

# 浅谈全球水资源态势和中国水资源环境问题

石虹

(太原师范学院地理系, 山西太原 030031)

**摘要:** 随着人口的不断增加, 人类不但消耗大量水资源, 而且还严重破坏资源环境, 使全球及我国水资源量日益减少。在分析全球水资源态势的基础上, 以可持续发展理论为指导, 分析我国水资源现状, 造成我国水资源短缺的主要原因是水资源环境破坏严重, 指出我国实现水资源可持续利用的对策首先应大力植树种草和修复水资源环境, 从而从根本上解决水资源短缺的问题。

**关键词:** 全球; 水资源态势; 水资源环境; 可持续发展

**中图分类号:** S273

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2002)01-0145-06

## The State of Global Water Resource and the Problem s of Water Environment in China

SHIHong

(Geography Department of Taiyuan Teachers College, Taiyuan 030031, Shanxi Province, China)

**Abstract:** With the rapid increase of population, the humans consumed a huge amount of water resource as well as destroyed the water environment. Thus, the global water resource is decreasing now. Based on the analysis of the global state of water resource and guided by the theory of sustainable development, it is pointed out that the problem of water shortage could be resolved by planting trees and grass, and protecting water environment.

**Key words:** the globe; state of water resource; water environment; sustainable development

水是人类生存的生命线, 是人类经济发展和会进步的生命线, 是实现可持续发展的物质基础。随着人口的不断增加, 经济的不断发展, 人类不但消耗大量的水资源, 而且还随意地乱砍滥伐和不合理的放牧以及向环境大量排入污染物, 造成水资源环境明显恶化, 使全球可利用的淡水日益减少, 供需矛盾日益加剧。我国是全球的贫水大国, 缺水已严重制约我国经济的发展, 水资源形势十分严峻, 如何解决这个问题, 必须从国情出发, 大力植树种草, 修复水资源环境, 从根本上解决水资源短缺的问题, 使水资源得以持续利用。

### 1 全球水资源现状

#### 1.1 淡水资源总量少, 真正有效利用的少

从整个水圈看, 地表 70% 的面积被水覆盖。包

括海洋水、地下水、河流水、湖泊水、冰川水及大气水和生物水在内, 共计约  $138.6 \times 10^{16} \text{m}^3$ , (见表 1)。其中, 淡水资源储量少, 仅有  $3.5 \times 10^{16} \text{m}^3$ , 占总储量的 2.53%, 包括, 目前技术水平难以利用的分布在南北两极占淡水总储量 68.7% 的固体冰川和埋藏深度较大的深层地下水及永久冻土的底冰。在仅占水总量 2.53% 的淡水中, 不但难利用的多, 而且易利用的水很少, 仅占淡水总量的 0.3%, 占全球水总储量的 7/10; 其中真正有效利用的少, 从水循环的观点看, 地球上所有淡水最初均来自海洋的蒸发, 大陆淡水年净收入约为 4 万  $\text{km}^3$ , 约 2.8 万  $\text{km}^3$  变成洪水白白流走, 约 0.5 万  $\text{km}^3$  的水分布在无多少人居住的热带雨林区, 据计算, 如果将这些水全部利用起来, 可维持 200~250 亿人/年的需求, 所以, 人类能真正有效利用的水资源很少, 仅为 7 000  $\text{km}^3$ 。

收稿日期: 2001-11-20

作者简介: 石虹, 女, (1961-), 讲师, 主要从事区域地理和生态环境建设教学和研究工作, 参加过山西省土地利用总体规划和正在参加山西省农业用地分等定级工作。

表 1 世界水资源储量表<sup>[1]</sup>

序号	类别	水储量/ (万亿 m <sup>3</sup> )	占淡水 储量/%	占总储 量/%
1	海洋水	1338000		96.5
2	地下水: 其中	23400		1.7
	1. 地下咸水	12870		0.94
	2. 地下淡水	10530	30.1	0.76
3	土壤水	16.5	0.05	0.001
4	冰川与永久雪盖	24064.1	68.7	1.74
5	永久冻土底冰	300	0.86	0.022
6	湖泊水: 其中	176.4		0.013
	1. 咸水	85.4		0.006
	2. 淡水	91.0	0.26	0.007
7	沼泽水	11.47	0.03	0.0008
8	河网水	2.12	0.0002	0.006
9	生物水	1.12	0.0001	0.003
10	大气水	12.9	0.001	0.04
	总计	1385984.611	100	
	100 其中淡水		35029.21	2.53

1.2 淡水资源分布不均, 地区差异大

一般而言, 降水多且大, 水循环活跃的地区, 水资源丰富; 降水少, 水循环不活跃的地区, 水资源贫乏。人口多的地区水资源量少, 人口少的地区水资源量多。据统计, 目前世界 60% 的地区供水不足, 许多国家闹水荒; 干旱地区用水极其紧张。同时, 径流量分布不均(径流量= 降水量- 蒸发量), 人均占有量各洲不同, (如表 2)。

表 2 各大洲降水量、蒸发量和径流量的对比  
全球及各大洲年径流总量和人均径流量表

洲	全球	亚洲	南美洲	北美洲	非洲	欧洲	大洋洲
年径流总量 /km <sup>3</sup>	38830	13190	10380	5960	4225	3110	1965
人均占有量/ m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup> ·a <sup>-1</sup> )	6690	3755	32037	12900	5648	4272	67759

(1996 年统计资料)

1.3 缺水严重, 水环境明显恶化

水资源环境指水资源得以涵养、蓄积的空间。上个世纪 60 年代以来世界人口增加了 1 倍, 达 61 亿, 1970 年人类的消费增长了 1 倍。随着人口的急增, 人类需要淡水资源量急增, 据统计, 自上个世纪以来, 全世界淡水使用量增加了近 8 倍, 其中, 农业用水增加了 7 倍, 城市生活用水增加了 12 倍, 工业用水增加了 20 倍, 且每年仍以 5% 左右的速度递增, 即每过 15 年就要增长 1 倍<sup>[3]</sup>; 人类的急增和大量的

活动, 不但需要大量的水资源且还向水资源赖以涵养和蓄积的环境及水体本身, 排放大量的污染物, 使水质不断下降, 造成水资源环境明显恶化, 全球目前有 14% 以上的水体约 5 000 km<sup>3</sup> 受到污染, 污染导致本来就紧缺的水资源量大减, 供需矛盾更加严重。水资源短缺已成为全球性的问题, 在亚洲有 60% 的地区缺水; 在非洲连年干旱有 85% 的地区缺水, 缺水已直接威胁到了生存; 美洲、欧洲出现用水紧张的现象, 现今全球有 80 多个国家正面临着水资源不足, 俄罗斯、加拿大也受到威胁, 16% 的城市人口缺水, 约 12 亿人严重缺少饮用水, 在发展中国家约有 10 亿多人达不到安全用水。据联合国的报告, 1930 年时, 人均水资源约 2 35 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 1997 年时仅为 7 800 m<sup>3</sup>, 到 2025 年只有 5 500 m<sup>3</sup>, 只相当于 1930 年的 1/4<sup>[3]</sup>。由此可见, 随着人口的增长并向城市的聚集, 经济的发展和生活水平的提高, 导致用水急增, 水环境严重破坏。如果说 20 世纪是石油的世纪, 那么, 21 世纪则将是水的世纪, 水资源缺乏, 已是 21 世纪面临的最严重的资源问题, 它将制约全球经济的发展。

表 3 部分国家平均年径流量等对照表

区域	平均年 径流量 /亿 m <sup>3</sup>	人均淡 水量 /(m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	人均径 流量 /(m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	耕地 /亿 hm <sup>2</sup>	单位耕 地面积 径流量 /(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
美国	29702	9270	11294	1.89	1.56990
加拿大	31220		105118		
印尼	28113		14491		
印度	17800	1957	2625	1.65	10815
巴西	51912		32243	0.32	160515
俄罗斯	46000	29191	29191	27027	
中国	27115	2171(2001 年)	2093	1.004	26295
日本	5423	4350			
世界	470000	73470	10800	13.20006	35445
中国占 世界/%	5.6	4.8(1/5)	25	0.51	7×4.2(1/4)

2 我国水资源现状

2.1 储量大, 利用率低, 人均少

据估算, 我国地表径流量为 2 711 5 × 10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 地下径流量为 1.009 × 10<sup>11</sup> m<sup>3</sup>, 冰川融水量 560 亿 m<sup>3</sup>, 总计年均水资源总量为 28 124 亿 m<sup>3</sup>。其中河川径流量占 96%, 居世界第六位, 少于巴西、原苏联、加拿大、美国和印尼, 但天然水资源条件很差, 开发利用难度大(邓伟, 1999 年)。目前全国江河径流和地下水的利用量仅为 4 600 亿 m<sup>3</sup>, 占年径流总量的

16%, 所以, 储量大。但目前, 据第五次人口普查结果, 我国已达 12 953 3 亿人口, 因此, 人均水资源量仅为  $2\,171\text{ m}^3$ , 远低于世界平均水平, 不足世界人均水资源量的  $1/4$ , 是美国的  $1/5$ , 原苏联、印尼的  $1/3$ , 加拿大的  $1/50$  和日本的  $1/2$ 。我国和水资源丰富国和国土面积或人口相当的国家相比较, 水资源十分短缺, 已直接影响生产和生活, 限制了社会经济的发展(见表 3)。按 UNDDSM S 分类, 排在世界的 100 ~ 117 位。

2 2 水资源地域分布不均

水资源量在地域上相差十分悬殊, 水土组合按年均产水模数即每  $\text{km}^2$  面积拥有的水资源量 ( $10^4\text{ m}^3/\text{km}^2$ ) 计算, 我国产水量从东南向西北逐渐递减, 说明我国水资源的直接来源受大气降水的影响大, 产水十分丰富的地区是热带雨林季雨林区, 产水丰富或充足的流域是亚热带湿润区, 产水不足的流域是温带的半湿润半干旱地区, 产水贫乏流域是中温带暖温带的干旱荒漠地带(见表 4)。

表 4 中国各流域片人均、每公顷水资源量比较<sup>[3]</sup>

内外 流区	流域片	流域片 面积占 全国/%	水资源总量		占全国人 口/%	占全国 耕地/%	人均水量 / $(\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1})$	每公顷水量 / $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$
			$\times 10^8\text{ m}^3$	占全国 /%				
内流区	内陆河含额 尔齐斯河	35.5	1303.9	4.6	2.1	5.8	6290	22050
	黑龙江片	9.5	1351.8	4.8	5.1	13.0	2630	10185
	辽河片	3.6	576.7	2.1	4.7	6.7	1230	8370
	海滦河片	3.3	421.1	1.5	9.8	10.9	430	3765
	黄河片	8.3	743.6	2.6	8.2	12.7	912	5730
	淮河片	3.5	961.6	3.4	15.7	14.9	623	6315
	小计	28.2	4054.2	14.4	43.5	58.2	938	6810
	长江流域片	19.0	9613.4	34.2	34.8	24.0	2760	39300
	珠江流域片	6.1	4708.1	16.8	10.9	6.8	4300	67950
	浙闽诸河 流域片	2.5	2591.7	9.2	7.2	3.4	3590	73800
	西南诸河 流域片	8.9	5833.1	20.8	1.5	1.8	38400	327000
	小计	36.5	22766.3	81.0	54.4	36.0	4180	61950
	合 计	64.7	26820.5	95.4	97.9	94.2	2750	27900
	全 国	100	28124.4	100.0	100.0	100.0	2171	28050

从上表可看出, 我国南方 4 片面积仅占全国总面积的 36.5%, 耕地面积仅占全国的 36%, 人口占全国的 54.1%, 但水资源总量为  $22\,766.3 \times 10^8\text{ m}^3$ , 占全国的 81%; 人均占有量约  $4\,000\text{ m}^3$ , 为全国平均值的 1.6 倍, 每公顷平均占有量  $61\,950\text{ m}^3$ , 为全国平均值的 3.2 倍; 其中, 西南诸河流域片水资源丰富, 但山高水深, 利用困难, 人口较少, 人均占有水资源量达  $38\,400\text{ m}^3$ , 约为全国平均值的 15 倍, 每公顷平均占有量为  $327\,000\text{ m}^3$ , 为全国均值的 12 倍, 可见南方地少人多水资源丰富。而北方则不然, 北方 5 片和内陆地面积占全国的 63.5%, 耕地面积却占全国的 64%, 也远多于南方地区, 人口仅占全国的 45.6%, 略低于南方地区, 但水资源总量仅为

$5\,358.1 \times 10^8\text{ m}^3$ , 仅占全国总水量的 19%, 远低于南方地区, 是全国平均的  $1/5$ , 全世界的  $1/25$ , 可见北方地区缺水问题日趋严重。

2 3 水资源时间分配不均

我国水资源在时间分配上也是极不均匀的, 受季风的影响, 主要集中在夏季, 且年内变化和年际变化都较大, 丰枯交替。年际变化如果用各地历年最大年降水量与最小年降水量的比值 ( $K$ ) 来表示,  $K$  值越大年际变化越大,  $K$  值越小年际变化越小(如表 5)。

近些年北方地区如宁夏、甘肃、山西、陕西、内蒙古等地区, 已出现连续 3~ 4 年的大旱, 因干旱造成严重缺水, 有些地区甚至出现颗粒无收现象, 许多人

生活陷入更加贫困的状态。

表5 中国各地区水资源年际变化

地区	K
西北地区	> 8(除山地外)
华北地区	4~ 6
东北地区	3~ 4
南方地区	2~ 3
西南地区	< 2

### 3 我国水资源短缺的原因

我国水资源短缺的原因除了自然因素外,人为因素影响大,表现在:

#### 3.1 水资源环境破坏严重

3.1.1 水资源贮水空间大大减少 如前所述,水资源环境是指水资源得以涵养、蓄集的空间,包括大气水、地表水、土壤水及地下水的涵养蓄集的空间。可见,水资源环境的优劣是水资源可持续的重要空间,是地区发展得以持续用水的关键。解放以来,我国人口增长迅速,经济发展快,但由于缺乏科学的规划和管理以及只注重经济效益、不注重生态效益、社会效益,人们大肆地向地球索取,乱垦滥伐和过度放牧,使植被所具有的巨大的涵养水源、调节径流、保持水土、调节气候等的功能大大降低,从而使水资源赖以涵养、蓄积、得以持续的空间严重破坏,水土流失严重,使贮水状态改变,径流量大减,导致许多地区越变越干,水循环由开放式向封闭式转化。据研究,第一,森林控制着水源,其林冠截面降水量可达134~834 mm,截面率为10%~40%;森林枯落层的最大持水量为0.7~8 mm,枯落物的吸持水量可达自身干重2~5倍;森林土壤非毛管孔隙是土壤重力水移动的主要通道,对森林蓄水、调水有重要作用,森林地上部分乔木、灌木、青草、苔藓及各种藤本植物,可对降水重新分配,降到地面的水分,又通过树根、草根及未分解的枯枝落叶渗入地下,成为地下水,森林里的地下水流动缓慢,1年约流动2 000 m,雨水流过500 m的枯枝落叶层需要2 h。所以说,有森林的地区,雨季不暴涨,旱季不断流,森林对雨水多时能纳,少时能吐,大面积的森林能促进地上水、地表水、地下水正常循环,一般而言,约3 333 hm<sup>2</sup>森林所含的水分相当于一座100万m<sup>3</sup>的小型水库(宋新山、邓伟、闫百兴 2000:8)。我国森林面积1.3亿hm<sup>2</sup>,人均林地0.07 hm<sup>2</sup>,远低于世界人均林地1.035 hm<sup>2</sup>,排在世界的121位,森林覆盖率13.92%,远低

于世界平均森林覆盖率的26%,位居世界120位。森林资源少,是世界的少林国,但由于破坏严重,森林的功能大减,表现在:生态环境持续恶化,沙漠化面积达160万hm<sup>2</sup>,土地沙化面积以2 460 km<sup>2</sup>/a的速度扩大,造成干旱面积不断扩大,河道缩短,湖泊萎缩,甚至干涸、断流。水土流失面积达179万hm<sup>2</sup>,长江流域已由上世纪50年代的36万hm<sup>2</sup>增加到80年代的50万hm<sup>2</sup>。在泥沙淤积等因素的影响下,洞庭湖面积由解放初的5 100 km<sup>2</sup>减少到2 900 km<sup>2</sup>,江汉湖泊群由8 000 km<sup>2</sup>减至2 000 km<sup>2</sup>,对洪水的调蓄能力大大减弱,且容积减少567×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。第二,湖泊、湿地是流域流量的调节计,是区域“四水”循环调节场,高效的湿地滤过作用能降解污染,净化水质;湿地土壤具有特殊的水文物理性质,草本沼泽土壤孔隙度达72%~93%,饱和持水量830%~1 030%<sup>[4,5]</sup>,每1 km<sup>2</sup>的湿地可调蓄水量的2~4倍<sup>[6]</sup>。但是,由于人类的破坏,湖泊、湿地也大大减少,使湿地、湖泊的作用也大打折扣,贮水空间减少。总之,贮水空间的减少,减少了水资源的可持续空间,从而使我国陷入贫水国之列。

3.1.2 水资源环境质量下降 由于对水的开发利用及管理不善,掠夺开采,粗放使用,任意排放,加剧了水资源短缺,破坏了水资源环境,造成全国2/3以上河段污染严重。由于工业和城市污水任意排放,使全国主要江河湖水水质受到不同程度的污染,每年从城市、工矿、企业排出不经处理的污水达(300~400)×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,已使七大河与五大湖泊20%~30%的水体遭受污染,仅黄河流域四级水污染河段占12 000 km<sup>2</sup>,占干支流的60%以上<sup>[7,8]</sup>。目前,随着经济的迅速发展,污水排放量仍在增加,仅1998年,全国废水排放量为1992年的1.13倍,使全国50%以上的城镇水源不符合饮用水标准,从而导致水资源环境质量下降,淡水资源减少。

#### 3.2 经济发展、人口增多、供需矛盾加剧

由表6可以看出,我国水资源总量较丰,但由于人口急增,人均和耕地面积用水量远低于许多国家,使我国属贫水国。随着经济的发展,人民生活需水量的增多,特别是工农业等需水量大增,缺水已严重制约我国的经济的发展。到2000年,全国总缺水量达778亿m<sup>3</sup>,目前全国的660座城市中,有400多座缺水,其中严重缺水的有110座,日缺水量达16Mm<sup>3</sup>,年缺水量达6.0×10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>,造成几百万人生活用水紧张。北方许多大中城市因缺水而减产约达1 200亿元,工业产值损失约2.3×10<sup>11</sup>元,有0.067亿hm<sup>2</sup>农田得不到灌溉,农田缺水干旱每年达3.33×10<sup>4</sup>

hm<sup>2</sup> 左右, 受旱面积约 2 000 万 hm<sup>2</sup>, 因缺水而少生产粮食 (700~ 800) × 10<sup>8</sup>kg, 在农村和牧区有 8 000 万人和 6 000 万头牲畜饮水困难。所以, 水资源在中国是十分珍贵的自然资源(赵珂经, 1996)。

表 6 生产生活用水量国际比较表(1996)

	人均淡水量 /m <sup>3</sup>	淡水抽取量 /m <sup>3</sup>	抽取量占资 源量比重/%	农业用水 比重/%	工业用水 比重/%	家庭用水 比重/%	面积比重 1994~ 1996/%
中国	2171(2001 年)	460. 0	16. 4	87	7	6	51. 8
印度	1957	380. 0	20. 5	93	4	3	29. 5
日本	4350	90. 8	16. 6	50	33	17	61. 8
俄罗斯	29191	117. 0	2. 7	23	60	17	4
美国	9270	467. 3	19. 0	42	45	13	11. 4
低收入国家 (不含中印)	8295			92	4	4	17. 1
中等收入 国家	11154			66	24	10	14. 5
上中等收入 国家	12719			66	23	11	9. 4
高收入国家	9378			40	45	15	na
世界	7342			68	22	10	17. 6

3.3 控水工程不足, 旱涝灾害频繁, 浪费严重

全国现有大部分控水工程, 修建年代很长, 长期失修, 加上水土流失, 泥沙淤积, 存在大量的工程质量隐患, 不少设计容量不大; 加上旱涝灾害频繁, 且跑冒滴漏现象普遍存在, 人们的节水意识差等, 使 50% 的降水白白流走, 使我国水资源更加缺乏。

4 水资源环境的改善办法

水资源得以持续利用, 是关系国计民生的大事。我国水资源短缺已成为严重制约经济发展的最主要因素, 因此, 除了在节水管理上下功夫和调水外, 更应该迅速开展大规模的区域性的恢复植被建设工作, 使植被所具有的巨大的涵养水源、调节径流、保持水土、调节气候等的功能得以充分发挥, 使贮水状态得以改善, 贮水空间得以大大的增加, 使空中降水最大限度的被拦蓄, 使云气资源量大大增加, 最终使水资源环境得以修复, 从而从根本上解决水资源短缺的问题, 使经济发展实现可持续性, 具体做法如下:

4.1 迅速开展大规模的区域性的植树种草工作, 修复水资源环境

我国水资源时空分布极不均匀, 尤其, 北方水荒极其严重, 工农业争水矛盾日益突出, 工业化、城镇化对水的需求越来越多, 生活用水紧张。因此, 必须加大植树种草的力度, 迅速进行大规模的区域性范围的植树种草, 充分发挥植被的综合生态功能, 修复水资源环境, 使水资源环境向高生态效益的方向发

展。具体地讲有以下几个方面: 第一步, 将坡度大于 25 的坡耕地, 退耕还林还草, 修复水资源贮水空间。第二步, 迅速开展大区域范围的治理荒山、荒坡、荒地、荒沟、荒滩, 加大力度, 在治理中政府应加大财力扶持, 调动积极性。第三步, 对林间地、四旁地、空旷地等应见缝插针, 努力做到不留一块空地。第四步, 将大中小河流的源头集水区域全部绿化, 从根本上改善河流的水文状况, 控制水土流失<sup>[8]</sup>, 修复水资源贮水空间, 最大限度拦蓄大气降水。

4.2 加强控水工程的修建, 最大限度拦蓄大气降水

我国的许多控水工程由于修建年代已久, 有的常年失修, 有的库容很小, 大气降水的 50% 无法被有效地拦截下来而白白流走。因此, 除了大力植树种草外, 还应加强控水工程的除险加固和增加投入, 修建水库, 增加贮水的容积, 最大限度地拦蓄空中降水。

4.3 不失时机地回灌地下水

第一步, 由于不少地区出现了大面积的漏斗, 因此, 应紧紧抓住我国降水集中在夏季的时机, 及时回灌地下水。第二步, 在城市, 因硬质地面和建筑物占地面积广, 绿地面积极少, 降落到地面的水大部分直接流入污水管道, 因此, 除了应见缝插针, 扩大绿地面积外, 还应下大决心, 尽快修建拦截大气降水的贮水管道, 抓住降水多的季节, 也要不失时机地将拦截下来的大气降水回灌地下水。

4.4 以科技为先导, 实施节水科技行动, 提高水资源利用率

针对我国水资源短缺, 利用率低, 浪费和水污染严重等突出问题, 以科技为先导, 加强水资源科学的规划和管理, 实施科技行动, 提高水资源利用率和完善水资源法规体系和经济机制, 按计划 按比例分配水资源及生态、生活、建设用水, 使水资源在供水、发电、灌溉、渔业、运输、娱乐及维持生态等方面的综合效益最大化, 走高效省水、高效用水的路子。第一步, 研究开发先进适用、符合国情的高效用水技术与设备。第二步, 研究制定科学可行的调配水方案, 实现地区间水资源的科学配置。根据不同的水土资源条件, 研究制定生产用水、生活用水和生态用水的科学方案; 开发高效输配水系统及调控技术, 研究制定主要河流水资源分配方案。第三步, 加速开发一批节水

技术与设备, 加速推广新型节水技术, 改变落后的用水方式。第四步, 对现有工矿企业的工艺技术进行改造和更新, 在压缩污水排放, 并兴建污水处理厂、氧化塘等处理污水, 提高污水回用率。同时, 要调整产业结构, 对污染严重的企业该停则停, 该并则并。第五步, 在农业用水中, 积极开发节水灌溉技术和设备, 合理分配水资源, 大力发展旱作农业, 推广滴灌、高效用水技术和研发降低蒸发量的高产的农作物新品种。

#### 4.5 加强全民节水意识的宣传教育工作

强调用水责任, 把保护水源, 节约用水作为道德准绳, 广泛宣传教育, 提高全民节水意识。

#### 参考文献:

- [1] 陈家琦, 陈表恺. 中国水资源及其开发利用和管理[A]. 水利水电科学研究论文集[C]第14集(水资源).
- [2] 黄秉维, 郑度, 赵名茶, 等. 现代自然地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999, 2: 258, 261.
- [3] 陈刚起. 三江平原沼泽开垦前后下垫面及水平衡变化研究[J]. 地理科学, 1997, 7(增刊), 427- 423
- [4] 邓伟, 宋新山, 翟金良. 洪泛湿地保护与水资源可持续利用[J]. 科技导报, 2000, 141(3): 54- 58
- [5] 陈刚惟, 张文芬. 三江平原沼泽对河川经流影响的初步探讨[A]. 见董锡畴: 中国沼泽研究[M], 北京: 科学出版社, 1988, 114- 117.
- [6] 张启舜, 陈志恺, 张司明. 水问题与社会发展[J]. 科技导报, 1992年10月第19期, 53- 54
- [7] 吴以鳌. 中国水资源利用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1989 60- 14
- [8] 石 虹. 改善生态环境是山西实现可持续发展的关键[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 150- 152

(上接第142页)

土地利用方式对径流的影响定量化, 可以用于小流域、沟道等小型集水区的集水量计算。

(2) 陕北、渭北地区土壤具有明显的地带性特征, 其土壤类别自北向南分别为风沙滩地区、丘陵沟壑区、高原沟壑区, 模型中的  $CN$  参数应分别在 A、

B、C 类土壤中选用, 这与陕北、渭北土壤分区特征基本一致, 说明该模型具有合理性和较大范围的适用性。

(3) SCS 模型没有考虑降雨历时对土壤滞留量及  $CN$  值的影响, 这会影响模型的估算精度。另外, 前期降雨对土壤湿润状况的影响是一个很复杂的过程, 这一方面研究还有待进一步深化。

#### 参考文献:

- [1] 赵松岭. 集水农业引论[M]. 西安: 陕西科学出版社, 1996
- [2] 赵松岭, 李凤民, 王静. 半干旱地区集水农业的可行性[J]. 西北植物学报, 1995; 15(8): 9- 13
- [3] 李玉山, 韩仕峰, 汪正华. 黄土高原土壤水分性质及其分区[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1989(2): 1- 16
- [4] 黄占斌, 山仑, 张岁岐, 等. 雨水利用与水土保持和农业持续发展[J]. 水土保持通报, 1997; 16(1): 54- 56
- [5] 朱兴平, 李永红. 雨水利用的理论与实践[J]. 水土保持通报, 1997(4): 32- 36
- [6] 尚新明, 常继青. 甘肃中部地区雨水集蓄利用和农村经济发展[J]. 干旱地区农业研究, 1999(2): 116-121.
- [7] 吴普特. 关于雨水利用若干问题的思考[J]. 灌溉排水, 1999(增刊): 216- 225
- [8] 马孝义, 姜宗科, 李援农, 等. 陕西省集雨节灌工程发展模式与对策. 水土保持通报, 2000; 20(5): 42- 45
- [9] William, J. R. and Lasar, W. V. Water yield model using SCS curve numbers[J]. Journal of Hydraulics Division, 1976, 102(9): 1 221- 1 253
- [10] Bosznay, M. Generalization of SCS curve number method[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 1989, 115(1): 139- 144