28(4): 353 ~ 358.

[3] 何东进, 洪伟, 吴承祯. 毛竹生长动态模拟预测新模型[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(3): 32 ~ 36.

[4] 何东进, 洪伟, 吴承祯, 等. 毛竹种群光能利用率的研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(4): 324 ~ 326.

[5] 何东进, 洪伟, 吴承祯. 毛竹林林分平均胸径模拟预测模型的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(专刊 1): 148 ~ 153.

[6] 洪伟, 郑郁善, 邱尔发. 毛竹丰产密度效应研究[J]. 林业科学, 1998, 34(专刊 1): 1 ~ 4.

[7] 陈辉, 洪伟, 蓝斌, 等. 闽北毛竹生物量与生产力的研究[J]. 林业科学, 1998, 34(专刊 1): 60 ~ 64.

[8] 蓝斌, 何东进, 吴承祯, 等. 闽北毛竹林生态系统能量分配规律的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 193 ~ 195.

[9] 洪伟, 蓝斌, 吴承祯, 等. 毛竹林能量分配的研究[J]. 林业科学, 1998, 34(专刊 1): 78 ~ 81.

[10] 李振基, 林鹏. 毛竹群落能量动态研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1993, 32(2): 236 ~ 240.

[11] 湛小勇, 潘维涛. 杉木人工林生态系统中氮素的动态特征[J]. 生态学报, 1989, 9(3): 201 ~ 206.

[12] 洪伟, 林思祖. 计量林学研究[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1993.

[13] 黄大明, 赵松岭. 矮嵩草草甸能量动态的分室模型研究[J]. 生态学报, 1992, 12(2): 119 ~ 124.

[14] 黄大明. 高寒草甸放牧生态系统的分室模型研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1993, 32(6): 768 ~ 772.

[15] 何东进, 洪伟, 吴承祯. 毛竹林生态系统能量动态规律的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(1): 63 ~ 67.

(责任编辑: 惠红)