

ISSN 1003-7578

干旱区资源与环境

JOURNAL OF ARID LAND RESOURCES
AND ENVIRONMENT

第7卷

第3、4期

Vol. 7

No. 3, 4

1993

中国自然资源学会干旱地区研究委员会

《干旱区资源与环境》编委会

67

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON THE RATIONAL UTILIZA-
TION OF NATURAL RESOURCES AND TER-
RITORIAL MANAGEMENT OF ARID LANDS

干旱区环境整治与资源合理利用
国际学术研讨会专集

Sponsored by

- China Society of
Natural Resources
- Ningxia Association for
Science and Technology

主持单位

中国自然资源学会
宁夏回族自治区科学技术协会

中国·银川

1993

干旱区环境整治与资源合理利用国际学术研讨会 组织委员会名单

- 主 任：孙鸿烈 中国科学院自然资源综合考察委员会主任，学部委员，中国自然资源学会理事长，研究员
- 副 主 任：赵松乔 中国自然资源学会干旱区研究委员会主任，中国科学院地理研究所研究员
- H. E. 巨格尼 美国德克萨斯州理工大学教授，联合国环境总署高级顾问
- 刘 恕 中国科协书记处书记，研究员
- 周生贤 宁夏回族自治区副主席
- 毛德华 新疆维吾尔自治区政协副主席，中国自然资源学会干旱区研究委员会副主任，研究员
- 马以悌 宁夏回族自治区科学技术协会主席，副教授
- 夏训诚 中国科学院兰州沙漠研究所所长，研究员，中国自然资源研究会干旱区研究委员会副主任
- 石玉林 中国科学院自然资源综合考察委员会副主任，研究员
- 刘钟龄 内蒙古大学自然资源研究所所长，教授
- 委 员：陈传友 中国自然资源学会秘书长，研究员
- 汪久文 内蒙古林学院绿洲工程研究所所长，教授，中国自然资源学会干旱区研究委员会副主任
- 郭绍礼 中国科学院自然资源综合考察委员会研究员
- 申元村 中国科学院地理研究所副研究员，中国自然资源学会干旱区研究委员会秘书长
- 杨根生 中国科学院兰州沙漠研究所副所长，研究员
- 伍光和 兰州大学西北开发综合研究所教授
- 赵松岭 兰州大学干旱区研究中心教授
- 梅成瑞 宁夏农林科学院研究员
- 汪一鸣 宁夏国土整治和农业委员会办公室高级工程师
- 唐麓君 宁夏农林科学院林业研究所研究员
- 田振英 宁夏回族自治区科学技术协会副主席
- 大会秘书长：田振英（兼）
- 执行秘书长：杜可夫 宁夏回族自治区科协国际部部长

**ARID LAND ENVIRONMENTAL EVOLU-
TION AND MANAGEMENT**

干旱区环境演变与整治

干旱区资源与环境

第七卷 第三、四期

(银川·干旱区环境整治与资源合理利用国际学术研讨会专集)

目 录

干旱区环境演变与整治

- 中国西北干旱区的成因、特征与环境优化 张林源、苏桂武(1)
- 全球气候变化对我国干旱区的影响分析 赵名茶(11)
- 近百年中国北部南温带北界界限的动态变化 杨 柏、李世奎等(21)
- 人类活动对鄂尔多斯土地荒漠化的影响及未来可采取的对策 冷疏影(31)
- 新疆生态环境演变趋势与防治对策 樊自立、李和平(38)
- 宁夏降水近百年变化及预测 尚永生(45)
- 宁夏气候资源、气候灾害及气候变化 许朝斋、梁 旭等(51)
- 肯尼亚半干旱地区的土壤退化: 以 MUKOGODO 流域为例
..... S.N.Wanjogu、J.P.Mbuvi(58)
- 黑河下游地区土地荒漠化及其治理 陈隆亨(61)
- 新疆和田绿洲近代土地荒漠化过程的加剧及防治措施 于文儒(66)
- 调整产业结构是干旱、半干旱区环境治理的重要途径 陈忠祥(70)
- 应用沙尘暴的气象资料测定风蚀率研究 (澳)G.H.McTainsh、邹受益(81)
- 宁南黄土丘陵土壤侵蚀与水土保持 李士成(90)
- 一个生态气候区划的新方法及其对于草原、半荒漠和荒漠的应用
..... (德) Ralph Jaetzold(97)
- 南澳大利亚(南澳)旱灾的管理 (澳) R.L.Heathcote(104)
- 宁夏生态灾害及防治对策 米文宝、李龙堂(115)

干旱区水、土资源的合理利用与改良

- 中国“三北”防护林地区土地资源特点及农林牧合理用地布局 申元村(122)
- 干旱半干旱区县级土地类型划分与土地评价中的遥感应用 张永桂(129)
- 内蒙古土地资源与合理利用 孙金铸(136)
- 巴基斯坦印度河平原地下水质量及其在盐碱土开发中对作物产量的影响
..... (巴)A.Ghafoor、M.Qadir(142)
- 甘肃河西走廊水土资源平衡的研究 陈昌毓(145)

宁夏土地——人口系统动态平衡研究	雍学葵(151)
宁夏土地生态环境的主要问题及对策	詹硕仁(157)
塔里木河干流流域土地系统研究与区域开发	史 华(160)
内蒙古河套灌区的土地现状及利用对策	崔志祥、樊润威(165)
乌兰布和农场土地资源开发及生态建设规划的理论与实践	李 文(170)
宁夏荒漠草原土地资源评价及合理用地结构	张永涛、申元村(174)
宁夏沙地立地分类和适地适树研究	王 北、孙德祥等(179)
青海湖水量平衡及水位变化预测	曲耀光(183)
宁夏引黄灌区水资源的合理利用	刘柏章、方婉君(189)
干旱区蒸发与水分平衡的研究	(日)Mingyuan Du.Taichi Maki(197)
灌溉回归水系数在已开发井灌区推求方法的探讨	吕志远、朝伦巴根等(211)
奇瓦瓦(Chihuahuan)沙漠的降水来源: 改善降水利用的可能性 (美)Robert H.Schmidt(217)	
内蒙古西部荒漠植物需水规律及地下水适宜埋深分析 吕志远、朝伦巴根等(221)	
干旱区稳定蒸发条件下土壤盐溶质迁移的动态预测	陈亚新、史海滨(225)
肯尼亚半干旱地区 Nitisol 上的管理方法选择与评价	(肯)E.M.Muya(231)
灌淤土——中国干旱与半干旱地区的人为土壤	王吉智(233)
青甘宁地区钙积干旱土的诊断特性	胡双熙、章家恩(238)
干旱区土壤盐渍化及防治对策	孙德钊、李树范(243)
呼和浩特地区土壤碱化与地下水中苏打的累积	郝贞祥(248)
土壤盐渍化改良的井渠渗灌调控模型	徐志鸿(252)

生物资源合理利用与农业建设

蒙古高原景观生态分区的研究	刘钟龄(256)
中国温带草地草畜平衡动态监测系统的研究	李 博、史培军等(269)
内蒙古退化草原恢复演替进程中植物群落特征的分析	李政海、刘钟龄等(279)
新疆草地畜牧业与草地资源的保护和利用	沈长江(290)
荒漠植被自然建群现象与绿洲界外区的生态复原	黄培祐(297)
草地农业应为宁夏南部山区生态系统中的主体	王 宁、姚爱兴等(302)
盐池县大面积营造灌木林的经济效益评价	俞益民、唐麓君等(306)
中国盐池县沙漠化土地植被恢复的试验研究	兰泽松、张恩光等(313)
太平地综合防护林体系营造技术研究	曲志义、刘 涛(318)
宁夏干旱地区草坪植物引种及建植技术的研究	徐 荣、蒋 齐(323)
林木抗旱性生理指标及其在干旱区造林中应用研究	郭连生、田有亮(328)
几种典型盐池植物超微结构的研究	赵曼容、贾恢先(334)
两种芥属植物对干旱胁迫的反应	(印)A.Kumar(342)

中国黄土高原牧草与作物的建立	(日)Saburo Tamura(346)
试论宁夏扬黄新灌区林业的问题及其对策	蒋 齐、徐 荣(353)
集流抗旱造林技术研究	丁学儒、赵克昌(358)
强度采挖甘草资源对干旱区环境的影响	张国荣(363)
论干旱地区甘草资源的保护与利用	雍家先(370)
内蒙古鄂尔多斯高原的甘草资源及其速生繁殖	温都苏、贾 明(373)
气象卫星绿度值在旱情分析中的应用	王连喜、胡文东等(377)
模糊软划分在旱地农业分区中的应用	王连喜(382)
宁夏灌溉农业区与旱作农业区光能利用率和生产潜力差异的分析	孙福露(387)
撒哈拉地区沙鼠种群调节的生态学	Zaime-A(397)

区域开发战略与问题

当前中国干旱、半干旱区整治与开发中的若干问题	汪久文(400)
晋陕蒙接壤地区资源开发与环境整治问题及对策	郭绍礼(412)
论地下资源富集的贫困地区国土开发与整治对策	史培军(419)
中国干旱区山地的资源环境和生态意义	伍光和(426)
黄河大柳树灌区开发在区域经济发展中的作用	梅成瑞(432)
“吊庄”——宁夏新区开发的一种模式	汪一鸣、牛慧恩(439)
宁夏地区土地开垦与建设的基本经验	戈 敢、全 攸(445)
市场经济与干旱区农村土地资源开发	孙日瑶(450)
宁夏黄河干流流域开发初探	张兴平(454)
农牧过渡带的典型地区——盐池县农业资源综合利用问题	麻高云、赵文象等(458)
中国新疆玛纳斯河流域农业生态环境资源保护与合理利用	袁国映(463)
中国西北黄土高原半干旱区农业区域开发的系统动力学仿真研究	蔺海明、黄高宝等(468)
宁夏黄土高原、六盘山区生态环境质量及整治方略	陈及森(476)
宁夏西吉县黄家二岔小流域综合治理生态效益分析	陈 功(484)
宁夏彭阳县白岔村生态农业建设实践与探索	谢应忠、任青峰等(491)
中国干旱地区旅游线路设计的基本思路	汪建敏(498)

JOURNAL OF ARID LAND RESOURCES AND ENVIRONMENT

Vol.7

1993

No. 3/4

CONTENTS

ARID LAND ENVIRONMENTAL EVOLUTION AND MANAGEMENT

Genesis, Characteristics and Environmental Optimization of Northwestern China's Arid Area	Zhang Linyuan, Su Guowu (80)
An Analysis of Influence of Global Climatic Change on Arid Region of China	Zhao Mingchao (189)
A Study on the Dynamic Variation of the Northern Boundary of the South Temperate Zone Over the last Hundred Years in China	Yang Bai, Li Shikui et al (284)
The Influence of Human Being on the Desertification of Ordos and the Possible Countermeasures in the Future	Leng Shuxing (359)
Evolution Trends and Countermeasures for Ecologic Environment in Xinjiang	Fan Zili, Li Heping (404)
The Variation in Past 100 Years and the Forecast of the Precipitation in Xinjiang	Shang Yongsheng (489)
A Analysis of Climate Resources, Climate Disasters and Climate Variation in Ningxia	Xu Chaozhai, Liang Xu et al (539)
Soil Degradation in a semiarid Environment in Kenya: The Mukogodo Catchment Case Study	S.N.Wanjogu, J.P.Mburu (589)
Land Desertification and Its Control in Lower Reach Region of Heihe River	Chen Longhen (639)
Desertification and Control in Hetian Oasis	Yu Wenru (689)
Regulating the Industrial Structure Is an Principle Approach to the Environment Administration in Arid and Semiarid Areas	Chen Zhongchang (739)
Improved Measures of Wind Erosion Rate Using Meteorological Records of Dust Storms	G.H.McTainsh, Zou Shouyi (849)
Soil Erosion and the Water & Soil Conservation in the Loessial Hilly Area of Southern Ningxia	Li Shicheng (939)

- An Improved Method for an Eco-Climatic Zonation and Its Application as
 Pastoro-Ecoclimatic in Arid Grasslands, Semi-Deserts and Deserts
 Ralph Jaetzold (100)
- Drought Management in South Australia R.L.Heathcote (108)
- The Ecological Disasters in Ningxia and the Countermeasures
 Mi Wenbao, Li Longtang (118)

RATIONAL UTILIZATION AND IMPROVEMENT OF WATER AND LAND RESOURCES IN ARID AREA

- Land Resources Characteristics and Rational Land-use Arrangement for Farming,
 Forestry and Animal Husbandry Shen Yuancun (125)
- Remote Sensing Application in County-level Land Classification and
 Land Evaluation in Arid and Semiarid Zones-----Shenmu County, Shaanxi
 Province as a Case Study Zhang Yonggui (132)
- Land Resources of Inner Mongolia and Their Rational Utilization
 Sun Jinzhu (139)
- Ground Water Quality in the Indus Plains of Pakistan and Its Use for Crop
 Production During Reclamation of Saline-Sodic Soils
 A.Ghatoor, M.Qadir (143)
- A Study on the Balance of Water and Soil Resources on the Hexi Corridor, Gansu
 Province Chen Ghangyu (148)
- Research on Balance of Land -----Population System of Ningxia
 Yong Xuekui (150)
- The Main Problem of Land Ecological Environment in Ningxia and Its
 Countermeasure Zhan Shuoren (159)
- A Systematic Study on Land and Regional Development of the Tarim River
 Drainage Basin, Xinjiang Province, China Shi Hua (162)
- Land Utilization Countermeasures and Current Situation of Hetao Irrigation
 Region in Inner Mongolia Cui Zhixiang, Fan Runwei et al (167)
- Theory and Practice of Land Resources Development and Ecologic Construction
 Plan in Wulanbuhe Farm Li Wen (171)
- Land Evaluation and Rational Structure of Land-use in Desert Steppe Area of
 Ningxia Hui Autonomous Region Zhang Yongtao, Shen Yuancun (176)
- Appraisal of Site Classification of Sandy Ground & Research on Tree Species in
 Ningxia Wang Bei, Sun Dexiang et al (182)
- Water Balance and Water Level Change in Qinghai Lake Qu Yaoguang (186)

- The Rational Utilization of Water Resources in Irrigated Area of the yellow River in Ningxia Liu Baizhang, Fang Wanjun (192)
- Evaporation and Water Balance in Arid Land ... Mingyuan DU, Taichi MAKI(201)
- The Methodology of Irrigation Water Return Coefficient in Well Irrigation Area Lu Zhiyuan, Chaolunbagen et al (214)
- Sources of Precipitable Moisture in the Chihuahuan Desert: Possibilities for Improved Utilization on Rainfall Robert H. Schmidt (219)
- Plant Water Requirement and Suitable Depth of Ground Water Level in West Rangeland of Inner Mongolia Lu Zhiyuan, Chaolunbagen et al (223)
- A Dynamic Calculation of Soil Solute Transport Under Steady Evaporation in the Arid Land Chen Yaxin, Shi Haibin (230)
- Identification of Management Options for a Nitisol of Semi-arid Regions of Kenya E.M. Muya (232)
- Irrigating Warped Soil ---Anthropogenic Soil in Arid and Semi-arid Regions of China Wang Jizhi (235)
- The Main Diagnostic Horizons and Features of Calcic Aridsols and Its Rational Utilization in Qinghai, Gansu and Ningxia Areas Hu Shuangxi, Zhang Jiaen (241)
- Soil Salinization and Its Countermeasure in Arid District Sun Defan, Li Shufan(245)
- Genesis of Soil Alkalization with Sodium Carbonate in Hohhot Plain Hao Zhenxiang (250)
- Well-Canal Mixed Irrigation Regulation Model for Ameliorating Soil Salinization Xu Zhihong (254)

RATIONAL UTILIZATION OF BIOLOGICAL RESOURCES AND AGRICULTURAL CONSTRUCTION

- Analysis of Mongolian Plateau Landscape Ecological Region Liu Zhongling (262)
- A Research on the Dynamic Monitoring System for Forage-Livestock Balance in the Temperate Grassland of China Li Bo, Shi Peijun et al (275)
- The Research on the Dynamics of Community Characters of Degenerated Leymus Chinense Steppe During Recovering Succession Li Zhenghai, Liu Zhongling et al (289)
- Pastoral Husbandry and Conservation and Utilization of Rangeland Resources in Xinjiang Shen Changjiang(293)

Phenomenon of Establishing Coenosium in Desert and the Ecological	
Restoration in the Area Around the Oasis	Huang Peiyou (299)
Grassland Agriculture ——Mainbody of Agricultural Ecosystem in Semiarid	
Region of Ningxia	Wang Ning, Yao Aixing et al (305)
The Economic Benefit Evaluation on Large Area Shrub in Yanchi County	
.....	Yu Yimin, Tang Lujun et al (311)
Experimental Study on Vegetation Restoration on Desertified Land of Yanchi	
County, Ningxia	Lan Zesong, Zhang Enguang et al (317)
Establishment of Taipindi Comprehensive Protecting Forest System	
.....	Liu Tao, Qu Zhiyi (321)
Study on the Introduction of Lawn Plants and the Technology of Planting Them in	
Ningxia's Arid Area	Xu Rong, Jiang Qi (325)
Study on the Physiological Index and Their Application in Afforestation in arid	
and Semiarid Land	Guo Liansheng, Tian Youliang (332)
Study on Ultrastructure in Several Typical Halophytes	
.....	Zhao Manrong, Jia Huixian (338)
Drought Stress Response of Two Contrasting Brassica Species	A.Kumar (344)
Toward the Establishment of Herbs and Crops on the Loess Plateau in China	
.....	Saburo Tamura (349)
An Approach to the Forestry Problems and Tacts in the Irrigation Area of	
Yanghuang in Ningxia	Jiang Qi, Xu Rong (355)
Study on Afforestation Technique of Drought Resistance by Runoff Catchment	
.....	Ding Xueru, Zhao Kechang (360)
The Effect of Violent Digging of Licorice Resources on the Environment of Arid	
Area	Zhang Guorong (366)
Discussion on Protective Utilization of the Licorice in Arid Area of China	
.....	Yong Jiaxian (372)
The Licorice Resources in Ordos Plateau and Artificial Licorice Propagation	
.....	Wen Dusu, Jia Ming (375)
Application of Vegetation Index of Meteorological Satellite in Drought Analysis	
of Ningxia	Wang Lianxi, Hu Wendong et al (379)
Application of Fuzzy Flexible Classification in Rainfed Agricultural Demarcation	
.....	Wang Lianxi (384)
Analyses of the Difference Between Irrigated and Nonirrigated Agricultural Area	
for Luminous Energy Utilization Ratio and Productive Potentialities in	
Ningxia	Sun Fulu (391)
Ecology of Population Regulation among Gerbils in the Saharan	
Environment	Zaimeng A (398)

REGIONAL DEVELOPMENT STRATEGY AND PROBLEM

- Issues Concerning the Management and the Development of Arid and Semiarid
Land in China Wang Jiuwen (406)
- Problems and Countermeasures for Resources Development and Environmental
Renovation in the Contiguous Area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia
..... Guo Shaoli (415)
- The Mountains' Significance in Resources, Environment and Ecology in the
Arid Land of China Wu Guanghe (430)
- The Effects of Land Resources on Regional Economic Development in the
Daliushu Irrigated Area on the Yellow River Mei Chengrui (435)
- "Suspending Village" --- A Model of New Developed Area in Ningxia of China
..... Wang Yiming, Niu Hui (441)
- Foundamental Experience in Land Exploitation and Construction of Ningxia
Agroreclamation Area Ge Gan, Tong Xiu (447)
- On Market Economic System and the Development of Rural Land Resources in
Arid Zone Sun Yueyao (452)
- A Preliminary Study on the Development of the Yellow River's Main Stream
Basin in Ningxia Zhang Xingping (457)
- On the Comprehensive Development and Utilization of the Agricultural Resources
in Yanchi County --- A Typical Transitional Belt Between Agriculture and
Animal Husbandry Ma Gaoyun, Zhao Wenxiang et al (460)
- Protection and Rational Use of the Land Resources in the Manas River Basin of
Xinjiang Yuan Guoying (466)
- The Systematic Dynamics Emulation on the Agricultural Development on the
Loess Plateau Lin Haiming, Huang Gaobao et al (471)
- The Environmental Quality and Renovating Plan of the Loess Plateau
and Liupanshan Mountainous Area in Ningxia Chen Jisen (480)
- Analysis of Economic Efficiency of Small Valley's Comprehensive Treatment in
Huangjia-ercha of Xiji County, Ningxia Chen Gong (487)
- An Approach to the Ecoagricultural Construction of Baicha Village in Pengyang
County, Ningxia Xie Yingzhong, Ren Qingfeng et al (494)
- Basic Idea of Tourist's Itineraries in the Arid Area of China Wang Jianmin (504)

中国西北干旱区的成因、特征与 环 境 优 化

张林源 苏桂武

(兰州大学地理科学系, 兰州 730000)

关键词: 中国干旱区 成因 特征 环境优化

干旱区是人类尚未充分利用的区域。我国干旱区(包括半干旱区)地域辽阔,约占全国总土地面积的一半,其中极端干旱区又为干旱区的50%(表1)。近期由于全球气温上升,干旱程度呈回线可加重的趋势,这就使本来已经脆弱的生态环境更加脆弱,盐碱,风

表1 中国与世界干旱区的面积(单位: 104km²)

干旱区域	中国	占全国陆地面积	全球	占全球陆地面积
干旱区 (其中极端干旱区)	280 (148.8)	30% (15.5%)	3576	24%
半干旱区	175	19%	1624.1	10.9%
总面积	455	49%	5200.1	34.9%

沙和土壤风蚀等自然灾害将更加严重。但干旱地区矿产资源和能源资源十分丰富,尤其是金属矿产和石油以及得天独厚的风能和太阳能资源,对西北及至全国经济的发展具有重要的作用。正因资源丰富,更需注意合理开发,优化环境。要实现这一目标,必须深刻认识本区干旱气候的形成原因和干旱环境的特点与利弊,提出切实可行的资源开发和环境保护措施。

1. 干旱气候成因与演化阶段

世界上的干旱区可分为地带性与非地带性的两大类型。地带性干旱区即亚热带干旱区(如撒哈拉,中东、墨西哥和美国西南一隅、澳大利亚中部和非洲西南部等地)主要为副热带高压下沉气流所致。温带干旱区属非地带性。在南北美洲的这类干旱区,是由西风带雨影效应或沿海寒流影响所造成。中亚和我国西北的非地带性干旱区,其成因与以上两者有本质区别,起因于深居大陆腹地的地理位置并受变性西风干燥气流所影响。其地理位置决定了湿润的夏季风不易到达,也决定了到达本区的西风气流水汽的不足。除此之外,我国西北干旱气候还由于下述原因而加强。一是亚洲大地形引起的热力作用和动力作用。前

者表现为,夏季青藏高原是一个热源,其上的大气受这一热源的加热作用而上升,并于100hPa高空形成一个高压,气流向四周辐散,并在高原外围的塔里木盆地和河西走廊地区形成下沉气流,因而使那里原已干旱的气候更加干旱。后者表现为,平均海拔4500米的青藏高原对低空西风气流产生分流作用,即产生反气旋性的北支西风急流和气旋性南支西风急流。其中南支西风急流,夏季由于气候带北移而消失;而北支西风急流却长年存在,也使这里的气候更加干燥。二是我国西北地区西部山地使西风气流发生的大尺度焚风效应,也加重了干旱,这是本区比中亚干旱更显著的又一重要原因。

我国西北非地带性干旱气候的成因和形成过程,中外学者提出过不同的解释。原苏联学者 СИНИЦЫН В.М (西尼村, 1962) 的观点影响最广泛。他认为“晚第三纪时, 中亚的特点是造山作用急剧加强, 至上新世初山地已具有相当高度, 开始对陆地上的气流有了阻挡作用, 喜马拉雅山越来越多地阻隔了印度洋季风的水汽, ……与此同时昆仑山、祁连山和秦岭的形成阻挡了亚洲中部的干旱气流和来自蒙古——西伯利亚反气旋的冷空气。这样一来, 随着山脉的逐渐升高, 中亚一些封闭地区转变成了荒漠景观, 一年四季都被干燥的大陆气团所控制^{[18] (P177~178)}。西尼村认为是喜马拉雅和青藏高原的上升阻挡了夏季风进入包括我国西北内陆地区在内的中亚地区, 才导致了后者的干旱。然而, 地史古气候事实表明, 西北干旱气候最迟可以追溯到距今1.35亿年前(白垩纪之初); 而青藏高原和周围山地上升到能对低空气流起阻挡作用的时间, 最早是在距今2~3百万年的第四纪初期。所以上述观点与地史事实不符。况且, 迄今为止对青藏高原上升及其对我国和亚洲大气环流影响的众多的数值模拟试验结果表明, 青藏高原并不是西南季风的一个阻碍因素, 恰恰相反, 由于高原上升而不断增强的对大气层的热力作用和动力作用, 才使强大的西南季风(印度洋季风)环流得以形成和发展^[3, 5, 6]。

西北干旱气候由来已久, 其发展过程可以划分为三个阶段。不同阶段干旱气候的成因和特征是不同的。白垩纪——早第三纪为地球历史上最近的一次大间冰期, 当时纬度带与现代纬度带斜交, 本区因位于当时古纬度副热带高压带而为干热气候。晚第三纪全球气候开始变冷, 气候带被压缩, 大气纬向环流减弱(但仍占主导), 经向环流有所增强, 海陆热力差异加大, 形成微弱的纯粹由海陆热力差异引起的古季风环流。它仅影响沿海地区。西北地区虽已受到西风气流的影响, 但因距水汽来源的大西洋较远, 气候干暖。第四纪全球气温进一步下降, 气候带继续增多, 南移并受到压缩, 经向温度梯度大增, 经向环流加强, 海陆热力差异也进一步增大, 亚洲大陆平均高度尤其是青藏高原强烈上升, 对大气层的热力和动力作用, 激发了现代亚洲季风环流, 而西北地区仍处于西风气流控制之下。本区因西面的山地上升而位于西风气流的雨影区, 且继续与夏季风无缘, 气候仍然干旱。但水热组合在时间上有所不同: 现代和间冰期干温; 冰期干泛^[3]。

2. 特征

深居欧亚大陆的中国西北干旱区有如下特征。

2.1 地貌结构的独特性

高山与盆地相间分布; 沙漠与绿洲共存; 河流与湖泊共生。这样的地貌格局有利于水资源类型的多样性和形成地下水稳定的动储量, 从而为环境优化提供了可靠保证。

2.2 水资源优势

中国西北不同于亚热带的地带性干旱气候,而且拥有数条高度超过当地雪线高度的山脉,截获了大量由高空西风(阿尔泰山、天山、喀喇昆仑山、昆仑山和祁连山)和东亚季风(祁连山东端和贺兰山)带来的水汽,形成了固态降水和由积雪转化成的冰川(表2)或液态降水,成为干旱内陆盆地的径流和绿洲生态系统丰富而稳定的补给水源。从而使本区迥然有别于澳大利亚,北非等亚热带干旱生态环境,而与美国西部的落基山区的温带荒漠景观类似(表3)。

表2 与本区有关的主要山系现代冰川分布,数量与每年调节水量^[10]

编 号	山 区	雪线高度 (米)	冰川条数 (条)	冰川面积 (km ²)	冰储量 (km ³)	年调节水量 (亿 m ³)
I	阿尔泰山	2,800~3,350	416	293.20	16.49	1.46
II	天 山	3,600~4,300	8,908	9,195.98	1,010.67	30.29
III	祁连山	4,400~5,400	2,859	1,972.50	95.44	72.6
IV	昆仑山	4,500~6,000	7,774	12,482.20	1,302.08	20.25
V	喀喇昆仑山	5,000~5,700	1,848	4,647.17	604.49	9.79
VI	帕米尔	4,200~5,900	2,112	2,992.85	248.73	6.77
总 计		/	23,917	31,583.90	3,277.90	141.07

(注:表内有部分冰川已不属于干旱区的水系范围)

此外,中国西北地区地貌结构的独特性,决定了这里水资源分布的不均匀性。就垂直方向分布而言,山地降水量大(如祁连山东段北坡、阿尔泰山西北部、天山西段年降水量可达1000mm或更多^[11])而成为干旱区的湿岛,这里不仅能维持其中山和亚高山上的森林,灌丛等水源涵养成份^[12]的存在,还在部分高山地区形成冰川和积雪,而成为干旱区地表与地下水径流的源地和径流形成区。山前洪积平原带(其下限为洪积扇泉水露头带)是径流流通区,这里地表与地下水资源也较丰富。大面积的走廊区,和缓高原区和盆地区是径流散失区,这里年降水稀少(一般小于150mm,大部分小于50mm),且多沙漠、戈壁,蒸发力大,再加上对径流的过度开采,常使径流在这里消声匿迹,水资源极为贫乏。就水平分布而言,中国西北干旱区四周有外流河通过或有高山环绕而使水资源较亚热带干旱区丰富。如分别位于本区东西缘的银川平原和阿勒泰地区的额尔齐斯河谷,就有黄河和额尔齐斯河纵贯其间,年径流量分别高达310.6亿 m³(青铜峡)和107.4亿 m³,占本区1205亿 m³的34.7%^[2]。

2.3 矿产资源和能源资源丰富

据勘探表明,西北干旱地区镍、金、铁、铅、锌等有色金属;铂、铬、铀、铍、钼、镓、铟等稀有金属;食盐、硼、钠硝石等化工矿产以及石膏、重晶石、云母、硫、天然碱

表3 本区与世界典型干旱区水资源特点对比表

项目 干旱区域	地貌格局	水资源			
		年降水量 (mm)	冰川	地下水	地表水
澳大利亚 热带亚热带 干旱区	地形平坦, 沙漠广布; 西部侵蚀高原海拔多为 200~500 米, 中部堆积平原海拔小于 200 米; 边缘或内部山脉海拔均不超过 1, 500 米。	西部侵蚀高原 50~250	无	缺乏	十分缺乏且大部分为无流区
		中部堆积平原 250~500	无	较丰富	较丰富
北非热带 亚热带干旱 区	起伏和缓; 高原和盆地海拔多为 200—500 米之间; 北部阿特拉斯山海拔小于 4, 200 米, 这里沙漠广布。	绝大部分地区均 < 50	无	缺乏	除尼罗河中、下游和尼日尔河中游外都缺乏
美国西部 温带干旱区	高原地形; 高山与山间盆地相间分布; 大盆地海拔小于 1, 500 米; 科罗拉多高原海拔在 2, 100 米; 东西边缘山脉海拔多在 2, 000~4, 500 米之间。	< 300	丰富	较丰富	较丰富
美国西南亚 热带干旱区	本区包亚利桑那和新墨西哥两洲南部这里中、低山地和山间谷地相间分布, 山地海拔无一超过当地雪线。	250~500 以下	无	较缺乏	较缺乏
独联体中 亚共和国 干旱区	山地与山间盆地相间分布, 山地海拔大多超过了当地雪线。	250~500 以下	丰富	较丰富	较丰富
中国西北 温带干旱区	高山与盆地相间分布; 塔里木盆地海拔 780~1, 500 米, 准噶尔盆地海拔 200~1, 000 米, 河西走廊海拔 1, 100~1, 500 米, 众高山的海拔大都超过了当地雪线。	150 以下	丰富 (详见表 2)	较丰富	除塔克拉玛干沙漠和阿拉善高原外较丰富

等非金属矿产资源在全国占有重要地位。能量资源也相当丰富,尤其是塔里木盆地,可能会成为我国最大的油气田。此外,本区云量少,日照丰富。如敦煌、哈密至吐鲁番之间的地区年日照时数超过了3200,是我国日照最丰富的地方之一; $>10^{\circ}\text{C}$ 积温在 $3000^{\circ}\text{C}\sim 5000^{\circ}\text{C}$ 之间,与同纬度东部地区相近^[15]。风能资源丰富。以新疆为例,阿拉山口全年大风(风速 >17 米/秒)日数大于75天,吐鲁番至哈密一带为50天以上^[15]。此外还有一定的水能资源。

2.4 旅游资源丰富

就自然旅游资源而言,由于高山湿岛的存在,使得本区森林、草原和荒漠、河流、湖泊、绿洲和沙漠镶嵌分布。湖光山色与奇特的大漠风光共存,高山广漠气势浑宏。夏季,这里气候凉爽干燥,是旅游避暑的好地方。特别是在山地,森林、草地或山溪、湖泊均可辟为避暑胜地,如新疆博格达山的天池风景区,祁连山的七·一冰川公园和天祝牧场等。本区人文旅游资源更是丰富多采,如古丝绸之路、古战场、古城遗址和民族风俗等。

但是,西北干旱区生态环境脆弱;自然灾害频繁;土地承载力低且大部分已超负荷利用;经济不发达且农业为主;交通不便,文化教育落后等都是我们在开发中必须考虑的不利因素。

3. 环境优化

3.1 本区环境优化基本原则

对干旱区生态系统而言,最重要和最活跃的要素是水资源。其实,本区较之其他的一些干旱区,如撒哈拉、墨西哥、澳大利亚的一些干旱区,水资源并不十分短缺,只是地区分布极不平衡和未合理利用而已。优化本区环境必须充分注意以下几点。

1) 应充分合理利用本地区的淡水资源,大力发展节水型工农业,广泛应用节水技术,包括循环用水和咸水淡化工艺。

2) 由于本区绝大部分土地都超负荷使用,不宜继续采取行政手段推行农业移民,一般不应继续开荒与发展耕地,应充分提高单产,避免再出现罗布泊消失和民勤绿洲环境恶化的惨痛教训。

3) 保护和发展山地水源涵养林。由于冰川的年均融水量仅有228亿 m^3 ,占本区地表水资源总量的18.9%;而且冰川面积自小冰期(距今300年)以来已减少了20%左右,冰水径流减少了11%,且继续处于减少的总趋势中。若未来气温再升高 $1.0^{\circ}\text{C}\sim 1.3^{\circ}\text{C}$,年降水量再减少60~80mm,则西北地区冰川面积还将减少21%左右^[16]。因此山地降水是本区十分重要的水源,应特别重视保护和扩大本区经济和绿洲生命之源的水源涵养林。

4) 鉴于本区经济以农业为主,且环境破坏多源于农业的不合理发展,本区又有丰富的矿产资源和能源资源,建议大力发展本区的能源和原材料工业、耗能和节水工业。这是工农业协调发展的有效途径,也是有利于环境保护的有利措施。

5) 本区具有独具特色的自然和人文旅游资源,发展旅游业的基础得天独厚。应把握好欧亚大陆桥开通和对外政策放宽之契机,大力发展旅游业、地方工艺和民族手工业及第三产业。为经济发展积累资金,缓解农业对环境的压力。

6) 走环境保护与经济发展相互促进的道路。汪一鸣指出:“干旱区的开发和利用应从