

# 西部耕地有效灌溉发展及影响因素的省区分异

冉清红<sup>1</sup>, 岳云华<sup>1,2</sup>, 屈波<sup>3</sup>, 杨玲<sup>1</sup>, 谢德体<sup>4</sup>

(1. 成都师范学院 史地与旅游系, 成都 611130; 2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059;

3. 绵阳师范学院 资源环境工程学院, 绵阳; 4. 西南大学资源环境科学学院, 重庆 400715)

**摘 要:** 耕地有效灌溉面积是影响西部粮食综合生产能力和国家粮食安全的重要因素。运用曲线估计法研究西部省区 1997—2010 年有效灌溉面积和有效灌溉程度的发展变化过程、趋势特征和区域分异。结果表明: 西部有效灌溉面积比重低、省区差异大、其年变化和增长趋势呈现出不同特点, 有效灌溉程度和利用率在省区差异大, 机井报废和建设占用对有效面积的影响在加强, 生态退耕、工程老化、其他因素的影响在弱化。增加西部有效灌溉面积绝对数量、消除灌区有效灌溉能力的制约因素是提升耕地综合生产能力的重要途径。

**关键词:** 耕地; 有效灌溉; 影响因素; 空间差异; 西部

**中图分类号:** F301.2; S274.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2015)04-0241-06

## Regional Differentiation of the Effective Irrigation Development and Influence Factors of the Cultivated Land in Western China

RAN Qinghong<sup>1</sup>, YUE Yunhua<sup>1,2</sup>, QU Bo<sup>3</sup>, YANG Ling<sup>1</sup>, XIE Deti<sup>4</sup>

(1. Department of History & geography and Tourism, Chengdu Normal University, Chengdu 611130, China;

2. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

3. School of Resources & Environment Engineering, Mianyang Normal University, Mianyang,

Sichuan 621000, China; 4. College of Resources & Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** The effective irrigation area of cultivated land is the important factor affecting the comprehensive grain production capacity in the western China and the national food security. In order to understand well the effective irrigation management of the cultivated land in the western provinces of China, the curve estimation method was applied to investigate the effective irrigation area and irrigation level process, trend and regional differentiation in provinces of western from 1997 to 2010. The purpose of the curve estimation is to analyze the development change of the effective irrigation area and the effective irrigation rate of the cultivated land. The results show that the effective irrigation area of cultivated land was low proportion in the western region of China and the effective irrigation rates of the western provinces were different. The characteristics of the effective irrigation area of cultivated land annual variation and growth trend were different. The regional differences of the effective irrigation level and utilization rate were very significant in different provinces. The contribution rate of all kinds of factors affecting the effective irrigation area was not the same. On the one hand, the effects of the abandoned wells and building occupancy of provincial cultivated land were more and more remarkable in the western provinces of China in the past years. On the other hand, the ecological restoration, aging engineering and other influence factors became more and more weakening in the provinces of western China.

**Keywords:** cultivated land; effective irrigation; influence factors; spatial difference; western provinces of China

西部区域 2010 年的有效灌溉面积仅 1 775 万  $\text{hm}^2$ , 占西部耕地总面积的 39.48%, 有效灌溉面积不足已经成为影响西部耕地质量建设和粮食综合生产能力的重要因素, 研究有效灌溉面积发展过程及其存在的问题, 对提高西部区域耕地有效灌溉面积和有效

灌溉率有重要意义。研究表明, 作物产量与水分消耗量呈线性关系<sup>[1]</sup>, 灌溉对作物产量有重要影响<sup>[2-3]</sup>, 有灌溉条件的农作物产量是无灌溉条件、完全靠天吃饭的农作物产量的 1~2 倍, 在西北干旱地区的增产效应约为 40%<sup>[4]</sup>, 且对粮食单产的贡献程度随着时间

收稿日期: 2014-08-12

修回日期: 2014-10-12

资助项目: 国家社会科学基金西部项目(10XJY0021); 2014 年四川省省属高校科研创新团队(14TD0039); 成都师范学院科研启动项目“西部农户耕地保护的经济困境和机制创新研究”

第一作者: 冉清红(1968—), 女, 四川大英人, 教授, 博士, 主要研究方向为农业资源利用与信息系统。E-mail: 452947916@qq.com

通信作者: 岳云华(1964—), 男, 四川射洪人, 教授, 博士, 主要研究方向为土地资源利用。E-mail: 342068765@qq.com

的推移逐渐提高<sup>[5]</sup>。有效灌溉面积对粮食单产有较大的正向作用<sup>[6]</sup>,有效灌溉率是影响粮食单产的主要因素<sup>[7]</sup>,其影响还在不断加大<sup>[8-10]</sup>。

进一步研究有效灌溉面积发展特征及其影响因素,我国有效灌溉面积呈现动态变化特征<sup>[11]</sup>,一些省区的有效灌溉面积出现增减徘徊的动态变化<sup>[12-13]</sup>,建设占地、退耕还林还草、机井报废、灌溉工程受损等限制因子减少有效灌溉面积<sup>[14]</sup>,部分地区的有效灌溉面积下降导致水资源利用率偏低已经影响到农业生产<sup>[15]</sup>,有效灌溉面积对不同类型灌区的灌溉水利用率的影响显著<sup>[16]</sup>,已有研究成果集中在全国性的、省区性的灌溉作用、有效灌溉面积和有效灌溉率的预测,以及对粮食安全保障作用等方面,鲜见西部省区有效灌溉面积发展状态的比较研究。本研究拟用曲线估计模型研究有效灌溉面积变化并分析变化机理,为提升西部区域的有效灌溉面积和有效灌溉程度的政府决策提供参考。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究方法

王玉文等用灰色理论建立有效灌溉面积的 GM(1,1)预测模型<sup>[17]</sup>,李建伟等利用支持向量机预测理论和 BP 神经网络预测理论对河南农田有效灌溉面积及其发展趋势进行对比研究<sup>[18]</sup>,何自立等<sup>[19]</sup>采用新陈代谢 GM(1,1)-Markov 链模型研究有效灌溉面积的变化。本研究拟基于 SPSS 16.0 软件平台,Y 代表有效灌溉面积、t 代表年份,用曲线估计模型处理 1997—2010 年的耕地有效灌溉面积和有效灌溉程度数据,通过比较  $R^2$  值的大小以及生成的图形便于确定最佳模型,建立“有效灌溉面积—时间”或“有效灌溉程度—时间”曲线估计模型,并生成有效灌溉面积随时间变化的散点图和曲线估计拟合曲线图,确定因变量与自变量之间的关系,分析年际变化过程和未来变化趋势特征。

### 1.2 数据来源

耕地面积、有效灌溉面积、水文与排水限制性耕地面积、水分条件限制性耕地面积、机电排灌面积,水利工程老化毁损、建设占用、机井报废或水源不足、退耕还林和其他因素等导致的有效灌溉减少面积等相关数据,来源于 1998—2011 年《中国统计年鉴》和《中国国土资源年鉴》。

## 2 结果与分析

### 2.1 西部耕地有效灌溉面积及变化

2.1.1 有效灌溉面积总量不足和成长性好并存 西部区域 2010 年的有效灌溉面积仅 1 775 万  $\text{hm}^2$ ,占

西部耕地总面积的 39.48%。同年,中部地区、东部地区和全国的有效灌溉面积占本地区的比重分别为 58.1%,53.91%和 49.58%;与中、东部和全国相比,西部地区的有效灌溉面积分别低 18.62,14.43,10.1 个百分点。有效灌溉面积总量不足和比重低已经成为西部耕地质量限制因素。

1997—2010 年,西部有效灌溉面积年均增长 25.57 万  $\text{hm}^2$ ,其年际增量变化见图 1,有效灌溉面积—时间的散点图和线性拟合曲线方程为: $Y = 1432.9 + 22.905(t - 1996)$ ,  $R^2 = 0.9766$ ,散点和拟合曲线的拟合度很好,拟合曲线的斜率  $k = 22.905$ ,  $> 0$ ,其变化趋势上扬,在未来一定时期还将保持这种增加的势头。

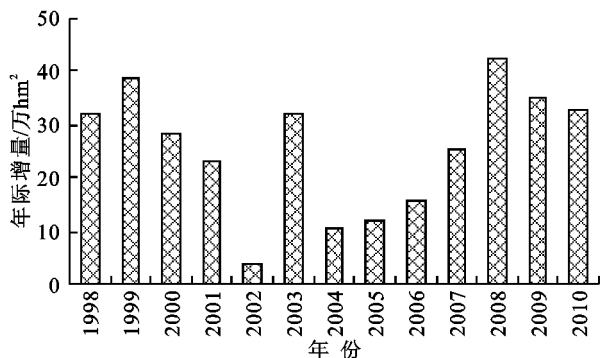


图1 西部地区有效灌溉面积年际增长率变化

2.1.2 耕地有效灌溉面积的省区差异大 2010 年的数据表明,新疆耕地的有效灌溉面积占到西部地区的 20.97%,内蒙古和四川分别占 17.08%和 14.37%,三省区的有效灌溉面积占到了西部地区的 52.42%,其它各省区有效灌溉面积占西部的比重都在 10%以下(图 2),合计不到西部省区总量的一半。1997—2010 年各省区累计有效灌溉面积占西部的比重,新疆 20.50%、内蒙古 16.07%、四川 15.45%,三省区合计占到西部地区的 52.02%(图 2)。与 1997—2010 年的累计有效灌溉面积集中度相比,2010 年的有效灌溉面积集中度无明显变化,意味着西部各省区的灌区建设基本格局在十多年间没有大的改变。

2.1.3 有效灌溉面积年际变化的省区差异化 内蒙古自治区的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合曲线方程为  $Y_1 = 170.016 + 20.164(t - 1996) - 1.505(t - 1996)^2 + 0.50(t - 1996)^3$ ,其调整系数  $R^2 = 0.984$ 。在研究期内的有效灌溉面积呈现稳步增长的特点,趋势增长动力较为充足,未来还有较大的增长。

广西壮族自治区年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_2 = 143.039 + 3.063(t - 1996) - 0.327(t - 1996)^2 + 0.011(t - 1996)^3$ ,  $R^2 =$

0.897,整体上呈现增长变化,但与内蒙古的差别在于其增长过程呈现先快后慢的三段式特点,1997—2003 年呈现快速增长,2003—2005 年呈现减小变动,2005 年以来又呈现缓慢增加变动但增长动力不足。

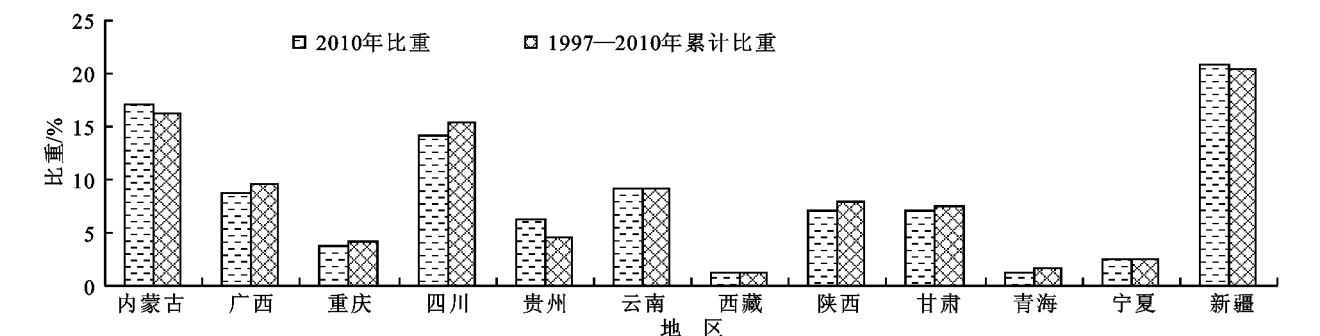


图 2 1997—2010 年西部各省区累计有效灌溉面积在西部的地位差异

重庆的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_3 = 58.621 + 2.313(t - 1996) - 0.376(t - 1996)^2 + 0.019(t - 1996)^3$ ,其调整系数  $R^2 = 0.834$ ,其变化过程和趋势与广西相比,既有相似性又有差异性,其相似性在于发展过程的三段式变化特点,其差异性在于重庆市为先慢后快的增长特点,2004 年以后呈现持续增长,而且增长势头和增长动力明显高于广西。

四川的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_4 = 227.395 + 8.063(t - 1996) - 0.956(t - 1996)^2 + 0.037(t - 1996)^3$ ,其调整系数  $R^2 = 0.985$ ,的变化过程和趋势与广西具有相似性和差异性,其相似性在于发展过程的三段式变化特点,其差异性在于四川省在 2003—2006 年变化在缓降中趋稳特点,2006 年以后呈现持续增长,未来可能呈现增长变化。

贵州省耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_5 = 70.524 - 3.895(t - 1996) + 0.474(t - 1996)^2$ ,其调整系数  $R^2 = 0.954$ ,其散点在距离原点越远越稀疏,意味着年际增率有增大趋势,代表贵州有效灌溉面积呈现强劲的增长态势。

云南省耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_6 = 128.028 + 4.149(t - 1996) - 0.330(t - 1996)^2 + 0.014(t - 1996)^3$ ,其调整系数  $R^2 = 0.999$ ,与内蒙古的发展趋势具有相似性,在研究期内的有效灌溉面积呈现稳步增长且增长动力较为充足。

西藏自治区耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_7 = 13.860 - 0.021(t - 1996) + 0.054(t - 1996)^2$ ,其调整系数  $R^2 = 0.955$ ,在研究期内的有效灌溉面积呈现增长特点,但散点之间的距离在减小,意味着年际增量和增率有缩小的趋势,表明西藏有效灌溉面积增长动力后劲不足、未来的有效灌溉面积增速可能减慢。

陕西省耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时

间变化的拟合方程为  $Y_8 = 128.904 + 0.844(t - 1996) - 0.093(t - 1996)^2 + 0.002(t - 1996)^3$ ,其调整系数  $R^2 = 0.709$ ,在研究期内的拟合曲线呈现“∩”型分布,未来年份的有效灌溉面积的减少趋势可能还将持续。

甘肃省耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_9 = 102.670 + 3.117(t - 1996) - 0.098(t - 1996)^2$ ,其调整系数  $R^2 = 0.998$ ,在研究期内的有效灌溉面积呈现增长特点,但散点之间的距离在减小,拟合曲线的坡度也变得越来越平缓,意味着年际增量和增率有缩小的趋势,未来的有效灌溉面积增速可能减慢。

青海省耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_{10} = 24.289 + 0.233(t - 1996) - 0.013(t - 1996)^2$ ,其调整系数  $R^2 = 0.861$ ,在研究期内的有效灌溉面积几乎没有实质性的增长,且散点的拟合曲线呈现偏态的“∩”型,意味着在未来年份要增加有效灌溉面积需要克服较大的阻力。

宁夏回族自治区耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_{11} = 35.816 + 0.944(t - 1996) - 0.013(t - 1996)^2$ , $R^2 = 0.923$ ,在研究期内的有效灌溉面积呈现稳步增长趋势,散点之间的疏密不稳定,意味着增率的年际变化不稳定,但增长是大趋势。

新疆维吾尔自治区耕地的年度有效灌溉面积研究期内随时间变化的拟合方程为  $Y_{12} = 295.110 + 6.400(t - 1996) - 0.748(t - 1996)^2 + 0.051(t - 1996)^3$ , $R^2 = 0.982$ ,在研究期内的散点之间的疏密不稳定,有效灌溉面积呈现不等速的增长特点,距离原点最远的四个散点之间的距离明显在缩小,意味着有效灌溉面积的年际增率在减小,未来的增长势头将减缓。这与新疆目前的有效灌溉面积比重已经很高有关系。

2.2 西部耕地的有效灌溉程度

有效灌溉程度是有效灌溉面积占辖区耕地面积的比重。有效灌溉利用率是有效灌溉面积的实际使用率。

2.2.1 耕地有效灌溉程度和利用率的省区差异大 西部有效灌溉程度的省区差异性显著。2010 年,西藏、新疆的有效灌溉程度较高分别达到 61.03%和 86.62%以上的水平;内蒙古、四川、青海、宁夏四省区,介于 40%~50%的水平;广西、陕西介于 30%~40%;重庆、贵州、云

南、甘肃介于 20%~30%,其中贵州不到 21%。  
有效灌溉利用率的省区差异大。2010 年,西部省区的有效灌溉利用率介于 25.23%~90.23% (图 3)。其中新疆、西藏高于全国平均水平 49.58%,广西、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃等省低于西部平均水平 39.48%,四川、内蒙古、青海、宁夏介于西部和全国平均水平之间。省区耕地面积数量、灌溉发展水平、耕地所在的地理环境等都可能成为各省区有效灌溉利用率差异的主导因素。

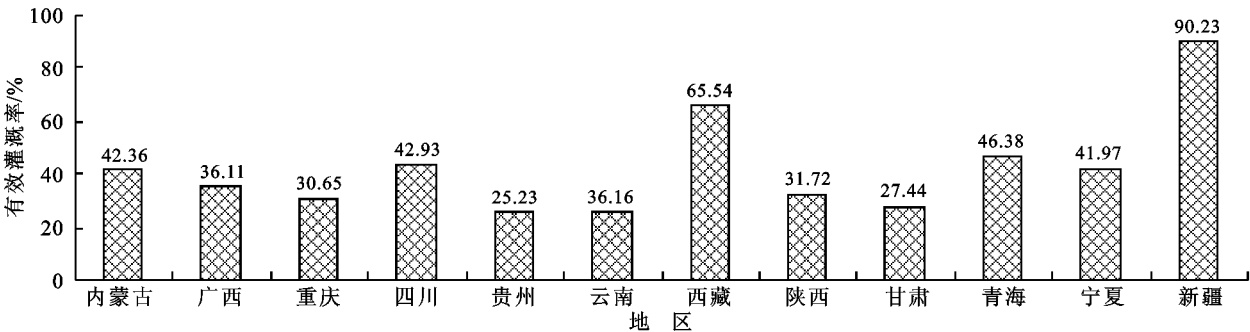


图 3 2010 年西部各省区有效灌溉利用率对比

2.2.2 有效灌溉程度年际变化具有省区差异性 西部各省区 1999—2010 年有效灌溉程度随时间变化生

成的“有效灌溉程度—时间”曲线估计模型和有效灌溉程度随时间变化曲线估计拟合结果见表 1。

表 1 西部省区有效灌溉程度随时间变化的曲线估计模型一览

省区	编号	模型	调整系数
内蒙古	模型 1	$Y_1=25.225+2.837(t-1998)-0.131(t-1998)^2$	$R^2=0.965$
广西	模型 2	$Y_2=33.469+0.368(t-1998)-0.012(t-1998)^2$	$R^2=0.943$
重庆	模型 3	$Y_3=23.924+0.365(t-1998)+0.013(t-1998)^2$	$R^2=0.967$
四川	模型 4	$Y_4=35.488+1.182(t-1998)-0.051(t-1998)^2$	$R^2=0.993$
贵州	模型 5	$Y_5=13.305-0.062(t-1998)+0.067(t-1998)^2$	$R^2=0.917$
云南	模型 6	$Y_6=20.681+0.628(t-1998)-0.018(t-1998)^2$	$R^2=0.986$
西藏	模型 7	$Y_7=39.127+0.543(t-1998)+0.135(t-1998)^2$	$R^2=0.916$
陕西	模型 8	$Y_8=23.525+1.546(t-1998)-0.068(t-1998)^2$	$R^2=0.969$
甘肃	模型 9	$Y_9=20.942+0.955(t-1998)-0.036(t-1998)^2$	$R^2=0.972$
青海	模型 10	$Y_{10}=31.273+3.013(t-1998)-0.146(t-1998)^2$	$R^2=0.913$
宁夏	模型 11	$Y_{11}=26.431+1.952(t-1998)-0.053(t-1998)^2$	$R^2=0.825$
新疆	模型 12	$Y_{12}=74.531+0.441(t-1998)+0.064(t-1998)^2$	$R^2=0.926$

调整系数除宁夏低于 0.9 ( $R^2=0.825$ ) 外,都在 0.9 以上;散点和曲线的拟合度都很高,各曲线估计模型能够代表 1999—2010 年有效灌溉程度的年际变化情况。西部各省区在 1999—2010 年的有效灌溉程度整体上都呈现增长态势。

其中,广西、重庆、贵州、云南、西藏、甘肃、宁夏和新疆有效灌溉程度呈现稳步增加的态势;内蒙古、四川、陕西和青海等 4 个省区在 2008 年或以后的年份,有效灌溉程度有不同程度的降低,用曲线模型计算未来年份的有效灌溉面积占耕地面积的比重,其值小于 2010 年的比重。

2.3 影响西部有效灌溉发展的原因分析

有效灌溉变化既表现为水利建设投资增加拉动的正向增加,又表现为人为因素负向影响下的已建成灌区有效灌溉面积减少。

2.3.1 西部有效灌溉发展受多因素影响 水利工程老化毁损、建设占用、机井报废或水源不足、退耕还林和其他因素等都是导致西部有效灌溉面积减少、有效灌溉程度降低的重要影响因素(表 2)。

渠系本身的建设年代悠远、年久失修和农户对水利工程只用不管、重用轻管或在堤坝上乱垦乱种等行为,导致“跑、冒、渗、漏”等水利工程毁损、老化现象,

或因灌区内各生产领域、各行政辖区随意截留、堵坝、开沟等行为,导致水线和明渠输水、供水功能丧失或降低,使有效灌溉面积总量累计减少 61.98 万  $\text{hm}^2$ , 其中内蒙古和陕西的累计毁损量分别达 40.61 万  $\text{hm}^2$ ,9.16 万  $\text{hm}^2$ ,分占 65.52%和 14.78%,两省合计占老化毁损的 80%以上。

表 2 主要因素对西部省区有效灌溉面积减少的影响 10<sup>4</sup>  $\text{hm}^2$

因素	西部	内蒙	广西	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
工程老化	61.977	40.608	2.057	0.962	1.940	1.980	1.254	0.531	9.159	1.152	0.089	0.599	1.646
建设占用	32.044	1.958	1.490	2.162	9.165	0.444	5.404	0.521	7.049	0.571	0.329	0.925	2.026
机井报废	9.914	2.490	0.186	0.064	0.302	0.720	0.460	0.000	2.795	0.406	0.000	0.237	2.254
退耕还林	33.299	7.929	0.073	0.368	1.101	0.594	1.486	0.042	2.997	0.866	0.000	0.836	17.007
其他原因	63.135	0.358	4.487	2.477	4.698	1.438	1.770	5.199	5.256	3.682	0.032	5.735	28.003

城市、道路、居民点等非农建设争夺土地空间,导致先于城市、道路和居民点建设的有效灌溉区域被城市、道路和居民点置换,有效灌溉面积减少、有效灌溉率降低。在 2001—2009 年,建设占用的累计量达 32.044 万  $\text{hm}^2$ ,其中四川、陕西、云南的累计占用量分别达 9.165 万  $\text{hm}^2$ ,7.049 万  $\text{hm}^2$ ,5.404 万  $\text{hm}^2$ ,分占 28.60%,22.00%和 16.86%,三省合计占建设占用的 67.46%。其次,新疆、重庆、内蒙古、广西的建设占用也比较大。

城市和农村居民点扩张导致井灌区的水井、农田、农房、村办企业相互交织,管理不散、乱采乱倒和违法建设等导致地下水源污染;人为堵塞河道、河流改道等导致水文地质环境变化等诸多因素引起地下水位下降、机井报废。在 2001—2009 年,机井报废或水源不足影响的有效灌溉面积总量累计达9.914 万  $\text{hm}^2$ ,其中内蒙古、陕西和新疆分别达 2.49 万  $\text{hm}^2$ ,2.795 万  $\text{hm}^2$ ,2.254 万  $\text{hm}^2$ ,分占 25.12%,28.19%和22.734%,三省合计占机井报废或水源不足的 76%以上。

退耕还林对西部各省区的有效灌溉面积影响普遍存在,2001—2009 年,退耕还林减少有效灌溉面积总量累计达 33.299 万  $\text{hm}^2$ ,其中新疆、内蒙古减少量

分别达 17.007 万  $\text{hm}^2$ ,7.929 万  $\text{hm}^2$ ,分占 51.07%,23.81%,两省合计占西部退耕还林减少耕地有效灌溉面积总量的 74.89%。同期,其他原因导致西部地区减少有效灌溉面积总量累计达 63.135 万  $\text{hm}^2$ ,其中新疆的减少量达 28.003 万  $\text{hm}^2$  占 44.35%,其次是宁夏、陕西、西藏、四川、广西,六省占其他原因减少量的 84.55%。

2.3.2 主要因素对西部省区的有效灌溉程度减少的贡献 用某一因素作用下减少的有效灌溉面积除以相同时间断面的区域有效灌溉面积,得到该因素对有效灌溉面积影响程度指标。不同因素对西部各省区 2001—2009 年的有效灌溉程度减少的贡献程度具有显著的差异性(表 3)。

1999—2010 年,在五大类因素影响下,西部地区有效灌溉面积占耕地总量的比重累计减少 1.21%,其中,水利工程老化毁损和其他因素的贡献率各占 0.38 个百分点,成为最主要的两类主成分因素,其次是建设占用和退耕还林因素的贡献率分别为 0.2 个百分点,机井报废或地表水源不足成为最次要的影响因素,也就是说,尽管西部特别是西北干旱区人均灌溉用水量紧张,但水源不足或机井报废并不是已建成灌溉减少的主要原因。

表 3 主要因素对西部有效灌溉程度减少的贡献 %

因素	西部	内蒙	广西	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
工程老化	0.38	1.48	0.14	0.15	0.08	0.25	0.08	0.28	0.70	0.09	0.04	0.14	0.05
建设占用	0.19	0.07	0.10	0.34	0.37	0.06	0.36	0.27	0.54	0.05	0.13	0.21	0.06
机井报废	0.06	0.09	0.01	0.01	0.01	0.09	0.03	0.00	0.21	0.03	0.00	0.05	0.07
退耕还林	0.20	0.29	0.00	0.06	0.04	0.07	0.10	0.02	0.23	0.07	0.00	0.19	0.50
其他原因	0.38	0.01	0.29	0.39	0.19	0.18	0.12	2.74	0.40	0.30	0.01	1.32	0.83
合计	1.21	1.94	0.54	0.95	0.69	0.65	0.69	3.31	2.08	0.54	0.18	1.91	1.51

西部各省区差异显著(表 3)。水利工程老化毁损对内蒙古有效灌溉面积减少贡献最大,其影响率占 76.29%。广西的其他因素和水利工程老化毁损的贡献率合计 79.63%,分别成为有效灌溉面积减少的第一、二主导因素。重庆市的其它因素、建设占用和水利工程老化毁损的影响率共计 92.63%,分别成为有效灌溉面积减少的第一、二、三主导因素。四川的建

设占用的贡献率为 53.62%、其他因素为 27.54%,分别构成有效灌溉面积减少的第一、二主导因素。贵州的水利工程老化毁损的贡献率为 38.46%、其他因素的贡献率为 27.69%,分别成为第一、二主导因素。云南的建设占用对有效灌溉面积减少的贡献率为 52.17%、其他因素的贡献率为 17.39%,分别成为第一、二主导因素。西藏的其他因素的贡献率为

82.78%,是有效灌溉面积减少的第一主导因素。陕西的水利工程老化毁损因素和建设占用的贡献率分别为 33.65%,25.96%,分别是有效灌溉面积减少的第一、二主导因素。甘肃的其他原因对有效灌溉面积减少的贡献率为 55.56%,是第一主导因素。青海的建设占用的贡献率为 72.22%,成为青海有效灌溉面积减少的第一主导因素。

2.3.3 主要因素对西部各省区有效灌溉面积变化的影响与评价 表 4 为五类主要影响因素对有效灌溉面积减少的贡献率。(1) 水利工程老化毁损对有效灌溉面积影响在减弱,全国降低了 0.14 个百分点、西部降低了 0.15 个百分点;西部省区之间有差异,四川、陕西、甘肃、宁夏、新疆等省区的水利工程老化毁损对有效灌溉面积影响得到强化,所以,尽管每年都有水利工程项目增加有效灌面,但毁损抵消,使增长速度放慢。(2) 建设占用对有效灌溉的影响在加强,从 2001—2009 年,全国增加了 0.01 个百分点、西部增加了 0.05 个百分点,西部地区建设占用有效灌溉区域的耕地比重是全国平均水平的 5 倍;西部省

区有差异,四川、陕西、甘肃、宁夏、新疆等省区的水利工程老化毁损对有效灌溉面积影响得到强化,尽管每年都有水利工程项目增加有效灌面,但建设占用减少的有效灌溉面积使水利工程项目带来的有效灌溉面积增长速度放慢。(3) 机井报废或水源不足对有效灌溉的影响在增强,从 2001—2009 年全国增加了 0.11 个百分点、西部增加了 0.13 个百分点;西部省区之间有差异,四川、陕西、甘肃、宁夏、新疆等省区的水利工程老化毁损对有效灌溉面积的影响得到强化。(4) 退耕还林对有效灌溉的影响在减弱,从 2001—2009 年全国和西部都平均减少 0.04 个百分点,西部省区的内蒙古、陕西、宁夏和新疆的影响在减弱,四川、贵州、云南的影响在强化。(5) 其他因素对有效灌溉的影响在增强,从 2001—2009 年全国平均增加 0.11 个百分点、西部增加了 0.19 个百分点;西部省区之间有差异,内蒙古、广西、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏的影响在减弱,西藏、四川、新疆的影响在强化,特别是新疆,2009 年比 2001 年增加了 0.62 个百分点。

表 4 主要因素对 2001—2009 年有效灌溉面积变化的影响与评价 %

因素		全国	西部	内蒙	广西	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
工程老化	影响	-0.14	-0.15	-1.23	-0.11	-0.01	0.02	-0.52	-0.01	0.00	0.72	0.14	0.00	0.09	0.02
	评价	减弱	减弱	减弱	减弱	减弱	加强	减弱	减弱	—	加强	加强	—	加强	加强
建设占用	影响	0.01	0.05	0.04	-0.14	-0.02	0.31	0.04	0.24	0.00	-0.03	-0.03	0.00	0.07	0.02
	评价	加强	加强	加强	减弱	减弱	加强	加强	加强	—	减弱	减弱	—	加强	加强
机井报废	影响	0.11	0.13	0.28	0.10	0.00	0.02	0.01	-0.01	0.00	0.34	0.12	0.00	-0.21	0.20
	评价	增强	增强	增强	增强	—	增强	增强	减弱	—	增强	增强	—	减弱	增强
退耕还林	影响	-0.04	-0.04	-0.03	0.00	0.00	0.08	0.04	0.10	0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.16	-0.24
	评价	减弱	减弱	减弱	—	—	增强	增强	增强	—	减弱	—	—	减弱	减弱
其他因素	影响	0.11	0.19	-0.02	-0.15	-0.14	0.08	-0.51	-0.13	12.63	-0.36	-0.21	0.00	-0.96	0.62
	评价	增强	增强	减弱	减弱	减弱	增强	减弱	减弱	增强	减弱	减弱	—	减弱	增强

3 结 论

西部地区的有效灌溉面积不足、比重不高;影响灌区有效灌溉程度的人为因素有区域差异、都需要整治。增加西部有效灌溉面积绝对数量、消除西部灌区有效灌溉能力的制约因素是提升西部耕地综合生产能力的两条重要途径。(1) 国家层面应进一步加强对西部基本农田水利建设投资的力度,把基本农田水利建设作为提升西部耕地质量的关键抓手,既创造了农户劳动力的就业机会、增加收入,又提高了耕地粮食综合生产潜力,确保粮食安全;重点是加强地形平坦优势的西部省区或省区内地势起伏较小的次区域基本农田水利建设,提升平原地形为主的西部县区的耕地综合生产能力。(2) 对基本农田水利设施的建设、养护和使用相结合,将维护与建设放在同等重要

地位,同时强化基本农田灌溉区规划与城市规划、农村居民点规划等的相互衔接,避免城市化带来的居民点扩张对有效灌溉区域的吞噬,减少基本农田水利建设投资的浪费,是消除西部灌区有效灌溉能力的制约因素的重要途径。

参考文献:

[1] Vaux H J, Pruitt W O. Crop-water production functions[J]. Advances in Irrigation, 1983,2(1):61-95.  
[2] Coleman P H, McClendon R W, Hook J. E. Computer analysis of soybean irrigation management strategies [J]. Trans. ASAE,1987,30:417-423.  
[3] Jones J W, Ritchie J T. Crop growth models[J]. IN: Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1990:63-89

前提下,当年降雨量小于 191.1 mm 时,土壤能够维持较高的生产力;当年降雨量小于 930.6 mm 时,该区侵蚀模数可控制在多年平均水平以内。

(3) 梯田内修建的水窖、梯壁植草、地表枯枝落叶以及梯田质量等因素的综合作用在抗御暴雨侵蚀过程中起到了重要作用。仅靠水土保持林草措施无法使梯田不受侵蚀,应因地制宜地采用水土保持林草措施和工程措施相结合的方法保障梯田的安全高效生产。

(4) 建议该区梯田级数控制在 5 级以内,梯田内水沙调控设施应定期检查维护,梯田田埂应完整结实,以阻挡径流累积,减少土壤侵蚀。

#### 参考文献:

- [1] 吴普特,高建恩.黄土高原水土保持新论[M].郑州:黄河水利出版社,2006.
- [2] 孟岩,高建恩,杨世伟,等.基于径流调控的集雨补灌苹果利用模式研究[J].节水灌溉,2010(6):21-25.
- [3] 郝连安,高建恩,张元星,等.基于土壤水分动态的梯田苹果园水窖配置[J].中国水土保持科学,2012,10(3):57-63.
- [4] 焦菊英,王万中.黄土高原水平梯田质量及水土保持效果的分析[J].农业工程学报,1999,15(2):65-69.
- [5] 吴发启,张玉斌,王健.黄土高原水平梯田的蓄水保土效益分析[J].中国水土保持科学,2004,2(1):34-37.
- [6] 延安地区水电局.延安地区实用水文手册[M].陕西延安:陕西省延安地区水利水土保持局,1987.
- [7] 卢龙彬,付强,黄金柏.黄土高原北部水蚀风蚀交错区产流条件及径流系数[J].水土保持研究,2013,20(4):17-23.
- [8] 刘秉正,吴发启.土壤侵蚀[M].西安:陕西人民出版社,1997.
- [9] 谢云,刘宝元,章文波.侵蚀性降雨标准研究[J].水土保持学报,2000,14(4):6-11.
- [10] 贾志伟,江忠善,刘志.降雨特征与水土流失关系的研究[J].中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊,1990,12(2):9-15.
- [11] 中华人民共和国水利部.水土保持技术规范[M].北京:中国水利水电出版社,1986.
- [12] 武艺,杨洁.梯壁植草的水土保持效益分析[J].南昌工程学院学报,2008,27(3):67-70.
- [13] 张科利,蔡永明,刘宝元,等.黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究[J].生态学报,2001,21(10):1687-1695.
- [14] 吴钦孝,赵鸿雁,刘向东,等.森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):23-28.
- [15] 赵鸿雁,吴钦孝,刘向东.山杨枯枝落叶的水文水保作用研究[J].林业科学,1994,30(2):176-180.
- [16] 赵鸿雁,吴钦孝,刘国彬.黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究[J].林业科学,2003,39(1):168-172.
- [17] 周素萍,张兴奇,张科利,等.贵州喀斯特地区不同生物措施的水土保持效果[J].贵州农业科学,2011,39(4):117-120.
- [18] 焦菊英,王万中,李靖.黄土丘陵区不同降雨条件下水平梯田的减水减沙效益分析[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(3):59-63.
- [19] 徐乃民,张金慧.水平梯田蓄水减沙效益计算探讨[J].中国水土保持,1993(3):32-34.

(上接第 246 页)

- [4] 高占义.中国的灌溉发展及其作用[J].水利经济,2006,24(1):36-39.
- [5] 彦明,高淑桃.粮食单产影响因素的计量分析[J].新疆农垦经济,2005(12):5-8,20.
- [6] 党安荣,阎守邕.建国以来我国粮食单产的时序变化研究[J].中国农村观察,1998(3):7-11.
- [7] 张营周.我国粮食单产及其影响因素的协整分析[J].生态经济,2010(8):129-132.
- [8] 蔡文春,杨德刚.新疆耕地和粮食灰色关联分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(11):54-58.
- [9] 郭淑敏,马帅,陈印军.我国粮食主产区粮食生产影响因素研究[J].农业现代化研究,2007,28(1):83-87.
- [10] 马惠兰,刘英杰,孙长平.新疆粮食生产与影响因素分析[J].农业技术经济,2010(11):96-99.
- [11] 柳长顺,杜丽娟,陈献,等.近 20a 我国有效灌溉面积动态分析[J].资源科学,2006,28(2):8-12.
- [12] 姜宁,付强,孙颖娜.基于 Logistic 模型的黑龙江省西部半干旱区有效灌溉面积分析[J].水土保持研究,2010,17(12):174-177.
- [13] 杜晓梅,琪美格,瓦哈甫等.新疆有效灌溉面积动态变化[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(3):284-288.
- [14] 王鹤华.江苏省有效灌溉面积发展分析[J].治淮,2007(10):19-20.
- [15] 侯薇,刘小学,魏晓妹.陕西关中地区农业水土资源时空匹配格局研究[J].水土保持研,2012,9(1):134-138.
- [16] 刘春成,朱伟,庞颖,等.区域灌溉水利用率影响主因分析[J].灌溉排水学报,2013,32(4):40-43.
- [17] 万玉文,苏超,方崇.我国大中型灌区有效灌溉面积的灰色预测[J].人民长江,2011(15):96-98.
- [18] 李建伟,魏伟,陈沛然,等.农田有效灌溉面积的预测方法及应用[J].湖北农业科学,2013,52(9):2157-2160.
- [19] 何自立,马孝义,靳国云,等.基于新陈代谢 GM(1,1)-Markov 链模型的有效灌溉面积预测[J].灌溉排水学报,2011,30(4):107-110.