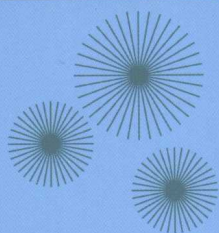




沙质海岸防护林体系



构建技术研究

许景伟 李传荣 等 编著

中国林业出版社

沙质海岸防护林体系 构建技术研究

许景伟 李传荣 等编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

沙质海岸防护林体系构建技术研究/许景伟, 李传荣等编著. —北京: 中国林业出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-5038-5397-5

I. 沙… II. ①许…②李… III. 沙质海岸—海岸防护林—造林—研究—山东省
IV. S727.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 202338 号

出 版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

网 址: www.cfph.com.cn

E-mail: forestbook@163.com 电话: (010) 83222880

发 行: 中国林业出版社

印 刷 北京林业大学印刷厂

版 次: 2009 年 1 月第 1 版

印 次: 2009 年 1 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 12.25

字 数: 306 千字

定 价: 46.00 元

《沙质海岸防护林体系构建技术研究》

作者名单

编 著 者：许景伟 李传荣

参加人员：许景伟 李传荣 王卫东

王月海 乔勇进 胡丁猛

序

沿海防护林体系是沿海地区生态建设的重要组成部分，在消浪、护岸、保持水土、防风固沙、生物多样性保护等方面起着不可替代的重要作用，对抵御沿海地区重大自然灾害、维护沿海地区生态安全和促进社会经济可持续发展具有极其重要的意义。

我国大陆海岸线总长度 18340km，其中沙质海岸长度 11410km，沙质海岸防护林体系在我国沿海防护林建设中具有举足轻重的地位。由于受沿海地区气候条件和沙质海岸地形地貌与土壤条件的影响，沙质海岸海风、海潮、海雾等自然灾害比较严重，同时还会发生大面积风沙侵蚀和水土流失等问题，阻碍了沿海地区生态环境建设和社会经济的可持续发展。以往，我国在沙质海岸防护林营造技术、林分结构和防护功能等方面开展了不少研究工作，积累了数据资料，也取得一些科研成果。但是，与建设高标准沿海防护林体系的要求相比，仍存在理论体系不够完善、营造林技术不配套等问题，影响了沿海防护林建设的成效。

为了加深沿海防护林的科研工作，提高沿海防护林工程造林技术水平，山东省林业科学研究院和山东农业大学林学院的科研教学人员开展了长期的沿海防护林研究，特别是通过实施国家“九五”、“十五”、“十一五”科技攻关课题，以及省部级重点科研课题研究，以山东沿海沙质海岸防护林为对象，采用科研与生产相结合、定位试验与调查研究相结合、试验示范与推广应用相结合的方法，针对生产中存在的土壤干旱瘠薄、造林树种单一、结构布局不合理、更新改造困难等突出问题，在深入研究防护林体系构建理论的基础上，全面、系统地开展了沙质海岸防护林立地质量评价、主要造林树种选择、困难立地造林、瘠薄沙地土壤改良、低效林更新改造、体系结构优化布局等关键技术的研究，取得重要研究进展和科技成果，若推广应用于我国沿海防护林体系工程建设，必将产生良好的生态、经济、社会效益。

在总结多年科学研究成果和生产实践经验的基础上，作者主要是以山东沿海防护林体系的科研和建设为例，撰写了《沙质海岸防护林体系构建技术研究》一书。该书在沿海防护林的功能作用、立地质量评价、树种选择、育苗技术、造林密度、林型结构、抚育管理、更新改造、土壤改良、林地生产力提高及小气候变化等方面进行了全面阐述，是一本较为系统的沿海防护林研究专著，具有较强的科学性和实用性。对提高我国沿海防护林科研水平，完善我国防护林领域学术理论，指导我国沿海防护林工程造林实践具

有重要意义。也为林业科研、教学人员提供了一本有价值的科研、教学用书，望能发挥其交流和参考的作用，达到推进学术发展的目的。

特书此为序。

中国工程院院士
北京林业大学校长



2008 年 12 月 8 日

前 言

沿海防护林是沿海地区的生态屏障，在改善区域生态环境，抵御台风、海潮、海雾等自然灾害，保护工农业稳产高产，促进区域绿化美化，保护生物多样性等方面具有举足轻重的地位，对于维护沿海地区国土安全、促进经济社会可持续发展具有十分重要作用。全国大陆海岸线总长度 18340km，其中沙质海岸线长度 11410km，占大陆海岸线长的 62.2%，是沿海防护林体系的重要组成部分。其地形地貌特点是由沙砾物质构成的海滩和流动沙地，有的在风力的作用下发育为流动沙丘，流动沙地的宽度多为几公里至几十公里，岸线比较平直开阔。由于受沿海地区特殊气候条件和沙质海岸特有地形地貌和土壤条件的影响，该岸段风沙、暴潮、海雾等自然灾害比较严重，土地沙化和水土流失加剧，严重制约和影响了当地社会经济与环境可持续发展。

本研究紧紧围绕沙质海岸防护林体系构建这一主线，以尚未研究或沿海防护林体系工程建设亟待解决的关键技术为突破口，针对山东省沙质海岸防护林目前存在的土壤干旱瘠薄、造林树种单一、结构模式简单、林种布局不合理、更新改造困难、生物多样性差、整体防护功能低等一系列重大技术难题，采用科研与生产相结合、定位试验与调查研究相结合、试验示范与推广应用相结合的方法，在山东省的青岛、胶南、日照、烟台、龙口、莱州、招远、威海、荣成等地沿海地区设置 50 多处试验基地，全面、深入、系统地开展沙质海岸防护林体系构建技术与示范。本研究先后获得国家“九五”科技攻关“沿海沙质岸防护林体系综合配套技术（96-007-03-02）”、“海岸带防护林更新改造技术研究（96-007-03-06）”和国家“十五”科技攻关“中国森林生态网络体系‘线’的研究与示范（2002BA516A16）”、国家“十一五”科技支撑“沿海防护林体系构建技术试验示范（2006BAD03A14）”国家自然科学基金“沿海黑松结构筑型的可塑性及其调控技术研究（30872070）”和山东省十大可持续发展科技示范工程“沿海防护林体系建设及更新改造技术的研究与示范”等课题资助，历时 15 年之久，现已圆满完成了预期的目标任务，取得了丰硕的研究成果，为我国沿海防护林体系工程建设提供理论依据和科技支撑。

全书内容丰富，共分十七章。第一章，对国内外沿海防护林的立地类型划分、造林树种选育、营造林技术、群落结构模式、更新改造技术等方面研究进行了较为全面的综述；全面系统地阐述了沿海防护林体系基本概念、构建的基础理论，分析了未来防护林

发展趋势；第二章，主要介绍了研究区域的自然社会经济概况、沿海防护林发展现状和存在问题，以及本研究的技术路线与研究方法；第三章，系统地介绍了沙质海岸黑松防护林立地质量数量化评价方法，并进行了林分生长预测和立地类型划分；第四章，主要介绍了筛选出适宜沙质海岸防护林营造的主要树种，并对主要树种的生理特性进行了系统研究；第五章和第六章分别介绍了沙质海岸“风蚀地、风口处”等困难立地造林新技术和瘠薄沙地土壤改良技术；第七章，主要介绍了沙质海岸防护林主要树种的生物生产力，详细探讨了提高林地生产力的途径和措施；第八章和第十一章分别介绍了沙质海岸防护林植物群落类型、分布、结构等特征，论述了不同类型防护林群落对土壤肥力、水源涵养功能和小气候效应等环境效应的影响；第九章、第十三章和第十四章分别介绍了沙质海岸黑松人工林经营数表的研制过程、方法，黑松防护林防护成熟期、更新采伐年龄和沿海防护林综合效益评价指标体系确定的原则和依据；第十章，详细地介绍了沙质海岸黑松低效林的林分类型、形成原因，以及适宜不同类型低效林的更新方式和抚育改造技术；第十二章，系统地介绍了群落多样性测度方法，探讨了沙质海岸植物群落多样性与林木更新和林内小气候的关系；第十五章至第十七章，以胶南市为例，介绍了沿海防护林体系结构优化与布局方法和沿海防护林资源管理信息系统的研制技术。

本研究在试验和调研过程中，得到国家林业局科学技术司、中国林业科学研究院、山东省科技厅、山东省林业局等单位的指导和关怀，受到山东农业大学林学院、日照市林业局、威海市林业局、烟台市林业局、青岛市林业局、胶南市林业局、荣成市林业局、莱州市林业局、烟台市林业科学研究所、胶南市环海林场、日照市大沙洼林场、荣成市成山林场、莱州市过西林场、龙口市龙口林场等单位的大力支持，谨此一并致谢。在写作过程中，主要汇集了本书作者的研究成果，山东省林业科学研究院张敦论研究员提供了部分资料，同时参考了国内外大量相关领域的文献和资料，分别列于各章正文之后，在此向文献作者和关心支持课题研究和本书出版的领导、同志们致以真诚谢意。尤其是中国工程院院士、北京林业大学校长尹伟伦教授在百忙之中审阅了书稿，并为本书作序，在此表示衷心的感谢。

本研究是一项新的探索，其研究成果逐步在生产实践中不断接受检验，其方法和技术也需不断予以修正和完善，以便更好地为沿海防护林体系工程建设服务。由于作者水平有限，书中错误及疏漏之处在所难免，敬请批评指正。

编著者
2008年12月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 沿海防护林体系建设的意义	(1)
1.2 国内外沿海防护林研究概况	(2)
1.3 沿海防护林体系构建基础理论	(8)
1.4 沿海防护林体系建设发展趋势	(12)
参考文献	(13)
2 研究区域概况与研究方法	(17)
2.1 研究区域概况	(17)
2.2 研究方法	(19)
参考文献	(30)
3 沙质海岸黑松防护林立地质量评价及类型划分	(32)
3.1 立地质量数量化评价	(32)
3.2 立地类型划分	(35)
3.3 小 结	(36)
参考文献	(37)
4 沙质海岸防护林树种选择及其生理特性研究	(38)
4.1 不同树种的造林效果	(38)
4.2 不同树种的生理指标分析	(40)
4.3 树种抗旱性分析	(44)
4.4 小 结	(48)
参考文献	(50)
5 沙质海岸困难立地造林技术研究	(51)
5.1 容器苗造林效果	(51)
5.2 客土深栽造林效果	(52)
5.3 高分子吸水剂造林效果	(53)
5.4 根基覆盖造林效果	(56)
5.5 设置防沙障造林效果	(59)
5.6 小 结	(60)
参考文献	(60)

6	沙质海岸防护林瘠薄沙地土壤改良技术研究	(62)
6.1	绿肥压青改良土壤的效果	(62)
6.2	施有机肥改良土壤的效果	(63)
6.3	小 结	(65)
	参考文献	(65)
7	沙质海岸防护林主要树种生物生产力研究	(66)
7.1	黑松防护林生物量和生产力的研究	(66)
7.2	火炬松防护林生物量研究	(70)
7.3	单叶蔓荆生长特性研究	(73)
7.4	小 结	(74)
	参考文献	(75)
8	沙质海岸防护林群落类型及其环境效应研究	(77)
8.1	不同群落类型对土壤肥力的影响	(77)
8.2	不同群落类型对土壤水源涵养功能的影响	(81)
8.3	不同群落类型对小气候效能的影响	(85)
8.4	火炬松幼龄人工混交林带环境效应的研究	(88)
8.5	小 结	(90)
	参考文献	(91)
9	沙质海岸黑松人工林经营数表的研制	(92)
9.1	黑松人工林经营密度表的研制	(92)
9.2	黑松人工林立木材积表的研制	(95)
9.3	小 结	(101)
	参考文献	(101)
10	沙质海岸黑松低效林更新改造技术研究	(102)
10.1	黑松低效林分类型划分	(102)
10.2	黑松低效林更新方式	(105)
10.3	黑松低效林抚育改造技术	(108)
10.4	更新改造效益评价	(109)
10.5	小 结	(110)
	参考文献	(111)
11	沙质海岸防护林不同环境梯度群落结构特征研究	(112)
11.1	沙质海岸防护林群落在环境梯度上的空间分布格局	(112)
11.2	沙质海岸防护林群落在环境梯度上的结构特征	(115)

11.3	沙质海岸防护林群落在环境梯度上的多样性特征	(119)
11.4	小 结	(122)
	参考文献	(123)
12	沙质海岸防护林生物多样性研究	(124)
12.1	群落多样性测度方法概述	(124)
12.2	沙质海岸防护林群落 α -多样性分析	(126)
12.3	植物群落 β -多样性测度分析	(130)
12.4	群落多样性与乔木更新的关系	(132)
12.5	群落多样性与小气候的关系	(133)
12.6	小 结	(134)
	参考文献	(135)
13	沙质海岸黑松防护成熟期及更新采伐年龄研究	(136)
13.1	关于防护成熟的概念	(136)
13.2	防护成熟评价指标分析	(137)
13.3	防护成熟(龄)确定方法分析	(137)
13.4	黑松防护成熟期及更新采伐年龄研究	(139)
13.5	小 结	(144)
	参考文献	(145)
14	沿海防护林综合效益评价指标体系研究	(146)
14.1	评价指标筛选	(146)
14.2	评价指标体系建立	(147)
14.3	小 结	(149)
	参考文献	(149)
15	胶南市沿海防护林体系结构优化研究	(150)
15.1	胶南市沿海防护林资源现状与结构评价	(150)
15.2	沿海防护林体系结构优化	(153)
15.3	小 结	(160)
	参考文献	(160)
16	胶南市沿海防护林资源管理信息系统研制	(162)
16.1	目的与任务	(162)
16.2	胶南市资源管理信息系统的建立	(163)
16.3	小 结	(169)
	参考文献	(169)

17 胶南市沿海防护林体系结构与布局研究	(171)
17.1 胶南市沿海防护林现状及问题	(171)
17.2 体系建设的指导思想、原则和目标	(173)
17.3 总体布局及生态功能区划分	(175)
17.4 建设重点及主要模式	(179)
17.5 小 结	(182)
参考文献	(183)

1 绪 论

1.1 沿海防护林体系建设的意义

沿海防护林体系是我国林业生态建设的重要内容，是沿海地区的重要生态屏障。沿海防护林体系不仅具有防风固沙、保持水土、涵养水源的功能，而且具有抵御海啸和风暴潮危害、美化人居环境的作用，对于维护沿海地区生态安全、人民生命财产安全、工农业生产安全具有重要意义。

我国是海岸线很长的国家，北起辽宁的鸭绿江口，南至广西的北仑河口，大陆海岸线长达 18340km。沿海地区是我国经济最发达、城市化进程最快、人口最稠密的地区，在国民经济和社会发展的全局中具有举足轻重的地位和作用。同时，这一地区由于特殊的地理位置以及气候条件影响，也是台风、洪涝、泥石流、灾害性海浪、赤潮等自然灾害多发的区域，而且一直面临着海啸的威胁和风暴潮的危害。从 1949~2004 年的历史资料看，平均每年有 6.9 次台风登陆，每隔 3~4 年就发生一次特大风暴潮，给人民的生命财产造成了极大危害。据统计，1990~1999 年的 10 年期间，沿海地区因风暴潮等自然灾害造成的直接经济损失高达 2134 亿元，近几年每年所造成的直接经济损失都超过 100 亿元，呈现出灾害发生频率越来越高、损失越来越大的趋势。因此，加强沿海防护林体系建设是促进经济社会可持续发展的需要，是构建社会主义和谐社会的一个重要保证。

沿海地区经济社会发达、科教文化进步、人才资源丰富，并且人们的生态意识、环保意识有了很大提高，对生态文明的追求也越来越强烈，为该区域在全国率先实现林业现代化奠定了很好的基础。沿海防护林体系建设工程是新时期实现林业跨越式发展的骨干工程，更是带动沿海地区林业走向现代化的基础工程。加强沿海防护林体系建设，针对沿海不同地区的实际和特点，构建绿色生态屏障，发展林业产业，这是沿海地区率先实现林业现代化重要载体，也是沿海地区加快林业发展的重大机遇。

沿海地区是我国改革开放的对外窗口，集中体现了我国经济社会发展的辉煌成就。加强沿海防护林体系建设，可以进一步改善沿海地区的生态状况、美化人居条件、优化投资环境，树立良好的国际形象，促进对外交流和扩大开放。同时，沿海地区也是我国重要的军事要地和战略前沿，地理位置非常重要，加强沿海防护林体系建设，对巩固国防具有重要的战略意义。

党中央、国务院借鉴印度洋海啸的教训，高度重视沿海防护林体系建设。温家宝总理和回良玉副总理做出重要批示，指出沿海防护林建设是我国生态建设的重要内容，是沿海地区防灾减灾体系建设的重要组成部分，要采取有力措施，切实把沿海的绿色屏障建设好。国家林业局在充分调研的基础上，对沿海防护林的建设内容、功能和作用重新进行了界定，把湿地保护、城乡绿化一体化纳入了沿海防护林体系建设，并制定出《全国沿海防护林体系建设工程规划(2006~2015 年)》。随着沿海地区经济社会迅速发展，对生态环境建设提出了更高的要求，亟需进一步加快沿海防护林体系建设步伐，扩大建设规模，提高建设标准和质量。

加强沿海防护林体系构建技术研究,对于科学指导沿海防护林体系工程建设,增强防护林防灾减灾能力,提高防护林质量和经营水平具有重要作用。

目前,我国沿海防护林体系建设工程的框架基本形成,初步发挥了防风固沙、保持水土、涵养水源、调节气候、净化空气、绿化美化环境等功能作用,取得了显著的生态、社会和经济效益。但仍存在体系结构不合理,目标定位不高、资源总量不足、防护功能低下,尚未形成健全的防护林体系。一方面难以满足抗御台风、暴潮和海啸等重大自然灾害的需求,另一方面区域内森林资源质量下降、物种多样性减少、水土流失加剧等一系列的生态问题,使得沿海区域环境趋于恶化,生态系统稳定性差,防灾减灾功能非常薄弱。因此,在沿海地区建成多林种、多树种有机结合的结构稳定、功能完善的沿海防护林体系,构筑确保国土生态安全的绿色屏障是极为必要的,对不断地提升和维持沿海防护林体系的防御功能,提高经营管理水平,充分发挥沿海防护林的生态防护作用,实现沿海地区社会经济可持续发展具有重要作用。

1.2 国内外沿海防护林研究概况

1.2.1 立地类型划分

我国沿海属海洋性季风气候区,光照充足,雨量充沛,但海岸带的立地条件有其特殊性,存在着某些限制森林生长的因素。因此,为做到因地制宜、适地适树,必须掌握海岸带森林生长条件的特殊性,对沿海造林地进行立地类型划分和评价。我国海岸带森林的立地分类是在海岸的自然地理背景、地域分异特点以及自然区划理论的基础上,找出各种不同尺度海岸立地的地域分异规律,从多种立地因子中确定影响林木生长的主导因子,采取逐级区分的方法,将树种选择和造林技术影响立地因子的界线区分开来,进而将其基本一致的地段归在一起,对海岸造林地进行立地分类,按带(亚带)、区、级、组、型5个等级。其中,带(亚带)和区属于大尺度的区划,级、组和型属中、小尺度的区划(林文棣,1988)。通过对青岛市基岩质海岸宜林地立地条件和林木生长的分析,选择中地貌、坡位、坡向、土壤厚度和石砾含量作为划分立地类型的主要因子,并结合实践经验,划分成2个立地类型区、7个立地类型组、24个立地类型(王德安等,1996)。通过对浙江岩质海岸树木生长与立地因子的关系分析,确定影响树木生长的主导因子是大地貌(不同类型的岩质海岸)、坡位、土层厚度和石砾含量,共划分成4种立地类型区、7个立地类型组和26个立地类型(陶吉兴等,1994)。又有学者将浙江岩质海岸宜林地划分为3个立地类型区、9个立地类型组、30个立地类型(高智慧等,1997)。在江苏沿海地区,对海岸带造林地立地类型进行过划分,并对其作了分析评价(胡海波,1994;张金池,1994)。这些都为沿海防护林体系建设提供了可靠依据,使林业生态工程建立在切实可行的基础上。

1.2.2 造林树种选育

为了提高沿海防护林的稳定性和生物多样性,改变沿海地区造林树种单一的现状,国内外学者在造林树种选择方面进行了深入研究。例如,美国南部筛选出沿海抗盐碱树种 bald-cypress(*Taxodium distichum*)(William, 2005)。香樟、湿地松、柏木3个树种在浙江省舟山群岛生长良好,年生长量均大于马尾松及黑松,林分生产力较高(高智慧等,1994)。唐正

良等(1995)针对园林栽培中普遍偏重外来植物,绿化效果不良、难以体现海岛特色的问题,在植物资源调查基础上,筛选出了浙江海岛观赏植物 1149 种,根据植物习性进行分类,并分别阐述了资源现状、观赏特性和园林用途,提出了开发利用意见。在泥质海岸带防护林树种选择的研究中,李绍忠(1996)认为在辽河三角洲土壤含盐量 0.7%~1.1% 的重盐碱地上,理想的造林树种是怪柳,在干渠轻盐碱地粉沙壤土上,可栽植群众杨、新疆杨、三北 1 号杨、中林 46 杨,在水肥充足土壤上可栽植鲁×山杂交杨。通过树种分布、生长过程、生长量的分析,筛选出湿地松、木麻黄、桉树、香樟、枫香、柏木 6 个适宜浙江岩质海岸造林树种,生长表现良好,林分生产力大(蒋妙定等,1995)。林武星等(2001)在福建东山县海岸后沿沙地引种厚荚相思、马占相思、大叶相思、刚果 12#桉、木麻黄、湿地松等 9 个树种开展木麻黄基干林带下套种更新、风口沙地造林和带状采伐更新试验,结果表明:在海岸前沿风口沙地厚荚相思造林成活率高,受风害轻微,对沙荒风口不良生境适应力强;在海岸木麻黄基干林带更新中,厚荚相思保存率高,生长迅速;在林带后沿沙地厚荚相思成活率和保存率高于其他相思类树种,树高、直径及材积生长量最大,降低风速明显,林内凋落物多,提高土壤肥力显著。龚旁初等(1997)筛选出锥栗、香椿、长瓣短柱茶等多个优良生态经济树种和良种,在生产上得到了广泛应用,取得良好效果。山东省青岛市于 1974~1988 年,先后 3 次对火炬松进行引种驯化试验,包括种子育苗、田间造林等,19 年生火炬松林分树高、胸径和材积年平均生长量分别为同龄日本黑松的 177.8%、196.7% 和 829.4%,且未发现松干蚧危害。陈艳珍等从 1970 年开始在沿海河滩地上引种日本黑松,经过多年的育苗、移栽及造林试验,至 1995 年底发现,日本黑松在造林成活率、年生长量和适应沿海地理环境方面均相当或优于油松和樟子松。为了绿化沿海滩涂,增加沿海防护林第一道防线的种质资源,提高林分质量和防风防浪效能,沿海地区人民及有关部门还对红树林引种驯化进行了尝试和实践。1957 年浙江省瑞安市从福建引种秋茄获得成功;进入 80 年代后,我国先后在海南、广东、广西和福建沿海成立了 7 个红树林自然保护区;90 年代以来,红树林引种驯化研究被列入国家攻关计划。廖宝文等(2003)把无瓣海桑、海桑、海莲、红海榄、水椰、木果楝等嗜热树种引种至广东的廉江、深圳、珠海、汕头和福建的龙海等地,并对树种的物候期、采种、种实贮藏、育苗、造林等配套技术进行研究,取得了较好的效果。

1.2.3 造林、营林技术

福建省在重盐碱地上采用造林前(3~5 个月)整地,选择抗盐碱的粗枝木麻黄容器育苗造林,并采用浅植高培土造林和保护幼林地杂草植被等抚育技术,使土壤含盐量下降 50%~68.7%,造林成活率由 8% 提高到 85%~88.5%(杨运立等,1994)。在福建长乐、平潭两地采用速生、抗病木麻黄优树水培苗造林表明,幼林阶段优树水培苗比实生苗造林成活率提高 14.3%~34.5%,树高增长 75.7%~88.4%(柯玉铸等,1996)。岩质海岸湿地松造林主要采用挖穴造林、适当密植、掌握时机、深栽紧打等技术措施(蒋妙定等,1996)。岩质海岸防护林造林采用阔叶树以 60cm×60cm、针叶树以 30cm×30cm 的穴状整地,落叶阔叶树截干、ABT 蘸根造林,针叶树磷肥蘸根集团造林,以及容器苗造林等造林配套技术,确保造林保存率达 90% 以上(陈顺伟等,2001)。泥质海岸通过人工开沟、自然播种、植苗、插条等方法,在光板盐碱地上营造怪柳林,生长表现良好,已摸索出一整套重盐碱地造林新方法(皮宝柱,1999)。在基干林带前沿风口干旱沙地采用深挖整地、放客土、拌泥浆、提早造林季

节、大苗深栽等抗旱造林配套技术以及旱季培土抚育保墒、浇水保苗和筑沙堤设风障防潮防风工程措施相结合的方法造林,木麻黄保存率提高到80%~90%(张水松等,2000)。针对泥质海岸的特点,许基全等(1998)提出了筑堤围涂、开挖河渠、合理规划、适地适树、引种驯化、壮苗培育、合理整地、适时造林、适当浅栽、抚育管护等10项造林措施。黑松人工林抚育间伐能显著促进林木生长,林分蓄积量提高12%~28%,以间伐强度为20%和25%的效果较好;间伐使林分结构改善,林内幼苗、幼树的生长也明显优于不间伐林分(钟鼎谋等,1996)。

1.2.4 群落结构模式

防护林防护效益的大小,很大程度上取决于林带的结构。国外注重于不同土地利用类型(包括作物种植类型)的土壤侵蚀量和适宜植物栽培的配置方式,将农林业用于水土保持(斯里兰卡、肯尼亚、埃塞俄比亚等)。印度根据不同地力,评价不同土地利用类型下适生的植物种,提出了不同地区、不同地类保护陡坡、侵蚀地、多石地和土层瘠薄地等非农地上适宜的树种、草种和乔木、灌木配置方式(蒋丽娟,2000)。在法国沙质海岸区,将椰树与固氮树种混交,不仅提高了土壤肥力,还起到了阻挡盐雾的作用,保护了林内椰树的正常生长(Mailly,1998)。在岛国海地沿海地区,进行了形式多样的林农间作和农林复合等结构模式的研究,在保护林内农作物生长,提高作物产量等方面均取得良好效果。国内近年来特别注重林分结构和结构模式的组建,根据因害设防、合理配置的原则,建立了以防护林为主实行防护林、用材林、薪炭林、经济林相结合,林带、林网和成片林相结合的防护林体系。如福建省在滨海盐碱地上建立了桉树混交林的栽培模式,并开展了生态效益的研究(洪顺山等,1995)。在滨海沙地木麻黄防护林带内混交榕树造林试验,结果表明榕树适应性强,胸径生长比木麻黄提高89.5%,林木盖度达135%,平均寿命长10倍,达到改变沿海防护林带树种结构单一,提高林带防护效能的目的(陈建星,2000)。江苏北部沿海4种防护林模式的研究表明,单位面积地上部分生物量年平均增长量以杨树林最大,水杉林、柳杉林次之,刺槐林最低;林分生长量大小顺序:杨树>水杉>柳杉>刺槐;4种模式防护林对各林地土壤的改良表现出林龄大的较林龄小的强,刺槐为豆科乔木树种,对土壤性状的改良效应明显较水杉和杨树强(万福绪等,2004)。刘启慎(1995)通过典型调查,研究了太行山主要植被的水保功能,并提出了侧柏—草类—黄芩林药间作等8个水保林模式。袁正科等(1996)对浙江省紫色土区生态经济型防护林林分结构、护坡用材型林分结构、草带经济型林分结构以及林分结构模式的效益进行了研究,取得重要研究成果。

1.2.5 生物量和生产力

前苏联学者ДБЕТКОББ等对库利斯克半岛松树针叶生物量的结构和贮藏量进行了研究,测定了树高、叶面积、生物量等指标。结果表明,针叶变异在林木和枝条上都很大,针叶量的年龄分配与立木年龄和林分密度密切相关,其光合产物比南部地区的松树要低。在印度Sundarbans红树林内,Chakrabarti在不同立地类型上分别计算了立木密度、主干、皮、根、枝丫等部分的生物量。结果表明,Sundarbans红树林总生物量为 $9.5 \sim 212.5 \text{ t/hm}^2$ 。在美国西海岸地区,Michael(2001)发现火炬松林生物量因立地条件和地理位置不同而异,建立了该地区火炬松林生物量预测方程,并进行实践应用。除地上部分外,Chidumago(1998)研究

了泰国南部红树林地下部分生物量,利用沟槽法挖掘根系,对根系冲洗、分级、称重,求出了不同根径的生物量,给出了单位面积上根生物量的预测方程。在马来西亚沿海丘陵地区,White 等(1999)对龙脑香林凋落物产量和分解进行了研究,结果是沿海丘陵龙脑香林产量为 $7.45\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$,其中叶占 72%,14 个月后枯枝落叶失重 60%~76%;林分枯落物的年转换率是叶的 172%,是总枯落物的 153%。此外,还研究了林分现存生物量与枯落物之间的动态关系。在西班牙南部地中海地区,Gallardo(1997)等用网袋法对 9 个乔灌木树种枯落物量和分解速率的关系进行了研究,计算了枯落物重量损失和主要有机、无机成分及重量损失和落叶坚韧度间的线性和非线性关系。Pillers 等(2003)分别采用埋袋法和重量平衡法,研究了北美红杉 *Sequoiasem pervirens* 凋落物的积累和分解。除凋落物分解外,Bas Van Wesemael 还在地中海地区研究了凋落物中 N、P、S、Ca 等营养元素随其分解的变化情况。在巴西里约热内卢 Sepetiba 海湾地区,测定了红树林中金属的贮藏情况,发现林中沉积物(由枯落物形成)是金属的主要贮藏部分。沉积物中 Mn、Cr、Fe、Zn、Cu、Pb、Cd 等占其总贮量的 99%~100%。因而,在热带海岸环境中红树起到了金属捕捉器的作用。

1.2.6 更新改造技术

为了提高防护林的综合功能和生产力,达到持续、稳定协调发挥生态经济效益的目的,一般是按不同类型,采取不同的经营方式,定向培育,分类经营。如水源保护林体系的重点区域,实行保护性近自然经营,促进天然更新,保护管理等,使之逐渐演变成稳定的复合群体。如德国为了使位于海拔 330~670m 的防护林发展成近天然林结构,进行了促进水青冈、云杉、冷杉的天然更新,扩大营养面积的幼林抚育,尽早进行主伐木选择和对林木价值生长进行模拟估测等经营措施(蒋丽娟,2000)。为了使防护林和自然保护功能统一起来,Hildebrandt 等对德国巴伐利亚州阿尔卑斯山松树防护林进行了各项措施的改造,如控制野生动物促进天然更新,补植和树种选择。俄罗斯对海滨区林分进行强度择伐、有条件皆伐和多次营林用火等改造措施,使之成为复层异龄的针阔叶混交林,以保持水源涵养及其他生态效益。林承超等(1995)对福州琅岐岛朴树群落进行了全面调查,分析了朴树群落的种类组成、区系成分、群落结构和生活型组成等群落特征,并将琅岐岛朴树群落下土壤性质与平潭县芦洋农场木麻黄林下土壤性质作了比较分析,提出了福建沿海防护林更新与改造的具体意见,即朴树在福建滨海风沙土上种植是可行的,朴树与木麻黄混交种植将会减轻木麻黄的病虫害,提高木麻黄林下土壤有机质,改善土壤结构。国内对防护林经营管理的研究主要依据经营目标、林分起源、树种组成、林分生长与结构、立地条件等进行合理经营,主要包括:幼林补植、封山育林、林分结构调整与优化、低产林分改造、病虫害防治,防护林的成熟与更新、防护林立地类型划分与质量评价、次生林的超短期轮伐和伐后抚育等研究(杨玉坡等,1993;康立新等,1994)。

1.2.7 功能与环境效应

1.2.7.1 生理生态

从 20 世纪 60 年代开始,苏联科学院的 Чернышев 研究了沿海地区木本植物蒸腾作用的特征。用快速称重法测出了林木的蒸腾量,发现针叶树蒸腾强度很小,引种植物比本地植物的蒸腾强度大,并在针叶树叶中确定了水分吸附作用的因子。在地中海地区,Rhizorponlon