

生态水文学研究系列专著

中国典型区域森林 生态水文过程与机制

余新晓 王彦辉 王玉杰 毕华兴 蔡体久 / 著
张金池 闫文德 刘贤德 周平



 科学出版社

生态水文学研究系列专著

中国典型区域森林生态水文 过程与机制

余新晓 王彦辉 王玉杰 毕华兴 蔡体久 著
张金池 闫文德 刘贤德 周平

科学出版社

北京

内 容 简 介

在对我国典型森林生态系统定位观测的基础上,分析森林植被结构对降水输入过程的影响特征,研究森林生态系统对水资源形成过程的影响机制。在典型森林生态系统多尺度蒸散过程定量观测的基础上,综合分析生态系统的耗水规律,揭示影响森林植被耗散过程的主要因子。从坡面和流域两个尺度,应用分布式生态水文模型,定量评价森林植被对各径流组分的影响,进而综合评估森林植被对水资源影响的区域特征,提出区域森林植被与水资源协调管理的技术方案与对策,为我国林业生态工程建设以及森林植被恢复与经营提供森林植被与水资源协调管理的理论依据和技术支撑。

本书可供从事水文生态学、森林水文学、水土保持学、地理学、环境科学、景观生态学等专业的研究、管理人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国典型区域森林生态水文过程与机制 / 余新晓等著. —北京:科学出版社, 2014. 6

(生态水文学研究系列专著)

ISBN 978-7-03-040970-6

I. ①中… II. ①余… III. ①森林生态系统-陆面过程-研究-中国
IV. ①S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 121962 号

责任编辑:朱 丽 杨新改 / 责任校对:李 影
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 6 月第一次印刷 印张:21

字数:480 000

定价:118.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《中国典型区域森林生态水文过程与机制》编委会

编写人员名单 (按姓氏汉语拼音排序)

毕华兴 蔡体久 陈丽华 贾国栋 刘贤德
王 兵 王贺年 王彦辉 王玉杰 闫文德
余新晓 张金池 赵 阳 周 平

丛 书 序

水是生命之源、生产之要、生态之基。随着人口增长和社会经济的迅速发展,人类对水资源的需求越来越大,水资源危机成为困扰世界的三大危机之一,水资源短缺以及由此引发的水生态安全问题严重威胁着社会经济的可持续发展,成为任何一个国家在政策、经济和技术上所面临的复杂问题和社会经济发展的主要制约因素。随着水资源问题的日益严重,研究者们越来越意识到水文过程对生态系统功能的重要影响,因此在 20 世纪 80 年代,国外学者提出了生态水文学的概念。生态水文学是一门逐步发展起来的新兴学科,是现代水文科学与生态科学交叉发展中的一个亮点,它研究的目的是解释生态过程与水文循环之间的联系,明确水文交互作用如何影响物质的循环和能量交换,其观点对于理解生态系统的水文过程具有十分重要的意义,已经成为当代生态学、地理科学、环境科学和资源科学等相关研究的主题内容。

《生态水文学研究系列专著》是余新晓教授及其科研团队多年研究成果的总结,是在国家林业局林业公益性行业科研专项项目、“十二五”国家科技支撑计划项目和国家自然科学基金项目等支撑下完成的。该系列著作研究成果依托国家林业局首都圈森林生态系统定位观测研究站(CFERN)这一主要研究平台,编写内容充实、观点新颖鲜明,解决了当前生态水文学研究中的一些重要科学问题,填补了目前该领域研究中的一些空白。余新晓教授始终坚持生态水文领域的研究,以一丝不苟的工作态度和坚持不懈的科研精神,在这一领域不断前进,取得了显著成果,此系列著作可略见一斑。

该系列专著基于我国水资源短缺的背景,从不同的尺度深入探讨了森林生态系统的水文过程与功能、结构与水文生态功能及土壤-森林植被-大气连续体水分传输与循环等问题,以华北土石山区典型流域为研究对象,对人类活动与气候变化的流域生态水文响应进行分析和模拟,并对水源涵养林体系构建技术进行了研究与示范。该系列著作的内容均为生态水文领域的热点问题,引领了该学科的发展方向,其不仅在理论框架、知识集成方面做了很多开创性的工作,而且吸收了国内外先进的研究方法,在推动生态水文学的关键技术研究方面进行了有益的探索,为我国的生态环境建设提供了重要的理论指导和技术支持。

书是我们的良师益友。该系列著作的出版不仅为生态学、环境学、地理学、资源科学等学科的科研和教学工作者提供有益的参考,而且是我国水土保持、林业等生态环境建设工作者可参考的系列好书。望此系列著作可以为相关科研人员提供帮助,通过大家的工作实践,令祖国的青山绿水重现。是以为序。

中国工程院院士 王浩

2013 年 6 月

前 言

水是万物生命之源,而森林是陆地生态系统主体,森林和水是生态系统中最活跃、最有影响力的两个因素。森林作为陆地生态系统的主体和核心,在改善生态环境、实现可持续发展中具有不可替代的作用。森林与水资源矛盾和优化林水相互关系是干旱、半干旱地区进行生态环境建设时必须重视的核心问题。

森林植被是生态系统水循环过程中的一个不可忽视的环节,其对整个生态系统的水循环起着重要的调节作用。森林影响水资源是一个复杂的过程,而远非数量多少的问题。不同的树种、不同的植被结构,在不同的地区、不同的季节都会产生不同甚至截然相反的效应。森林对水资源的影响是人类利用森林措施改造自然的一个实际问题,也是生态水文学研究的一个重要课题。

本书以中国典型区域森林生态系统为研究对象,主要进行了以下几个方面的研究:森林植被对降水输入过程的调控机制研究,通过对典型森林的野外观测和调查,从垂直层次上观测典型森林生态系统各水文过程,同时开展林内外小气候同步观测,定量评估森林植被垂直结构对降水输入过程的影响机制;典型森林植被耗水规律研究,通过森林生态系统定位观测站的观测,并结合野外森林植被样方调查,揭示单木、林分、小流域等不同尺度上森林生态系统的耗水规律特征,分析森林植被结构对植被耗水特征的影响;森林植被对水资源形成过程的影响,以不同地区典型森林植被为对象,从样地(坡面)和小流域两个空间尺度进行地表径流、壤中流等径流各组分的定位观测,结合同步森林植被垂直结构和水平结构的观测,揭示森林植被对水资源多尺度形成过程影响机制,定量评价森林植被对径流量及其组分的形成过程的影响;森林植被的水资源影响评价和区域特征分析,以典型森林植被对水文各要素及其水资源形成过程的影响为基础,揭示大流域和区域尺度上水资源的区域特征和变化规律,系统分析和定量评价区域典型森林植被对水资源形成过程的影响,并提出区域森林植被与水资源协调管理的技术方案与对策。

本书是在国家林业局林业公益性行业科研专项项目(201104005)、“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD38B05)和国家自然科学基金项目(41171028)等研究成果的基础上整理而成的。在写作过程中,课题组成员通力合作,进行了大量的资料分析工作。考虑到全书的系统性,书中参阅了大量文献,借此机会笔者向这些文献的作者表示衷心的感谢!科学出版社为本书的出版给予了大力支持,编辑为此付出了辛勤的劳动,在此表示诚挚的谢意!

限于作者知识水平、能力有限,书中难免有不妥之处,敬请读者不吝赐教!

余新晓

2014年2月于北京

目 录

丛书序

前言

引言	1
第 1 章 研究区概况与分区	3
1.1 研究区概况	3
1.1.1 研究区域范围	3
1.1.2 研究区域自然概况	5
1.1.3 研究区社会经济概况	14
1.2 研究区面临的主要生态环境问题	21
1.2.1 东北地区	21
1.2.2 华北土石山区	23
1.2.3 西北黄土区	24
1.2.4 西北土石山区	27
1.2.5 西北高寒区	28
1.2.6 西南长江三峡库区	30
1.2.7 长江三角洲地区	31
1.2.8 华东山地丘陵地区	32
1.2.9 中南地区	32
1.2.10 华南地区	33
1.3 研究区域分区	33
1.3.1 东北地区	33
1.3.2 华北土石山区	34
1.3.3 西北黄土区	35
1.3.4 西北土石山区	36
1.3.5 西北高寒区	37
1.3.6 西南长江三峡库区	38
1.3.7 长江三角洲地区	39
1.3.8 华东山地丘陵地区	40
1.3.9 中南地区	41
1.3.10 华南地区	42
1.4 试验区基本情况	43
1.4.1 东北地区	43
1.4.2 华北土石山区	43

1.4.3	西北黄土区	44
1.4.4	西北土石山区	44
1.4.5	西北高寒区	45
1.4.6	西南长江三峡库区	45
1.4.7	华东长江三角洲地区	46
1.4.8	华东山地丘陵地区	46
1.4.9	中南地区	46
1.4.10	华南地区	47
1.5	研究技术路线与方法	47
1.5.1	研究方法	47
1.5.2	技术路线	51
第2章	森林生态系统结构特征	52
2.1	典型森林生态系统类型与特征	52
2.1.1	东北地区	52
2.1.2	华北土石山区	52
2.1.3	西北黄土区	53
2.1.4	西北土石山区	54
2.1.5	西北高寒区	54
2.1.6	西南长江三峡库区	55
2.1.7	长江三角洲地区	55
2.1.8	华东山地丘陵地区	56
2.1.9	中南地区	57
2.1.10	华南地区	57
2.2	典型地区冠层结构特征	58
2.2.1	东北地区	58
2.2.2	华北土石山区	59
2.2.3	西北黄土区	61
2.2.4	西北土石山区	62
2.2.5	西北高寒区	63
2.2.6	西南长江三峡库区	65
2.2.7	长江三角洲地区	65
2.2.8	华东山地丘陵地区	67
2.2.9	中南地区	68
2.3	典型地区地被物层结构特征	69
2.3.1	东北地区	69
2.3.2	华北土石山区	69
2.3.3	西北黄土区	70
2.3.4	西北土石山区	71

2.3.5	西北高寒区	72
2.3.6	西南长江三峡库区	73
2.3.7	长江三角洲地区	74
2.3.8	华东山地丘陵地区	74
2.3.9	中南地区	75
2.3.10	华南地区	76
2.4	典型地区根系层结构特征	77
2.4.1	华北土石山区	77
2.4.2	西北黄土区	78
2.4.3	西北高寒区	80
2.4.4	西南长江三峡库区	80
2.4.5	长江三角洲地区	81
2.4.6	中南地区	83
2.5	典型地区生态系统结构特征分析	84
2.5.1	华北土石山区	84
2.5.2	西北黄土区	85
2.5.3	西北土石山区	86
2.5.4	西南长江三峡库区	88
第3章	森林生态系统对降水输入过程的调控机制	91
3.1	林冠层水分传输	91
3.1.1	林冠截留特征	91
3.1.2	穿透雨特征	94
3.1.3	树干茎流特征	97
3.1.4	降水再分配特征	100
3.2	地被物层水分传输	102
3.2.1	枯落物蓄积量	102
3.2.2	枯落物层持水过程	103
3.2.3	枯落物持水能力	105
3.2.4	枯落物滞缓径流能力	108
3.3	林冠层与枯落物层水文功能影响因素分析	109
3.3.1	林冠层水文功能影响因素分析	109
3.3.2	枯落物层水文功能影响因素分析	115
3.4	林冠结构与林冠层水文功能的耦合分析	118
3.4.1	非空间结构因素	118
3.4.2	空间结构因素	121
3.4.3	林冠层结构与水文功能的多因素耦合分析	121
3.5	地被物层结构与地被物层水文功能的耦合分析	123
3.5.1	最大拦蓄量	124

3.5.2	有效拦蓄量	124
3.6	森林植被对降水输入过程的调控特征	125
3.6.1	林冠截留特征	125
3.6.2	森林植被结构对降水输入过程的影响	126
第4章	森林生态系统蒸发散与耗水规律	128
4.1	土壤蒸发过程特征	128
4.1.1	土壤蒸发过程	128
4.1.2	不同林分土壤蒸发特征	129
4.1.3	土壤蒸发日变化	132
4.1.4	不同季节土壤蒸发特征	133
4.2	植被蒸腾过程特征	135
4.2.1	乔木蒸腾日变化特征	135
4.2.2	植被蒸腾生长季月变化特征	138
4.2.3	林分蒸腾特征	140
4.3	蒸散发特征	143
4.3.1	林木蒸散动态分析	143
4.3.2	蒸散耗水分配	145
4.3.3	不同林分类型蒸散发季节特征	148
4.4	蒸散发影响因素分析	149
4.4.1	影响因素	149
4.4.2	环境因子分析	151
4.4.3	不同季节影响因素分析	154
4.4.4	特殊天气对林木液流速率的影响	157
4.5	生态系统结构与土壤蒸发的耦合分析	157
4.6	生态系统结构与林木蒸腾的耦合分析	159
4.6.1	林分叶面积指数对林木蒸腾的影响	159
4.6.2	郁闭度与蒸散发的关系	160
4.6.3	生物量与蒸散发的关系	161
4.6.4	不同林分结构因子与林木蒸腾的综合分析	162
4.7	生态系统结构与林分蒸散发的耦合分析	163
4.8	小流域生态系统蒸散发特征	165
4.8.1	小流域林地蒸散发量的季相变化	165
4.8.2	小流域森林生态系统耗水量估算	169
4.9	森林生态系统耗水规律	171
4.9.1	不同研究区森林生态系统耗水规律	171
4.9.2	森林植被对生态系统耗水规律的影响机制	171
第5章	森林植被对水资源形成过程的影响	173
5.1	森林植被对坡面水资源形成过程的影响	173

5.1.1	坡地径流及其组分特征	173
5.1.2	坡面产流分析	181
5.1.3	暴雨径流特征	182
5.1.4	坡地径流及其组分形成过程	183
5.1.5	坡地径流及其组分影响因素分析	187
5.1.6	坡地森林生态系统结构与坡地径流及其组分的耦合关系	200
5.2	森林植被对小流域水资源形成过程的影响	207
5.2.1	小流域径流及其组分特征	207
5.2.2	小流域径流及其组分影响因素分析	218
5.2.3	小流域森林生态系统特征与径流及其组分的耦合关系	238
5.3	森林植被对水资源形成过程的影响	248
5.3.1	森林植被对坡面水资源形成过程的影响	248
5.3.2	森林植被对小流域水资源形成过程的影响	249
第 6 章	森林植被的水资源影响评价和区域特征分析	250
6.1	大流域/区域森林植被对径流的影响	250
6.1.1	大流域/区域径流特征	250
6.1.2	大流域径流影响因素分析	268
6.1.3	典型流域森林植被对径流变化的影响	279
6.2	大流域/区域森林植被对水资源影响特征	290
第 7 章	区域森林植被对水资源影响的机制	292
7.1	森林植被对降水输入过程的影响机制	292
7.2	森林植被对生态系统耗水规律的影响机制	293
7.3	森林植被对水资源形成过程的影响机制	294
7.3.1	森林植被对坡面水资源形成过程的影响	294
7.3.2	森林植被对小流域水资源形成过程的影响	295
7.4	森林植被对区域水资源变化的影响	297
第 8 章	森林植被与水资源协调管理技术方案与对策	298
8.1	森林植被对水资源影响的区域特征	298
8.1.1	中国林水关系特征	298
8.1.2	地区发展对林业的多功能要求	300
8.2	森林植被与水资源协调管理技术方案	303
8.2.1	森林覆盖率	303
8.2.2	植被建设技术模式	306
8.2.3	造林技术	308
8.3	森林植被与水资源协调管理对策	311
8.3.1	森林植被与水资源协调管理的基本原则	311
8.3.2	典型森林的经营管理模式与最优结构设计	312
8.3.3	典型地区森林植被与水资源协调管理对策	314
参考文献	318

引 言

在我国自然环境和经济快速发展条件下,水资源不足已成为区域发展的瓶颈,北方常年严重缺水,南方也存在季节性缺水,因此水文功能已成为最重要的森林生态功能。要增加森林面积和增强森林整体服务功能,但在很多地方还有诸多限制,如北方尤其是西北,干旱威胁森林植被稳定、水资源缺乏限制了植被生态用水、过分增加森林覆盖会导致流域或区域的产水能力下降,等等。森林生态与水文过程之间具有复杂的关系和相互作用,关键影响过程和功能大小也有时空尺度变化和区域差异,而目前科学认识仍不统一且严重滞后,即使在森林影响径流和洪水这些传统方面也还不一致;造林与水资源的关系一直存在争论,尚未总结出区域特点和统一的定量规律,特别是目前国内学术界格外关注的造林减少径流的作用,这已影响到林业发展决策。实现森林植被与水资源的综合管理,促进森林植被恢复与水资源安全的平衡,是未来现代林业或多功能林业的重要任务,但目前对森林植被影响水资源形成过程的认识还非常有限,尤其是在森林对水资源影响的区域特点方面还有很大不足,成为制约国民经济和现代林业发展的“瓶颈”,严重限制着林业生态工程的科学管理决策,因此,急需在深入认识森林水文过程的基础上,科学、客观、定量地评价森林在径流水资源形成过程中的作用,并提出合理调控的技术建议。

中国近代的森林水文研究开始于 20 世纪 20 年代,1924~1926 年间,金陵大学美籍学者罗德民博士和李德毅先生等在山东、山西等地研究了不同森林植被类型对雨季径流和水土保持效应的影响。在此后相当长一段时间内,该领域的研究一直处于徘徊不前的状态。20 世纪 60 年代,全国各主要林区、科研单位、高等林业院校和有关业务部门先后设立了森林水文定位观测站,开始了长期定位研究和综合水文过程的探索。进入 21 世纪以后,我国科研工作者系统总结和发展了我国 10 多个森林生态定位站及水文观测点数十年的科研成果,使我国森林水文研究在大尺度、高层次水平上跨入了新的高度。

森林生态系统水文过程及调节功能的实现,与植被结构有直接影响。不同的森林类型,由于其树种组成不一样,群落的结构存在差异,对降雨的分配能力也不同,这种差别是评价不同森林类型水源涵养功能的一个重要数量特征,也是区域内生态系统功能评价与维护的重要依据(韩永刚和杨玉盛,2007)。从垂直层次上来看,森林植被对降水分配的影响主要包括林冠截留、树干茎流、枯落物截持、土壤入渗等过程。森林植被蒸腾耗水量是森林生态系统水分平衡的一个主要部分,在生态水文学等相关学科中一直占据非常重要的地位。林木蒸腾速率可以反映植物的潜在耗水能力,对林木蒸腾耗水规律及其对环境因子的响应机制的研究可以为水资源紧缺地区的造林工程的战略布局、树种选择和结构配置提供理论指导。林木蒸散耗水是一个复杂的植物生理过程,受诸如太阳辐射、温度、空气湿度、风速、土壤含水量、土壤温度等多种环境因子变化的影响制约。

对于森林植被对流域径流的影响,国内外一直尚未有明确的结论(石培礼和李文华,2001)。大多数的研究均表明,森林植被由于其对流域蒸散发的增加,将导致流域径流量

的减少,Stednick (1996)在大尺度流域上的研究也证明了这个结论。日本在 20 世纪的森林生态水文上的研究也表明,森林砍伐可增加直接径流 15%~100%。而前苏联关于森林对河川径流影响的研究却存在着不同的观点,Moiseev 的研究表明,在大流域尺度上,森林对流域年产流量并没有明显的影响,而在中等流域上,森林覆盖率增加 10%,河川径流量每年增加 19mm(周晓峰,1994)。在我国关于森林影响径流的研究中,大多数研究也表明森林将明显地减少流域径流量,但也存在着一些相反的研究结论,马雪华(1987, 1993)、黄礼隆(1989)在米罗亚高山林区、岷江上游冷杉林以及长江流域的对比研究中发现,森林流域的年径流量要比无林或少林流域的年径流量大。由此看来,在不同的研究尺度、不同的立地条件下,森林植被对径流的影响并不相同,同时,降雨量、土壤前期含水量、地形地貌条件、森林覆盖率的不同等诸多因子,对研究结论都有很大影响,因此在某个特定条件下得出的森林对径流的影响并不能简单地外推。

本书对实现森林植被与水资源协调管理、加快现代林业发展进程起到巨大推动作用。在水资源缺乏已成为限制我国社会经济可持续发展重要因素的国情下,定量认识森林对水资源的影响及其区域差异是进行森林植被科学规划、水资源合理配置的关键,也是实现现代林业的技术瓶颈。本书的研究成果能带动突破森林功能评价、生态用水定量评估、森林健康经营、困难立地造林、森林土壤储碳等关键技术,进而提高林业工程效益、加快生态环境改善,由此将会产生巨大的社会、生态和经济效益。

第 1 章 研究区概况与分区

1.1 研究区概况

1.1.1 研究区域范围

1. 东北地区

现在的中国东北地区,狭义上指由辽宁、吉林、黑龙江等三省构成的区域;广义上则包括辽宁、吉林、黑龙江,以及旧为东三省管辖的今内蒙古东四盟市(呼伦贝尔市、兴安盟、赤峰市、通辽市)在内,土地面积为 126 万 km^2 ,占全国国土面积的 13%。东北地区的界线,北面与东面以国界为界;西界大致从大兴安岭西侧的根河口开始,沿大兴安岭西麓的丘陵台地边缘,向南延伸至阿尔山附近,然后向东沿洮儿河谷地跨越大兴安岭至乌兰浩特以东,再沿大兴安岭东麓南下,经突泉至白音胡硕,然后沿松辽分水岭南缘,经瞻榆、保康,以下沿新开河、西辽河至东西辽河汇口处。研究区域的东北丘陵山地,主要是指分布于北纬 $38^\circ\sim 53^\circ$,东经 $115^\circ\sim 134^\circ$ 之间的广义东北区域范围内除松嫩平原、辽河平原和三江平原的部分。

2. 华北土石山区

全国土壤侵蚀分区中,广义的北方土石山地丘陵区是指东北漫岗丘陵以南,黄土高原以东,大别山以北的区域,行政上涉及冀、晋、豫、蒙、皖、苏、辽、鄂等省区以及京津两市,流域上包括海河流域、淮河流域、山东半岛独立入海河流域及黄河流域的一部分,总面积 75.4 万 km^2 。本书所指的华北土石山区主要为北方土石山区丘陵区所在的海河流域范围内的部分及其北部山区。大致范围为黄河以北,大别山以东,东北漫岗丘陵以南的地区。行政区划上主要包括北京和天津两市的北部、河北省的北部和西部、山西省东部以及内蒙古南部和辽宁省西部的小部分区域。流域范围上涉及海河流域的大部分山区,以及流域外围山区高原的小部分。以县为单元,华北土石山区包括所涉及的省、市的 129 个县(区、旗等),总面积 26.48 万 km^2 。

3. 西北黄土区

20 世纪 90 年代的黄土高原地区综合考察,所界定的黄土高原范围,以考虑行政区划的完整性为原则,将包括相邻黄土覆盖的高地和黄土沉积的盆地和河谷阶地都划在一起称之为黄土高原地区,南以秦岭山脉为界,北以阴山山脉为界,东以太行山为界,西以贺兰山、日月山为界。地理位置处于东经 $100^\circ 54'\sim 114^\circ 33'$,北纬 $33^\circ 43'\sim 41^\circ 16'$ 范围内。研究区域的西北黄土区是指包含青、甘、宁、蒙、陕、晋、豫等七省区,总面积 64.2 万 km^2 (约

占国土面积的 6.5%)。

4. 西北土石山区

六盘山南起陕西陇县,北到宁夏南部,呈西北—东南走向,全长 200 多 km,在宁夏境内约 80 km;平均宽 40 km。六盘山自然保护区始建于 1982 年,1988 年晋升为国家级自然保护区,主要保护水源涵养林及野生动物。自然保护区是六盘山的核心部分,位于东经 $106^{\circ}09' \sim 106^{\circ}30'$,北纬 $35^{\circ}15' \sim 35^{\circ}41'$,地跨宁夏固原市的原州区、隆德、泾源三县(区),总面积 687.6 km^2 。

5. 西北高寒区

研究地区位于西北高寒山地祁连山,祁连山是我国著名的高大山系之一,地处青藏、蒙新、黄土三大高原的交汇地带,地理坐标为东经 $94^{\circ}24' \sim 103^{\circ}46'$,北纬 $36^{\circ}43' \sim 39^{\circ}42'$ 。山峰多海拔 4000~5000m,最高峰疏勒南山的团结峰海拔 5808m。海拔 4000m 以上的山峰终年积雪,山间谷地也在海拔 3000~3500m 之间。河西走廊中部的黑河从发源地到居延海全长 821km,横跨三种不同的自然环境单元,流域面积约 14.29 万 km^2 ,北部与蒙古接壤,东以大黄山与武威盆地相连,西部以黑山与疏勒河流域毗邻。

6. 西南长江三峡库区

库区指的是三峡大坝于三斗坪建起后,水库蓄水,在坝址至水库回水末端这一距离内,长江干流及其两侧集水区的整个地区,亦即长江两例分水岭所夹持的这一区段的长江流域,泛指 175m 水位方案淹没涉及的 20 个县市。总面积为 5.8 万 km^2 ,重庆片 4.62 万 km^2 ,湖北片 1.18 万 km^2 。其地理坐标为东经 $105^{\circ}49' \sim 110^{\circ}50'$,北纬 $28^{\circ}28' \sim 31^{\circ}44'$,长江干流在库区长 570km。

7. 华东长江三角洲地区

长江三角洲是长江中下游平原的重要组成部分。位于江苏省镇江以东,杭州湾以北,通扬运河以南。北起通扬运河,南抵杭州湾,西至南京以西,东到海滨,包括上海市、江苏省南部、浙江省北部以及邻近海域。面积约为 99600 km^2 ,人口约 7500 万,是一片坦荡的大平原,目前国务院扩容后的长江三角洲地区共有 30 个城市,面积 21 万 km^2 ,人口 1.59 亿。

8. 华东山地丘陵地区

华东地区,或称“华东”,是中国东部地区的简称。按照地理区域划分,华东地区包括:山东省、江苏省、江西省、浙江省、安徽省、福建省、台湾省和上海市,共七省一市。其中,台湾省因之特殊性经常被单独列出,与香港特别行政区、澳门特别行政区并称“港澳台地区”。除此之外,其余省市即人们常说的“华东六省一市”,亦即行政意义上的华东地区,土地面积为 79.83 万 km^2 (含台湾省为 83.45 万 km^2),占全国国土面积的 8.31%(含台湾省为 8.69%)。

9. 中南地区

该区地跨北纬 $20^{\circ}\sim 34^{\circ}$,面积250万 km^2 ,位于秦岭、淮河以南,南岭以北,青藏高原以东,地处我国中部、黄河中下游和长江中游地区,华北、华东、西北、西南与华南之间,面积辽阔,主要包括豫、鄂、湘、粤、皖、赣、苏、浙、闽、台、沪等省市的全部或部分,其中,河南省、湖北省、湖南省属于华中地区,其他省份则属于华南地区。

10. 华南地区

华南地区位于中国最南部。北与华中地区,华东地区相接,南面包括辽阔的南海和南海诸岛,与菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、文莱等国相望,华南地区边界的武夷山、南岭也大致是人类学的分界线,广东、福建有华南虎。西南界线是中国与越南、老挝、缅甸等国家的边界。在行政区上,本区包括台湾省、海南省全部,福建省中南部,广东和广西的中南部,云南省南部和西南部。

1.1.2 研究区域自然概况

1. 东北地区

1) 地质地貌

水绕山环、沃野千里是东北区地面结构的基本特征,南面是黄、渤二海,东和北面有鸭绿江、图们江、乌苏里江和黑龙江环绕,仅西面为陆界。内侧是大、小兴安岭和长白山系的高山、中山、低山和丘陵,中心部分是辽阔的松辽大平原和渤海凹陷。

2) 气候

东北地域广阔,受纬度、海陆位置、地势等因素的影响,气候类型多样,主要气候类型为温带大陆性季风型气候。冬季寒冷漫长,达半年以上,夏季温热多雨,且降雨主要集中于每年的7~9月。东北地区自南而北跨暖温带、中温带与寒温带,热量显著不同,大于等于 10°C 的积温,南部可达 3600°C ,北部则仅有 1000°C 。自东而西,降水量自1000mm降至300mm以下,气候上从湿润区、半湿润区过渡到半干旱区,农业上从农林区、农耕地、半农半牧区过渡到纯牧区。水热条件的纵横交叉,形成了东北区农业体系和农业地域分异的基本格局,是综合性大农业基地的自然基础。

3) 水系

东北地区水系主要包含有额尔古纳河、黑龙江、嫩江、乌裕尔河、松花江、牡丹江、绥芬河、乌苏里江、图们江、鸭绿江、辽河、太子河等,主要流域为黑龙江流域、松花江流域、辽河流域等大流域;直接汇入渤海的鸭绿江流域及汇入日本海的图们江流域;还有乌裕尔河内流区和白城内流区。

4) 土壤

东北地区土壤包含有棕色针叶林土、灰色森林土、暗棕壤、棕壤、黑钙土、白浆土、草甸土、盐碱土、沼泽土等类型,其中暗棕壤分布面积最大,黑钙土分布面积第二,且分布于大兴安岭中南段山地的东西两侧,东北平原的中部和松花江、辽河的分水岭地区。东北山地

丘陵地区主要分布土壤为棕色针叶林土和暗棕壤。

5) 森林植被

东北地区森林蕴含量丰富,主要分布在黑龙江省大部分、吉林省东部、辽宁省北部的大、小兴安岭和长白山地区以及内蒙古自治区境内的大兴安岭林区(通称“两岭一山”),主要有两种森林类型,即大兴安岭北部以兴安落叶松为主的寒温带针叶林和东北东部山地(包括小兴安岭和长白山区)以红松为优势树种的温带针阔叶混交林,其中红松阔叶混交林分布面积较大。据《2008 中国林业统计年鉴》数据显示,2007 年东北三省(黑、吉、辽)林业用地面积达 3 466.46 万 hm^2 ,约占东北三省土地总面积(7 892.2 万 hm^2)的 44%。2007 年森林总蓄积量为 236 624.39 万 m^3 ,约占全国的 20%。

2. 华北土石山区

1) 地质地貌

华北土石山区范围内,地势西北高、东南低,范围内半数地区海拔高于 1000m,最高地区海拔高于 2000m。土石山区范围内山地地貌复杂多样,主要地貌单元有山区、丘陵、河谷盆地等。石质、土石质山丘约占山区面积的 70%,主要分布在燕山北部和太行山西部。华北土石山区北部山区,即张家口、承德以北地区,大部分位于阴山、燕山东西向复杂构造带内。西段阴山山地由前震旦纪花岗片麻岩、闪长片麻岩等组成,部分地区分布有中生代碎屑岩并存在大量火成岩;东段燕山山地广泛分布着震旦纪石英岩和硅质灰岩,下古生代浅海相沉积页岩和灰岩以及上古生代的含煤构造。该地区在中生代构造运动强烈,断层发育,地面长期隆起上升,岩石风化剥蚀,形成平缓的丘陵山地。

2) 气候

华北土石山区冬季受西伯利亚大陆性气团控制,寒冷少雪;春季受蒙古大陆性气团影响,气温回升快,风速大,气候干燥,蒸发量大,往往形成干旱天气;夏季受海洋性气团影响,比较湿润,气温高,降水量多,且多暴雨,但因夏季太平洋副热带高压的进退时间、强度、影响范围等很不一致,致使降雨量的变差很大,旱涝时有发生;秋季为夏冬的过渡季节,一般年份秋高气爽,降水量较少。土石山区多年平均降雨量为 560mm,是我国东部沿海降水最少的地区。山区年平均气温一般 5.6~12.8 $^{\circ}\text{C}$,其中最低年均气温 4.5 $^{\circ}\text{C}$ (永定河),最高气温 13.7 $^{\circ}\text{C}$ (漳卫河)。无霜期年平均 120~200d,其中最少数为 99d(永定河),最大 217d(漳卫河)。年平均相对湿度为 50%~70%。年平均风速为 1.5~3.4m/s。

3) 土壤

在地理分布上,各种土壤既和地带性的生物气候条件相适应,也和基岩、地形、水文地质以及成土年龄等非地带性因素相适应。华北土石山区的主要土壤类型在水平分布上,从北到南主要是褐土和黄棕壤两大类。褐土是暖温带的地带性土壤,而黄棕壤则是北亚热带的地带性土壤。在地带性土壤内还有若干亚类的划分。由于地跨几个温度带,山地土壤也显示了不同的垂直带谱。北亚热带的山地,自下而上是黄褐土—黄棕壤—棕壤—灰化棕壤—山地草甸土的垂直带谱;暖温带的山地则是褐土—淋溶褐土—棕壤—灰化棕壤—山地草甸土的垂直带谱。