

西北地区生态修复的若干基本问题探讨*

毛德华^{1,2}, 夏军^{2,3}, 黄友波²

(1. 湖南师范大学 资源与环境科学学院, 湖南 长沙 410081; 2 武汉大学 水利水电学院, 湖北 武汉 430072;
3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 1001001)

摘要: 综合已有的研究成果,对西北地区缺水类型、生态修复的终极目标和绿洲规模的确定等基本问题进行了探讨。西北地区缺水类型分析结果表明,不同区域缺水类型组合不同;西北地区潜在景观具有多样性的特点,原生景观具有复杂性的特点,这在黄土高原表现得尤为突出。西北地区生态修复的终极目标是:从潜在景观到原生景观。通过景观研究可指导水资源胁迫下的西北地区生态修复的景观配置与建设:第一,西北地区西部干旱环境形成年代久远,在其长期进化过程中,形成了适宜干旱环境生长的植被类型和种类,这是西北地区生态修复应首选的类型和种类,真正做到宜林则林、宜灌则灌、宜草则草、宜沙漠戈壁则沙漠戈壁。第二,西部地区干旱环境形成东西部有别,东部时进时退,因此,荒漠化防治的重点在东部。确定绿洲适宜规模的基本原理是以水定规模,基本方法有两种:一是水热平衡法,二是水量供需平衡法。二者从本质上是相同的,不同方法确定的同一区域绿洲适宜规模所指导区域绿洲调整方向一致,但规模有大小之别,而原因在于一些参数的确定有差异。因此,加强调查和试验研究,准确率定参数,是合理确定绿洲适宜面积的努力方向。

关键词: 生态环境修复; 缺水类型组合; 景观配置; 绿洲适宜规模; 中国西北地区
中图分类号: P343.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2003)01-0015-04

Study on Some Basic Problems of Ecological Rehabilitation in Northwest Area

MAO De-hua^{1,3}, XIA Jun^{2,3}, HUANG You-bo³

(1. College of Resources and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081;

2. College of Irrigation and Electricity, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072;

3. Institute of Geography Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 1001001)

Abstract: This paper discusses some basic problems that lying in Northwest of China, including water shortage types, terminal object of ecological rehabilitation and the confirmation of oasis scale. The results show that different combining of water shortage types lies in different Area. Potential landscape of the Northwest Area are various, however, the original landscape are complicated; this is especially outstanding in the Loess Plateau. The terminal object of rehabilitation is from original landscape to potential ones. By studying the landscape we can guide our constructing: first, the arid environment of Northwest Area has a long history, during its evolution, it develops plants that adapt to the arid environment. And these should be considered first when rehabbing the ecological environment. Secondly, the developments of Northwest environment are special, which means its east is different from its west. On considering about this, we should pay more attention to the east there. Two kinds of methods are available: one is the equilibrants of water and heat; the other is the equilibrium of water demand and requirement. When using these two methods to decide the oasis scale of the same region, the adjusting direction should be alike, however the scales are different, which due to different parameters. Therefore, strengthening the investigation and experiments so as to get the proper parameters, this is the way we should take when defining a fitting area of oasis.

Key words: ecological rehabilitation; combination of water shortage types; configuring of landscape; fitting scales of oasis; Northwest Area of China

西北地区水资源及生态环境问题多样且严重,形成机制复杂,需采取综合防治对策。但由于对一些有关的基本问题缺乏透彻研究,致使制定的对策针对性和有效性不强,甚至缺乏科学依据。本文综合已有的研究成果,对西北地区缺水类型、生态修复的终极目标和绿洲规模的确定等基本问题进行了探讨。

* 收稿日期: 2002-10-25

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-10-03), 中科院“百人计划”项目, 国家自然科学基金(50279049)共同资助

作者简介: 毛德华, 男, 生于1962年, 教授, 博士生。主要从事水土资源、水文与水环境等方面的研究。

1 西北地区缺水类型分析

西北地区降水稀少,蒸发强烈,时空分布不均,似乎都属资源型缺水,但缺水类型(资源型缺水,管理型缺水,工程型缺水,水质型缺水)及其地区分布究竟如何?以塔里木河流域(简称塔河流域)为例,流域年平均降水量为128 mm,平原区仅20~80 mm,其中绿洲区仅53 mm。但水面蒸发力达1 200~1 600 mm,干旱指数高达13~30。因此,从自然特征看,似乎是资源型缺水。另一方面,年径流量398亿 m^3 ,地表水不重复补给量30.7亿 m^3 ,总水量为429亿 m^3 。人均水量近5 200 m^3/a ,是全国人均水量的2.3倍;实灌面积毛用水定额为84.2 m^3/hm^2 ,用水效率低,浪费严重。因此,从社会属性看(人均、亩均用水),肯定是管理型缺水。

究竟如何,以塔河流域绿洲区与海河流域平原区所拥有的总有效水深情况的比较来说明。据有关资料,平原区降水,塔河流域是54 mm,海河流域约560 mm;作物和植被可直接利用的有效降雨,塔河流域按54 mm算,海河流域按接近土壤水450 mm估算;蒸发能力塔河流域绿洲区是1 200~1 400 mm,海河流域平原区是1 000~1 200 mm。海河流域的多年平均径流量为421亿 m^3 ,平原面积约为14万 km^2 ,灌溉面积约666.67万 hm^2 ,农业灌溉用水约占总供水量的80%,其中用于平原区农业的水量约为270亿 m^3 。

综上所述和塔河流域(南疆)的情况,得出塔河流域和海河流域的综合有效水深成果(表1),表中塔河灌溉面积的水深已扣除了在灌溉过程中间接支撑天然生态的耗水。根据表1所列成果可以得出以下基本结论:

塔河流域灌区用水十分浪费。塔河流域的单季作物在扣除间接给天然生态供水后仍耗用了1 240 mm的水深,而海河流域(复种系数1.5左右情况下)相当于单季作物耗用了700 mm左右,塔河流域的耗水是海河流域耗水的1.77倍,所以现状情况下塔河流域的缺水属管理型缺水,具有很大的节水潜力。

从研究中所界定的需要保护的绿洲范围看,未来塔河流域又会发生资源性缺水,理由有以下三点:第一,在仅考虑交错过渡带中非地带性低盖度草耗用极小径流(33 mm)的前提下,塔河流域绿洲的平均水深仅有630 mm,比公认缺水十分严重的海河流域的综合有效水深还少15 mm;第二,塔河流域的水量主要通过引用径流实现,即使在考虑天然绿洲间接利用灌溉用水的情况下,使引水的有效利用率达到75%,整个绿洲的实际有效水深仅为470多mm,比海河流域平原区的可利用水深要少170多mm;第三,塔河流域在绿洲的实际蒸发能力比海河流域平原区蒸发能力要大。综上所述,塔里木河流域在近期(2010~2020年)属于管理型缺水,远景随人口和工业的发展,为确保一定的绿洲面积,可能需要跨流域调水。

西北地区地域广阔,水资源空间分异明显。各地水资源占有量差异很大,如人均水资源占有量新疆达5 138 m^3 ,而宁夏仅187 m^3 ,前者是后者的27.5倍,每1 hm^2 耕地占有量青海达106 153 m^3 ,宁夏仅为1 226 m^3 ,相差8倍以上。分析可知,宁夏、甘肃、陕西关中地区,特别是宁夏,资源型缺水突出并有工程型缺水。而在一些人口、生产密集区,如城市、工矿基地等因水污染严重,水质型缺水也不同程度的存在。

2 水资源约束下的西北地区景观配置与建设问题

西北地区景观配置受其水资源强烈约束,但合理的景观配置又是水资源充分合理利用的体现,且是西北地区社会经济可持续发展的保证。西北地区生态环境十分脆弱,区域生态环境脆弱度居全国各省(区)之首^[1]。因此,退化易,修复难。面对西北地区严重的生态环境问题,生态修复是一项长期而艰巨的任务。

西北地区自然环境是在长期演化中形成的。据古地理研究^[2],西北地区自然环境早在晚白垩纪和早第三纪(距今1.3~0.25亿年)已初步形成。当时我国季风气候尚未形成,大部分地区处于亚热带高压控制之下,因而形成了一条从东南的台湾岛、福建沿岸向西北直到甘肃、新疆的广阔干旱气候带。晚第三纪时(距今2500~200万年),青藏高原及周围山地大面积隆升达3 500~4 000 m以上,从而促成我国季风环流系统的建立,东南沿海及长江流域转趋多雨,而西北地区更趋干旱。这种形式到第四纪末更趋明显,当时我国气候和地形基本上和现代一致,西北地区干旱环境已经形成^[3]。

潜在景观的多样性,水热组合及其对比关系是决定自然景观状况的首要和基本因素,地形组合条件则通过影响水热条件的分配使景观复杂化。水热组合及其对比关系可通过年干燥系数或湿润度指数来表征。

任国玉定义了一个新的干燥指数(DI),其物理意义与年干燥度相近,但计算更为简洁。DI与气候及自然

表1 塔里木河流域与海河流域平原区现状耗用水深比较

	塔河流域		海河流域	
	耗用水深 (mm)	与绿洲耗水 比较(%)	平原区	耗用水深 (mm)
过渡带	88	14.0		
绿洲	630	100.0	平原区	645
天然绿洲	425	67.5		
人工绿洲	965	153.3		
灌溉面积	1240	197.0	耕地面积	860
降水深度	54	8.6		450

景观之间的关系如表 2^[4]。

表2 干燥指数与自然景观及其在西北地区的分布(据任国玉等整理)

DI	气候	水平自然景观	分 布
< 1.0	湿润	郁闭度较高的温带或亚热带森林	陕西南端, 甘肃南部, 青海东南部
1.0~ 1.5	半湿润	1.0~ 1.3为森林草原或温带疏林	内蒙古东南部, 陕南, 陇南, 青海东北, 东南部
1.5~ 5.0	半干燥	1.3~ 2.5为典型温带草原区	内蒙古东南部, 陕北, 宁夏东南部, 陇东南部, 青海东中部
5.0~ 20.0	干燥	2.5~ 4.5为草原或半荒漠	内蒙古西部, 宁夏北部, 陇中, 青海西北, 北疆地区
> 20.0	极端干燥	> 4.5为典型的荒漠	内蒙古西部, 甘肃西部, 青海西北部和新疆全部

由以上分析可知: 一方面, 西北地区的自然景观呈现出多样化的特点; 另一方面, 现有景观与潜在景观有的差异较大, 这反映出人类不合理活动所造成的影响, 但同时也反映出过去所提的景观恢复目标有所偏颇^[5]。

原生景观的复杂性。原生景观即没有受到人类活动影响的生态景观。但目前根据古生态资料西北地区原生景观还未建立。因此, 以人类活动最早显著干预植被前某一时段的景观来近似代替原生景观。针对西北地区的现实问题, 西北地区的生态修复主要集中在植被方面。因此, 研究原生景观的论述也集中在原生植被上。研究表明, 可以利用距今6000年时间段的古植被分布图近似代表原生植被。

任国玉等依据花粉图资料推断距今6000年植被地带分布情况^[4]。当时黄土高原东南部、山西、内蒙古大青山地区、陕南和陇南乔木分布比现在广泛得多, 是以松属占优势的稀疏森林或森林草原。在青藏高原的东部, 森林范围也明显比今天大, 但主要由云、冷杉属乔木构成。在西北极端干燥地带, 因花粉资料比较缺乏, 尚未重建原生植被。从原生植被与实际植被的对比看, 尽管青藏高原东部过去和现在的优势乔木属未变, 但黄土高原东南部在人类干预前分布较多的松树现在却已很少见, 森林衰减程度也比其他地区来得大。从潜在植被来看, 一般倾向于认为, 黄土高原东南部地带性植被为温带落叶阔叶林。因此, 原生植被与目前所认识的潜在地带性植被和实际植被均存在明显差别, 这不仅体现在主要生态过渡带的位置上, 而且也表现在植被类型的变化上。

以干燥、炎热带分布看, 又以渐新世末为界, 分为两个时段: 第一个时段(古新世, 始新世, 渐新世)表现为横贯东西, 仅在所处纬度位置和纬度跨度上变化, 这表明西北地区西部干旱环境已奠定雏形, 足以见其干旱环境形成的久远。第二个时段(中新世, 上新世)则纬度位置基本稳定, 不再东西横贯, 而表现为东西分异。不同时期干旱区分别分布在太行山与大兴安岭以西, 或在祁连山以西地区。

第四纪以来的气候变化, 存在着数十次较大的气候冷暖、干湿变化, 4~ 8.5 kaBP 是距今最近的全新世温暖适宜性, 这个时期景观格局对西北生态恢复有重要指导作用。与现代植被分布相比, 这个时期的潮湿森林比现代要北移2~ 3个纬度, 其东段比西段的北移幅度大。由于温度升高, 湿润森林内部的相应森林类型也大规模北移, 同时湿润森林西移明显。在现代以草原为主的内蒙东部、山西大部 and 陕西北部都出现了森林, 形成了森林—草原环境, 呈北东向展布, 东北的科尔沁沙地和内蒙东部沙地都发育了很好的土壤, 在中国西北大部地区沙漠后退, 甚至消失, 大部分现代荒漠地区这时变成了草原或灌丛环境, 仅在塔里木盆地和巴丹吉林地区留有一定面积的沙漠。在塔里木盆地, 河流径流丰富, 孕育了大片绿洲。黄土高原历史时期原始天然植被状况是西北开发中争论较多的科学和实践问题, 这不仅是因为植被是黄土高原自然环境的重要组成部分, 更是因为这个问题直接关系到黄土高原植被和生态建设的方针和策略的选择。

目前科学界关于黄土高原的植被地带性有3种主要的观点: (1) 黄土高原在历史时期曾广泛发育森林和森林草原, 地带性植被是森林带和森林草原带; (2) 黄土高原的原始植被未超出草原的范围, 草原植被是黄土高原的顶极群落, 地带性植被是草原带; (3) 黄土高原的植被应区分不同地形部位和区域, 在山地和沟谷中为森林植被, 在塬地上为疏林灌丛草原。

植被发育不仅仅受控于温度和降水量, 土壤母质、地形条件、地质背景及生物活动都是不同植被类型发生、发展的最基本因素。通过对不同观点的证据和论述进行初步分析, 认为造成对以上认识差异的主要原因有以下5个方面: (1) 历史文献记录和地质记录的差异。历史文献资料多主张历史时期黄土高原有大面积的森林分布, 仔细研究发现历史记录多记载了黄土高原的基岩山地才有森林。地质记录表明黄土高原塬面上从来没有过大面积的稳定的森林分布。但是地质记录多来自发育厚层黄土的黄土塬上, 缺少塬下、沟谷地质记录的证据。(2) 沟谷和塬面的差异。地质孢粉记录表明, 同一个地质时期沟谷中生长森林, 而塬面上生长的是草原荒漠。(3) 基岩山地和黄土塬的差异。目前黄土高原区大面积生长森林的山地, 都不存在厚层的黄土沉积, 而是石质的基岩山地。但同一地区的黄土塬区无论是地质记录还是目前植被类型都不存在大面积的自然森林植被。实践证明也

是如此,如50~60年代,在陕北黄土塬梁峁顶部,种植了大量的树木,但5~10年后多逐渐死亡或成为小老树。(4)地带性和局地性植被的差异。西北干旱区的地带性植被主要有:暖温带落叶阔叶林,温带草原和温带荒漠植被。而绿洲是局地性的植被类型。在沙地梁滩相间区,常常以草甸植被、沙生植被等局地性为主。不可以用局地性的植被资料,推断地带性植被的特点。(5)人工林和自然森林演替之间的差异。

从以上论述中,也清楚地反映出原生景观复杂性的特点。

生态修复的终极目标是:符合西北地区自然规律的多样化景观,从潜在景观到原生景观。西北地区的现实景观与潜在景观和原生景观相比差别明显。这除了自然原因外,特别反映出人类活动的影响,其中有相当程度的负面影响。因此,针对西北地区众多的生态环境问题,首先应恢复到与目前水热条件相吻合的潜在景观,然后朝着历史最适宜期的理想状态(原生景观)的终极目标前进。

从以上的分析研究,我们可以得出如下指导西北地区生态修复的认识:

(1)西北地区的西部干旱环境形成年代久远。植被在其长期进化过程中,形成了适宜干旱环境生长的植被类型和种类,这是当前西北地区生态修复应首选的类型和种类,真正做到宜林则林,宜灌则灌,宜草则草,宜沙漠戈壁则沙漠戈壁,适地适树适草。西北地区横跨4个气候地带,自然景观呈现出多样化的特点。现在正在实施的退耕后的植被重建,应因地制宜。反对树种单一化,重造林、轻种草,重经济林、轻生态林的现象^[6]。

(2)西北地区的干旱环境形成东西有别,西部干旱环境形成历史久、变化小,而东部时进时退,特别是贺兰山以东地区,在全新世适宜期,温暖潮湿,基本没有沙漠存在。而现在的沙漠分布却与末次冰期最盛期(LGM)时接近,这表明人类的破坏与干扰已达惊人的程度。因此,荒漠化防治的重点应在东部,然而首要的任务是恢复其潜在景观进而设法走向理想景观;其次对易破坏但还未破坏的生态环境脆弱带要严加保护,不能走“先破坏后治理”、“边破坏、边治理”、“大范围破坏、局部区域改善”的路子。

3 绿洲适宜规模的确定

绿洲是西北干旱区人民生存与发展的基本空间,但绿洲又是一个较脆弱的系统,保持一个与水、热、土等资源相匹配的适宜规模,是绿洲持续存在的基本条件。因此,确定绿洲适宜规模,具有重要的理论和实际意义。

绿洲的形成必须要有相对丰富的地表水或地下水资源;平坦且土层较深厚的较肥沃的壤土和沙壤土;较丰富的热量资源(温度与光照)。而就现实西北实际的自然条件而言,第一个条件是最为关键的,无水则无绿洲。因此,确定绿洲适宜规模的基本原理是以水定规模。基本方法有两种:一是水热平衡法,二是水量供需平衡法。二者从本质上来说是相同的。

3.1 水热平衡法确定绿洲适宜规模

绿洲是突兀于沙漠中的“湿岛”、“绿岛”,因此,从表征区域气候的水热组合和对比关系的干燥度方法(表1)去研究绿洲的水热平衡是不合适的,必须针对绿洲这个特定区域来建立,根据生态的水热平衡原理,提出评价绿洲的水热平衡指标^[7]。其计算结果如表3。

表3 河西走廊绿洲水热平衡及适宜面积分析

流域名称	$W - W$ (10^8m^3)	r (mm)	ET_0 (mm)	现状面积(km^2)		H_0	适宜面积(km^2)	
				A_1	A_2		A_1	A_2
疏勒河干流	11.75	50	1175	3015	633	0.374	1230~1640	860~1150
黑河流域	37.45	100	994	56000	3230	0.168	4930~6570	3450~4600
石羊河流域	14.02	150	903	10600	2361	0.312	2190~2920	1530~2050
合计				69615	6224		8350~11300	5840~7800

注:(1)表中现状数据来自国家“九五”科技攻关项目96-912-03课题各子专题评价报告。(2) W 为绿洲区年均净客水量; W 为绿洲内年均工业和人畜净耗水量; ET_0 为按彭曼公式计算的参考作物腾发量; H_0 为绿洲景观稳定度,其值越大,稳定性越高; A_1, A_2 分别表示流域平原区绿洲面积和灌溉耕地面积;疏勒河干流包括疏勒河和党河。

由于人类对绿洲规模的影响主要通过改变绿洲中灌溉面积而产生的,因此表3计算的适宜绿洲面积以绿洲人工控制的灌溉面积多少为评价。由计算的适宜绿洲面积和灌溉耕地面积与现状面积比较可知,石羊河流域绿洲现状已处于不稳定状态,应适当收缩。若考虑现状流域年超采地下水3亿 m^3 ,则可维持绿洲面积2660~3550 km^2 和灌溉面积185~253万 hm^2 ,与现状灌溉规模持平;为维持额济纳旗天然绿洲,黑河需向其分水9.5亿 m^3 ,扣除此用水后,黑河流域不含额济纳旗绿洲的适宜绿洲灌溉面积为26~34万 hm^2 ,与现状灌溉面积32万 hm^2 相比,也已不具有开发潜力;在疏勒河流域计算干流区和党河灌区,适宜绿洲面积和耕地面积与现状耕地63万 hm^2 和疏勒河移民项目规模11.8万 hm^2 相比,现状生态环境是稳定状态,而移民项目完成后,开发规模已接近上限,需要认真对待。

下转第28页

表6 黄家二岔小流域不同阶段评价结果

项目	1982年	1985年	1990年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
生态	0.0641	0.7417	0.9412	0.9059	0.8383	0.8404	0.8855	0.8836	0.8829
结果	不可持续	一般可持续	高级可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续
经济	0.0197	0.5417	0.7059	0.5692	0.8874	0.8105	0.8537	0.7465	0.7431
结果	不可持续	一般可持续	一般可持续	一般可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续	中级可持续	一般可持续
社会	0	0.0843	0.8188	0.6438	0.6468	0.6468	0.6558	0.6558	0.6558
结果	不可持续	不可持续	中级可持续	一般可持续	一般可持续	一般可持续	一般可持续	一般可持续	一般可持续

从评价结果可以看出:黄家二岔流域治理在1982年处于不可持续状态,经过治理后成效显著,生态、经济、社会可持续发展情况良好,并保持在一个稳定阶段。1985年的水土流失可持续发展状态,比1982年治理前已经有了一个明显的提高。从1985年以后黄家二岔小流域已经进入可持续发展状态,1990年以后进入可持续发展的中级阶段,1990年以后达到稳定状态,有一定的波动,但在可持续发展的范围之内。

从结果中可以看出,不同年份自然生态、经济发展和社会发展状态是不同的。由于综合治理的结果,其自然生态状态比较稳定,基本上处于可持续发展的中级阶段;而经济发展和社会发展状态,由于各方面因素的影响,产生一定的波动,这一波动结果是与实际相符的。如1995年和2000年,黄家二岔小流域遭受了严重的旱情(降水和作物生长不同期),作物生长受到严重影响,使人均粮食产量,水资源利用率,土地现实生产潜力,人均收入都不同程度下降,其经济可持续发展降为一般可持续发展阶段。社会发展基本上一直处于可持续发展的一般阶段,是与该流域较高的人口数量相一致的,其生活水平不能得到很大的提高。综合评价结果,根据Li berg 最小限制因子定律,黄家二岔小流域总体来看,还处于可持续发展的初级阶段。

参考文献:

[1] 王礼先 水土保持学[M] 北京:中国林业出版社,1994
 [2] 陈晓剑,梁梁 系统评价方法与应用[M] 北京:中国科学技术大学出版社,1993
 [3] 齐实,孙立达 多目标数学规划在小流域治理规划应用中的几个问题探讨[J] 北京林业大学学报,1992,14(4): 133- 137.
 [4] 王秋生 植被控制土壤侵蚀的数学模型及其应用[J] 水土保持学报,1999,5(4): 68- 72
 [5] 孙立达,孙保平,齐实 小流域综合治理理论与实践[M] 北京:中国科学技术出版社,1992

上接第18页

3.2 水资源供需平衡法确定绿洲适宜规模

西北地区的绿洲除偏东沿黄河两岸的银川绿洲与内蒙河套绿洲外,基本都与高山相联系,是山区的出山径流量孕育了绿洲。其基本思路是根据山区出山口径流量计算得出绿洲区实际年水资源量,然后确定绿洲和农田的生态需水量,二者对比求出适宜绿洲和农田面积^[8]。其计算结果如表4(据陈昌毓整理)。

表4 河西走廊各县市绿洲适宜面积和适宜农田面积 10⁴hm²

流域	绿洲适宜面积	绿洲需扩大或减小的面积	适宜农田面积	农田需扩大或减小的面积
石羊河	48.18	- 3.17	24.08	1.29
黑河	54.67	7.55	27.25	6.16
疏勒河	14.39	2.23	6.64	1.86
河西走廊总计	117.24	6.61	57.98	9.32

3.3 结果分析

从以上2种方法的计算成果来看,首先所得出的结论基本一致,如都认为石羊河流域的绿洲面积应减少;其次,第二种方法计算的绿洲适宜面积超过第一种方法计算的高限值,而适宜农田面积前者计算的最低限值高于后者的计算值。这两种方法从本质上来说是一致的,而主要的差异在于一些参数的确定。因此,今后加强调查和试验研究,是准确确定绿洲适宜面积的努力方向。

参考文献:

[1] 中国科学院可持续发展研究组 1999年中国可持续发展报告[M] 北京:科学出版社,1999
 [2] 中国科学院《中国自然地理》编委会 中国自然地理、古地理(上册)[M] 北京:科学出版社,1984
 [3] 赵松乔 西北干旱区地理环境的形成和演变[A] 中国自然资源研究会等 中国干旱半干旱地区自然资源研究[M] 北京:科学出版社,1988 10- 22
 [4] 任国玉,陆均天,邹旭凯,等 我国西北地区的气候特征与气候变化[A] 丁一汇,王守荣主编 中国西北地区气候与生态环境概论[M] 北京:气象出版社,2001 1- 43
 [5] 王绍武,董光荣主编 中国西部环境特征及其演变[M] 北京:科学出版社,2002 171- 241.
 [6] 于贵瑞,谢高地,王秋凤,等 西部地区植被恢复重建中几个问题的思考[J] 自然资源学报,2002,17(2): 216- 220
 [7] 王忠静,王海峰,雷志栋 干旱内陆河绿洲稳定性分析[J] 水利学报,2002(5): 26- 30
 [8] 陈昌毓 河西走廊实际水资源及其确定的适宜绿洲和农田面积[J] 干旱区资源与环境,1995,9(3): 122- 128

