

用半球面影像技术测定城市林分的冠层结构参数

苏志尧¹, 贾小容¹, 解丹丹^{1,2}, 李镇魁¹

(¹华南农业大学林学院, 广东广州 510642; ²华南农业大学理学院, 广东广州 510642)

摘要: 以样方法为基础, 用半球面影像技术估测了广州市帽峰山常绿阔叶林的2种冠层结构参数, 即叶面积指数(LAI)和林冠孔隙度, 该群落优势现象明显, 但立木胸径的分布主要集中于小径级范围。100个样方测定的LAI数值范围是1.10~5.08, 平均值为2.88, 变异系数(CV)为23.97%; 林冠孔隙度数值范围是7.72%~21.86%, 平均值为11.70%, CV为22.42%, LAI在整个林分中的分布基本呈均匀状态, 从西到东及从南到北各样带间不存在显著的差异; 而从南到北各样带的林冠孔隙度存在极显著的差异($P=0.0003$)。作为一种近距离的遥感测量方法, 半球面影像技术是一种快捷、准确、操作容易且有极高的性价比的森林冠层分析方法, 将在林业科学研究特别是森林生态监测和评价中开辟更广阔的应用前景。

关键词: 林分; 叶面积指数; 林冠孔隙度; 冠层结构参数; 半球面影像技术

中图分类号: S731.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2007)02-0065-04

Determination of Canopy Structural Parameters in an Urban Forest

Stand Using Hemispherical Photography

SU Zhi-yao¹, JIA Xiao-rong¹, XIE Dan-dan^{1,2}, LI Zhen-kui¹

(¹ College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

² College of Sciences, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Two canopy parameters, i. e., leaf area index (LAI) and canopy openness, of an urban forest stand in Maofengshan, Guangzhou, were estimated using hemispherical photography in parallel with quadrat plant census. The forest community exhibited significantly high dominance in species composition, but the majority of stems fell into the small DBH class categories. LAI estimated from the 100 quadrats ranged from 1.10 to 5.08, with a mean value of 2.88 and coefficient of variation (CV) 23.97%, while canopy openness from 7.72% to 21.86%, with a mean value of 11.70% and CV 22.42%. The value of LAI showed quite uniformed distribution in the whole stands, with no significant difference existing between transects from west to east or from south to north; whereas significant difference in canopy openness was detected between transects from south to north ($P=0.0003$). As a short-range remote sensing method, hemispherical photography is a rapid, easy-to-use and low-cost method for canopy analysis, and will find wide applications in forest studies, especially in forest ecological monitoring and assessment.

Key words: forest stand; leaf area index (LAI); canopy openness; canopy structural parameter; hemispherical photography

城市森林是城市绿地生态系统的主体,发挥着其他绿地类型难以替代的作用. 评价城市林木的健康、风险及生态效益,离不开对冠层状况的评估^[1]. 作为一项重要的植物群体指标,林分的叶面积指数(leaf area index, LAI)也象经济作物的一样,对其测定有着重要的意义. 首先,叶片是植物进行光合作用

收稿日期:2006-10-25

作者简介:苏志尧(1963—),男,教授,博士,E-mail: zysu@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2002C20703)

制造养分的主要器官. 叶面积指数对于评定生长状况、遮阴效果及其他生态功能有重要的意义; 另一方面, 测定叶面积指数对于了解光合、蒸腾等一系列生态生理过程有重要意义. 从生态学和全球环境变化的角度来说, 树冠是与大气接触的界面, 叶面积指数可以用来评估树木固定二氧化碳、放出氧气、在保持大气碳氧平衡中的作用大小, 因此, 叶面积指数成了许多生态系统模型的重要输入参数^[2-5]. 所以, 城市林分叶面积指数的测定对于全球环境变化的监测和研究也有着重要的意义. 而林冠结构的另一个参数林冠孔隙度 (canopy openness) 则对了解林隙大小及郁闭情况, 从而评估树种的更新演替有重要的意义.

过去对叶面积及叶面积指数的估测大多依赖离体的破坏性测定, 不仅费时费力, 难以确保准确性, 而且难以获得大面积的监测结果^[2,6]. 直到近年来几种快速的、非破坏性林冠生物物理测定技术的出现, 才解决了这个问题. 这些新技术包括 LAI-2000 冠层分析仪, 半球面影像技术 (hemispherical photography) 等^[2-3]. 其中, 半球面影像技术是一种快捷、准确、高性价比的近距离遥感 (close-range remote sensing) 方法^[7], 近年来在森林生态监测和评价研究中已有了成功的应用^[2-4,8-11]. 本项研究利用半球面影像技术获得广州市帽峰山常绿阔叶林的林冠影像, 通过专用软件对影像进行分析, 得出 LAI 和林冠孔隙度指标, 并分析了其分布特点.

1 研究区概况

研究地点位于帽峰山国家森林公园, 该区同时又是广州市生态公益林建设示范区. 帽峰山森林公园坐落于广州市北郊白云区太和镇与良田镇交界处, 离广州市中心 30 km, 地理坐标为东经 $113^{\circ}22'$ ~ $113^{\circ}29'$, 北纬 $23^{\circ}16'$ ~ $23^{\circ}19'$. 公园总面积 4 694.5 hm^2 , 是广州市国家风景名胜区白云山的 2 倍. 该区最高峰海拔 534.9 m, 而最低处海拔 39 m. 本项研究的样地设于区内的次生常绿阔叶林中, 样地面积 10 000 m^2 . 样地中心点位于海拔 320.5 m.

2 研究方法

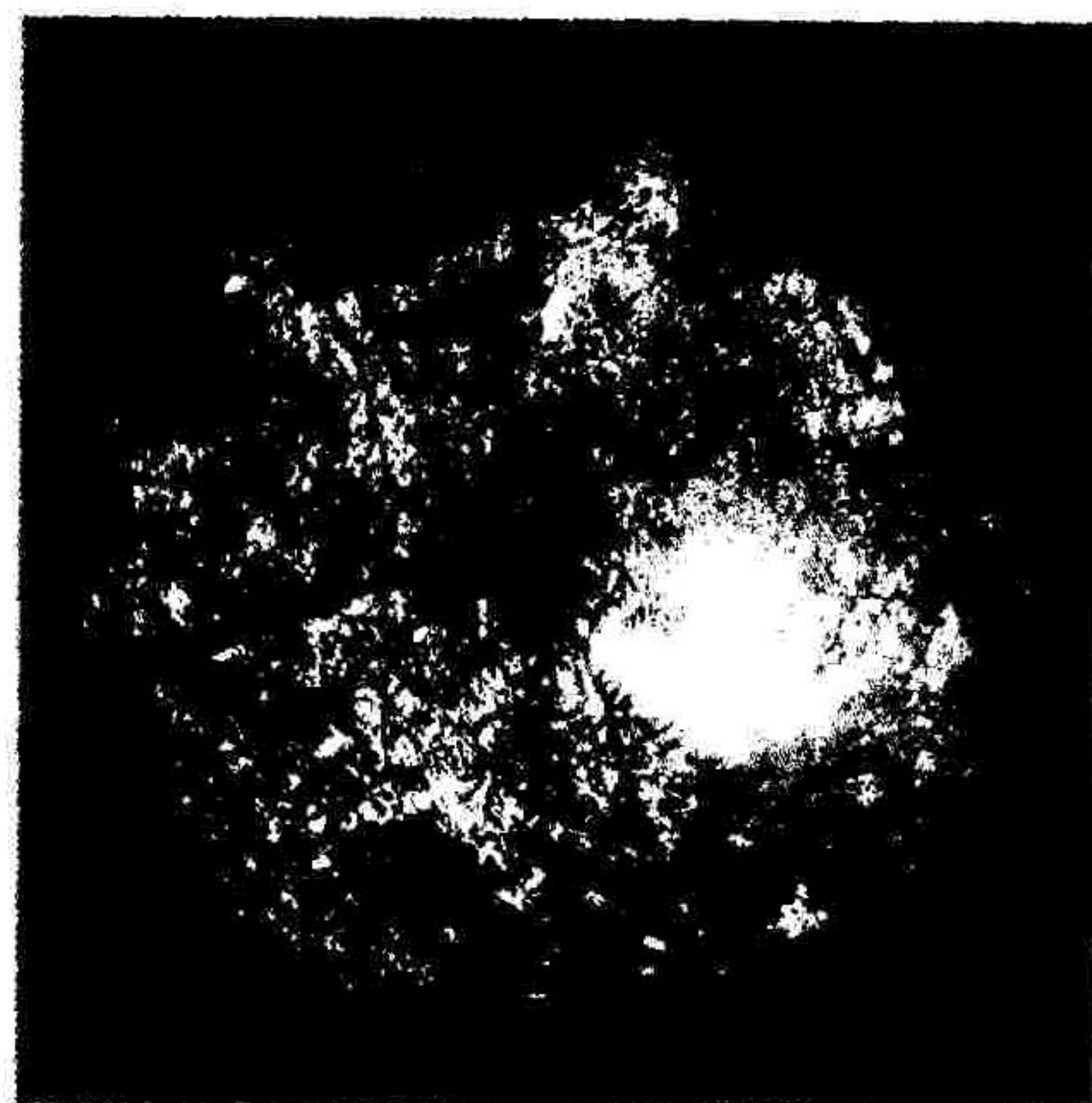
2.1 林分调查与影像获取

在 10 000 m^2 的半固定样地内再细分为 100 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的样方. 在每个样方中进行每木调查, 记录胸径 (DBH) $\geq 3 \text{ cm}$ 的立木. 记载内容包括种名、树高、胸径、冠幅等. 半球面影像的获取使用 Nikon CoolPix 4500 数码相机, 外接 Nikkor FC-E8 鱼镜头; 用 $1\,600 \times 1\,200$ 分辨率, 按低压缩比率 (1:4) 的

JPEG 图像格式保存照片. 因为这种设置不会对后续相关参数的分析产生影响^[6], 又不至于使图像文件太大. 在每个样方的中心点离地面 1.6 m 处, 保持相机水平, 镜头朝上, 拍照一个半球面林冠影像, 共获得 100 个影像文件.

2.2 影像处理

Nikkor 鱼镜头为 180° 广角, 所获得的林冠照片为圆形或称半球面影像 (circular or hemispherical images) (图 1). 这种半球面影像可通过专用软件如 Hemiview 及 WinScanopy 林冠影像分析软件进行分析, 获得林冠结构、林下光照条件等一系列参数. 本项研究采用 WinScanopy 软件 (版本 2.3B; 加拿大 Regent Instruments 公司出版) 对所获得的半球面影像进行分析. 在参数设置中输入样地经、纬度坐标和海拔, 其他则采用软件默认设置, 由此获得一系列林冠结构和林下光照指标. 本项研究仅使用 2 种林冠结构参数, 即 LAI 和林冠孔隙度.



图中的半球面影像摄于样方 A4 中, LAI = 5.05 (为 100 个样方中的最大值), 林冠孔隙度 = 11.60%

The hemispherical photo was taken from A4 quadrat, with an LAI = 5.05, the largest value among 100 quadrats, and canopy openness = 11.60%

图 1 半球面影像照片样图 (经影像分析前处理)

Fig. 1 Sample image of hemispherical photo (pre-processed for analysis)

2.3 数据统计分析

样方每木调查数据及半球面影像分析数据经整理后, 用 STATISTICA 统计软件 (版本 5.5; 美国 Statsoft 公司出版) 进行各项数据分析.

3 结果与分析

3.1 林分树种组成

帽峰山常绿阔叶林是保存较好的次生林. 自上世纪 50、60 年代经历过砍伐干扰后, 一直未受破坏, 林分处于中幼龄林阶段. 群落林分种类较多,

10 000 m²样地中有 DBH ≥ 3 cm 的立木 789 株, 属于 48 个种, 均为南亚热带的地带性树种. 同时群落的优势现象明显, 仅黄樟 *Cinnamomum camphora*, 三叉苦 *Evodia lepta*, 鸭脚木 *Schefflera octophylla* 3 个树种的重要值之和即多达 113.62. 该群落最大立木的 DBH 为 64.0 cm, 但 DBH 分布主要集中于小径级范围, 径级分布直方图呈严重的偏态分布(图 2).

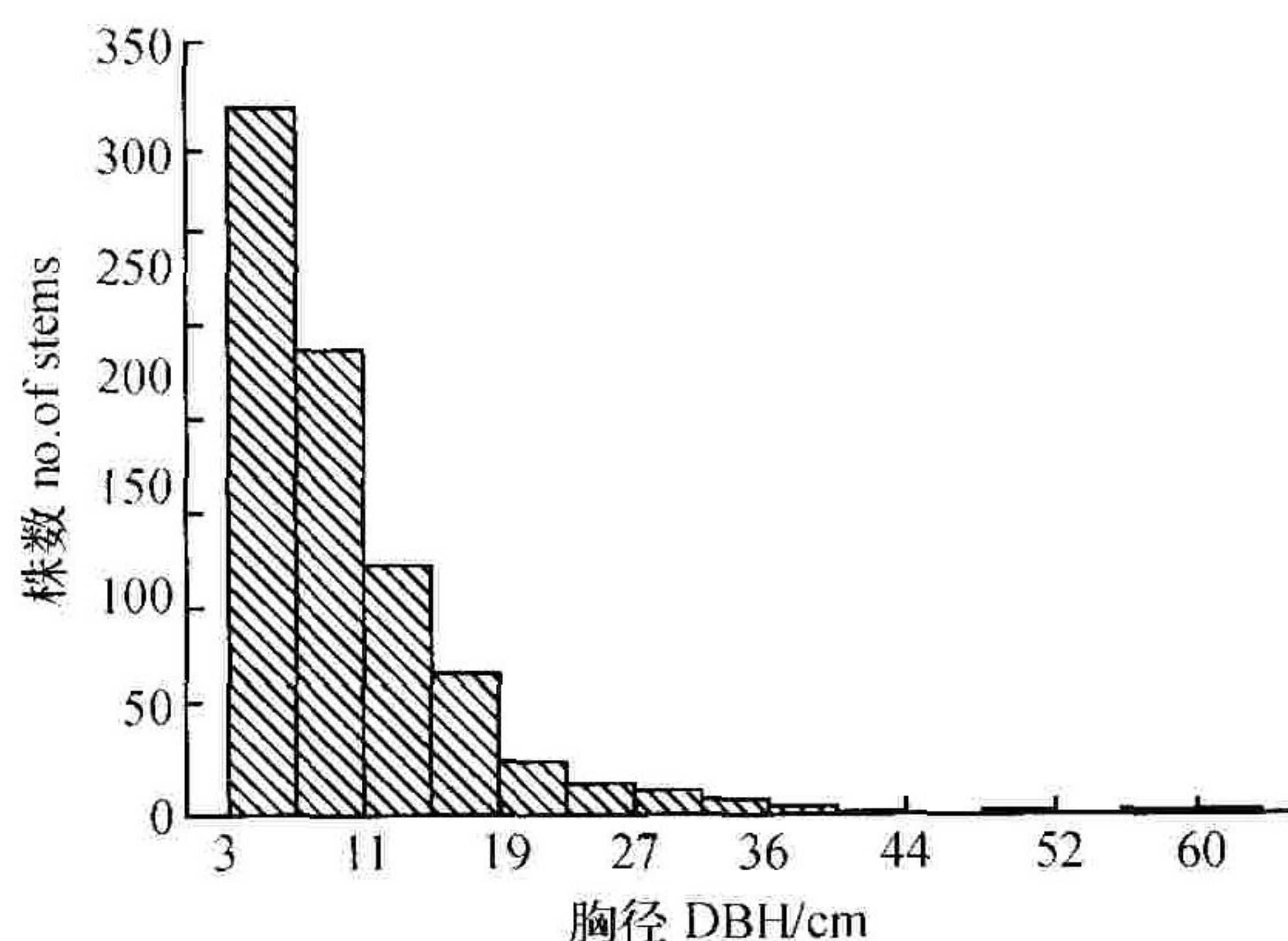


图2 帽峰山胸径 ≥ 3.0 cm 立木的径级分布直方图

Fig. 2 Histogram showing the distribution of stems among classes of DBH ≥ 3.0 cm in Maofengshan, Guangzhou

3.2 林分 LAI 与林冠孔隙度的估测

实地获得的 100 张林冠半球面影像照片经用软件 WinScanopy 分析, 得到 LAI 和林冠孔隙度的估测值. LAI 数值范围是 1.10 ~ 5.05, 平均值为 2.88, 变异系数(CV) = 23.97%; 林冠孔隙度数值范围是 7.72% ~ 21.86%, 平均值 = 11.70%, CV = 22.42%.

把估测到的 LAI 和林冠孔隙度数值按大小分为 4 组, 100 个样方的 LAI 及林冠孔隙度数值可直观地表示如图 3. 仅有 5 个样方的 LAI ≥ 4.01 (图 3a), 这 5 个样方有较多的大树. 而就林冠孔隙度来说, 有 47 个样方的数值较低, 即较郁闭(图 3b).

3.3 林分 LAI 与林冠孔隙度的分布

由于 10 000 m² 样地各个样方正好排列成正方形, 故从西到东及从南到北均可组合成 10 条各含 10 个样方的样带, 分别以 A ~ J 及 1 ~ 10 来表示(图 3).

用非参数的方差分析 Kruskal-Wallis 检验(KW-H)^[12]来评价各条样带的 LAI 及林冠孔隙度的分布异质性. 结果表明, LAI 在样地中的分布基本上呈均匀状态, 并不存在显著的样带异质性(图 4). 从西到

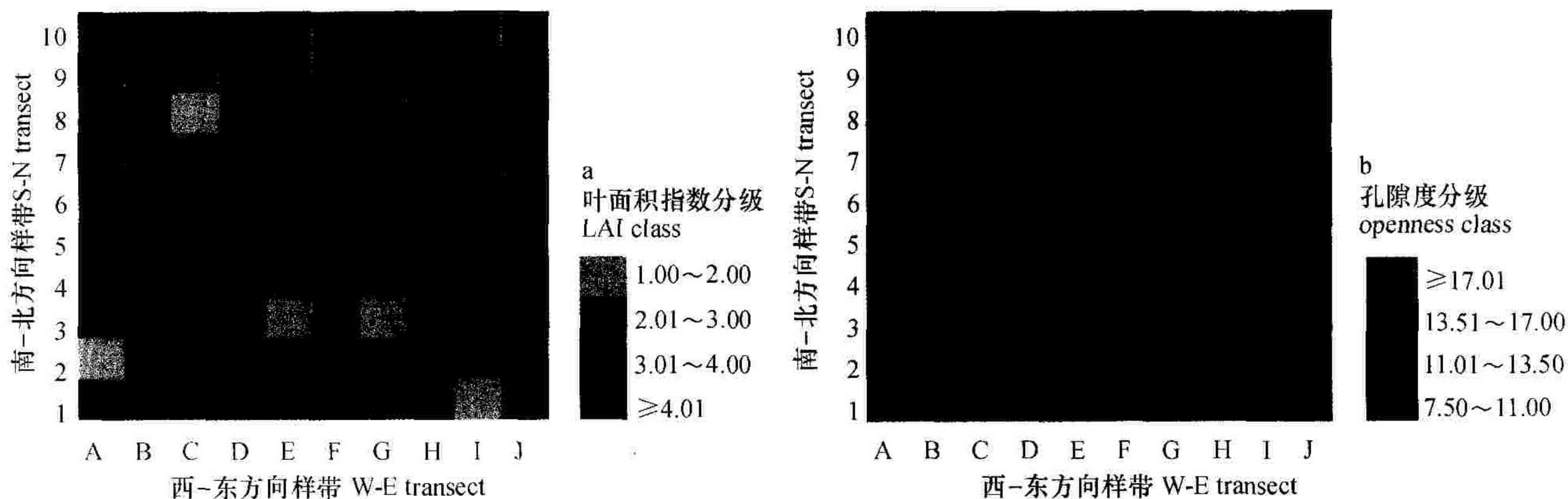


图3 帽峰山常绿阔叶林 10 000 m² 样地 LAI(a) 及林冠孔隙度(b) 的分布

Fig. 3 Distribution of LAI (a) and canopy openness (b) in the 10 000 m² sampling plot of the evergreen broadleaved forest stand in Maofengshan, Guangzhou

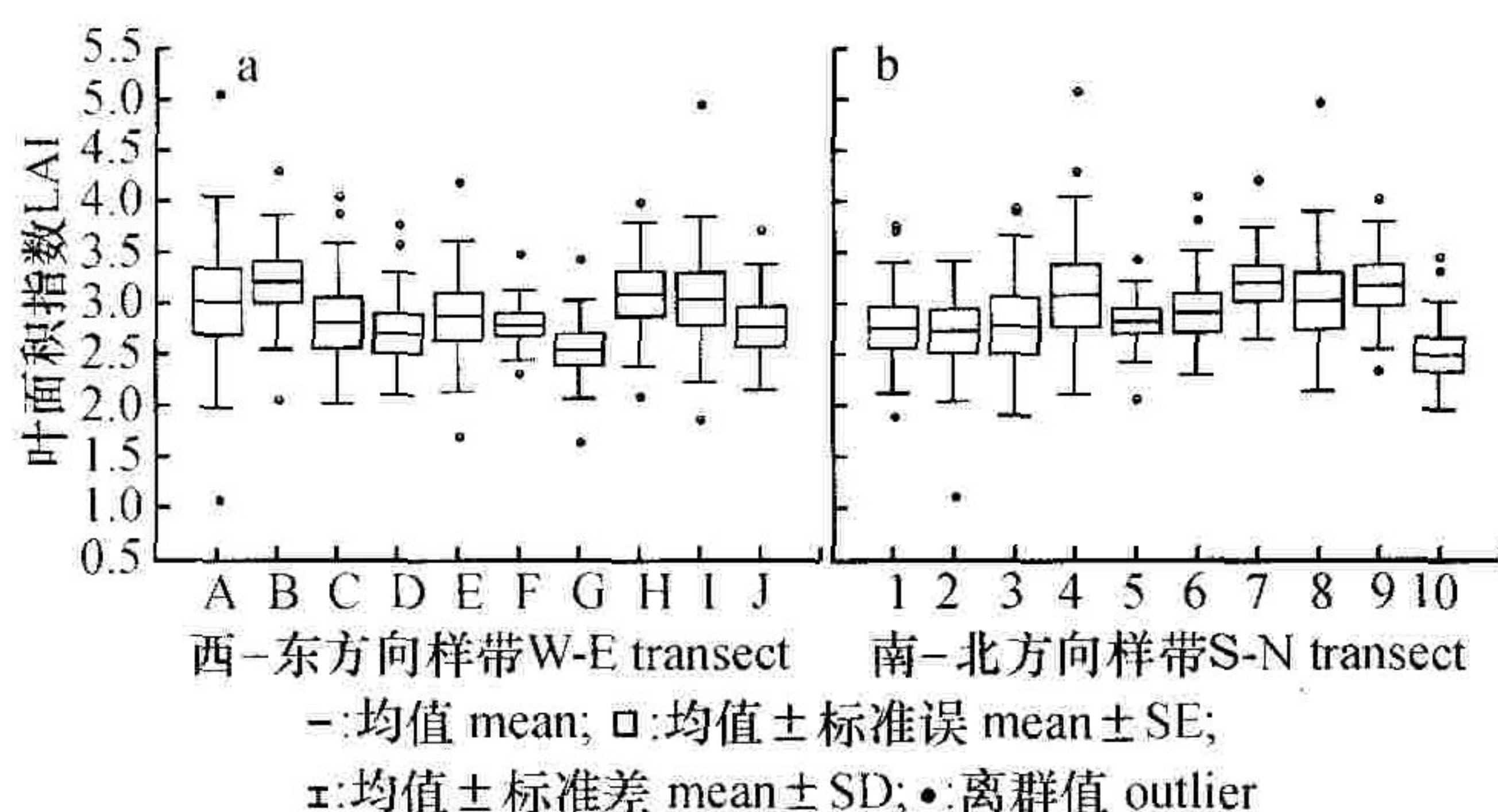


图4 帽峰山常绿阔叶林 10 000 m² 样地 LAI 的空间异质性

Fig. 4 Spatial variability of LAI in the 10 000 m² sampling plot of the evergreen broadleaved forest in Maofengshan, Guangzhou

东各样带(A ~ J)的 KW-H(9, 100) = 8.61, $P = 0.47$ (图 4a); 从南到北各样带(1 ~ 10)的 KW-H(9, 100) = 9.88, $P = 0.36$ (图 4b), 均大于 $\alpha = 0.05$ 的临界显著水平.

林冠孔隙度的分布从西到东的样带(A ~ J)中不存在显著的异质性. 从西到东各条样带的 KW-H(9, 100) = 5.58, $P = 0.78$ (图 5a); 但从南到北各样带(1 ~ 10)存在极显著的差异, KW-H(9, 100) = 31.25, $P = 0.0003$ (图 5b). 显然, 林冠孔隙度数值的变化与 LAI 数值的变化并不呈对应关系, 即并非 LAI 数值高的地方林冠更加郁闭(即林冠孔隙度数值低). 这是因为 LAI 是冠层枝叶的单面面积与其覆盖的总面积之

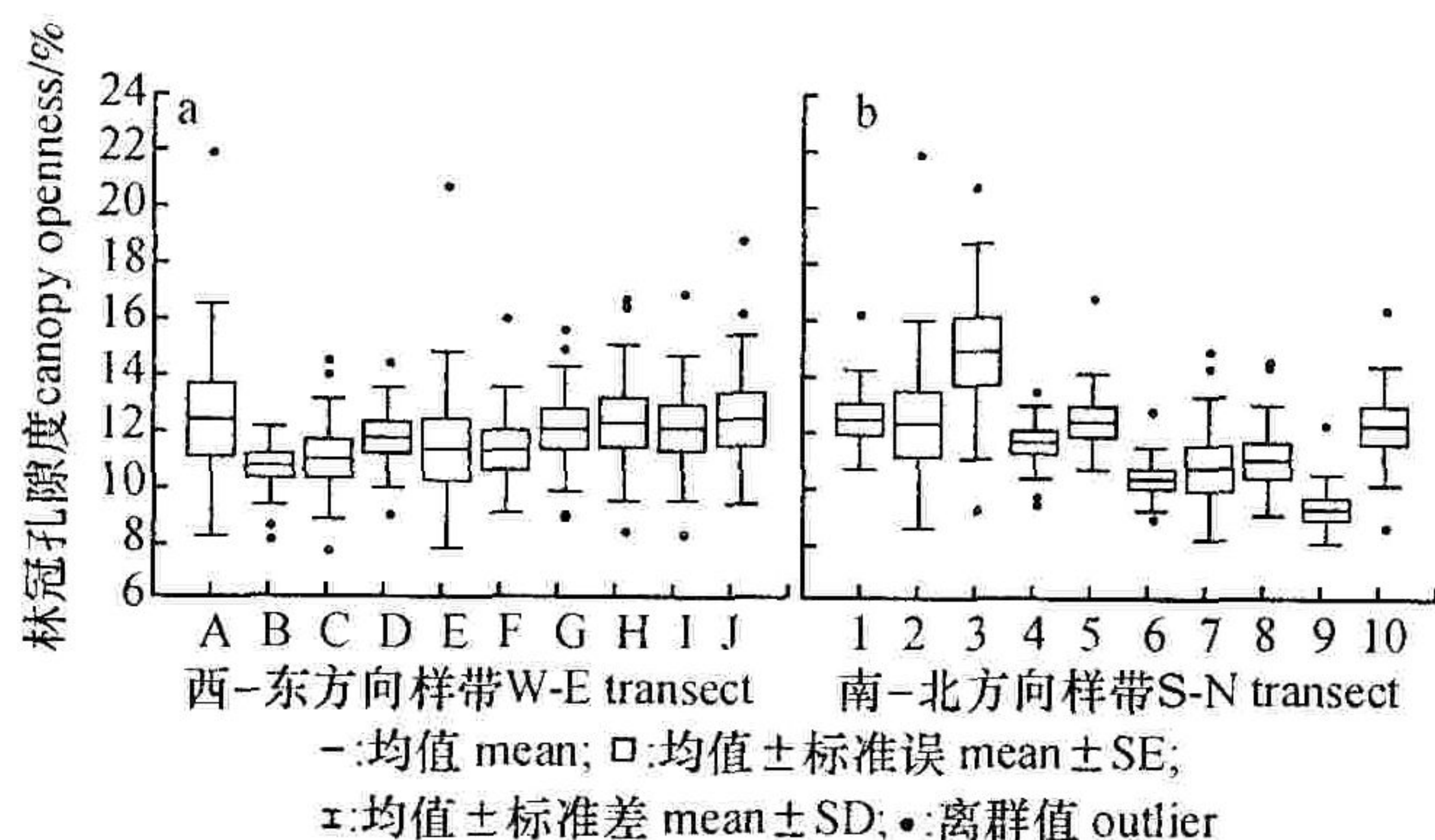


图5 帽峰山常绿阔叶林 10 000 m²样地林冠孔隙度的空间异质性

Fig. 5 Spatial variability of canopy openness in the 10 000 m² sampling plot of the evergreen broadleaved forest in Maofengshan, Guangzhou

比^[7],与对林分枝叶多少产生影响的各因素有关,如林分密度、树高、冠幅等;而林冠孔隙度则除此之外,还与林冠的镶嵌结构、叶倾角等因素有关^[13]。

4 讨论

半球面影像技术是估测林冠结构指标的方便、快速和准确的测定方法,其采用的模型与 LAI-2000 冠层分析仪等直接测定仪器一致,如 WinScanopy 的 LAI 计算方法就包括 LiCor's LAI-2000 original 及 LiCor's LAI-2000 modified. 与冠层分析仪相比,半球面影像技术属于间接的测定方法,这种方法先用数码相机拍照林冠影像,然后在现场或回室内把影像传输到电脑用软件分析;若用胶卷相机拍照,则多一个用扫描仪把照片转换成影像文件的环节。由于现在仅以低廉的价格即可获得系统所需的数码相机和鱼镜头,这样只需要一套软件系统就可进行大范围、众多地点的实时冠层结构分析、监测和比较。

本研究用样方法测定了广州市帽峰山常绿阔叶林立木的结构特征,用半球面影像技术估测了 LAI 及林冠孔隙度这 2 种林冠结构参数,并分析了其空间分布特点。由于森林冠层结构的复杂性,林分的树种组成、立木密度、DBH、树高、冠幅、冠高等各项林学指标及其配置会随时间(林分年龄)和空间(不同的立地条件)而发生变化,而 LAI 及林冠孔隙度应该可以指示这种变化。但要确定其关系,还有待进一步的研究。此外,对同一种林分的生长和生态评价,对不同林分的比较评价,半球面影像技术也显示出旺盛的潜力^[7,14-15]。由于半球面影像技术对于解释林下植物的生长和分布模式也有良好的适用性^[16-18],故可用该技术来确定植物种类对光因子的需求程度及树种苗期的光生态特性,在造林设计或林分改造、森

林恢复项目中,用半球面影像技术获得的信息可用于科学的植物种类配置。

参考文献:

- [1] JIM C Y. Variations of the treescape in relation to urban development in a Chinese city [J]. The Professional Geographer, 2003, 55(1): 70-82.
- [2] JONCKHEERE I, FLECK S, NACKAERTS K, et al. Review of methods for in situ leaf area index determination; Part I. Theories, sensors and hemispherical photography [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2004, 121: 19-35.
- [3] JONCKHEERE I, NACKAERTS K, MUYS B, et al. Assessment of automatic gap fraction estimation of forests from digital hemispherical photography [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 132: 96-114.
- [4] VAN GARDINGEN P R, JACKSON G E, HERNANDEZ-DAUMAS S, et al. Leaf area index estimates obtained for clumped canopies using hemispherical photography [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1999, 94: 243-257.
- [5] HO B X, MILLER J R, CHEN J M, et al. Retrieval of the canopy leaf area index in the BOREAS flux tower sites using linear spectral mixture analysis [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 89: 176-188.
- [6] FRAZER G W, FOURNIER R A, TROFYMOW J A, et al. A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 109: 249-263.
- [7] SOUDANI K. Leaf area index and canopy stratification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands [J]. Int J Remote Sensing, 2002, 23: 3605-3618.
- [8] CAPERS R S, CHAZDON R L. Rapid assessment of understory light availability in a wet tropical forest [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2004, 123: 177-185.
- [9] LERTZMAN K P, SUTHERLAND G D, INSELBER G A, et al. Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest [J]. Ecology, 1996, 77: 1254-1270.
- [10] NAUMBURG E, DEWALD L E. Relationships between *Pinus ponderosa* forest structure, light characteristics, and understory graminoid species presence and abundance [J]. Forest Ecology and Management, 1999, 124: 205-215.
- [11] NORBY R J, SHOLTIS J D, GUNDERSON C A, et al. Leaf dynamics of a deciduous forest canopy: no response to elevated CO₂ [J]. Oecologia, 2003, 136: 574-584.

(下转第 102 页)