

Application of Tschaplign's Transformation to
学习探索钱学森沙草产业理论丛书

科学家专家 论述沙草产业

甘肃省沙草产业协会
中国治沙暨沙业学会 编
西安交通大学先进技术研究院

魏万进 钱能志 主编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

1898638

F323.211
W296

F323.21
W296

学习探索钱学森

书

科学家专家 论述沙草产业

甘肃省沙草产业协会 编
中国治沙暨沙业学会
西安交通大学先进技术研究院

魏万进 钱能志 主编



1898638



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

科学家专家论述沙草产业/魏万进,钱能志主编;
甘肃省沙草产业协会,中国治沙暨沙业学会,西安
交通大学先进技术研究院编. —西安:西安交通大
学出版社,2012.4

ISBN 978-7-5605-4185-3

I. ①科… II. ①魏… ②钱… ③甘… ④中…
⑤西… III. ①沙漠-产业-中国-文集②草原-畜牧业-
中国-文集 IV. ①F32-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 014359 号

书 名 科学家专家论述沙草产业
编 者 甘肃省沙草产业协会
中国治沙暨沙业学会
西安交通大学先进技术研究院
主 编 魏万进 钱能志
责任编辑 贺峰涛

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安交通大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18.5 字数 375 千字
版次/次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-4185-3/F·308
定 价 56.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668133 (029)82665375

读者信箱:xj_rwjg@126.com

版权所有 侵权必究

温家宝总理 关于沙草产业的批示、讲话

钱学森同志和宋平同志提出,在我国西部戈壁沙漠发展沙产业、阳光农业,这些重要的理论和意见值得重视。一些地区的成功实践充分说明,办好这件事不仅有经济意义,而且有社会和生态意义。

——摘自 1995 年 11 月 9 日温家宝在一位专家的报告上所作的批示

这些年来,我担心两件事情,一件事情就是民勤。大家知道甘肃武威地区的民勤在巴丹吉林沙漠的南缘,沙已经把民勤的很多地方覆盖了。几年以前,我就向甘肃的党政领导和人民群众提出来,一定不要让民勤成为第二个罗布泊,现在看来治理相当困难。我最近又在担心敦煌,这是又一件事情。大家知道,敦煌有个鸣沙山,有个月牙泉,四周都是沙漠,中间有一潭水,实际上是地下水。如果地下水用得多的话,那个月牙泉就要干涸。

——摘自 2007 年 3 月 26 日温家宝总理在全国防沙治沙大会上的讲话

不要让民勤成为第二个罗布泊,这不仅仅是民勤一个地区的问题,更表达了国家改善生态环境的决心和意志……过去,河西走廊水都是散流的,形成了绿洲。现在,把水集中起来修成水泥渠道,四周没有水,会不会造成荒漠化,你们要注意观察。

——摘自 2008 年 3 月 6 日温家宝总理在参加全国人大甘肃团讨论时的讲话

上世纪 80 年代中后期,钱学森担任中国科协主席时,温家宝在中央分管科技工作。他曾经亲自到钱学森办公室一起研究工作,并多次通过书信往来,探讨沙产业、数学科学等方面的问题。

——摘自 2008 年 8 月 2 日新华社通讯《一诺千金——温家宝亲切看望季美林、钱学森和何泽慧》(记者李斌,发表于《人民日报》2008 年 8 月 3 日 01、02 版)

胡锦涛总书记 看望钱学森时的谈话

钱老,您在科学生涯中建树很多,我学了以后深受教益。我给您举两个例子:一个就是您的系统工程理论。您这个理论强调在处理复杂问题时,一定要注意从整体上加以把握,统筹考虑各方面因素,这很有创见。现在我们强调科学发展,就是注重统筹兼顾,注重全面协调可持续发展。还有一个就是您提出的发展沙产业的设想。您的这个设想强调的不是单纯地去治理沙漠,阻止沙化,而是在治理沙漠的同时,还要看到沙漠环境也有优势的一面,有很多沙生植物,经济价值很高。我们要有意识地人工种植这些沙生植物,然后搞深加工,发展沙产业,这就能在沙漠地区形成良性循环。您的这个思想很有创新。

前不久,我到内蒙古自治区鄂尔多斯市考察,看到那里沙产业发展得很好,沙生植物加工搞起来了,生态正在得到恢复,人民生活水平也有了明显提高,他们现在人均年产值达到了 5000 美元,和东部沿海地区一样了。钱老,您在几十年前提出的沙产业设想已经开始变成现实。

我在贵州工作过。那时候黔北地区很穷,粮食单产很低。那儿的特点不是缺水,而是缺土。过去传统农业的做法是开荒,结果一下雨,土流失掉了,生态也破坏了,粮食产量更低了。我看这种情况也要用钱老的沙产业、草产业思想,不能只种粮食,种果树种草经济效益会更高。

——摘自 2008 年 1 月 19 日胡锦涛总书记看望钱学森时的谈话

全国政协主席贾庆林 在内蒙古鄂尔多斯调研期间的讲话

荒漠化防治是功在当代、利在千秋的伟大事业。要坚持预防为主、科学治理、合理利用的方针,遵循规律,因地制宜,落实责任,加大投入,健全防沙治沙体制机制,积极动员企业等社会力量参与,努力开创防沙治沙新局面,为建设资源节约型、环境友好型社会作出贡献。要坚持科学防沙治沙,大力开展科技攻关,不断探索新技术、新材料、新方法,统筹规划重点工程建设,努力使广大沙区的生态状况明显改善。要大力发展沙产业,不断调整沙区产业结构,积极发展沙漠新能源产业,注重发挥企业的主体作用,鼓励民间资本进入沙产业,努力调动广大农牧民参与沙产业发展的积极性,切实提高沙产业发展的质量和效益。要进一步加强国际交流与合作,引进国外资金、技术和先进管理经验,推进我国防沙治沙智力与技术“走出去”,开拓国际合作新领域,在世界防沙治沙事业中发挥更大作用。

——摘自 2011 年 8 月 29 日全国政协主席贾庆林
在内蒙古鄂尔多斯调研期间的讲话

钱学森关于沙草产业的论述

宋平同志一直很关心并支持我的工作，他在任国家计划委员会主任时(80年代初)就听取我对在计划工作中运用系统工程的汇报，后来又向江泽民同志介绍了我关于国家级总体设计部的建议，他是有远见的！

——摘自1995年10月2日钱学森致刘恕信

去年12月初，在宋平同志支持下，姜春云同志就叫国家有关部门同甘肃省政府在当地召开了武威地区和张掖地区的沙产业会议，会议介绍并讨论了甘肃两地区在沙荒地采用：①地面下铺膜防水下渗；②地上建棚防风；③节水用滴灌，从而取得蔬菜水果丰产，已实现“西菜东运”！这不就是产业化了的高新技术农业吗？农民也走出贫困，富裕起来了。

——摘自1996年1月2日钱学森致周嘉槐信

在领导国防科技工作期间，钱学森经常深入地处沙漠戈壁的试验基地。那里自然条件的恶劣，人民生活的艰辛，给他留下了深刻的印象。退出领导岗位后，他还牵挂着生活在那块土地上的人们，思索着如何用科学改变那里的环境。20世纪80年代中期，他提出了发展沙产业的思想。他说：“我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠戈壁并不是什么也不长。”“沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。”“沙产业就是在‘不毛之地’搞农业生产，而且是大农业生产。这可以说是又一项‘尖端技术’！”他还把自己获得的何梁何利基金奖100万港元，捐给了促进沙产业发展基金会。

——摘自2005年10月07日新华社通讯《人民科学家的忠诚——写在钱学森归国50周年》(记者奚启新，发表于《人民日报》2005年10月8日01版)

宋平关于沙草产业的论述

甘肃地处沙漠边缘,干旱缺雨。人民怎么脱贫、致富,怎么缩小和东部地区的差距,这些问题一直在我脑子里转。那时想到的办法是防沙、治沙,平田整地,搞水平梯田……后来,听到钱学森同志提出沙产业问题,要用现代科学技术在干旱地区发展大农业,这对我的思想是个很大的解放,非常高兴……沙产业的概念,使沙漠戈壁地区看到了前途。为西部地区脱贫致富奔小康,缩小东西部地区差距找到了路子。

——摘自 1995 年 11 月 30 日宋平在甘肃河西走廊沙产业开发工作会议上的讲话

我一辈子走了很多地方,而对甘肃感情最深。离开多年了,还天天看那里的天气预报,可能是因为那里有些地方人民太贫困,使我永远忘不了他们的缘故吧!

——摘自 1996 年 3 月 21 日宋平对《宋平在甘肃》作者的谈话

钱学森同志 1984 年提出了沙产业的构想,到现在已经 16 年了。河西的实践初步说明这一构想的正确,内涵深广、意义重大。它启发我们的思想,动员了干部群众、科技工作者向沙产业进军。它为干旱、沙漠地区农业开辟了一个新的领域,为现代化的、知识密集型的大农业,为地方的脱贫致富,找到了路子,增强了信心。

——摘自 2000 年 6 月 28 日宋平在甘肃沙产业会议上的讲话

内蒙古、甘肃省应以强化钱老的沙草产业理论和实践为新目标,把钱老开创的沙草产业事业“继续下去”,“形成核心”,“形成学派”,“干到底”。

——摘自 2004 年 6 月宋平在视察内蒙古鄂尔多斯沙产业时的谈话

本书编委会

- 主 任:** 郝 远 甘肃省人民政府副省长,教授。
张永利 国家林业局副局长,高级工程师
郑南宁 西安交通大学校长,中国工程院院士,教授
- 副主任:** 卢天健 西安交通大学副校长,教授
安丰杰 中国治沙暨沙业学会会长,高级工程师
南志标 兰州大学草地农业科技学院院长,中国工程院院士,教授
王 涛 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所所长,研究员
程光旭 西安交通大学副校长,教授
黄高宝 甘肃农业大学校长,教授
周永革 河西学院党委书记,研究员
- 主 编:** 魏万进 甘肃省沙草产业协会会长,高级工程师
钱能志 中国治沙暨沙业学会副会长兼秘书长,高级工程师
- 副主编:** 董治宝 中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室常务副主任,研究员
马立鹏 甘肃省林业厅防沙治沙办公室副主任,教授级高级工程师
杜 芸 中国新农村建设资源综合利用产业化办公室常务副主任
刘世增 甘肃省治沙研究所所长,研究员
蒋发荣 甘肃省农村发展研究院常务副院长,教授
侯扶江 兰州大学草地农业科技学院副院长,教授
- 编 委:** 秦伟志 甘肃省沙草产业协会副会长,高级工程师
林 全 西安交通大学出版社社长兼总编辑,编审
李伯阳 甘肃省沙草产业协会副秘书长,高级记者
王 立 甘肃农业大学林学院副院长,副教授
吕 彪 河西学院农业与生物技术学院副院长,教授
朱 斌 中国治沙暨沙业学会办公室主任,经济师

序 言

陆 浩^{*}

钱学森是一位伟大的人民科学家，他不但为我国的“两弹一星”事业做出了重大贡献，他提出的沙产业、草产业理论，对我国生态建设和经济社会发展都具有重要的战略意义。

二十世纪五六十年代，钱学森在甘肃领导国防科研试验时，看到当地生态环境恶劣，人民群众生活困难，便思考如何依靠科学技术，利用沙漠的光热资源，发展知识密集型的沙区特色产业，帮助沙区各族人民脱贫致富。通过不断地思考和实践，1984年，钱学森正式提出了“多采光、少用水，新技术、高效益”，使“不毛之地变为沃土”的“沙产业”设想，通过利用现代生物科学技术，开发沙区特色资源，发展优势产业，带动防沙治沙。之后，钱老不断探索和完善这一理论。沙草产业设想提出后不久，便得到了宋平同志的大力支持，特别是在沙草产业设想如何从探索、试验推进到实践的关键时刻，宋平同志亲自给温家宝、姜春云等中央领导同志写信，希望国家关注和支持沙草产业发展。随后，国家有关部门先后于1995年和2000年在河西走廊召开沙产业开发工作会议。宋平同志亲临会议，积极倡导和推广沙草产业理论，并高度评价了沙产业理论对于西部地区脱贫致富的重要意义。自此，钱学森沙草产业设想率先在甘肃河西走廊步入了实践。

经过20多年的示范、推广，沙草产业已经成为甘肃沙漠、草原地区的一个特色产业。甘肃林业部门先后利用治沙贴息贷款3.15亿元，开发沙草产业项目366个，建立了一批龙头骨干企业，对推广开发沙草产业起到了积极的示范作用，带动了沙漠、草原地区农牧业和农村经济的发展。同时，还建立了由宋平同志题写馆名的“沙产业馆”，设立了若干沙草产业（阳光农业）示范园区等。现在河西地区沙漠和沿沙地区的设施农业、节水农业、特色产业等，很多都有沙草产业的背景，当地人民群众经济收入不断提高，生态环境逐步恢复，沙草产业发

^{*} 作者写作本文时任中共甘肃省委书记、省人大常委会主任，现任全国人大外事委员会副主任委员、中央第一地方巡视组组长。

展取得了显著的成效。其中,最明显和直观的效果就是黑河下游沿岸已经恢复了原来的生态,民勤干涸的青土湖又重新有了3平方公里的水面。2008年1月19日,胡锦涛总书记看望和慰问钱学森时,充分肯定了他的沙产业设想,认为这个思想很有创新,并强调大力发展沙产业对于在沙漠地区形成良性循环具有十分重大的意义。

众所周知,甘肃是全国沙漠和草原大省之一,但同时也是土地沙化和草原退化沙化最严重的省份之一。全省沙化土地有12万平方公里,占国土总面积的28%,危害着400多万人的生存和社会发展,每年由风沙带来的直接经济损失达5.1亿多元。目前,全省天然草原90%以上出现不同程度的退化和沙化,而且每年仍以10万公顷的面积继续扩大。积极努力推广和应用钱学森和宋平提出的沙草产业理论,对于甘肃遏制土地沙化和草原退化,保护生态环境,发展绿色农业,构建西北地区生态安全屏障,促进经济社会可持续发展都具有非常重要的战略意义和现实作用。

2010年5月,国务院办公厅下发了《关于进一步支持甘肃经济社会发展的若干意见》,明确提出“积极发展沙产业”。甘肃省委、省政府始终高度重视发展沙草产业,在推动沙漠和草原地区科学发展时,将充分利用钱学森的系统科学思想和工程控制理论来加快发展沙草产业,加快石羊河、黑河、疏勒河流域综合治理,加大祁连山生态系统保护和甘南水源补给区生态恢复,努力把甘肃构建成成为西北地区生态安全屏障,加快推进河西内陆河流域以及甘肃经济社会的科学发展和跨越式发展。

今年是钱学森同志诞辰100周年,为了缅怀和纪念钱学森同志,甘肃省沙草产业协会和西安交通大学先进技术研究院在广泛查阅历史资料和深入实地了解的基础上,编辑了《钱学森宋平论沙草产业》、《科学家专家论述沙草产业》、《各级领导论述沙草产业》等书。这几本书在追寻钱学森同志研究和发展沙草产业理论光辉足迹的同时,全面、系统地介绍了沙草产业的内容和精神,这对于进一步宣传、普及和推广沙草产业理论,宣传和弘扬钱学森同志热爱祖国和人民的高尚情怀、勇攀高峰的创新精神和淡泊名利的高贵品质,推进社会主义核心价值体系建设,促进西部地区经济社会协调发展和人与自然和谐发展,都将具有十分重要的现实意义。

二〇一一年九月十六日

序 言

贾治邦*

土地荒漠化被称为“地球的癌症”，是全球最主要的生态危机。目前，全球荒漠化土地面积达 3600 万平方公里，占陆地总面积的 1/4，共有 110 个国家、约 20 亿人口受到荒漠化危害。我国是世界上荒漠化危害最严重的国家之一，共有荒漠化土地 262.37 万平方公里，沙化土地 173.11 万平方公里，分别占国土陆地总面积的 27.33% 和 18.03%，严重影响着人民群众的生产生活，已成为中华民族生存发展的心腹之患。

在党中央、国务院的正确领导下，经过广大沙区干部群众几十年坚持不懈的努力，我国防沙治沙工作已经取得明显成效。第四次全国荒漠化沙化监测结果显示，2005—2009 年五年间，全国荒漠化土地面积年均减少 2491 平方公里，沙化土地面积年均减少 1717 平方公里，荒漠化和沙化整体扩张的趋势得到初步遏制，荒漠化和沙化程度持续减轻，沙区植被状况逐步好转，沙化土地植被平均盖度由 17.03% 提高到 17.63%。京津风沙源治理工程区通过近 10 年的治理，可持续发展能力增加 22%。甘肃河西走廊地区通过实施三北防护林工程和防沙治沙工程，已全面实现农田林网化，成为甘肃省重要的粮仓。同时，广大沙区按照“多采光、少用水，新技术、高效益”的要求，探索出了林纸、林板、林药、林饲、林能、林景一体化的沙产业发展模式，形成了一批大型沙产业龙头企业，沙区群众正在从沙漠中收获越来越多的绿色财富。内蒙古赤峰、陕西榆林、新疆和田、甘肃临泽等重点治沙地区，通过长期的科学防沙治沙，已经走出了一条林茂、粮丰、畜肥、民富的良性循环之路。

实践证明，人们在恶劣的生态环境面前并不是无能为力的，也不是无所作为的，只要我们遵循自然规律，坚持科学治沙态度，发扬艰苦奋斗精神，沙化土地是可以治理的，沙区生态是可以改善的，发展沙产业是大有作为的，防沙治沙完全可以实现生态效益、经济效益和社会效益相统一。我国现有沙化土地中有 53 万平方公里是可以治理的，这些地方光热条件充足，物种资源宝贵，这不仅是

* 作者为国家林业局党组书记、局长。

林业生态建设的重要战场,也是广大沙区发展经济、脱贫致富的潜力所在。

早在 20 多年前,我国著名科学家钱学森同志就以战略的眼光和科学的视野,创造性地提出了大力发展沙产业的重要论述,并且孜孜不倦地予以推动,从理论和实践层面为我国防沙治沙事业和沙产业发展做出了重大贡献。在钱学森诞辰 100 周年之际,中国治沙暨沙业学会、甘肃省沙草产业协会和西安交通大学共同编辑了《钱学森宋平论沙草产业》、《科学家专家论述沙草产业》、《各级领导论述沙草产业》三本书,收录了钱学森同志和宋平同志有关沙草产业的书信和文章,收集了有关领导和专家学者对沙草产业的研究和论述,汇编了有关防沙治沙及沙产业的政策文件。这套丛书的出版,是对钱学森同志最好的纪念,对于进一步增强全社会防沙治沙意识,推动生态文明建设和产业化治沙,促进沙区经济社会发展,具有十分重要的意义。希望广大防沙治沙工作者认真学习钱学森同志和宋平同志关于沙草产业的重要论述,全面贯彻预防为主、科学治理、合理利用的方针,深入研究防沙治沙新技术,积极探索沙产业发展新模式,努力把我国防沙治沙事业推向科学发展新阶段,为改善沙区生态状况、造福沙区人民群众、促进经济社会可持续发展做出新的贡献。

贾治邦

二〇一一年十一月二十八日

目 录

胡锦涛总书记看望钱学森时的谈话

温家宝总理关于沙草产业的批示、讲话

全国政协主席贾庆林在内蒙古鄂尔多斯调研期间的讲话

钱学森关于沙草产业的论述

宋平关于沙草产业的论述

序言(陆 浩)

序言(贾治邦)

中国西北内陆河水问题及其应对策略——以黑河流域为例

..... 程国栋 肖洪浪 徐中良 李锦秀 陆明峰(1)

钱学森先生为草业科学开辟了一条新路 任继周 (8)

钱学森先生草业思想的形成与发展 任继周(12)

甘肃民勤县引种肉苁蓉发展沙产业的实践与思考 郑国锷 贾鹏飞(17)

中国荒漠化的演变过程 李吉均(20)

发展草地农业,实现草畜强省..... 南志标 侯扶江(22)

关于遏制中国草原持续恶化改变草原牧区贫穷落后状况的几点建议 洛桑灵智多杰(27)

践行沙产业,实现绿洲经济持续发展..... 王 涛(31)

对沙产业科学内涵的认识 刘 恕(37)

沙产业将向何处去 黄高宝(44)

沙产业理论引领干旱地区农业走向知识密集型 周永革(51)

树立低碳理念,加快生态经济发展..... 朱俊凤(56)

牧区危机与对策 李毓堂(61)

河西走廊肉苁蓉产业发展现状及对策 张 勇 韩多红 李庆会(73)

沙产业是沙漠科学的重要发展方向 董治宝(78)

中国沙漠地区自然资源的特点和利用方向 陈广庭(85)

发展沙产业的几点思考 陈佐忠(91)

草业是与农业、林业同等重要的产业..... 胡自治(97)

学习钱学森草产业理论,推进我国草业持续发展 张自和(100)

建立草地农业系统,治理民勤荒漠化 侯扶江 常生华 南志标(106)

对沙产业发展的认识·····	马立鹏(109)
前景广阔的沙产业·····	刘铭庭(113)
沙产业理论在甘肃的实践与发展·····	刘世增 李银科 吴春荣(116)
践行沙产业——非耕地上温室葡萄的高效栽培·····	常永义(122)
甘肃省牧草产业现状及其技术需求·····	师尚礼 曹文侠(126)
第六次产业革命和草业大发展会促进中华民族腾飞·····	胡跃高(133)
甘肃内陆河流域咸水资源及其发展现代咸水农业的设想·····	高前兆 王双合 宋怀龙(138)
用钱学森的系统工程理论与方法构建草坪业·····	孙吉雄 秦伟志(143)
开发沙区第一资源,发展沙区农户小型风电、光电上网供电系统	
——以石羊河流域为例·····	魏万进 宁杨锁(148)
钱学森沙产业理论构想的创立及其科学启示·····	温友祥(154)
戈壁沙荒地应大力发展山葡萄·····	曹孜义(157)
甘肃河西沙产业现状评价及发展对策探讨·····	吴春荣 徐先英(160)
沙产业的理论基础及其内涵·····	王 立(165)
沙产业理论体系的理解和实施途径探讨·····	李元铭(169)
从“沙产业”到“砂产业”——仁创科技集团的探索与实践·····	秦升益(174)
沙产业理论与河西走廊绿洲农业发展模式探讨·····	吕 彪 许耀照 闫 芳(180)
现代绿洲形式的战略性新兴产业——微藻产业	
·····	祖廷勋 罗光宏 王丹霞 陈天仁 杨生辉(185)
土壤透析技术治理盐碱地·····	崔世源 梁晓荷(190)
沙产业促进人与自然和谐·····	徐俊生(195)
钱学森沙产业理论在恩格贝沙漠生态示范区践行·····	陈培斌(199)
借鉴以色列节水技术,探索河西地区水资源可持续利用的对策·····	张 勇 刘玉环(206)
科学利用沙资源,做强做大沙产业·····	王长永(213)
小小沙棘大产业,生态经济双收益——发展沙棘产业的思考和建议·····	邢丽光(218)
流动沙丘的固定和利用·····	娄志平(225)
以沙产业理论为指导,发挥地域特色,打造沙漠品牌·····	柴再军(229)
附录一 沙草产业相关的高端文献	
科学技术的一个新概念——人与自然和谐共存·····	钱正英(235)
转变发展方式——中国水利的战略选择·····	钱正英(240)
虚拟水——水资源安全战略的新思路·····	程国栋(247)
黄土高原农业出路在建立草地农业系统·····	任继周(253)
近 50 年来北方地区沙漠化的发展与防治战略和途径·····	王 涛(258)

附录二 中国荒漠化和沙化状况公报

中国西北内陆河水问题及其应对策略

——以黑河流域为例

程国栋* 肖洪浪 徐中民 李锦秀 陆明峰

1 引言

2002 年的可持续发展世界首脑会议上,水被列为五大课题之首(其余四个课题是能源、健康、农业和生物多样性),关注水与发展、水与环境和水管理三大领域。我国人均水资源占有量居世界第 110 位,被联合国列为 13 个贫水国之一,水资源的短缺严重地威胁着我国经济和社会发展,尤其是粮食安全。

中国西北地区占国土面积的 1/3,但水资源仅为全国的 5%,缺水是制约西北地区经济发展和导致生态恶化的最重要因素。另一方面,西北地区农田平均实灌定额 10065 立方米/公顷,比全国平均高 40%;万元 GDP 用水 1736 立方米,比全国平均高 1.85 倍。目前全国水资源开发利用率平均为 20%,而西北地区为 53.3%,其中甘肃的河西走廊各河、新疆的塔里木河和天山北坡各河都超过 70%,有的甚至超过 100%。

西北内陆河流域特殊的山地-盆地结构决定了山区是径流的形成区,而盆地则是径流的耗散区,盆地内降水极少。径流出山流入盆地后,有水就有绿洲,无水便成荒漠,水多则盐渍化。水主宰着西北的生态类型。西北地区矿产、土地和光、热资源丰富,但因为缺水,经济发展受到严重的制约。至今,西北地区仍有 2000 万人的饮水问题没有解决。

内陆河最大的问题是上、中、下游的用水矛盾。中国最大的内陆河——塔里木河在人类活动的影响下,各支流逐渐与干流失去地表水流联系;近 50 年来其上、中游的水土资源开发,过度用水致使下游 320 公里河道断流,加速了生态环境退化过程。水资源过度开发利用的石羊河,随着经济快速发展和城镇化,中游灌溉规模过大,激化下游水危机和环境污染;水资源多次重复利用,利用率高达 154%;地下水严重超采,绿洲中心形成了深大地下水漏斗,生态难民奔走他乡。黑河流域截止 1995 年已建成水库 98 座,总库容达到 4567 亿立方米,人工水系正在取代自然水系;中游人工绿洲扩大,下游天然绿洲萎缩,干涸的河道和湖盆成了主要的沙尘源区。为此,国家投入数百亿人民币先后启动了黑河、塔里木河综合治理工程来拯救下游生态,现今下游生态环境恶化得到了初步的遏制,沿河植被局部得以恢复,石羊河生态治理工程 2011 年开始启动。

西北的问题警示我们:解决水问题必须超脱水的限制,不能就水论水,只有以流域为单元,从水资源、水环境整体着手,协调好水—生态—经济之间的关系:“量水而行”,在时

* 程国栋,中国科学院院士,中国科学院兰州分院院长,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员。

间和空间上合理分配流域水资源;经济发展要以水定田、定经济发展规模;生态建设要以水定林草,定生态建设规模,确保西北的可持续发展。

2 黑河流域水问题

2.1 流域水土资源及其利用

黑河流域是西北典型的内陆河,土地面积近 13 万平方公里,涉及内蒙、甘肃和青海三省区。黑河流域土地类型可按其整体特征分为山地、荒漠、绿洲三大类,荒漠土地占 57.49%,山地占 33.60%,绿洲仅占 8.90%。按地貌又分成祁连山、河西走廊和阿拉善高平原三大单元。

祁连山地分布在流域的南部,水热条件随高度的变化主导着土地的垂直分异,最高海拔可达 5584 米。海拔 4500 米以上为终年积雪区;海拔 4000~4500 米以上仅有稀疏垫状植被,年降水量超过 400~500 毫米,受温度限制景观为高寒荒漠;海拔 3300~4000 米阳坡是高山草甸,阴坡为高山灌丛草甸和草甸沼泽带,海拔 3600 米是多年冻土分布下线;海拔 2700~3300 米的中山区有 350~500 毫米的年降水量,景观为森林草原,起着流域水源涵养的重要作用;海拔 1900~2700 米的中低山带,年降水量为 250~350 毫米,景观自下而上从荒漠草原过渡为干草原;海拔 1900 米以下的山前低山丘陵,年降水量多在 200~250 毫米,景观为山地荒漠或草原化荒漠。

中部河西走廊平原夹持于南部祁连山走廊与北山之间,通常又称南盆地,南北跨度普遍为 40~60 公里。源于南部山区的诸河出山后受地形与隐伏构造的制约,自东而西汇流于大马营盆地,山丹盆地,张掖盆地,酒泉东、西盆地,形成了荒漠中的绿洲。中部走廊平原是流域内人类活动的集中之地。流域 90% 的耕地集中在中游盆地,地表为径流耗散区。

北部阿拉善高平原,海拔 1000 米左右;气候极端干旱,年降水量低于 50 毫米;地广人稀,大漠浩瀚,植被稀疏,生物产量低下,风沙、干旱、盐碱是其基本特征。绿洲仅点缀于河、湖、渠系及地下水浅埋之区。自然条件仍然主导着该区土地分异。从东向西受沉积物的影响明显分为三大类型:东部巴丹吉林沙漠;中部冲积、洪积戈壁;西部低山、残丘以及缓起伏的剥蚀平原。

传统概念下的流域多年平均水资源总量为 41.73 亿立方米。其中出山径流量 36.83 亿立方米。黑河干流多年平均出山径流量为 15.98 亿立方米。内陆河封闭的地势提供了水资源重复利用的可能,流域水资源利用率超过 112%。山区冰雪水资源储量 136.7 亿立方米,冰川融水构成河川径流的 8%,1960—1995 年现代冰川面积缩小了 29.18 平方公里

黑河流域 1998 年总用水量为 34.33 亿立方米。其中农业灌溉用水为 29.86 亿立方米。占总用水量的 87%;林牧渔用水为 2.27 亿立方米,城镇工业用水为 1.564 亿立方米,农村工业用水为 0.125 亿立方米,城镇生活用水为 0.228 亿立方米,农村生活用水为 0.288