

张秋良 李全基 主编



阴山中段生态公益林 可持续经营关键技术研究

YINSHAN ZHONGDUAN SHENGTAI GONGYILIN
KECHIXU JINGYING GUANJIAN JISHU YANJIU



中国林业出版社

■ 张秋良 李全基 主编

阴山中段生态公益林 可持续经营关键技术研究

YINSHAN ZHONGDUAN SHENGTAI GONGYILIN
KECHIXU JINGYING GUANJIAN JISHU YANJIU



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

阴山中段生态公益林可持续经营关键技术研究 / 张秋良, 李全基主编. —北京: 中国林业出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-5038-7399-7

I. ①阴… II. ①张… III. ①阴山山脉—公益林—森林经营—可持续性发展—研究 IV. ①S75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 037791 号



中国林业出版社·自然保护图书出版中心

策划编辑:温晋

责任编辑:李菁 温晋

出 版:中国林业出版社(100009 北京西城刘海胡同7号)

网 址:<http://lycb.forestry.gov.cn> 电话:(010)83225836 83225764

印 刷:三河市祥达印刷包装有限公司

版 次:2014年3月第1版

印 次:2014年3月第1次

开 本:889mm×1194mm 1/16

字 数:480千字

印 张:17.5

定 价:48.00元

《阴山中段生态公益林可持续经营关键技术研究》

编委会



主 编 张秋良 李全基

副主编 安慧君 王立明 代海燕 王 冰 张翠霞

参加编写人员 (以姓氏拼音顺序排列)

安慧君	包海青	春 兰	代海燕	菊 花
李建强	李全基	吕竞斌	弥宏卓	莫日根
王 冰	王冬至	王立明	王香春	魏 强
徐步强	杨 潇	尹 桃	于楠楠	张翠霞
张秋良	张智慧			



序

作为阴山山脉中段的大青山和蛮汉山素有山前土默特平原和后山草原的天然屏障之称，生态地位十分重要。通过解放后 60 余年的人工造林和天然林保护，浅山区人工林已具一定规模，大多进入中近熟林，深山区天然林也已密闭成林，生态效益突显。

但是，大青山和蛮汉山的森林生态效益及其生态服务功能究竟怎样？如何科学的经营森林？是值得深入研究的重要问题。

针对上述问题，“阴山中段生态公益林可持续经营关键技术”研究团队，在过往内蒙古大青山森林生态效益综合评价等课题研究的基础上，依托林业公益性行业专项《内蒙古中西部生态公益林可持续经营关键技术研究及示范》研究课题，利用五年时间，建立固定样地 50 块、临时样地 218 块、示范样地 1000 亩。从主要树种林分结构、生长与生物量研究入手，建立了单木生长模型、全林分生长模型、乔灌木生物量模型及生物量与蓄积量关系模型，通过观测主要森林类型土壤保育、水源涵养、小气候、土壤 GHG 排放等生态服务功能，进一步开展了主要森林类型的生态功能评价与计量研究，测算了综合生态功能指数、固碳制氧效益、景观效益总价值。在划分生态公益林经营类型的基础上，对主要森林类型经营关键技术及生长效果进行了定点试验，并且分析了不同经营技术对立木生长、植物多样性、土壤理化性质和微生物的影响。利用 TM 数据建立了主要树种蓄积量估测模型。最后结合森林结构与生长研究、生态功能研究、经营类型研究、经营技术研究，建立可持续经营评价指标体系，利用层次分析对生态公益林可持续经营开展了评价，综合评价得出大青山生态公益林“总体上处于弱可持续发展状态”的结论，指出了主要限制因素，提出了可持续经营对策。研究中应用了数学建模、模拟观测、生态功能计量、综合评价、BP 神经网络、基于遥感的马氏距离和 FISHER 判别分类、相关掩膜和图像运算分类等技术方法。

该项研究内容系统，数据翔实，成果丰富。由于大青山、蛮汉山森林的典型性和代表性，该项研究成果对阴山山脉森林可持续经营具有理论和实践指导意义。

郭建生

内蒙古农业大学博士生导师
教授



前言

阴山山脉是我国北部重要的地理分界线，是黄河流域的北部界线，也是草原与荒漠草原的分界线，更是农耕区与游牧区的天然分界线，山区本身是农牧交错地带。阴山山脉东起大马群山，西至狼山，全长 1200 余千米。主要树种有白桦、山杨、辽东栎、蒙椴、油松、华北落叶松、云杉、桧柏、杜松、虎榛子、绣线菊、锦鸡儿等。清中期，这里森林茂密，至清晚期时森林几乎消耗殆尽，抗日战争和解放战争期间，这里烽火连绵，残存的森林受到进一步破坏。新中国成立后，开始人工造林和森林资源保护，森林资源得到一定恢复，生态效益明显提高。

大青山、蛮汉山地处阴山山脉中段，其山地森林是保护山前黄河中游及其河套平原、山后五川和四子王旗农牧业生产的重要生态林。

2008 ~ 2012 年间，课题组相继开展了阴山中段“生态恢复与效益评价”、“生态公益林可持续经营”等项目研究。针对森林生态评价和可持续经营，该林区存在的主要研究问题是：①森林类型有哪些？其林分特征怎样？②森林健康状况怎样？其生态效益如何评价？③森林可持续程度如何？其经营关键技术有哪些？

本研究围绕以上问题，开展了主要树种林分生长结构与生长模型、主要森林类型生物量与碳储量、主要森林类型生态服务功能观测与分析、主要森林类型的生态功能评价与计量、山地生态公益林经营类型划分、主要森林类型经营技术及生长效果分析、主要林分类型经营技术对土壤的影响、基于 TM 数据的主要树种分类与蓄积量估测模型、生态公益林可持续经营评价与对策等九方面的研究。共建立固定样地 50 块、临时样地 218 块，示范样地 1000 亩。

本研究应用森林生态系统经营理论、地理信息系统等理论和技术，研究该区域生态林经营类型分类系统和方法、可持续经营的空间结构优化配置、综合效益与主要效益耦合评价、生长过程模型模拟和经营措施技术系统等关键技术，并选择典型生态林经营类型建立试验示范区。研究重在调整人工林树种组成和密度，扩展林木生长营养空间，改善林分结构，诱导形成复层群落，对天然林进行合理抚育，调整树种组成，促进其进展演替，此外，对虎榛子灌丛及荒草坡开展监测研究，以发挥公益林多种效能，提高森林质量以及增强森林生态系统的生态防护功能的目的，促进阴山山脉中段的生态林全面协调可持续发展。同时，开展白桦天然林及油松、落叶松人工纯林改造科学实验，通过对其生长状况及其所属的生境进行调查、分析，划分了抚育和改造的类型，探索其森林经营技术模式，为大青山和蛮汉山油松、落叶松人工林及白桦天然林经营提供技术支持，以充分发挥生态林功能，维持生态系统稳

定,达到科学经营森林资源的目标;同时,也为内蒙古中西部地区森林可持续经营提供参考和借鉴。

本研究由张秋良、李全基统一组织相关研究人员共同完成,参加撰写人员共22人,其中主要撰写人员7人。书中各章节的具体作者如下:第一章研究地区概况与研究意义(张秋良、李全基、张翠霞等);第二章主要树种林分生长结构与生长模型(张秋良、王冰、王立明等);第三章主要森林类型生物量与碳储量(张秋良、杨潇等);第四章主要森林类型生态服务功能观测与分析(张秋良、李全基、代海燕、王立明等);第五章主要森林类型生态功能评价与计量(张秋良、代海燕等);第六章生态公益林经营类型划分(安慧君、王冰等);第七章主要森林类型经营技术与生长效果分析(张秋良、王立明等);第八章主要林分类型经营技术对土壤的影响(张秋良、王立明等);第九章基于TM数据的主要树种分类与蓄积量估测模型(安慧君、王冰等);第十章生态公益林可持续经营评价与对策(张秋良、李全基、张翠霞等)。全书统稿出版事宜由莫日根和王冰完成,文字校对由王立明和王冰完成。

本研究得到有关同仁和领导的大力支持和帮助,在此衷心感谢内蒙古林业厅、内蒙古农业大学对我们研究工作一如既往的指导和帮助。同时,特别感谢内蒙古大青山自然保护区管理局、新城區林业局、蛮汉山林场、古路板林场等林业系统的有关领导和同行多年来对我们科研工作的支持和信任。

本书主要是在国家林业公益性行业科研专项“三北地区生态林可持续经营关键技术与示范”子项目“内蒙古中西部山地生态林可持续经营关键技术与示范”(项目编号:200804027-03)的资助下完成的。

由于研究水平有限,错误难免,敬请广大读者批评指正。

作者

2013年9月



目 录

序
前言

- 第1章 研究地区概况与研究意义 1
 - 1.1 阴山山脉基本情况 1
 - 1.1.1 地理位置与范围 1
 - 1.1.2 地质与地貌 1
 - 1.1.3 气候 2
 - 1.1.4 水文 2
 - 1.1.5 植被 2
 - 1.2 大青山概况 2
 - 1.2.1 地理位置与范围 2
 - 1.2.2 自然环境 2
 - 1.2.3 森林资源 3
 - 1.2.4 土地利用现状 4
 - 1.2.5 生态区位的重要性 4
 - 1.3 蛮汉山概况 5
 - 1.3.1 位置与范围 5
 - 1.3.2 自然环境 5
 - 1.3.3 森林资源 5
 - 1.4 项目研究选点依据 5
 - 1.5 研究目的与意义 5
- 第2章 主要树种林分生长结构与生长模型 7
 - 2.1 国内外研究现状 7
 - 2.1.1 林分结构特征及生长规律 7
 - 2.1.2 林分生长模型 7
 - 2.2 研究内容及研究方法 8
 - 2.3 数据资料来源及收集整理 8

2.3.1	数据来源	8
2.3.2	数据收集与整理	8
2.4	主要树种林分结构及生长规律	9
2.4.1	白桦天然次生林分结构及生长规律	9
2.4.2	油松人工林林分结构及生长规律	12
2.4.3	华北落叶松人工林林分结构及生长规律	16
2.5	主要树种林分生长模型	20
2.5.1	研究综述	20
2.5.2	数据来源	25
2.5.3	BP神经网络及其模型构建方法	25
2.5.4	白桦天然次生林全林分生长模型	26
2.5.5	油松人工林全林分生长模型	28
2.5.6	华北落叶松人工林全林分生长模型	30

第3章 主要森林类型生物量与碳储量 33

3.1	国内外研究现状	33
3.1.1	生物量研究现状	33
3.1.2	乔木树种生物量与蓄积量相关关系研究现状	33
3.1.3	碳储量研究现状	34
3.2	研究内容及研究方法	35
3.2.1	生态公益林生物量模型	35
3.2.2	灌木生长规律和生物量模型	35
3.2.3	各林分乔木生物量预测模型与分析	35
3.2.4	含碳率与森林植被碳储量	35
3.3	数据资料来源及收集整理	36
3.3.1	数据来源	36
3.3.2	生物量的测定	36
3.3.3	含碳率的测定	36
3.4	林分生物量模型	37
3.4.1	生物量模型建模	37
3.4.2	数据来源	38
3.4.3	乔木树种生物量模型	38
3.4.4	虎榛子灌丛生物量预测模型	48
3.4.5	小结	53
3.5	乔木树种生物量与蓄积量间的相关关系研究	53
3.5.1	生物量与蓄积量的相关分析	53
3.5.2	生物量与蓄积量模型的构建	56
3.5.3	模型检验分析	57
3.5.4	小结	58
3.6	主要森林类型碳储量	58
3.6.1	含碳率结果	58
3.6.2	碳储量的估算	58

3.6.3 小结	62
第4章 主要森林类型生态服务功能观测与分析	64
4.1 不同植被类型土壤物理特征	64
4.1.1 研究方法	64
4.1.2 结果与分析	66
4.1.3 小 结	73
4.2 土壤有效水	74
4.2.1 研究方法	74
4.2.2 结果与分析	74
4.2.3 结论与讨论	77
4.3 不同植被类型水源涵养功能	78
4.3.1 研究方法	78
4.3.2 结果与分析	79
4.3.3 小 结	85
4.4 不同植被类型土壤水土保持功能及保育土壤	86
4.4.1 不同植被类型土壤水土保持功能	86
4.4.2 保育土壤	93
4.5 林分类型小气候	98
4.5.1 研究方法	98
4.5.2 研究结果	99
4.5.3 讨论	107
4.6 主要森林土壤 GHG 排放动态及其影响因素	108
4.6.1 材料和研究方法	108
4.6.2 研究结果	109
4.6.3 讨论与展望	112
第5章 主要森林类型的生态功能评价与计量	114
5.1 主要森林类型生态功能评价	114
5.1.1 主要森林类型综合生态功能指数	114
5.1.2 主要森林类型综合生态效益等级确定	121
5.2 固碳制氧效益	133
5.2.1 研究方法	133
5.2.2 结果与分析	134
5.2.3 小 结	135
5.3 景观效益	135
5.3.1 研究方法	135
5.3.2 样本总体特征	135
5.3.3 自然景观资源的类型	135
5.3.4 旅行费用理论基础	136
5.3.5 个人旅行费用模型修改	137

5.3.6	消费者剩余的计算	137
5.3.7	景观总价值计算	138
5.3.8	讨论	138
第6章	生态公益林经营类型划分	139
6.1	研究区森林资源	139
6.1.1	林地分布	140
6.1.2	森林类别	140
6.1.3	生态公益林(地)分布	141
6.1.4	生态公益林特点	147
6.2	生态公益林经营类型划分理论、方法	147
6.2.1	生态公益林经营类型划分指导思想	147
6.2.2	生态公益林经营类型划分原则	147
6.2.3	选择经营类型划分依据的原则	147
6.2.4	生态公益林经营类型划分依据	148
6.2.5	生态公益林经营类型命名的一般方法	149
6.2.6	研究区生态公益林经营类型划分	149
6.2.7	生态公益林经营类型的合并	151
6.3	生态公益林灌木林地经营类型划分	159
6.4	生态公益林的经营	165
6.5	结论与讨论	166
6.5.1	结论	166
6.5.2	讨论	167
第7章	主要森林类型经营技术及生长效果分析	169
7.1	研究目的和意义	169
7.2	研究内容和研究方法	169
7.2.1	研究内容	169
7.2.2	研究方法	169
7.2.3	研究技术路线	171
7.3	抚育改造类型确定及经营管理技术设计	171
7.3.1	主要林分特点	171
7.3.2	抚育改造类型确定	172
7.3.3	经营技术设计	174
7.4	效果分析	177
7.4.1	油松人工林	177
7.4.2	华北落叶松人工林	180
7.5	结论与讨论	184
7.5.1	结论	184
7.5.2	讨论	184

第 8 章 主要林分类型经营技术对土壤的影响	186
8.1 研究内容与方法	186
8.1.1 研究内容	186
8.1.2 研究方法	186
8.2 结果与分析	188
8.2.1 抚育、改造对土壤含水量的影响	188
8.2.2 抚育、改造对土壤物理性质的影响	192
8.2.3 抚育、改造对土壤化学性质的影响	198
8.2.4 抚育、改造对土壤 pH 值、土壤有机质的影响	202
8.2.5 抚育、改造对土壤微生物的影响	204
8.3 结论与讨论	205
8.3.1 结论	205
8.3.2 讨论	206
第 9 章 基于 TM 数据的主要树种分类与蓄积量估测模型	207
9.1 基于 TM 数据的森林分类——以白石头沟林场为例	207
9.1.1 研究区概况	208
9.1.2 数据获取及预处理	208
9.1.3 基于马氏距离和 Fisher 判别的分类	208
9.1.4 基于相关掩膜和图像运算的分类	218
9.1.5 结论与讨论	222
9.2 基于 TM 数据的森林蓄积量估测模型——以大青山油松人工林为例	224
9.2.1 研究区概况及资料收集	224
9.2.2 数据获取与处理	226
9.2.3 数据分析	230
9.2.4 模型建立	235
9.2.5 结论与讨论	239
第 10 章 生态公益林可持续经营评价与对策	242
10.1 森林可持续经营的概述	243
10.1.1 森林可持续经营的概念	243
10.1.2 森林可持续经营的目标	243
10.1.3 森林可持续经营的理念	243
10.1.4 森林可持续经营评价	244
10.2 森林可持续经营标准与指标体系的研究综述	244
10.2.1 森林可持续经营标准和指标体系的概述	244
10.2.2 森林可持续经营标准和指标体系的研究现状	245
10.2.3 研究目的与意义	246
10.2.4 研究内容及方法	247
10.3 研究区概况	247

10.3.1	社会、经济概况	247
10.3.2	森林资源现状分析	248
10.4	大青山生态公益林可持续经营评价指标体系的构建	250
10.4.1	可持续经营标准和指标体系建立的基本原则	250
10.4.2	可持续经营评价指标的筛选	251
10.4.3	可持续经营标准与指标的解释	251
10.5	大青山生态公益林可持续经营评价	253
10.5.1	数据来源	253
10.5.2	数据标准化	254
10.5.3	权重的确定	255
10.5.4	综合评价值的计算	260
10.5.5	评价结果与分析	261
10.6	可持续经营的制约因素及对策	264
10.6.1	可持续经营的主要制约因素	264
10.6.2	可持续经营对策	264
10.7	结论与讨论	265
10.7.1	结论	265
10.7.2	讨论	265

第 1 章

研究地区概况与研究意义



1.1 阴山山脉基本情况

1.1.1 地理位置与范围

阴山山脉是中国北部东西向山脉和重要地理分界线。横亘在内蒙古自治区(以下简称“内蒙古”)中部及河北省最北部。介于 $106^{\circ} \sim 116^{\circ}\text{E}$ 。阴山山脉绵延逾 500km, 莽莽瀚瀚, 北负蒙古高原, 南拥土默川平原, 东接燕山山地, 西端成帚状融入阿拉善荒漠。

阴山山脉东西走向。属古老断块山。西起狼山、乌拉山, 中为大青山、灰腾梁山, 南为凉城山、桦山, 东为大马群山。长约 1200km, 平均海拔 1500 ~ 2000m, 山顶海拔 2000 ~ 2400m。集宁以东到沽源、张家口一带山势降低到海拔 1000 ~ 1500m。主峰呼和巴什格, 海拔 2364m。山地南北两坡不对称, 北坡和缓倾向内蒙古高原, 属内陆水系。南坡以 1000 多米的落差直降到黄河河套平原, 是断层陷落形成的。山地大部分由古老变质岩组成, 在断陷盆地中有沉积岩分布, 煤藏丰富。阴山山脉还是中国季风与非季风区的北界, 属温带半干旱与干旱气候的过渡带。西部的狼山尤为干旱, 大青山较为湿润。山坡低处为草地, 中部有栎树、榆树、桦树等树种。

1.1.2 地质与地貌

阴山山脉在呼和浩特以西的西段地势高峻, 脉络分明, 海拔 1800 ~ 2000m, 最高峰呼和巴什格山位于狼山西部, 海拔 2364m。山脉从西向东分为狼山、色尔腾山、乌拉山、大青山等。山与山之间的横断层经流水侵蚀形成宽谷, 为南北交通要道, 山脉主体由太古代变质岩系和时代不一的花岗岩构成, 在两侧及山间盆地内有新生代地层。南坡与河套平原之间相对高度约 1000m, 经长期流水侵蚀, 现代山脉边缘已较地质构造上的断层边缘向北后退 10 ~ 30km。山前和山谷两侧普遍发育有多级阶地。山脉北坡起伏平缓, 丘陵与盆地交错分布, 相对高度 50 ~ 350m, 丘间盆地沿构造线呈东西向分布, 盆内沉积有白垩系、第三系地层, 上覆第四系厚层砂质黏土。源于阴山的河流横切丘陵, 支流极少, 河床宽坦, 与现代水流极不相称。呼和浩特以东的东段海拔一般在 1500m 左右, 地形紊乱, 主要有蛮汉山、苏木山、马头山、桦山等。在集宁、张北一带被玄武岩覆盖, 部分地区的熔岩台地已被侵蚀切割成平顶低山和丘陵。低山和丘陵间盆地内有白垩纪、第三系和现代沉积。盆地间的岭脊低而宽, 相对高度 300 ~ 500m, 有些盆地中心集水成湖, 较大者如岱海、黄旗海、安固里淖等。

1.1.3 气候

阴山山脉南北两侧的景观和农业生产差异显著。南侧年均温 $5.6 \sim 7.9^{\circ}\text{C}$ ， 10°C 以上活动积温为 $3000 \sim 3200^{\circ}\text{C}$ ，无霜期 $130 \sim 160\text{d}$ ；北侧分别为 $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 、 $900 \sim 2500^{\circ}\text{C}$ 、 $95 \sim 110\text{d}$ 。南侧风小而少，年均风速小于 2m/s ，北侧风大而多，年均风速 $4 \sim 6\text{m/s}$ 。年均降水量 110°E 以东，南北相差 $70 \sim 100\text{mm}$ ； 110°E 以西，南北年均降水量都很小，只差 25mm 左右。在农业生产上，南侧为农业区，北侧为牧业区，山区为农牧林交错地区。

1.1.4 水文

阴山南侧为外流区，属黄河、海河水系，流水侵蚀为主，河流溯源侵蚀与分割作用较强烈，沟谷深切，地面破碎；北侧为内流区，河流稀少，水量小，侵蚀基准面高，因而侵蚀作用不显著，沟谷浅缓，地貌外营力以风蚀为主，地面平坦，风沙散布。

1.1.5 植被

阴山自古就是物种多样性非常丰富的山地，《汉书》对当时的自然面貌曾记载说：“阴山东西千余里，草木茂盛，多禽兽，…”直至 1861 年《归绥识略》上还记载说：“大青山…高数千仞，广三百余里，袤百余里，内产松柏林木，远近望之，岚光翠霭，一带青葱，如画屏森列”。第四纪以来，冰期与间冰期的交替出现，使蒙古高原与华北平原的物种在频繁的迁徙过程中交汇于此地；喜马拉雅运动伴随的亚洲腹地旱化也使得阴山山地成为被草原和荒漠所包围的中生境，因地理隔离而导致新物种形成，从而使该山地物种多样性较其他干旱、半干旱区山地更为丰富。

1.2 大青山概况

1.2.1 地理位置与范围

内蒙古大青山国家级自然保护区位于内蒙古中西部包头市、呼和浩特市至乌兰察布市卓资县以北的阴山山地，西起包头市九原区的昆都仑沟，北与包头市固阳县、呼和浩特市武川县相连，东达乌兰察布市卓资县上高台林场，南为土默川平原。东西长约 217km ，南北宽约 18km 。地理坐标为： $109^{\circ}47'\text{E} \sim 112^{\circ}17'$ ， $40^{\circ}34' \sim 41^{\circ}14'\text{N}$ 。保护区在行政区域上属呼和浩特市、包头市和乌兰察布市，涉及上述 3 市中的 10 个旗（县、区），总面积为 391890hm^2 。

1.2.2 自然环境

(1) 地质地貌

大青山地处内蒙古中部的中朝准地台，在历史上曾是一个内陆湖泊区域，平原为湖相沉积、湖滨沉积，山区由石质山区和沟壑区构成。由于经历了多次构造运动，基底构造极为复杂，构成以东西向为主体的线形褶皱、倒转褶皱及冲断层，奠定了本区东西向构造的基础。燕山晚期强烈的地壳运动，使原来统一的大青山、土默川基底解体，产生隆起和凹陷。新生代以来，由于受喜马拉雅运动影响，使大青山山地迅速崛起，为切割较深的中、低山地，主要由太古界片麻岩和侏罗系大青山组砂砾岩组成。

大青山是阴山山脉的主体部分，呈东西向横贯于土默川平原之北，地势西高东低，北坡平缓，南坡陡峭。

(2) 气候

大青山属典型的大陆性半干旱季风气候区，主要特点是干旱、风大、寒冷、灾害性气候较频繁。年均气温 6.7°C ，绝对最高气温 39.3°C ，绝对最低气温 -35.6°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $2200 \sim 2800^{\circ}\text{C}$ 。无霜期 $100 \sim 120\text{d}$ ，年平均日照时数 2873.4h ，年太阳辐射总量为 97692kW/m^2 ，年平均风速 2.04m/s ，年均降水

量 424.6mm, 年均蒸发量 2055.3mm, 湿润度 0.5 ~ 0.7, 降雨主要集中在 7、8、9 月, 占全年降水量的 70% 以上。

(3) 土壤

大青山属于阴山山脉的骨干山地, 山体基岩主要由片麻岩、花岗岩、石英岩、砂页岩及砾岩组成。山地南坡陡峭, 沟谷发育纵横, 北坡平缓倾斜并过渡到蒙古高原。由于山地相对高差 1000 余米, 山地随着地势的升高, 水热条件和植被类型逐渐发生很大变化, 土壤类型也随之发生改变, 形成土壤的垂直分布结构。随着海拔增高, 气候变冷, 植被类型由灌丛草原向森林灌丛草原—森林草原—山地草原演变, 地带性土壤由上而下呈带状分布, 即山地草甸土—灰色森林土—灰褐土—栗钙土(进入水平地带性土壤)(图 1-2-1)。

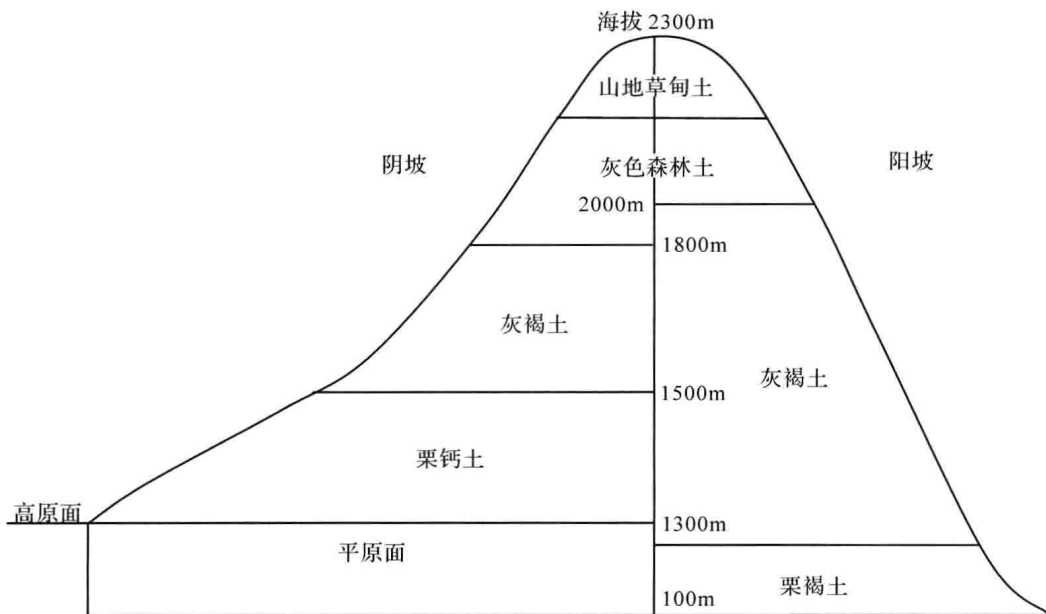


图 1-2-1 内蒙古大青山土壤垂直分布图

(4) 水文

保护区沟水均为黄河支流, 其流域面积均包含在黄河流域面积之内, 属于黄河水系。该区的地表水均以大气降水补给, 年均总降水量为 2.92 亿 m^3 , 地表水包括美岱沟、五当河、东白石头沟、乌素图沟、哈拉沁沟等十几条沟水, 水深、流速随季节发生变化, 河水受雨季影响较大。山前洪积扇区地下水可分潜水和承压水, 潜水埋深约 3m, 承压水含水层厚约 9 ~ 60m, 水深约 3 ~ 20m。

1.2.3 森林资源

(1) 植物资源

大青山自然保护区属内蒙古阴山中段保存最好的次生林区, 森林覆盖率 41.65%, 植被(乔、灌、草)覆盖率达到 80%。保护区植物在内蒙古植物区划中属于欧亚草原植物区, 由于同时受欧亚草原植物区和东亚阔叶林植物区的影响和渗透, 许多植物分区在本区内相互交叠, 从而大大丰富了这个地区的区系地理成分。

保护区植物区系成分以东亚区系成分、华北区系成分及达乌里-蒙古成分为主, 同时混有泛北极成分、古北极成分、东古北极成分、亚洲中部成分等, 并在不同海拔高度形成了兼有华北特色及蒙古草原成分的山地植物垂直分布。从植被地带讲, 保护区处于半干旱的典型草原地带, 有明显的植被垂直分布特征: 海拔 1100 ~ 1200m 的阴坡与 1100 ~ 1400m 的阳坡山麓地带, 主要由本氏针茅-冷蒿、本氏针茅-百里香草原群落和百里香草原群落所组成; 海拔 1300m 以下的阴坡下部主要为虎榛子、土庄绣线菊、三裂绣线菊、柄扁桃等中生灌丛及稀疏的杜松林, 在干燥、石质的阳坡为白莲蒿群落; 海拔 1300 ~ 1700m 的阴坡、半

阴坡为油松林与油松-侧柏、油松-杜松混交林及辽东栎林,其上有白桦林和白桦-山杨林,阳坡以线叶菊杂类草草原为主;海拔1700~2100m的阳坡为青海云杉为主组成的山地针叶林,并于阳坡的羊茅草原和线叶菊-羊茅草原相结合;海拔2100m以上的山地顶部,主要为早熟禾和杂类草组成的山地禾草草甸。

根据植物分类系统和各级分类单位的划分标准,将大青山保护区植被划分为4个植被型,8个植被亚型,15个群系,39个群丛。保护区有高等植物852种,隶属127科422属,有国家Ⅱ级保护野生植物3种,即蒙古扁桃 *Prunus mongolica*、草麻黄 *Ephedra sinica* 和五味子 *Schisandra chinensis*;有自治区级保护植物18种,其中Ⅱ级保护植物11种,Ⅲ级保护植物7种。

(2) 动物资源

保护区有脊椎动物218种,隶属于24目55科123属,其中哺乳纲类33种,隶属于6目12科26属;鸟纲173种,隶属于15目37科89属;两栖爬行纲12种,隶属于3目6科8属。保护区内有许多珍稀濒危野生动植物,如国家重点Ⅰ级保护野生动物有4种,有雪豹 *Panthera uncia*、金雕 *Aquila chrysaetos*、黑鹳 *Ciconia nigra*、胡兀鹫 *Gypaetus barbatus* 等;国家重点Ⅱ级保护野生动物共有20种,有黄喉貂 *Martes flavigula*、斑羚 *Naemorhedus goral*、雀鹰 *Accipiter nisus*、大鸮 *Buteo hemilasius*、秃鹫 *Aegypius monachus*、猎隼 *Falco cherrug*、蓑羽鹤 *Anthropoides virgo*、红脚鹑 *Otus scops* 等,这些动物具有较高的保护价值。

1.2.4 土地利用现状

保护区土地总面积391890hm²,土地利用结构为:林地365801hm²,占保护区总面积的93.33%;非林地26089hm²,占保护区总面积的6.67%。其中林地包括:有林地79010hm²,占保护区总面积的20.16%;灌木林地100541hm²,占保护区总面积的25.66%;疏林地3809hm²,占保护区总面积的0.97%;未成林地22552hm²,占保护区总面积的5.75%;苗圃地80hm²,占保护区总面积的0.02%;宜林与无林地159809hm²,占保护区总面积的40.78%。非林地包括:耕地5589hm²,占保护区总面积的1.43%;牧草地8649hm²,占保护区总面积的2.21%;水域953hm²,占保护区总面积的0.24%;居民地及交通过地2007hm²,占保护区总面积的0.51%;其他土地8891hm²,占保护区总面积的2.27%。

1.2.5 生态区位的重要性

(1) 我国北方重要的天然生态屏障

呈东西方向延伸的大青山南坡陡峭,能承受东南海洋季风的影响,为大青山南麓带来了较温和的气候和雨水;而北坡平缓,则直接承受着蒙古干燥气流的影响,阻挡着蒙古高原的风沙对土默川平原、华北平原及首都北京的侵袭。同时,坐落于草原区内的大青山,是蒙古高原草原区与黄土高原草原区的分水岭,是我国北方重要的天然生态屏障,对保护阴山山脉生物多样性,构筑我国北方生态安全防护体系,防止沙尘暴南侵,改善呼和浩特市和我国重要钢铁基地——包头市及经济快速发展的乌兰察布市的生态状况,对促进地区经济可持续发展具有重要意义和作用。

(2) 黄河中上游地区、土默川平原的重要水源涵养地

大青山位于土默川平原的北部、黄河中上游地区,区内完好的山地森林、灌丛-草原生态系统孕育了丰富的水资源,是大青山南麓土默川平原灌溉农田的重要水资源,每年流向黄河的水量约2亿多立方米,是黄河上中游重要的水源补给区,是土默川平原人畜饮水、农田灌溉的生命泉,在调节我国北方水分平衡和水资源供给中起着重要的作用,具有重要的价值。

(3) 生物多样性

大青山的植物区系成分以东亚成分、华北成分及达乌里-蒙古成分占主导地位,并且成为一些华北植物的分布区北界及达乌里-蒙古成分的分布区南界,同时,位于草原区的大青山和位于荒漠区的贺兰山之间,在区系上也有着深远的联系,因此,阴山的位置对于华北、蒙古高原及我国西北干旱区植物区系的联系起着桥梁作用,而大青山是阴山山脉物种最为丰富的一段,是阴山山脉多样的生物资源和景观的缩影,所以该区的物种资源,对于深入研究阴山山脉的地质、地貌,森林植物群落起源、演替,动植物资