

不同退耕还林林草复合经营模式生物量和营养元素循环研究

王海明¹, 陈治谏¹, 李贤伟²

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041;
2. 四川农业大学生态林业工程省级重点实验室, 四川 雅安 625014)

摘要: 以四川盆周山地退耕还林中杉木与黑麦草、三倍体毛白杨与黑麦草、杂交竹与牛鞭草三种不同林草模式为研究对象, 对其生物量及其分配、营养元素循环进行研究为林草混交提供理论支撑。结果表明:¹ 林木与草生物量各组分所占比例地上部分> 地下部分; 树干> 树枝、树叶。乔木层中, 杉木现存量> 毛白杨> 杂交竹。各模式林木现存量分配规律均以树干材最大, 杂交竹竿材> 杉木> 毛白杨; 树皮现存量占乔木层的10%以上; 毛白杨根系占23%, 杉木占比例最小; 树干与树冠之比, 杂交竹最大。毛白杨树冠较大, 树干与树冠之比较小; 枝与叶现存量之比仍以杂交竹最大, 杉木最小; 光合系统与非光合系统比值杂交竹最大, 充分说明这一模式的重要意义。
关键词: 林草生态系统; 生物量; 营养元素; 退耕还林
中图分类号: 171.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)02-0125-03

Study on Biomass and Nutrient Content Cycle of Different Forest and Grass System in Converting Farm Lands to Forest and Grass

WANG Hai-ming¹, CHEN Zhi-jian¹, LI Xian-wei²

(1. Institute of Mountain Disaster and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;
2. Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: Forest and grass ecosystem plays a very important role in converting agricultural lands to forest. This paper makes a preliminary study was made on biomass and its distribution and neighborhood interference between forest and grassland about three different forest-grassland patterns(*Cunninghamia lanceolata* with *Lolium multiflorum*. *Triploid tomentosa* with *Lolium multiflorum*. *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus* with *Hemarthria*) around the Sichuan basin. The result shows that: proportion of forest and grass biomass on the ground > under ground; trunk > twig and leaf. Pattern belongs to artificially management precisely, and *Hemarthria* yield attains to 7.28 t/ km². In the other patterns grass biomass is very low, and especially in the pattern . The grass biomass is the lowest. *Cunninghamia lanceolata* remained content is by the most in the high forest. The second is *Triploid tomentosa*. The third is *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus*. The distribution of trunk remained content is higher in every pattern. The rate of the bark remained content is above 10% in the high forest. The rate of *Triploid tomentosa* root is 23%. And the rate of *Cunninghamia Lanceolata* is the lowest; To *Bambusa pervariabilis* × *Denarocal amopsis validus*, the ration between trunk and crown is the biggest. This is relating to bamboo's grown features. *Triploid tomentosa* crown is the biggest but the ratio is the lowest . About the ratio of branch and leaf, *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus* is the highest but *Cunninghamia lanceolata* is the lowest. The ration of trunk and leaf is *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus* > *Triploid tomentos*a> *Cunninghamia lanceolata*. The biggest ration of photosynthetic system and non-photosynthetic system is *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus*. In the pattern everything is the biggest, pattern is a very important model.
Key words: forest and grass ecosystem; biomass; nutrient content cycle; converting agricultural lands to trees

林草复合系统是农林复合生态系统的一部分, 是一种土地利用系统和工程应用技术的复合名称, 是有目的地把多年生木本植物与农业、牧业用于同一土地经营单位并采取时空分布或短期相间的经营方式(裘福庚, 1996 张久海, 1999)。

¹ 收稿日期: 2004-06-21
基金项目: 国家科技部西部专项“四川省退耕还林科技示范工程”
作者简介: 王海明(1979-), 男, 山西临县人, 硕士, 助理研究员, 从事生态学、森林培育学和水土保持监测方面的研究工作。

草类作为生态系统中的初级生产者之一,在退化生态系统恢复与重建和生态环境治理等工程中的作用受到重视,所以将还林与还草结合起来,将是目前退耕还林的重中之重(彭珂珊, 2001)。随着退耕还林工程措施的实施,林草复合经营模式越来越受到国内外的重视。国内外对林牧复合生态系统研究多集中在系统各组分间的关系、系统效益及其优化设计等几个方面。应加强对相邻区域草本植物性状(如盖度、生物量)和林木生长之间关系的研究,为揭示林草种间关系机理奠定基础。从不同林草模式的养分关系入手,对退耕还林中林草复合系统的营养状况做出评价。研究不同林草系统的养分规律,合理搭配混交种类,科学调控造林密度和确定牧草生长年限。对各种不同的模式的生物量分布进行对比。以期选择更为稳定优化的林草复合生态系统,提出不同林草混交模式的经营措施,使退耕还林工程得到可持续发展。

表 1 试验区基本情况

林草模式	试验地概况					生长状况				株行距
	土壤	土厚/cm	海拔/m	坡度/°	坡向	林分年龄/a	平均胸径/cm	植被盖度/%	平均高度林/草/m	
毛白杨+ 黑麦草	红紫泥	80	730	35	SE	4	3.3	90	3.5/0.2	3 m×3 m
杉木+ 黑麦草	黄壤	65	920	26	SE	4	3.4 地径	85	1.9/0.28	2 m×1.5 m
杂交竹+ 牛鞭草	红紫泥	95	610	26	NE	4	2.2	100	5.7/0.9	2 m×2.5 m

1.2 研究方法

每一模式设立1个400 m²的固定标准地,调查标准地立地条件。每隔半年对标准地内的树木测一次胸径(*D*)和高(*H*);对草本层目测其平均盖度。定期采集林木叶片和草本叶片,以研究林木和草本的养分季节动态变化。林木地上部生物量测定:树干采用“分层切割法”,枝叶采用“样枝法”。对固定标准地内的树木测一次胸径(*D*)和高(*H*)。根据测量结果,在标准地外选代表各个胸径阶(径阶1 cm)的平均木。砍伐后在野外立即测定叶、枝、干的鲜重,并在每株树干的上、中、下部取3小段样木测其干材/树皮比例,并带回室内烘干称重,同时取新鲜枝、叶各一份带回实验室在75℃条件下烘干至恒重,以求各组分的干物质重量。翌年按同方法重测一次。对两次测定的平均木进行树木各器官的生物量和*D*及*D*²*H*的回归分析,得到生物量回归模型,利用回归模型计算树木各器官的生物量。林下草本层生物量测定采用“样方收获法”,每一标准地内收获3个1 m²样方的林下草本,在野外称重后各取1个样品带回烘干。推算每公顷生物量(林分草本生物量)和分析用。

2 结果与分析

生物量以及与之紧密联系的营养分素循环问题,是评价林分生产力的重要方面。不同林草经营模式在保护生态环境的基础上,更注重经济效益的最大化,特别是林木和草本的营养体的生物量问题尤其重要,所以研究不同退耕还林林草模式林木与草本的生物量尤其重要。

表 2 各模式生物量分配表

模式	乔木层						草本层
	叶	枝	干	皮	根	总计	
三倍体毛白杨+ 黑麦草	0.21	0.26	0.53	0.18	0.36	1.54	0.51
杉木+ 黑麦草	0.78	0.36	0.98	0.28	0.32	2.72	1.48
杂交竹+ 牛鞭草	0.08	0.14	0.91	...	0.19	1.32	7.28

1 项目概况

1.1 研究区概况

天全县地处四川盆地西缘,东经102°16′~102°53′,北纬29°49′~30°21′,属岷江水系青衣江上游。25°以上的陡坡耕地1.2万hm²,是长江上游生态环境综合治理和实施退耕还林还草的重要区域。全区属亚热带湿润季风气候,平均年降雨量为1735.6 mm,年平均蒸发量922.6 mm,年均气温为15.1℃,1月平均气温5.1℃,7月平均气温24.1℃。土壤类型为山地黄壤和紫色土,地带性植被类型为亚热带常绿阔叶林。根据当地退耕还林的不同模式,选择杉木+ 黑麦草、三倍体毛白杨+ 黑麦草和杂交竹+ 牛鞭草三种退耕还林林草模式为研究对象(基本情况如表1)。

由表2与表4可看出:三种不同退耕还林(草)模式树种和草种的生物量各组分所占比例的顺序是相同的:地上部分>地下部分;地上部分中树干>树枝、树叶。由于不同的模式,不同的林草搭配方式,其现存量的分配不同,杂交竹与牛鞭草模式属于高度集约型经营,由于牛鞭草被不断的采割,且受人为干扰大,所以草的产量极高达7.28 t/km²。其余两种模式草产量很低,这与经营措施和草种本身的生物学特性有关。三倍体毛白杨+ 黑麦草模式为(1.54+ 0.51) t/km²,现存量居中,杉木+ 黑麦草模式中现存量为(2.72+ 1.48) t/km²。其中,就乔木层而言,杉木现存量最高,其次为三倍体毛白杨,最后是杂交竹。杂交竹模式中,林下草本层产量极高。三倍体毛白杨地草本层生物量最低,为0.51 t/km²。

对不同林草模式的林木生物量估算模型进行计算,得出不同模式中各林木地上部分生物量回归方程,为各模式营养体的收获提供理论基础。退耕还林的目的除了生态效益之外,更要注重经济效益。而杉木、三倍体毛白杨、杂交竹都是速生树(竹)种,在退耕还林中能够最大限度地发挥其经济效益。从表3可以看出:三种林木的现存生物量的数学模型相关系数都在0.9以上,在不同林草模式中,林木处于幼林阶段,生长比较整齐,估测结果较好。并且为计算地上各部分生物量即干材为经营目的的林木干材生物量计算提供基础。

表 3 各模式现存生物量回归表

杉木	数学模型	相关系数	毛白杨数学模型	相关系数
树干(<i>W_s</i>)	$W_s = 0.1533D^2H^{0.5705}$	0.9382	$W_s = 0.2377D^2H^{0.2061}$	0.9651
树皮(<i>W_{bk}</i>)	$W_{bk} = 0.0999D^2H^{0.347}$	0.9219	$W_{bk} = 0.0239D^2H^{0.5441}$	0.9826
树枝(<i>W_b</i>)	$W_b = 0.1155D^2H^{0.3717}$	0.9809	$W_b = 0.1075D^2H^{0.2326}$	0.9830
叶(<i>W_f</i>)	$W_f = 0.1916D^2H^{0.4324}$	0.9680	$W_f = 0.0422D^2H^{0.451}$	0.9751
杂交竹	数学模型	相关系数		
竿重	$W = 0.061342D^{2.6548}$	0.985		
枝重	$W = 0.127563D^{1.5632}$	0.912		
叶重	$W = 0.195632D^{1.0422}$	0.901		
地上部分重	$W = 0.192365D^{2.1255}$	0.925		

表4 不同模式林木各器官现存量的分配 %					
模式	树冠		树干		树根
	枝	叶	干材	树皮	
三倍体毛白杨+ 黑麦草	17	14	34	12	23
杉木+ 黑麦草	13	29	36	10	12
杂交竹+ 牛鞭草	11	6	69	...	14

各模式中树种现存量分配规律也不相同(表4),均以树干材现存量最大,杂交竹竿材能占到现存量的69%左右,其次为杉木干材占36%,三倍体毛白杨干材占34%。其中树皮现存量(杂交竹除外)所占乔木层的10%以上。三倍体毛白杨的根系所占比例为23%,杉木根系所占比例最小(12%)。枝现存量所占比例为三倍体毛白杨> 杉木> 杂交竹,叶片现存量中,杉木叶片所占比例最大,这与杉木本身的生物学特性有关,杉木是针叶树种。其次是阔叶树的毛白杨占14%,最后是杂交竹占6%。从经济利用角度来说,干材是经营目的,干材所占比例最大的是杂交竹> 杉木> 毛白杨,不管那种林木,干材所占比例最大。

表5 现存量各树冠间相互关系				
模式	树干/树冠	树枝/树叶	树干/树叶	非光合系统/ 光合系统 [*]
三倍体毛白杨+ 黑麦草	2.00	1.24	2.52	6.14
杉木+ 黑麦草	2.72	0.46	1.26	2.45
杂交竹+ 牛鞭草	6.50	1.75	11.38	15.67

(^{*} 非光合系统/ 光合系统指: 各林木干、枝、皮、根之和与叶片现存量之比)

不同退耕还林林草模式各器官间相互关系不同。若以各器官现存量之比值来表示(表5),不同模式各器官间相互关

系的差异极显著。树干与树冠的关系: 树干与树冠之比,前者生长量远远大于后者。然而树干与树冠的比值各林草模式间差异很大,杂交竹最大(6.50),这与竹子生长极快有关。而毛白杨树冠比较大,树干与树冠之比较小。树枝与树叶的关系: 树枝与树叶现存量之比以杂交竹比值最大,杉木的最小。树干与树叶的关系从图上可以看到,树干与树叶的现存量之比以杂交竹最高,达11.38。其次是毛白杨树干与树叶之比为2.52,杉木最低。光合系统与非光合系统的关系为: 光合系统与非光合系统的现存量比值杂交竹为最大,达15.67。从以上分析可以看到,各器官间的比值都以杂交竹为最大,即杂交竹+ 牛鞭草> 三倍体毛白杨+ 黑麦草> 杉木+ 黑麦草。在杂交竹与牛鞭草模式中,其生物现存量(林+ 草)最大,器官与现存量之间的比值也最大。

植物体地上部分和土壤间的元素循环也是研究林草间营养关系的基本问题。以上三图揭示各养分元素在不同林草模式中植物体内的分配状况。可以看到: 养分元素的分布在不同模式中因器官不同而异,氮主要分布在树叶和草本层中,树叶和草本层中的氮明显高于其它器官。磷在草本层中含量较高,在树木各器官中的分布因林木不同而异。钾素含量较高,其中草本层含量最大;毛白杨中钙主要分布在树皮中,杉木中则皮、叶、枝含量相当。镁在树(竹)叶和草本层中含量最高。对养分在各模式不同器官的分配研究有助于养分动态变化的研究。

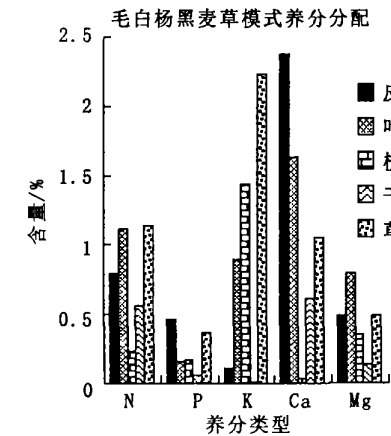


图1 毛白杨黑麦草模式养分分配

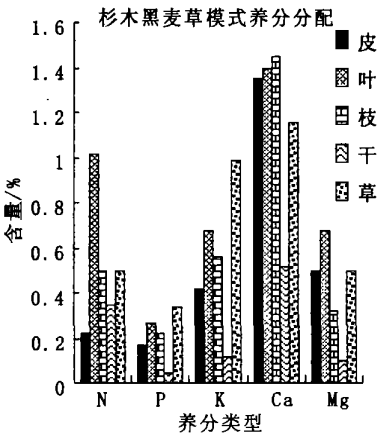


图2 杉木黑麦草模式养分分配

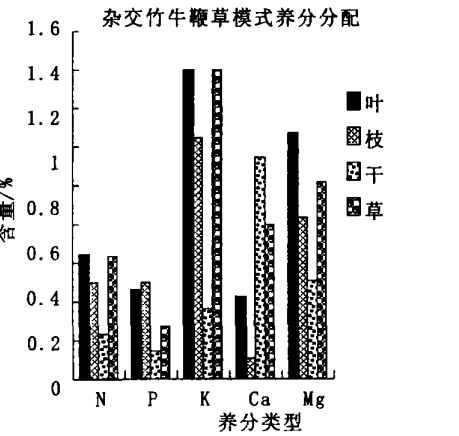


图3 杂交竹牛鞭草模式养分分配

3 结 论

为了获得良好的间作效果,应选择抗涝、抗旱性较强、分蘖能力强的黑麦草品种。对于树种草种的选择和搭配应该着重考虑林草间地上部分对光照的竞争,众多试验表明: 林木对光照的削弱会影响草本层的产量(Srinivason et al., 1990; Kira & Kumura, 1983)。对于林草生态位的分化,减小竞争性可以提高生产力(竞争生产原则),增加其互补性。在品种选择上还要加强培育一定的林草共生关系,应用菌根固氮和根瘤固氮;以及增加林草间的群体增益效益,共栖可以提高生产力的正效互作,其机理就在于种间的正效互作导致了“群体增益(FPP)”(Monteith et al., 1991)。对间作品种的选择尽量减少其竞争性,增加共生与共栖关系。树种配制的好坏

对防护效益和经济效益的影响极大。在退耕还林区,按不同立地条件选择好主要树种、配制好草种,实行乔灌木结合。随着林分年龄增加、乔木层郁闭度逐渐加大,将影响林下透光,从而影响草产量。这涉及到林草间作的结构优化问题。要进一步研究草本产量与林木郁闭度之间的数学关系、各林草复合经营模式在不同时期的最佳株行距及密度等,确定最优林草结构。最大限度的促进林草复合系统功能的发挥。林草系统结构直接关系着生态系统能量和物质的转换和循环特点、水平和效果,以及系统抵抗外部干扰和内部变化而保持系统稳定性的能力。通过构建合理的优化林草密度结构,以期有较高的经济效益、较好的生态效益和良好的社会效益。保证退耕还林的顺利实施和进一步完善。

(下转第130页)

水带来的直接经济效益也十分显著。

(1) 坡改梯后, 粮食单产增幅 1.33 倍, 虽然耕地总面积减少了 68%, 但粮食总产没有下降多少, 只减少了 25%。

(2) 4 年累计新增经济林 38 hm², 到 2001 年进入盛果期, 一年可产 34.56 kg, 可新增收入 51.84 万元。

(3) 营造水土保持林 138 hm², 成林后, 按每 1 hm² 每年收入 100 元计, 可新增收入 20.6 万元。

(4) 种草 28.5 hm², 按每 1 hm² 每年产草 15 000 kg, 每 1 kg 0.1 元计, 可新增收入 4.3 万元, 这还不算由此发展养殖业而带来的增值效益。

表2 向阳沟小流域开发治理前后各项经济收入对比分析表

项 目	粮食单产 /(kg·hm ⁻²)	粮食收入 /万元	经济作物 /万元	林业 /万元	牧业 /万元	其它 /万元	合计
治理前	1125	19.60	0.7	5.17	44	1.47	31.38
治理后	2625	15.1	42.5	55.16	15.52	3.6	131.88

3.2 生态效益

通过开发治理, 流域内的坡耕地全部退耕还林还草, 总耕地面积由原来的 177.5 hm² 减少到 57.4 hm², 林地由原来的 41.6 增长到 184.5 hm², 种草从无到有, 净增 28.5 hm², 林草覆盖率由原来的 11.3% 增长到 59.7%, 同时通过坡改梯, 沟道整治, 使治理度达到 74.6%, 有效地保护了水土资源, 增强了土壤肥力, 减少地表径流, 拦蓄泥沙效益十分显著, 据延安水保所测定: 治理后侵蚀模数下降到 1 237 t/(km²·a), 轻微侵蚀和中度侵蚀的比例明显提高。如今的向阳沟, 梁峁顶

参考文献:

[1] 朱显谟. 黄土高原脱贫致富之道[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, (3): 1- 5.

[2] 孙俊杰, 等. 黄土高原水土流失治理与开发的途径与前景[J]. 水土保持通报, 1998, 18(6): 58- 62.

[3] 林洪考. 山区农业综合开发实施与效果分析[J]. 水土保持通报, 1998, 18(4): 37- 41.

(上接第 127 页)

参考文献:

[1] 林全业, 邢黎峰, 李培云, 等. 中国枣农间作系统研究文献评述[J]. 山东农业大学学报, 2000, 31(1): 90- 94.

[2] 杨修, 吴刚. 泡桐人工林生态系统养分循环的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 158- 164.

[3] 王海明, 李贤伟, 李守剑, 等. 林草复合经营模式研究[J]. 四川林勘设计, 2003, (1): 5- 9.

[4] 张洪明. 对退耕还林工程中种草的探讨[J]. 林业科技通讯, 2000, (12): 26- 28.

[5] 周晓峰. 关于西部大开发的基本观点和植被建设中的若干问题[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 97- 104.

[6] 杨玉盛, 俞新妥. 杉木- 山苍子- 作物复合经营模式土壤肥力的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 97- 103.

[7] 彭珂珊. 中国西部退耕还林(草) 面临新问题再思考[J]. 首都师范大学学报, 2001, 22(2): 93- 102.

[8] 翟明普. 北京西山地区油松元宝枫混交林生物量和营养元素循环的研究[J]. 北京林学院学报, 1982, (4): 67- 77.

[9] 沈国舫, 聂道平, 王兵, 等. 油松- 白桦混交林种间关系研究[J]. 林业科学, 1997, 33(5): 394- 401.

[10] 蒋三乃, 翟明普, 贾黎明. 混交种间养分关系研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(2): 73- 77.

[11] 钟安良, 熊文愈. 杉木人工林林木养分的季节变化及养分之间的相互关系[J]. 南京林业大学学报, 1993, 17(3): 1- 7.

[12] 关继义, 陈义亮. 等. 灌木层及主要灌木树种在蒙古栎林养分循环中的地位和作用[J]. 植物研究, 1999, 19(1): 100- 109.

[13] 史敏华. 黄土丘陵区枣农复合经营模式[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(4): 141- 143.

[14] 刘增文, 李雅素. 刺槐主要养分元素内循环及外循环研究[J]. 南京林业大学学报, 1997, 21(4): 6- 10.

[15] 王宪成. 复合农林业模式是我省西部实现跨越发展的必然选择[J]. 吉林林业科技, 2001, 30(1): 29- 32.

[16] 刘国彬, 梁一民. 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程[J]. 水土保持研究, 1997, 4(5): 102- 110.

[17] 杨玉盛, 王启其. 杉木油桐仙人草复合经营模式生物量的研究[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(3): 200- 204.

[18] 杨玉盛, 邱仁辉. 不同栽杉代数林下植被营养元素的生物循环[J]. 东北林业大学学报 1999, 27(1): 26- 30.

[19] 徐大平, 曾玉田. 尾叶桉幼林地上部分生物量及养分循环的研究[J]. 林业科学研究, 1994, 7(6): 600- 605.

[20] 徐大平. 巨尾桉人工林地上部分进生产力净生产力及养分循环的研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(4): 356- 372.

[21] 蔡丽平, 陈光水, 谢锦升, 等. 杉木油桐仙人草复合模式的根际土壤肥力[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(2): 51- 54.

梯田层层叠叠, 山腰坡绿树郁郁葱葱, 沟台地大棚摩肩接踵, 置身其间, 宛若江南之感。

3.3 社会效益

流域内开发治理后经济收入稳定增长, 群众生活水平不断提高, 不但在短短 4 年内脱了贫, 而且提前跨入小康行列。如今的向阳村, 家家通自来水, 户户有电视、存款, 住房由原来的土窑洞全部变为崭新的石窑洞。学龄儿童入学率达到 100%, 集体公共积累金逐年增长。该村也因此而被宝塔区委、区政府命名为“科技示范村”“小康文明村”该流域也被世行贷款项目延河流域治理办命名为“流域治理示范点”。

4 结 语

(1) 贫困地区的小流域治理不一定非要走“水保先入”的路子, 以经济开发为切入点, 逐步积累资金边开发边治理, 也不失为一项好的途径。

(2) 贫困地区小流域治理, 在资金比较紧缺的情况下, 采用“内引外联”的办法, 引进资金和技术治理水土流失, 同样能收到很好的效果。

(3) 小流域治理, 不一定非走三大措施一起上的路子, 可先分后合, 先单一治理, 后综合治理, 同样, 能起到治理水土流失, 改善生态环境的作用。

(4) 小流域治理规划一定要与当地经济条件相适应, 应抓主导产业的发展和建设, 并且遵循区别对待分类指导的原则, 以期发挥各地的优势。