

HUANGTU GAOYUANGOUHEQU

SHUIZIYUAN TIAOKONG LIYONG JISHU YANJIU

黄土高塬沟壑区

水资源调控利用技术研究

赵安成 李怀有 宋孝玉 等 编著



黄河水利出版社

HUANGTU GAOYUANGOUHEQU
SHUIZINYUAN TIAOKONG LUYONG JISHU YANJIU

黄土高原沟壑区 水资源调控利用技术研究

赵安成 李怀有 宋孝玉 等 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章



黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原沟壑区水资源调控利用技术研究/赵安成等
编著. —郑州:黄河水利出版社, 2006. 10

ISBN 7-80734-125-4

I. 黄… II. 赵… III. ①黄土高原-沟壑-水资源-
协调控制-研究 ②黄土高原-沟壑-水资源利用-
研究 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 099461 号

组稿编辑:雷元静 电话:0371-66024764

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:19

插页:3

字数:436 千字

印数:1—1 500

版次:2006 年 10 月第 1 版

印次:2006 年 10 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-125-4/TV·476

定 价:45.00 元



老院沟治沟骨干工程（张 竿 摄）



集水造林试验（张西宁 摄）



集水造林示范（张西宁 摄）



崔沟集雨节灌示范果园 (张 竿 摄)



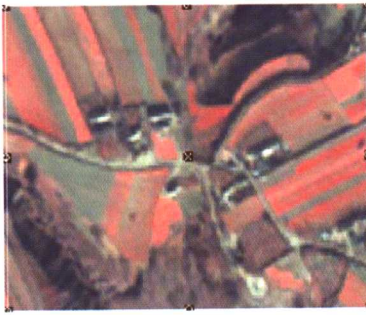
监测泉水流量 (张西宁 摄)



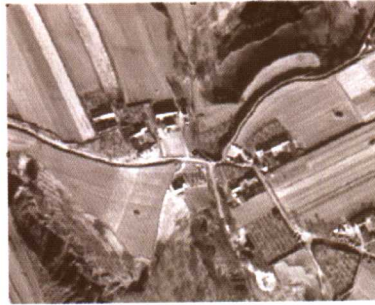
小麦喷灌 (李怀有 摄)



技术交流 (王鸿斌 摄)



(a) 融合前多波段影像

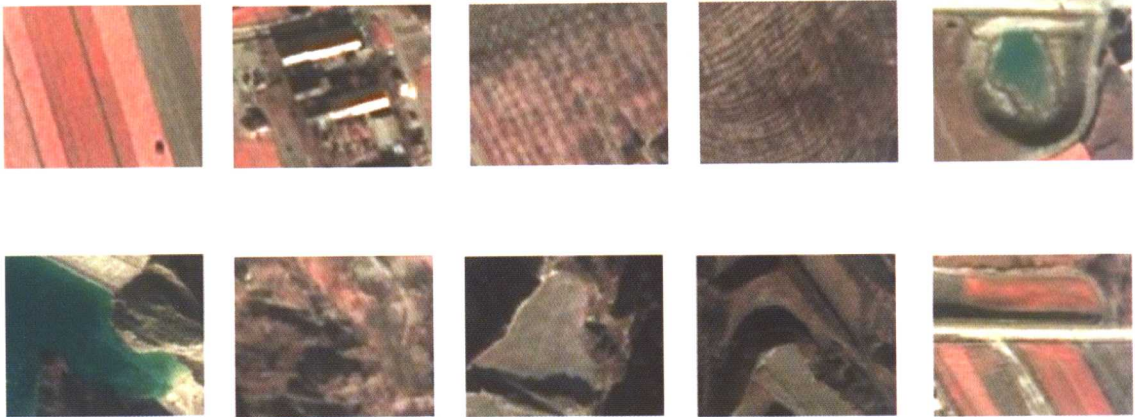


(b) 融合前全色波段影像

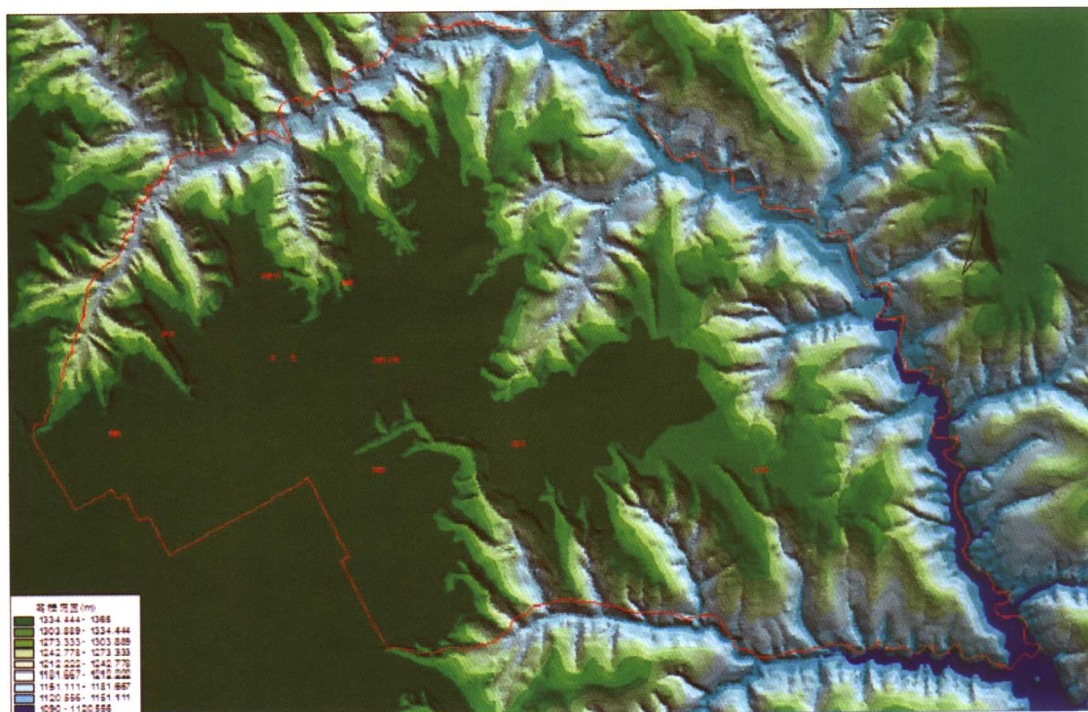


(c) 融合后的影像

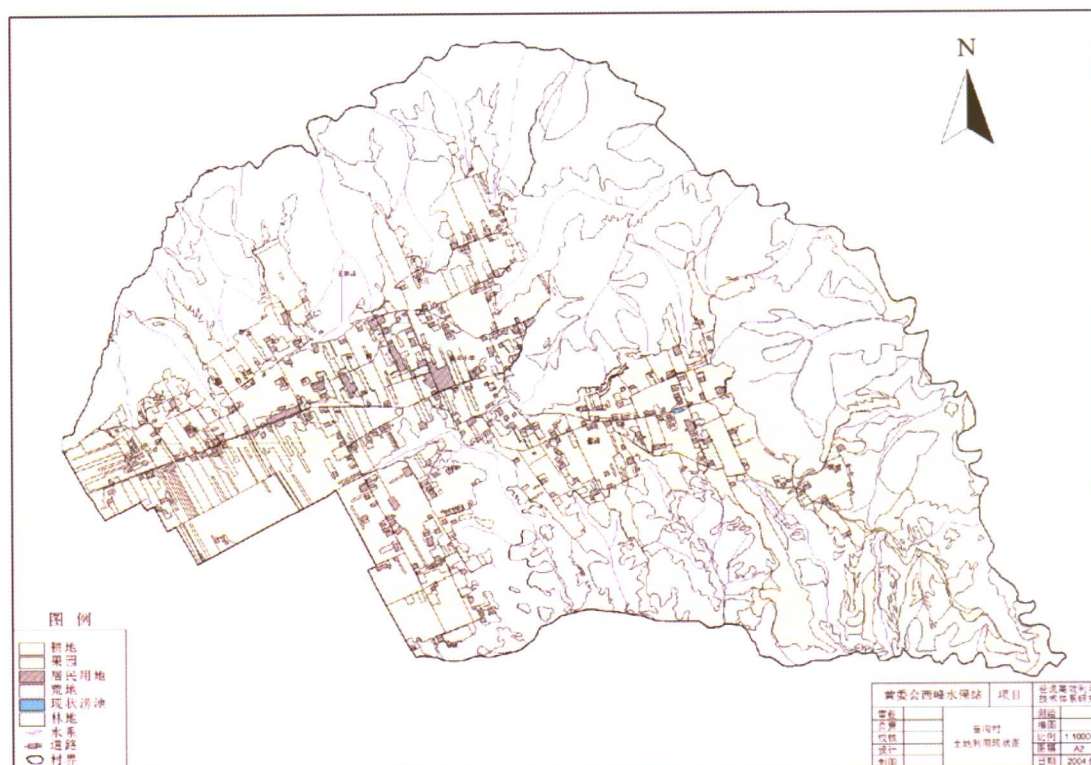
影像融合前后效果对比



影像解译过程

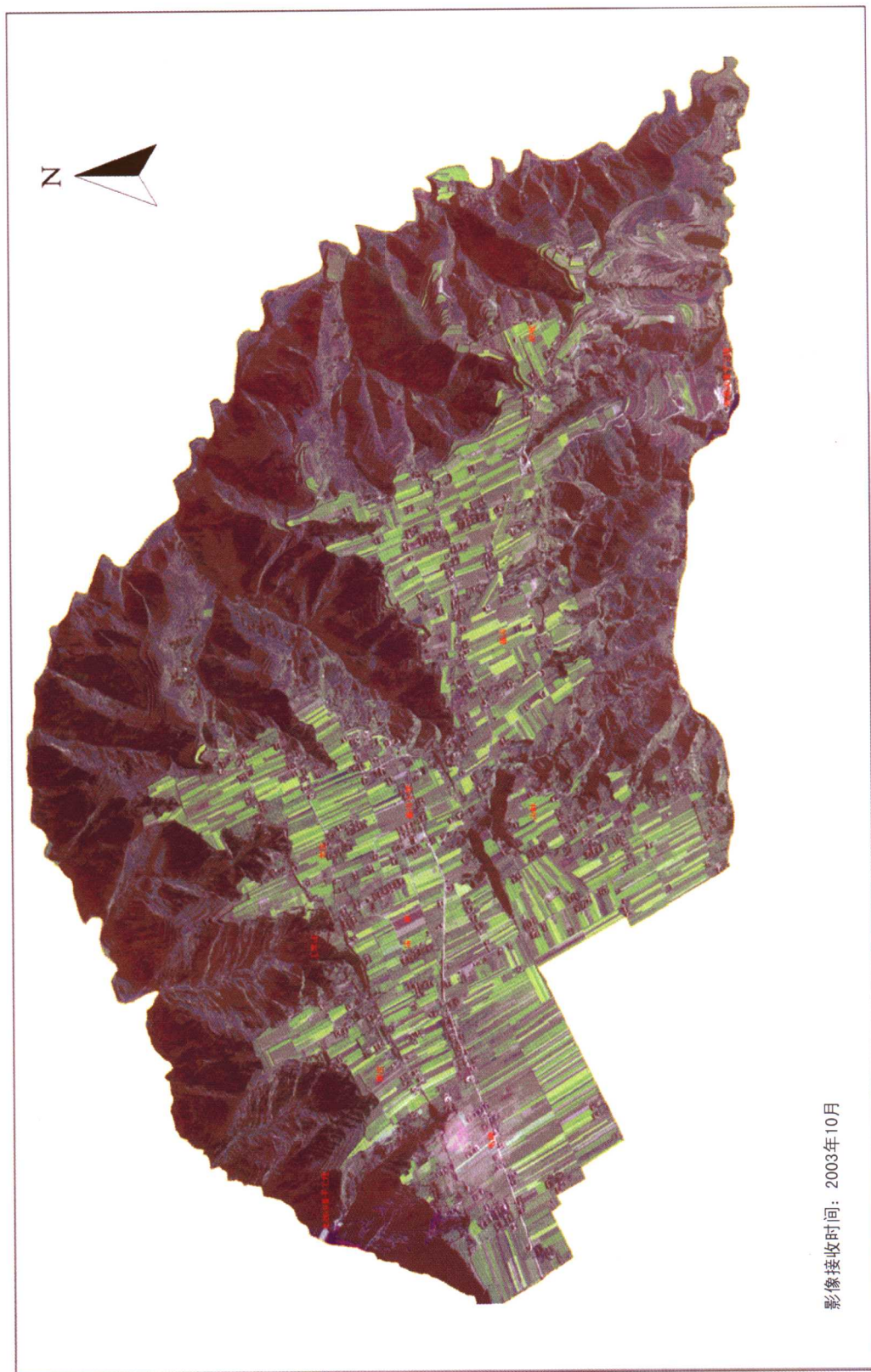


崔沟径流高效利用示范村DEM图



崔沟径流高效利用示范村现状图

崔沟径流高效利用示范村高分率卫星影像图



《黄土高塬沟壑区水资源调控利用技术研究》

主要编写人员

主 编 赵安成
副主编 李怀有 宋孝玉
编 委 赵安成 李怀有 宋孝玉 郭 锐
王 斌 刘文宏 张西宁

具体编写分工

第一章：宋孝玉 郭 锐 李怀有 张西宁
第二章：李怀有 王 斌
第三章：赵安成 刘文宏 王 斌 李怀有
第四章：赵安成 郭 锐

统 稿 李怀有

前 言

黄土高原沟壑区地处我国西部地区的黄土高原腹地,由于该地区水资源匮乏,降水年内分配不均,6~9月份降水量占全年降水量的70%以上,且多暴雨,水土流失严重,农业基本处于“大旱大减产,小旱小减产,不旱保丰收”的天赐农业状态。在长期的旱地农业生产中,该区广大群众和科技人员为解决干旱问题,曾采取深翻、深松、蓄水聚肥耕作、覆盖保墒、修筑梯田和水平沟等农业技术措施来控制水土流失,协调旱地田间土壤水分。尽管这些措施对提高作物生长季节土壤水分、增加作物产量起到了一定的作用,但仍然没有从根本上改变农业干旱缺水问题。干旱缺水的常驻性,使旱地作物不能适时播种,高效农业难以启动发展,土地资源的生产潜力因农业水资源的严重失衡而远未得到充分开发。在农业严重干旱缺水的同时,雨水资源的利用率却很低,大部分雨水径流无效损失。可见,加强降雨径流资源的集蓄贮存与调控及高效利用有着很大的潜力,这是解决该区农业干旱缺水问题、控制水土流失、推动旱区农业进一步发展的有效途径。

径流资源的调控与利用技术是一条既控制水土流失,又解决农业干旱缺水问题的有效途径和方法,可改善农业环境,发展高效农业,创造显著的经济、社会、生态效益,是对水土保持内涵的丰富和完善。集水调控理论就是通过对降雨径流进行收集贮存和高效利用、实现雨水径流资源的人工调控再分配,达到控制水土流失、提高降水利用率、解决农业干旱缺水的一种主动做法,以摆脱长期以来主宰黄土高原沟壑区旱地农业“顺应天时,被动防旱”的常规思路。其基本原理是:通过径流收集—叠加贮存—高效利用三个环节,将该区时空分布不连续、不稳定且无效损失较大的雨水径流资源实现局部或有限地收集贮存,把有间歇性和离散性特点的降雨径流转变为具有相对持续供水能力的稳定系统,将较大面积上的降雨径流集蓄后在较小面积上利用,来弥补农业供水不足,为旱区农业生产提供一定的水源保障。

《黄土高原沟壑区水资源调控利用技术研究》一书正是基于上述研究思路,汇集了作者近年的研究成果,突出了水资源调控及利用技术理论与工程实践紧密结合的特点。全书共分为4章24节。第一章论述了区域水资源分析与评价的方法,列举了微观区域水资源分析与评价实例;第二章论述了塬面苹果园水资源的调控利用技术;第三章论述了坡面林地水资源的调控利用技术;第四章论述了沟道水资源的调控利用技术。

本书由赵安成任主编,李怀有、宋孝玉(西安理工大学)任副主编,李怀有负责全书的统稿工作。各章节撰稿者有赵安成(第三章第一节,第四章第一节)、李怀有(第一章第四节,第二章第一至第五节、第八至第九节,第三章第二节)、宋孝玉(第一章第

一至第二节)、郭锐(第一章第三节,第四章第二至第三节)、王斌(第二章第六至第七节,第三章第六至第七节)、刘文宏(第三章第三至第五节)和张西宁(第一章第五节)。

本书得到了黄河水土保持生态工程科研项目“齐家川示范区径流高效利用技术体系研究”的资助。在本书编著过程中,黄河水土保持西峰治理监督局吴永红高级工程师对卫星图片进行解译,并制作了相关图件;张竿工程师和王鸿斌工程师提供了部分照片。另外,在成书过程中,还得到了有关单位的大力支持。在此一并表示感谢!

由于编著者水平所限,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编著者

2006 年 3 月

目 录

第一章 区域水资源分析与评价	(1)
第一节 概 述	(1)
第二节 区域水资源分析与评价方法	(6)
第三节 微观区域水资源分析与评价实例	(38)
第四节 崔沟村径流高效利用技术体系建设	(53)
第五节 “3S”技术在区域水资源分析评价中的应用实例	(59)
参考文献	(64)
第二章 塬面水资源的调控利用	(66)
第一节 苹果树耗水规律研究	(66)
第二节 清耕制苹果滴灌试验及节灌制度研究	(74)
第三节 覆盖制苹果园滴灌试验及节灌制度研究	(80)
第四节 苹果园微灌方式研究	(85)
第五节 果园微灌与管道施药复合系统研究	(90)
第六节 苹果园穴贮肥水集雨研究	(96)
第七节 苹果园水肥耦合研究	(100)
第八节 果园土壤管理制度研究	(105)
第九节 温室育苗节水灌溉制度研究	(109)
参考文献	(116)
第三章 坡面水资源的调控利用	(117)
第一节 全坡面土壤水分分布规律研究	(117)
第二节 雨水集流效率研究	(129)
第三节 集水造林整地形式研究	(133)
第四节 阴坡油松集水造林集蓄比研究	(141)
第五节 阳坡侧柏集水造林集蓄比研究	(146)
第六节 集水造林新材料研究	(151)
第七节 集水种草技术研究	(155)
参考文献	(162)
第四章 沟道水资源的调控利用	(163)
第一节 治沟骨干工程单坝合理控制面积研究	(163)
第二节 谷坊坝的设计与应用	(171)
第三节 淤地坝坝体工程量计算新方法研究	(175)
附表	(181)
参考文献	(293)

第一章 区域水资源分析与评价

第一节 概 述

一、水资源评价定义及研究现状

广义的水资源是指在地球的水循环中,可供生态环境和人类社会利用的淡水,它的补给来源是大气降水,它的赋存形式是地表水、地下水和土壤水。大气降水在直接湿润了植被的茎叶后,多余部分渗入土层并在土壤中保持为土壤水,没有渗入土壤的成为地表径流,汇成河川径流。渗入土层的土壤水,除直接从土壤表层蒸发外,大部分通过地表各种植被吸收,蒸腾回归大气,部分继续下渗到地下水含水层。积累形成的地下水,有的通过毛细管作用又回补土壤水,也有相当部分则形成地下径流,汇入河道成为河川的基流。

合理开发利用水资源,首先必须对当地水资源的实际情况做出全面、正确的评价。水资源评价是合理开发利用和管理水资源的前期工作。1977年,联合国在阿根廷马尔德普拉塔召开的世界水会议第一项决议中明确指出:没有对水资源的综合评价,就谈不上对水资源的合理规划和管理。在全社会用水中,农业用水所占比例最大。1900年全世界农业用水量占世界总用水量的87.5%,1940年占80.3%,1975年占69.9%,1990年占60.2%,2000年仍占56.8%。因此,解决水资源问题的首要任务是解决农业用水问题。但除了水资源单一的灌区和只能为作物利用的土壤水外,在大多数场合,很难将水资源明确划分为工业、农业或城市生活水资源。因此,通常是以地区、流域来进行综合评价,合理分配各行业可用水资源量。

所谓水资源评价,联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)提出的定义为:水资源评价是指水的源头、数量、范围及其可依赖程度,水的质量等方面的确定。这种评价不限于对已列入水文整编目录中的可供水资源量,还根据对社会经济和环境的考虑,对水的各方面进行评价。《中国农业百科全书》(水利卷)所下的定义为:水资源评价是对水资源数量、质量、时空分布特征和开发利用的条件做出全面分析评价。

(一)水资源量的评价

什么是一个区域的天然淡水资源量,迄今有不同的认识和统计方法。例如:降水量是不是水资源量?降水到地面后除了河川径流量可看做水资源量外,地下水算不算水资源?地下水有浅层的,也有深层的,有的和地面隔了很多隔水层,深到几千米以下,算不算水资源?地球水圈中一切形态的水,是否都是水资源?如果从由天然降水维持天然和人工植被的水供需关系说,或者可称之为广义的水供需关系来说,则降水,或至少是对天然和人工生态系统的有效降水来说,也应当认为是水资源的组成部分。通常意义上的人为地利用工程措施,把水送到用水户的水供需关系,可称为狭义的水供需关系。在这种情况下,

水资源只定义到河流、湖泊以及积极参加水文循环的浅层地下水(或称在开放含水层中的地下水)。在水资源供需关系比较紧张的地区,往往把深层地下水(或称在封闭含水层中的地下水)也当做资源来利用。但封闭含水层中的地下水基本得不到通过全球水文循环中水量的补充更新,长期大量采用将引起一系列的如地面沉降等环境灾害。因此,一般认为,这部分水只能在特殊情况下少量取用,不属于可大量长期持续利用的水资源。目前多数国家对水资源是以河川径流量为代表,河川径流量中包含了大部分的地下水径流。我国采用的方法是,以河川径流量与地下水资源量相加,并扣除两者的重复部分,作为水资源总量。

在对河川径流量作为水资源量进行统计时,对各特定区域来说,其统计的方法也有不同。一种意见认为,作为一个区域的水资源量,只能计算当地的产流量,不计由区域以外流入本区域的河川径流量,这是最常见的做法。美国的第一次全国水评价(1968年)采用了这一原则,我国在第一次全国水资源调查评价(1986年)和进行的第二次水资源评价中也采用了这一原则。但这种做法在美国于20世纪70年代进行第二次全国水资源评价时被打破,把从加拿大流进美国本土的河流水量统统计算到美国全国的水资源量中,后来在一些文件、报告中也采用了这一原则。苏联曾在统计其原各加盟共和国的水资源量时,在水资源量一栏中给出两个数字,一个是当地径流量,另一个是被称为“总径流量”的数字,它的含义与我国在水资源评价中的“水资源总量”不同。我国评价的水资源总量是指河川径流量加上不能汇入河川的地下水量,他们的“总径流量”是指当地径流量加上由境外流入的水量(未讲是否扣除了流出的水量)。美国的世界资源研究所定期出版的《世界资源》报告“淡水”一章中,在世界各国的“淡水资源”一栏中给出三个数值,即当地径流量、由境外流入的水量以及向境外流出的水量。

在评价地区的水资源总量时,宜以河流的流域为单元,对包含不同自然条件的较大的河流流域,则宜以有一定代表性自然特征的支流流域为单元,评价范围不宜过大。在一个省、自治区范围内,可划分出所含的不同自然特征的河流流域,分别进行评价,并需考虑到入境和出境水量。同时,评价地区范围也不宜过小。在一个面积不大的城市,即使像京、津、沪这样的省级大城市,也不宜仅按行政区划进行评价。例如上海市地跨长江口,评价水资源时,如只按本市范围内所产生的当地径流量,完全忽略长江的存在和作用,显然不符合实际情况。对于国土面积更小的地区和县,更不应脱离所在的流域,单独评价其当地产生的水资源。但是,对于一些处于江河分水岭或河流最上游的地区,如云南省的滇中地区、贵州省的黔中地区、湖南省的衡邵地区、川中丘陵地区以及其他一些地区,由于只可能利用当地产生的有限水资源,应当考虑进行单独评价。

(二)水资源可利用量的评价

上述水资源量统计都是以多年平均值为代表。对河川径流来说,由于水文现象的随机性,降水及其产生的河川径流各年间很不一致。年内变化的洪枯水比例,年际变化中的多水年与少水年,以及在一些大河上出现的连续多水年和连续少水年,都增加了水资源利用的难度,这种难度又随着各地具体气候和地貌特点而有所不同。通过工程措施进行调节可以增加水的可利用程度,但不可能达到全部利用。一般情况下,水的可利用量必然小于水资源量。但水资源可利用量迄今并无统一的计算方法,随着科技水平的提高,经济实

力的增强,水资源调蓄工程的增多,水资源的可利用程度将不断提高。在水资源利用能力提高的同时,应当注意水资源合理开发利用的限度,即在不破坏生态环境条件下的开发利用限度。

在生态环境比较脆弱的地区,天然生态系统依靠全部降水资源所形成的土壤水、地表水和地下水等各种赋存形式才能维持生存。在这种情况下,人类开发利用狭义的水资源往往破坏了广义的水供需平衡。例如:人类在河流上中游过度取水,影响了下游河水对两岸地下水的补给,从而威胁两岸生态系统;河流终端湖泊的萎缩,威胁到湖泊湿地生态系统;在一个地方过度抽取地下水,形成周边地区的地下水漏斗,因而影响周边的生态系统;等等。在这些地区,对水资源的可利用量的评价需十分慎重。

(三)农业水资源的构成

正如对所有事物的认识都需要一个过程一样,人们对水资源的认识也经历了一个较长的过程。早期仅把多年平均地表径流量作为流域或区域的水资源,但随着社会、生产的发展和科学技术的进步,尤其是 20 世纪 70 年代以来,开发利用地下水在工农业生产中所占的比重日益加大,开始促使人们把地表径流和参与水循环的地下水量一起看做区域水资源。这种观点一直延续到 20 世纪 80 年代末。

近年来,人们已逐渐认识到,在干旱半干旱地区,土壤水也是相当重要的农业水资源。它既具有水资源的基本特征,又与重力水资源有区别,具有不可调度性、不可开采性,只能就地为植物利用和直接返回大气耗于蒸发,且基本是自然利用,不需要耗费昂贵的工程投资。因具有这些特征,故易被人们忽视,甚至至今仍有人不承认其是水资源。但在缺少地表水和地下水资源的地区,土壤水无疑是非常重要甚至有时是唯一的农业水资源。据调查,在我国北方地区,土壤水资源占降水资源的 60%~70%,一般为 360~420mm。农业现代化研究所试验结果表明:在小麦生育期内,土壤水利用量可占全部耗水量的 1/3。但在多数地区未能得到充分利用。因此,有人预测,土壤水将是今后水资源开发利用的主要对象。

苏联地理学家李活维奇于 20 世纪 70 年代在《世界水资源及其未来》一书中首次使用了“土壤水资源”一词,指出了土壤水资源是淡水资源的组成部分。之后,苏联水文学家布达哥夫斯基于 1983~1985 年则连续著文就土壤水资源的概念、评价原则和提高土壤水资源利用效率的途径和措施作了较为全面和科学的论述。他认为,一个区域的降水量(扣除雪面蒸发量)在理论上可作为天然水资源,在通常情况下,它等于可恢复的地表水资源、土壤水资源和地下水资源之和。近十几年来,各国学者就土壤水的能量状况和运动规律开展了大量深入的研究。印度学者通过对小麦利用土壤水的研究,认为在干旱地区土壤水是供应作物的唯一水源。

此外,用城市废污水灌溉可有效利用污水中所含的植物所需养分,故经过必要的净化处理后的废污水也正日益被作为一种重要的农业水资源。再有,大气降水被陆地植物截留的部分虽也应视作农业水资源,但因其量很小,可忽略不计。

二、水资源评价方法及发展趋势

(一)水量评价

地表水资源评价的主要对象是河流、湖泊和水库等地表水体。对于一个流域来说,河川径流量就是全流域潜在的可利用的地表水资源。故通常以多年平均年径流量作为地表水资源量来进行评价。地下水资源评价则是对地下水的补给量、储存量、可开采量等方面进行估计。在地表水和地下水相互转化明显的地区,则常把二者作为一个统一体进行评价。地表水与地下水相比,后者的评价因需要足够的水文地质勘探资料和地下水动态观测记录,故要比前者困难得多。但随着高速数值计算机的诞生,使地下水评价的深入研究得到了迅速发展。

水资源评价的方法一般分为水量均衡法和水动力学法两种。在计算机普及之前,因各种数值解法计算复杂,工作量大而受到限制。近来随着计算机技术的日益普及和进步,也使数值模拟、有限元法和有限差分法等数值解法在模拟地下水运动规律、利用边界条件和初始水位建立数学模型、计算水量、预报水位变化、反推计算参数等应用方面取得了长足进展。水量均衡法具有概念明确、计算简单、使用方便等特点,因此是进行区域水资源评价时常用的方法。可以预测,今后随着快速大容量数值计算机的发展和应用,更加广泛地运用数值模拟方法,来精确地评价水资源问题,是水资源评价方法发展的必然趋势。而数值模拟法应用将从下列几方面得到发展:①进一步加强对水资源的数值模拟研究,达到更加合理地开发利用水资源的目的;②通过对水质的数值模拟研究,达到保护水源,避免农药、化肥污染的目的;③通过数值模拟方法,加强切实可行的管理问题的研究,制定长远规划,监测开发利用情况,充分发挥水资源的最大作用;④改进数值模拟计算方法,特别是提高精度与减少内存的研究,仍然是提高与改进这一方法的重要课题。

农业水资源评价应包括对可用于农业的所有水资源在量、质、时空分布特征和开发利用条件等方面的全面评价。其中以量的评价最为重要,故研究也最多、最深入。关于土壤水资源评价,因其被视为农业水资源的概念形成较晚,且至今尚有异议,故评价方法研究较少。但其基本方法仍应是水量均衡法,其难点在于如何确定土壤水资源量和参数。就量而言,有人提出土壤水等于总蒸发量或蒸散量,在一般情况下,区域土壤水资源量等于降水量减去地表径流量和地下径流量。就参数而言,如土壤水库深度,有人认为应取作物层深度(小麦为1.0m左右),也有人认为应为整个包气带厚度(我国北方地区一般为3.0m左右)。因此,仍有待深入研究。中国科学院、水利部水土保持研究所试验结果表明,在中壤—重壤土上的小麦对2m之内的土壤水可利用90%~100%,直到3m处也能利用;棉花在2m内基本上能百分之百地利用。

(二)水质评价

目前,国内外评价水质的方法很多,有分级评价、指数评价、扣分评价等,均各有利弊。我国第一次水资源水质评价采用的是分级评价法,它以《地面水环境质量标准》为主,同时对照各种水质专门用途标准,用两个综合指标来表示被评价水质的好坏。

由于人类对水的需要是多方面的,因而不同用水对水质的要求就各有不同,故应区别用途,选择不同的水质监测项目(参数),对实测数据加以分析,做出水质综合评价。我国