

对建设关中节水型灌区的思考

田 鹏, 张社奇, 王国栋

(西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 从降水资源、地表水资源、地下水资源等方面分析了关中地区水资源的现状。指出了该区域在传统灌溉模式下现存的效率低下等问题。提出了将关中地区建设成节水型灌区的构想和措施。提出要尽快制定节水灌区的建设标准, 重视输水过程中的节水和改进灌溉方式, 重视生物节水, 推广有限灌溉, 提高水资源利用率, 提高农艺节水, 推广地表防止蒸发措施, 提高水分利用率, 开源节流, 扩大非常规水资源利用。这些措施是建设节水型灌区的关键, 也是实现水资源可持续发展的基本措施。

关键词: 关中平原; 水资源; 节水灌溉

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)04-0087-04

中图分类号: S27

Reflections on Construction of Water-saving Irrigation Zone in Guanzhong Area

TIAN Peng, ZHANG She-qi, WANG Guo-dong

(College of Life Science, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Conditions of precipitation surface and underground water resources in the Guanzhong area were analyzed. Problems of water resource use such as the low efficiency of traditional irrigation were discussed. A proposition and the measures for construction of a water-saving irrigation zone in the area were presented. It is suggested that construction standards of the water-saving irrigation area must be formulated as soon as possible. A great attention must be paid to saving water in its delivery and improving the ways of irrigation. Also, attentions should be paid to practicing biological saving water, extending the limited irrigation for a sufficient use of water resources, enhancing agronomic measures to save water, extending the soil surface measure to prevent soil water from evaporating, using new water resources and reducing expenses, and expanding the uses of non-convention water resources. These measures are the key to construction of the water-saving irrigation zone, and are the basic measures for sustainable use of water resources in the area.

Keywords: Guanzhong area; water resource; water-saving irrigation

位于陕西省的关中地区, 西起宝鸡, 东至潼关, 南依秦岭, 北到黄龙山、子午岭, 东部与河南、山西相邻, 西部与甘肃省接壤, 南部是汉中、安康、商洛 3 市, 北部是延安市。关中地区包括西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川 5 个行政市管辖区的全部, 总土地面积 55 384 km²。关中地区就自然背景而言属资源型缺水地区。历史上就有“十年一大旱, 三年一中旱, 年年有小旱”的灾害特征, 并以“十年九旱”而闻名。据史料记载, 1929—1932 年(民国 18 年到民国 21 年)以黄河流域为中心发生特大旱灾, 灾区主要在甘、陕、宁、青和内蒙 7 省(区), 灾民达 3.40 × 10⁷ 人, 其中陕西 91 县, 报灾者 88 县^[1]。据记载, “陕西大旱, 三年六料, 颗粒无收, 关中各县赤地千里, 饿殍载道者其状甚惨”。为有效缓解旱情, 关中地区的群众历来重视建设水利灌溉工程, 以缓解干旱对农业的影响。

关中地区农业灌溉发达, 灌区水利事业历史悠久。早在战国时期就修建了郑国渠引泾水灌溉农田。新中国成立前, 已建成引泾、洛、渭、梅、黑、涝、泔、泔等灌溉工程, 被称之为“关中八惠”, 初步形成了 1.30 × 10⁵ hm² 的灌溉规模。新中国成立后, 进行了大规模的水利建设, 不仅改造扩建了原有老灌区, 而且兴建了宝鸡峡、冯家山、石头河、交口抽渭、羊毛湾、石堡川、桃曲坡等大中型水利工程, 使关中成为陕西省的重要灌溉农业区。目前共有 667 hm² (万亩) 以上灌区 98 个, 有效灌溉面积 9.50 × 10⁵ hm², 其中 2.00 × 10⁴ hm² 以上大型灌区 12 个, 分别是宝鸡峡、冯家山、羊毛湾、桃曲坡、泾惠渠、交口抽渭、洛惠渠、东雷抽黄(1)、东雷抽黄(2)、石堡川灌区、石头河、黑惠渠灌区。总耕地面积 8.15 × 10⁵ hm², 占全省的 26.2%, 总有效灌溉面积 6.36 × 10⁵ hm², 占全省的 48%。粮食总

收稿日期: 2005-04-20

基金项目: 陕西省科技攻关项目(20020201061)

作者简介: 田鹏(1970—), 男(汉族), 河南省镇平县人, 实验师, 主要从事环境生态方面的研究工作。E-mail: tiankailai@163.com。

产量占全省的 37.8% 左右, 其它经济作物及果林总产量, 占全省的 60% 以上。大型灌区已成为陕西省主要的粮、棉、油、果和副食生产基地, 对全省的社会稳定 and 经济发展起着举足轻重的作用^[2]。

发达的灌区, 控制着关中水资源的分配。从水资源开发利用的角度看, 目前关中自身水资源可开发潜力已趋极限, 水资源总量不足, 承载力有限, 人均及单位面积水资源占有量只有全国平均水平的 1/8 和 1/6, 处在世界公认的极端缺水线一下。在全球气候变暖、气候持续干旱的情况下, 这种资源性缺水在不断加重。城乡生活、工农业生产、生态环境建设缺水已成为制约该地区经济社会发展的瓶颈^[3]。解决关中水资源日益紧缺的途径只有开源和节流。若采取开源方式解决关中缺水问题, 由于易建工程已基本建成, 而待建工程争议大, 代价高, 不仅受到水资源条件的制约, 而且也受国家和陕西省财政能力的限制。严峻的现实, 要求我们必须重视节水, 并把它放在首位。从目前关中地区的用水结构看, 灌区农业是主要用水大户, 占社会供水总量的 70%~80% 以上, 不仅耗水量大, 而且由于过多采用地面淹没灌溉方式, 以及工程老化失修, 设施完好率低, 引水损失严重, 不仅造成水量惊人的浪费, 还在一些区域出现了盐渍化、沼泽化等环境问题。因此, 节水应首先从灌区用水抓起, 在农业可持续发展的同时, 建设节水型灌区^[4]。

1 关中地区水资源基本情况

1.1 降水资源

关中地区的降水状况深受太平洋季风影响, 在时空分布上呈现明显的不均匀性。在时间分配上, 表现为年际变化大, 年内分配不均匀的特点; 在年际变化上, 如咸阳市 1980—1986 年间, 计 36 a 间, 最大年降水量为 928.4 mm, 年最小降水量为 293.7 mm, 年最大降水量为最小降水量的 3.2 倍; 在年内分配上, 6—9 月的降水量约占全年的 60% 左右, 而 11 月至翌年 2 月仅占 7%~9%^[2]。

降水的空间水平分配上, 总的趋势呈现为南多北少, 由西向东递减。据有关县、市气象站资料, 关中部年降水量一般为 500~600 mm; 西部宝鸡地区年降水量多在 700 mm 以上。

1.2 地表水资源

根据中国科学院黄土高原综合科学考察队的调查^[5], 关中地区地表径流的分布状况与降水量的总体趋势大体一致, 随着降水量的减少, 径流深度减小。即南部多, 北部少, 山地多, 平原少的特点。渭河南岸以及西部地区是该区相对径流高值区, 而咸阳以及渭

南地区的大部分为相对径流的低值区, 干旱较为突出。西部的眉县、岐山以及宝鸡一带径流深为 50~150 mm, 东部的河谷平原及黄土台塬区的径流深小于 50 mm, 而渭南地区大部分多在 20 mm 左右。由此可见, 关中地区地表径流在空间上和时间上与降水状况相近, 表现为时空分布上的不均匀性。根据水量平衡计算结果^[5], 关中地区自产年径流总量为 $2.15 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。区外入境径流量为 $8.78 \times 10^9 \text{ m}^3$, 合计为 $1.09 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。根据陕西省水利电力土木建筑勘测设计院《陕西省水资源利用》资料, 若地表水径流可利用系数按 60% 计算, 全区地表水径流年可利用总量为 $6.56 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

1.3 地下水资源

据有关资料^[5], 关中平原地下水的矿化度小于 2 g/L 的淡水多年平均总补给量为 $3.29 \times 10^9 \text{ m}^3$, 包括矿化度大于 2 g/L 的地下水, 全区地下水总补给量为 $3.78 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。渭河南岸为区内地下水资源较丰沛的地区, 在地下水总补给量中有 $1.99 \times 10^9 \text{ m}^3$ 分布在这一地区, 其面积不足全区面积 1/3。这一区域地下水年均补给模数为 $3.06 \times 10^5 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 河漫滩和山前洪积扇可达 $5.24 \times 10^5 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。泾东和泾西的渭河北岸差异不大, 地下水总补给量为 $9.00 \times 10^8 \sim 1.20 \times 10^9 \text{ m}^3$; 地下水补给模数变动为 $1.56 \times 10^5 \sim 1.61 \times 10^5 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。北部台塬区地下水补给模数较小, 仅为 $6.00 \times 10^4 \sim 1.4 \times 10^5 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。据计算, 关中平原地下水可开采量为 $2.51 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。综上所述, 现将关中地区多年平均水资源总量及可利用资源量列于表 1。

由表 1 资料可见, 关中地区水资源的可利用量为 $9.07 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

表 1 关中平原水资源分布

10^8 m^3

项目	地表水		地下水		重复量	水资源总量	可利用量
	水资源总量	可利用量	总补给量	可开采量			
水量	109.34	65.6	37.79	25.14	19.84	127.59	90.74

注: 根据苏人琼主编《黄土高原地区水资源问题及对策》资料。

2 水资源利用现状、需求与解决途径

关中地区是一个水资源相对比较充足的地区, 尽管降水量偏少, 自产径流量只有 $2.15 \times 10^9 \text{ m}^3$, 但是过境客水量较多, 平均达到 $8.00 \times 10^9 \text{ m}^3$, 在大部分年份可以满足需求。但是近年来社会经济的快速发展, 各用水部门的用水量急剧增加。主要的用水部门包括农田灌溉、工矿企业供水、城镇生活用水及农村人畜用水等, 各部门的实际用水情况见表 2。

表2 关中地区各用水部门的用水情况 10^8 m^3

水资源类型	农田灌溉	工矿企业	城镇生活	农村人畜	其它
地表水	30.00	0.52	0.07	0.08	0.01
地下水	14.82	5.63	1.62	1.68	0.16
合计	44.82	6.15	1.69	1.76	0.27

注:根据苏人琼主编《黄土高原地区水资源问题及对策》资料。

从各部门的用水情况来看,农田灌溉是用水大户,用水量为 $4.48 \times 10^9 \text{ m}^3$, 占总用水量的 82%, 工矿企业为第二用水大户,年用水量为 $6.15 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总用水量的 11.3%, 城镇生活用水量 $1.69 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总用水量的 3.1%, 农村人畜用水量为 $1.76 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总用水量的 3.2%, 其它用水量为 $2.70 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。在 75% 保证率下, 各类工程的可供水量约为 $5.77 \times 10^9 \text{ m}^3$, 各部门的实际用水需求量为 $6.63 \times 10^9 \text{ m}^3$, 缺水总量约为 $8.56 \times 10^8 \text{ m}^3$, 各部门综合平均供水量的满足程度为 86%。又据研究预测, 总体上关中地区水资源耗用量已接近水资源可利用量, 开发潜力不足 $1.00 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。以现状工程的可供水量与强化节水条件下预测的各规划水平年蓄水量比较, 关中地区现状缺水量为 $1.98 \times 10^9 \text{ m}^3$, 2010 年缺水量 $2.60 \times 10^9 \text{ m}^3$, 2020 年缺水量 $2.80 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。为了保证工业、城镇居民生活用水及农村人畜用水, 缺口水量只能从农田灌溉用水中节约。

3 关中地区水利用中存在的问题

(1) 灌溉方式落后, 节水新技术采用率低。关中地区的有效灌溉面积为 $9.80 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 其中纯井灌区为 $2.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 井渠双灌面积为 $3.10 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 全区耕地灌溉率为 57%。灌溉方式主要为地面灌溉, 占总灌溉面积的 99% 以上, 喷微灌面积不足 1%。根据统计资料^[6], 陕西省 667 hm^2 以上灌区干、支、斗渠总长近 $3.00 \times 10^4 \text{ km}$, 已经防渗处理的只有 $1.5 \times 10^4 \text{ km}$, 占总渠长的 50%, 还有一半的输水渠道没有衬砌, 输水损失巨大, 同时田面不平整、灌水畦子不规范, 造成灌水定额过高, 灌溉水的利用率一般只有 43%~45%。

(2) 灌溉方式不合理, 次生盐碱化严重。关中平原地下水埋藏深度较浅, 利用价值高。据李佩成等的调查研究^[7], 在渭北黄土台塬灌区, 面积达 $7.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的 7 个大灌区, 在地下水利用上有的兴渠废井, 大水漫灌造成地下水上升, 致使宝鸡峡灌区自 1971 年开灌至 1983 年的 16 a 间, 地下水上升 20~40 m 之多; 相反地, 有的灌区近 10 a 由于引用地表水灌溉面积减少, 地下水超采造成水位下降, 与 10 a 前相

比, 泾惠渠地下水下降 5~8 m, 局部地区更严重; 致使一些井、泵失效报废, 井灌条件恶化。

(3) 该区地下水开采利用程度较高, 由于大量开采地下水, 近年来地下水位持续大面积下降, 在工农业用水较集中的地方已形成沇、灞、渭、5 个较大降漏斗。由于地下水位下降, 地面下沉、地裂缝等环境地质问题不断出现, 大量机井油空吊泵现象不断发生。该区在中等干旱年份, 缺水程度达 23%, 供需矛盾相当突出。

(4) 体制陈旧、机制不活、缺乏活力等问题, 致使已建成工程老化严重, 配套不全, 带病运行, 效益没有得到充分发挥。水资源的供给不足, 每年造成的经济损失很大。在 20 世纪 90 年代中期连续 5 a 全国减产粮食的干旱期间, 每年因缺水造成的粮食减产多达 $1.00 \times 10^9 \text{ kg}$ 多, 最多年份达到 $2.50 \times 10^9 \text{ kg}$, 占到当年全国减产粮食的 1/4。干旱缺水是造成陕西省粮食生产徘徊不前的主要原因。在灾害最严重的年份, 造成的经济损失几乎等同于建国以来水利建设投入的总和。同时还使城乡人民群众的正常生活受到很大影响。西安市已列入全国十大缺水城市之首, 日缺水量达 $4.00 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。水资源紧缺已成为制约该区工农业发展的重要因素。特别是随着陕西省内外人口的增长、国民经济的发展以及生态环境的改善, 人民生活需水量、工农业等生产需水量以及生态需水量必将大幅度增长, 势必造成入境水量的不断减少, 省内需水量的持续增加, 供需矛盾将更加突出。因此必须在充分利用当地水资源并努力节约用水的基础上积极争取调引客水^[11]。

4 建设关中地区为节水型灌区的构思

关中地区水资源短缺, 灌区用水占总用水的 70%~80% 左右, 在关中地区建设节水灌区对缓解关中水资源紧张局面具有重要意义。

4.1 节水灌区的建设标准

目前各种节水灌溉技术很多, 但节水型灌区建设的中心是通过采用不同的适宜节水灌溉措施, 最大限度提高灌溉水有效利用系数及灌溉水利用效率和水分利用效率。在这方面, 关中地区灌区节水潜力巨大。关中地区现状有效灌溉面积 $9.50 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 1995—2000 年平均实灌水量 $3.11 \times 10^9 \text{ m}^3$, 其中地表水 $1.34 \times 10^9 \text{ m}^3$, 地下水 $1.76 \times 10^9 \text{ m}^3$, 折合平均实灌面积 $6.10 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占有效灌溉面积的 64.5%, 平均实灌定额约 22.4~26 m^3/hm^2 。近年来关中灌区大抓渠道衬砌, 配套改善, 渠系绿化工作, 并积极推广先进的节水灌溉方法, 使灌溉水有效利用系数由

20 世纪 80 年代的 0.5 左右提高到 0.55 左右,但同国外水平(以色列、美国 0.7 以上)和国内先进水平相比,差距还很大。特别是平均耗水指标还很高,与陕西省政府新近颁布的《陕西省行业用水定额》对关中地区的农业灌溉用水定额指标相差甚远。经分析,若将大型灌区有效灌溉面积的 60% 建设成高效节水灌溉面积,按水浇地用水 $4\ 200\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 计,仅此一项年可节水 $4.00 \times 10^8\ \text{m}^3$ 。就田间作物用水生产效率,即单方水生产粮食能力看,关中灌区目前单方灌溉水产粮为 1.0~1.5 kg,与以色列等国 $2.35\ \text{kg}/\text{m}^3$ 的单方水农作物产量差距很大,与山东、河南、山西相比也要低 30% 左右。关中灌区节水形势严峻,潜力巨大。

4.2 加强工程节水建设

(1) 输水过程节水。加强对现有渠系的整修管理,重视渠系衬砌,防止行水渗漏损失,降低水源治理损失,提高渠系有效利用系数,力争使其达到 0.7~0.8。在有条件的区域,发展管道输水进一步提高输水效率。

(2) 改进灌水方式。重视灌区土地平整,改进灌溉的方式,针对田块过大,大水漫灌的问题,改大水漫灌为小畦灌溉的方式,隔沟浸润灌和间歇灌溉(亦称皮漏灌溉)。

在地形条件适宜的秦岭北麓和渭北台塬区,要重视地形的自然落差,充分利用自然压力发展自压雾灌、自压滴灌和自压喷灌,这样可大大节省能源消耗,降低设施投资。形成费省效宏的设施灌溉系统。田间输水管道设计上可采用梯层配置,建设具有特色的节水灌溉系统。

4.3 重视生物节水,推广有限灌溉提高水资源利用率

干旱缺水并不总是降低作物产量,一定时期的有限亏缺可能对增产和提高水资源利用率有利。这是植物的一种水分生理现象。山仑先生研究认为^[8],由于干旱缺水对作物的影响有一个从“适应”到“伤害”的过程;不超过适应范围的缺水,往往在复水后,由于产生了生理上、水分利用和生长上的补偿效应,会对作物增产更为有利。基于这一论述,邓西平在富平县华朱乡东新村的试验结果表明^[9],在水资源有限的条件下,冬小麦一次性有限灌溉的最佳时期为拔节期,适宜灌水量的下限为 60 mm,在 60 mm 一次性灌溉条件下,产量可提高 40.6%,水分利用效率达到 1.815,提高 21.2%,灌水效率可达到 $4.013\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。

另外一种灌水方式是使作物主要根系分布层保持适宜土壤湿度,以满足作物对水分需求的深度,确定灌水定额。据西北水科所测定,夏玉米次生根长度

一般在 52.8~77.4 cm,小麦为 60 cm 左右,油菜为 48~64 cm 之间;据交口抽渭灌溉试验站测定,棉花的主要侧根系分布于 60 cm 左右。因此 50—60 cm 土层深度可作为控制灌水量的作物适宜浸润层深度。原渭惠渠试验站 1960 年对小麦的试验结果,按 60 cm 浸润深度进行灌水,产量最高。这样可减少深层渗漏,节约灌溉用水。

4.4 提高农艺节水,推广地表防止蒸发措施,提高水分利用率

据研究结果,在土壤湿度等于或大于田间持水量时,其土壤物理蒸发强度可超过自由水面蒸发强度^[10];因此在灌溉农田灌水之后,地表蒸发所造成的非生产性的无效消耗是十分强烈的。因此,大力推广地表防止蒸发措施是十分重要的。这也是在灌溉条件下,保蓄土壤储水,充分利用土壤水的有效措施。这些措施包括地膜灌溉、秸秆还田或秸秆覆盖等。采取地表防止蒸发的措施可有效防止水分无效消耗,提高水分利用率。

4.5 开源节流,扩大非常规水资源利用

雨水资源、污水资源即非常规水资源具有巨大的应用潜力,要加大雨水资源的利用,在有条件的地方,要增加经过处理的污水的农业利用,以缓解水资源匮乏对灌溉农业带来的影响,同时也可防止河流湖泊的水污染问题。

鉴于关中地区灌溉农业对水资源需求日益增加,水资源供需矛盾日益凸显的问题,应增强水资源统筹管理的观念,这也就是我们提出建设关中地区节水型灌区的初衷。在这种情况下,要重视地表水、地下水(含土壤水)和大气降水三水统观统管,综合调节,节约用水;要重视灌区内井灌与渠灌的结合,做到以井补渠,以渠养井,这是实现灌区水资源可持续发展的重要关键,也是建设节水型灌区的关键。

致谢: 本文得到了中国科学院水土保持研究所刘普灵老师的大力帮助,谨表衷心的感谢!

[参 考 文 献]

- [1] 谭徐明. 近 500 年北方地区持续严重干旱及趋势分析 [C]. 防洪抗旱减灾论文集. 水信息网, 2004. 10. 29.
- [2] 李惠茹. 从关中水资源状况谈灌区节水的重要性 [J]. 西北水利水电, 2004, 20: 51—54.
- [3] 杨梅. 对节水型灌区建设的几点建议 [J]. 西北水利水电, 2004, 20: 158—159.
- [4] 王辛石, 刘国英. 《渭河流域重点治理规划》通过国务院审查 [N]. 陕西日报, 2005 12 28.

蓄的雨水还可灌溉小片菜地、花木等,使排(水)、蓄(水)、用(水)相结合,变害为利。

3.5 加强对危及聚落安全的大型滑坡、崩塌的防治

对因聚落建设而可能引发的大型滑坡、崩塌,要防患于未然,加强监测,防止带来生命财产的损失。大型滑塌往往可以产生数千立方米甚至几万立方米的滑塌体,极易被流水侵蚀。因此如有大型聚落塌窑发生,地方政府应组织有关群众,及时对滑塌体采取工程措施(挡土墙、排水渠、平整堆积体等)及植物措施,防止大量土体流失。同时,对有可能发生塌窑的聚落应加强监测,及早采取预防措施。

4 结 论

(1) 通过 2004 年 6—10 月,在黄土丘陵区对降雨引起的乡村聚落土壤侵蚀的定位观测,不仅说明乡村聚落易于产生地表径流,形成水土流失,而且显示了乡村聚落的平均水蚀强度达 $5\,434.3\text{ t/km}^2$,其中户间道路、户间空地、庭院的平均侵蚀强度分别达 $7\,348.6$ 、 $6\,873.2$ 、 $2\,081.7\text{ t/km}^2$ 。除庭院属轻度级侵蚀外,其它已达强度级侵蚀,而且延安的户间道路($14\,190.8\text{ t/km}^2$)、榆林的户间空地($13\,547.4\text{ t/km}^2$),已达极强度级侵蚀。同时大量实地调查表明,新建 1 孔(间)窑(房)平均弃土 34.9 m^3 ,相当于动土量的 29.6%,塌窑堆积物平均每孔年流失泥沙 46.3 m^3 ,因此无论是从减少入黄泥沙或是以改善人居环境来看,对黄土高原乡村聚落的土壤侵蚀问题不可忽视,应加强研究与防治。

(2) 基于在相似情况下(降雨等),具有一定坡度的土质户间道路和植被覆盖度较小的户间斜坡空地,

水力侵蚀强烈,新建聚落过程中的弃土堆积量、流失量较大,以及黄土丘陵区地面起伏多变,物质疏松等特点,因此防治乡村聚落土壤侵蚀的重点,应该是户间道路、户间空地以及新建聚落过程中的弃土侵蚀。

(3) 乡村聚落土壤侵蚀的防治,应在提高认识的基础上,贯彻因地制宜,因害设防,突出重点的原则。同时要加强对新聚落建设的规划与布局工作,为今后防治聚落土壤侵蚀打下良好的基础。

[参 考 文 献]

- [1] 甘枝茂.延安、榆林黄土丘陵区乡村聚落土地利用研究[J].干旱区资源与环境,2004,18(4):101—104.
- [2] 王玉宽,王占礼,周佩华.黄土高原坡面降雨产流过程的试验分析[J].水土保持学报,1991,5(2):25—31.
- [3] 贺秀斌.黄土高原不同时间尺度上土壤侵蚀发生强度初步研究[J].水土保持学报,1995,9(1):71—76.
- [4] 刘元保,唐克丽,查轩,等.坡耕地不同地面覆盖的水土流失试验研究[J].水土保持学报,1990,4(1):25—29.
- [5] 郑粉丽,唐克丽,周佩华.坡耕地细沟侵蚀的发生发展和防治途径的探讨[J].水土保持学报,1987,1(1):36—48.
- [6] 唐克丽.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004.30—190.
- [7] 向立,周新奇.在四化建设中人为水土流失的类型[J].水土保持通报,1987,7(4):48—53.
- [8] 王廷玉,张国宁.陕西省新水土流失的成因及其防治对策[J].水土保持学报,1988,2(3):74—80.
- [9] 甘枝茂.陕北黄土丘陵区乡村聚落土壤水蚀观测分析[J].地理学报,2005,60(3):519—525.
- [10] 孙虎,甘枝茂.人为弃土的堆积与侵蚀过程的初步研究[J].西北地质,1998(1):61—65.
- [8] 山仑,张岁歧.节水农业及其生物学基础[J].水土保持研究,1999,6(1):2—6.
- [9] 邓西平.渭北地区冬小麦的有限灌溉与水分利用研究[J].水土保持研究,1999,6(1):41—46.
- [10] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:中国科学技术出版社,2000.173—184.
- [11] 史鉴.对陕西省节水灌溉发展思路的探讨[J].水利水电技术,2001,32:65—67.

(上接第 90 页)

- [5] 苏人琼.黄土高原地区水资源问题及其对策[M].北京:中国科学技术出版社,1990.332—347.
- [6] 刘红,曹振宇,夏春风.浅谈建设节水型灌区的主要措施[J].水利科技与经济,2003,(9):311—312.
- [7] 李佩成,刘俊民,魏晓妹,等.黄土塬灌区三水转化机理及调控研究[M].西安:陕西科学技术出版社,1999.11—12.