

周 平 主编

张方秋 王 兵 周 毅 副主编

广东省森林生态系统 定位观测网络建设与研究

GUANGDONGSHENG SENLIN SHENGTAI XITONG
DINGWEI GUANCE WANGLUO JIANSHE YU YANJIU



中国林业出版社

GUANGDONG SENLIN SHENGTAI XITONG
DINGWEI GUANCE WANGLUO JIANSHE YU YANJIU

广东省森林生态系统 定位观测网络建设与研究

周 平 主 编

张方秋 王 兵 周 毅 副主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

广东省森林生态系统定位观测网络建设与研究/周平 主编. —北京:中国林业出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-5038-6165-9

I. ①广… II. ①周… III. ①森林生态系统:监测系统—研究—广东省

IV. ①S718.55②X835

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 081291 号

责任编辑: 于界芬

电话: 83229512

传真: 83227584

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

电话 83224477

网址 lych. forestry. gov. cn

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京顺诚彩色印刷有限公司

版次 2011 年 5 月第 1 版

印次 2011 年 5 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 6.5

字数 131 千字

定价 48.00 元

《广东省森林生态系统定位观测网络建设与研究》
编委会

主 编 周 平

副主编 张方秋 王 兵 周 毅

编 委	甘先华	张卫强	魏 龙	李召青
	王明怀	潘 文	彭耀强	林义辉
	殷祚云	温小莹	许秀玉	曾 锋
	钟锡均	郭乐东		

序

森林生态系统定位观测站网建设是林业科技基础条件平台建设和科技创新体系的重要内容。国家十分重视林业野外科学观测研究工作,《中共中央 国务院关于加快林业发展的决定》(2003 年)把“抓好林业重点实验室、野外重点观测台站、林业科学数据库和林业信息网络建设”作为科技兴林的重要内容;《国家林业科技创新体系建设规划纲要(2006—2020 年)》明确提出“根据林业科学实验、野外试验和观测研究的需要,新建一批森林、湿地、荒漠生态站,初步形成覆盖主要生态区域的科学观测研究网络”。

在广东经济社会发展新的历史时期,现代林业建设肩负着新的使命,面临新的挑战。实施绿色发展战略,维护生态安全、气候安全、能源安全和生态平衡,建设生态文明和幸福广东,都要求林业有一个大的发展。依托生态站网构建高水平的科技创新平台,开展长期定位观测研究,了解生态环境质量的现状和发展趋势,为资源保护、退化生态系统恢复等提供科学依据和科技支撑,是促进森林资源增长,提高森林资源质量,加快现代林业强省建设的重要基础和保障。

广东一直重视森林生态效益的监测与效益监测站的建设。2001 年,省政府在颁布的《广东省农业科技发展纲要(2001—2010)》中提出“建立 3~5 个森林生态环境监测站”,最早确定了广东省森林生态效益监测工作的任务和目标。2003 年,省委、省政府决定开展创建林业生态县、建设林业生态省活动,对森林生态效益监测和监测站建设工作均提出了更明确的要求。同年,省林业局启动实施“广东省森林生态环境监测站建设与研究”,由广东省林业科学研究院承担构建广东省森林生态效益监测与研究网络,先后完成了东江、韩江、西江和北江流域森林生态监测站的建设。在此期间,广东沿海森林生态站、广东南岭森林生态站、广东东江源森林生态站先后加入了中国森林生态系统研究网络(CFERN)。

广东省森林生态定位站网络以广东省温度梯度、降水梯度、植被类型、气候带分区和水系分布为布局依据,结合广东省自然保护区和林场的建设进行网络布局,通过进行定位观测塔、生物多样性样地、地表径流场、水量平衡场和测流堰等基础设施建设,购置相应的水文监测、土壤监测、大气监测和生物监

测等观测设备，构建了全球同纬度区域唯一完整网络布局的观测系统，并构建了全球唯一的沿海梯度观测系统。多年来，以省森林生态定位站网络为平台，开展了广东省森林小气候、森林土壤、森林水文、森林群落、生物多样性和森林健康的生态专项研究，并致力于研究广东省沿海防护林防护效应、东江流域水源林水文生态功能、广东森林固碳增汇、气候变化与生物多样性、森林净化大气等科学问题，在网络构建、研究方法等方面进行了探索，为广东省现代林业发展提供了科技支撑。

让我们携手并肩，继往开来，大力秉承“求实创新”的科研精神，有重点、有步骤地推动广东森林生态系统定位研究网络不断向“规范化、标准化、科学化”发展，为全省、全国乃至全球的林业事业做出更大的贡献！

广东省林业局局长 张育生

2011年4月

目 录

序

1 绪言	(1)
2 广东森林生态观测网络化布局研究	(3)
2.1 布局原则	(3)
2.2 布局依据	(3)
2.2.1 气候分区	(3)
2.2.2 温度梯度	(4)
2.2.3 降水梯度	(4)
2.2.4 植被类型分区	(4)
2.2.5 水系分布	(5)
2.3 选址特点	(5)
2.4 总体分布	(5)
3 广东森林生态专项定位研究	(7)
3.1 森林小气候	(7)
3.1.1 观测方法	(7)
3.1.2 观测指标及观测设备	(8)
3.1.3 观测结果	(8)
3.2 森林土壤	(14)
3.2.1 观测方法	(14)
3.2.2 观测指标和观测设备	(14)
3.2.3 观测结果	(15)
3.3 森林水文	(20)
3.3.1 观测方法	(20)
3.3.2 观测指标与观测设备	(21)
3.3.3 观测结果	(21)
3.4 森林群落	(27)
3.4.1 观测方法	(27)
3.4.2 观测指标与观测设备	(27)

3.4.3 观测结果	(29)
4 广东森林生态定位网络系统研究的科学问题	(33)
4.1 广东沿海防护林防护效应	(33)
4.1.1 研究意义	(33)
4.1.2 研究方法	(33)
4.1.3 研究结果	(37)
4.2 东江流域水源林水文生态功能	(40)
4.2.1 研究意义	(40)
4.2.2 研究方法	(43)
4.2.3 研究结果	(43)
4.3 广东森林固碳增汇	(50)
4.3.1 研究意义	(50)
4.3.2 研究方法	(51)
4.3.4 研究结果	(52)
4.4 气候变化与生物多样性	(58)
4.4.1 研究意义	(58)
4.4.2 研究方法	(58)
4.4.3 研究结果	(59)
4.5 森林净化大气效应	(69)
4.5.1 研究意义	(69)
4.5.2 研究方法	(70)
4.5.3 研究结果	(71)
5 讨论与结论	(74)
5.1 广东森林生态定位观测网络	(74)
5.2 观测研究与服务功能评估	(74)
5.3 后续研究	(75)
 参考文献	 (76)
附件 “聚焦中国森林生态系统定位研究网络”系列报道	(79)

绪 言

20 世纪下半叶以来, 气候变暖、土地沙化、水土流失、干旱缺水、物种减少等生态危机正严重威胁着人类的生存与发展。随着 1992 年《世界环境与发展大会》的召开和 1997 年《京都议定书》的签订, 以及 2000 年联合国《千年生态系统评估(MA)》的开始, 人们越来越关注地球生态系统和全球气候变化的相互作用, 迫切需要获取反映陆地生态系统状况的各种信息, 同时各国政府在进行生态保护、自然资源管理、应对全球气候变化和实现可持续发展等宏观决策中也需要相关信息和数据作为科学依据。

森林是陆地上最重要的生态系统, 林业是生态建设的主体。为了揭示陆地生态系统结构与功能, 评估林业在经济社会发展中的作用, 从 20 世纪 50 年代末至 60 年代初, 原林业部开始建设中国陆地生态系统定位研究网络(以下简称生态站网, 英文简称 CTERN), 经过几十年的发展, 目前生态站网建设已初具规模, 成为国家野外科学观测与研究平台的重要组成部分, 对国家生态建设发挥着重要的支撑作用。

2006 年广东省林业科学研究院承担了广东省第一个国家林业局森林生态网络(CFERN)站点“广东沿海防护林森林生态定位站建设”的项目, 同时承担了始于 2003 年的广东省森林生态观测网络沿海站的建设, 至 2010 年已经全部完成生态站的各项建设任务, 形成了汕头、汕尾、江门、湛江东海岛、湛江北部湾红树林等沿广东海岸线分布的一站多点的广东沿海森林生态观测体系。2008 年, 在广东省森林生态网络北江流域和东江流域森林生态监测站建设的工作基础上, 根据“国家林业局陆地生态系统定位研究网络中长期发展规划(2008-2020 年)”申请了国家林业局森林生态研究网络的“广东南岭森林生态站建设”和“广东省东江水源涵养林森林生态站建设”项目并获批复, 在此期间积极地邀请全国生态研究领域的知名专家开展了科学研究规划、勘察设计, 进行了一系列基础条件建设。

广东省森林生态定位站网络以广东省温度梯度、降水梯度、植被类型、气候带分区和水系分布为布局依据, 在现场考察的基础上, 结合广东省自然保护区和林场

的建设进行网络布局。在此基础上进行定位观测塔、生物多样性样地、地表径流场、水量平衡场和测流堰等基础设施建设，并购置相应的水文监测、土壤监测、大气监测和生物监测等观测设备。开展了广东省森林小气候、森林土壤、森林水文、森林群落、生物多样性和森林健康的生态专项研究，并致力于研究广东省沿海防护林防护效应、东江流域水源林水文生态功能、广东森林固碳增汇、气候变化与生物多样性、森林净化大气等科学问题(图 1-1)。

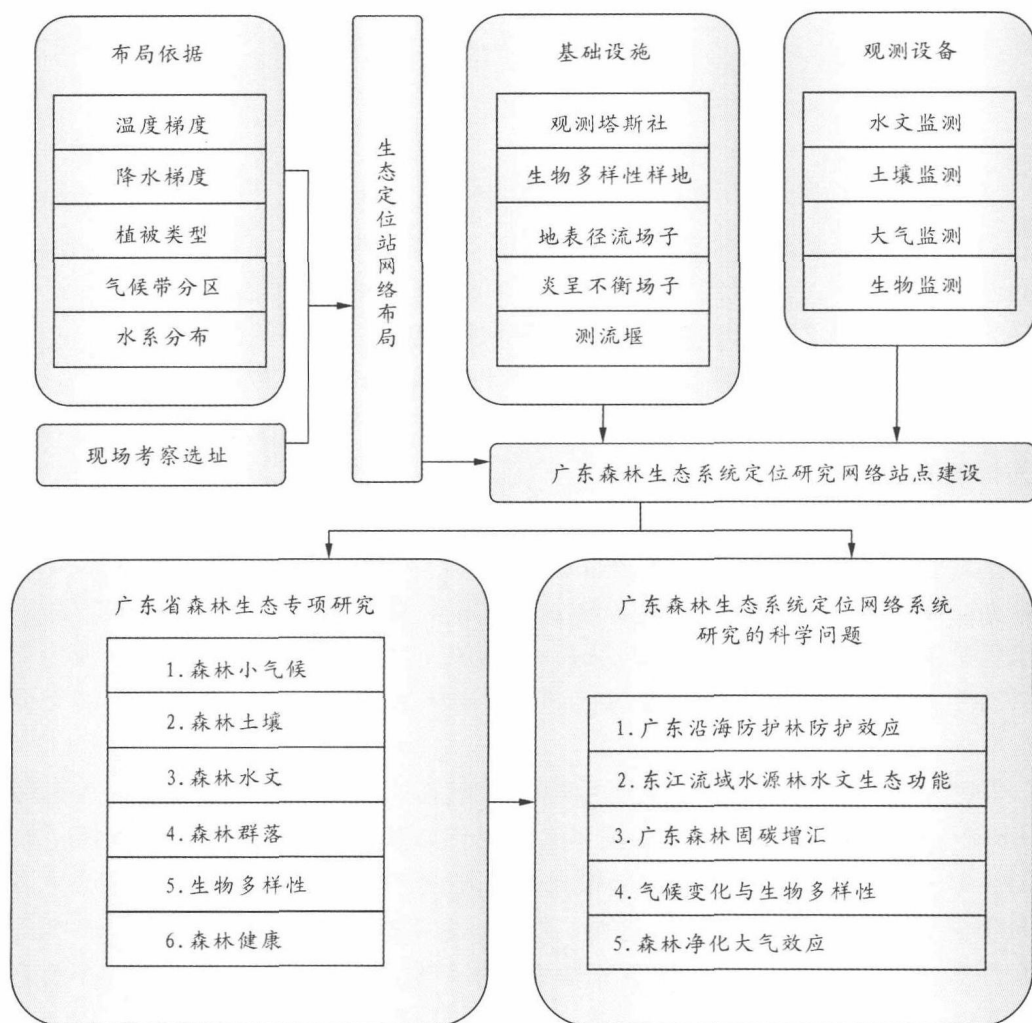


图 1-1 广东森林生态系统定位观测网络构建技术路线图

广东森林生态观测网络化布局研究

2.1 布局原则

广东省森林生态系统定位研究网络的建设遵循“统筹规划，科学布局；突出重点，分步实施；整合资源，开放共享；统一标准，高效运行；依托项目，带动建设”的原则。

2.2 布局依据

广东省森林生态系统定位研究网络建设中各个长期定位生态观测站的选点按照生态功能的典型性、代表性和科学性，以气候分区、温度梯度、降水梯度、植被类型分区、水系分布为布局依据充分体现区位优势 and 地域特色。

2.2.1 气候分区

广东省地处中国大陆最南部。东邻福建，北接江西、湖南，西连广西，南临南海。全境位于北纬 $20^{\circ}13'$ ~ $25^{\circ}31'$ 和东经 $109^{\circ}39'$ ~ $117^{\circ}19'$ 之间。广东属于东亚季风区，从北向南分别为中亚热带、南亚热带和北热带气候，是全国光、热和水资源最丰富的地区之一。北回归线从南澳 - 从化 - 封开一线横贯广东。

广东省森林生态系统定位研究网络在各个气候带均有典型代表站(彩图 1)。位于北热带的有沿海东海岛站点、沿海德耀红树林站点；位于南亚热带南区的有西江德庆站、沿海江门站、珠三角中山站、沿海湖东站和沿海汕头站；位于南亚热带北区的有东江源站、东江龙川站、韩江蕉岭站；位于中亚热带的有北江南岭乳阳站和天井山站。

2.2.2 温度梯度

全省平均日照时数为 1745.8 小时、年平均气温 20°C 以上。日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年活动积温在 6500°C 以上。广东省森林生态系统定位研究网络在各个温度梯度均有典型代表站(彩图 2)。位于 22°C 等温线以南的有沿海东海岛站点、沿海德耀红树林站点;位于 $21 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 之间的有西江德庆站、沿海江门站、珠三角中山站、沿海湖东站和沿海汕头站;位于 $20 \sim 21^{\circ}\text{C}$ 的有东江源站、东江龙川站、韩江蕉岭站;位于 20°C 以下的有北江南岭乳阳站和天井山站,其中南岭山地的部分地方年平均温度在 19°C 以下。

2.2.3 降水梯度

广东降水充沛,年平均降水量在 $1300 \sim 2500\text{ mm}$,全省平均降水为 1777 mm 。降水的空间分布基本上也呈南高北低的趋势。受地形的影响,在有利于水汽抬升形成降水的山地迎风坡有恩平、海丰和清远 3 个多雨中心,年平均降水量均大于 2200 mm ;在背风坡的罗定盆地、兴梅盆地和沿海的雷州半岛、潮汕平原少雨区,年平均降水量小于 1400 mm 。降水的年内分配不均,4~9 月的汛期降水占全年的 80% 以上;降水年际变化也较大,多雨年降水量为少雨年的 2 倍以上。

广东省森林生态系统定位研究网络在各个降水梯度均有典型代表站(彩图 3)。位于 $1400 \sim 1600\text{ mm}$ 降水区的有西江德庆站;位于 $1600 \sim 1800\text{ mm}$ 降水区的有沿海东海岛站点、沿海德耀红树林站点、北江南岭乳阳站和天井山站、韩江蕉岭站;位于 $1800 \sim 2000\text{ mm}$ 降水区的有沿海汕头站、珠三角中山站、东江源站、东江龙川站;位于 $2000 \sim 2200\text{ mm}$ 降水区的沿海江门站、沿海湖东站。

2.2.4 植被类型分区

广东省地处热带亚热带过渡地带、水平地带性森林植被类型包括南亚热带季风常绿阔叶林和中亚热带典型常绿阔叶林,垂直地带性森林植被有南亚热带山地常绿阔叶林、南亚热带山地常绿阔叶林矮林、中亚热带山地针阔叶混交林和中亚热带常绿阔叶矮林。此外,还有红树林、竹林、灌丛、草坡和人工栽培植被。

广东省森林生态系统定位研究网络在各个森林植被类型均有典型代表站(彩图 4)。I 为中亚热带常绿阔叶林区。主要分布于广东省北部,属中亚热带的南部。西起怀集,经英德、龙川、蕉岭至大埔县城东边的闽粤边界以北地区。IA 为粤北丘陵山地常绿阔叶林区,其中北江南岭乳阳和天井山站分布此区;IB 为九连山、顶山丘陵山地常绿阔叶林区,韩江蕉岭站分布此区。II 为南亚热带季风常绿阔叶林区。主要分布于广东省中南部、即阳江、茂名和廉江一线以北,大埔、蕉岭、龙川、英德、怀集以南地区。IIA 为粤西丘陵山地季风常绿阔叶林区,西江德庆站位

于此区；ⅡB 为粤中丘陵山地季风常绿阔叶林区，东江源站和珠三角中山站位于此区；ⅡC 为粤东丘陵山地季风常绿阔叶林区，东江龙川站和沿海汕头站位于此区。Ⅲ为北热带季风常绿阔叶林区。主要分布于广东省西南部、即阳江、茂名和廉江一线以南。位于此区的有沿海东海岛站点、沿海江门站、沿海德耀红树林站。

2.2.5 水系分布

广东省河流众多，集水面积大于 100 km^2 的河流共有 345 条，其中大于 1000 km^2 的河流 38 条。主要河流有珠江、韩江、榕江、漠阳江和鉴江。除榕江、漠阳江和鉴江独立出海外，其余河流都汇入珠江和韩江后出海。大的流域有西江流域、北江流域、东江流域和韩江流域。珠江水系是北江、东江和西江及其合流的总称。广东省森林生态系统定位研究网络在主要水系均有典型代表站(彩图 5)。位于西江流域的有西江德庆站；位于北江流域的有北江南岭乳阳和天井山站；位于东江流域的有东江源站和东江龙川站；位于韩江的有韩江蕉岭站；位于珠江三角洲的有珠三角中山站；另外有位于沿海一带的沿海汕头站、沿海湖东站、沿海江门站、沿海东海岛站和沿海德耀站。

2.3 选址特点

以气候分区、温度梯度、降水梯度、植被类型分区、水系分布为布局依据，充分考虑典型性、代表性和科学性，充分体现区位优势 and 地域特色的基础上，进行理论上的布局研究。同时，结合野外实地考察，整合科技资源，将生态站与林业科研基地有机结合，将长期定位观测研究与重大项目研究相结合；结合广东省自然保护区和林场分布与建设；一站多点，每个主站点依托相应的合作单位如自然保护区和林场，整合投入资源，以国家财政支持为主，采取多渠道筹集资金，不断提高生态站建设水平。

2.4 总体分布

广东省森林生态系统定位研究网络观测站点的布局依据统计见表 2-1。以广东省沿海站、南岭站、东江源站、西江站、韩江站、珠三角站为生态网络主站点，其中沿海站、南岭站和东江源站还有相应的辅站点，一站多点，形成了覆盖广东主要森林类型及生态功能区的观测网络体系。

表 2-1 广东省森林生态定位观测网络布局分区

温度梯度 (℃)	降水梯度 (mm)	水系分布	气候区	森林类型	站名	位置
21 ~ 22	1800 ~ 2000	广东沿海	南亚热带南区	粤东丘陵山地季风常绿阔叶林区		汕头(主站)
21 ~ 22	2000 ~ 2200	广东沿海	南亚热带南区	北热带季风常绿阔叶林区		汕尾湖东(辅站)
> 22	1600 ~ 1800	广东沿海	北热带	北热带季风常绿阔叶林区	沿海站	湛江东海岛(辅站)
21 ~ 22	2000 ~ 2200	广东沿海	南亚热带南区	北热带季风常绿阔叶林区		江门(辅站)
> 22	1600 ~ 1800	广东沿海	北热带	北热带季风常绿阔叶林区		湛江德耀(辅站)
< 20	1800 ~ 2000	北江流域	中亚热带	丘陵山地常绿阔叶林区	南岭站	乳阳(主站)
< 20	1800 ~ 2000	北江流域	中亚热带	丘陵山地常绿阔叶林区		天井山(辅站)
20 ~ 21	1600 ~ 1800	东江流域	南亚热带北区	粤中丘陵山地季风常绿阔叶林区	东江源站	新丰江(主站)
20 ~ 21	1600 ~ 1800	东江流域	南亚热带北区	粤东丘陵山地季风常绿阔叶林区		龙川(辅站)
21 ~ 22	1400 ~ 1600	西江流域	南亚热带南区	粤西丘陵山地季风常绿阔叶林区	西江站	德庆
20 ~ 21	1600 ~ 1800	韩江流域	南亚热带北区	丘陵山地常绿阔叶林区	韩江站	蕉岭
21 ~ 22	1800 ~ 2000	珠江三角洲	南亚热带南区	粤中丘陵山地季风常绿阔叶林区	珠三角站	中山

广东森林生态专项定位研究

3.1 森林小气候

3.1.1 观测方法

由于森林气象要素存在着空间分布的不均匀性和时间变化上的脉动性，因此气象观测需要兼顾具有代表性、准确性、比较性。代表性：观测记录不仅要反映测点的气象状况，而且要反映测点周围一定范围内的平均气象状况。在林内外气象观测选择观测点和仪器性能时充分满足记录的代表性要求。准确性：观测记录要真实地反映实际气象状况。森林气象观测使用的气象观测仪器性能和制定的观测方法充分满足了气象观测规范规定的准确度要求。比较性：不同地方的地面气象观测站在同一时间观测的同一气象要素值，或同一个气象站在不同时间观测的同一气象要素值能进行比较，从而能分别表示出气象要素的地区分布特征和随时间的变化特点。森林气象观测在观测时间、观测仪器方面进行了统一校准和设置，观测方法和数据处理等方面保持了高度统一。

主站点和分(辅)站点森林小气候观测方法分为对照观测和梯度观测。在生态站每个森林类型观测点统一设计林内林外小气候对照观测；每个主站点在重点观测森林类型内设计了林内小气候因子的不同高度垂直梯度分层观测系统；在沿海站防护林带设计了从海岸线到纵深不同距离上的水平梯度小气候观测系统。小气候观测系统根据需要及林业标准规定选择自动观测传感器、数据采集器和无线传输控制模块组成自动记录单元，统一设计数据采样频率和记录频率，所记录数据暂存于采集器内存或附加存储卡，定期在观测点人工下载或利用无线传输控制模块进行远程控制下载，完成自动观测的项目显示定点定时观测数据，发现有缺失或异常时及时按统一的方法进行处理。对自动记录气象站传感器及系统附属实施定期保养维护制度，无线传输控制模块可以远程实时监测数据来判断系统运行状况，用以判断野外设备运转是否正常，是否需要维护保养。

3.1.2 观测指标及观测设备

气象观测指标根据森林生态站长期定位观测的要求和专题研究的目的,以《森林生态系统定位观测指标体系(LY/T 1606-2003)》等系列林业标准为依据,观测设备配置见表 3-1。

表 3-1 气象指标及设备

指标类别	观测指标	观测设备	单位	观测频度	记录频度
天气现象	气压		Pa		
风	风速		m/s		
	风向				
空气温度	最低温度		℃		
	最高温度		℃		
	定时温度		℃		
土壤温度	5/20/30cm 深度地温	HOBO Campbell	℃	10 min	30min
空气湿度	相对湿度	小气象站	%		
辐射	总辐射量		J/m ²		
	净辐射量				
	分光辐射				
大气降水	降水总量		mm	连续观测	连续观测
	降水强度				

3.1.3 观测结果

在西江中上游德庆生态站,选择空旷地与生态公益林地为研究对象,通过比较生态公益林与空旷地气象因子的差异,分析生态公益林小气候效应。于 2006 年 8 月至 2007 年 8 月进行气象因子的动态观测,主要观测的气象因子有空气温度(T_a)、空气相对湿度(RH)和太阳辐射强度(Q_a)等,数据采集器每 10 分钟采集 1 次,分析 2006 年 8 月至 2007 年 8 月月变化过程。同时取 2006 年 8 月 20~24 日和 2007 年 5 月 6~9 日典型晴天气象数据,分析气象因子的日变化过程。

3.1.3.1 气温

(1) 气温日变化

2006 年 8 月和 2007 年 5 月典型晴天,空旷地温度白天日变化过程呈单峰曲线(图 3-1),且最大值出现在 14:00~15:00 之间,空旷地气温分别为 32.9℃和 30.5℃;林内气温日变化过程呈单峰曲线,且最大值出现在 13:00~14:00 之间,林内气温分别为 28.3℃和 26.7℃;空旷地与林地最低温度出现在凌晨 5:00 左右,2006 年 8 月与 2007 年 5 月空旷地最低温度分别为 22.0℃和 16.9℃,林内最低温度分别为 22.4℃和 17.9℃,空旷地平均日较差分别为 10.9℃(2006 年 8 月)和 13.6℃(2007 年 5 月),而林内平均日较差分别为 5.9℃(2006 年 8 月)和 8.8℃

(2007 年 5 月), 空旷地温度日较差大于林内, 说明空旷地温度受太阳辐射影响比林内大。

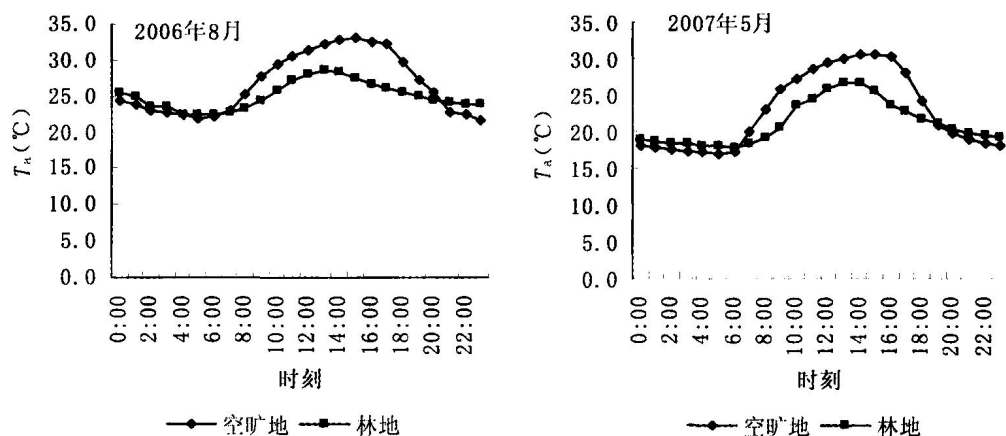


图 3-1 空旷地与林内气温比较

从凌晨 0:00~6:00, 林内温度大于空旷地温度, 温差平均值为 0.7 °C (2006 年 8 月) 和 0.9 °C (2007 年 5 月), 7:00~20:00, 空旷地温度大于林内温度, 温差平均值为 3.5 °C (2006 年 8 月) 和 3.7 °C (2007 年 5 月), 21:00~23:00, 林内空气温度大于空旷地温度, 温差平均值为 1.6 °C (2006 年 8 月) 和 0.9 °C (2007 年 5 月)。空旷地气温大于林内温度, 平均值分别为 1.7 °C 和 1.6 °C。

(2) 气温月变化

从图 3-2 可以看出, 林内外月平均气温相差不大, 这主要是由于森林的日间降温作用和夜间的保温作用相互抵消, 使得月平均值的差异没有日变化过程那样明

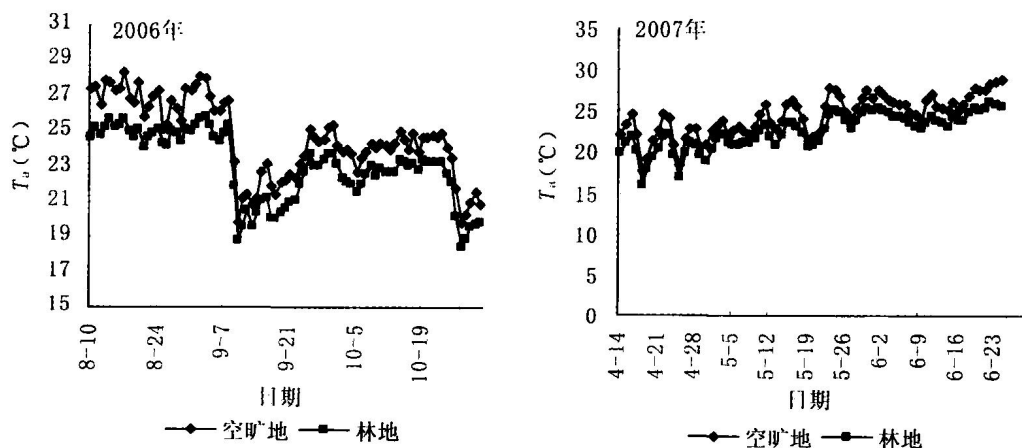


图 3-2 2006 年和 2007 年空旷地与林内气温月变化比较